



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



HODNOCENÍ VZHLEDOVÉ NESTEJNOMĚRNOSTI PLOŠNÝCH TEXTILIÍ

Ing. Petra Jirásková

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

Název disertační práce: **Hodnocení vzhledové nestejnoměrnosti plošných textilií**
Autor: **Ing. Petra Jirásková**
Obor doktorského studia: **Textilní technika**
Forma studia: **Kombinovaná**
Školící pracoviště: **Katedra technologií a struktur**
Školitel: **Prof. Ing. Petr Ursíny, DrSc.**

Složení komise pro obhajobu disertační práce:

předseda:
prof. Ing. Jiří Militký, CSc. FT TUL, katedra materiálového inženýrství
místopředseda:
doc. Ing. Maroš Tunák, Ph.D. FT TUL, katedra hodnocení textilií
prof. Ing. Bohuslav Neckář, DrSc. FT TUL, katedra technologií a struktur
prof. RNDr. Jan Pícek, CSc. FP TUL, katedra aplikované matematiky
doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D. FS TUL, Katedra textilních a jednoúčelových strojů
doc. Ing. Josef Dvořák, CSc.
doc. Ing. Václav Klička, CSc., Ph.D. (oponent)
doc. Ing. Jiří Sloupenský, CSc. (oponent)
Ing. Jiří Procházka Sintex, a.s.

S disertační prací je možno seznámit se na studijním oddělení doktorského studia Fakulty textilní Technické univerzity v Liberci.

Liberec, 2020

Anotace

Tématem disertační práce je objektivní hodnocení vzhledové nestejnomyšnosti simulovaných obrazů plošných textilií (tkaniny vazeb Atlas, Kepr a plátno). Vzhledová nestejnomyšnost byla hodnocena na základě kolísání stupňů šedi v obrazu plošné textilie a vyjádřena jejím variačním koeficientem. Obrazy plošných textilií byly simulovány ze signálu měření hmotové nestejnomyšnosti na aparatuře Uster Tester 4-SX. Pro objektivní hodnocení vzhledu obrazů plošných textilií byly použity obrazová analýza a program „plošná nestejnomyšnost“ (Matlab). Při hodnocení byly použity dva postupy – hodnocení celého obrazu jako jedno pole a určení variačního koeficientu stupňů šedi v obraze. A rozdělení obrazu čtvercovou sítí a hodnocení stupňů šedi a její variability v jednotlivých polích. Na základě variability stupňů šedi v jednotlivých čtvercích různých velikostí byly konstruovány plošné variační křivky – vnitřní a vnější a semivariogramy. Semivariogramy byly použity pro hodnocení směrové nestejnomyšnosti (směr sloupců, řádků, diagonály a všesměrový). Pro hodnocení byly použity obrazy plošných textilií simulované z přízí bez vad a přízí vykazující typické vzhledové vady (moaré efekt, pruhovitost, mrakovitost, neklidný vzhled).

Klíčová slova:

vzhledová nestejnomyšnost, simulovaný obraz plošné textilie, stupeň šedi, plošná variační křivka, semivariogram

Abstract

The thesis deals with the objective evaluation of unevenness of appearance of simulated images of fabrics (satin, twill and fabric weave). Unevenness of appearance was evaluated on the basis of fluctuation greyness degrees in the image of the fabric and expressed by its variation coefficient. The images of fabrics were simulated on the basis of signal of measured yarn mass irregularity on the apparatus Uster Tester 4-SX. Image analysis and the program "surface unevenness" (in Matlab) were used for the objective evaluation of the appearance of images of fabrics. Two methods were possible in the evaluation – evaluation of the whole image as one field and determination of the coefficient of variation of greyness degree in the image. And the image of fabric is divided into square field, when the individual greyness degree and its variability is evaluated. Based on the variability of greyness degrees in individual squares of different sizes, area variation curves were (internal and external) and semivariograms were created. Semivariograms were possible use for evaluation directional unevenness (direction of columns, rows, diagonals and omni-directional). Images of fabrics simulated from yarns without defects and yarns showing typical visual defects (moiré effect, stripiness, cloudiness, unsettled appearance) were used for evaluation.

Keywords:

unevenness of appearance, simulated image of fabric, greyness degree, area variation curve, semivariogram

АННОТАЦИЯ

Тема диссертации - объективная оценка визуальной неравномерности смоделированных изображений тканей (атлас, твил и полотняная ткань). Неоднородность внешнего вида оценивали на основе колебаний оттенков серого на изображении ткани и выражали ее коэффициентом вариации. Изображения ткани моделировали по сигналу измерения неоднородности массы на приборе Uster Tester 4-SX. Анализ изображений и программа «Неоднородность поверхности» (Matlab) были использованы для объективной оценки внешнего вида изображений тканей. При оценке использовались две процедуры - оценка всего изображения как одного поля и определение коэффициента вариации оттенков серого на изображении. И распределение изображения по квадратной сетке и оценка оттенков серого и его изменчивость в отдельных полях. На основе изменчивости градаций серого в отдельных квадратах разных размеров были построены кривые изменения площади - внутренние и внешние, а также вариограммы. Вариограммы использовались для оценки направленной неравномерности (направление столбцов, рядов, диагоналей и всенаправленных). Для оценки использовались изображения тканей, смоделированных из пряжи без дефектов, и пряжи, показывающей типичные визуальные дефекты (эффект муара, полоса, облачность, беспокойный внешний вид).

Ключевые слова:

визуальная неравномерность; смоделированное изображение ткани; уровень серого; кривая изменения площади; вариограмма

Obsah

1	<i>Nestejněměrnost délkových a plošných textilií</i>	6
1.1	<i>Nestejněměrnost délkových textilií</i>	6
1.2	<i>Nestejněměrnost plošných textilií</i>	8
1.3	<i>Statistické charakteristiky pro vyjádření nestejněměrnosti v ploše</i>	9
1.3.1	<i>Plošné variační křivky</i>	9
1.3.2	<i>Variogram, semivariogram</i>	10
1.3.3	<i>Další přístupy k hodnocení plošné nestejněměrnosti</i>	11
2	<i>Cíle disertační práce</i>	14
3	<i>Hodnocení vzhledové nestejněměrnosti – přístupy</i>	15
4	<i>Hodnocení vzhledové nestejněměrnosti – výsledky</i>	16
4.1	<i>Hodnocení vzhledové nestejněměrnosti pomocí obrazové analýzy</i>	16
4.1.1	<i>Hodnocení celého obrazu plošné textilie jako jednoho pole</i>	16
4.1.2	<i>Rozdělení obrazu plošné textilie na čtverce různých velikostí</i>	17
4.1.3	<i>Hodnocení obrazu plošné textilie rozdělených čtvercovou sítí ve směru řádků a sloupců</i>	19
4.2	<i>Hodnocení vzhledové nestejněměrnosti - program „Plošná nestejněměrnost“</i>	20
4.2.1	<i>Hodnocení vzhledové nestejněměrnosti – vnitřní plošné variační křivky</i>	20
4.2.2	<i>Hodnocení vzhledové nestejněměrnosti – vnější plošné variační křivky</i>	23
4.2.2.1	<i>Periodická nestejněměrnost na krátkých vlnových délkách – moaré efekt</i>	23
4.2.2.2	<i>Periodická nestejněměrnost na středních vlnových délkách</i>	25
4.2.2.3	<i>Periodická nestejněměrnost na dlouhých vlnových délkách</i>	27
4.2.2.4	<i>Neperiodická nestejněměrnost na délce do 1m</i>	29
4.2.2.5	<i>Neperiodická nestejněměrnost na délce od 1m</i>	31
4.2.2.6	<i>Vliv velikosti vzhledové vady na průběh plošné variační křivky</i>	33
4.2.3	<i>Hodnocení vzhledové nestejněměrnosti – semivariogramy</i>	35
4.2.3.1	<i>Periodická nestejněměrnost na krátkých vlnových délkách</i>	35
4.2.3.2	<i>Periodická nestejněměrnost na středních vlnových délkách</i>	39
4.2.3.3	<i>Periodická nestejněměrnost na dlouhých vlnových délkách</i>	40
4.2.3.4	<i>Neperiodická nestejněměrnost na délkách do 1 m</i>	43
4.2.3.5	<i>Neperiodická nestejněměrnost na délkách od 1 m</i>	45
4.2.3.6	<i>Vliv velikosti vzhledové vady na průběh semivariogramu</i>	47
4.3	<i>Souvislost hmotové a optické nestejněměrnosti</i>	50
5	<i>Zhodnocení výsledků pro vědní obor nebo pro praxi</i>	52
6	<i>Doporučení na pokračování práce v daném tématu a oboru</i>	54
7	<i>Seznam publikovaných prací studenta DSP (včetně uvedení všech spoluautorů publikovaných prací a jejich autorských podílů) a jejich případné citace</i>	55
8	<i>Seznam použité literatury</i>	57
9	<i>Curriculum Vitae</i>	59
10	<i>Stručná charakteristika dosavadní odborné, výzkumné a vědecké činnosti</i>	60
11	<i>Vyjádření školitele doktorandky</i>	62
12	<i>Oponentské posudky disertační práce</i>	63

1 Nestejnoměrnost délkových a plošných textilií

Hmotová nestejnomyěrnost je důležitou vlastností, jak z pohledu jejího vlivu na vlastnosti přízí a nestejnomyěrnost plošných textilií, tak z pohledu samotného předení. Nestejnomyěrnost poloproduktů, které se vytváří v jednotlivých technologických stupních, významně ovlivňuje samotný proces předení (např. přetřhovost, chod stroje, ...), ale také se postupně transformuje do výsledné příze. Proto je nestejnomyěrnost sledována a vyhodnocována v celé technologii předení, v případě zjištěné zvýšené hodnoty nestejnomyěrnosti nad přípustnou toleranci je prováděn zásah do výroby s cílem ji snížit. Vlastnosti délkových textilií (přízí), které jsou vstupní surovinou pro plošné textilie, ovlivňují i vlastnosti plošných textilií (tkanin, pletenin). Oblast délkových textilií má propracovaný systém měření a vyhodnocování zjištěné hmotové nestejnomyěrnosti. V oblasti plošných textilií takový systém používaný není.

1.1 Nestejnomyěrnost délkových textilií

Nestejnomyěrnost příze je jedním z jejich charakteristických znaků, který se zjišťuje měřením kolísání hmoty, nebo průměru na určité délce příze. Nestejnomyěrnost, která vzniká při výrobě délkových textilií, může mít charakter pravidelně se opakujících zesílení, nebo zeslabení – tzv. periodická nestejnomyěrnost, nebo náhodných zesílení nebo zeslabení – tzv. neperiodická nestejnomyěrnost. Obecně může délková textilie vykazovat oba typy nestejnomyěrnosti.

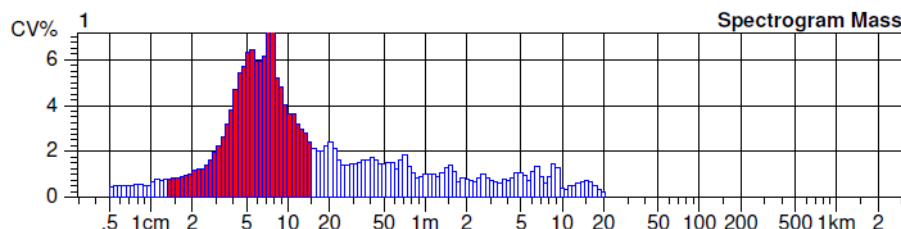
V oblasti hodnocení nestejnomyěrnosti délkových textilií (pramenů, přástů, přízí) je propracovaná metodika k jejímu zjišťování a vyhodnocování. Pro měření nestejnomyěrnosti délkových textilií existují přístrojové aparatury pro její měření a k hodnocení hmotové nestejnomyěrnosti se běžně používají parametry nestejnomyěrnosti a charakteristické funkce. Mezi parametry nestejnomyěrnosti délkových textilií patří: kvadratická a lineární nestejnomyěrnost, limitní nestejnomyěrnost, index nestejnomyěrnosti, výrobní nestejnomyěrnost, strojová nestejnomyěrnost a hodnota *DR*. Výhodou parametrů vyjadřující nestejnomyěrnost je jejich jednoduchost a uvedení jedné číselné hodnoty, která vyjadřuje úroveň nestejnomyěrnosti. Některé parametry hmotové nestejnomyěrnosti a další vlastnosti příze lze porovnávat podle „standardů“ Uster Statistics s ostatními výrobci na trhu (příze stejné jemnosti a typu). Nevýhodou parametrů hmotové nestejnomyěrnosti je, že nepopisují strukturu hmotové nestejnomyěrnosti a neumožňují provádět analýzu příčin vzniku hmotové nestejnomyěrnosti, tak jak je to umožňují charakteristické funkce.

K popisu struktury hmotové nestejnomyěrnosti se používají charakteristické funkce, v praxi jsou nejvíce používány spektrogram a délková variační křivka, dále potom *DR* funkce a poměrná přenosová funkce. Na jejich základě lze analyzovat příčiny vzniku hmotové nestejnomyěrnosti délkových textilií (přízí, přástů, pramenů) a predikovat nestejnomyěrnost plošných textilií. Spektrogram zaznamenává periodickou nestejnomyěrnost délkového útvaru, která je způsobena závadou stroje, nesprávnou činností některé části stroje. Délková variační křivka zaznamenává vliv celé technologie na výslednou nestejnomyěrnost a její analýzou lze odhalit vadný technologický stupeň. Průběhy charakteristických funkcí jsou předmětem rozboru a hodnocení. Pokud jejich průběh vykazuje závady, tak se pomocí existujících výpočtových postupů provádí vyhodnocení s cílem odhalit vadný díl stroje, vadné průtahové pole (spektrogram), nebo vadný technologický stupeň (délková variační křivka), který nestejnomyěrnost způsobil.

Spektrogram – je amplitudový záznam jednotlivých harmonických složek kolísání hmoty délkového produktu v závislosti na vlnové délce. Na průběhu spektrogramu (obr. 1.1)

Lze identifikovat charakteristická spektra (tzv. "komíny") a kupovitá spektra (tzv. "kupy"). Na základě průběhu spektrogramu lze podle vlnové délky vady λ identifikovat periodickou nestejnomyňnost:

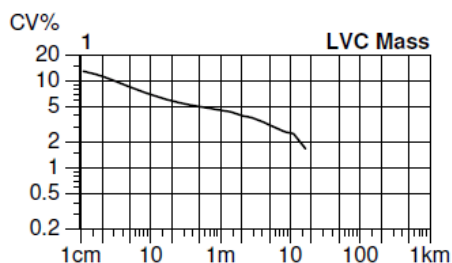
- na krátkých vlnových délkách (λ do 50 cm)
- na středních vlnových délkách ($\lambda = 50 \text{ cm} - 5 \text{ m}$)
- na dlouhých vlnových délkách ($\lambda > 5 \text{ m}$)



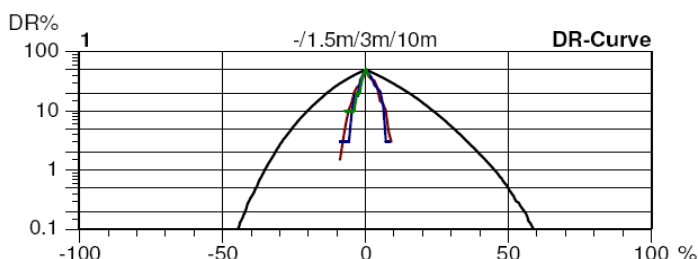
Obr.1.1: Spektrogram příze, 100% CO, 30 tex – kupovitě spektrum, charakteristické spektrum

Délková variační křivka – znázorňuje závislost vnější hmotné nestejnomyňnosti na délce úseku vlákněného produktu. Je možno sledovat trendy kolísání na úsecích různé délky uvnitř (vnitřní variační křivka), nebo vně sledovaného úseku (vnější variační křivka). V praxi se uplatňuje a vyhodnocuje vnější variační křivka (obr. 1.2), která vyjadřuje míru kolísání hmotnosti mezi úseky určitých délek.

Křivky *DR* jsou v podstatě hmotnostní histogramy s logaritmickou y-novou stupnicí. Pokud by její měřítko bylo lineární, nejzazší křivka by měla stejný zvonovitý tvar jako normální hmotnostní histogram. Logaritmická stupnice umožňuje bližší pohled na velké odchylky. Úhel mezi vnější a vnitřní křivkou *DR* se mění v závislosti na velikosti nestejnomyňnosti na dlouhých úsecích.



Obr. 1.2: Délková variační křivka, 100% CO, prstencová příze 29,5 tex



Obr. 1.3: *DR* křivka, 100% CO, 30 tex

Hodnota *DR* představuje míru odchylek, která určuje podíl celkové délky nestejnomyňnosti příze s překročením nastaveného limitu k celkové délce testované příze. Hodnota *DR* je vždy počítána pro určitou střižnou délku. Funkce *DR* je definována rovnicí (1):

$$DR_{(x,y)}[\%] = \frac{\sum_{i=1}^k l_i}{L_T} \cdot 100 \quad (1)$$

- kde: *DR* (*x*; *y*) ... míra odchylek, celková délka úseků l_i [m], které vykazují stejnou nebo vyšší odchylku než je $\pm x$ [%], vztažená k celkové délce L_T [m]
x ... nastavená mez odchylek hmotnosti [%]
y ... velikost úseků délkového vlákněného produktu, u kterých je sledováno kolísání jejich hmotností, tzv. "střižná délka" [m]

- l_i ... délka i -tého úseku vlákenného produktu (příze), u kterého je dosažena, resp. překročena nastavená mez odchylek $\pm x$ [%]
- L_T ... celková délka měřeného vlákenného produktu (příze), na kterém jsou zjišťovány úseky l_i [m], kde $i = 1, \dots, k$, přičemž k ... celkový počet uvedených úseků [m]

Příze, které mají stejnou nestejnomyěrnost, mohou vyvolávat různý vzhled plošných textilií v závislosti na tom, jaká je struktura hmotové nestejnomyěrnosti příze (vlnová délka vady, typ vady, velikost výkyvu) a jaký je počet charakter vad. Délková textilie může současně vykazovat více typů nestejnomyěrnosti (periodickou – charakteristické, kupovité spektrum na různých vlnových délkách, neperiodickou).

1.2 Nestejnomyěrnost plošných textilií

Plošná textilie je vyrobena z přízí, které se svojí nestejnomyěrností projeví také na nestejnomyěrnosti plošné textilie. Nestejnomyěrnost plošných textilií se projeví na jejich vzhledu, který je obvykle také předmětem hodnocení. Celkový vzhled plošné textilie je ovlivňován příčinami, které spočívají jednak v samotném výrobním procesu plošné textilie (tj. tkaním, pletením) a dále nestejnomyěrností vstupního materiálu, tj. délkových textilií (přízí) a jejich strukturou. Na vzhledu plošných textilií a v konečném důsledku i hotových výrobků se projevují periodické i neperiodické nestejnomyěrnosti a vady přízí. Každý typ vady, který lze identifikovat v přízi, se na vzhledu plošné textilie projeví specifickým způsobem. Příze, které vykazují stejnou, nebo velmi podobnou hodnotu nestejnomyěrnosti (kvadratická, lineární nestejnomyěrnost) mohou v plošných textiliích vyvolávat různý vzhled. Pro posouzení vlivu nestejnomyěrnosti délkové textilie na vzhledovou nestejnomyěrnost plošné textilie je kromě samotné hodnoty nestejnomyěrnosti také důležitá struktura nestejnomyěrnosti (vlnová délka charakteristických složek hmotové nestejnomyěrnosti, typ a velikost výkyvu).

Na základě vzhledu plošných (např. [5], [6]) textilií byla určena pravidla, podle kterých lze vysvětlit souvislost mezi vlnovou délkou vady a vzhledovou nestejnomyěrností plošné textilie. Z praxe jsou známé příčiny některých typických projevů nestejnomyěrnosti délkových textilií na vzhledu plošných textilií. Jde o:

Periodickou nestejnomyěrnost, která je identifikována ve spektrogramu jako:

1. Moaré efekt je tvořen periodickým kolísáním hmoty na krátkých vlnových délkách ($\lambda < 50$ cm). V plošné textilii tvoří potom nenáhodné obrazce, které se projevují jako neklidný vzhled. Na vzhled plošné textilie nemá vliv, zda jde o projev kupovitého nebo charakteristického spektra.
2. Pruhovitost – je tvořena periodickým kolísáním hmoty na dlouhých vlnových délkách ($\lambda > 5$ m) s vysokou amplitudou, která se v plošné textilii projeví, jako různě silné příčné pruhy. Vlnová délka vady určuje periodu pruhovitosti, tj. počet útků nebo otáček pletacího stroje mezi pruhy.
3. Periodické vady s kolísáním hmoty na středních vlnových délkách ($50 \text{ cm} > \lambda > 5 \text{ m}$) se v plošných textiliích výrazně neprojevují. Tyto vady lze v plošné textilii identifikovat jen za určitých předpokladů a to tehdy, jestliže dvojnásobná šířka tkaniny, resp. délka protahované příze na jednu otáčku pletacího stroje je celočíselným násobkem vlnové délky periodického výkyvu. Pravděpodobnost splnění této podmínky je relativně malá, proto jsou tyto vady v plošné textilii identifikovány jenom zřídka a hotovém výrobku se nerozpoznají.

Neperiodickou nestejnomyšnost, která je identifikována z délkové variační křivky jako:

1. Vada na délce do 1m – se na vzhledu projeví jako neklidný vzhled (zrakový vjem vzhledu tkaniny zaznamenává střídání tenkých a silných míst), tzv. krátká pruhovitost.
2. Vada na délce větší než 1m – mrakovitý vzhled.

Vedle těchto známých povrchových jevů existují další povrchové jevy, u kterých není jejich příčina jednoznačně určena. V běžné praxi se běžně nepoužívají objektivní postupy a metody hodnocení těchto jevů v plošných textiliích. Hmotová nestejnomyšnost plošných textiliích se v praxi nejčastěji hodnotí subjektivním posuzováním vzhledu plošné textilie. Určitá objektivita hodnocení je zajišťována posuzováním vzhledu více hodnotiteli. Reálné příze mohou, a často také vykazují, kombinované vady – periodické i neperiodické na různých vlnových délkách. Vzhled plošných textiliích vyrobených z těchto přízí potom je kombinací výše uvedených jevů.

Dnes je v praxi poměrně rozšířený a prakticky jediný používaný způsob hodnocení nestejnomyšnosti plošných textiliích subjektivní hodnocení jejich vzhledu. Přístroje pro měření nestejnomyšnosti příze (např. aparatura firmy Uster Technologies – Uster Tester IV. a vyšší verze) jsou vybaveny speciálním softwarem, který na základě výsledků měření nestejnomyšnosti a vad příze, simuluje vzhled příze navinuté na tmavé desce a vzhled budoucí plošné textilie (tkaniny určité vazby – plátno, atlas 1/4 (3), kepr 3/1 (útkový) a zátažné jedolící pleteniny). Pro takto vytvořený obraz plošné textilie se v praxi nejsou zavedeny metody pro jeho objektivního hodnocení nestejnomyšnosti. Vytvořený obraz plošné textilie je zpravidla ponechán k subjektivnímu vizuálnímu posouzení vzhledu. Není stanoveno kritérium, podle kterého by bylo možno jednoznačně určit, nebo zařadit plošnou textilii dle její nestejnomyšnosti. V současné době není k dispozici měřící aparatura, na které by bylo možno provádět měření nestejnomyšnosti plošných textiliích.

1.3 Statistické charakteristiky pro vyjádření nestejnomyšnosti v ploše

Plošnou textilii lze považovat za pole a sledovat vybrané vlastnosti v jednotlivých místech tohoto pole. Vedle úrovně hodnot jednotlivých vlastností je důležité sledovat také jejich variabilitu v jednotlivých místech. Jednou z charakteristik plošné textilie je např. plošná hustota.

Povrchová nestejnomyšnost plošných textiliích je v literatuře popisována pomocí variačního koeficientu různých vlastností plošné textilie, nebo odvozených statistických funkcí [24]. Vzorek plošné textilie je zde rozdělen na čtvercové plochy, v nichž jsou měřeny jednotlivé vlastnosti, např. hmotnost. Z variability měřené vlastnosti je také konstruována tzv. plošná variační křivka jako paralela délkové variační křivky dle vztahů uvedených v [24].

Plošná variační křivka (vnější i vnitřní) je konstruována také v pracech [22], [23] jako kvantitativní hodnocení kvality predikovaného obrazu plošné textilie (tkanina). Tento obraz je vygenerován použitím virtuálního signálu vytvořeného kombinací signálu získaného z optického měření průměru příze CCD kamerou a klasického měření nestejnomyšnosti příze kapacitním čidlem.

1.3.1 Plošné variační křivky

Plošná variační křivka vyjadřuje variabilitu stupňů šedi (tj. nestejnomyšnosti obrazu plošné textilie) v závislosti na velikosti plochy a lze ji vyjádřit jako vnitřní nebo vnější. Je jistou

analogií délkové variační křivky, se kterou má podobný charakter průběhu. Vnitřní plošná variační křivka je vyjádřena průměrným variačním koeficientem stupňů šedi uvnitř čtvercových ploch v závislosti na velikosti sledované plochy čtverce a s rostoucí velikostí sledované plochy stoupá. Vnější plošná variační křivka vyjadřuje variabilitu stupňů šedi obrazu tkaniny mezi čtvercovými plochami a v závislosti na velikosti sledované plochy klesá. Vnější plošná variační křivka je při hodnocení obrazů plošných textilií v programu „Plošná nestejnomyernost“ stanovena podle (2):

$$CV(A) = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{X}} \quad (2),$$

kde: $CV(A)$ vnější variační koeficient stupňů šedi mezi čtverci o ploše A v obrazu vzorku tkaniny;
 S směrodatná odchylka průměrných stupňů šedi ve čtvercích o ploše A obsažených v obrazu vzorku;
 \bar{X} průměrná hodnota středních stupňů šedi ve čtvercích o ploše A obsažených v obrazu vzorku;
 A plocha čtverce.

Vnitřní plošná variační křivka je vyjádřena průměrným variačním koeficientem stupňů šedi uvnitř čtvercových ploch v závislosti na velikosti sledované plochy čtverce:

$$CVV(A) = \frac{\sum_{i=1}^N CV_i}{N} \quad (3),$$

$$\text{kde: } CV_i = \frac{\sqrt{Sv_i^2}}{X_i} \cdot 100 \quad (4),$$

kde: $CVV(A)$... průměrný variační koeficient stupňů šedi uvnitř čtvercového pole o ploše A [%];
 CV_i ... variační koeficient stupňů šedi v i -tém čtvercovém poli o ploše A [%],
 N ... počet čtvercových ploch;
 Sv_i ... směrodatná odchylka stupňů šedi v i -tém čtvercovém poli;
 \bar{X} ... průměrná hodnota stupňů šedi v i -tém čtvercovém poli.

1.3.2 Variogram, semivariogram

Nestejnomyernost v ploše lze vyjádřit pomocí variogramu, resp. semivariogramu – viz práce [24], [25], [26], [27]. Pro popis plošné textilie používá variogram, resp. semivariogram plošnou hustotu. Plošná hustota $Z(x) = Z(x,y)$, je v místě $x = (x,y)$ definována jako hmota elementární buňky $M(s)$ vztažená na plochu její horní strany $S_d = dx \cdot dy$. Veličina $Z(x)$ je náhodná funkce dvou proměnných, tj. náhodné pole.

Variogram, resp. semivariogram Γ_{ij} vyjadřuje prostorovou (plošnou) nepodobnost mezi hodnotami x_i, x_j a je definován jako polovina rozptylu D přírůstku $z(x_i) - z(x_j)$ dle vztahu (5):

$$\Gamma_{ij} = 0,5 \cdot D[z(x_i) - z(x_j)] \quad (5).$$

Pokud je náhodné pole stacionární, potom pro jeho střední hodnotu platí, že je konstantní v jednotlivých bodech $E(z(x_i)) = m$ (stacionarita 1. řádu) a variogram je pak definován vztahem (6):

$$\Gamma_{ij} = 0,5 \cdot E[z(x_i) - z(x_j)]^2 \quad (6).$$

Stacionarita 2. řádu umožňuje nalezení souvislosti mezi složkami prostorové variability a prostorové autokorelace. Pokud předpoklad stacionarity 1. řádu neplatí ($E(x) = konst$), je necentrováný variogram vychýlený a v tom případě se doporučuje počítat centrováný variogram (7):

$$\Gamma = 0,5 \cdot D[(z(x_i) - E(z_i)) - (z(x_j) - E(z_j))] \quad (7).$$

Závislost variogramu $\Gamma(h)$ na přírůstku *lag* je možno vyjádřit některými parametrickými modely. Ve směru přírůstkového vektoru *lag* se určuje směrový variogram. Pro mřížkové uspořádání bodů (tzv. rektangulární síť – rovnoměrnou, nebo nerovnoměrnou) se volí přírůstkový vektor jako násobek délky a výšky elementární cely a mohou se volit 3 směry přírůstkového vektoru – podélný směr (0°), diagonální směr (45°) a příčný směr (90°). Průměrováním variogramů ve všech směrech se získá tzv. všesměrový variogram (omni variogram).

V této práci byl počítán centrováný semivariogram podle rovnice [25] (8):

$$G(lag) = \frac{1}{2N(lag)} \cdot \sum_{i=1}^{N(lag)} (z_c(x_i) - z_c(x_i + lag))^2 \quad (8),$$

kde: $z_c(x_i)$... centrováný průměrný stupeň šedi, definovaný jako:

$$z_c(x_i) = z(x_i) - \frac{\sum_{i=1}^{n(x_i)} z(x_i)}{n(x_i)} \quad (9).$$

kde: $N(lag)$... počet dvojic pozorování ve vzdálenosti lag;
 $z(x_i)$ stupeň šedi v místě x_i .

Obrazy plošných textilií byly rozděleny čtvercovou sítí, středy polí jsou v místě x . Průměrná hodnota stupně šedi v daném čtvercovém poli je v místě $x(z(x_i))$.

1.3.3 Další přístupy k hodnocení plošné nestejnomy

Téma hodnocení plošné nestejnomy a určení parametrů pro její vyjádření bylo předmětem řešení několika autorů obdobně jako u délkových textilií. Některé charakteristiky, které se používají pro hodnocení nestejnomy přízí lze aplikovat také pro určení nestejnomy plošných textilií, např. objem, počet vláken, hmotnost. V oblasti teoretických vztahů byly dříve provedeny pokusy o určení některých parametrů hmotové nestejnomy plošných textilií (práce WEGENER, PEUKER, HOTH).

Pro zjišťování nestejnomy se často, u délkových i plošných textilií, používá hmotnost. Nestejnomy tkanin se projeví na kolísání její tloušťky, a změna tloušťky tkaniny se projeví na změně její plošné hmotnosti. Tento předpoklad použili WEGENER a PEUKER [10] a podle kolísání hmotnosti vzorků tkanin určité velikosti plochy stanovili plošný variační koeficient reálných tkanin, který je určitou analogií kvadratické nestejnomy délkových textilií, která je také variačním koeficientem. Pro posouzení nestejnomy tkanin, na základě ideální plošné variační křivky, WEGENER [10] a PEUKER [10] sestrojili skutečné plošné variační křivky. Za ideální považovali tkaninu, která by byla vyrobena z „ideálních“ přízí (vykazují limitní nestejnomy) a proces tkaní proběhl ideálně (bez zanesení nestejnomy), Skutečná tkanina, kterou je nutno uvažovat v praxi, je potom vyrobena z přízí, které vykazují skutečnou nestejnomy a proces tkaní se také podílí na celkové nestejnomy tkaniny. Na základě svých poznatků sestrojili WEGENER [10] a PEUKER

[10] křivku plošné variace. Obdobně jako u tkanin, byly i pro pleteniny odvozeny variační koeficienty[10].

Na základě předpokladů o náhodném rozdělení silných a slabých míst v přízi (tj. nestejnomyšlnosti příze) v ploše tkaniny určili WEGENER [11] a HOTH [11] pro tkaniny vyrobené ideálním procesem ideální plošné variace, které ukazují vliv délkových variačních funkcí lineárních textilií (přízi osnovní, útkové) na plošnou variační funkci tkaniny.

Pro pleteniny stanovili WEGENER [10] a HOTH [10] ukazatel jakosti, který je poměrem ideální a skutečné plošné variace pleteniny a vypovídá o míře nestejnomyšlnosti (obdobně jako index nestejnomyšlnosti u délkových textilií).

Další autoři, kteří se problematikou nestejnomyšlnost a defektů plošných textilií (tkanin, pletenin, netkaných textilií) zabývali v pozdější době, využívali metody obrazové analýzy, neuronové sítě.

Pro predikci nebo detekci defektu tkaniny používají někteří autoři neuronové sítě. V práci [12] autoři KUO a LEE používali neuronové sítě k identifikaci defektů ve tkanině, ukazují detekci chybějící příze, díry ve tkanině, nebo skvrny na tkanině. Další autoři JEON, BAE a SUH ukazují v práci [13] rozpoznávání vzorků tkanin pomocí obrazové analýzy a umělých neuronových sítí pro určení např. střídání vazby, rozestupů nití a vazných bodů v obrazu tkaniny, které lze použít pro určení hustoty tkaniny a její variability. V práci [14] autor TILOCCA využívá neuronových sítí k on-line rozpoznání defektu tkaniny přímo na tkalcovském stroji, která je opticky snímána a detekce vad je na základě změny stupňů šedi v obrazu tkaniny.

Neuronové sítě pro detekci lokálních vad aplikoval autor KUMAR v práci [15]. Jeho metoda je založena na principu změny odstínů šedi v okolí defektu. Autor také navrhuje použití lineární neuronové sítě pro rychlou kontrolu kvality tkaniny.

STOJANOVICW, MITROPULOS, KOULAMAS, KARAYIANNIS, KOUBIAS a PAPADOPOULOS [16] ukazují použití kombinace texturních algoritmů s algoritmy neuronové sítě pro detekci různých druhů vad ve tkanině s přesnou lokalizací vady při kontrole tkanin v reálném čase. JUNG, HILL a MCBRIDE v práci [17] analyzovali zesílená místa ve tkaninách zkoumáním povrchu z hlediska jejich tvaru a stejnoměrnosti, Autoři definovali povrchovou geometrii prostřednictvím tvarové charakteristiky povrchu.

Detekce vad v textiliích prostřednictvím obrazové analýzy textur prezentují BODMAROVA, BENNAMOUN a KUBIK v práci [18]. Autoři našli algoritmus pro detekci vad, který koreluje s tkaninou v reálném čase.

TUNÁK v disertační práci [28] řešil detekci běžných defektů ve tkaninách pomocí statistických a spektrálních metod. Ve statistickém přístupu používal statistické charakteristiky 2. řádu a stanovil texturní charakteristiky vhodné pro detekci defektů ve tkaninách. Spektrální přístup pro detekci vad byl založen na použití Fourierova frekvenčního spektra textury, pro automatickou detekci defektů autor používal vícerozměrné regulační diagramy. Fourierova transformace také použil k automatickému určení dostavy a směrové orientace vlákněných i jiných systémů. Navržené metody pro detekci byly ověřeny i na defektech reálných tkanin.

Prodyšnost tkanin k detekci defektů a nestejnomyšlnosti tkaniny řešila HAVLOVÁ v [29] na základě změny propustnosti vzduchu v místě defektu. Tato místa byla dále analyzována a určovány příčiny vzniku defektů pomocí obrazové analýzy a hledána souvislost s nestejnomyšlností přízi.

Stejnomyšlností pletenin se v práci [20] zabýval KOVÁŘ, který za charakteristiky nestejnomyšlnosti uvažoval vady zaznamenané vizuálním vnímáním. Nestejnomyšlnost pletenin byla hodnocena objektivními i subjektivními metodami.

Hodnocením nestejnomyšlnosti textilních materiálů na základě statistické analýzy obrazu se zabývali LINKA a VOLF, v práci [21]. V práci je uveden přehled vybraných statistických metod pro hodnocení nestejnomyšlnosti textilií s využitím Issingova modelu

náhodného pole a metody maximálně pseudo – věrohodného odhadu. Vybrané metody byly použity pro experimentální analýzu nestejnomyšernosti netkané textilie. Vyjádření plošné nestejnomyšernosti pomocí teorie náhodných polí prezentovali MILITKÝ, RUBNEROVÁ, KLIČKA v práci [25], pro hodnocení nehomogenity povrchové hustoty používali koeficient anizotropie a pro vyjádření variability náhodného pole korelační funkci. V [24] MILITKÝ, KLIČKA stanovili charakteristiky pro vyjádření variability plošné hmotnosti prostřednictvím statistických charakteristik 2. řádu, jako jeden z prostředků byl používán také variogram. Nestejnomyšernost netkané textilie byla hodnocena v práci [30] autorů MILITKÝ, BAJZÍK, kteří prostřednictvím fraktální dimenze hodnotili kolísání její tloušťky.

Další autoři řešili hodnocení nestejnomyšernosti plošných textilií z pohledu příze, její reálné nestejnomyšernosti, nebo pracovali s generovanými přízemi. Tvorba virtuálního modelu tkaniny a vzhledu příze navinuté na desce na základě naměřených dat nestejnomyšernosti příze je popsána v práci [19] autory SUH a KIM, naměřené hodnoty nestejnomyšernosti zaznamenávali do obdélníkových oblastí s odpovídající úrovní šedi a z nich virtuálně vytvářeli obraz příze navinuté na desce a obraz tkaniny. Pro simulace obrazů byly použity uměle generované příze. V práci [32] autoři MOEZZI, GHANE a SHAHSAVARI řešili vliv hmotové nestejnomyšernosti útkové příze na povrchovou nestejnomyšernost tkaniny pomocí křivky úhlového výkonového spektra, tzn. míry protažení příze v textilních strukturách. V práci [33] LI, ZHAO, AKANKWASA a WANG predikovali vzhled tkaniny na základě nestejnomyšernosti a plochy povrchu příze a vytvořili matematický model tkaniny, ve kterém uvažují eliptické zploštění přízí ve tkanině. V [34] SAKAGUCHI, WEN, MATSUMOTO, TORIUMI a KIM použili obrazovou analýzu pro hodnocení obrazu plošné textilie, na základě nestejnomyšernosti příze vyjadřují variační koeficienty a výkonová spektra.

V článku [35] je sledován vliv míry odchylek DR (%) na vzhled tkanin a je diskutována jeho vhodnost pro predikci vzhledu tkanin. Ve firemních materiálech [36] firma KEISOKI, vyrábí přístroj pro měření nestejnomyšernosti na optokapacitním principu, doporučuje na základě dobré korelace se vzhledem příze používat hodnoty míry odchylek DR(%) – deviation rate k predikci vzhledu plošných textilií.

2 Cíle disertační práce

Předmětem disertační práce je hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti plošných textilií pomocí „objektivních“ metod. Metody jsou založeny na hodnocení obrazu plošné textilie vytvořeného z výsledků měření nestejnomyěrnosti a počtu vad příze. Použité obrazy plošných textilií byly generovány simulačním programem aparatury pro měření nestejnomyěrnosti příze Uster Tester. Hledání souvislostí mezi hmotovou nestejnomyěrností délkových textilií (přízí) a vzhledovou nestejnomyěrností plošných textilií na základě zjištěné nestejnomyěrnosti a počtu vad příze.

V anotaci jsou shrnuty poznatky o hmotové nestejnomyěrnosti délkových textilií, možnostech jejího vyjadřování a hodnocení prostřednictvím parametrů a charakteristických funkcí. Jsou uvedeny projevy struktury hmotné nestejnomyěrnosti příze na jejich vzhled a vzhled tkanin. Jsou uvedeny způsoby hodnocení nestejnomyěrnosti plošných textilií, uvedeny statistické charakteristiky, které lze použít pro vyjádření nestejnomyěrnosti plochy a přehled dalších přístupů k hodnocení plošné nestejnomyěrnosti.

Vlastní provedení disertační práce spočívá v hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti simulovaných obrazů tkanin různých vazeb (plátno, kepr, atlas). Tato nestejnomyěrnost je vyjádřena variačním koeficientem stupňů šedi v hodnoceném obrazu. Na základě výsledků kolísání stupňů šedi byly konstruovány a hodnoceny plošné variační křivky a semivariogramy.

V závěru práce jsou shrnuty zjištěné poznatky o průběhu uvedených funkcí s ohledem na typ a strukturu nestejnomyěrnosti přízí.

Disertační práce má následující dílčí cíle:

- hodnocení simulovaných obrazů plošných textilií (výstup aparatury Uster Tester) z přízí vykazující různé typy a strukturu nestejnomyěrnosti;
- zpracování simulovaných obrazů pomocí obrazové analýzy a programu „Plošná nestejnomyěrnost“ (program v Matlabu vytvořený prof. J. Militkým, Csc.);
- hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti s využitím plošných variačních křivek;
- hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti pomocí semivariogramů.

3 Hodnocení vzhledové nestejnoměrnosti – přístupy

Hodnocení nestejnoměrnosti v ploše bylo řešeno na obrazu plošných textilií (tkanin) získaných jako výsledek měření nestejnoměrnosti příze. Jedním z výstupů aparatury proměření nestejnoměrnosti délkových textilií (přízí) je simulovaný obraz vzhledu plošné textilie, který byl vytvořen na základě výsledku měření hmotové nestejnoměrnosti a počtu vad příze. Simulační software aparatury Uster Tester IV. – SX z těchto údajů generuje obraz vzhledu příze navinuté na tmavé desce a obrazy plošných textilií – tkanin ve vazbách plátno, kepr (K 3/1, útkový) a atlas (A 1/4 (3)) a pletenin – zátažná jednolící pletenina. Pokud jsou hodnoceny tyto obrazy plošných textilií, tak je sledován vliv pouze nestejnoměrnosti a počtu vad příze na vzhledovou nestejnoměrnost vytvořeného obrazu plošné textilie. Určování nestejnoměrnosti plošných textilií je tak převedeno na hodnocení vzhledové nestejnoměrnosti jejího obrazu, které je založeno na hodnocení kolísání stupňů šedi v generovaném obrazu.

Vzhledem k tomu, že neexistují objektivní srovnávací kritéria, která by ověřila použitelnosti navrhovaných metod, byl každý obraz plošné textilie také současně hodnocen vizuálně. Navrhované postupy „objektivního“ hodnocení vzhledové nestejnoměrnosti plošných textilií byly tak dávány do souvislosti s tímto hodnocením.

Možné přístupy ke zpracování obrazu plošné textilie použité v rámci disertační práce:

I. Užití obrazové analýzy pro hodnocení vzhledové nestejnoměrnosti simulovaných obrazu plošné textilie

Hodnocení vzhledové nestejnoměrnosti bylo provedeno na obrazech plošných textilií získaných z aparatury Uster Tester IV. – SX. Pro hodnocení byly použity následující přístupy:

- hodnocení celého obrazu plošné textilie jako jednoho pole;
- obraz plošné textilie rozdělen do čtvercových polí různých velikostí a nestejnoměrnost hodnocena v jednotlivých čtvercích. Z naměřených hodnot jsou konstruovány „plošné variační křivky“;
- hodnocení obrazu plošné textilie rozdělených čtvercovou sítí (čtverce různých velikostí) ve směru řádků a sloupců.

II. Hodnocení vzhledové nestejnoměrnosti obrazu plošných textilií pomocí programu „Plošná nestejnoměrnost (programové prostředí Matlab)“

V programu „Plošná nestejnoměrnost“, jehož autorem je prof. J. Militký, Csc.¹, lze zpracovávat obrazy plošných textilií (simulované obrazy, ale i obrazy reálných textilií) a jeho výsledkem, dle zvolené varianty, jsou:

- plošná variační křivka – vnější a vnitřní křivka, které jsou konstruovány pro každý hodnocený obraz plošné textilie;
- variogramy, resp. semivariogramy – v různých směrech (ve směru řádků, sloupců, diagonály, všesměrový (OMNI)), které jsou konstruovány pro každý hodnocený obraz.

V těchto programech byly zpracovávány obrazy plošných textilií vygenerované aparaturou Uster Tester IV. – SX (obrazy tkanin různých vazeb). Z výsledků zpracování obrazů plošných textilií v uvedených programech byly konstruovány plošné variační křivky a semivariogramy, jejichž průběhy byly předmětem hodnocení.

¹Prof. Ing. Jiří Militký, Csc., Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Katedra materiálového inženýrství

4 Hodnocení vzhledové nestejnoměrnosti – výsledky

4.1 Hodnocení vzhledové nestejnoměrnosti pomocí obrazové analýzy

Získaný obraz plošné textilie je nasnímán a makrem vytvořeným pro obrazovou analýzu dochází k jeho hodnocení – zaznamenává se střední hodnota šedi plochy a její směrodatná odchylka. Z těchto hodnot se potom vypočítává variační koeficient plochy, který obdobně jako u délkových textilií, vyjadřuje její vzhledovou nestejnoměrnost. Při zpracování obrazu byly navrženy tyto přístupy:

- hodnocení celého obrazu jako jednoho pole – hodnocení obrazu bod po bodu (sleduje se úroveň šedi v jednotlivých bodech) a z nich se vypočítává průměrná úroveň šedi, směrodatná odchylka a variační koeficient úrovně šedi pro celý obraz, který vyjadřuje „vzhledovou nestejnoměrnost“;
- rozdělení obrazu plošné textilie na čtverce různých velikostí (0,5 x 0,5 cm; 1 x 1 cm; 1,5 x 1,5 cm; 2 x 2 cm; 2,5 x 2,5 cm), v každém poli je určena střední hodnota šedi a její směrodatná odchylka. Z naměřených hodnot se vypočítává průměrný stupeň šedi, průměrná směrodatná odchylka a její variační koeficient pro celou plochu. Z hodnot variačních koeficientů stupňů šedi lze konstruovat „vnější plošné variační křivky“ jako závislost variačního koeficientu stupně šedi na velikosti sledovaného pole;
- v obraze rozděleném na čtverce určité velikosti (např.: 1 x 1 cm) lze sledovat průměrné stupně šedi a jejich variabilitu vyjádřenou variačními koeficienty ve směru řádků a sloupců (tzv. směrová nestejnoměrnost).

4.1.1 Hodnocení celého obrazu plošné textilie jako jednoho pole

Tento způsob hodnocení obrazu je prezentován pro prstencovou mykanou přízi 100% CO, jmenovité jemnosti 60 tex, u které bylo proměřeno 10 cívek na aparatuře Uster Tester IV. – SX. Pro hodnocení vzhledové nestejnoměrnosti byly použity simulované obrazy plošné textilie – tkanina Kepr 3/1, které byly hodnoceny pomocí obrazové analýzy. Variační koeficient stupňů šedi $CV_{ik}[\%]$ vyjadřuje úroveň vzhledové nestejnoměrnosti hodnoceného obrazu plošné textilie. Výsledky měření nestejnoměrnosti příze a hodnocení vzhledové nestejnoměrnosti z nich simulovaných obrazů tkanin Kepr 3/1 jsou uvedeny v tab. 4.1.

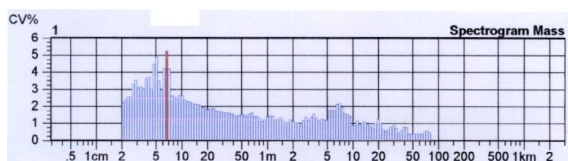
Tab. 4.1: Zpracované výsledky měření nestejnoměrnosti příze (UT IV. – SX) a jim odpovídající hodnocení vzhledové nestejnoměrnosti tkanin – Kepr 3/1

Cívka	Příze				Tkanina – Kepr 3/1		
	$CV_{příze} [\%]$	Slabá místa -50% [1/km]	Silná místa +50% [1/km]	Nopky +200% [1/km]	Střední hodnota šedi	Směrodatná odchylka šedi	Variační koeficient $CV_{ik} [\%]$
1	12	0,0	10,0	15,0	66	29,89	45,29
2	12,89	0,0	10,0	17,5	66	31,65	47,95
3	12,34	0,0	12,5	27,5	66	31,45	47,65
4	13,01	0,0	10,0	5,0	65	31,45	48,38
5	12,36	0,0	25,0	25,0	68	31,64	46,52
6	12,28	0,0	12,5	25,0	66	31,48	47,69
7	12,58	0,0	15,0	7,5	65	31,18	47,98
8	12,11	0,0	7,5	20,0	63	28,47	45,19
9	12,45	0,0	20,0	22,5	64	28,90	45,15
10	12,62	0,0	17,5	12,5	64	28,99	45,30

Zjištěné hodnoty nestejnomy plochy, které jsou interpretovány variačními koeficienty CV_{tk} , vyjadřují míru kolísání barevného odstínu, v tomto případě stupňů šedi. Rozdíly v hodnotách variačních koeficientů stupňů šedi pro obrazy tkanin generovaných pro jednotlivé cívky jsou malé, přestože vizuálním posouzením byly zaznamenány větší rozdíly v hodnocení vzhledu obrazu těchto plošných textilií. Variační koeficient je zpravidla vyšší u obrazů tkanin, které byly konstruovány z příze, které vykazovaly vyšší nestejnomy (hodnotu $CV_{příze}$), vyšší počet vad a závažnější průběh spektrogramu.

4.1.2 Rozdělení obrazu plošné textilie na čtverce různých velikostí

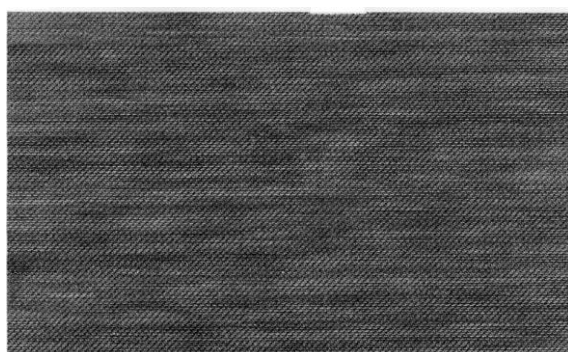
K tomuto způsobu hodnocení obrazu plošné textilie byly použity obrazy simulovaných vzhledů plošné textilie (tkanina Kepr 3/1) aparaturou Uster Tester IV. – SX, výsledky jsou ukázány pro příze 100% CO jmenovitých jemností $T=25$ tex. Pro možnost posouzení průběhu vnější plošné variační křivky byly porovnávány příze stejné konstrukce, které byly vyrobeny stejnou technologií, ale vykazovaly rozdílný typ nestejnomy – příze bez periodické nestejnomy a příze vykazující periodickou nestejnomy na krátkých vlnových délkách (tzv. "moaré efekt") – viz spektrogram (obr. 4.1) a simulovaný vzhled příze navinuté na tmavé desce (obr. 4.2), simulovaný obraz tkaniny Kepr 3/1 (obr. 4.3). Na obr. 4.4 je simulovaný obraz tkaniny – Kepr 3/1 z příze stejné konstrukce, ale bez periodické nestejnomy („bezvadný“ průběh spektrogramu). Průběhy vnějších plošných variačních křivek pro tyto příze jsou znázorněny na obr. 4.5.



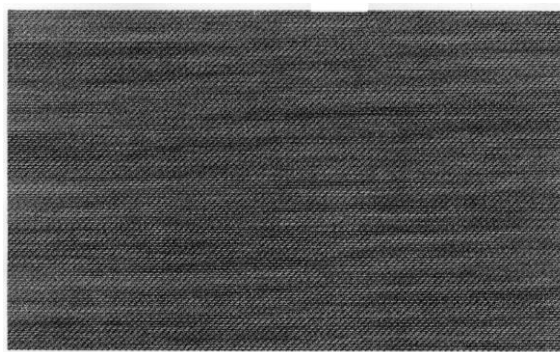
Obr. 4.1: Spektrogram příze vykazující moaré efekt desce 100% CO, $T=25$ tex



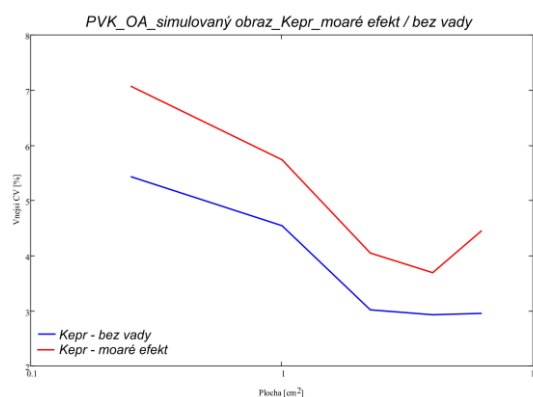
Obr. 4.2: Simulovaný vzhled příze tmavé 100% CO, $T=25$ tex



Obr. 4.3: Simulace vzhledu tkaniny – Kepr 3/1 z příze vykazující moaré efekt



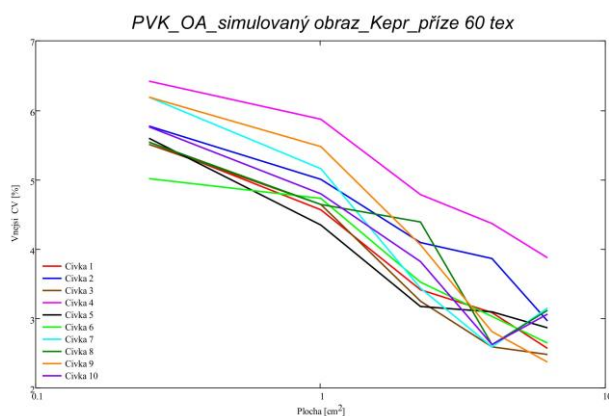
Obr. 4.4: Simulace vzhledu tkaniny – Kepr 3/1 z příze bez vzhledové vady



Obr. 4.5: Plošné variační křivky – simulovaný obraz tkaniny (Kepr 3/1) z příze s moaré efektem / bez vady

Dále byl tento postup hodnocení obrazu plošných textilií aplikován na soubor simulovaných obrazů tkanin keprové vazby, u kterých byl hodnocen celý obraz jako jedna plocha (viz kap. 4.1.1). Průběhy plošných variačních křivek jsou na obr. 4.6.

Z průběhů vnějších plošných variačních křivek je zřejmý klesající trend křivky se zvětšující se velikostí sledovaného pole (plochy čtverce). Křivka pro obraz tkaniny konstruované z příze vykazující moaré efekt leží nad křivkou pro obraz tkaniny z příze bez vady. Poloha křivky tak vyznačuje úroveň variability stupňů šedi ve sledovaném obraze. Při rozdělení plochy hodnoceného obrazu čtvercovou sítí, poloha a průběh plošné variační křivky zachytil vzhledovou nestejnomyšnost obrazu plošné textilie. Poloha křivek také odpovídá vizuálnímu hodnocení odrazů plošných textilií. Vzhled obrazu, který byl konstruován z příze, která vykazovala závadnější průběh spektrogramu je horší (v obraze jsou viditelné větší rozdíly v úrovni šedi a také je patrná vyšší variabilita stupňů šedi), než v obraze plošné textilie z příze s nižší nestejnomyšností a spektrogramem bez závad. Průběh plošných variačních křivek je analogií k průběhu délkové variační křivce příze, která s rostoucí proměřovanou délkou také klesá. Zlomy v průběhu křivky znamenají změnu nestejnomyšnosti, zlom směrem nahoru indikuje její zvýšení.



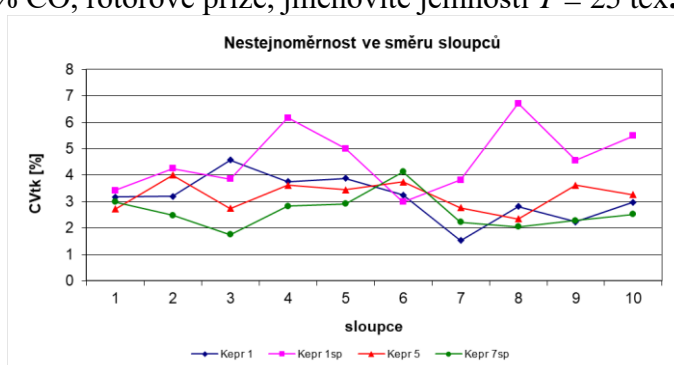
Obr. 4.6: Plošné variační křivky – simulovaný obraz tkaniny (Kepr 3/1), $T = 60 \text{ tex}$

Vyjádření vzhledové nestejnomyšnosti prostřednictvím vnějších plošných variačních křivek je lepší prostředek než vyjádření pomocí variačního koeficientu stupňů šedi celého obrazu (viz. kap. 4.1.1). Průběhy plošných variačních křivek (obr. 5.6) lépe vystihují rozdíly ve vzhledu jednotlivých obrazů plošných textilií a více se shodují s vizuálním hodnocením jejich vzhledů. Dále je možné při tomto přístupu sledovat vzhledovou nestejnomyšnost ve směru řádků a sloupců (tzv. směrová nestejnomyšnost).

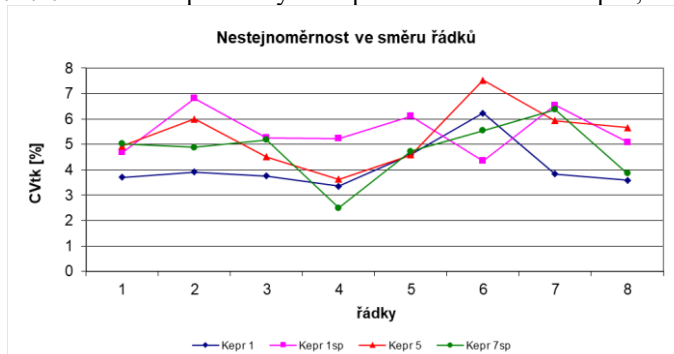
4.1.3 Hodnocení obrazu plošné textilie rozdělených čtvercovou sítí ve směru řádků a sloupců

Obraz plošné textilie je rozdělen čtvercovou sítí na pole velikosti 1 x 1 cm, v každém poli se zjišťuje úroveň šedi a její variace (vyjádřená variačním koeficientem). Variační koeficienty kolísání úrovně šedi se hodnotí ve směru řádků a sloupců, sleduje se tzv. směrová nestejnomyernost. V jednotlivých řádcích a sloupcích se počítá střední hodnota šedi a její variační koeficient, který vyjadřuje kolísání úrovně šedi v příslušném směru.

Pro hodnocení byly použity obrazy tkanin keprové vazby (K 3/1) generované z přízí bezvadných a z přízí vykazující periodickou nestejnomyernost na krátkých vlnových délkách – charakteristické spektrum, $\lambda = 8$ cm. Konstruované grafické závislosti vyjadřují variabilitu průměrných stupňů šedi ve směru sloupců (obr. 4.7) a řádků (obr. 4.8). Obrazy tkanin byly generovány ze 100 % CO, rotorové příze, jmenovité jemnosti $T = 25$ tex.



Obr. 4.7: Variabilita průměrných stupňů šedi ve směru sloupců, kepr 3/1



Obr. 4.8: Variabilita průměrných stupňů šedi ve směru řádků, kepr 3/1

Diskuze výsledků

Střední hodnoty šedi a jim příslušející variační koeficienty v jednotlivých čtvercích plochy 1x1 cm byly sledovány ve směru řádků a sloupců. Zjištěné hodnoty úrovně šedi odpovídají rozložení světlejších a tmavších míst v obrazu tkaniny. Úroveň střední hodnoty šedi a jejich variačních koeficientů vykazují vyšší rozdíly mezi čtverci v řádku, resp. sloupci a číselně tak vyjadřují rozložení vzhledové nestejnomyernosti v ploše (tj. obrazu plošné textilie). Grafické znázornění kolísání stupňů šedi ve směru sloupců (obr. 4.7) a řádků (obr. 4.8) vyjadřuje strukturu vzhledové nestejnomyernosti v obrazu plošné textilie.

Při porovnání výsledků vizuálního hodnocení vzhledu obrazu plošné textilie s vypočítanými variačními koeficienty lze konstatovat, že výsledky si sobě více odpovídají. Místa, která při vizuálním hodnocení nestejnomyernosti vykazují vyšší kolísání úrovně šedi, vykazují i vyšší variační koeficient stupňů šedi. Variační koeficienty stupňů šedi ve směru řádků a sloupců lépe popisují strukturu vzhledové nestejnomyernosti plošných textilií.

4.2 Hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti - program „Plošná nestejnomyěrnost“

Program „Plošná nestejnomyěrnost“ je speciální program vytvořený prof. Militkým v programovém prostředí Matlab, který zpracovává obrazy plošných textilií a jeho výsledkem je dle zvolené varianty:

- plošná variační křivka (vnější a vnitřní křivka konstruovaná pro každý testovaný obraz);
- variogram, resp. semivariogram – různé druhy, závisí na volbě (konstruovány pro každý testovaný obraz).

I v tomto případě byly hodnoceny simulované obrazy plošných textilií získané z výstupu aparatury Uster Tester (generovány z výsledků měření nestejnomyěrnosti a počtu vad příze). I v tomto způsobu hodnocení nestejnomyěrnosti se pracuje s obrazem v šedé škále a hodnotí se vzhledová nestejnomyěrnost obrazu. Nestejnomyěrnost obrazu plošné textilie i v tomto způsobu hodnocení převedena na hodnocení nestejnomyěrnosti vybarvení, tj. kolísání stupňů šedi v hodnoceném obraze. Při zpracování obrazu plošné textilie lze volit velikost sledované plochy v obrazu plošné textilie, krok (minimální počet délkových úseků, na které budou rozděleny řádky a sloupce hodnoceného obrazu) pro plošnou variační křivku a dále krok po kterém je tvořen semivariogram.

Postup zpracování obrazu plošné textilie v programu „Plošná nestejnomyěrnost“

Program zpracovává vybranou čtvercovou plochu v obrazu plošné textilie, kterou rozdělí ve vodorovném a svislém směru na tolik délkových úseků, kolik je definováno krokem. Tím je definována maximální velikost čtverce pro hodnocení variability stupňů šedi. Program při hodnocení obrazu postupuje od nejmenších čtverců (velikost 1 x 1 bod) a postupně přidává 1 bod v každém směru a tak postupuje do maximální velikosti čtverce. V každém čtverci hodnotí úroveň šedi a její variabilitu. Ze zjištěných variací stupňů šedi jsou konstruovány plošné variační křivky – vnitřní a vnější, které byly vypočítány podle rovnic – vnitřní (2) a vnější (3). Vnější variační křivka vyjadřuje kolísání variačního koeficientu stupně šedi mezi čtverci v závislosti na velikosti čtverce. Vnitřní plošná variační křivka vyjadřuje kolísání stupňů šedi uvnitř čtverců v závislosti na velikosti sledované plochy čtverce.

Při hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti simulovaných obrazů plošných textilií byla z celého obrazu sledována plocha 1000 x 1000 bodů, tj. 8,46 x 8,46 cm a zvolen krok 10 pro plošné variační křivky (sledovaná plocha v obrazu byla rozdělena na 10 délkových úseků v každém směru), maximální velikost strany sledovaného čtverce tak byla 0,846 cm. Pro konstrukci semivariogramů byl zvolen krok 30, tj. 0,254 cm. Součástí hodnocení bylo také subjektivní vizuální posouzení vzhledu simulovaného obrazu plošných textilií, se kterým byly průběhy plošných křivek konfrontovány.

Průběhy plošných variačních křivek obrazů plošných textilií konstruované z přízí s vadou, byly porovnávány s plošnou křivkou, která byla konstruována pro obraz plošné textilie z příze, která vadu nevykazovala. Ve spektrogramu přízí lze identifikovat dvě různé struktury periodické nestejnomyěrnosti, tzv. charakteristické spektrum („komíny“) a tzv. kupovité spektrum („kupa“). Pro hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti obrazů plošných textilií pomocí plošných variačních křivek a semivariogramů byly použity příze, jejichž spektrogram vykazoval oba typy struktur periodické nestejnomyěrnosti.

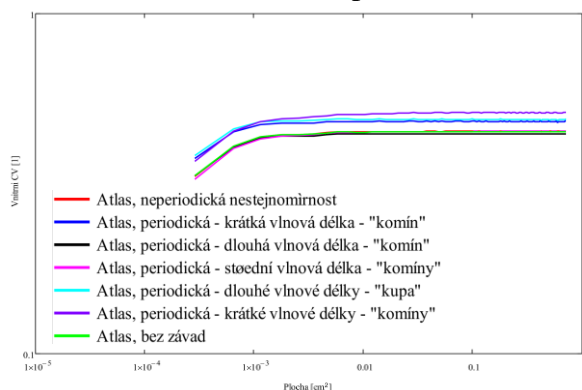
4.2.1 Hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti – vnitřní plošné variační křivky

Pro možnost posouzení průběhů vnitřních plošných variačních křivek, byly vybrány příze, které vykazují typické vady (periodickou nestejnomyěrnost na krátkých / středních a

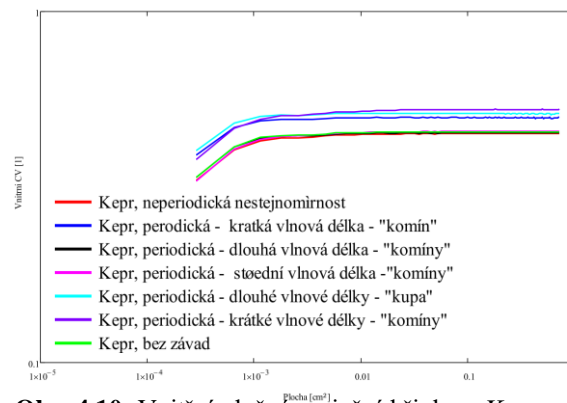
dlouhých vlnových délkách, neperiodickou nestejnomořnost) a dále příze, která tyto vady nevykazovala.

Příze č. 1 a 2 vykazují periodickou nestejnomořnost na krátkých vlnových délkách a na vzhledu přízi je zřetelný moaré efekt. Příze č. 1 vykazuje silný moaré efekt, který je ve spektrogramu identifikován charakteristickými spektry (série „komínů“ – viz tab. 2). Moaré efekt je dobře patrný i na vzhledu obrazů tkanin všech vazeb a v porovnání s ostatními obrazy je u těchto vzhledů hodnocen jako nejhorší. Příze č. 3 vykazuje periodickou nestejnomořnost – charakteristická spektra na středních vlnových délkách (série „komínů“ ve spektrogramu na vlnových délkách 1-5 m), které způsobují neklidný vzhled příze a plošných textilií. Různou strukturu periodické nestejnomořnosti na dlouhých vlnových délkách vykazují příze č. 4 a 5. Příze č. 4 vykazuje ve spektrogramu charakteristická spektra ("komíny"), u příze č. 5 bylo ve spektrogramu identifikováno kupovité spektrum. Na vzhledu přízi i plošných textilií se obou případech projevují jako pruhovitost, výraznější je v případě kupovitého spektra (příze č. 5). Spektrogram příze č. 6 je bez závadného spektra, ale délková variační křivka příze vykazuje zlom nahoru na délce cca 2 m, tj. neperiodickou nestejnomořnost, která na vzhledu příze a plošných textilií způsobuje neklidný vzhled – mrakovitost. Příze č. 7 nevykazuje periodickou nestejnomořnost (spektrogram bez závad), ale v průběhu délkové variační křivky je patrný odklon nahoru na délce cca 1,5 m. Na vzhledu příze a plošných textilií se ale výrazně neprojevily a tyto vzhledy byly při vizuálním hodnocení označeny jako nejlepší, obrazy vykazovaly nejmenší kolísání úrovně šedi. Proto tato příze byla vybrána jako příze bez závad a proto je srovnávací pro ostatní vybrané příze.

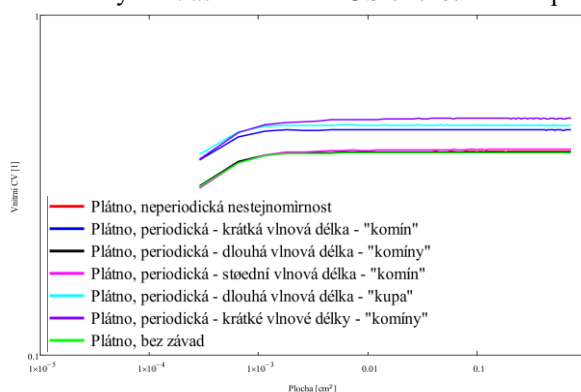
Průběhy vnitřních plošných variačních křivek jsou znázorněny na obr. 4.9 – vazba Atlas, obr. 4.10 – vazba Kepr a obr. 4.11 – vazba Plátno.



Obr. 4.9: Vnitřní plošné variační křivky – Atlas



Obr. 4.10: Vnitřní plošné variační křivky – Kepr



Obr. 4.11: Vnitřní plošné variační křivky – Plátno

Hodnocení průběhu vnitřních plošných variačních křivek

Průběh vnitřních plošných variačních křivek souvisí s velikostí sledované plochy v obrazu plošné textilie. Vnitřní plošné variační křivky se zvětšující se velikostí sledovaného

pole vykazují rostoucí průběh bez ohledu na použitou vazbu tkaniny. Průběhy plošných variačních křivek pro jednotlivé vazby tkanin jsou velmi podobné a níže uvedené hodnocení platí pro všechny použité vazby. Nejstrmější růst je od počátku vnitřní plošné křivky do úrovně plochy cca $0,001\text{cm}^2$. V oblasti malých ploch se průběhy vnitřních variačních křivek překrývají a k jejich oddělení dochází až na při hodnocení variability stupňů šedi na větších plochách. Obecně lze na základě průběhu říci, že velké rozdíly v poloze křivek nejsou. Vyšší polohu vnitřních variačních křivek vykazují obrazy tkanin, které byly simulovány z příze vykazující výraznou vadu, tzn. v obrazu plošné textilie je vyšší variabilita stupňů šedi. V souboru sledovaných přízí jde o přízi s výrazným moaré efektem (periodická nestejnomyšnost na krátkých vlnových délkách). Vnitřní plošná variační křivka pro tento případ je položena nejvýše a tím potvrzuje subjektivní vizuální hodnocení, ve kterém byly obrazy těchto plošných textilií hodnoceny jako nejhorší. Do skupiny křivek, které jsou položeny výše, patří také vnitřní plošné variační křivky obrazů plošných textilií z příze vykazující periodickou nestejnomyšnost na krátkých vlnových délkách (moaré efekt) a periodickou nestejnomyšnost na dlouhých vlnových délkách (kupovité spektrum) jejichž obrazy plošných textilií vykazují vyšší variabilitu stupňů šedi. Pokud budeme porovnávat výraznost závadného efektu, v tomto případě moaré efektu, na polohu vnitřní plošné variační křivky, tak výše je položena křivka pro přízi s výraznějším efektem. Obdobně můžeme sledovat vliv typu nestejnomyšnosti na dlouhých vlnových délkách. V tomto porovnání leží výše křivka pro přízi s kupovitým spektrem (příze č. 5), které se na vzhledu obrazu plošných textilií projeví výrazněji než charakteristické spektrum (příze č. 4). Při vizuálním hodnocení vzhledu byly tyto obrazy hodnoceny jako podobné, horší vzhled byl hodnocen u obrazů z příze č. 5 (kupovité spektrum). Vnitřní plošné variační křivky obrazů plošných textilií z přízí vykazující periodickou nestejnomyšnost na středních a dlouhých vlnových délkách (charakteristické spektrum), neperiodickou nestejnomyšnost a z příze bez závadného průběhu spektrogramu a délkové variační křivky, leží velmi blízko sebe a jejich průběhy se překrývají. Příze vykazující tyto závadné efekty se při subjektivním vizuálním hodnocení vzhledové nestejnomyšnosti obrazů plošných textilií a vzhledů přízí nejeví jako výrazné. Pro případ periodické nestejnomyšnosti na středních vlnových délkách se potvrdil známý fakt, že tento typ nestejnomyšnosti je na vzhledu příze rozpoznatelný jen zřídka a při splnění určitých podmínek a obdobně je tomu potom i v plošné textilii. Průběh a poloha vnitřních variačních křivek odpovídají subjektivnímu vizuálnímu hodnocení vzhledu obrazů plošných textilií a přízí.

Sledování nestejnomyšnosti na malých plochách (velikost strany čtverce do $0,032\text{ cm}$) je blízké hodnocení celé plochy, tj. bod po bodu, a rozdíly v kolísání úrovně šedi je průměrováním potlačeno.

Průběhy a polohy vnitřních plošných variačních křivek nevykazují velké rozdíly pro příze vykazující zvýšenou nestejnomyšnost. Větší rozdíly byly zaznamenány pouze v případě velmi výrazné vady. Vady méně výrazné a běžně se u přízí vyskytující, zpravidla nejsou vnitřní plošnou variační křivkou zaznamenány. Dále proto byla pozornost zaměřena na sledování průběhů vnějších plošných variačních křivek pro různé typy a struktury nestejnomyšnosti.

4.2.2 Hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti – vnější plošné variační křivky

Pro toto hodnocení byly použity obrazy plošných textilií, které byly konstruovány z přízi vykazující typické vzhledové vady – periodickou nestejnomyěrnost (na krátkých, středních a dlouhých vlnových délkách) a neperiodickou nestejnomyěrnost (na délkách do 1m a délkách od 1m).

Průběhy plošných variačních křivek obrazů plošných textilií konstruované z přízi s vadou, byly porovnávány s plošnou křivkou, která byla konstruována pro obraz plošné textilie z příze, která vadu nevykazovala. Existují dvě struktury periodické nestejnomyěrnosti, které se projeví tzv. charakteristickým spektrem („komín“) a tzv. kupovitým spektrem („kupa“). Pro hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti obrazů plošných textilií – tkanin pomocí plošných variačních křivek byly použity příze s oběma typy struktury periodické nestejnomyěrnosti. Průběhy vnějších plošných variačních křivek byly porovnávány s průběhem plošné křivky pro obrazy tkanin z příze bez vady.

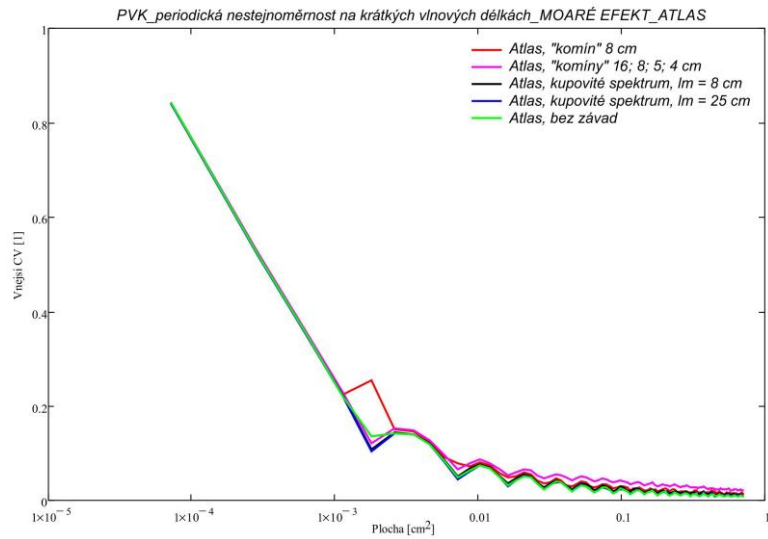
4.2.2.1 Periodická nestejnomyěrnost na krátkých vlnových délkách – moaré efekt

Pro hodnocení byly použity obrazy plošných textilií (vazby atlas, kepr a plátno) konstruované z přízi periodickou nestejnomyěrností na krátkých vlnových délkách – kupovité spektrum se střední délkou vlny $\lambda_m = 8$ cm a $\lambda_m = 25$ cm a charakteristické spektrum na vlnových délkách $\lambda = 8$ cm a $\lambda = 16; 8; 5$ a 4 cm. Obě struktury nestejnomyěrnosti způsobují stejný typ vzhledové nestejnomyěrnosti, tzv. moaré efekt. Pro porovnání projevu typu struktury nestejnomyěrnosti byly vybrány příze vykazující charakteristické a kupovité spektrum na stejné vlnové délce, resp. se stejnou střední délkou vlny. Průběhy vnějších plošných variačních křivek jsou na obr. 4.12 – Atlas, 4.13 – Kepr a 4.14 – Plátno.

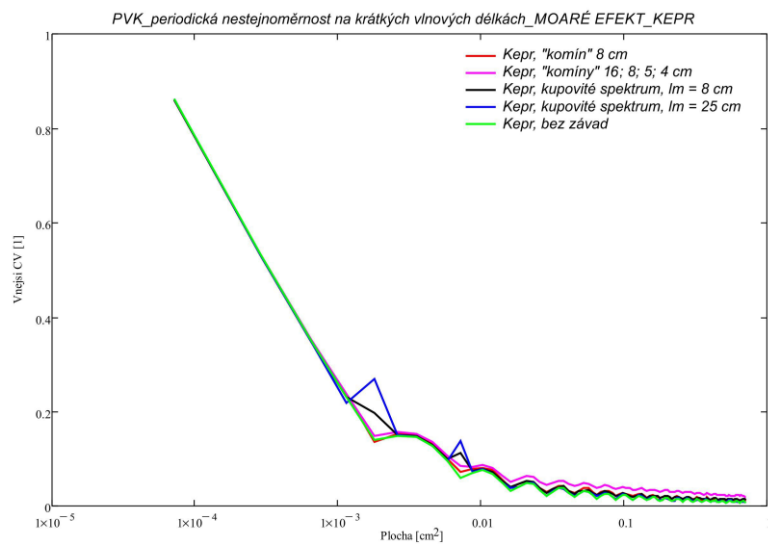
Hodnocení průběhu vnějších plošných variačních křivek

Z průběhů křivek je zřejmé, že pro oba typy struktury nestejnomyěrnosti jsou charaktery průběhu plošných křivek stejné. U všech vazeb vykazuje plošná variační křivka zlom na ploše $0,001$ cm² velikosti sledovaného čtverce a do této plochy se průběhy křivek překrývají. U keprové vazby vykazuje křivka zlom na ploše $0,007$ cm². Pokud porovnáváme vliv struktury nestejnomyěrnosti na průběh křivek tak lze konstatovat, že pokud je vlnová délka vady (charakteristické spektrum), resp. střední délka vlny (kupovité spektrum) stejná, tak průběh křivek je podobný a jejich průběhy se z velké části překrývají. Na průběh plošných variačních křivek má vliv výraznost efektu a není důležité, který typ vady ji způsobil. Výraznější moaré efekt vykazovala na svém vzhledu příze s charakteristickými spektra na vlnových délkách $\lambda = 16; 8; 5$ a 4 cm a tento zhoršený vzhled se projevil i na vyšší vzhledové nestejnomyěrnosti obrazů tkanin z ní simulovaných. Příze vykazující periodickou nestejnomyěrnost na větších krátkých vlnových délkách ($\lambda_m = 25$ cm) je na vzhledu příze méně výrazná a způsobuje také méně výraznou vzhledovou nestejnomyěrnost. Plošné variační křivky pro tento případ leží v grafech níže než plošné křivky pro případ větší vzhledové nestejnomyěrnosti.

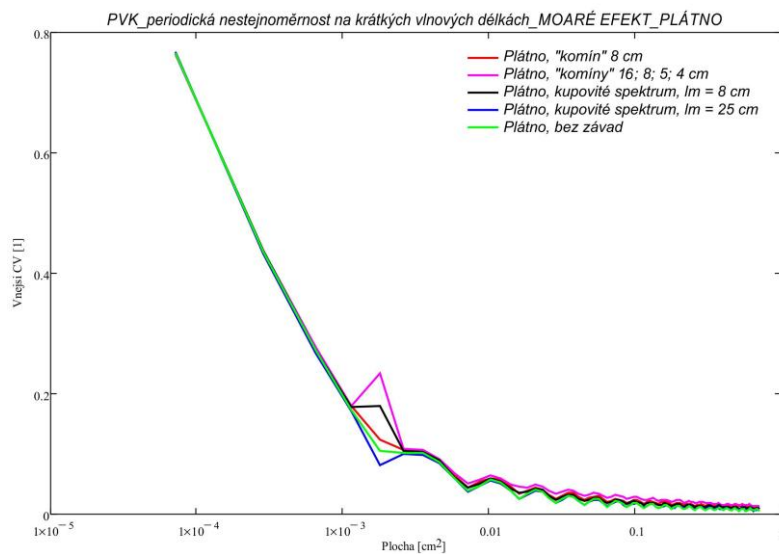
Z průběhů vnějších plošných variačních křivek pro periodickou nestejnomyěrnost na krátkých vlnových délkách plyne, že na jejich průběh nemá zásadní vliv typ struktury nestejnomyěrnosti (charakteristické, kupovité spektrum), ale vlivnější je vlnová délka, na které se vada v přízi vyskytuje a její amplituda. Vada na kratší vlnové délce způsobuje výraznější moaré efekt a tím také horší vzhledovou nestejnomyěrnost obrazů tkanin. Zhoršená vzhledová nestejnomyěrnost je identifikována polohou křivky a zlomy v jejím průběhu. Vlivem vazby se moaré efekt jeví jako výraznější u vazeb, které vykazují určitou délku flotážní nitě, tj. u vazeb kepr, atlas.



Obr. 4.12: Vnější plošná variační křivka, vazba Atlas – moaré efekt, příze – charakteristické, kupovité spektrum



Obr. 4.13: Vnější plošná variační křivka, vazba Kepr – moaré efekt, příze – charakteristické, kupovité spektrum



Obr. 4.14: Vnější plošná variační křivka, vazba Plátno – moaré efekt, příze – charakteristické, kupovité spektrum

4.2.2.2 Periodická nestejnomyernost na středních vlnových délkách

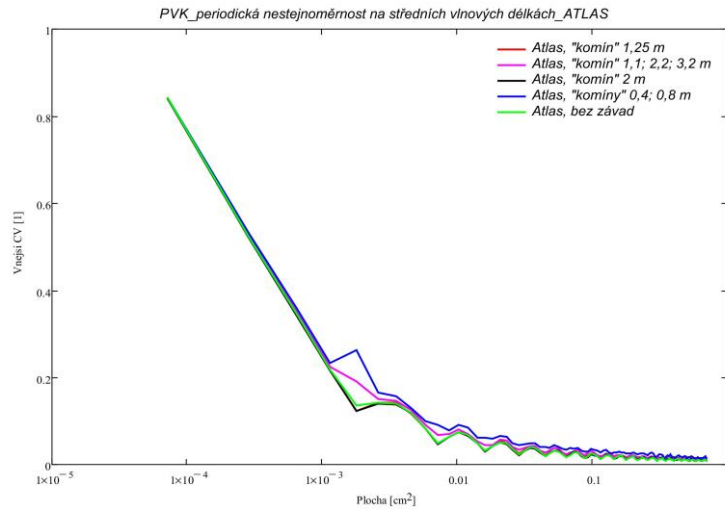
Pro hodnocení byly použity obrazy plošných textilií (vazby atlas, kepr a plátno) konstruované z přízí vykazující periodickou nestejnomyernost na středních vlnových délkách v rozsahu délek 1 – 5 m. Pro hodnocení byly použity příze vykazující ve spektrogramu charakteristická spektra na vlnových délkách $\lambda = 1,25$ m; $\lambda = 1,1$; 2,2 a 3,2 m; $\lambda = 2$ m a $\lambda = 0,4$ a 0,8 m. Průběhy vnějších plošných variačních křivek jsou znázorněny na obr. 4.15 – Atlas, 4.16 – Kepr a 4.17 – Plátno.

Z výsledků experimentů v [5], [6] plyne, že tento typ nestejnomyernosti se na vzhledu příze a vzhledu plošné textilie projeví jen zřídka, při splnění určitých předpokladů. Vizualní hodnocení použitých vzhledů přízí a obrazů plošných textilií tyto závěry potvrzují. Příze vykazující charakteristická spektra na středních vlnových délkách se projevují zhoršeným vzhledem příze a vzhledů obrazů plošných textilií. Vzhled příze je neklidný, vizuálně jsou na vzhledu identifikovány krátké pruhy. Výraznost této vzhledové vady souvisí s vlnovou délkou vady a také výší amplitudy, příp. větším „počtem komínů“. Tyto příze také vykazovaly vyšší hodnotu nestejnomyernosti a vyšší počet vad, především silných míst a nopků. Z použitých přízí byla nejvýraznější vzhledová vada a také nejhorší vzhled identifikován pro přízi charakteristickým spektrem na vlnových délkách $\lambda = 0,4$ a 0,8 m. Výraznou vzhledovou vadu na přízi také vykazovala příze s charakteristickým spektrem na vlnových délkách $\lambda = 1,1$; 2,2 a 3,2 m. Příze vykazující charakteristické spektrum na vlnových délkách $\lambda = 1,25$ m a $\lambda = 2$ m vykazují méně výraznou vzhledovou vadu, vzhledy těchto přízí byly hodnoceny jako klidnější, bez výrazné vzhledové vady.

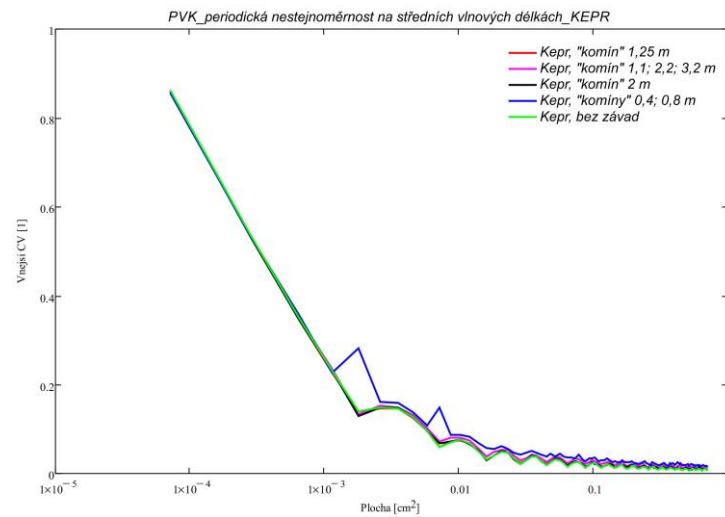
Hodnocení průběhu vnějších plošných variačních křivek

Vnější plošná variační křivka, u všech vazeb, která byla konstruována pro obraz plošné textilie simulovaný z příze bez vady je položena nejnižší, vzhledem k průběhům plošných variačních křivek pro obrazy plošných textilií simulovaných z přízí vykazujících závadný průběh spektrogramu.

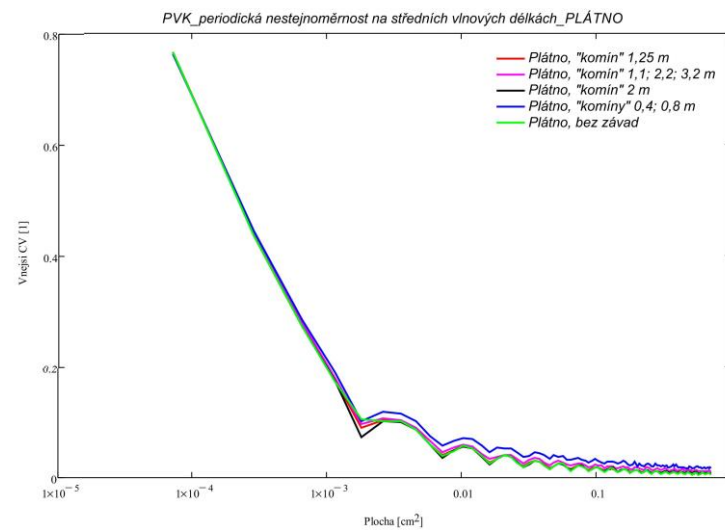
Průběhy vnějších plošných variačních křivek pro všechny použité vazby jsou podobné. Průběhy plošných křivek pro všechny případy vad jsou při hodnocení vzhledové nestejnomyernosti na velmi malých plochách stejné a průběhy se překrývají až do plochy $0,001 \text{ cm}^2$, na této ploše křivky vykazují zlom a dále se průběhy plošných křivek pro jednotlivé případy od sebe odklánějí. Zlom na plošných křivkách plátnové vazby je pro všechny obrazy tkanin směrem dolů, u keprové vazby zlom směrem nahoru vykazuje křivka pro obraz tkaniny simulované z příze vykazující nestejnomyernost na vlnových délkách $\lambda = 0,4$; 0,8 m. U atlasové vazby vykazuje zlom směrem nahoru plošná křivka pro tkaninu z příze s periodickou nestejnomyerností na vlnových délkách $\lambda = 1,1$; 2,2 a 3,2 m. Tyto příze vykazovaly horší vzhled, který je projevil na vyšší vzhledové nestejnomyernosti tkanin. Příze, které ve spektrogramu vykazovaly charakteristické spektrum jen na jedné vlnové délce, nevykazují vizuálně horší vzhled než příze bez vady. Průběhy plošných variačních křivek tuto skutečnost odráží, plošné variační křivky leží velmi blízko sebe a z části se překrývají. Výraznější vzhledové vady příze jsou zaznamenány v případech, kdy ve spektrogramu je charakteristické spektrum tvořeno „sérií komínů“ – příze vykazující periodickou nestejnomyernost na vlnových délkách $\lambda = 0,4$ a 0,8 m a $\lambda = 1,1$; 2,2 a 3,2 m. Plošné variační křivky pro obrazy tkanin z těchto přízí potom odráží vyšší vzhledovou nestejnomyernost, průběhy a polohou. Výraznější odklon plošné variační křivky byl zaznamenán pro případ obrazu tkaniny, která byla z příze vykazující nestejnomyernost na vlnových délkách $\lambda = 0,4$ a 0,8 m. Vlnové délky, na kterých byla nestejnomyernost identifikována, jsou blízko krátkým vlnovým délkám. Nestejnomyernost na krátkých vlnových délkách způsobuje výraznější vzhledovou vadu než nestejnomyernost na středních vlnových délkách a to patrně vzhledovou nestejnomyernost ovlivnilo.



Obr. 4.15: Vnější plošná variační křivka, Atlas – periodická nestejnoměrnost na středních vlnových délkách



Obr. 4.16: Vnější plošná variační křivka, Kepr – periodická nestejnoměrnost na středních vlnových délkách



Obr. 4.17: Vnější plošná variační křivka, Plátno – periodická nestejnoměrnost na středních vlnových délkách

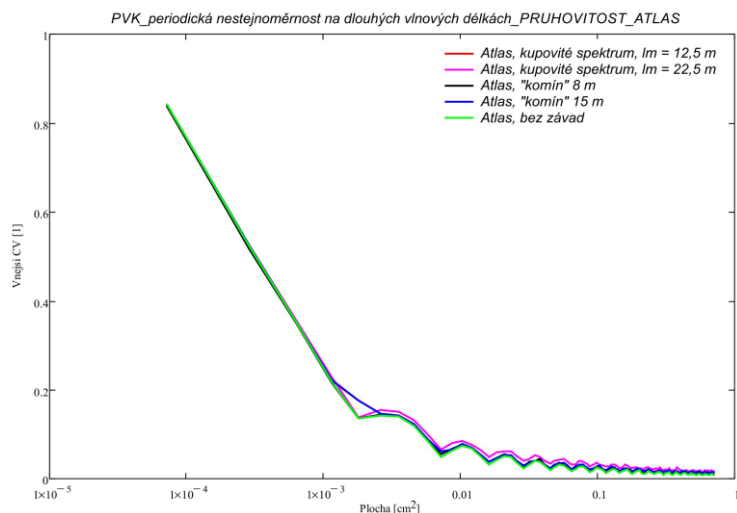
4.2.2.3 Periodická nestejnomyěrnost na dlouhých vlnových délkách

Periodická nestejnomyěrnost na dlouhých vlnových úsečkách vykazuje na vzhledu příze i tkanin tzv. pruhovitost. Pro hodnocení průběhu plošných variačních křivek byly použity obrazy plošných textilií simulované z přízí, které vykazovaly tuto vadu na různých vlnových délkách v rozsahu od 5 m. Pro hodnocení pruhovitosti byly použité příze vykazující oba typy struktury nestejnomyěrnosti, tzn. kupovité i charakteristické spektrum. Použité příze vykazovaly charakteristické spektrum na vlnové délce $\lambda = 15$ m a $\lambda = 8$ a 19 m a kupovité spektrum se střední délkou vlny $\lambda_m = 12,5$ m a $\lambda_m = 22,5$ m. Průběhy vnějších plošných variačních křivek jsou na obr. 4.18 – Atlas, 4.19 – Kepr a 4.20 – Plátno.

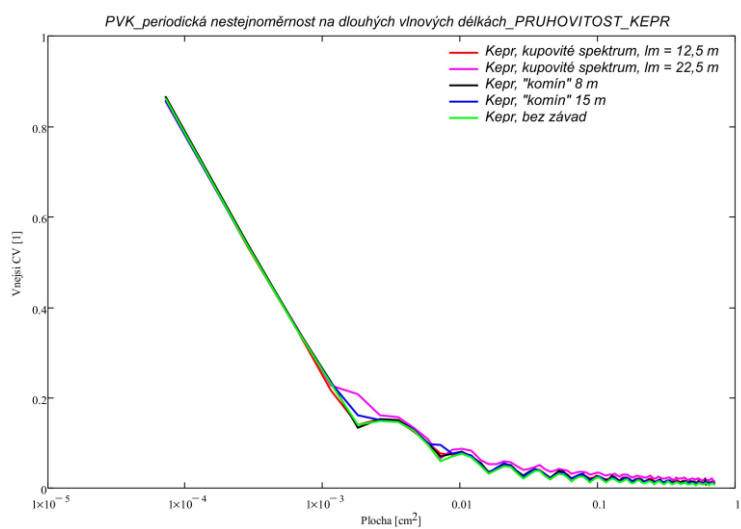
Vizuálním hodnocením byla na vzhledech všech přízí identifikována pruhovitost. Vzhledově nejvýraznější byla hodnocena pruhovitost identifikována na střední délce vlny kupovitého spektra $\lambda_m = 22,5$ m. Obrazy vzhledů ostatních přízí a z nich simulovaných obrazů plošných textilií s kratší vlnovou délkou vady, pro obě struktury nestejnomyěrnosti, byly vizuálně hodnoceny jako méně výrazné, variace stupňů šedi v obrazech plošné textilie je nižší. Při vizuálním hodnocení vzhledů obrazů plošných textilií z přízí s kratší vlnovou délkou vady nelze jednoznačně určit, který z nich je nejlepší. Horší vzhled lze zřetelně identifikovat u přízí s větší vlnovou délkou vady. Vizuálně je na nich vyšší kolísání stupňů šedi, které se projeví také zhoršeným vzhledem obrazů plošných textilií konstruovaných právě z těchto přízí.

Hodnocení průběhu plošných variačních křivek

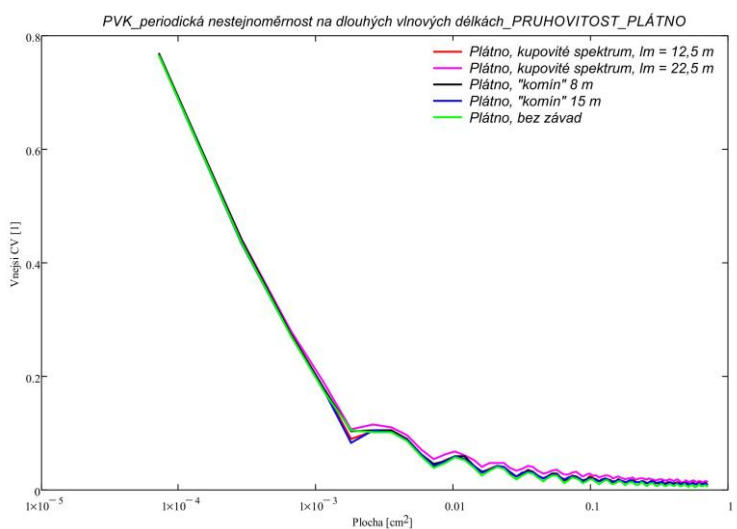
Z průběhů vnějších plošných variačních křivek je zřejmé, že pro oba typy struktury nestejnomyěrnosti jsou charakteristiky průběhů stejné. Při porovnání variability stupňů šedi mezi čtverci velmi malých ploch je průběh křivek přímkový a průběhy křivek se překrývají až do plochy $0,001 \text{ cm}^2$. Na této ploše křivky všech vazeb vykazují zlomy. Od této plochy dochází k odklonu plošné variační křivky pro obraz tkaniny simulované z příze vykazující ve spektrogramu kupovité spektrum se střední délkou vlny $\lambda = 22,5$ m. Tato plošná křivka v dalším průběhu leží nad ostatními a potvrzuje tak vyšší variabilitu stupňů šedi na vzhledu. Průběhy ostatních plošných křivek vykazují jen velmi malé rozdíly, průběhy plošných křivek se téměř překrývají. Podle vizuálního hodnocení vzhledu přízí a z nich simulovaných obrazů tkanin, byla nejhorší vzhledová nestejnomyěrnost hodnocena pro obrazy tkaniny simulované z příze vykazující ve spektrogramu kupovité spektrum se střední délkou vlny $\lambda = 22,5$ m. Ostatní vzhledy přízí a vzhledy obrazů tkanin byly vizuálně hodnoceny jako podobné s méně výraznými vadami. Toto hodnocení potvrzují i průběhy plošných variačních křivek. Z uvedených zjištění plyne, že více než struktura nestejnomyěrnosti (charakteristické, kupovité spektrum), má na vzhled vliv vlnová délka vady. Periodická nestejnomyěrnost příze na větších vlnových délkách, v rozsahu dlouhých úseček, způsobuje výraznější vzhledovou vadu a proto také zhoršený vzhled obrazu plošné textilie. Zhoršená vzhledová nestejnomyěrnost je identifikována polohou křivky a zlomy v jejím průběhu. Pruhovitost byla plošnou variační křivkou zaznamenána v případech, kdy ta byla identifikována na nejdelších vlnových délkách ve spektrogramu příze.



Obr. 4.18: Vnější plošná variační křivka, vazba Atlas – pruhoovitost, příze – charakteristické a kupovité spektrum



Obr. 4.19: Vnější plošná variační křivka, vazba Kepr – pruhoovitost, příze – charakteristické a kupovité spektrum



Obr. 4.20: Vnější plošná variační křivka, vazba Plátno – pruhoovitost, příze – charakteristické, kupovité spektrum

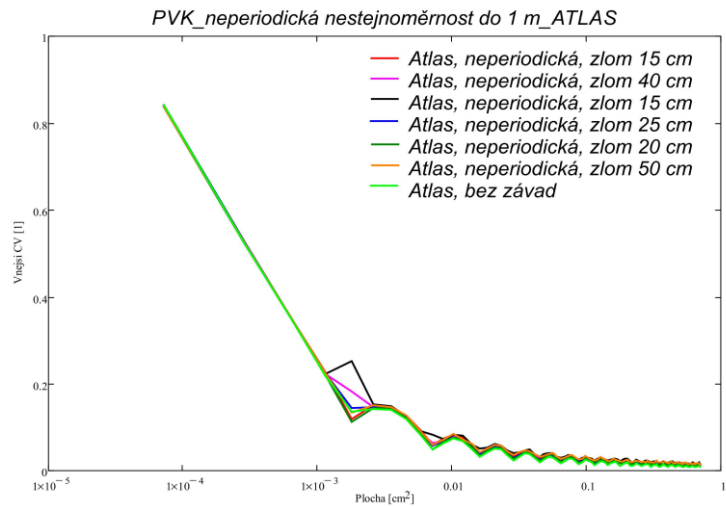
4.2.2.4 Neperiodická nestejnóměrnost na délce do 1 m

Pro hodnocení byly použity obrazy plošných textilií (vazby atlas, kepr a plátno) konstruované z přízí vykazujících neperiodickou nestejnóměrnost na délce do 1 m – zlomy směrem nahoru v průběhu délkových variačních křivek na délkách: 15; 20; 25; 40 a 50 cm. Průběhy vnějších plošných variačních křivek jsou znázorněny na obr. 4.21– Atlas, 4.22– Kepr a 4.23 – Plátno.

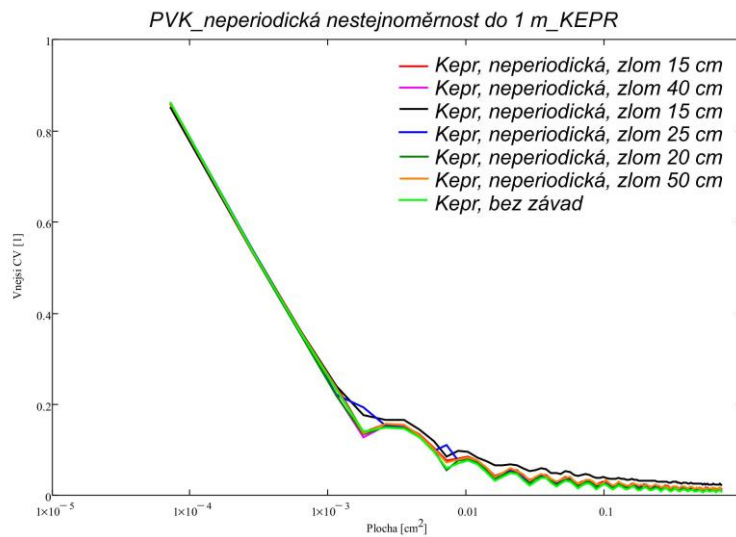
Příze vykazující neperiodickou nestejnóměrnost na délce do 1 m se projevují zhoršeným vzhledem příze a vzhledů obrazů plošných textilií. Vzhled příze je neklidný, vizuálně jsou na vzhledu identifikovány krátké pruhy. Výraznost této vzhledové vady je dána především velikostí zlomu a dále souvisí s celkovou nestejnóměrností a počtem vad příze. Z použitých přízí byla nejvýraznější vzhledová vada a proto také nejhorší vzhled příze identifikován pro přízi s neperiodickou nestejnóměrností na délce 50 cm a přízi s vadou na délce 15 cm. Pokud je zlom v průběhu délkové variační křivky méně výrazný, potom vzhled příze je jen mírně neklidný a variabilita stupňů šedi je menší. Výraznější kolísání stupňů šedi v obrazech je pro případ, kdy na délkové variační křivce jsou výraznější zlomy. Na vzhledech těchto obrazů je identifikovaná krátká pruhovitost. V ostatních případech je vzhled neklidný a nelze přesně určit, který vzhled je horší / lepší.

Hodnocení průběhu plošných variačních křivek

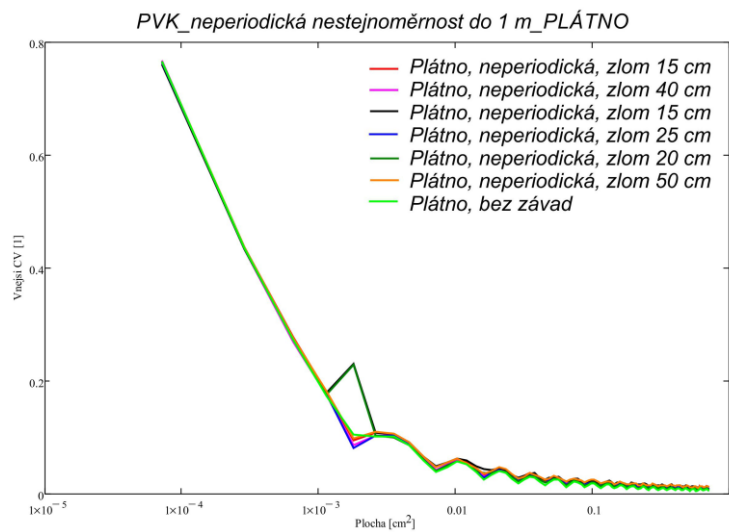
Průběhy vnějších plošných variačních křivek pro obrazy tkanin konstruovaných z přízí vykazujících neperiodickou nestejnóměrnost mají podobný charakter průběhu jako plošné křivky v případě obrazů tkanin s přízí vykazujících periodickou nestejnóměrnost. Při hodnocení variability stupňů šedi mezi čtverci velmi malých vykazují plošné variační křivky přímkový charakter a jejich průběhy se překrývají až do plochy čtverce $0,001 \text{ cm}^2$. Na této ploše vykazují plošné variační křivky zlom a pro větší plochy se průběhy jednotlivých křivek od sebe oddělují. Tento charakter průběhu platí pro všechny vazby. Zlom směrem nahoru vykazují plošné variační křivky pro obrazy tkanin z přízí s neperiodickou nestejnóměrností na větších délkách, příp. na kratších délkách, ale příze k tomu vykazují vyšší počet vad (slabá, silná místa, nopky). Při hodnocení kolísání stupňů šedi mezi čtverci větších ploch, nejnížší je v obrazech tkanin simulovaných z příze nevykazující neperiodickou nestejnóměrnost. Plošné variační křivky pro obrazy tkanin simulované z přízí, které vykazovaly neperiodickou nestejnóměrnost, leží nad touto křivkou. Vzhledové vady nebyly výrazné, kolísání stupňů šedi v obrazech bylo nízké, proto jsou vzdálenosti křivek malé a dochází k jejich částečnému překrývání. Vyšší polohu mají plošné křivky pro obrazy tkanin simulované z přízí se vzhledově výraznější neperiodickou nestejnóměrností (nestejnóměrností na délce 50 cm a délce 15 cm s výrazným zlomem v průběhu délkové variační křivky), v těchto obrazech bylo vizuálně zaznamenáno vyšší kolísání stupňů šedi. Plošná variační křivka identifikuje neperiodickou nestejnóměrnost na délkách do 1 m v případě, že průběh délkové variační křivky vykazuje výraznější zlom a příp. příze současně také vykazuje vyšší počet vad.



Obr. 4.21: Vnější plošná variační křivka, vazba Atlas – neperiodická nestejněmnost – vada do délky 1 m



Obr. 4.22: Vnější plošná variační křivka, vazba Kepr – neperiodická nestejněmnost – vada do délky 1 m



Obr. 4.23: Vnější plošná variační křivka, vazba Plátno – neperiodická nestejněmnost – vada do délky 1 m

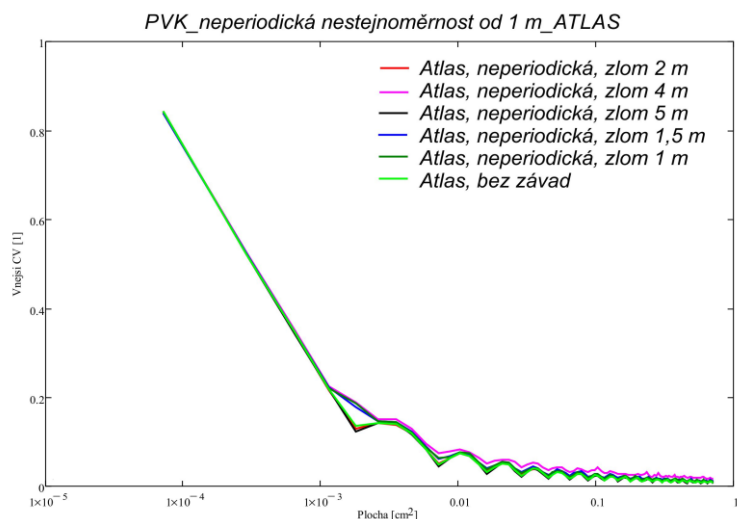
4.2.2.5 Neperiodická nestejnomyěrnost na délce od 1 m

Pro hodnocení byly použity obrazy plošných textilií (vazby atlas, kepr a plátno) konstruované z přízí vykazujících neperiodickou nestejnomyěrnost na délce od 1 m – zlomy směrem nahoru v průběhu délkových variačních křivek na délkách: 1; 1,5; 2; 4 a 5 m. Průběhy vnějších plošných variačních křivek jsou znázorněny na obr. 4.24 – Atlas, 4.25 – Kepr a 4.26 – Plátno.

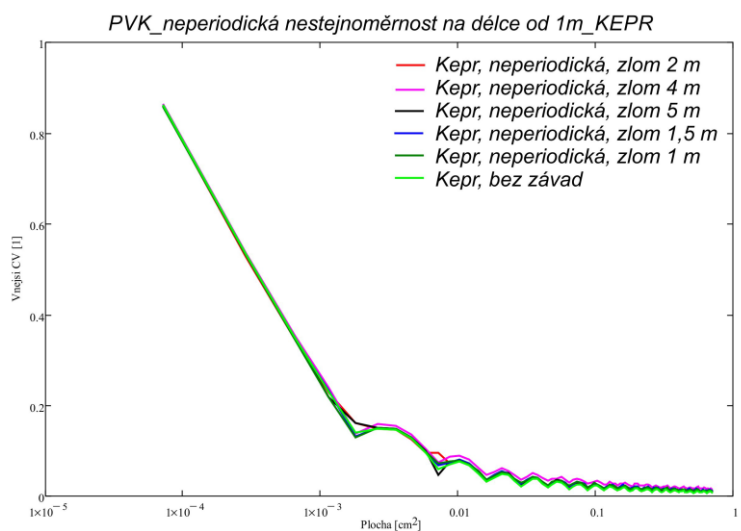
Příze vykazující neperiodickou nestejnomyěrnost na délce od 1 m se projevují zhoršeným vzhledem příze a vzhledů obrazů plošných textilií, v obrazech se střídají světlejší a tmavší plochy, které vytváří tzv. mrakovitost. Obdobně jako u neperiodické vady na délce do 1 m, výraznost této vzhledové vady je dána především velikostí zlomu a vliv má také délka, na které se vada nachází, celková nestejnomyěrnosti příze a počet vad. Z použitých přízí byla nejvýraznější vzhledová vada příze identifikována pro přízi s neperiodickou nestejnomyěrností na délce 4 m a dále výrazně horší vzhled vykazovala také příze s neperiodickou nestejnomyěrností na délce 1,5 m. Vzhledy těchto přízí vykazovaly největší kolísání stupňů šedi a také vzhledy obrazů simulovaných plošných textilií z těchto přízí vykazují neklidný vzhled s nepravidelným střídáním světlejších a tmavších ploch v obrazu, tj. mrakovitost. Pokud je zlom v průběhu délkové variační křivky méně výrazný, potom je variabilita stupňů šedi menší a vzhled příze je hodnocený jako mírně neklidný. To byl případ ostatních přízí, jejich vzhledy jsou podobné a obtížně se určuje, který je horší / lepší.

Hodnocení průběhu plošných variačních křivek

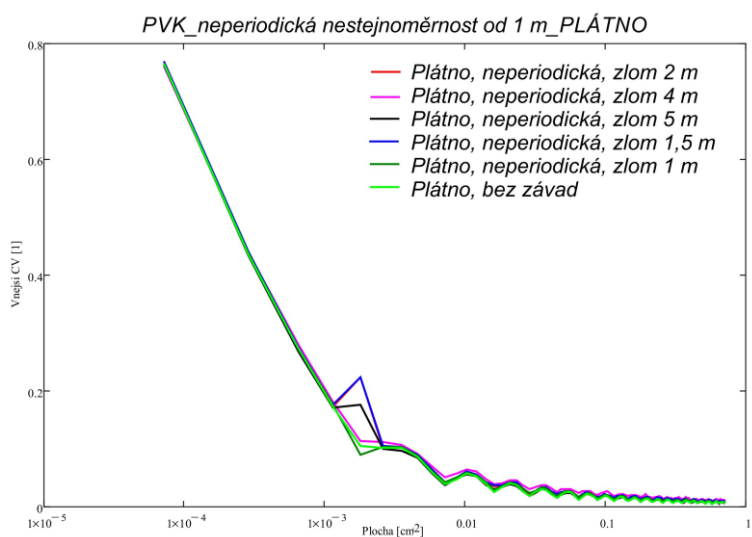
Průběhy vnějších plošných variačních křivek pro obrazy tkanin konstruovaných z přízí vykazujících neperiodickou nestejnomyěrnost na délkách od 1 m mají podobný charakter průběhu jako plošné křivky v případě obrazů tkanin z přízí vykazujících periodickou nestejnomyěrnost či neperiodickou nestejnomyěrnost na délkách do 1 m. Plošné variační křivky při sledování variability stupňů šedi mezi čtverci malých ploch mají přímkový charakter a průběhy pro jednotlivé případy se překrývají až do velikosti plochy čtverce $0,001\text{cm}^2$. Na ploše čtverce $0,001\text{cm}^2$ plošné křivky vykazují zlom a v dalším průběhu (na větších plochách sledované velikosti čtverce) se křivky od sebe oddělují. Tento průběh platí pro všechny vazby. Výraznější zlom je zaznamenán na plošných křivkách obrazů tkanin plátňové vazby simulovaných z přízí vykazujících neperiodickou nestejnomyěrnost na délkách 1,5; 2 a 5 m. Zlom směrem nahoru vykazují plošné křivky obrazů tkanin s atlasovou vazbou simulovaných z přízí vykazujících neperiodickou nestejnomyěrnost na délkách 1,5 a 4 m. Proti neperiodické nestejnomyěrnosti na délkách do 1 m, byly vady na délkách od 1 m vzhledově výraznější, proto jsou polohy křivek v grafu lépe identifikované. Nejvyšší variabilitu stupňů šedi je zaznamenána plošnou variační křivkou pro obrazy tkanin simulované z příze vykazující neperiodickou nestejnomyěrnost na délce 4 m, a to pro všechny vazby.



Obr. 4.24: Vnější plošná variační křivka, vazba Atlas – neperiodická nestejnomernost, příze – vada délky od 1 m



Obr. 4.25: Vnější plošná variační křivka, vazba Kepr – neperiodická nestejnomernost, příze – vada délky od 1 m



Obr. 4.26: Vnější plošná variační křivka, vazba Plátno – neperiodická nestejnomernost, příze – vada délky od 1 m

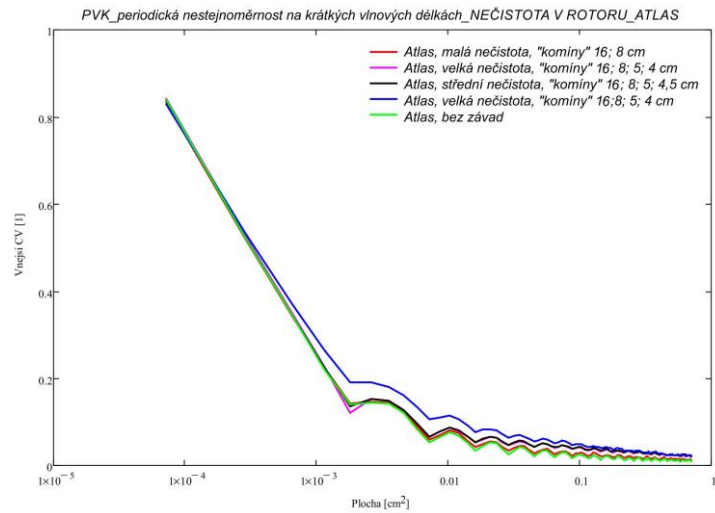
4.2.2.6 Vliv velikosti vzhledové vady na průběh plošné variační křivky

Vliv velikosti vzhledové vady byla sledována prostřednictvím přízí se záměrně vyrobenou nestejnomyšností. Na rotorovém doprřadacím stroji byla vyrobena příze s vadou, která byla způsobena nečistotou v rotoru, resp. na sběrném povrchu rotoru. Nečistota v rotoru je periodická impulzivní chyba s pozitivními i negativními složkami na krátkých vlnových délkách. Kolísání je způsobeno základní složkou (základní vlnová délka λ) a přídavnými složkami (zlomky vlnových délek $\lambda/2$; $\lambda/3$; $\lambda/4$; ...). Na vzhledu se tato vada projeví jako moaré efekt. Příze byly vyrobeny s různou velikostí vady (malá, střední, velká) a byl sledován vliv velikosti vady na nestejnomyšnost příze, vzhled příze a vzhledovou nestejnomyšnost plošných textilií (tkanin). Pro možnost porovnání byla vyrobena i příze bez nečistoty v rotoru a s touto byly nestejnomyšnosti příze, vzhledy přízí a vzhledová nestejnomyšnost obrazů tkanin porovnávány. Průběhy vnějších plošných variačních křivek jsou znázorněny na obr. 4.27 – Atlas, 4.28 – Kepr, 4.29 – Plátno.

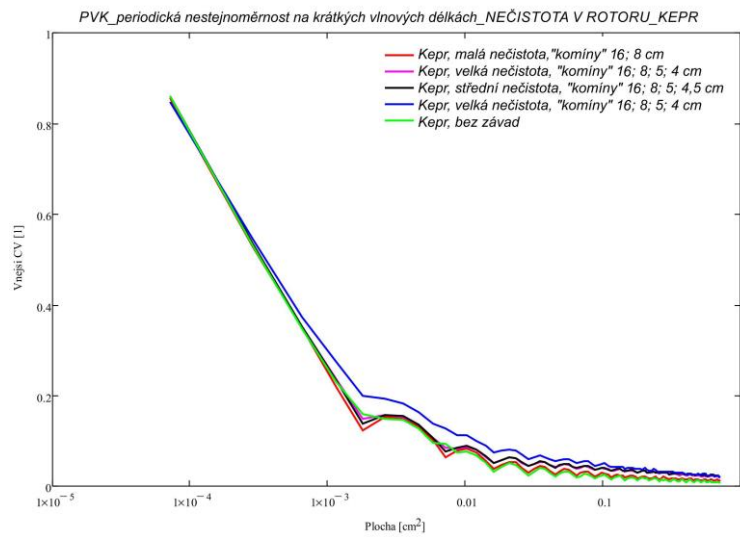
Nečistota v rotoru se projevila ve spektrogramu na základní vlnové délce $\lambda = 16$ cm odpovídající obvodu rotoru, a dále na zlomcích základní vlnové délky $\lambda/2 = 8$ cm, $\lambda/3 = 5,3$ cm, $\lambda/4 = 4$ cm. Malá nečistota se projevila na jen vlnových délkách λ a $\lambda/2$. Střední a velká vada potom na vlnových délkách λ ; $\lambda/2$; $\lambda/3$ a $\lambda/4$. Velikost vady má vliv na výraznost moaré efektu, větší vada způsobuje výraznější moaré efekt a tím víc horší vzhled obrazu plošné textilie, který vykazuje vysoké kolísání stupňů šedi. Nejhorší vzhledy obrazů plošných textilií všech vazeb byly hodnoceny obrazy z příze, která byla vyrobena s největší vadou, nestejnomyšnosti této příze i počty vad jsou nejvyšší, nejvyšší jsou amplitudy spekter ve spektrogramu a vzhled příze byl vizuálně hodnocen jako nejhorší. Na vzhledu obrazů z této příze je patrný nejvýraznější moaré efekt a vysoký počet vad, který tato příze také vykazuje. Nejmenší vzhledová nestejnomyšnost obrazů plošných textilií byla hodnocena v obrazech simulovaných z příze s malou nečistotou v rotoru. Současně bylo u této příze hodnocené vizuálně nejmenší kolísání stupňů šedi na vzhledu.

Hodnocení průběhu plošných variačních křivek

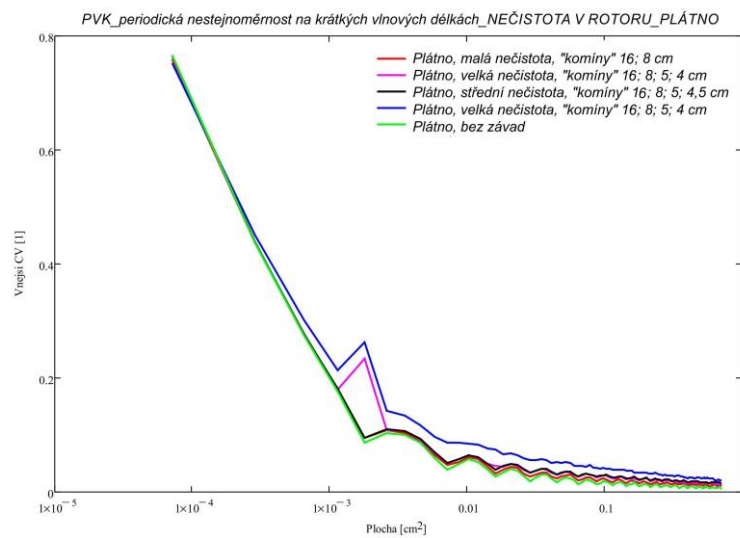
Při hodnocení průběhu vnějších plošných variačních křivek je zřejmé, že větší vada způsobí větší variabilitu stupňů šedi v obrazu plošné textilie a křivka pro velkou vadu leží nad ostatními křivkami pro všechny vazby. Průběhy plošných křivek se do plochy $0,0003$ cm² u vazeb atlas a kepr, u vazby plátno do plochy $0,0002$ cm², překrývají. Od této plochy se začínají odklánět křivky proto obrazy plošných textilií simulovaných z příze s největší nečistotou v rotoru. Plošné křivky pro obrazy textilií z přízí s menší nečistotou se od sebe odklání od plochy cca $0,001$ cm². Průběhy křivek odpovídají velikosti nečistoty, menší nečistota se projeví menším kolísáním stupňů šedi v obraze plošné textilie, proto plošné křivky pro obrazy tkanin z příze s malou nečistotou leží níže, nejnižší polohu mají plošné křivky pro obrazy tkaniny z příze bez vady. Plošné křivky pro obrazy tkanin z přízí s velkou a střední nečistotou se na větších plochách přibližují (od plochy $0,3$ cm²) a překrývají se s křivkou pro obrazy z přízí s největší nečistotou. Průběhy plošných variačních křivek, pro všechny vazby, zachytily nečistotu v rotoru a podle jejich polohy lze specifikovat její velikost. Velmi výrazná vzhledová vada (největší nečistota v rotoru) způsobí i vysokou variabilitu stupňů šedi v obrazu plošné textilie identifikovatelnou už na velmi malých plochách čtverce, v průběhu plošné křivky je tato skutečnost zaznamenána odklon už na velmi malých plochách.



Obr. 4.27: Vnější plošná variační křivka, vazba Atlas – moaré efekt, nečistota v rotoru



Obr. 4.28: Vnější plošná variační křivka, vazba Kepr – moaré efekt, nečistota v rotoru



Obr. 4.29: Vnější plošná variační křivka, vazba Plátno – moaré efekt, nečistota v rotoru

4.2.3 Hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti – semivariogramy

Semivariogram graficky vyjadřuje změnu hodnot náhodné proměnné při přechodu z místa x do místa ve vzdálenosti „krok (lag)“, tj. $(x+lag)$. V [40] byly ukázány průběhy semivariogramů (všech směrů) pro některé modelové případy vzhledů tkanin, tj. vybraných vazeb a některých vzhledových vad (pruhovitost).

Při zpracování simulovaných obrazů plošných textilií programem „plošná nestejnomyěrnost“ (Matlab), byla v simulovaném obrazu hodnocena plocha 1000 x 1000 b. a zvolen krok 30 (= lag, krok po kterém byl tvořen semivariogram), tj. 8,46 x 8,46 cm a krok 0,253 cm. Semivariogramy byly konstruovány pro stejné obrazy plošných textilií u plošných variačních křivek.

Průběhy semivariogramů zachycují pravidelnou strukturu vazby tkaniny, křivky vykazují pravidelné kolísání u všech použitých vazeb tkanin (kepr, atlas, plátno) a pro všechny směry semivariogramů (sloupce, řádky, diagonály a semivariogram všesměrový). Zvýšená variace úrovně šedi v obraze se projeví porušením pravidelného průběhu – výraznými změnami variace šedi. Místo s vysokou hodnotou variace, maxima křivky semivariogramu, indikuje vyšší variabilitu stupňů šedi v obraze v místě příslušného kroku (lag). Naopak nízké hodnoty variace ukazují místa s nízkou variabilitou šedi, tj. místa, kde nejsou identifikovány výrazné vzhledové rozdíly. Na základě průběhu semivariogramu v různých směrech (obvykle kombinace řádků a sloupců) a z určených největších změn variace šedi lze identifikovat pravidelné i nepravidelné vzhledové vady v obrazu plošné textilie.

4.2.3.1 Periodická nestejnomyěrnost na krátkých vlnových délkách

Pro hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti pomocí semivariogramů byly použity stejné obrazy plošných textilií jako u vnějších plošných variačních křivek, tzn. byly použity obrazy plošných textilií simulované z přízí vykazující ve spektrogramu charakteristická spektra na vlnových délkách $\lambda = 8$ cm a $\lambda = 16; 8; 5$ a 4 cm a kupovitá spektra se střední délkou vlny $\lambda_m = 8$ cm a $\lambda_m = 25$ cm. Průběhy semivariogramů pro jednotlivé vazby ve směru sloupců, řádků, diagonály a všesměrový semivariogram jsou na obr. 4.30 – Kepr, 4.31 – Atlas a 4.32 – Plátno.

Nejvýraznější nestejnomyěrnost vykazovaly obrazy plošných textilií z příze vykazující ve spektrogramu sérii komínů na vlnových délkách $\lambda = 16; 8; 5$ a 4 cm, nejméně výrazný moaré efekt byl pozorován v obrazech plošných textilií z přízí periodickou nestejnomyěrností se střední délkou vlny kupovitého spektra $\lambda_m = 25$ cm. Vzhledy obrazů plošných textilií z přízí s periodickou nestejnomyěrností na stejné vlnové délce ale s různou strukturou nestejnomyěrnosti jsou velmi podobné a vizuálně nelze jednoznačně určit, který je lepší, resp. horší.

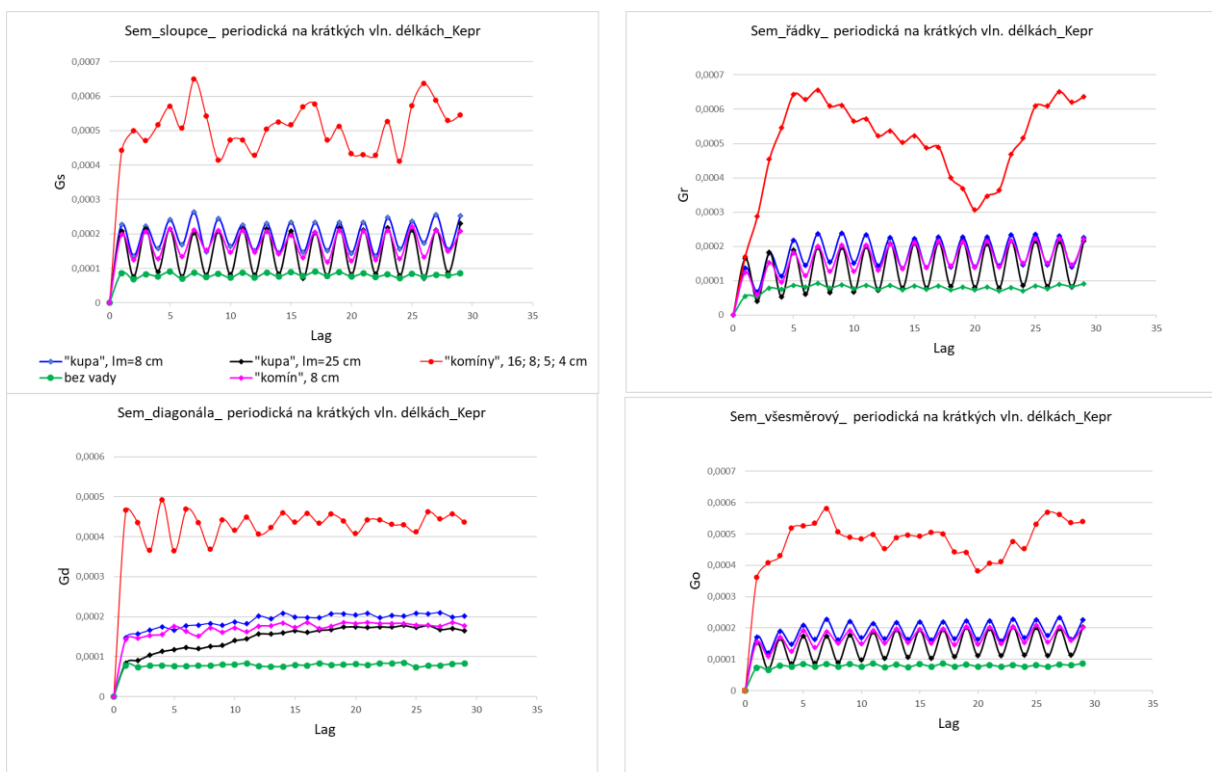
Průběhy semivariogramů dobře korespondují s vizuálním hodnocením, semivariogramů pro obrazy se vzhledově největším kolísáním stupňů šedi, také vykazují celkově vyšší variaci zaznamenanou i v semivariogramech a největšími změnami variace šedi pro všechny směry semivariogramů. Pro vady vizuálně vypadající podobně jsou i průběhy semivariogramů podobné (periodická nestejnomyěrnost na délce $\lambda = 8$ cm, různá struktura nestejnomyěrnosti). Průběh semivariogramů je ovlivněn výrazností vady. Příze vykazující velmi málo výrazný moaré efekt způsobuje nejméně zhoršený vzhled obrazů plošných textilií, na vzhledu je patrné malé kolísání stupňů šedi a v průběhu semivariogramu lze identifikovat malé změny variace šedi, tzn. nevýrazné narušení průběhu semivariogramu.

Vzhledově nejvýraznější nestejnomyěrnost se projevila na průběhu semivariogramů celkově vyšší úrovní variací šedi. U vzhledově nejvýraznější vady ($\lambda = 16; 8; 5$ a 4 cm) pro obrazy tkanin všech vazeb bylo identifikováno narušení průběhů semivariogramů ve všech

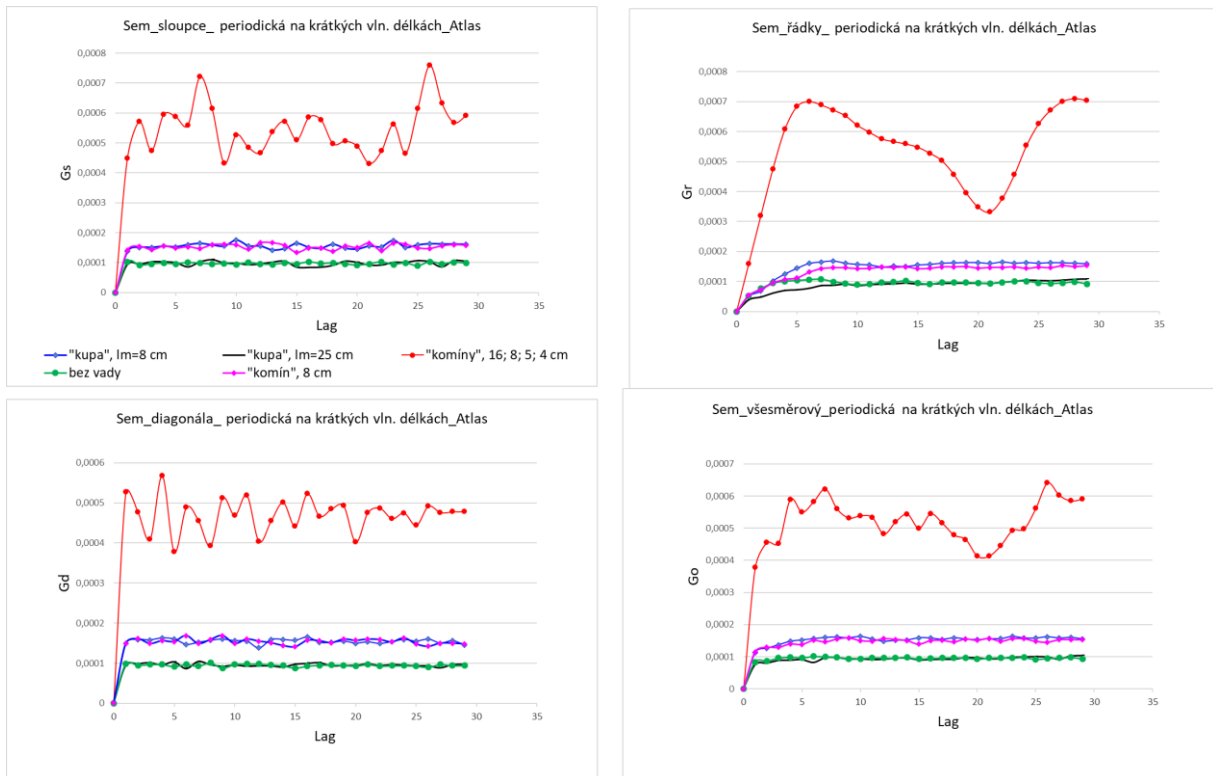
směrech. Rozdíly mezi kroky v jednotlivých směrech tak identifikují ohraničení vady v obrazech tkanin.

Ostatní vady jsou v porovnání vizuálně méně výrazné, obrazy tkanin simulované z těchto přízí vykazují vzhledově menší kolísání stupňů šedi a tuto skutečnost odráží i průběhy jejich semivariogramů, celková úroveň variace šedi je menší a její změny také. Průběhy semivariogramů potvrdily vzhledově nejméně výraznou vadu, která byla způsobena periodickou nestejnou vlnou na vlnové délce $\lambda_m = 25$ cm. Variabilita šedi v obrazech tkanin z této příze je nejmenší ze všech hodnocených vzorků s vadnou přízí a variace šedi a její změny v průběhu všech semivariogramů jsou nejmenší.

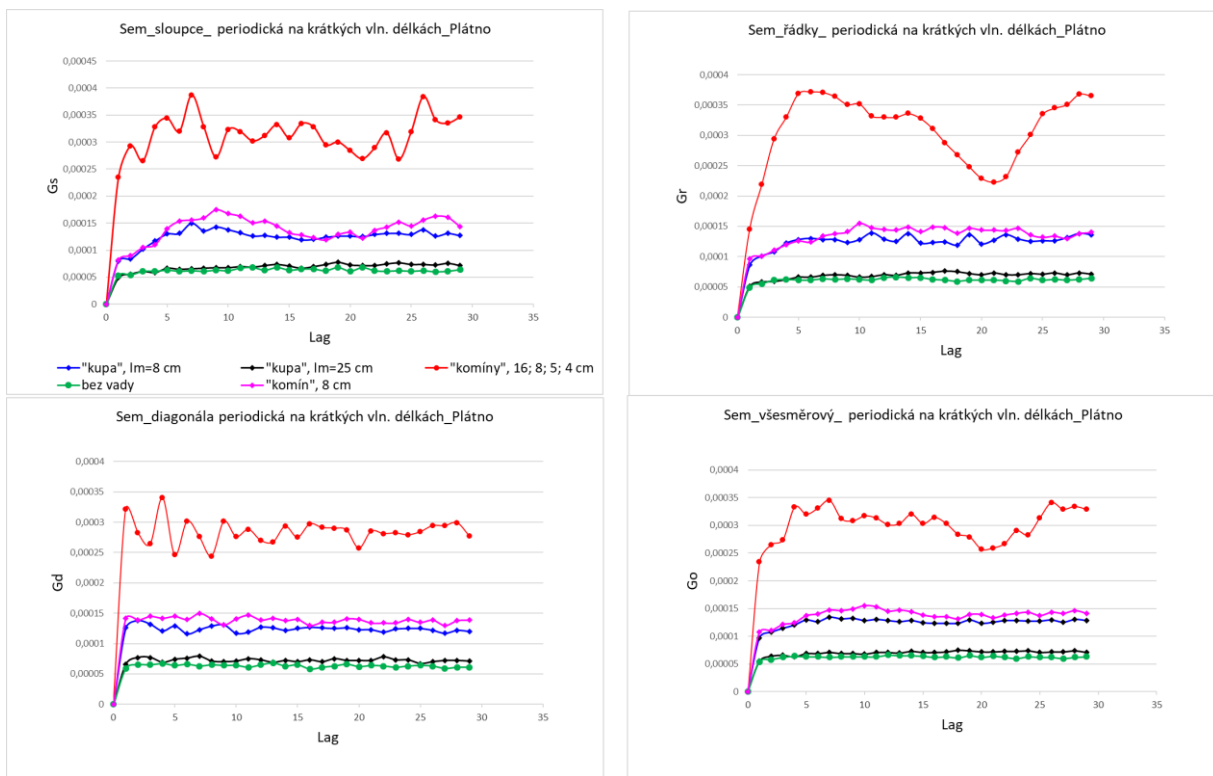
Na průbězích všech semivariogramů lze pozorovat určitou „pravidelnost“ v porušení průběhu křivky. Moaré efekt vytváří na vzhledu plošných textilií určitý útvar, který je v ploše pravidelně opakuje. Obecně je moaré efekt poměrně výrazný vzhledový efekt, který se projevil v průběhu semivariogramů všech směrů a poměrně dobře ho lze identifikovat z kombinace průběhů semivariogramů ve směru sloupců a řádků.



Obr. 4.30: Semivariogramy – periodická nestejnou vlnou na krátkých vlnových délkách, vazba Kepr



Obr. 4.31: Semivariogramy – periodická nestejnomyňnost na krátkých vlnových délkách, vazba Atlas

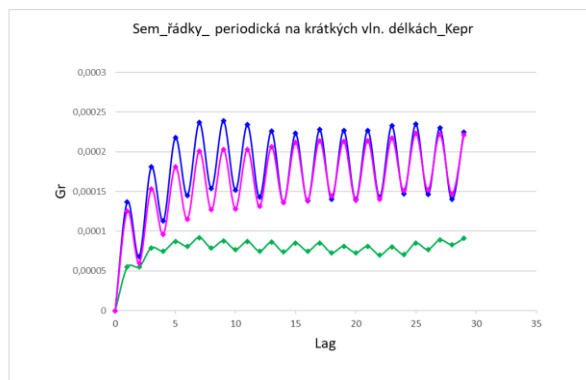
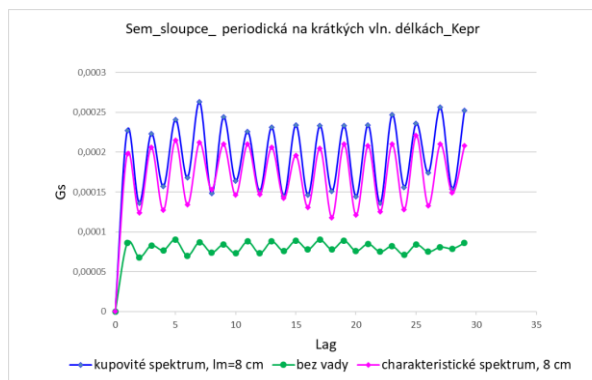


Obr. 4.32: Semivariogramy – periodická nestejnomyňnost na krátkých vlnových délkách, vazba Plátno

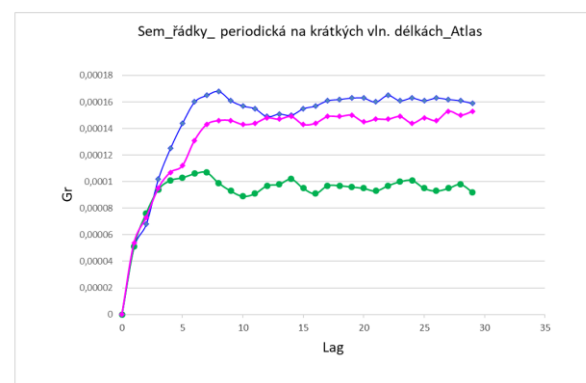
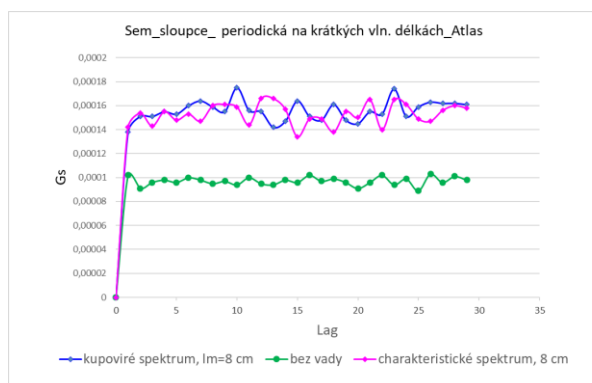
Pro sledování vlivu struktury nestejnomyňnosti (charakteristické a kupovité spektrum na stejné vlnové délce) na průběh semivariogramů jsou na obr. 4.33 – 4.35 uvedeny semivariogramy vazeb kepr, atlas, plátno ve směru sloupců a řádků pro obrazy tkanin simulované z příží s těmito strukturami nestejnomyňnosti. Průběhy semivariogramů ve všech směrech jsou si pro jednotlivé vazby podobné. V simulovaných obrazech tkanin keprové a

atlasové vazby byly zaznamenány vyšší změny variace šedi u vady způsobené kupovitým spektrem, u plátňové vazby je to naopak, vyšší variace šedi byly zaznamenány pro vady způsobené kupovitým spektrem. Na základě průběhu semivariogramů lze potvrdit, že pro jednotlivé struktury nestejnoměrnosti, nevykazují průběhy semivariogramů zásadní rozdíly ve změnách variace šedi.

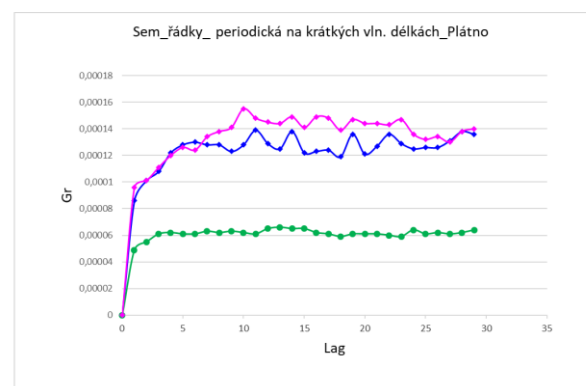
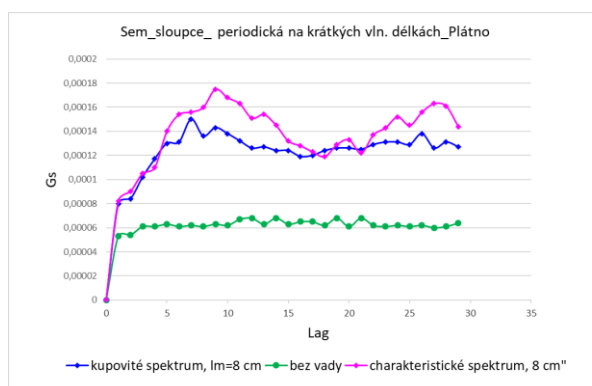
Obě struktury nestejnoměrnosti (charakteristické a kupovité spektrum), pokud jsou identifikovány na stejné vlnové délce a amplitudy vady jsou přibližně stejné, způsobují na vzhledu plošných textilií a přízí moaré efekt, který vizuálně vypadá „stejně“, tzn. na vzhled plošné textilie nemá zásadní vliv, zda je vzhledová nestejnoměrnost způsobena charakteristickým, nebo kupovitým spektrem.



Obr. 4.33: Semivariogramy ve směru sloupců a řádků – porovnání charakteristického a kupovitého spektra, vazba Kepr



Obr. 4.34: Semivariogramy ve směru sloupců a řádků – porovnání charakteristického a kupovitého spektra, vazba Atlas



Obr. 4.35: Semivariogramy ve směru sloupců a řádků – porovnání charakteristického a kupovitého spektra, vazba Plátno

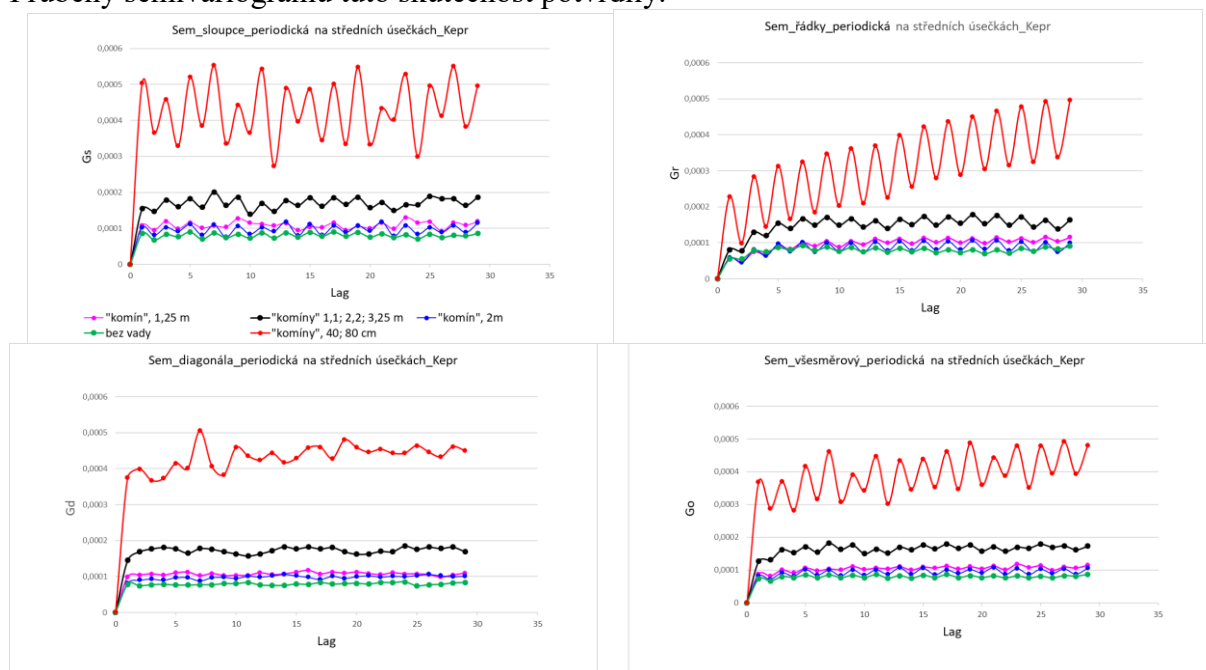
4.2.3.2 Periodická nestejnomyernost na středních vlnových délkách

Pro hodnocení vzhledové nestejnomyernosti pomocí semivariogramů byly použity stejné obrazy plošných textilií jako u vnějších plošných variačních křivek, tj. obrazy plošných textilií konstruované z přízí vykazující periodickou nestejnomyernost na středních vlnových délkách – charakteristická spektra na vlnových délkách $\lambda = 1,25$ m; $\lambda = 1,1$; 2,2 a 3,2 m; $\lambda = 2$ m a $\lambda = 0,4$ a 0,8 m. Průběhy semivariogramů ve směru sloupců, řádků, diagonály a všesměrový jsou znázorněny na obr. 4.36 – Kepr, 4.37 – Atlas a 4.38 – Plátno.

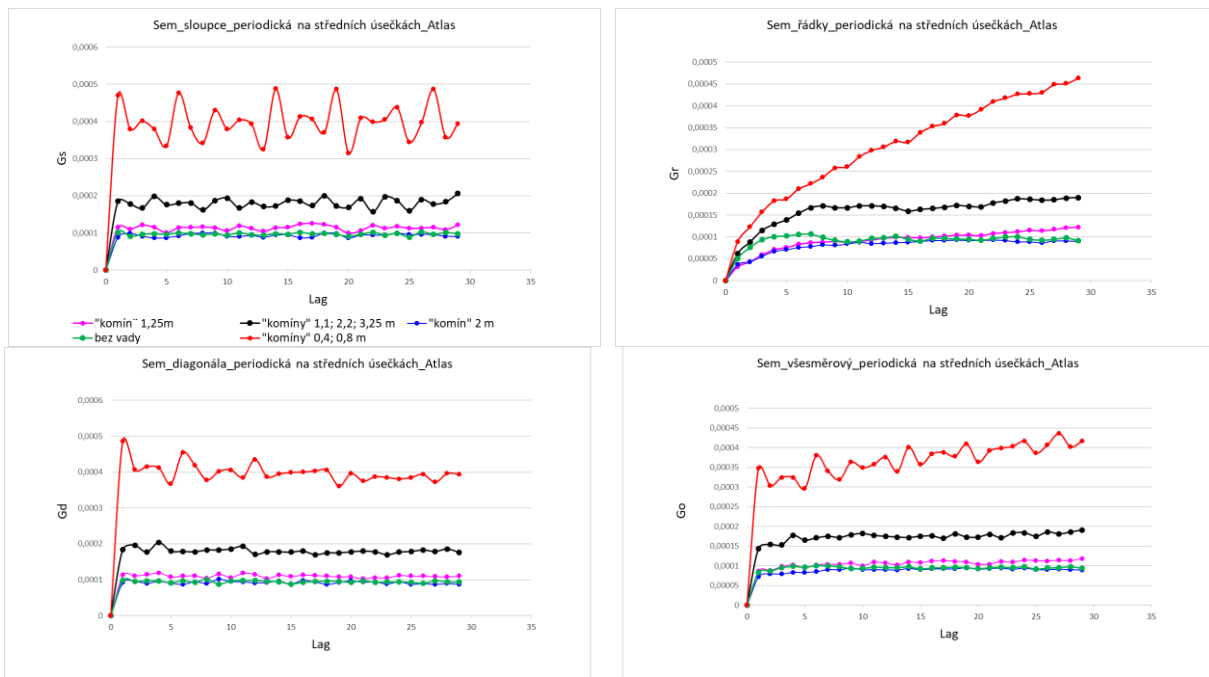
Obecně pro nestejnomyernost na středních vlnových délkách platí, že je na vzhledu přízí a plošných textilií identifikována jen zřídka, při splnění určitých předpokladů [3]. V průběhu semivariogramů byly zaznamenány především vady vizuálně výrazné. V obrazech tkanin z těchto přízí (vady na vlnových délkách $\lambda = 0,4$ a 0,8 m a $\lambda = 1,1$; 2,2 a 3,2 m) bylo vizuálně hodnoceno větší kolísání stupňů šedi než v případech obrazů z přízí vykazujících spektra s vlnovou délkou $\lambda = 1,25$ m a $\lambda = 2$ m.

Charakter průběhů semivariogramů všech směrů a pro jednotlivé vazby je stejný jako v předchozích případech. Vzhledově nejvýraznější vada byla identifikována ve spektrogramu na vlnových délkách $\lambda = 0,4$ a 0,8 m a v simulovaných obrazech tkanin z této příze se v průběhu semivariogramu projevila největšími změnami variací šedi vzhledem k ostatním vadám. V obrazech všech vazeb z této příze lze ve směru sloupců identifikovat pravidelné rozmezí kroků mezi největšími variacemi, které udávají vzdálenost míst v obrazu plošné textilie, ve kterých byly tyto změny zaznamenány. Jejich pravidelnost potvrzuje periodický charakter vad a vzdálenost udává vzdálenost vzhledových vad mezi sebou. Vizuálně výraznější byla také vada identifikována na vlnových délkách $\lambda = 1,1$; 2,2 a 3,2 m. Tato vada se v simulovaných obrazech tkanin všech vazeb projevila rovněž pravidelným narušením průběhu semivariogramu, ale změny variací šedi jsou malé. Další vady jsou vzhledově málo výrazné a proto i průběhy semivariogramů vykazují jen velmi malé změny variace šedi.

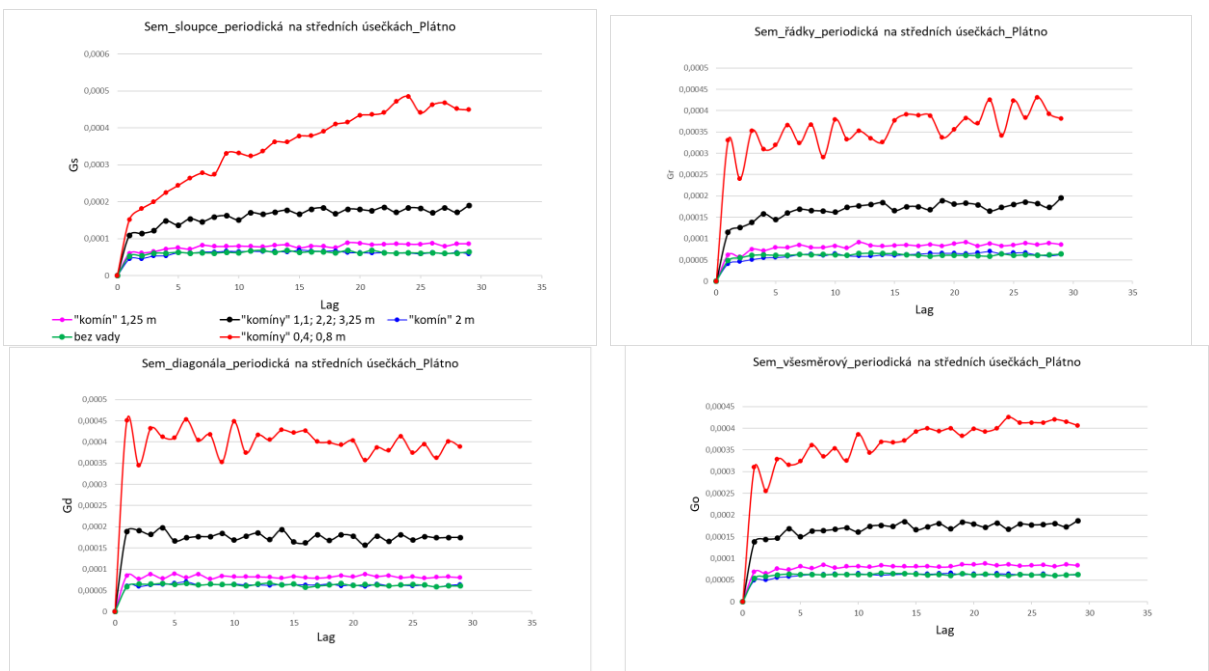
Průběhy semivariogramů zaznamenaly periodickou nestejnomyernost na středních vlnových délkách, pokud jsou vady vzhledově výrazné. Vady vzhledově málo výrazné zaznamenány nejsou. Periodická nestejnomyernost na středních vlnových délkách je na vzhledu přízí a plošných textilií zaznamenána jen zřídka a běžné vady identifikovány zpravidla nejsou. Průběhy semivariogramů tuto skutečnost potvrdily.



Obr. 4.36: Semivariogramy – periodická nestejnomyernost na středních vlnových délkách, vazba Kepr



Obr. 4.37: Semivariogramy – periodická nesterjnomernost na středních vlnových délkách, vazba Atlas



Obr. 4.38: Semivariogramy – periodická nesterjnomernost na středních vlnových délkách, vazba Plátno

4.2.3.3 Periodická nesterjnomernost na dlouhých vlnových délkách

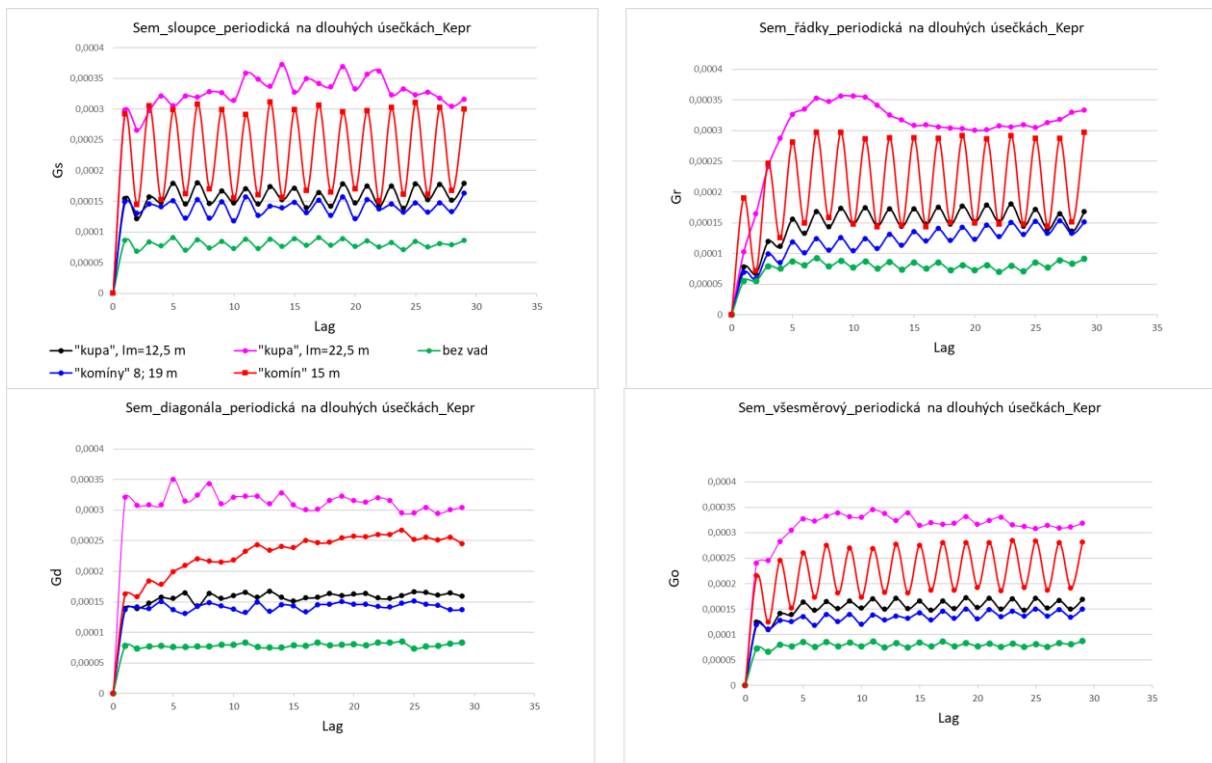
Pro hodnocení vzhledové nesterjnomernosti pomocí semivariogramů byly použity stejné obrazy plošných textilií jako u vnějších plošných variačních křivek, tj. obrazy tkanin simulované z přízí, které vykazují charakteristické spektrum na vlnové délce $\lambda = 15$ m a $\lambda = 8$ a 19 m a kupovité spektrum se střední délkou vlny $\lambda_m = 12,5$ m a $\lambda_m = 22,5$ m. Obě struktury nesterjnomernosti způsobují stejný typ vzhledové nesterjnomernosti, tzv. pruhovitost. Průběhy semivariogramů jsou na obr. 4.39 – Kepr, 4.40 – Atlas a 4.41 – Plátno.

V průběhu semivariogramů je patrná stejná, resp. „skoro stejná“ variace šedi pro několik kroků (lag) vedle sebe. Místa se stejnou variací šedi vypadají vzhledově stejně. Pokud jsou to

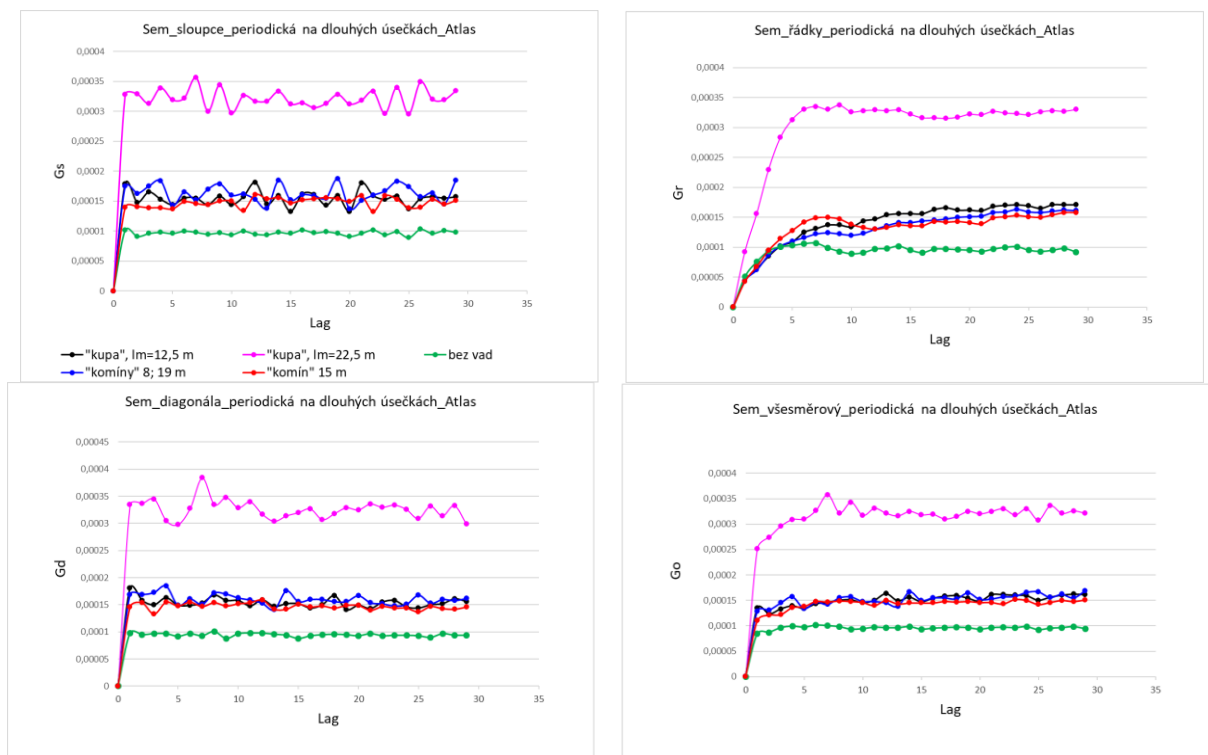
místa s celkově vyšší hodnotou variace šedi, tak indikují „zhoršený vzhled“, v tomto případě pruh, jehož šířka odpovídá rozmezí kroků, pro které je variace šedi stejná.

Vzhledově nejvýraznější pruhovitost byla identifikována v obrazech tkanin z příze, která vykazovala periodickou nestejnou měrnost na střední délce vlny $\lambda_m = 22,5$ m. Tato pruhovitost se projevila v průběhu semivariogramů pro obrazy všech vazeb ve směru sloupců a u plátnové vazby také ve směru řádků. Pro další vady (kratší vlnové délky) byla v obrazech tkanin vizuálně identifikována pruhovitost, ale méně výrazná. Vizuální hodnocení potvrzují i průběhy semivariogramů pro tyto obrazy. Nejvýrazněji byla pruhovitost zaznamenána v semivariogramech ve směru sloupců. V jejich průběhu jsou změny variace šedi, ale ty jsou menší než u vzhledově výraznější vady.

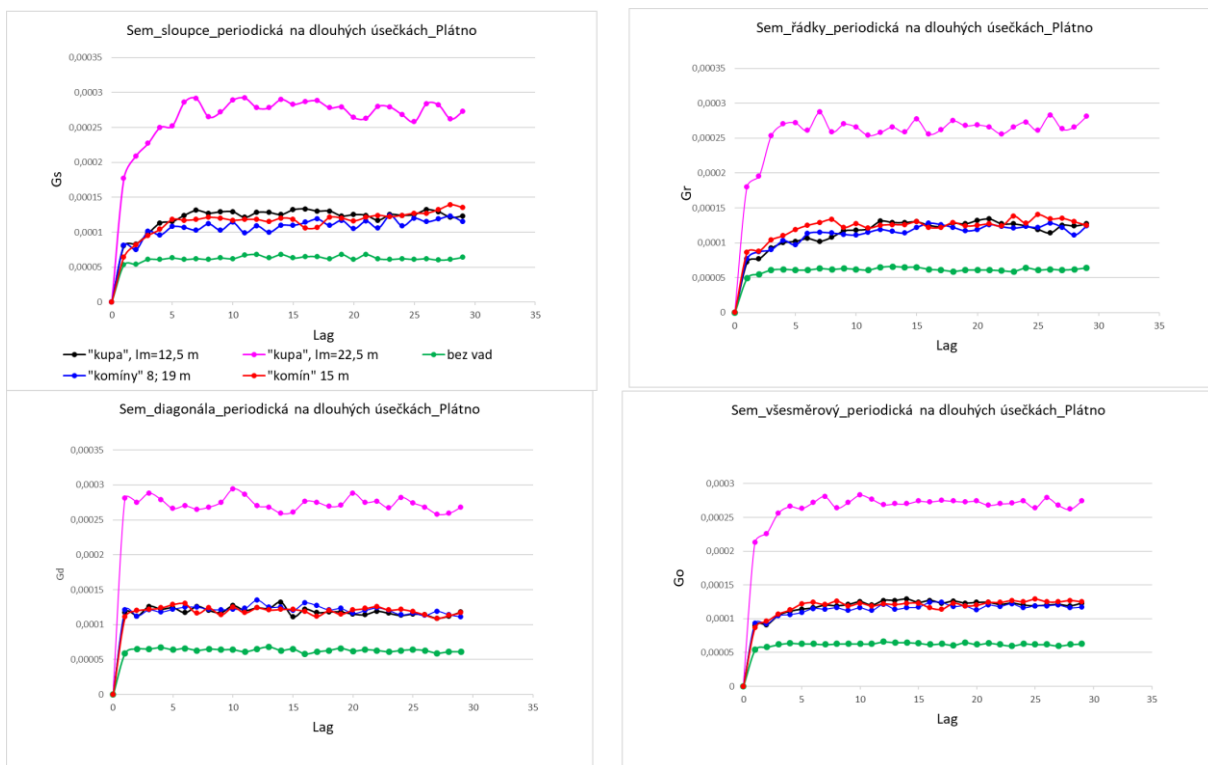
V semivariogramech všech vazeb ve směru sloupců byla identifikována místa se stejnou úrovní variace šedi. V obrazech tkanin atlasové a plátnové vazby simulované z příze s periodickou nestejnou měrností na $\lambda = 15$ m byla stejná úroveň variace šedi v rozmezí 8 kroků. V obrazech tkanin z ostatních vad je stejná úroveň šedi v rozmezí 2-3 kroků. Vzhledem k tomu, že šlo o místa s vyšší variací, je v těchto místech identifikován pruh. Ve směru řádků, s výjimkou obrazů tkanin s plátnovou vazbou, byly změny variace šedi velmi malé, pruhovitost je ve směru řádků méně výrazná, vzhledově byly v obrazech tkanin příčné pruhy.



Obr. 4.39: Semivariogramy – periodická nestejnou měrnost na dlouhých vlnových délkách, vazba Kepr



Obr. 4.40: Semivariogramy – periodická nestejnornost na dlouhých vlnových délkách, vazba Atlas



Obr. 4.41: Semivariogramy – periodická nestejnornost na dlouhých vlnových délkách, vazba Plátno

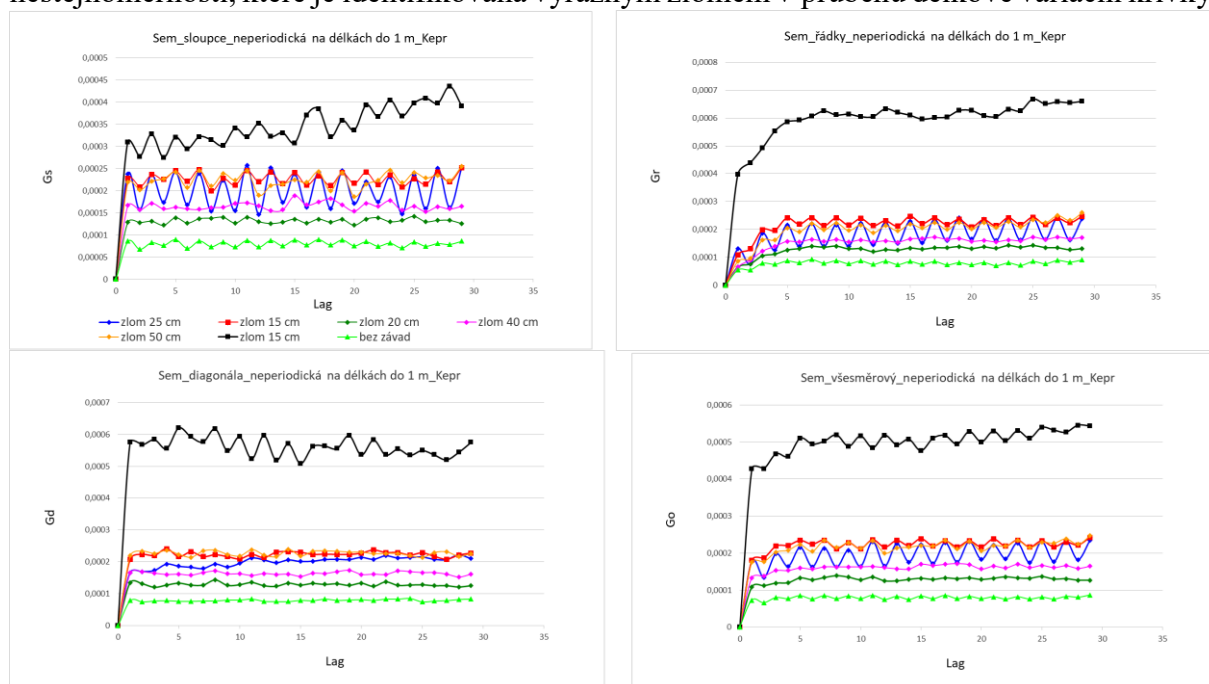
4.2.3.4 Neperiodická nestejnomyšnost na délkách do 1 m

Pro hodnocení vzhledove nestejnomyšnosti pomocí semivariogramů byly použity stejne obrazy plošných textilií jako u vnějších plošných variačních kıivek, tj. obrazy plošných textilií konstruované z prızı vykazující neperiodickou nestejnomyšnost na délce do 1 m – zlomy směrem nahoru v průběhu délkových variačních kıivek na délkách: 15; 20; 25; 40 a 50 cm. Průběhy semivariogramů jsou na obr. 4.42 – Kepr, 4.43 – Atlas a 4.44 – Plátno.

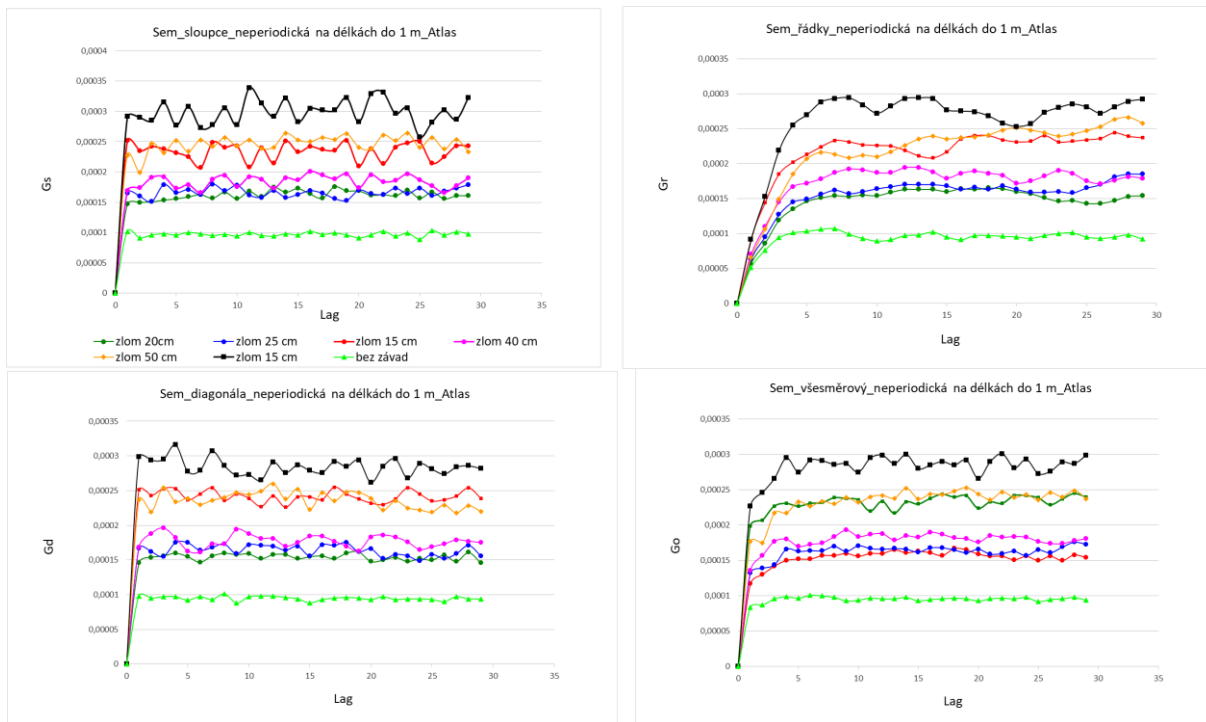
Neperiodická nestejnomyšnost na krátkých délkách (do délky 1m) se na vzhledu plošné textilie projeví formou neklidného vzhledu, jako nepravidelne krátké pruhy (tzv. krátká pruhovitost). V průběhu všech kıivek semivariogramů (všechny směry a vazby) nebylo zaznamenáno pravidelne porušenı, resp. pravidelne se opakující vırazne změny variací. Vizuálně nejvıraznejšı vzhledová nestejnomyšnost byla hodnocena pro simulované obrazy tkanin z prıze vykazující zlom na délce 50 cm a dále u obrazů tkanin simulovaných z prıze vykazující vırazny zlom na délce 15 cm. Tento zhoršený vzhled byl zaznamenán i průběhy semivariogramů ve směru rádků a sloupců. Celkove vıššı variace šedi byla identifikována v simulovaných obrazech tkanin všech vazeb z prıze vıraznou vadou na délce 15 cm, v těchto obrazech byly také zaznamenány největší změny variace šedi pro všechny směry semivariogramů. Nejvıraznejšı změny byly zaznamenány v semivariogramech ve směru sloupců pro obrazy ve vazbách kepr a atlas. Pro obrazy plátnové vazby jsou průběhy ve směru sloupců a rádků podobne, bez vıraznych změn ve variací šedi.

Další vzhledove vırazna byla zaznamenána vada na délce 50 cm, která byla identifikována především v obrazech tkanin atlasové a plátnové vazby. Tato vada se projevila celkove menší urovnı variace šedi ne vırazna vada na délce 15 cm. Vady v prızıch na dalších délkách se projevíly na průběhu semivariogramů simulovaných obrazů tkanin atlasové a plátnové vazby. V průběhu semivariogramů, především ve směru sloupců, lze zaznamenat změny variace šedi, ale ty jsou menší.

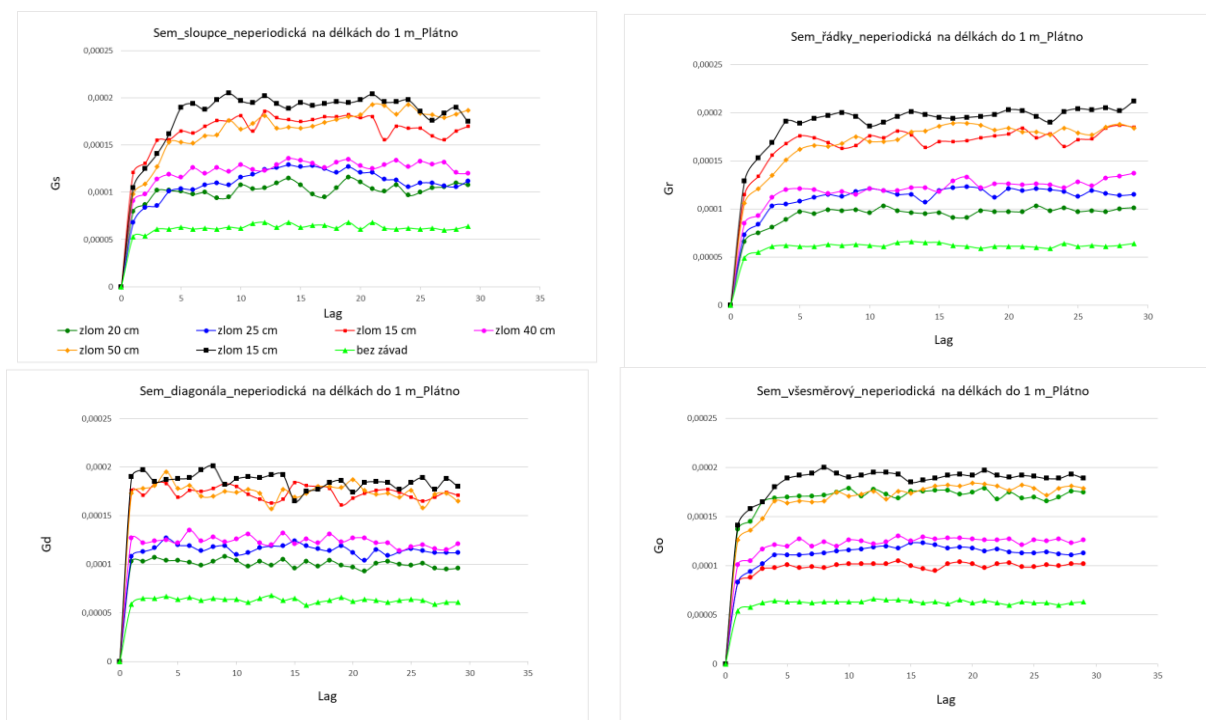
Průběhy semivariogramů zaznamenaly neperiodickou nestejnomyšnost na délkách do 1 m nepravidelnými místy se zvýšenou variací šedi. Změny v průběhu semivariogramů jsou zaznamenány pro vady vzhledove vıraznejšı, tzn. vady byly způsobeny zvýšenou nestejnomyšností, které je identifikována vıraznym zlomem v průběhu délkové variační kııivky.



Obr. 4.42: Semivariogramy – neperiodická nestejnomyšnost na délkách do 1m, vazba Kepr



Obr. 4.43: Semivariogramy – neperiodická nestejnóměrnost na délkách do 1m, vazba Atlas



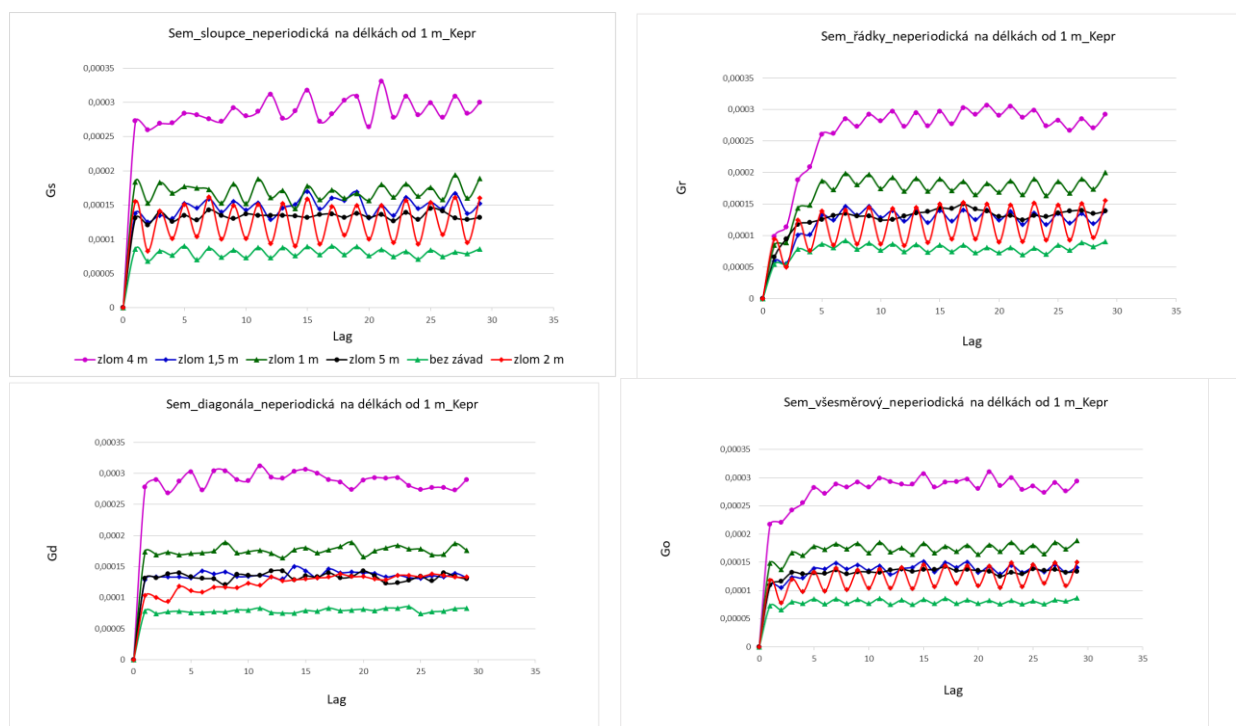
Obr. 4.44: Semivariogramy – neperiodická nestejnóměrnost na délkách do 1m, vazba Plátno

4.2.3.5 Neperiodická nestejnóměrnost na délkách od 1 m

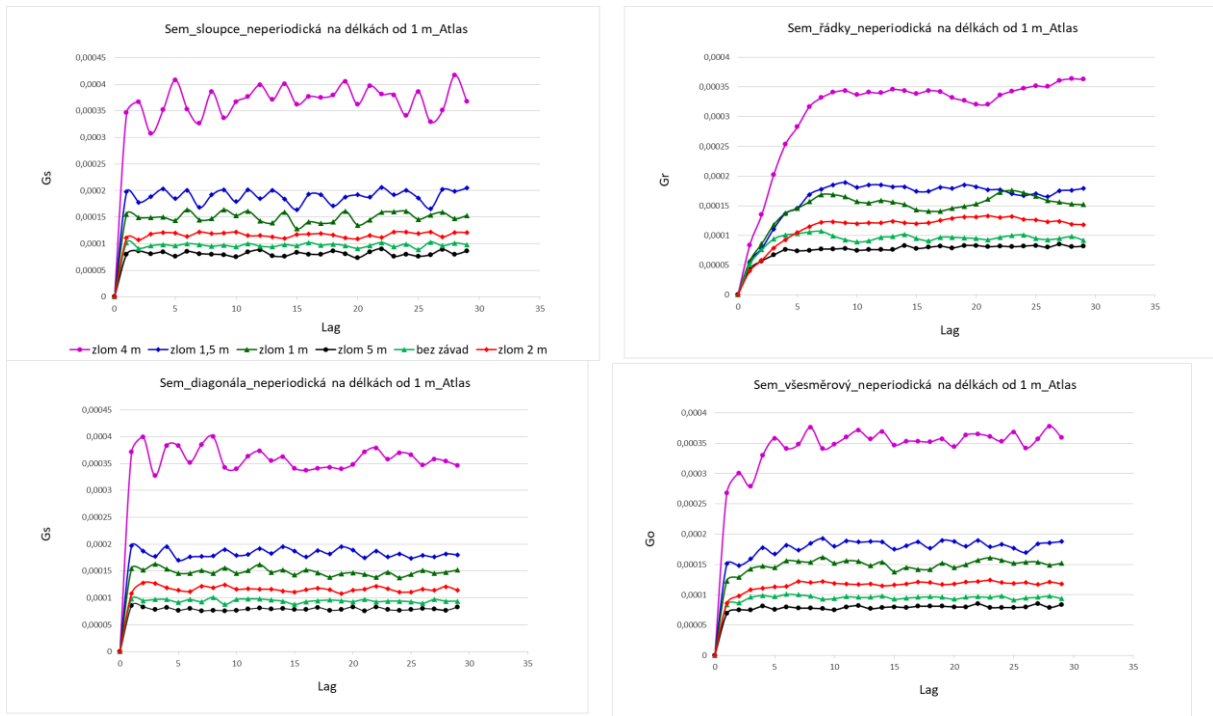
Pro hodnocení byly použity stejné obrazy plošných textilií jako u vnějších plošných variačních křivek, tj. obrazy plošných textilií (vazby atlas, kepr a plátno) konstruované z přízí vykazující neperiodickou nestejnóměrnost na délce od 1 m – zlomy směrem nahoru v průběhu délkových variačních křivek na délkách: 1; 1,5; 2; 4 a 5 m. Průběhy semivariogramů jsou na obr. 4.45 – Kepr, 4.46 – Atlas a 4.47 – Plátno.

Neperiodická nestejnóměrnost na délkách od 1 m se na vzhledu plošných textilií projeví tzv. mrakovitostí, vizuálně se ve vzhledu plošné textilie nepravidelně střídají plochy tmavší a světlejší. Vzhledově nejvýraznější vada byla hodnocena v simulovaných obrazech plošných textilií z příze vykazující výrazný zlom v průběhu délkové variační křivky na délce 4 m a vzhledově výrazná byla také vada na délce 1 m a 1,5 m. V obrazech plošných textilií z těchto přízí byla v semivariogramech zaznamenána výraznější změna ve variaci šedi. Pro případ neperiodické vady na délce 4 m byly zaznamenány největší změny variace šedi pro obrazy tkanin všech vazeb v semivariogramu ve směru sloupců. Ve směru řádků jsou změny variací šedi malé. Další vzhledově výraznější vady byly identifikovány v obrazech z příze vykazující vadu na délce 1,5 m, resp. 1 m. V semivariogramech pro tyto obrazy byla vada zaznamenána se směru sloupců. Vada na délce 1 m byla výraznější v obrazech s keprovou vazbou. Vada na délce 1,5 m byla výraznější v atlasové vazbě, v plátnové vazbě obě vady vykazovaly podobné variace šedi. Změny variací šedi v semivariogramech ve směru sloupců a řádků jsou menší než u vady na délce 4 m. Pro ostatní případy vad jsou změny variací šedi malé, což potvrzuje vizuální hodnocení, na vzhledu simulovaných obrazů je patrný celkově neklidný vzhled, ale bez výrazných „tmavých“ a „světlých“ míst.

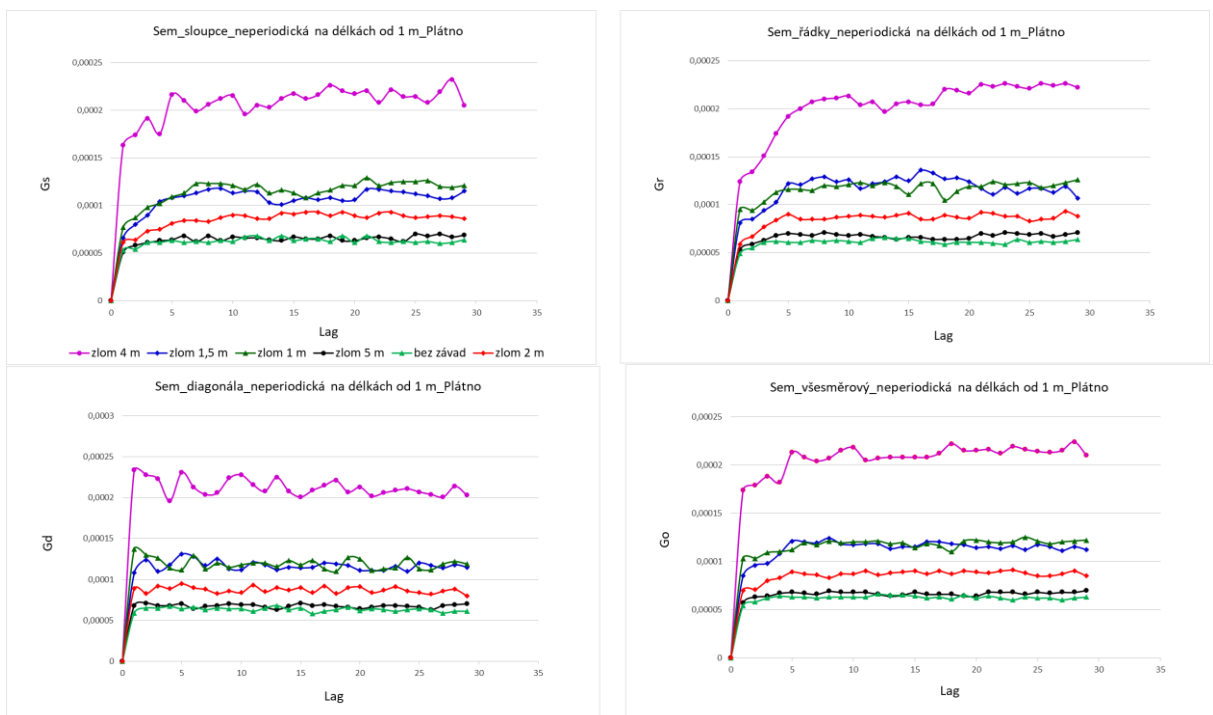
Semivariogram zaznamenal neperiodickou nestejnóměrnost na délkách od 1 m pokud bylo kolísání stupňů šedi v obraze vizuálně výrazné. Pro méně výrazné vady je variace šedi v obraze malá a v průběhu semivariogramu lze zaznamenat jen malé změny variace. Pro případ neperiodické nestejnóměrnosti jsou změny variací nepravidelné.



Obr. 4.45: Semivariogramy – neperiodická nestejnóměrnost na délkách od 1m, vazba Kepr



Obr. 4.46: Semivariogramy – neperiodická nestejnoměrnost na délkách od 1m, vazba Atlas



Obr. 4.47: Semivariogramy – neperiodická nestejnoměrnost na délkách od 1m, vazba Plátno

4.2.3.6 Vliv velikosti vzhledové vady na průběh semivariogramu

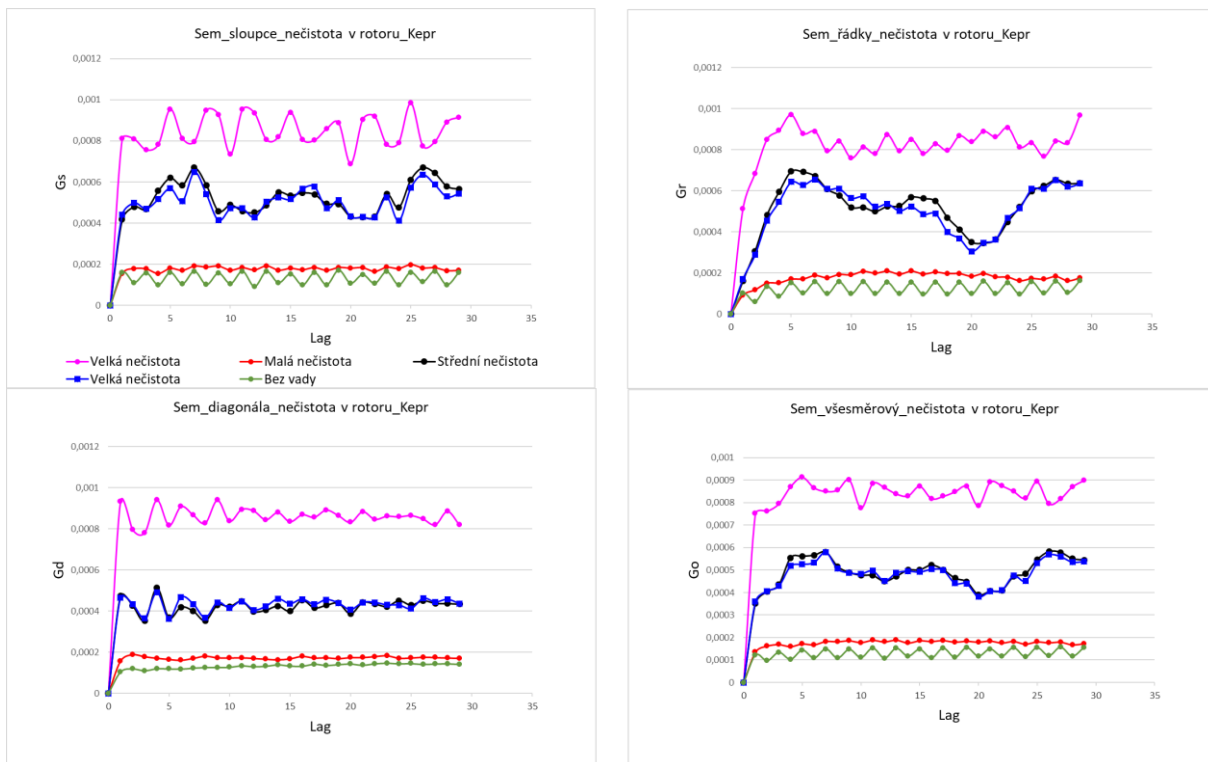
Sledování průběhu semivariogramů bylo provedeno na stejných přízích jako u plošných variačních křivek. Velká a středně velká nečistota byla identifikována ve spektrogramu na vlnových délkách $\lambda = 16; 8; 5; 4$ cm. Malá nečistota na vlnových délkách $\lambda = 16; 8$ cm. Velikost vady má vliv na výraznost moaré efektu, větší vada způsobuje na vzhledu příze výraznější moaré efekt, v obrazu plošné textilie lze identifikovat zhoršený vzhled prostřednictvím vyšší variability stupňů šedi. Průběhy semivariogramů jsou uvedeny na obr. 4.48 – Kepr, 4.49 – Atlas a 4.50 – Plátno.

Největší nečistota v rotoru byla příčinou výrazného zvýšení nestejnomyšnosti příze a vysokého počtu vad, které se projeví zvýšenou vzhledovou nestejnomyšností příze a obrazů plošných textilií simulovaných z této příze. V obrazech je identifikováno vysoké kolísání stupňů šedi. Menší vada na vzhledu příze vykazuje menší kolísání šedi a v obrazech tkanin simulovaných z této příze je vizuálně nižší vzhledová nestejnomyšnost. Tato skutečnost byla zaznamenána také v průběhu semivariogramů, největší změny ve variaci šedi byly zaznamenány pro obrazy tkanin z příze vypředené s největší nečistotou v rotoru. V průběhu semivariogramu je také patrná celkově vyšší variabilita stupňů šedi v těchto obrazech.

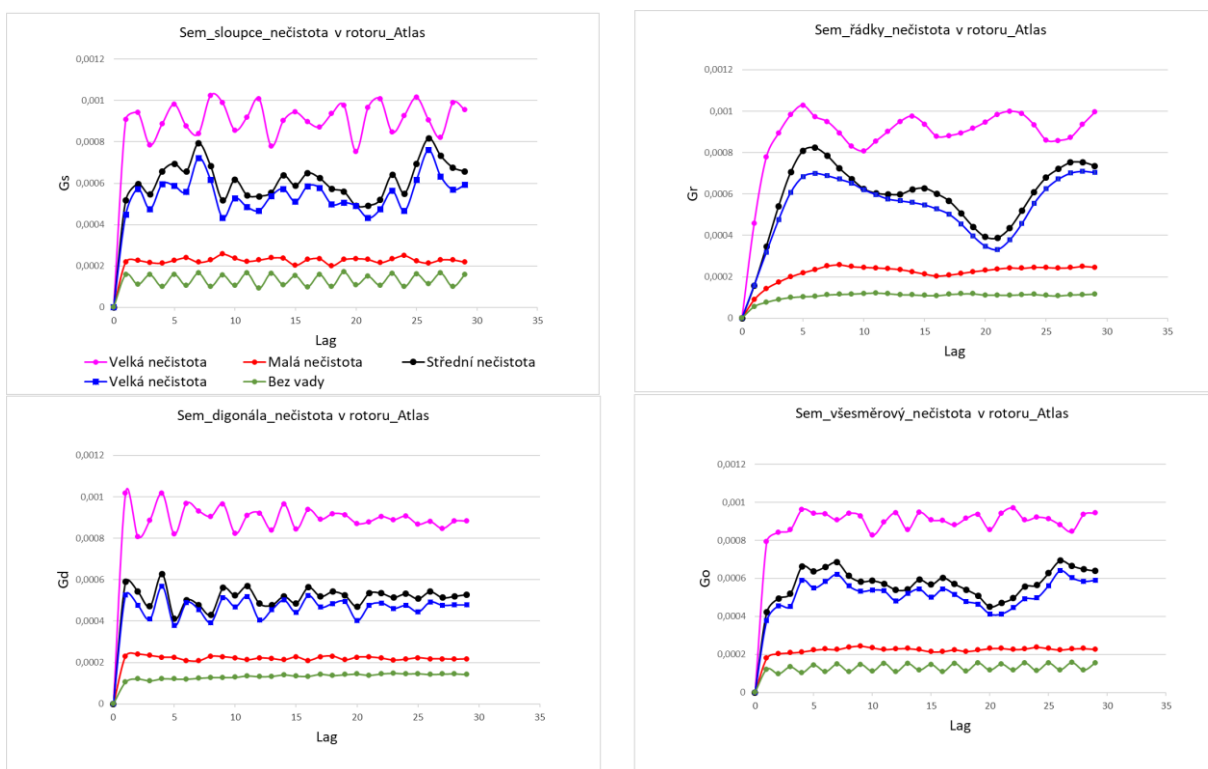
Průběhy semivariogramů pro obrazy tkanin simulované z přízí s vadou, vykazují narušení „pravidelného“ průběhu v porovnání s průběhem semivariogramu pro obrazy přízí bez vady. Vady vzhledově méně výrazné vykazují celkově nižší variabilitu šedi a změny variace šedi v semivariogramech jsou malé, což odpovídá vzhledu příslušného obrazu. Na průběhu křivek semivariogramů je patrný periodický charakter vady.

Největší změny ve variaci šedi byly zaznamenány pro obrazy tkanin simulované z příze s nejvyšší nestejnomyšností (je způsobena největší nečistotou). Tyto změny byly identifikovány pro všechny použité vazby a v semivariogramech všech směrů, nejvýraznější byly ale ve směru rádků a sloupců. V semivariogramech pro keprovou, atlasovou a plátňovou vazbu je patrná celkově vyšší variabilita šedi v obrazech tkanin. Pro obrazy tkanin simulovaných z příze vypředené s velkou a středně velkou nečistotou byly průběhy semivariogramů podobné pro vazby kepr a plátno. V obrazu tkaniny s atlasovou vazbou byly větší změny variace šedi identifikovány v obrazu tkaniny z příze se střední vadou. Velká a střední nečistota způsobila vzhledovou vadu, která byla zaznamenána v semivariogramech na stejných krocích u všech vazeb. V obrazech tkanin byly tyto moaré efekty identifikovány v průběhu semivariogramů všech vazeb na „stejných“ místech. Malá nečistota v rotoru vytvořila na vzhledu příze i obrazech plošných textilií nejméně výrazný moaré efekt, variabilita stupňů šedi v těchto obrazech je nejmenší z hodnocených vadných vzhledů a i semivariogramy vykazují malé změny variace šedi.

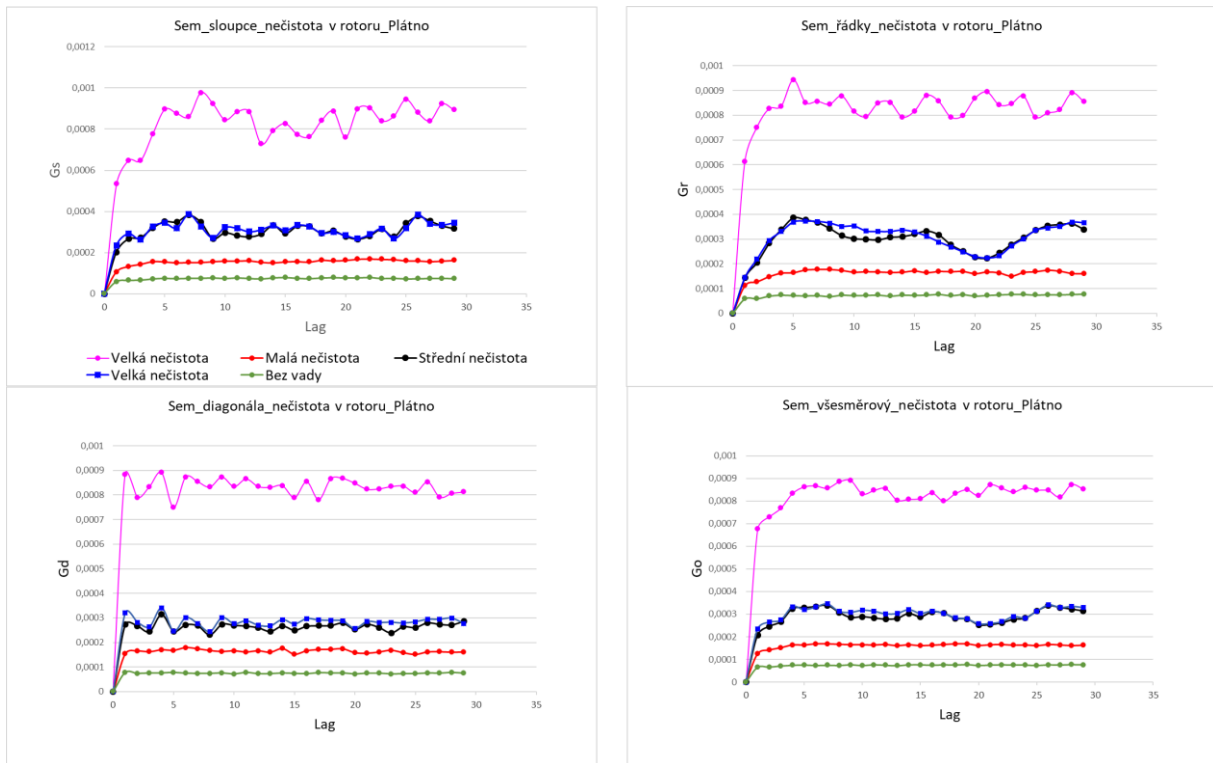
Průběhy semivariogramů dobře zachytily vzhledovou výraznost periodické nestejnomyšnosti, způsobenou kolísáním hmoty na krátkých vlnových délkách, tzv. moaré efekt jako takový prostřednictvím výrazných změn variace šedi pro určité kroky a také jeho výraznost celkově vyšší úrovní variací šedi v obrazech tkanin.



Obr. 4.48: Semivariogramy – velikost vzhledové vady, vazba Kepr



Obr. 4.49: Semivariogramy – velikost vzhledové vady, vazba Atlas



Obr. 4.50: Semivariogramy – velikost vzhledové vady, vazba Plátno

4.3 Souvislost hmotové a optické nestejnomyěrnosti

Při vizuálním hodnocení přízi a plošných textilií hodnotíme „optický“ vzhled textilie. Nestejnomyěrnost délkových textilií lze měřit na kapacitním principu, ale také na optickém principu. V praxi se pro měření nestejnomyěrnosti nejčastěji používá kapacitní princip, kterým je vybavena aparatura firmy Uster Technologies – Uster Tester v různých modelových řadách.

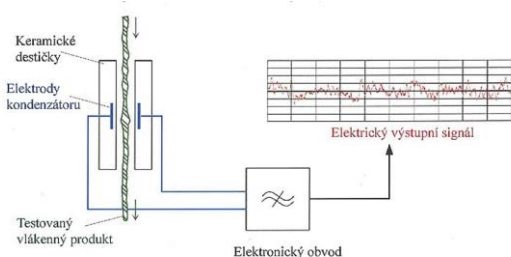
Kapacitní princip měření nestejnomyěrnosti je založen na měření množství hmoty, měří se tzv. hmotová nestejnomyěrnost. Nestejnomyěrnost příze je vyjádřena variačním koeficientem kolísáním hmoty na tzv. střižné délce, pro příze je střižná délka 8 mm. Optický princip měření nestejnomyěrnosti je v podstatě založen na měření průměru příze a nestejnomyěrnost je vyjádřena variačním koeficientem průměru příze.

Vztah hmotové a optické nestejnomyěrnosti byl řešen např. v práci [41], kde autoři analyzovali vztah mezi průměrem příze, který byl měřen optickým čidlem a její nestejnomyěrností, která byla měřena kapacitním čidlem. Na základě experimentu došli v závěru, že oba systémy dávají podobné výsledky a byla mezi nimi nalezena vzájemná korelace.

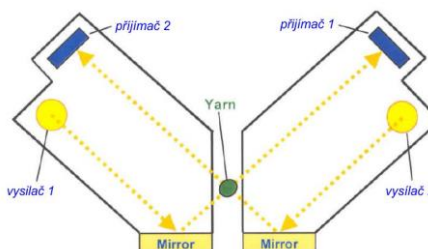
Princip měření hmotové nestejnomyěrnosti spočívá v průchodu délkové textilie mezi deskami kondenzátoru. Vlivem kolísání „hmoty“ v délkové textilii se mění kapacita kondenzátoru, která je převedena na změnu proudu, která je úměrná změně hmotnosti délkové textilie. Výsledný elektrický signál je zpracován Fourierovou transformací. Princip měření je znázorněn na obr. 4.51.

Princip měření průměru příze OM modulem s optickým čidlem na aparatuře UT4-SX je založen na prosvětlování procházející příze infračervenými paprsky a současném dvou-dimenzionálním snímání této příze pomocí dvou křížem umístěných vysílačů, přijímačů a zrcadel (mezi sebou svírají úhel 0° a 90°). Na přijímačích se zaznamenává zastíněná plocha, výsledkem měření je aritmetický průměr ze dvou různých profilů příze (průměr příze ve 2D). Průměr příze je snímán každých 0,3 mm, vyjadřuje se směrodatná odchylka průměru a jeho kolísání prostřednictvím variačního koeficientu průměru $CV_{2D} 0,3\text{ mm}$. Výsledky variability průměru příze jsou také udávány pro střižnou délku 8 mm ($CV_{2D} 8\text{ mm}$), která odpovídá měřeným úsekům kapacitního čidla, princip měření je znázorněn na obr. 4.52.

Při optickém principu měření čidlo „vidí“ přízi podobně jako lidské oko – vizuálně zesílená, resp. zeslabená místa na přízi bez ohledu na množství hmoty v daném místě. Kapacitní čidlo zaznamenává „množství hmoty“, pro identifikaci nestejnomyěrnosti v délkové textilii je určující množství hmoty v daném místě, nikoliv velikost průřezu, tj. průměr délkové textilie v tomto místě. Stejně místo na přízi může proto každý typ čidla identifikovat jinak.



Obr. 4.51: Princip měření hmotové nestejnomyěrnosti na (Uster Tester) [4]



Obr.4.52: Princip měření optické nestejnomyěrnosti přidavný modul OM (Uster Tester) [4]

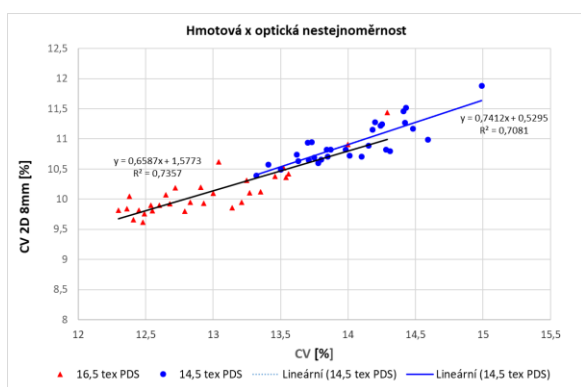
Pro posouzení souvislosti hmotové a optické nestejnomyěrnosti příze byly použity výsledky měření nestejnomyěrnosti příze (kapacitní princip) a průměru příze (OM modul optický princip) na aparatuře Uster Tester IV.- SX, Hmotová nestejnomyěrnost byla prezentována naměřenou hodnotou kvadratické nestejnomyěrnosti CV_m [%], za optickou nestejnomyěrnost byla

brána hodnota variační koeficient průměru příze na délce odpovídající kapacitnímu čidlu – CV2D 8mm [%].

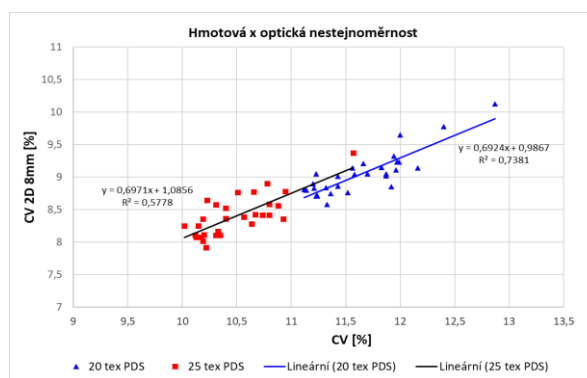
Souvislost optické a hmotové nestejnomylosti byla vyjádřena regresní závislostí a míra závislosti mezi nimi byla vyjádřena korelačním koeficientem. Pro potvrzení vzájemné souvislosti byla testována významnost korelačního koeficientu. Výsledky regresní analýzy a statistického testování významnosti korelačního koeficientu jsou uvedeny v tab. 4.2.

Tab. 4.2: Výsledky regresní analýzy, testu významnosti korelačního koeficientu

T [tex]	R_{xy}	R_{xy}^2	t_2	$t_{1-\alpha/2}(n - 2)$	Závěr
14,8	0,841514	0,708146	8,242473	2,048407	významný R_{xy}
16,5	0,857737	0,735713	8,828670	2,048407	významný R_{xy}
20	0,859139	0,738120	8,883647	2,048407	významný R_{xy}
25	0,656734	0,431300	4,608153	2,048407	významný R_{xy}



Obr. 4.53: Vzájemná závislost optické a hmotové nestejnomylosti, 100% CO, 14,8 tex; 16,5 tex



Obr. 4.54: Vzájemná závislost optické a hmotové nestejnomylosti, 100% CO, 20 tex; 25 tex

Testování vzájemné souvislosti mezi hmotovou a optickou nestejnomylostí je prezentováno na souboru bavlněných přízí, u kterých byla hledána vzájemná závislost mezi naměřenou hmotovou nestejnomylostí příze a variačním koeficientem průměru této příze. Mezi oběma typy nestejnomylosti byla nalezena vzájemná závislost (viz obr. 3.65 a 3.66), která je vyjádřena koeficientem korelace. Statistická významnost koeficientu korelace byla potvrzena na základě testu jeho významnosti.

5 Zhodnocení výsledků pro vědní obor nebo pro praxi

Hodnocení nestejnomyšnosti plošných textilií bylo realizováno hodnocením vzhledů obrazů plošných textilií simulovaných z výsledků měření nestejnomyšnosti a počtu vad přízí na aparatuře Uster Tester IV. SX. Obrazy vzhledu plošných textilií jsou tvořeny speciálním simulačním softwarem, který je součástí software aparatury Uster Tester a simulační modul generuje obrazy plošných textilií: tkaniny – plátno, kepr (K 3/1, útkový) a atlas (A 1/4 (3)) a pleteninu (zátažná jednodílná pletenina). Předmětem hodnocení byly generované obrazy tkanin uvedených vazeb. Simulované obrazy jsou v šedé škále a vizuálně vykazují kolísání stupňů šedi a na tom bylo založeno objektivní hodnocení vzhledové nestejnomyšnosti. Hodnocení nestejnomyšnosti plošných textilií bylo převedeno na hodnocení vzhledové nestejnomyšnosti obrazu této textilie založené na hodnocení kolísání stupňů šedi v generovaném obrazu.

V práci byly hodnoceny generované obrazy plošných textilií, jejichž vzhledová nestejnomyšnost je způsobena pouze nestejnomyšností a vadami přízí. Nestejnomyšnost skutečné plošné textilie je způsobena, kromě nestejnomyšností příze, také procesem výroby – tkaním.

Simulované obrazy plošných textilií byly zpracovány dvěma způsoby, a to obrazovou analýzou a programem „Plošná nestejnomyšnost“ (program v Matlabu). Vzhledem k tomu, že neexistují objektivní srovnávací kritéria, se kterými by bylo možné výsledky navržených postupů „objektivního“ hodnocení „porovnat“, byl každý obraz plošné textilie také současně hodnocen vizuálně a výsledky obou hodnocení byly navzájem konfrontovány.

Při zpracování obrazu plošné textilie obrazovou analýzou byly použity dva přístupy. V jednom byl celý obraz plošné textilie hodnocen jako jedno pole a pro celý obraz byla určena průměrná hodnota šedi v obraze a její variační koeficient. Vzhledovou nestejnomyšnost tak vyjadřuje variační koeficient stupňů šedi. V dalším přístupu byla plocha obrazu plošné textilie rozdělena čtvercovou sítí na čtverce různých velikostí, byly hodnoceny stupně šedi a jejich variabilita v jednotlivých polích. Na základě variability stupňů šedi byly konstruovány plošné variační křivky (vnitřní, vnější) a bylo sledováno kolísání šedi v obraze ve směru řádků, sloupců (tzv. směrová nestejnomyšnost). Z těchto přístupů se pro kvantifikaci vzhledové nestejnomyšnosti ukázal nejvhodnější přístup, ve kterém je obraz plošné textilie rozdělen čtvercovou sítí. Hodnocení celého obrazu a stanovení průměrného stupně šedi se ukázalo nepřesné, protože průměrováním stupňů šedi v celém obraze se stírají rozdíly mezi jednotlivými obrazy, přestože vizuálním posouzením vzhledu byly mezi nimi vzhledové rozdíly. Tento způsob hodnocení obrazu by byl vhodný pouze pro případy vysoké nestejnomyšnosti příze a současně výrazné vzhledové nestejnomyšnosti obrazu plošné textilie, jinak jsou rozdíly variačních koeficientů stupňů šedi malé a vizuální hodnocení a hodnoty variačních koeficientů stupňů šedi si sobě nemusí zcela odpovídat.

Dalším způsobem hodnocení vzhledové nestejnomyšnosti simulovaných obrazů plošných textilií bylo jejich zpracování v programu „Plošná nestejnomyšnost“, jehož výsledkem jsou plošné variační křivky (vnější a vnitřní křivka konstruovaná pro každý testovaný obraz plošné textilie) a semivariogramy ve směrech sloupců, řádků, diagonály a všesměrový semivariogram.

Programem „Plošná nestejnomyšnost“ byly hodnoceny simulované obrazy plošných textilií z přízí vykazujících periodickou nestejnomyšnost na krátkých, středních a dlouhých úsečkách a neperiodickou nestejnomyšnost.

Z průběhů plošných variačních křivek pro jednotlivé hodnocené vazby simulovaných obrazů tkanin lze vyvodit následující závěry:

- vnější plošné variační křivky s rostoucí velikostí sledované plochy vykazují klesající průběh pro všechny hodnocené vazby (atlas, kepr, plátno), obdobně jako vnější délkové variační křivky;
- vnitřní plošné variační křivky s rostoucí velikostí sledované plochy vykazují rostoucí průběh pro všechny hodnocené vazby, obdobně jako vnitřní délkové variační křivky;
- změna variability stupňů šedi se projeví v průběhu plošné variační křivky zlomem;
- celkově vyšší variabilita stupňů šedi v obrazech plošných textilií se projeví na poloze plošné variační křivky v grafu – obrazy plošných textilií generované z příze s vyšší hodnotou nestejnomyšlosti, vyšším počtem vad, závadnějším průběhem spektrogramu, délkové variační křivky, příp. vykazující vyšší hodnoty *DR* a nesymetrické *DR* křivky vykazují vizuálně vyšší kolísání stupňů šedi, tj. horší vzhledovou nestejnomyšlost a plošná variační křivka, která byla konstruována pro obraz z této příze, leží nad křivkami, které jsou pro obrazy plošných textilií z příze s nižší nestejnomyšlostí;
- na průběh a polohu plošné variační křivky v grafu má také vliv výraznost vzhledového efektu – výrazný efekt se projeví v obrazu plošné textilie celkově vyšší variabilitou stupňů šedi, plošná variační křivka pro tento obraz odráží jak vyšší variabilitu (poloha křivky), tak vzhledově výrazné změny šedi (zlomy v jejím průběhu);
- na průběh plošné variační křivky nemá zásadní vliv typ, resp. struktura nestejnomyšlosti příze (charakteristické spektrum, kupovité spektrum), důležitá je ale vlnová délka vady příze a výška její amplitudy, které mají vliv na vzhledovou výraznost této vady;
- příze stejných jemností, které vykazují podobný průběh spektrogramu, podobnou hodnotu nestejnomyšlosti *CV*, ještě nutně nemusí vykazovat stejný vzhled plošné textilie a proto také totožný, nebo podobný průběh plošné variační křivky. Vzhled plošné textilie je ovlivněn více faktory – nejen samotnou úrovní nestejnomyšlosti příze, ale také typem nestejnomyšlosti, který příze vykazuje, počtem vad;
- průběhy a polohy vnějších variačních křivek dobře korespondují s vizuálním hodnocením vzhledové nestejnomyšlosti plošných textilií;
- průběhy vnějších plošných variačních křivek při sledování variability stupňů šedi na velmi malých plochách čtverce, do plochy $0,001 \text{ cm}^2$, jsou přímky bez zlomů a jejich průběhy se překrývají. Při hodnocení variability stupňů šedi mezi čtverci malých ploch se toto hodnocení blíží hodnocení úrovně šedi „bod po bodu“, variační koeficienty stupňů šedi nabývají vyšších hodnot, ale jejich rozdíly jsou zanedbatelné;
- při hodnocení variability stupňů šedi mezi čtverci větších ploch jsou, i vizuálně, mezi nimi větší rozdíly, průběhy vnějších plošných variačních křivek proto vykazují zlomy, které jsou způsobeny větším kolísáním stupňů šedi ve sledovaných čtvercích;
- vhodnější pro hodnocení vzhledové nestejnomyšlosti plošných textilií se ukázaly vnější plošné variační křivky. Průběhy a polohy vnitřních plošných variačních křivek nevykazují velké rozdíly pro příze vykazující zvýšenou nestejnomyšlost. Větší rozdíly byly zaznamenány pouze v případě velmi výrazné vady. „Běžné vady“ a vady méně výrazné zpravidla vnitřní plošnou variační křivkou zaznamenány nejsou.

Z průběhů semivariogramů v různých směrech a pro jednotlivé vazby simulovaných obrazů tkanin lze vyvodit následující závěry:

- na průběhu semivariogramů se projeví pravidelná struktura vazby tkaniny pravidelným kolísáním a porušení tohoto průběhu znamená změnu variace šedi, tzn. změnu vzhledu. Podle kroku, na kterém je změna zaznamenána, lze určit místo v obraze, kde je identifikována;

- místo s vysokou hodnotou variace, maxima křivky semivariogramu, indikuje vyšší variabilitu stupňů šedi v obraze v místě příslušného kroku (lag);
- periodická nestejnomyšnost vytváří na vzhledu plošných textilií pravidelné útvary a podle vlnové délky, na které je vada identifikována jsou to moaré efekt (krátké vlnové délky) a pruhovitost (dlouhé vlnové délky), které vytváří v průběhu semivariogramů ve směru sloupců a řádků pravidelné poruchy, pomocí kterých je lze identifikovat;
- neperiodická nestejnomyšnost vytváří na vzhledu plošných textilií neklidný vzhled, který je v průběhu semivariogramů všech směřů a pro všechny vazby identifikován nepravidelnými poruchami typických průběhů;
- vzhledová výraznost vady (v práci prezentována prostřednictvím velikosti nečistoty v rotoru) má vliv na průběh semivariogramů ve všech směřech pro všechny hodnocené vazby. Vada vzhledově výraznější je zaznamenána výraznějšími změnami variací šedi v průběhu semivariogramu;
- hustota bodů v semivariogramu je dána velikostí sledované plochy obrazu a velikostí kroku, po kterém je tvořen semivariogram;
- semivariogram vyjadřuje „nepodobnost“ míst vzdálených od sebe o určitý zvolený krok, proto je možné v obraze plošné textilie identifikovat místa se zvýšenou variací šedi a na základě jejich rozložení lze identifikovat pravidelné „obrazce“, např. řádkování vazby, pruhy příčné i podélné. K jejich identifikaci lze s výhodou využít kombinaci semivariogramů ve směru řádků a sloupců.

Plošné variační křivky, především vnější plošné variační křivky, a semivariogramy se ukázaly jako vhodný nástroj pro objektivní kvantifikaci vzhledové nestejnomyšnosti plošných textilií, resp. vzhledové nestejnomyšnosti simulovaných obrazů plošných textilií na základě změřené nestejnomyšnosti příze. Semivariogramy mohou dobře identifikovat pravidelné útvary na vzhledu plošných textilií způsobené periodickou nestejnomyšností přízi.

6 Doporučení na pokračování práce v daném tématu a oboru

Ze zjištěných výsledků a průběhů plošných variačních křivek a semivariogramů by bylo možné zaměřit se na analýzu semivariogramy a jejich průběhy ve směru řádků, sloupců, příp. diagonály a jejich kombinace k identifikaci vad v obraze plošné textilie.

7 Seznam publikovaných prací studenta DSP (včetně uvedení všech spoluautorů publikovaných prací a jejich autorských podílů) a jejich případné citace

MEZINÁRODNÍ KONFERENCE

- [1] MOUČKOVÁ, Eva, JIRÁSKOVÁ, Petra: Influence of selected process variable on worsted yarn properties. In: 21th International Conference, Structure and Structural Mechanics of Textiles, 2016, Liberec, Czech Republic. Liberec: TU Liberec, s. 145-152, ISBN 978-80-7494-269-3
- [2] MOUČKOVÁ, Eva, URSÍNÝ, Petr, JIRÁSKOVÁ, Petra a KIM, Yulia: Influence of drafting on mass irregularity of cotton ring yarns, In: *20th International Conference, Structure and Structural Mechanics of Textiles: 2014, Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. 151-154, ISBN 978-80-7494-139-9
- [3] MOUČKOVÁ, Eva, URSÍNÝ, Petr JIRÁSKOVÁ, Petra: Analysis of Irregularity of Cotton Blended Yarn. In: *19th International Conference, Structure and Structural Mechanics of Textiles: 2012, Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. 85-86, ISBN 978-80-7372-913-4
- [4] MOUČKOVÁ, Eva, JIRÁSKOVÁ, Petra, KOUKOLÍKOVÁ, Ludmila: New possibility of objective evaluation of yarn appearance in area, In: *18th International Conference, Structure and Structural Mechanics of Textiles: 2011, Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. 111-120, ISBN 978-80-7372-542-6
- [5] MOUČKOVÁ, Eva; JIRÁSKOVÁ, Petra: Woven fabric surface unevenness - new possibilities of its evaluation, In: *Book of proceedings of 5th International Textile, Clothing & Design Conference – Magic World of Textiles*, Dubrovnik, October 2010: University of Zagreb, Faculty of Textile Technology, Zagreb (2010), s. 668 – 673, ISSN: 1847-7275
- [6] JIRÁSKOVÁ, Petra, MOUČKOVÁ, Eva: Application of selected statistical functions for evaluated of unevenness in plane, In: *7th International Conference - TEXSCI 2010, Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, ISBN 978-80-7372-635-5
- [7] MOUČKOVÁ, Eva, JIRÁSKOVÁ, Petra: Utilization of semivariogram for evaluation of surface unevenness, In: *Book of proceedings of 4th International Textile, Clothing & Design Conference – Magic World of Textiles*, Dubrovnik, October 2008: University of Zagreb, Faculty of Textile Technology, Zagreb (2008), s. 848 – 853, ISSN: 978-953-7105-26-6
- [8] URSÍNÝ, Petr, MOUČKOVÁ, Eva a JIRÁSKOVÁ, Petra: New knowledge about relation between yarn mass irregularity and surface unevenness, In: *4th International Textile, Clothing & Design Conference – Magic World of Textiles*, Dubrovnik, October 2008: University of Zagreb, Faculty of Textile Technology, Zagreb (2008), s. 915 – 920, ISSN: 978-953-7105-26-6
- [9] JIRÁSKOVÁ, Petra, MOUČKOVÁ, Eva: Unevenness of flat textiles and its quantification, In: *3rd International Textile, Clothing & Design Conference – Magic World of Textiles*, Dubrovnik, October 2006: University of Zagreb, Faculty of Textile Technology, Zagreb (2006), s. 612-617, ISBN 953-7105-12-1
- [10] MOUČKOVÁ, Eva, JIRÁSKOVÁ, Petra: Stripiness of woven fabric versus area variation curve and semivariogram, In: *16th International Conference, Structure and Structural Mechanics of Textiles: 2009, Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. 77-79, ISBN 978-80-7372-542-6
- [11] URSÍNÝ, Petr, MOUČKOVÁ, Eva a JIRÁSKOVÁ, Petra: Characteristic functions of mass irregularity and their interpretation, In: *15th International Conference, Structure and Structural Mechanics of Textiles: 2008, Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. 541- 546, ISBN 978-80-7372-418-4
- [12] JIRÁSKOVÁ, Petra, MOUČKOVÁ, Eva: Evaluation of surface unevenness of woven fabric, In: *15th International Conference, Structure and Structural Mechanics of Textiles: 2008, Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. 157-164, ISBN 978-80-7372-418-4
- [13] MOUČKOVÁ, Eva, JIRÁSKOVÁ Petra: Influence of weft sett on course of area variation curve of woven fabric, In: *TEXSCI 2007: Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. 161-162. , ISBN 978-80-7372-207-4
- [14] MERTO VÁ, Iva, MOUČKOVÁ, Eva a JIRÁSKOVÁ, Petra: Unevenness of woven fabric, In: *14th International Conference, Structure and Structural Mechanics of Textiles: 2007, Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. 63-69, ISBN: 978-80-7372-271-5
- [15] MOUČKOVÁ, Eva, JIRÁSKOVÁ, Petra: Area-variation curve of real woven fabric, In: *13th International Conference, Structure and Structural Mechanics of Textiles: 2006, Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. 87-92, ISBN 80-7372-135-X

- [16] MOUČKOVÁ, Eva, JIRÁSKOVÁ, Petra: Relation of parameter DR to others parameters of yarn mass irregularity, In: *12th International Conference, Structure and Structural Mechanics of Textiles, 2005, Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. 157-162, ISBN 80-7372-002-7
- [17] URSÍNÝ, Petr, JIRÁSKOVÁ, Petra a HEDÁNEK, Ondřej: Analysis of mass irregularity of plane textiles, In: *11th International Conference, Structure and Structural Mechanics of Textiles: 2004, Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. 151-158, ISBN 80-7083-891-4
- [18] URSÍNÝ, Petr, JIRÁSKOVÁ, Petra: Hmotová nestejnomyernost plošných textilií a možnosti jejího určování, In: *9th International Conference, Structure and Structural Mechanics of Textiles international conference: 2002, Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. 247-254, ISBN 80-7083-668-7
- [19] JIRÁSKOVÁ, Petra: Selected knowledge about the relation of the mass irregularity of the linear as well as the plain textiles, In: *TEXSCI 2000: Liberec, Czech Republic*. Liberec: TU Liberec, s. , ISBN 80-7083-409-9

NÁRODNÍ KONFERENCE

- [20] URSÍNÝ, Petr, JIRÁSKOVÁ, Petra: Struktura hmotové nestejnomyernosti bavlnářských přízí a povrchový vzhled plošné textilie, In: *8. národní konference STRUTEX 2001: prosinec 2001, Liberec*. Liberec: TU Liberec, s. 95-100, ISBN 80-7083-549-4
- [21] URSÍNÝ, Petr, JIRÁSKOVÁ, Petra: Souvislost mezi hmotovou nestejnomyerností délkových a plošných textilií, In: *7. národní konference STRUTEX 2000: 2000, Liberec*. Liberec: TU Liberec, s.121-126 , ISBN 80-7083-442-0

PŘÍSPĚVKY ZASLANÉ DO ČASOPISU

- [22] MOUČKOVÁ, Eva, URSÍNÝ, Petr, JIRÁSKOVÁ, Petra: Relations between deviation rate and other characteristic functions and parameters of yarn mass irregularity. In: *Fibres and Textiles*. 2016, Vol. 23 (2), 15-22, ISSN 1335-0617
- [23] MOUČKOVÁ Eva, JIRÁSKOVÁ Petra: New Possibility of Objective Evaluation of Yarn Appearance, part II, In: *Autex Research Journal*, 2013, 13(1), 1-10, ISSN (Online) 2300-0929, ISSN 1470-9589, DOI: 10.2478/v10304-012-0016-6
- [24] MOUČKOVÁ, Eva, URSÍNÝ, Petr a JIRÁSKOVÁ, Petra: Analysis of cotton blended yarn irregularity. *Fibres and Textiles*, 2013, Vol.20 (2), 21-31, ISSN 1335-0617
- [25] MOUČKOVÁ Eva, JIRÁSKOVÁ Petra: New Possibility of Objective Evaluation of Yarn Appearance, In: *Autex Research Journal*, 2012, 12(1), 7-13, ISSN (Online) 2300-0929, ISSN 1470-9589, DOI: <https://doi.org/10.2478/v10304-012-0002-z>
- [26] JIRÁSKOVÁ, Petra, MOUČKOVÁ, Eva: New evaluation method of woven fabric unevenness, In: *Autex Research Journal*, 2010, 10(2), 49-54, ISSN (Online) 2300-0929, ISSN 1470-9589, <http://www.autexrj.org/No2-2010/0337.pdf>
- [27] MOUČKOVÁ, Eva, JIRÁSKOVÁ, Petra, URSÍNÝ, Petr.: Surface unevenness of fabrics, In: *Woven Fabric Engineering*, Rijeka, 2010: SCIYO International Offices, s. 195-214, www.intechopen.com, DOI: 10.5772/10471

8 Seznam použité literatury

- [1] URSÍNÝ, Petr: *Předení I*, TU v Liberci 2001, 1. vydání, ISBN 80-7083-481-1
- [2] URSÍNÝ, Petr: *Předení II*, TU v Liberci 2001, 1. vydání, ISBN 80-7083-540-0
- [3] Cihlářová (Moučková), Eva: Hmotová nestejnomyšnost délkových a plošných textilií, elektronická skripta TU v Liberci, 2002
- [4] *Uster Tester IV Application Handbook*, Zellweger Uster, V1.0/400 106-04010, Uster, 2001.
- [5] Uster News Bulletin, Ed. by K. Douglas, B.Sc., C. Eng., M. I. Mech. E., C. Text., A. T. I., No. Zellweger Uster, Switzerland, 1971.
- [6] Uster News Bulletin, Ed. by K. Douglas, B.Sc., C. Eng., M. I. Mech. E., C. Text., A. T. I., No. 35. Zellweger Uster, Switzerland, 1988.
- [7] GROSBERG, P.: The medium and long term variations of a yarn I, In: *The Journal of the Textile Institute*, 1955, T301
- [8] GORSBERG, P., MALATINZSKY, P.: The medium and long term variations of a yarn-II, In: *The Journal of the Textile Institute*, 1955, T310
- [9] MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat, PULS 1994
- [10] WEGENER, W.; PEUKER, H.: Die Beziehung zwischen der Garnungleichmäßigkeit und dem Warenbild textiler Fläschengebilde, Institut für Textiltechnik der Technischen Hochschule, Aachen, (1961)
- [11] WEGENER, W.; HOTH, E.G.: Die CD(F) – Flächenvariation, *Textil – Praxis* 13, 1958, s. 485-488.
- [12] KUO, Chung-Feng Jeffrey, LEE, Ching-Jeng: Abade Propagation Neural Network for Recognizing Fabric Defects, In: *Textile Research Journal*, 2003, 73 (2), s. 147 -151
- [13] JEON, Boong Soo, BAE, Ji Hyun, SUH, Moon W.: Automatic recognition of woven Fabric Pattern by an Artificial Neural Network, In: *Textile Research Journal*, 2003, 73(7), s. 645
- [14] TILOCCA, Antonio: Detecting Fabric Defects with a Neural Network Using Two Kinds of optical Patterns, In: *Textile Research Journal*, 2002, 72(6), s. 545
- [15] KUMAR, Ajay: Neural network based detection of local textile defects Pattern Recognition, Volume 36, Issue 7, July 2003, Pages 1645-1659
- [16] STOJANOVICW, R., MITROPULOS, P., KOULAMAS, Ch., KARAYIANNIS, Y., KOUBIAS, S., PAPADOPOULOS, G.: Real-Time Vision-Based System for Textile Fabric Inspection, In: *Real-Time Imaging*, 2001. 7(6), s. 507-518
- [17] JUNG, M., HILL, M. and McBRIDE, J.W.: The Precision Characterisation of 3D Form, In: www.soton.ac.uk/~cedc/pdf/Precision.pdf , Accessed: 2005-02-01.
- [18] BODMAROVA, A., BENNAMOUN, M., KUBIK, K.K.: Suitability Analysis of Techniques for Flaw Detection in Textiles using Texture Analysis
- [19] SUH, M., W., KIM, J.: Creation of Virtual Fabric by Wavelet Analysis of Spun yarn Density Signals, In: *10th EFS System Research Forum*, November 6-7, Raleigh, NC
- [20] Kovář, Radko: Stejnomyšnost pletenin, In: *5. národní konference STRUTEX 1998, Liberec*. Liberec: TU Liberec
- [21] LINKA, Aleš, VOLF, P.: Hodnocení nestejnomyšnosti textilních materiálů na základě statistické analýzy obrazu Strutex 1999
- [22] SUH, M., W.: A electronic Imagining of Fabric Qualities by on-line yarn data, Available from www.ntcresearch.org/pdf-rtps/AnRp01/I01-A1.pdf, Accessed: 2005-02-01
- [23] SUH, M., W.: A electronic Imagining of Fabric Qualities by on-line yarn data, Available from www.ntcresearch.org/pdf-rtps/AnRp01/S01-NS12-A2.pdf, Accessed: 2005-02-01.
- [24] MILITKÝ, Jiří; KLIČKA, Václav: *Characterization of textile mass variation in plane*, In: Proceeding of 5th world textile conference Autex 2005, Portorož, 2005, Maribor: s.750–755, ISBN 86-435-0709-1.
- [25] MILITKÝ, Jiří., RUBNEROVÁ, Jitka a KLIČKA, Václav: Spatial statistics and unevenness of surface mass of non-woven textiles, In: *7th national conference Strutex, 2000, Liberec*. Liberec: TU Liberec, s. 199-203, ISBN 80-7083-668-7.

- [26] BRZEZINA, Miroslav., MILITKÝ, Jiří.: Complex characterization of textile surface, In: *Robust'2002 – proceeding of twelfth winter school JĚMF*, Hejnice, 2002, Prague: Union of Czech Mathematicians and Physicists, s. 50-58.
- [27] CRESSIE, N.A.C.: *Statistics for spatial data*, J. Wiley, New York, (2002), ISBN 0-473-00255-0.
- [28] TUNÁK Maroš: Detekce vad v plošné textilii, Liberec. 2008. 100 s. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci. Katedra textilních materiálů. Školitel: Aleš LINKA.
- [29] HAVLOVÁ, Marie: Detection of Fabric Structure Irregularities Using Air Permeability Measurements, In: **Journal of Engineered Fibers and Fabrics**, 2014, Volume 9, Issue 4 – 2014, s. 157 -164.
- [30] MILITKÝ, Jiří; BAJZÍK Vladimír: (2000) : Description of thickness variation by fractal dimension, In: *Proceeding of 7th national conference Strutex*, 2000. Liberec. Liberec: TU Liberec, s. 165-170, ISBN 80-7083-668-7.
- [31] GINSBURG, CHAVKIN, BINTER: Dynamika osnovnich procesov prjadenija I , formirovanie i vyravnivanie voloknistogo potoka, Izdatelstvo lëgkaja industrija, Moskva, 1970
- [32] MOEZZI, Meysam, GHANE, Mohammad a SHAHSAVARI Farid: The effect of mass irregularities of weft yarns on fabric surface protrusion, In: **The Journal of The Textile Institute**, 2015, Vol. 107, No. 5, s. 645–650, <http://dx.doi.org/10.1080/00405000.2015.1054226>.
- [33] LI, G. Z, ZHAO, Z, AKANKWASA, N. T. a WANG, J.: Prediction of woven fabrics appearance based on yarn surface-area measurement system (YSMS). In: *17th World Textile Conference Autex 2017- Textiles - Shaping the Future*, 2017, Materials Science and Engineering 254 (2017) 142015 doi:10.1088/1757-899X/254/14/142015
- [34] SAKAGUCHI, A., WEN, G.H, MATSUMOTO, Y., TORIUMI, K. a KIM, H.: Image Analysis of Woven Fabric Surface Irregularity. In: **Textile Research Journal**, 2001, **71(8)**, s. 666-671
- [35] CURRY David: [Lawson-Hempheill: Optical system for yarn and fabric appearance ratings – 37](#). In: **Textile World**, Atlanta, 2000. Vol. 150, Iss. 4; s. 28 – 30.
- [36] Keisokki – Eveness Tester KET 80II Series – firemní materiály
- [37] MILITKÝ, Jiří., SALAC, Ota.: *Statistické metody v textilní praxi*, Dům techniky, CSVTS, Pardubice 1982
- [38] NECKÁŘ, Bohuslav, DAS, Dipayan. *Theory of Structure and Mechanics of Yarns*, Woodhead Publishing India in Textiles, WOODHEAD PUB INDIA, 2018, ISBN 978-93-85059-40-7
- [39] NECKÁŘ, Bohuslav. *Příze, tvorba, struktura, vlastnosti*, SNTL, Praha 1990, ISBN 90-03 00213-3
- [40] MOUČKOVÁ, Eva, JIRÁSKOVÁ, Petra, URSÍNY, Petr.: Surface unevenness of fabrics. In: *Woven Fabric Engineering*, Rijeka, 2010: SCIYO International Offices, s. 195-214, www.intechopen.com, DOI: 10.5772/10471
- [41] CARVALHO, Vitor, SOARES, Filomenra and BELSLEY, Michael: A comparative study between yarn diameter and yarn mass variation measurement system using capacitive and optical sensors. In: **Indian Journal of Fibre & Textile Research**, 2008, Vol.33, s. 119-125
- [42] BENEŠOVÁ, Miroslava: Vliv směšového poměru na nestejněměrnost bavlnářských přízí. Liberec., 2008. 67 s. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Katedra mechanických technologií. Vedoucí Eva MOUČKOVÁ

9 Curriculum Vitae

Ing. PETRA JIRÁSKOVÁ

OSOBNÍ ÚDAJE

- Datum, místo narození: 02. 12. 1971 v Jilemnici
- Trvalé bydliště: Levínská Olešnice 81, 514 01 Jilemnice
- e-mail: petra.jiraskova@tul.cz
- Rodinný stav: svobodná
- Národnost: česká

VZDĚLÁNÍ

- 1990 – 1995 Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní
- Technologie textilu a oděvnictví – obor: Přádelnictví – titul „Ing“.
- 1990 – 1996 Technická univerzita v Liberci, Fakulta pedagogická
- Doplňkové pedagogické studium – Učitelství odborných předmětů – titul „Bc“.
- 1986 – 1990 Střední průmyslová škola textilní v Jilemnici
- Obor – Textilní technologie – přádelnictví

PRAXE

- od 09/1997 – dosud: Technická univerzita v Liberci
Lektor (1997 – 2001)
Odborný asistent – 2001- 2018
Lektor – od 2019
- Fakulta textilní – Katedra technologií a struktur
 - Pedagogická činnost – výuka odborných technologických předmětů zaměřených na technologie předení a výroby délkových textilií, tvorba výukových a podpůrných materiálů.
 - Vedení a konzultace diplomových a bakalářských prací.
 - Vědecko – výzkumná činnost: testování délkových textilií, vyhodnocování výsledků a jejich souvislost s technologií výroby. Vliv technologických parametrů a nastavení na vlastnosti délkových textilií. Experimentální modely seskání dvojmoskaných přízí.
 - Doktorské studium – Vztah hmotové nestejnomyernosti délkových a plošných textilií
- 01/1996 – 06/1997 ISS – COP Jablonec nad Nisou
Pedagog
- matematika, psychologie, společenské vědy

TECHNICKÉ DOVEDNOSTI, JAZYKY

- německý jazyk, ruský jazyk, anglický jazyk
- MS Windows, MS Office (Word, Excel, Power Point), Matlab, Mathcad, grafické programy (Corel)

10 Stručná charakteristika dosavadní odborné, výzkumné a vědecké činnosti

Doktorské studium

Seznam zkoušek	Specializace v oboru, U 11. 2. 2013 Mechanika vlákenných útvarů, U 11. 2. 2013 Matematická statistika a analýza dat, U 11. 2. 2013 Teorie přádelnických procesů, U 11. 2. 2013 Experimentální technika obor, 23. 10. 2015
SDZ	Státní doktorská zkouška vykonána dne 14. 10. 2019 s celkovým hodnocením prospěla.

Pedagogická činnost

Výuka	Předení / Přádelnictví, od 1997 – dosud Základy textilní a oděvní výroby / Textilní technologie 1, 2005 – dosud Textilní stroje – část Předení, 2017 – dosud Speciální technologie – část Předení, 2017 – dosud
Vedení DP a BP	Isajská Zuzana, <i>Přístupy k hodnocení kvality multifilového hedvábí</i> , DP, 2013 Valtrová Jarmila, <i>Kvalita vlnářských přízí</i> , DP, 2012 Gulová Zuzana, <i>Hmotová nestejnomyšnost vícenásobně skaných přízí</i> , BP, 2011 Holovková Jana, <i>Vlastnosti přízí z regenerovaných vláken</i> , BP, 2011 Horáčková Hana, <i>Porovnání vlastností vlnářských česaných přízí klasických prstencových a kompaktních</i> , BP, 2014 Juhás Martin, <i>Vliv parametrů nastavení prstencového dopřádacího stroje na kvalitu vlnářské příze</i> , BP, 2013 Kim Yuliya, <i>Porovnání výsledků vybraných vlastností přízí měřených na aparatuře CTT Lawson-Hemphill se standardními metodami</i> , BP, 2012 Kvapil Štěpán, <i>Vliv typu perforovaného řemínku na kompaktním dopřádacím stroji na vlastnosti kevlarových přízí</i> , BP, 2015 Nováková Petra, <i>Porovnání vlastností kompaktních přízí</i> , BP, 2011 Patka Rostislav, <i>Analýza vlivu distančních podložek v průtahovém ústrojí prstencového dopřádacího stroje na nestejnomyšnost a počet vad jemných vlnářských přízí</i> , BP, 2017

Richtr Michal, *Změna chlupatosti vlnářských přízí vlivem operací následujících po dopřádání*, BP, 2013

Šírková Lucie, *Vlastnosti lněných přízí*, BP, 2018

Škopová Adéla, *Vlastnosti bavlnářských kompaktních přízí*, BP, 2014

Vejnarová Kateřina, *Vlastnosti rotorových přízí*, BP, 2015

Výzkumné projekty

Úplné odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod využívající cíleně vyrobených textilních nosičů biomasy (spoluřešitel), 2019 – dosud

Hybridní materiály pro hierarchické struktury (spoluřešitel), 2019 – dosud

Výzkumné centrum Textil II. – sekce Textilní technologie, projekt 1M0553, MŠMT (spoluřešitel), 2005 – 2011

Výzkumné centrum Textil III – Bariérové textilie, Textilie se zvýšenou odolností (spoluřešitel), 2011

6025/8430 – Nanoprogress (spoluřešitel), 2018

Ostatní projekty

Rozvoj lidských zdrojů TUL pro zvyšování relevance, kvality a přístupu ke vzdělání v podmínkách Průmyslu 4.0, projekt CZ 02.2.69/0.0/0.0/16_015/0002329, MŠMT (OP VVV), (spoluřešitel), 2017- dosud

Transformace studijních programů Fakulty textilní projekt CZ.1.07./2.2.00/01.0371, MŠMT (OP RLZ ESF) (spoluřešitel), 2009 – 2012

Tvorba multimediálních prezentací pro výuku textilních technologických předmětů, projekt FRVŠ 2025/2008, FRVŠ (řešitel), 2008

11 Vyjádření školitele doktorandky

Vyjádření školitele doktorandky

Disertační práce: Hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti plošných textilií

Doktorandka: Ing. Petra Jirásková

Téma doktorské disertační práce je zaměřeno na významnou problematiku vzhledové nestejnomyěrnosti plošných textilií ve vztahu s hmotovou nestejnomyěrností příze.

Tématika hmotové nestejnomyěrnosti délkových textilií jako vědecko-výzkumná problematika je velmi propracovaná a aplikovaná v technologické praxi i v aplikovaném výzkumu. Pokud jde o vzhledovou nestejnomyěrnost plošných textilií je rozšířeno vizuální (subjektivní) hodnocení navazující zejména na simulovaný obraz z aparatury Uster Tester.

Cílem práce je analýza vztahu hmotové nestejnomyěrnosti příze a vzhledové nestejnomyěrnosti obrazu plošné textilie s využitím objektivních postupů hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti plošných textilií.

Úvodní část práce je věnována přehledu teoretických poznatků z oblasti hmotové nestejnomyěrnosti délkových textilií, které jsou využívány při analýzách výsledků měření z přístrojových aparatur aplikovaných v technologické praxi.

Následuje rešerše tématiky nestejnomyěrnosti v ploše se zaměřením na vědecko-výzkumné práce v odborné literatuře a současně na realitu zjišťování a vyhodnocování vzhledové nestejnomyěrnosti v souvislosti s možnostmi aparatury Uster Tester založené na subjektivním posuzování vytvořeného obrazu plošné textilie.

Hlavní část práce „Hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti“ je správně zahájena detailním definováním předmětu dané vědecko-výzkumné problematiky. Jedná se o vyhodnocování vlivu struktury hmotové nestejnomyěrnosti příze na vzhledovou nestejnomyěrnost obrazu plošné textilie. Následně jsou vybrány dva postupy k analýze obrazu plošné textilie, který zachycuje výhradně vliv nestejnomyěrnosti příze. Hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti pomocí obrazové analýzy směřuje k aplikaci vnějších plošných variačních křivek. Zvolený výběr struktur hmotové nestejnomyěrnosti přízi je vhodný. Při aplikaci programu „Plošná nestejnomyěrnost“ (autor. prof. Miltký) využívá doktorandka plošné variační křivky a v další části semivariogramy. Pokud jde o aplikované příze jsou sledovány příze s periodickou nestejnomyěrností, tj. příze obsahující harmonické složky hmotové nestejnomyěrnosti se zvýšenou amplitudou, s krátkou, střední a dlouhou vlnovou délkou. Příze s periodickou nestejnomyěrností jsou prezentovány příslušnými spektrogramy, s neperiodickou nestejnomyěrností pak délkovými variačními křivkami. Obrazy vzhledové nestejnomyěrnosti jsou získávány na aparatuře Uster Tester pro základní vazby tkanin.

V závěrečné části práce je provedeno shrnutí výsledků, které vyplynuly z hodnocení vlivu struktury hmotové nestejnomyěrnosti přízi na vzhledovou nestejnomyěrnost příslušných obrazů plošných textilií – tkanin.

Z hlediska základního cíle práce, tj. vyhodnocení vlivu hmotové nestejnomyěrnosti příze na vzhledovou nestejnomyěrnost plošné textilie lze konstatovat, že práce přináší nové poznatky, které prohlubují a rozšiřují celkové vědecko-výzkumné poznání v širší oblasti nestejnomyěrnosti textilií a přináší nové poznatky pro technologickou praxi.

Kontrola plagiátorství neprokázala žádnou podobnost s jinými pracemi.

Danou problematiku řešila doktorandka iniciativně a samostatně a dílčí poznatky průběžně publikovala, ve své práci uplatnila své hluboké znalosti z technologie předení.

Vzhledem k uvedenému celkovému hodnocení **doporučuji** předloženou doktorskou disertační práci k obhajobě.

V Liberci 3. 6. 2020

prof. Ing. Petr Ursíny, DrSc.

12 Oponentské posudky disertační práce

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Posudek disertační práce Ing. Petry Jiráskové

Hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti plošných textilií

V disertační práci předkládané k obhajobě je hlavním tématem hledání souvislosti mezi hmotovou nestejnomyěrností přízí a vzhledovou nestejnomyěrností tkanin. Doktorandka se zaměřuje na zjištění různých charakteristik nestejnomyěrnosti a vad přízí pro hodnocení vzhledové nestejnomyěrnosti simulovaným obrazů tkanin tří základních vazeb.

Vlastní závěry získané prostřednictvím dvou objektivních metod a popsané použitím různých statistických charakteristik a podrobné shrnutí výsledků v oblasti hodnocení nestejnomyěrnosti délkových a plošných textilií, přízí, tkanin, pletenin a netkaných textilií publikovala Petra Jirásková v řadě prací uveřejněných také v impaktovaných časopisech.

Význam disertační práce pro obor

V oblasti výroby plošných textilií jsou rozšiřovány možnosti použití optických metod a kamerových systémů, které korespondují s vizuální kontrolou. K dispozici jsou komplexní zařízení, která umožňují měření současně více charakteristik a nasnímané hodnoty slouží jak k on-line řízení technologických a výrobních parametrů, tak ke kontrole finální kvality produktu se záznamem chyb fyzikálního charakteru nebo vzhledových vad. V práci je detailně zkoumáno využití náhodných polí plošné nestejnomyěrnosti na základě získané obrazové informace pro specifický případ simulovaných obrazů tkanin.

V oblasti výroby přízí je hodnocení výstupních produktů standardizováno zejména podle systému Uster, takže předložená práce, která obsahuje porovnání výsledků s tímto systémem je dalším dílčím přínosem, a může přispět k rozšíření nových metod a nových přístupů do praxe.

Vyjádření k postupu řešení problému

V úvodu práce je na základě použité literatury provedena rešerše popisující komplexní informace o hmotové nestejnomyěrnosti příze a projevech hmotné nestejnomyěrnosti ve vzhledu tkanin. Na provedenou rekapitulaci konkrétních přístupů použitých

k analýzám, a k hodnocení nestejnomyšnosti plošných textilií, tkanin, pletenin a netkaných textilií, včetně používaných statistických charakteristik pro vyjádření nestejnomyšnosti v ploše, navazuje vlastní rozpracování poznatků v kapitole 3. Hodnocení vzhledové nestejnomyšnosti (str. 33-80 a přílohami str. 92 – 122).

Tato hlavní část disertační práce je rozvržena do dvou tematických okruhů podle použitých metod zpracování obrazu plošných textilií - obrazové analýzy a předdefinovaných výpočetních postupů v programovém prostředí Matlab, s cílem detailně popsat výsledky hodnocení generovaných obrazů zvolených tří charakteristických typů tkanin (plátno, kepr, atlas). Hodnocena je vzhledová nestejnomyšnost vzorků způsobená pouze nestejnomyšností a vadami přízí. Jednotlivé výsledky jsou podrobně diskutovány na základě provedené analýzy doložených obrazových záznamů, které jsou pro porovnání vyhodnoceny také vizuálně. Tento postup dostatečně reprezentativně vyjadřuje získané poznatky širšího okruhu zvolených charakteristik hmotové nestejnomyšnosti sledovaných vzorků.

Stanovisko k výsledkům a významu původního konkrétního přínosu autora

V závěrečné části práce uvádí doktorandka na základě provedených měření vlastní podrobné závěry o úrovních vhodnosti použití jednotlivých charakteristik k vyjádření lokální hmotové nestejnomyšnosti a vad v plošných textiliích. Použití semivariogramu, jako nástroje pro hodnocení statistické variability, sledává na základě získaných vlastních poznatků vhodně zvoleným postupem pro objektivní kvantifikaci vzhledové nestejnomyšnosti simulovaných obrazů plošných textilií na základě změřené nestejnomyšnosti příze.

Oponent souhlasí s návrhem autorky na zaměření další analýzy při využití maticové orientace a směrových variogramů pro účel identifikace vad v obrazu plošné textilie.

Formální a jazyková úroveň

Práce je uspořádána a napsána srozumitelně, s přehledem o zkoumané problematice a statistickém zpracování výsledků.

Připomínky

K práci nemám žádné zásadní připomínky. Autorka by při své obhajobě měla porovnat její přístup s analýzou založenou na povrchových spektrálních momentech (analýza ve spektrální oblasti).

Doporučení

Disertační práci Ing. Petry Jiráskové **doporučuji k obhajobě.**

V Ústí nad Orlicí 26. 8. 2020

doc. Ing. Václav Klička, CSc., Ph.D.

Posudek disertační práce

Autor práce: **Ing. Petra Jirásková**

Technická univerzita v Liberci – fakulta textilní

Název práce : **Hodnocení vzhledové nestejnomyernosti plošných textilií**

Rozsah práce : 75 stran + 30 stran příloh

Oponent : **doc. Ing. Jiří Sloupenský, CSc.**

vědecko – technický konzultant

V souladu s článkem 21 odst. 3 části 3. vnitřních předpisů TUL, vztahujících se k doktorskému studiu, předkládám posudek disertační práce Ing. Petry Jiráskové a vyjadřuji se k jednotlivým požadovaným bodům:

a) Zhodnocení významu disertační práce pro obor Textilní technika a materiálové inženýrství

Posuzovaná disertační práce se zabývá hodnocením vzhledové nestejnomyernosti plošných textilií na základě analýzy simulovaných obrazů plošných textilií, získaných jako výstup ze zařízení švýcarské firmy Uster Technologies AG a to Uster Tester 4-SX. Toto laboratorní zařízení je určeno ke zjišťování hmotové a optické nestejnomyernosti textilních přízí a s ním dodávané programové vybavení umožňuje na základě naměřených hodnot nestejnomyernosti přízí simulovat vzhled hypotetické tkaniny, získané zpracováním dat měřené příze. Výstupem je zobrazení hypotetické tkaniny.

Disertační práce Ing. Jiráskové využívá tento výstup komerčního zařízení a přináší nový pohled na hodnocení plošné nestejnomyernosti tkanin, způsobených variabilitou optické nebo hmotové nestejnomyernosti použité příze. Význam disertační práce spočívá především v tom, že přináší možnost určitým způsobem predikovat plošnou nestejnomyernost tkaniny pouze na základě změřené příze, aniž by tato tkanina byla skutečně utkána.

b) Postup řešení problému, použité metody a splnění stanoveného cíle

Vzhledová nestejnomyernost hypotetické tkaniny, získané simulací programovým vybavením společnosti Uster byla hodnocena na základě kolísání stupně šedi v obrazu simulované plošné textilie. Pro hodnocení byly použity metody obrazové analýzy spolu s programem „Plošná nestejnomyernost“ – Matlab, vytvořeným na

Textilní fakultě TUL prof. Jiřím Militkým – viz str. 33 práce). V seznamu použité literatury jsem však odkaz na tento program nebo jeho popis nenalezl. Je třeba konstatovat, že použitá metoda, využívající pouze digitalizovaný výstup zařízení, měřícího nestejnou příze, nemůže zachytit případnou nestejnou tkaniny, způsobenou určitou nahodilostí procesu tkání. V textu práce jsem zmínku o tomto omezení ale nenašel.

Lze konstatovat, že postup řešení problému a použité metody odpovídají běžným postupům výzkumné práce. Cíle práce, definované na straně 2, lze zřejmě obecně chápat jako vytvoření metodiky pro hodnocení simulovaných obrazů tkaniny prostřednictvím obrazové analýzy, variačních křivek a semivariogramů. Tyto cíle byly dle popisu v závěrečné kapitole práce (4) splněny.

c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a významu původního přínosu autora

Za výsledek disertační práce je třeba považovat především potvrzení hypotézy, že lze pouze na základě obrazu simulované textilie jistým způsobem predikovat plošnou nestejnou tkaniny, vyrobené z příze, které byla testována na laboratorním přístroji Uster Tester 4. Přínosem autorky je získání rozsáhlého souboru dat a jejich systematické zpracování několika různými metodami a to celého obrazu plošné textilie jako jednoho pole a dále rozdělením obrazu na menší čtverce přičemž byly generovány plošné variační křivky. Vytvořená metodika s využitím plošných variačních křivek a semivariogramů se ukázala jako vhodný nástroj pro objektivní kvantifikaci vzhledové nestejnosti simulovaných obrazů plošných textilií. Je škoda, že se autorka nepokusila alespoň v minimální míře konfrontovat své výsledky s testem skutečné plošné textilietak jak je tato možnost naznačena v kapitole 3.1.4. Je to poněkud v rozporu s tématem disertační práce, presentovaném při státní doktorské zkoušce a to *Vztah hmotové nestejnosti délkových a plošných textilií*.

d) Systematickost, přehlednost, formální a jazykové úprava

Práce je poměrně rozsáhlá, je vypracována systematicky a přehledně, k jazykové a formální úpravě nemám připomínky. Překlepy ani prohřešky proti českému pravopisu jsem v práci nenalezl. Text je srozumitelný, grafická úprava je na vysoké úrovni včetně formátu matematických vzorců. Grafy mají jednotnou formu a dobře ilustrují výsledky, popsané v textu. Drobnou připomínku mám k nejednotnosti označování použitého přístroje – Jednou Uster Tester 4 , jindy Uster Tester IV.

e) Vyjádření k publikacím autorky

Seznam prací autorky obsahuje celkem 27 titulů, z nichž 19 jsou příspěvky na mezinárodních konferencích, převážně však pořádaných Technickou univerzitou v Liberci (Celkem 15). Dále jsou uvedeny dva příspěvky na národních konferencích a celkem 6 příspěvků do odborných časopisů. Všechny práce mají souvislost

s odbornou činností doktorandky. Dovoluji si konstatovat, že pro účely splnění kritérií pro doktorandské studium je rozsah publikací dostatečný.

f) Závěr :

Disertační práce Ing. Jiráskové a její další činnost na fakultě textilní Technické univerzity v Liberci odpovídají požadavkům kladeným na doktorské studium. Doporučuji proto tuto disertační práci k obhajobě v oboru Textilní technika a materiálové inženýrství.

30.8.2020

doc. Ing. Jiří Sloupenský, CSc
vědecko-technický konzultant