

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Obor: 31 – 12 – 8

Textilní a materiálové inženýrství

KATEDRA TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ

POROVNÁNÍ METOD HODNOCENÍ SPLÝVAVOSTI

DRAPEABILITY EVALUATION METHODS COMPARISON

Jiřina Velková

KTM - 383

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vladimír Kovačič

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 58

Počet tabulek: 3

Počet obrázků: 17

Počet grafů: 14

Počet vzorců: 25

Počet příloh: 10

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146069508

V Liberci dne 18.12.2002

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra textilních materiálů

Školní rok: 2002/2003

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro **Jiřinu Velekovou**

obor: **textilní materiálové inženýrství**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje toto zadání diplomové práce:

Název tématu: ***Porovnání metod hodnocení splývavosti***

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na téma splývavosti textilií. V literární rešerši se zaměřte na metody pro stanovení splývavosti
2. Navrhněte a realizujte experiment pro stanovení splývavosti textilií
3. Experiment vyhodnoťte a proveďte zhodnocení jednotlivých metod s ohledem na reprodukovatelnost a přesnost stanovení splývavosti
4. Stanovte model pro predikci splývavosti na základě znalostí měrné hmotnosti, ohybové tuhosti a smykové síly

V 36/03 T

Ing. Vladimír KOVÁČÍK
KTM/TM1
532.1 232. příl.

Rozsah grafických prací:

Rozsah původní zprávy: **45 – 60 stran**

Seznam odborné literatury:

**Hes, L.-Fridrichová, L.: Měření splývavosti tkanin ohybem přes osstrý roh
STRUTEX, 2001**

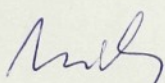
Vedoucí diplomové práce: **Ing.Vladimír Kovačič**

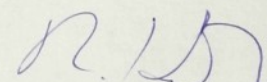
Konzultant: **Prof.Ing.Luboš Hes, DrSc.**

Termín zadání diplomové práce: **30.10.2002**

Termín odevzdání diplomové práce: **26.5.2003**




Prof.Ing.Jiří Militký, CSc.,
vedoucí katedry


Prof.Ing.Radko Kovář, CSc.
děkan

V Liberci, dne **30.10.2002**

ABSTRAKT

POROVNÁNÍ METOD HODNOCENÍ SPLÝVAVOSTI

V této diplomové práci je zkoumána korelace mezi dvěmi metodami pro měření splývavosti.

Splývavost je zde měřena jednak klasickou průměrovou metodou dle Dr. Cusicka a také metodou novou navrženou na KHT TU Liberec profesorem Hesem. Tato nová metoda je založena na pozorování splývavých materiálů, které po ohybu přes roh horizontální roviny stolu vytváří splývavou hranu.

Současně je hledána souvislost splývavosti a dalších vybraných vlastností.

ABSTRACT

DRAPEABILITY EVALUATION METHODS COMPARISON

This diploma thesis studies the correlation between two different drape measuring methods. It presents drape measuring using conventional projection method developed by Dr. Cusick and also using a new method suggested by Prof. Hes of KHT TU Liberec. This new approach is based on studying drape materials, which creates a drape edge after bending over a horizontal plane break.

At the same time the relationship between drape and other selected features is being examined.

Prohlášení k využívání výsledků diplomové práce:

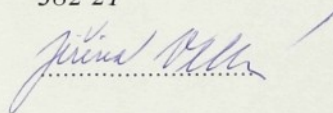
Jsem si vědoma toho, že diplomová práce je majetkem školy, a že s ní nemohu sama a bez svolení školy disponovat, že diplomová práce může být zapůjčena či objednána kopie za účelem využití jejího obsahu.

Beru na vědomí, že po pěti letech si mohu diplomovou práci vyžádat v Univerzitní knihovně Technické univerzity v Liberci, kde je uložena.

Jméno a příjmení: Jiřina Velková

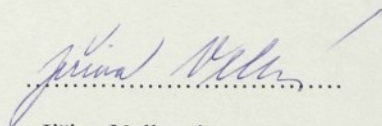
*Adresa: Kájov 112
Č. Krumlov
382 21*

Podpis:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jiřina Velková', written over a dotted line.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, a že jsem v seznamu literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem ve své práci vycházela.

V Liberci dne 18. prosince 2002

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jiřina Velková', written over a dotted line.

Jiřina Velková

Děkuji vedoucímu této diplomové práce panu Ing. Vladimíru Kovačičovi za cenné rady a připomínky, které mi byly poskytnuty v průběhu práce, konzultantovi Prof.Ing. Lubošovi Hesovi DrSc za poskytnutí zajímavého téma, paní Táně Humplíkové a paní Danuši Steklé za jejich pomoc a věnovaný čas při realizaci experimentální části diplomové práce, panu Miroslavovi Kristiánovi za sestavení přístroje a panu Miroslavovi Holubcovi, který mi pomohl s programem Matlab®.

Zvláštní poděkování patří mojí rodině za plnou podporu po celou dobu studia.

OBSAH

ABSTRAKT	3
1. ÚVOD	9
2.LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	10
2.1 SPLÝVAVOST	10
2.1.1 POJEM SPLÝVAVOST	10
2.1.2 MECHANICKÉ VLASTNOSTI TKANIN.....	10
2.1.3 POVAHA DEFORMACE TEXTILIE PŘI SPLÝVÁNÍ	11
2.2 MĚŘENÍ SPLÝVAVOSTI NA KRUHOVÝCH VZORCÍCH.....	12
2.2.1 MĚŘENÍ SPLÝVAVOSTI PODLE NORMY ČSN	12
2.2.2 MĚŘENÍ SPLÝVAVOSTI F.R.L.DRAPAMETREM.....	14
2.2.3 MĚŘENÍ SPLÝVAVOSTI POMOCÍ METODY I.T.F.DRAPEOMETRA	16
2.2.4 URČOVÁNÍ SPLÝVAVOSTI PODLE NORMY EDANA	17
2.2.5 MĚŘENÍ SPLÝVAVOSTI POMOCÍ OBRAZOVÉ ANALÝZY	17
2.3 NESTANDARDNÍ METODY URČOVÁNÍ SPLÝVAVOSTI.....	20
2.3.1 MĚŘENÍ SPLÝVAVOSTI OHYBEM PŘES OSTRÝ ROH	20
2.3.2 MĚŘENÍ SPLÝVAVOSTI PODLE HANUSE	21
2.3.3 CNIIŠELKOVA METODA MĚŘENÍ SPLÝVAVOSTI	23
2.3.4 METODA MĚŘENÍ SPLÝVAVOSTI DLE SODOMKY	23
2.3.5 URČENÍ DC VÁŽENÍM	24
2.4.1 METODA KONEČNÉHO OBJEMU PRO SIMULACI KONTAKTNÍ SPLÝVAVOSTI TKANIN A ODĚVŮ	25
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	32
3.1 POROVNÁNÍ KOEFICIENTU SPLÝVAVOSTI DC A ÚHLEM SPLÝVAVOSTI DA	33
3.1.1 MĚŘENÍ SPLÝVAVOSTI PRŮMĚTOVOU METODOU	33
3.1.2 PRACOVNÍSTĚ OBRAZOVÉ ANALÝZY	33
3.1.3 POSTUP MĚŘENÍ.....	33
3.1.4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ	34
3.2 MĚŘENÍ SPLÝVAVOSTI OHYBEM PŘES OSTRÝ ROH	35
3.2.1 PŘÍPRAVA VZORKŮ K MĚŘENÍ.....	35
3.2.2 POPIS PŘÍSTROJE	35

3.2.3 POSTUP MĚŘENÍ.....	36
3.2.4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ	36
3.3. HLEDÁNÍ MODELU ZÁVISLOSTI SPLÝVAVOSTI NA MECHANICKÝCH VLASTNOSTECH TEXTILIÍ	43
3.3.1. MĚŘENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ TEXTILÍ	43
3.3.1.1 MĚŘENÍ TUHOSTI V OHYBU	43
3.3.1.1.1 PŘÍPRAVA VZORKŮ K MĚŘENÍ.....	43
3.3.1.1.2 POPIS PŘÍSTROJE	44
3.3.1.1.3 POSTUP MĚŘENÍ.....	44
3.3.1.2 MĚŘENÍ SMYKOVÉ SÍLY	44
3.3.1.2.1 PŘÍPRAVA VZORKŮ K MĚŘENÍ.....	45
3.3.1.2.2 POPIS PŘÍSTROJE	45
3.3.1.2.3 POSTUP MĚŘENÍ.....	46
3.3.2. NAVRŽENÉ MODELY	47
3.3.3 VYHODNOCENÍ MODELŮ LINEÁRNÍ REGRESE.....	52
4. ZÁVĚR.....	53
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	54
SEZNAM OBRÁZKŮ	55
SEZNAM TABULEK.....	56
SEZNAM PŘÍLOH	57
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	58

1. ÚVOD

Splývavost plošných textilií je významným materiálovým parametrem jejich kvality a jeho úroveň často rozhoduje o použitelnosti těchto textilií. Zákazníci tento parametr dobře znají, ale pro nedostupnost jednoduché měřicí techniky hodnotí při nákupu textilií a oděvů tento parametr pouze subjektivně. K objektivnímu hodnocení splývavosti slouží metody popsané v teoretické části. Většina známých přístrojů je založena na porovnávání plochy průmětu splývajícího vzorku, dle metody Dr. Cusicka, přístroj jím navržený je v principu jednoduchý, avšak vzhledem ke složité optické soustavě nákladný a vyhodnocování výsledků bez techniky obrazové analýzy zdlouhavé.

Tato práce představuje novou, rychlou, levnou a nedestruktivní metodu a porovnává ji s metodou klasickou průmětovou. Nová metoda je založena na pozorování splývavých materiálů, které po ohybu přes ostrý roh horizontální roviny stolu vytváří hranu, jejíž odklon od roviny stolu je měřen.

2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Splývavost

V mechanickém pojetí deformovatelnosti textilií se principiálně odlišují dva hlavní směry. První se zabývá deformačním chováním textilie při zakrývání deformovaných povrchů. Tato aplikace vyžaduje téměř nezvrásněnou splývavost dané textilie jak je tomu například při čalounění. Zde je roztažitelnost tj. silové protažení v případě takového napínání s odpovídajícím modulem významným materiálovým parametrem. Druhým směrem je splývavost textilií. Chování textilií při namáhání v ohybu bez působení vnější síly, pouze vlivem skutečné specifické hmotnosti, mající za následek třírozměrnou deformaci.

Textilie jsou klasifikovány na základě koeficientu splývavosti. Vysoký koeficient svědčí o malé deformaci, zatímco nízký koeficient naznačuje deformace rozsáhlé a vícero vln.

2.1.1 Pojem splývavost

Hovoří-li se o splývavosti plošné textilie, myslí se tím způsob, kterým plošná textilie visí v záhybech. Typickým příkladem kde se vyskytuje splývavost jsou například oděvy, záclony, ubrusy, atd.

Splývavost plošné textilie je její schopnost vytvářet prostorové deformace. Tyto deformace jsou ve tvaru zaoblených záhybů. Můžeme tedy říci, že se jedná o prostorovou poddajnost textilie.

2.1.2 Mechanické vlastnosti tkanin

Mechanické vlastnosti tkanin popisují schopnost těles změnit tvar a případně objem, tj. deformovat se v důsledku působení vnějších mechanických sil. Vnější síla vyvolává v tělese napětí, což vede ke vzniku odpovídající deformace.

Odpor materiálu proti deformaci charakterizuje *modul*, obecně definovaný jako poměr aplikovaného napětí a vzniklé deformace. Čím je modul látky vyšší, tím vyššího je třeba napětí k dosažení deformace.

2.1.3 Povaha deformace textilie při splývání

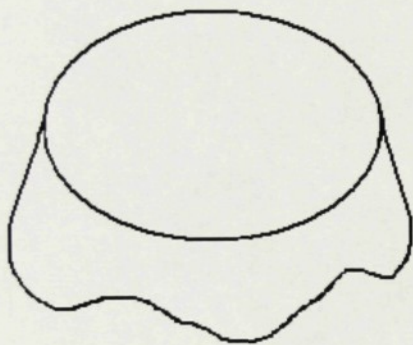
Tkaniny a oděvy jsou speciální komplexní mechanismy tvořené dvěma soustavami nití – osnovou a útkem. Osnova a útek jsou podrobeny posuvům a rotacím vlivem své vlastní tíže. Takové deformace jsou běžně nazývány deformacemi splývavými. Tyto deformace jsou velké, ale přetvoření je jen malé. Během užívání přicházejí obvykle textilie do kontaktu s tuhými objekty a lidskými těly, přičemž nabývají složitých konečných tvarů s různými dvojitě zakřivenými záhyby nebo sklady.

V práci [6] je uveden předpoklad, že hlavním způsobem deformace při splývání je ohýbání textilie, zároveň s výskytem dvojitě zakřivení dochází k namáhání ve smyku (tj. změně úhlu mezi nitěmi). Ohybová tuhost textilií záleží především na stabilitě vláken v přízi. Smyková tuhost je měrou jednotkou lehkosti, se kterou se po sobě nitě v místě deformace sklouznou. U obou těchto vlastností je směrodatné rozmístění a zkadeření nití ve struktuře.

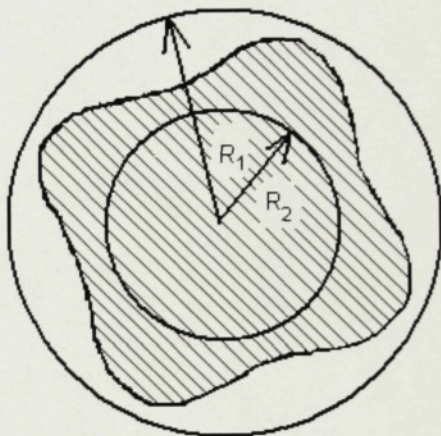
Kromě ohybové a smykové tuhosti je splývavost textilie ovlivněna plošnou hmotností. Dochází také k deformacím v tahu a tlaku, ale vzhledem k vysoké tuhosti nití jsou tyto deformace nepatrné a mohou být zanedbány.

2.2 Měření splývavosti na kruhových vzorcích

U většiny klasických metod určování splývavosti se setkáváme s takzvanými diskovými metodami, které jsou zaměřeny na projekci splývavého vzorku, jejímž výsledkem je stín vzorku. Základ měřicího přístroje tvoří čelisti ze dvou kruhových disků, mezi které se vkládá kruhový vzorek. Tyto metody jsou běžně užívané a jsou registrovány ve státních normách.



Obr. 1 Splývající vzorek plošné textilie



Obr. 2 Projekce splývajícího vzorku

2.2.1 Měření splývavosti podle normy ČSN

Princip metody podle [1]. Kruhový vzorek plošné textilie o průměru 300 mm se umístí na kruhový stojan o průměru 180 mm. Obrys splývající plošné textilie se promítne přes průsvitnou desku na průsvitný papír a obkreslí se. Obkreslená plocha průmětu dvou vzorků se získá planimetrováním, které se pro kontrolu provede oběma směry, tj. zprava doleva a zleva doprava. Tak se ze dvou průmětů získají čtyři údaje o jejich ploše. Průměrnou plochu zkoušených textilií nám udává aritmetický průměr těchto údajů.

Splývavost x v % se vypočítá podle vzorce:

$$x = \frac{S - \bar{S}_p}{S_m} \times 100 [\%] \quad (1)$$

kde S plocha zkoušené textilie, tj. 706,9 cm², $\bar{S}_p$ průměrná plocha průmětu zkoušené textilie, S_m plocha mezikruží, tj. plocha vzorku způsobila ke splývání, 452,4 cm²

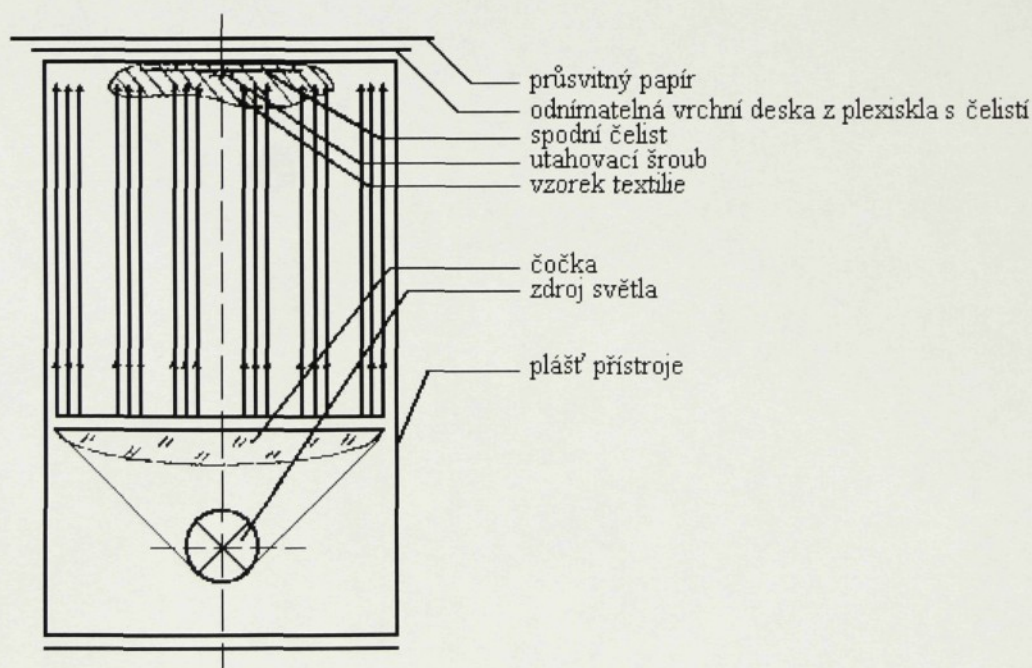
Výsledek se zaokrouhlí na jedno desetinné místo.

Zařízení a pomůcky:

1. Kruhová šablona průměru 300mm.
2. Nůžky.
3. Raznice pro středový otvor vzorku.
4. Průsvitný papír.
5. Planimetr.

6. Přístroj na obrázku č.3 odpovídá popisu v normě, ale není její součástí. Je složen z válce o průměru 310 mm a o výšce 1300 mm. Ve středu válce je umístěn stojánek o průměru 180mm. V dolní části válce je kruhovitě umístěno osvětlení. Na válci je položena příložná deska z plexiskla (přístroj Výzkumného ústavu vlnářského Brno).

7. Zkušební vzorky. Odběr laboratorních vzorků se provádí podle ČSN 800072, připraví se dva pracovní kruhové vzorky o průměru 300 mm a vyseknou se raznicí, případně vystříhnou nůžkami podle šablony, ve středu vzorku se vysekne kruhový otvor o průměru 10 mm, vzorky musí být bez záhybů a musí být nepomačkané, před zkoušením se klimatizují podle ČSN 800061.



Obr. 3 Schéma zařízení na získání průmětu vzorku v podobě stínu s použitím paralelního světla.

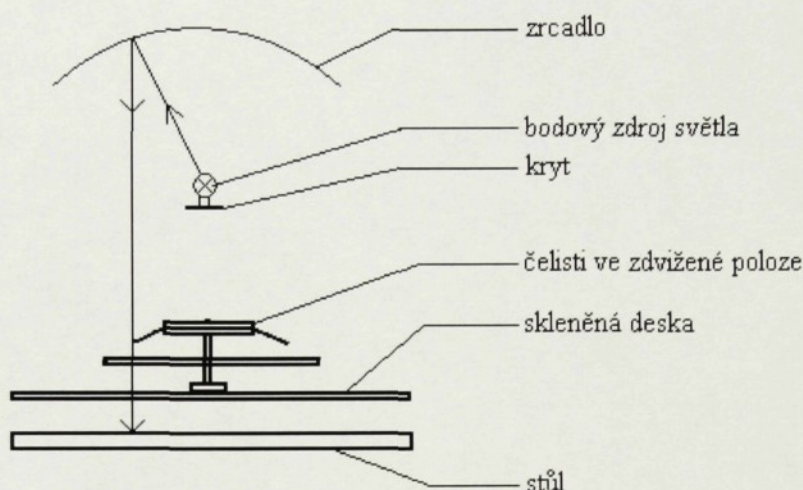
Nedostatky metody :

- V normě chybí detailnější popis, případně schéma doporučeného zařízení.
- Průmět vzorku se obkresluje rukou a jeho plocha se určuje planimetrováním, takže do měření je zanesena lidská chyba související s lidským faktorem.
- Není zaručena opakovatelnost měření : vzorky se do čelistí ukládají rukou, čímž je na ně působeno různě velkou silou.
- Splývavost x je definována jinak než ve světě uznávaný koeficient splývavosti DC, ale bývá často označována i jako koeficient splývavosti, což je zavádějící. Vztah mezi koeficientem splývavosti DC a splývavostí podle ČSN označenou x je:
$$x = 100 - DC [\%]$$
- Splývavost x podle ČSN nepopisuje komplexně splývací chování textilie podobně jako i koeficient splývavosti . zanedbává tvar průmětu, tj. tvar vln, počet vln apod. Ignoruje třetí rozměr splývající textilie.

2.2.2 Měření splývavosti F.R.L.Drapametrem

Princip metody podle [6]. Způsob získání průmětu splývajícího vzorku je na obrázku číslo 4 a je obdobný jako u ČSN. Přístroj se skládá ze dvou horizontálních čelistí, stejného průměru, mezi které se středně vkládá kruhový vzorek plošné textilie. Kruhový prstenec textilie, který není podepřen čelistí se vlivem gravitace deformuje.

Po odmontování horní čelisti tvoří nižší čelist spolu s prstencovým podstavcem rovinu, pro bezdotykové ukládání vzorku do splývající polohy, na kterou se centrálně umístí vzorky. Po umístění vzorku se upevní horní čelist a čelisti se spolu se vzorkem zdvihnou do horní polohy. Po zdvihnutí čelistí se vzorky v průběhu 15 sekund obkreslí stín vzorku, protože se s časem mění deformace. Vzorek se otočí opačnou stranou nahoru a měření se opakuje. Z jednoho vzorku se získají dvě hodnoty plochy stínu vzorku.



Obr. 4 Schéma přístroje F.R.L. Drapametra

Koeficient splývavosti DC se vypočítá podle:

$$DC = \frac{S - \pi \cdot r^2}{\pi \cdot R^2 - \pi \cdot r^2} \times 100 \quad [\%] \quad (2)$$

kde S je plocha stínu, průměr ze dvou měření, r poloměr čelistí ($r=90\text{mm}$), R poloměr vzorku ($r=150\text{mm}$)

Popis uspořádání na je obrázku číslo 4. Téměř paralelní vertikální světlo je získané umístěním bodového světla do vzdálenosti okolo poloviny průmětu dutého sférického zrcadla umístěného nad Drapametrem. Drapametr je umístěný na horizontální skleněné desce. Stín plošné textilie se promítá přes průhledný prstencový podstavec Drapametru a skleněnou desku až na horizontální stůl pod skleněnou deskou. Pod světlem je umístěný kryt, tak aby světlo mohlo směřovat přímo na zařízení. Vzorek plošné textilie má průměr 300 mm a čelisti 180 mm.

Nedostatky metody :

- Průměr vzorku se obkresluje rukou a jeho plocha se měří planimetrováním což způsobuje vnesení lidské chyby.
- Koeficient splývavosti DC nepopisuje celkové chování splývající plošné textilie. Zanedbává rozměr, počet, tvar vln apod.)

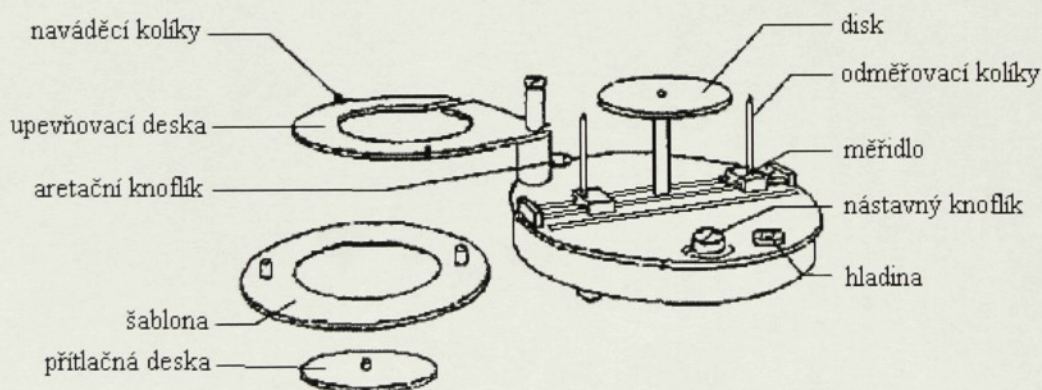
2.2.3 Měření splývavosti pomocí metody I.T.F.Drapeometra

Tato metoda využívá přímého měření vzorku, takže na rozdíl od předchozích nepracuje s projekcí zkoušeného vzorku.

Vzorek o průměru 250 mm je centrálně umístěn mezi čelistmi o průměru 150 mm. Do splývavé polohy jsou vzorky uspořádány bez dotyku lidské ruky. Vzorkem je otáčeno vždy o 1/16 otáčky a v horizontální rovině jsou měřeny jejich okamžité poloměry a koeficient splývavosti F se vypočítá dle vztahu:

$$F = \frac{S_c - S_j}{S_t - S_j} = \frac{d^2 - d_j^2}{d_t^2 - d_j^2} [-] \quad \text{nebo} \quad F = \frac{d^2 - 225 \cdot 10^{-4}}{400 \cdot 10^{-4}} [-] \quad (3)$$

kde d je střední průměr z neměřených průměrů, S_c plocha vypočítaná ze středního průměru d , S_j plocha přitlačné desky $d_j = 0,25$ m, S_t plocha měřeného vzorku o průměru $d_t = 0,25$ [m].



Obr. 5 I.T.F. Drapeometr

Postup zkoušky:

Při zkoušce se povolí aretační kolík a měřicí kolíky se roztáhnou na maximum. Upevňovací deska se otočí do polohy, kdy bude ve stejné výšce a vycentrovaná s diskem a v této pozici se zafixuje. Pomocí naváděcích kolíků se položí a vycentruje zkušební vzorek, potom šablona. Přítlačná deska se umístí do vnitřku šablony. Šablona se vybere a odstraní se opatrně upevňovací deska, bez toho, aby se dotkala měřeného vzorku. Upevňovací deska se otočí mimo pole měření. Před začátkem měření se počká 15 minut. Při měření se posouvá odměřovacími kolíky do té doby

než jsou v kontaktu se zkoumaným vzorkem. Na měřidle se odečítá délka dvou paprsků R_1 a R_2 , které náleží pozicím dvou odměřovacích kolíků a zaznamenává výsledek s přesností $\pm 5 \cdot 10^{-4}$ m. Pomocí nastavného kolíku se vzorek posune pomalu o 1/16 otáčky.

2.2.4 Určování splývavosti podle normy EDANA

Metoda podrobně popsána v [14] je používána pro měření splývavosti netkaných textilií. Pro získání průmětu vzorku se používá zařízení podobné F.R.L.Drapeometru. Koeficient splývavosti se určuje vážením ze vztahu

$$Kf = \frac{M_{sa} \times 100}{M_{pr}} \quad [\%] \quad (4)$$

kde M_{sa} - hmotnost stinné plochy papírového prstence, M_{pr} - celková hmotnost papírového prstence

Princip a postup měření

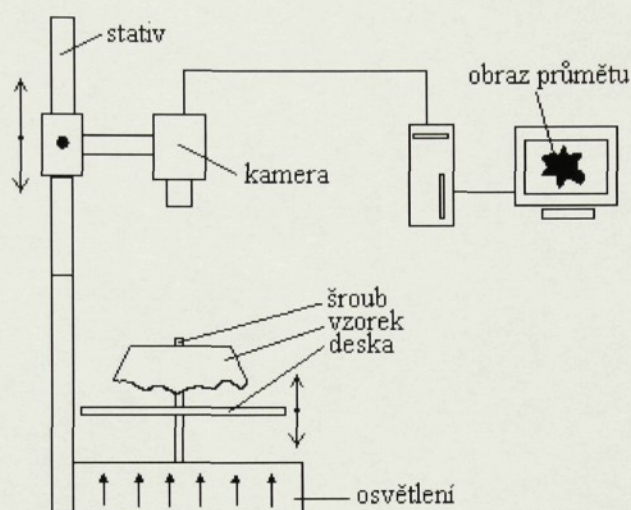
Kruhový vzorek plošné textilie o průměru 300 mm je upnut mezi menší horizontální disky o průměru 180 mm. Okolo nižšího podpůrného disku volně splývá kruhový prstenec plošné textilie. Stín tohoto splývavého vzorku dopadá na kruhový prstenec z papíru, který je stejně velký jako kruhový prstenec plošné textilie. Po pěti minutách od umístění vzorku se obkreslí projekce vzorku na papír. Následně se určí hmotnost papírového prstence. Papír je následně stříhán po délce stopy stínu a je určena hmotnost vnitřního dílu reprezentujícího stín.

2.2.5 Měření splývavosti pomocí obrazové analýzy

Pro určení koeficientu splývavosti není měřena plocha průmětu vzorku, jak je tomu u předešlých metod, ale je zpracováván obraz splývané textilie pomocí počítače. Počítačové zpracování obrázků neboli Image processing je získání obrázků (většinou skenováním), převedené do vhodného digitálního formátu, úpravy či retuše obrázků a vhodné uložení na trvalé záznamové médium.

Metodika určování splývavosti x respektive koeficientu splývavosti DC

1. Uspořádat zařízení podle schéma na obrázku číslo 6.
 2. Spustit software LUCIA.
 3. Umístit cvičný vzorek plošné textilie na stojan.
 4. Kalibrovat systém (označit umístění).
 5. Nastavit měřené příznaky (plochy).
 6. Nastavit velikost měřicího rámečku.
 7. Umístit testovaný vzorek do čelisti stojanu přístroje.
 8. Upravit osvětlení.
 9. Snímat vzorek.
 10. Změřit nastavené příznaky.
 11. Uložit výsledky měření (export do tabulkového kalkulátoru EXCEL).
 12. Zpracování výsledků měření.
 13. Stanovení výsledné splývavosti.
-



Obr. 6 Schéma uspořádání měřící aparatury.

Princip metody

Uspořádání aparatury pro měření splývavosti je na obrázku 6. Vzorek textilie má normovanou velikost průměru 300 mm, je umístěn mezi čelisti o průměru 180 mm. Ukládání vzorku do splývavé pozice je bezdotykové a vzorek je zespoda osvětlován, jinak je scéna neosvětlená. Obraz splývající textilie je snímán kamerou, která je umístěna vertikálně nad stojanem se vzorkem. Dále je barevný obraz zpracovaný pomocí počítače na binární, z kterého je vypočítána plocha průmětu vzorku.

2.3 Nestandardní metody určování splývavosti

2.3.1 Měření splývavosti ohybem přes ostrý roh

Metoda je založena na hodnocení splývavého úhlu tkanin ohybem proměřovaných vzorku přes ostrý roh (90°) horizontálního měřicího stolu v důsledku jejich vlastní váhy. Čtvercový vzorek tkaniny při ohybu přes ostrý roh vytváří šikmou ostrou a rovnou hranu, jejíž odklon od horizontály je měřen. Hledanou veličinou je pak sinus úhlu φ vzniklého mezi splývací hranou a horizontální rovinou.

Podstata zkoušky

Hladký, vyžehlený vzorek o rozměrech 20 x 20 cm se položí na horizontální plochu stolu s ostrými hranami tak, aby střed vzorku ležel ve špičce ostrého rohu stolu. Vzorek se přitom pootočí tak, aby směr osnovy (v 1. případě) resp. útku (ve 2. případě) souhlasil s osou úhlu měřicího rohu stolu, tj. směr útku či osnovy svírá s obvodovými hranami stolu úhel 45° . Poté se nechá vzorek volně splývat tak, aby vytvořil zmíněnou splývací hranu. Pomocí jednoduchého pravítka se pak odečte vzdálenost splývací hrany od roviny stolu. Protože deformace textilií je v praxi nejčastěji konkávní, tj. rub bývá deformován do menšího poloměru, pokládá se v případě běžné zkoušky zkoušený vzorek na stůl pouze lícem nahoru. U speciální zkoušky se hodnotí obě strany.



Obr.7 Přístroj na měření splývavosti přes ostrý roh

Odběr vzorků

Vzorky o rozměrech 20 x 20 cm s tolerancí 1,5 mm jsou odebírány z libovolného místa zkoušené tkaniny s podmínkou, že okraj vzorku je vzdálen od okraje tkaniny, který byl fixován v řetězu napínacího rámu, alespoň 10 cm. Vzorky jsou pak ustříženy ve směru osnovy a útku.

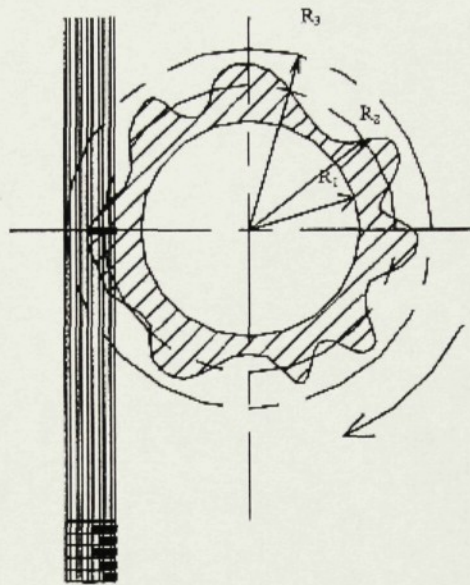
Postup zkoušky

Vzorky se vystřihnou dle předcházejícího odstavce a nechají se odležet minimálně 24 hodin v klimatizované zkušební místnosti. Připraví se zkušební protokol a zkouška započne kladením vzorků lícem nahoru na zkušební stůl. Délka odvěsny pro výpočet sinu splývavého úhlu daná svislou vzdáleností mezi koncem splývavé hrany a rovinou horního povrchu nedeformovaného vzorku ležícího na stole se měří pomocí měřícího úhelníku (obr.7), který se položí delší hranou diagonálně přes měřený vzorek, přičemž kratší strana úhelníku směřuje dolů a dotýká se stupnicí konce splývavé hrany měřeného vzorku. Toto uspořádání pak umožňuje přímé odečtení odvěsny hledaného splývavého úhlu v milimetrech. Výsledkem je pak hodnota DA, tj. číslo menší než 1, charakterizující splývavost jednak ve směru osnovy, jednak ve směru útku a ve směru diagonálním. Možnost stanovení splývavosti v různých směrech může být s výhodou využívána při konstrukci oděvů.

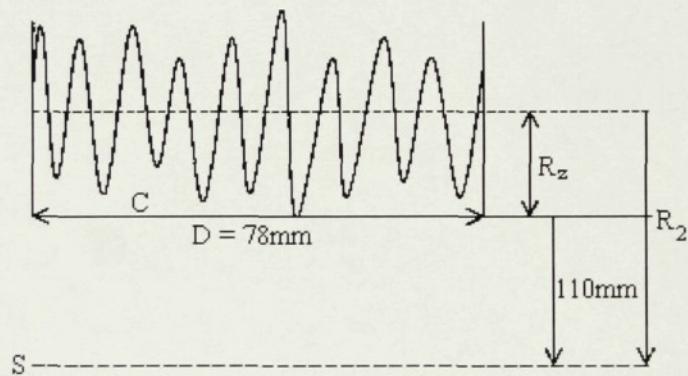
2.3.2 Měření splývavosti podle Hanuse

Tato metoda je založena na principu normy ČSN 80 0835 a byla použita v diplomové práci [3].

Vzorky mají normovanou velikost 300 mm v průměru, také čelisti mají průměr podle normy 180 mm. Rozdíl je v tom, že čelist rotuje s upnutým vzorkem, který je osvětlován shora úzkým paprskem světla ze štěrbiny. Velikost štěrbiny odpovídá velikosti snímací lišty, která se skládá z devíti fotodiód v dolní části zařízení. Snímací lišta je od osy rotační čelisti vzdálená 110 – 150 mm, tedy je dlouhá 40 mm. Rotující splývající vzorek zasahuje do světelného pole v různé vzdálenosti od osy rotační čelisti. Takto nám paprsky postupně zařazují určitý počet fotodiód. Zařazené fotodiody přenášejí elektrický signál na čidla zapisovače TZ 21 S a výsledkem je grafický záznam závislosti signálu z fotodiód na otočení čelisti. Z grafického záznamu se určuje střední poloměr R_2 jako střed amplitudy signálu. Z tohoto poloměru je pak možné vypočítat plochu průmětu splývajícího vzorku.



Obr.8 Princip měření podle Hanuse



Obr.9 Grafický záznam jedné otáčky čelisti se vzorkem

Plocha pod křivkou C na grafickém záznamu se zjišťuje planimetrováním. Tato plocha se dělí délkou jedné otáčky D rotující čelisti, tedy $\frac{C}{D} = R_z \text{ [mm]}$ (5)

přičtením k R_z nejmenší vzdálenost snímací lišty od středu rotující čelisti S , která je rovna 110 mm, dostaneme střední poloměr R_2 splývajícího vzorku. Splývavost x podle ČSN se pak počítá jako:

$$x = \frac{\pi R_3^2 - \pi R_2^2}{\pi R_3^2 - \pi R_1^2} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (6)$$

2.3.3 Cniišelkova metoda měření splývavosti

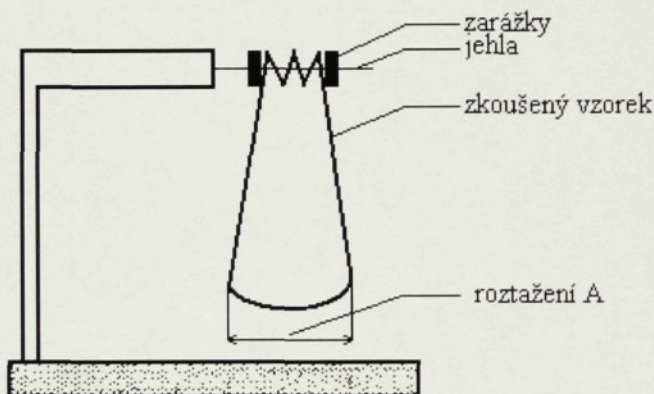
Tato metoda patří mezi nestandardní metody a je velice jednoduchá. Umožňuje stanovit splývavost ve směru osnovy i útku.

Vzorek plošné textilie o velikosti 200 x 400 mm, se složí do harmoniky, tak aby vytvořila 3 záhyby. Složený vzorek plošné textilie se napíchne na jehlu a kraje textilie se přichytí pojistkou aby se záhyby nerozpadly (obrázek č.7).

Po 30 minutách se změří roztažení A mezi záhyby splynuté textilie v dolním kraji vzorku.

Koeficient splývavosti se vypočítá ze vztahu :

$$DC = \frac{(200 - A) \times 100}{200} = 100 - 0,5 A [\%] \quad (7)$$



Obr.10 Zařízení pro měření splývavosti dle Cniišelkova

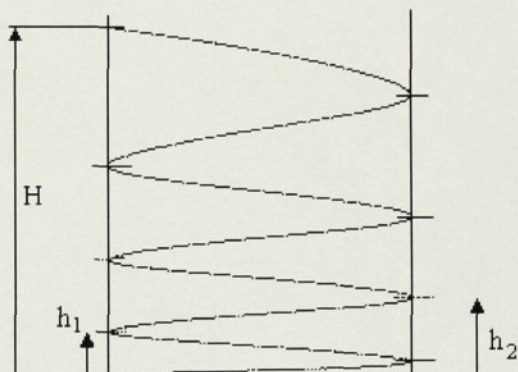
2.3.4 Metoda měření splývavosti dle Sodomky

Zkušebním vzorkem je proužek textilie o rozměrech 45 x 220 mm, který je volně vložen do kvádru přístroje (obr.9). Přístroj byl navržen v diplomové práci [15]. Vzorek se působením vlastní tíhy zvlní. Tato křivka se zakresluje na papír a odečítá se hodnota H , tj. konečná výška zvlněného vzorku, dále všechny hodnoty h_i , tj. výšky, v nichž se vzorek dotýká stěny kvádru.

Součinitel splývavosti se vypočítá podle vzorce :

$$S = 1 - \frac{H}{L} \quad (8)$$

kde L [mm] je délka vzorku, H [mm] je konečná výška zvlněného vzorku a h_i výšky, v nichž se vzorek dotýká stěny kvádry. Čím vyšší je hodnota součinitele splývavosti S , tím je vzorek tkaniny splývavější.



Obr.11 Schéma přístroje

Tímto způsobem měření splývavosti můžeme zjišťovat anizotropii materiálu, protože proužky lze nastříhat v různých směrech plošné textilie. Nedostatkem metody je ruční obkreslování křivky zvlněného proužku, takže není měření zcela přesné.

2.3.5 Určení DC vážením

Jednoduchá alternativní metoda určování DC vážením je uvedena v práci [12]. Na kruhový papír o poloměru $R=150$ mm se obkreslí obvod stínu splývajícího vzorku, získaného paralelním světlem. Určí se hmotnost W_1 kruhového papíru. Následně se papír stříhá podél obvodu stínu a papír ve tvaru plochy stínu se zváží, získá se hmotnost W_2 . Koeficient splývavosti DC je potom:

$$DC = \frac{W_2 - \frac{r^2}{R^2} \cdot W_1}{W_1 - \frac{r^2}{R^2} \cdot W_1} \cdot 100 = \frac{\frac{W_2}{W_1} - \frac{r^2}{R^2}}{1 - \frac{r^2}{R^2}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (9)$$

kde W_2 je hmotnost zastíněné plochy papíru, W_1 je hmotnost papíru o poloměru R , r je poloměr čelistí

Vztahy jsou odvozeny ze vzorce (2) rozšířeného o plošnou hmotnost papíru w :

$$DC = \frac{S \cdot w - \pi \cdot r^2 \cdot w}{\pi \cdot R^2 \cdot w - \pi \cdot r^2 \cdot w} \cdot 100 \quad [\%] \quad (10)$$

$$\text{kde } W_1 = \pi \cdot R^2 \cdot w, \quad W_2 = S \cdot w, \quad \frac{r^2}{R^2} \cdot W_1 = \pi \cdot r^2 \cdot w$$

Nevýhody metody:

- Nerovnoměrnost v plošné hmotnosti papíru
- Nepřesnost v obkreslování a ve střihání papíru
- Nepřesnost váhy

2.4.1 Metoda konečného objemu pro simulaci kontaktní splývavosti tkanin a oděvů

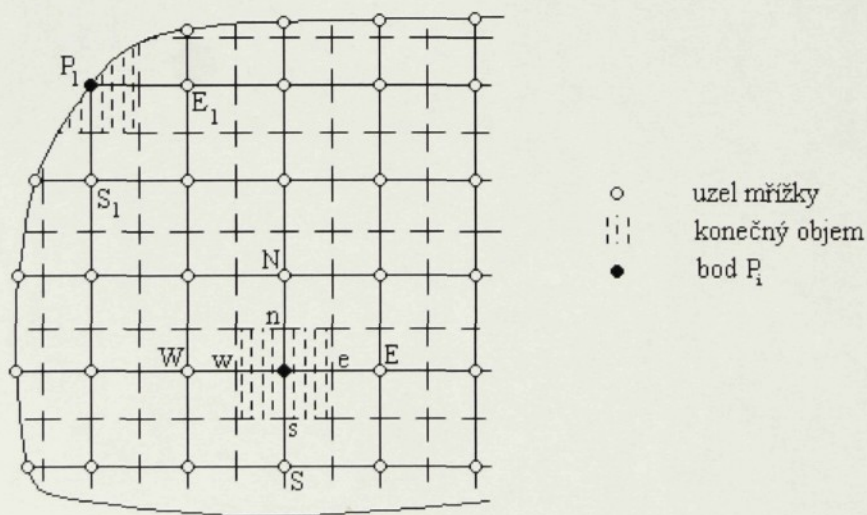
V této metodě je kus textilie nejprve rozdělen na množství strukturovaných konečných objemů (neboli kontrolních objemů) s použitím sítě linií ve směru osnovy a útku. Deformační energie mimo a v rovině ohýbání jsou pak nalezeny sumarizací jednotlivých příspěvků ze všech kontrolních objemů. Rovnovážné rovnice pro plošnou textilií jsou na principu stálé celkové potenciální energie a řešeny Newton-Raphsonovou metodou. Jednoduchý a snadno získatelný algoritmus pro detekci a zpracování kontaktu textilie s rigidními objekty navrženými v [4] se ukázal být efektivní.

Definice konečného objemu

V této metodě je celý povrch původně hladkého kusu textilie výpočetní oblastí problému. Tato oblast je pak rozdělena na malé strukturální části zvané konečné nebo kontrolní objemy. Každý kontrolní objem obsahuje pouze jeden mřížkový uzel. Křivosti a energie napjatosti membrány typického kontrolního objemu lze vypočítat použitím souřadnic jeho mřížkového uzlu a několika dalších sousedních mřížkových uzlů, které ho obklopují. Celková energie napjatosti celého kusu textilie je tedy nalezena sečtením příspěvků všech kontrolních objemů. Rovnovážné vztahy pro kus textilie jsou odvozeny užitím principu stálé celkové potenciální energie. U textilie se předpokládá, že je lineární elastická a ortotropní. Geometrické nelinearity jsou v definici uvažovány.

Diskretizace oblasti

Je uvažována původně hladká textilie, která se skládá ze dvou soustav nití – osnovy a útku. Schéma diskretizace oblasti kusu tkaniny je zobrazeno na obrázku 12, kde malé podoblasti ohraničené přerušovanými čarami ve dvou na sebe kolmých směrech jsou nazývány konečné objemy (nebo kontrolní), přičemž plné čáry jsou umístěny uprostřed mezi sousedními přerušovanými čarami. Z toho pro typický vnitřní kontrolní objem vyplývá, že průsečík dvou plných čar uvnitř kontrolního objemu, který se nazývá uzel mřížky, leží přesně v geometrickém středu kontrolního objemu. Průsečík čtyř přerušovaných hraničních a dvou plných vnitřních čar, které se nazývají čelní uzly, leží ve středu jednotlivých hraničních nebo čelních ploch. Jediný mřížkový uzel objemu je označen jako bod **P** a čtyři čelní body jako **w**, **e**, **n**, **s**, což postupně značí západní, východní, severní a jižní stranu. Bod **P** je rovněž užit k identifikaci tohoto typického konečného objemu. Čtyři sousední mřížkové uzly W, E, N, S jsou přímo spojeny s bodem P. pro kontrolní objemy v blízkosti hranic nebo okrajů textilie jsou mřížkové uzly umístěny na okraji textilie pro snadné stanovení okrajových podmínek. V závislosti na tvaru linie okraje může být hraniční kontrolní objem nahrazen trojúhelníkem nebo čtyřúhelníkem, pokud je dělení dostatečně jemné. Pro typický hraniční kontrolní objem P₁ (obr.12) platí, že jej lze nahradit trojúhelníkem, přestože je hranice textilie zakřivena. V případě tohoto hraničního objemu jsou pouze dva sousední mřížkové uzly spojeny s bodem P₁ namísto čtyř.



Obr.12 Diskretizace oblasti

Energie napjatosti

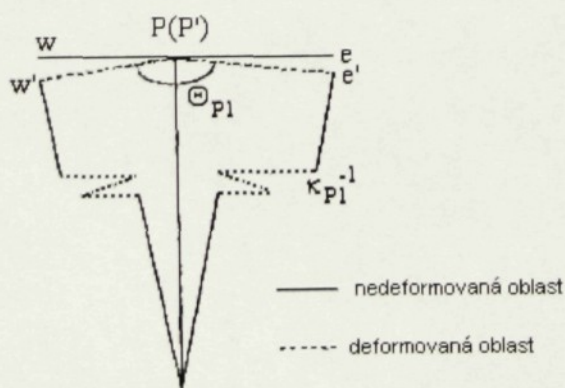
Během procesu deformace textilie se předpokládá, že napětí v rovině a křivost mimo rovinu typického kontrolního objemu mohou být určeny využitím polohy příslušného mřížkového uzlu a čtyř čelních uzlů. Deformovaná poloha (po deformaci) každého čelního uzlu může být určena lineární interpolací mezi dvěma sousedními mřížkovými uzly jako u nedeformovaného stavu. Například pozice po deformaci pro bod malé w (západní čelní uzel) může být nalezena lineární interpolací deformované pozice bodu P a W . S těmito předpoklady lze napětí a křivost (a z toho i membránovou energii napjatosti v rovině a ohybovou energii napjatosti mimo rovinu typického kontrolního objemu) vypočítat užitím souřadnic příslušného mřížkového uzlu a několika sousedních mřížkových uzlů bez potíží. Celková energie napjatosti kontrolního objemu je součtem těchto dvou typů energie a celková energie napjatosti pro celý kus textilie je dána součtem příspěvků všech kontrolních objemů.

Energie napjatosti vnitřního kontrolního objemu

Ohybová deformace typického vnitřního kontrolního objemu P (viz. obr.12) vznikají obecně ve dvou směrech : ve směru osnovy (x) a ve směru útku (z). Obr.13 ukazuje ohyb ve směru x . Ekvivalentní křivost objemu ve dvou směrech může být odvozena jako:

$$K_{p1} = \frac{2}{l_{p1}} \operatorname{ctg} \frac{\Theta_{p1}}{2} \quad a \quad K_{p2} = \frac{2}{l_{p2}} \operatorname{ctg} \frac{\Theta_{p2}}{2} \quad (11)$$

kde K_{p1} a K_{p2} jsou křivosti ve směru osnovy a útku, Θ_{p1} a Θ_{p2} jsou odpovídající ohybové úhly a l_{p1} a l_{p2} jsou šířky jednotlivých objemů ve dvou směrech.



Obr.13 Ohybová deformace vnitřního kontrolního objemu

Je-li uvažováno, že textilie je lineární elastický a ortotropní materiál, jehož dva hlavní směry anisotropie jsou směr osnovy a směr útku, energie napjatosti v ohybu je dána:

$$U_{pb} = \frac{1}{2} (D_1 K_{p1}^2 + 2D_{12} K_{p1} K_{p2} + D_2 K_{p2}^2) \cdot A_p \quad (12)$$

kde D_1 a D_2 jsou tuhosti v ohybu ve směru osnovy a útku, D_{12} je ohybová tuhost vnímající Poissonův efekt a A_p je plocha v rovině povrchu kontrolního objemu P . pro materiály s nulovým Poissonovým poměrem je $D_{12} = 0$ a D_1 a D_2 jsou pak tuhosti osnovy a útku získané testováním materiálu v jednotlivých směrech.

Deformace v rovině kontrolního objemu zahrnují napětí ve dvou hlavních směrech a také smyk. Je-li uvažován typický kontrolní objem P jak ukazuje obrázek 12, linie e w a n s rozdělují kontrolní objem na čtvrtiny nPe , nPw , sPe a sPw . Deformace v rovině čtvrtiny nPe jsou znázorněny na obrázku 14. Membránová deformace této části může být pak vyjádřena:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 = \varepsilon_{Pe} &= \frac{\overline{P'e'} - \overline{Pe}}{\overline{Pe}} = \frac{\overline{P'E'} - \overline{PE}}{\overline{PE}} \\ \varepsilon_2 = \varepsilon_{Pe} &= \frac{\overline{P'n'} - \overline{Pn}}{\overline{Pn}} = \frac{\overline{P'N'} - \overline{PN}}{\overline{PN}} \\ \varepsilon_{12} = \gamma_{nPe} &= \frac{\pi}{2} - \varphi_{nPe'} \end{aligned} \quad (13)$$

kde $\overline{P'E'}$, $\overline{P'N'}$ a $\overline{PE}$, $\overline{PN}$ jsou vzdálenosti mezi mřížkovými uzly P a E a P a N před a po deformaci. $\varphi_{nPe'}$ je úhel, který svírají úsečky Pe a Pn (obr....) Jelikož je tkanina považována za ortotropní a elastický materiál, energie napjatosti v rovině každé čtvrtiny, může být snadno získána jako

$$U_{nPe} = \frac{1}{2} (E_1 \varepsilon_{Pe}^2 + 2E_{12} \varepsilon_{Pe} \varepsilon_{Pn} + E_2 \varepsilon_{Pn}^2 + G \gamma_{nPe}^2) \cdot A_{nPe} \quad (14)$$

kde A_{nPe} je plocha čtvrtiny nPe , G je smykový modul a E_1 , E_2 , E_{12} jsou dány:

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{E_{warp}}{1 - \nu_{warp} \nu_{weft}} \\ E_2 &= \frac{E_{weft}}{1 - \nu_{warp} \nu_{weft}} \\ E_{12} &= \frac{\nu_{warp} E_{weft}}{1 - \nu_{warp} \nu_{weft}} = \frac{\nu_{weft} E_{warp}}{1 - \nu_{warp} \nu_{weft}} \end{aligned} \quad (15)$$

Zde jsou E_{warp} a E_{wett} tuhosti v tahu (síla na jednotku šířky) ve směru osnovy a útku a ν_{warp} a ν_{wett} jsou příslušné Poissonovy poměry.

Energie v rovinách ostatních třech čtvrtin U_{nPw} , U_{sPw} a U_{sPe} mohou být získány stejným způsobem. Energie napjatosti v rovině pro celý kontrolní objem pak bude dána součtem energií vypočítaných pro jednotlivé čtvrtiny, což je dáno vztahem :

$$U_{Pm} = U_{nPe} + U_{nPw} + U_{sPw} + U_{sPe} \quad (16)$$

celková energie napjatosti kontrolního objemu je sumou ohybové a membránové energie napjatosti, tj. :

$$U_P = U_{Pb} + U_{Pm} \quad (17)$$

Energie napjatosti hraničního kontrolního objemu

Podle schématu rozdělení na kontrolní objemy je typický vnitřní kontrolní objem čtyřúhelníkové (obdélníkového) tvaru a vždy sousedí se čtyřmi dalšími objemy (nebo mřížkovými uzly). Pro hraniční kontrolní objem je situace jiná v tom, že tvar hraničního objemu může být jiný než čtyřúhelníkový a počet přímo spojených sousedů je menší než čtyři. Výsledkem je skutečnost, že deformační energie hraničního kontrolního objemu je třeba počítat s ohledem na jeho tvar.

Pokud jsou oba sousední mřížkové uzly přímo spojeny v daném směru, může být ohybová deformační energie pro hraniční objem v tomto směru vypočítána stejně jako u vnitřního kontrolního objemu. Pokud se zde dva přímo spojení sousedé nenacházejí, odpovídající energetická složka je považována za zanedbatelnou. Pokud existuje jeden soused, je složka ohybové energie vypočítána odlišně v závislosti na tom, zda mřížkový uzel hraničního kontrolního objemu může volně rotovat v tomto směru. Například pro hraniční objem P_1 (obr.10) existuje pouze východní soused E_1 . Pokud je možná rotace ve směru x v bodě P_1 , je složka ohybového napětí zanedbatelná. Na druhé straně, pokud rotace kolem P_1 ve směru x dovolena není, úsečka E_1P_1 se posouvá ven za hranice kusu textilie do vytvořeného bodu W_1 . Vytvořená úsečka P_1W_1 podléhá pouze posuvu tuhého tělesa. Tři mřížkové uzly P_1 , W_1 , E_1 jsou užity pro výpočet křivosti a z ní pak složku energie ohybového napětí objemu normálním způsobem. Výpočet rovinné energie napjatosti hraničního objemu je jednodušší než výpočet ohybové energie. Postup je téměř stejný jako u typického vnitřního kontrolního objemu s tím rozdílem, že oblasti rozdělených sekcí objemu mohou být různé. Například rovinná energie napjatosti pro objem P_1 je součtem příspěvků ze tří sekcí spíše než čtyř : severovýchodní, jihovýchodní a jihozápadní sekce. Oblasti severovýchodní a jihozápadní sekce jsou trojúhelníkové místo obdélníkových..

Celková energie napjatosti textilie

Celková energie napjatosti celé textilie může být nalezena sečtením příspěvků všech kontrolních objemů. Předpokládá se, že textilie byla rozdělena na r kontrolních objemů (včetně vnitřních i hraničních); celková energie napjatosti U_{st} je pak dána :

$$U_{st} = \sum_{p=1}^r U_p \quad (18)$$

Rovnice rovnováhy

Konečný rovnovážný stav textilie je určen užitím principu stálé celkové potenciální energie. Tady je celková potenciální energie Π součtem celkové energie napjatosti dané vztahem (16) a potenciální energie vzvolané působením gravitační síly.

$$\Pi = U_{st} + U_g = \sum_{p=1}^r (U_{pb} + U_{pm} + U_{pg}) \quad (19)$$

$$U_{pg} = -m_p g z_p$$

kde U_g je potenciální energie vlivem gravitace, m_p je hmotnost a z_p je vertikální souřadnice kontrolního objemu P a g je gravitační zrychlení. Rovnice rovnováhy může být získána použitím variačního principu, přičemž celková potenciální energie Π je stálá.

$$\begin{aligned} \delta \Pi &= \delta (U_{st} + U_g) = 0 \quad \text{nebo} \\ \frac{\delta \Pi}{\delta x_{pi}} &= \frac{\delta U_{st}}{\delta x_{pi}} + \frac{\delta U_g}{\delta x_{pi}} = 0 \quad (P = 1, 2, \dots, r, \quad i = 1, 2, 3), \end{aligned} \quad (20)$$

kde x_{pi} ($i = 1, 2, 3$) znamenají tři souřadnice x_p , y_p a z_p polohy uzlu P v každém okamžiku deformace. Protože je v této studii uvažováno pouze splývání textilie vlivem gravitace, jsou vnější silová působení vyloučena z výše uvedeného popisu. Pokud by byly vnější síly uvažovány, mohou být jednoduše započítány přičtením jejich potenciální energie do prvního výrazu (19).

Newton – Raphsonova metoda

Vztah (20) vede k soustavě nelineárních algebraických rovnic s celkovými souřadnicemi všech pevných uzlů jako neznámými a mohou být vyjádřeny následujícím tvarem :

$$F - r = 0$$

$$F = \frac{\delta U_{st}}{\delta X}, \quad R = -\frac{\delta U_g}{\delta X} \quad (21)$$

kde $X = [\chi_{w1} \chi_{w2} \chi_{w3} \chi_{p1} \chi_{p2} \chi_{p3}]^T$ je celkový uzlový vektor, F je vektor celkové vnitřní síly uzlu a R je vektor gravitačního silového působení. Použitím Newton – Raphsonovy metody řešení se vztah (19) může převést na :

$$K\Delta X = R - F \quad (22)$$

$$X^{(i+1)} = X^{(i)} + \Delta X$$

$$K = \frac{\delta F}{\delta X} = \frac{\delta^2 U_{st}}{\delta X \delta X}$$

kde K je celková tangenciální (tečná) tuhost matrice textilního kusu, $X^{(i)}$ udává i -té řešení vektoru X . Celkový vektor F a matice K mohou být vytvořeny složením všech elementárních tečných tuhostí K^C .

Prezentovaná metoda konečných objemů je platná pro ortotropní textilní materiály, ale Poissonův poměr je uvažován nulový pro zjednodušení. Existuje stále málo informací o hodnotách Poissonova poměru textilních materiálů a jeho přesné měření je složité. V metodě konečných elementů je použití nenulového Poissonova poměru snadné a je často zahrnován do numerických simulací, ale i zde je často pokládán za nulový při velmi nízkých hodnotách, nebo není vůbec připomínán jako vlastnost materiálu.

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Formulace problému

Tato diplomová práce částečně navazuje na studie vypracované již dříve na katedře hodnocení textilií. Zabývá se porovnáním splývavosti měřené klasicky dle Dr. Cusicka (2.2.2) s využitím obrazové analýzy a splývavosti měřenou přes ostrý roh stolu (2.3.1) navrženou profesorem Hesem. Cílem této práce bylo potvrdit významnou korelaci mezi oběma metodami. Dále byly proměřeny mechanické vlastnosti, které významně ovlivňují splývavost a hledán model závislosti splývavosti na těchto vlastnostech.

Zkoumáno bylo 90 náhodně vybraných tkanin, různých vazeb jejichž plošná hmotnost se pohybovala od $0,505 \text{ [g.10cm}^{-2}\text{]}$ do $3,898 \text{ [g.10cm}^{-2}\text{]}$. Použité vzorky jsou přiloženy v album vzorků (příloha X.), který je součástí diplomové práce spolu s vazbou vzorků tkanin.

3.1 Porovnání koeficientu splývavosti DC a úhlem splývavosti DA

3.1.1 Měření splývavosti průmětovou metodou

Jde o klasické měření splývavosti na kruhových vzorcích zjištěním koeficientu splývavosti DC z průmětu vzorku. Měření proběhlo na KOD TU v Liberci na systému obrazové analýzy.

3.1.2 Pracoviště obrazové analýzy

Pracovní stanice obrazové analýzy sestává z počítače a monitorem, klávesnicí a myší, kamery se stativem, stojanu pro umístění vzorku a osvětlení (obr.6). Softwarem obrazové analýzy na KOD TU v Liberci je aplikace LUCIA G, pracující pod operačním systémem Microsoft Windows NT 4.0. Monitor je 17-ti palcový.

Kamera je značky JVC Color video kamera, Model TK – C1 380E, s objektivem Solitér 49 mm, zoom 12,5-75 mm. Stativ kamery je tvořen vertikální tyčí, na které je posuvně uložený držák kamery v rozpětí 60 cm. Dále je možný i otočný pohyb kamery o různý úhel.

Zařízení pro upnutí vzorku sestává se stojanu, na kterém je fixně upevněna spodní kruhová čelist. Vrchní čelist je odnímatelná. Čelisti mají normovaný průměr 180 mm a utahují se šroubem. Pod čelistmi je na stojanu upevněná posuvná deska z plexiskla, která zabezpečuje bezdotykové uložení vzorku do splývavé polohy. Do pohybu se uvádí ovladačem.

3.1.3 Postup měření

Před samotným měřením je nutné provést kalibraci objektivu. Kruhový vzorek se umístí soustředně na spodní čelist, přiklopí se vrchní čelistí a utáhne se šroubem. Posuvná deska je v horní poloze, takže vzorek je na ní rozprostřen. Zapne se osvětlení pod stojanem se vzorkem, ostatní zdroje světla jsou vypnuté. Deska se ovladačem spustí do dolní polohy a vzorek je ve splývavé poloze. Obraz vzorku se okamžitě snímá kamerou.

Poté se obraz zpracovává programem obrazové analýzy v těchto fázích:

1. Převedení nasnímaného obrazu do šedého
2. Prahování obrazu podle RGB (red – green - blue = červená - zelená - modrá), což je standardní zobrazovací systém. Barva v systému RGB je odečítací, takže čím vyšší jsou hodnoty jednotlivých složek, tím je výsledná barva světlejší. 100 %- ní hodnoty všech třech složek tvoří bílou barvu, 0 %- ní hodnoty tvoří barvu černou).
3. Převedení na binární obraz – dostaneme černobílý obraz, kde průmět vzorku je bílý a pozadí černé
4. Změření pole – změří bílou plochu průmětu vzorku

3.1.4 Výsledky měření

Z ploch průmětů vzorků byla vypočítána splývavost x podle (1) a dále přepočítána na koeficient splývavosti DC, ($x = 100 - DC$ [%]), výsledky výpočtů jsou uvedeny v příloze II. Data získaná z experimentu byla přenesena do tabulkového procesoru Excel a připravena pro následné zpracování programem Matlab®.

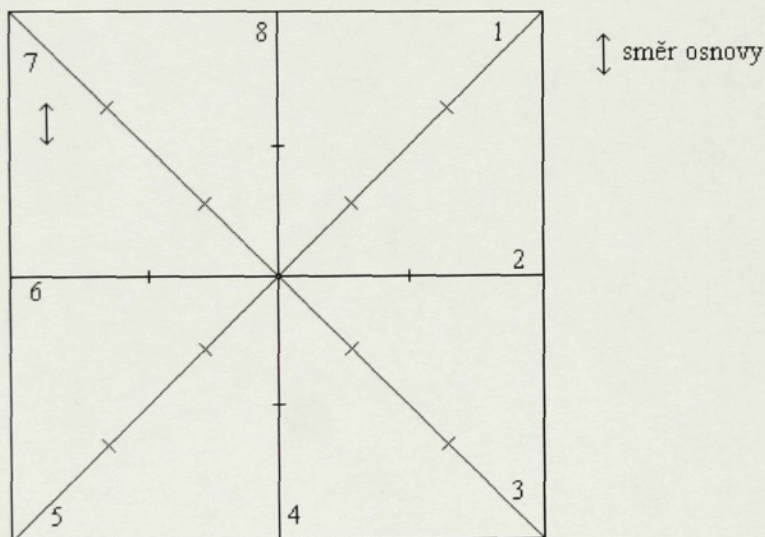
3.2 Měření splývavosti ohybem přes ostrý roh

3.2.1 Příprava vzorků k měření

Stříhány byly vzorky 20 x 20 cm dle [2]. Každý byl označen ve vzdálenosti od kraje vzorku 5 cm a 10 cm ve směru osnovy, útku a pod úhlem 45° jak je naznačeno na obrázku č.13.

Textilie byly proměřovány

- Na diagonálách (lichá čísla na měřeném vzorku)
- Na svislicích s okrajem stolu tj. ve směru osnovy a útku (sudá čísla na měřeném vzorku)



Obr.14 Schéma vzorku

3.2.2 Popis přístroje

Přístroj na obr.7 je složen z dřevěné přitlačné desky se zapuštěným otočným vedením pro pravítko, které je opatřeno stupnicí. Šroub umístěný na otočné desce slouží k zafixování polohy.

3.2.3 Postup měření

Vystřižené vzorky dle [2] se nechají odležet minimálně 24 hodin v klimatizované zkušební místnosti. Vzorky se kladou lícem nahoru na měřicí stůl. Délka odvěsny pro výpočet sinu splývavého úhlu je dána svislou vzdáleností mezi koncem splývavé hrany a rovinou horního povrchu nedeformovaného vzorku ležícího na stole se měří pomocí měřicího úhelníku viz. obr.7.

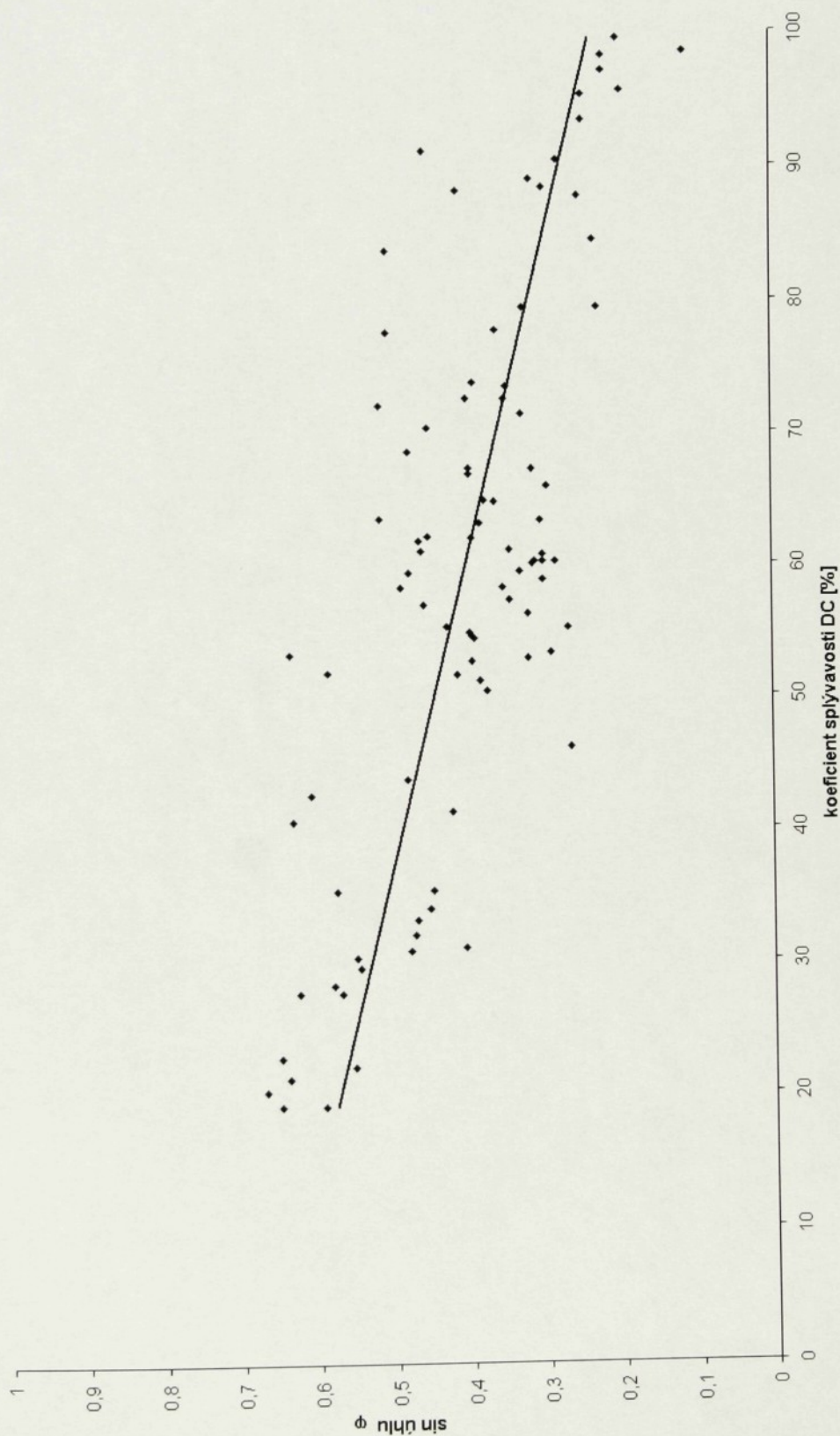
3.2.4 Výsledky měření

Naměřené hodnoty splývavého úhlu DA jsou uvedeny v příloze III., v tabulce I. jsou uvedeny výsledné korelační koeficienty, následují grafy korelací DC a DA. V případě lichých měření je korelační koeficient poměrně velký při měření ve vzdálenosti 10 cm, v případě sudých měření je korelace významná pro měření ve vzdálenosti 5 cm.

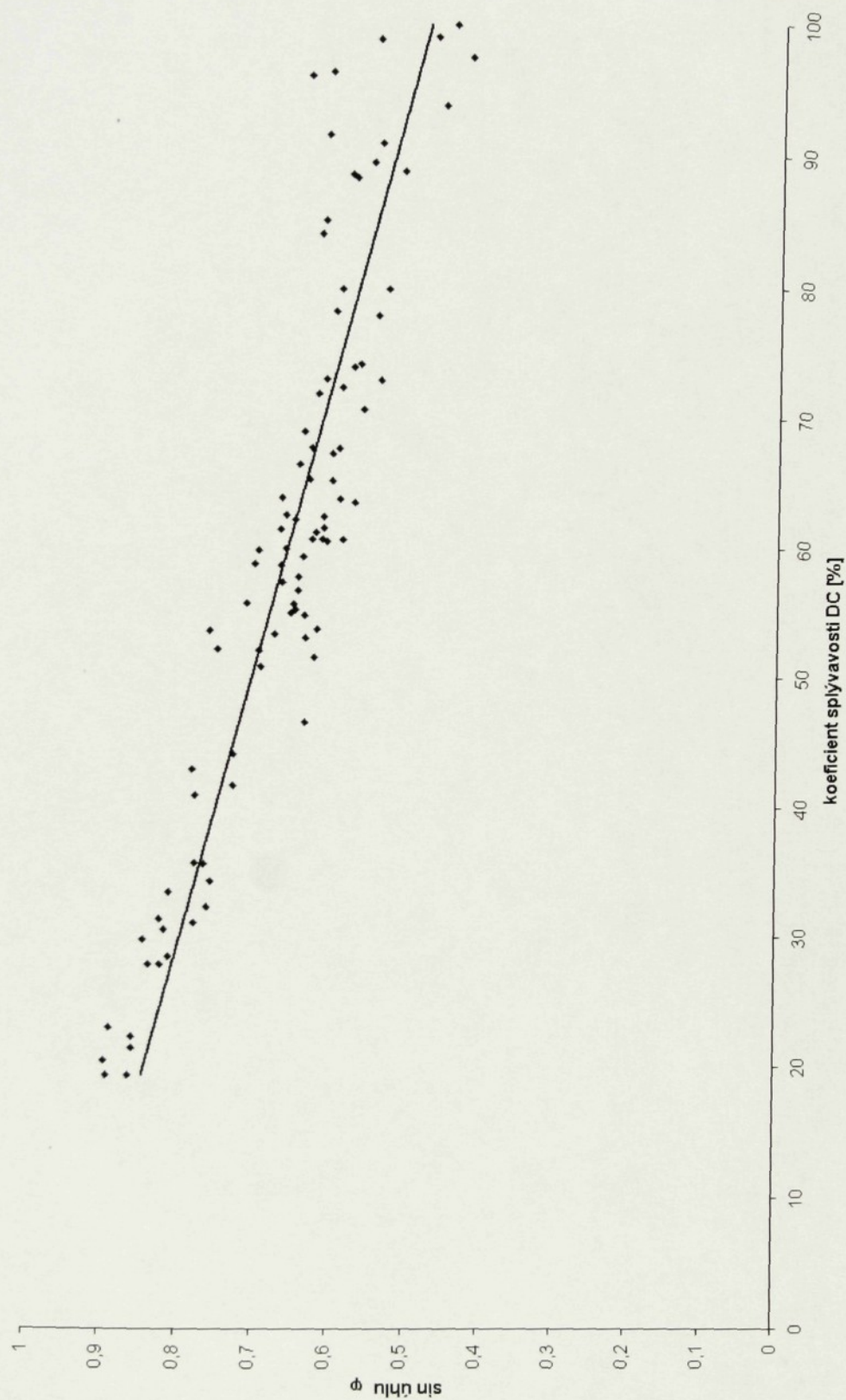
Tab.I. korelace mezi koeficientem splývavosti DC [%] a úhlem splývavosti DA [%]

vzdálenost	5 cm	10 cm
45°	- 0,7277	- 0,9126
Po osnově	- 0,9213	- 0,8538
po útku	- 0,9113	- 0,6298

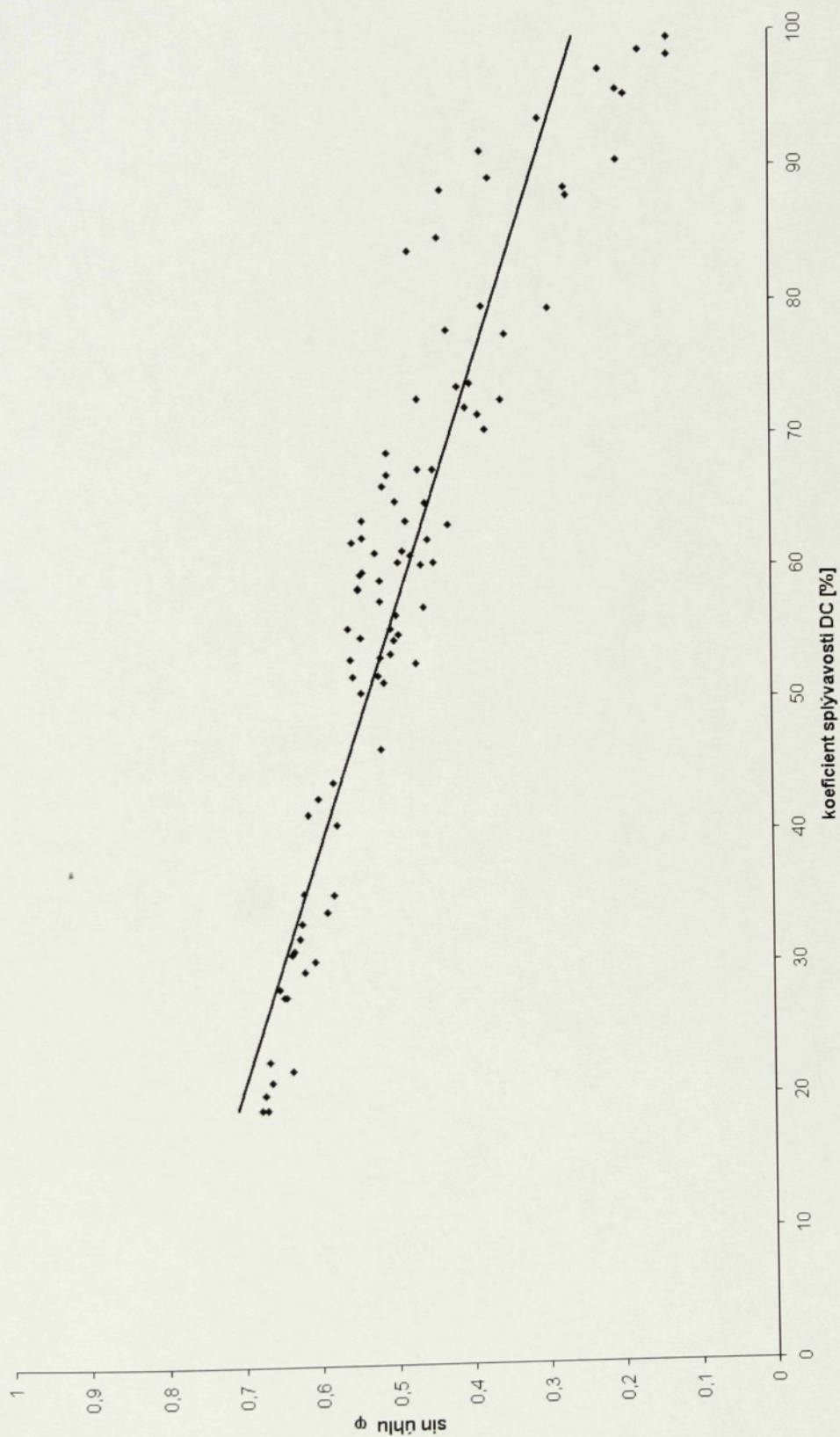
Graf 1 Korelace mezi koeficientem splývavosti DC a úhlem splývavosti DA
(měřeno pod úhlem 45° ve vzdálenosti 5 cm)



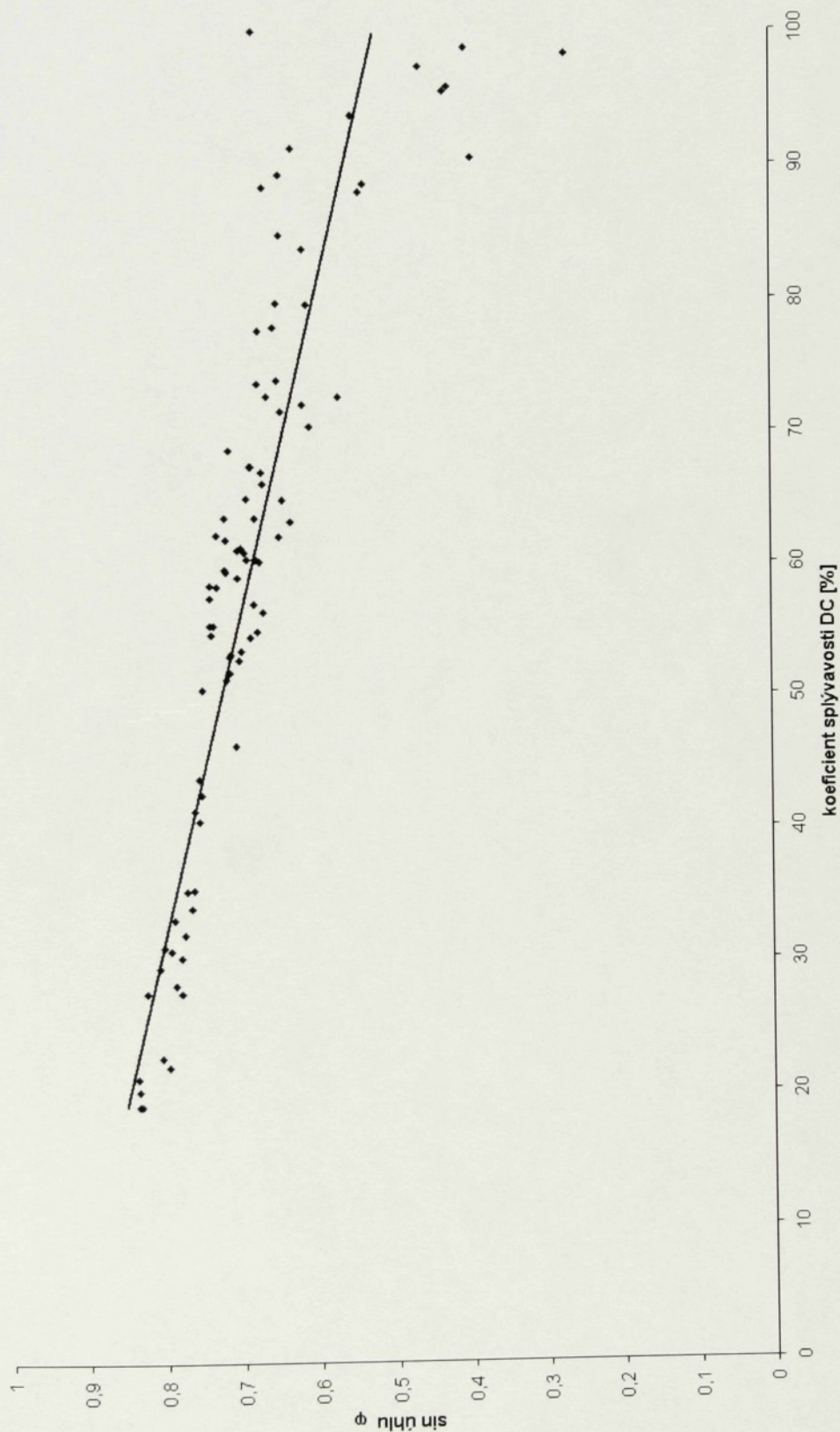
Graf 2 Korelace mezi koeficientem splývavosti DC a úhlem splývavosti DA
(měřeno pod úhlem 45° ve vzdálenosti 10 cm)



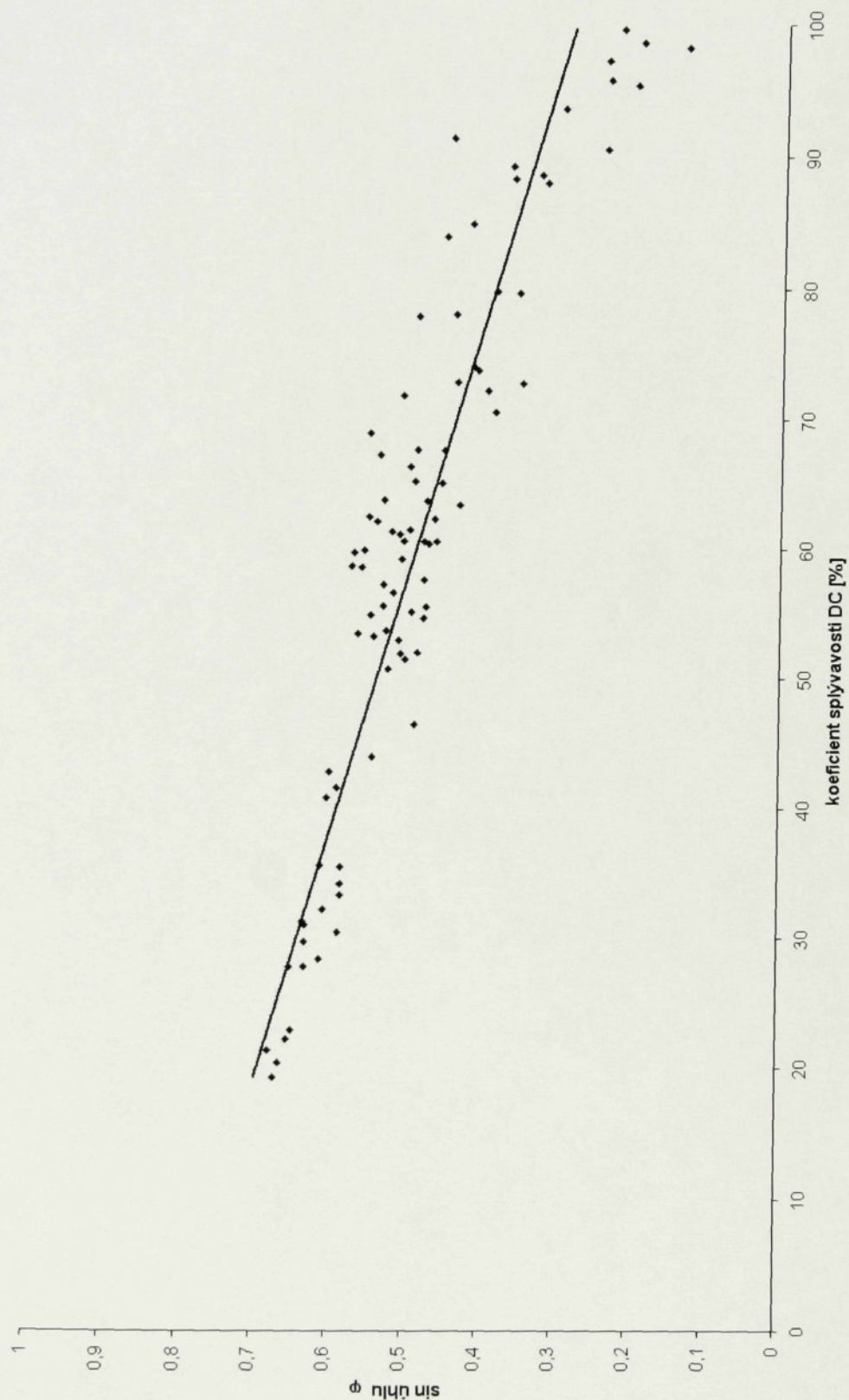
Graf 3 Korelace mezi koeficientem splývavosti DC a úhlem splývavosti DA
(měřeno po osnově ve vzdálenosti 5 cm)



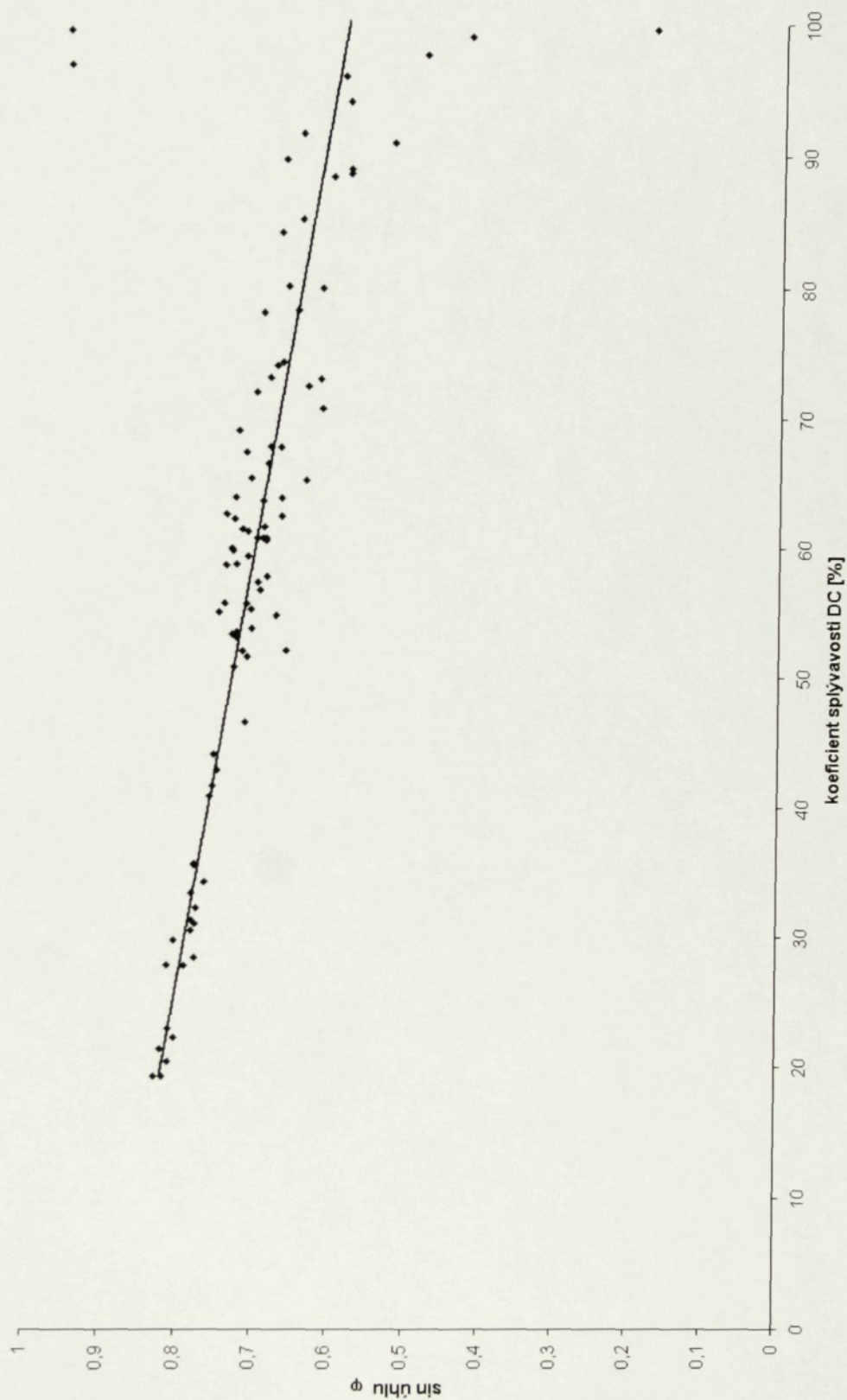
Graf 4 Korelace mezi koeficientem splývavosti DC a úhlem splývavosti DA
(měřeno po osnově ve vzdálenosti 10 cm)



Graf 5 Korelace mezi koeficientem splývavosti DC a úhlem splývavosti DA
(měřeno po útku ve vzdálenosti 5 cm)



Graf 6 Korelace mezi koeficientem splyvavosti DC a úhlem splyvavosti DA
(měřeno po útku ve vzdálenosti 10 cm)



3.3. Hledání modelu závislosti splývavosti na mechanických vlastnostech textilií

V této kapitole zkoumáme závislost mezi splývavostí naměřenou metodou dle Hese a různými naměřenými mechanickými vlastnostmi materiálů. V práci [9], je uveden předpoklad, že splývavost je závislá na mechanických vlastnostech textilií a to konkrétně na tuhosti v ohybu, smykové síle a plošné hmotnosti.

3.3.1. Měření mechanických vlastností textilií

3.3.1.1 Měření tuhosti v ohybu

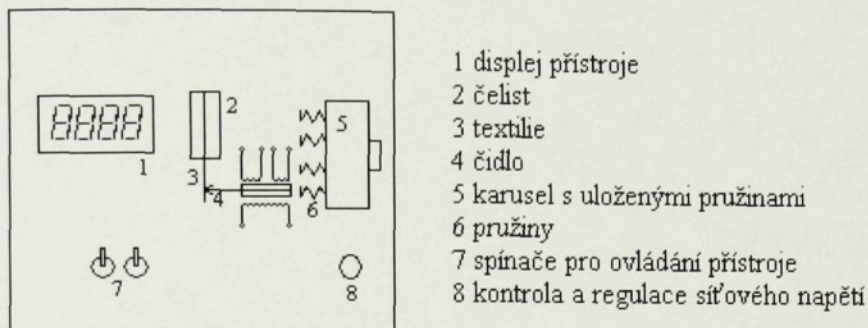
Na určení tuhosti v ohybu byl využit přístroj TH5. Tuhost je odolnost textilie vůči ohýbání. Byla měřena síla F [N], potřebná k ohybu vzorku o 60° .

3.3.1.1.1 Příprava vzorků k měření

Výběr a způsob výběru vzorků se provádí podle ČSN 80 0069. Zkušební vzorky musí být odebrány nejméně 10 cm od okraje plošné textilie. Z každého zkušební vzorku se připraví 24 pracovních vzorků z toho 12 vzorků po líci a 12 vzorků po rubu o rozměrech 2,5 cm x 5cm, vždy 6 delší stranou ve směru délky (osnovy) a 6 delší stranou ve směru šířky (útku), z nichž se vždy jeden použije pro předběžnou zkoušku. Pracovní vzorky se odebírají tak, aby v každém vzorku pro zkoušku v podélném směru (po osnově) byla jiná skupina osnovních nití a pro zkoušku v příčném směru (po útku) byla jiná skupina útkových nití. dále je nutno odebírat pracovní vzorky tak, aby byla zachována plná délka okrajových nití ve zkoušeném směru. U vzorovaných textilií se provádí odběr tak, aby v pracovních vzorcích byl zahrnut celkový charakter plošné textilie. Pracovní vzorky nesmí být pomačkané ani jinak deformované. Před vlastní zkouškou se vzorky klimatizují podle ČSN 80 0061

3.3.1.1.2 Popis přístroje

Pro zkoušku se použije přístroj pro měření tuhosti a pružnosti TH-5 (obr. 15).



Obr.15 Schématické znázornění přístroje TH-5

3.3.1.1.3 Postup měření

Při měření tuhosti se klimatizovaný pracovní vzorek vloží do čelisti zkušebního přístroje pomocí pinzety tak, aby se horní okraj vzorku kryl s horním okrajem čelisti. Vzorek je obrácen k čidlu hranou, která se má měřit. Vkládáním vzorku do čelisti nesmí dojít k jeho deformaci. Přístroj se uvede do činnosti spínačem, čelisti se vychýlí o 60° , zastaví se a na displeji se odečte hodnota (F_1). Po odečtení se vypnutím spínače vrátí do výchozí polohy.

Tuhost se vypočítá podle vzorce :

$$M_0 = F_1 \cdot K$$

kde M_0 [mN] je ohybový moment pro šířku vzorku 1 cm, K [-] je konstanta vypočtená ze vztahu

$$K = \frac{l}{b}, \quad l \text{ [mm] je délka měřeného vzorku při vychýlce } 60^\circ, \quad b \text{ [mm] je pracovní šířka vzorku (pro$$

25 mm $K = 0,604$), F_1 [mN] je síla, z aritmetického průměru 5 měření.

3.3.1.2 Měření smykové síly

Experiment je založen na faktu, že jakmile je tkanina namáhána v jiném směru než ve směru osnovních a útkových nití, dochází ve tkanině kromě normálových deformací, ještě k deformacím smykovým. Jelikož tloušťka tkaniny je zanedbatelná používáme místo obecně známého výrazu smykové napětí pojem smyková síla.

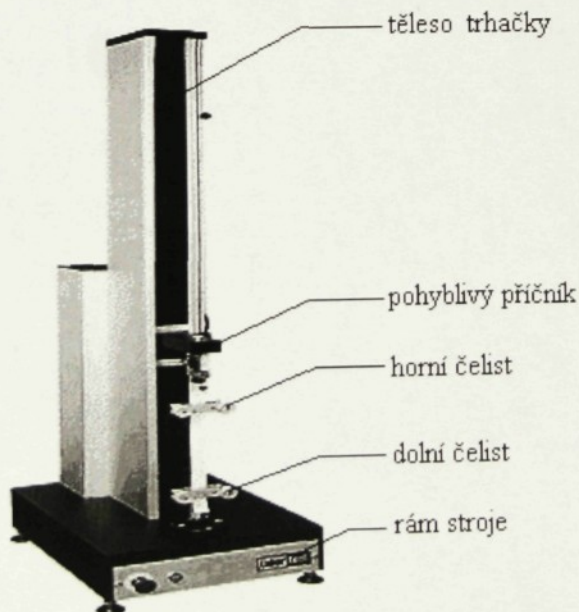
3.3.1.2.1 Příprava vzorků k měření

Pro zkoušku měření smykové síly byli připraveny proužky tkanin o rozměrech 50 x 200 mm. Vzorky byli stříhány tak, aby okraj vzorku svíral s osnovou a útkem úhel 45° . Zkoušeny byly vždy tři vzorky od každého materiálu. Měření proběhlo na KMT TU v Liberci trhacím přístrojem LabTest (obr.17). Dále byla připravena transparentní fólie s vyznačeným úhlem 60° . Vzhledem k časové náročnosti měření a velké materiálové spotřebě byl tento experiment uskutečněn pouze pro 29 náhodně vybraných tkanin z původního souboru.

3.3.1.2.2 Popis přístroje

Trhací přístroj LabTest 2.010 pro mechanické zkoušení materiálů pracuje na základě aplikačního softwaru LabTest 3 . Program pracuje pod operačním systémem MS Windows NT, 2000.

Trhací přístroj (obr.19) je jednosloupový elektromechanický stroj. Rám se skládá ze spodního pevného příčnicku, vodícího sloupku a bez vůle uložených závitových vřeten. Zatěžovací rám je ve stolní variantě bez ukotvení volně na nohách tlumených proti chvění.



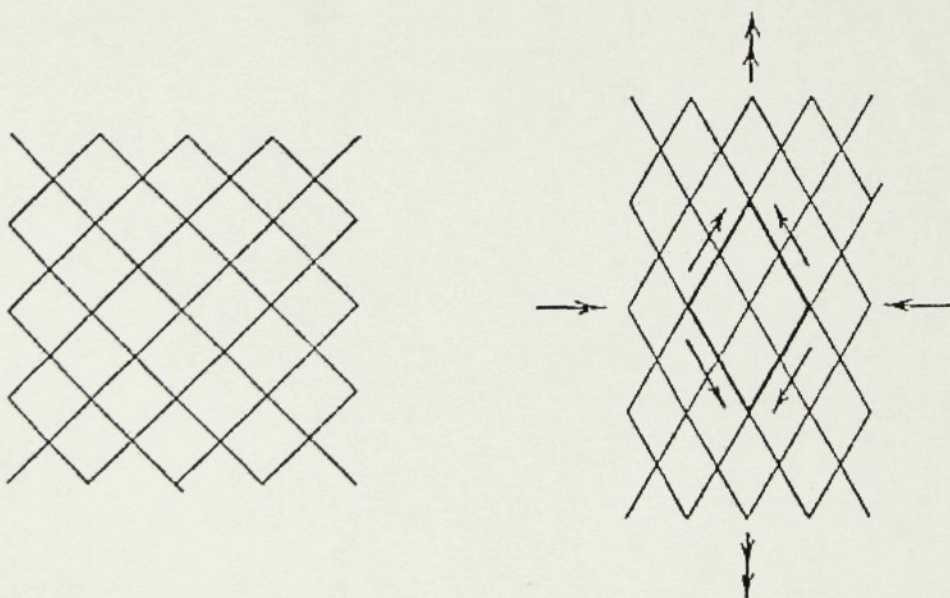
Obr. 16 Trhací přístroj

Tab.II Technické údaje stroje

Typ stroje	LabTest 2.010
Měřicí rozsah	1kN
Provedení	1 sloupové
Max.rychlost příčnicku	1500mm/min.
Výška rámu	1328mm
Šířka rámu	320mm
Hloubka	420mm
Hmotnost	68kg
Šířka pracovního prostoru	440mm
Rozlišení polohy příčnicku	0,001mm
Měření síly	1-100%z použité měřící hlavy

3.3.1.2.3 Postup měření

Proužek zkoušené tkaniny se upnul jedním koncem doprostřed horní upínací čelisti a druhý konec vzorku se provlékl do dolní upínací čelisti. Vzorek se zarovnal v čelistech tak, aby jeho upínací délka byla přesně 200 mm a čelisti se pevně utáhly. Pohyblivý příčnick se posouval po 5 mm a v okamžiku kdy úhel mezi osnovními a útkovými nitěmi se změnil z 90° na 60° byla odečtena síla F [N] potřebná pro tuto změnu.



Obr. 17 Deformace nití ve tkanině

3.3.2. Navržené modely

Modely zde navržené vychází z [8]. První model v (21) je jednoduchá lineární regresní funkce mechanických vlastností x_i a druhý (22) vychází z výzkumu Niwy a Sety [5]. V modelu (23) jsou mechanické vlastnosti transformovány do logaritmu $\ln(x_i)$ zatím co rovnice (24) logaritmuje i samotnou funkci splývavosti DA.

$$DA = b_0 + \sum b_i x_i \quad (21)$$

$$DA = b_0 + b_1 \sqrt[3]{\frac{B}{W}} + b_3 \sqrt[3]{\frac{G}{W}} \quad (22)$$

$$DA = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \ln x_i \quad (23)$$

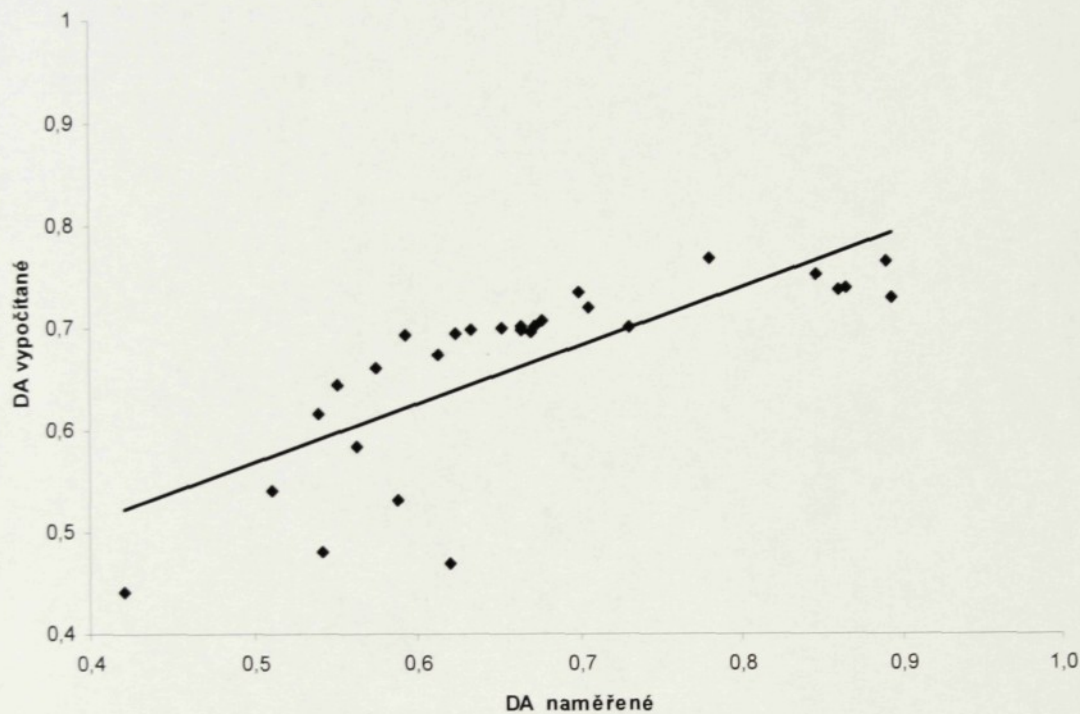
$$\ln DA = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \ln x_i \quad (24)$$

kde b_i je koeficient lineární regrese, x_i je mechanická vlastnost textilie, $DA[-]$ je sinus splývavého úhlu, $B[N]$ je ohybová tuhost, $G[N]$ smyková tuhost a $W[\text{kg.m}^{-2}]$ je plošná hmotnost.

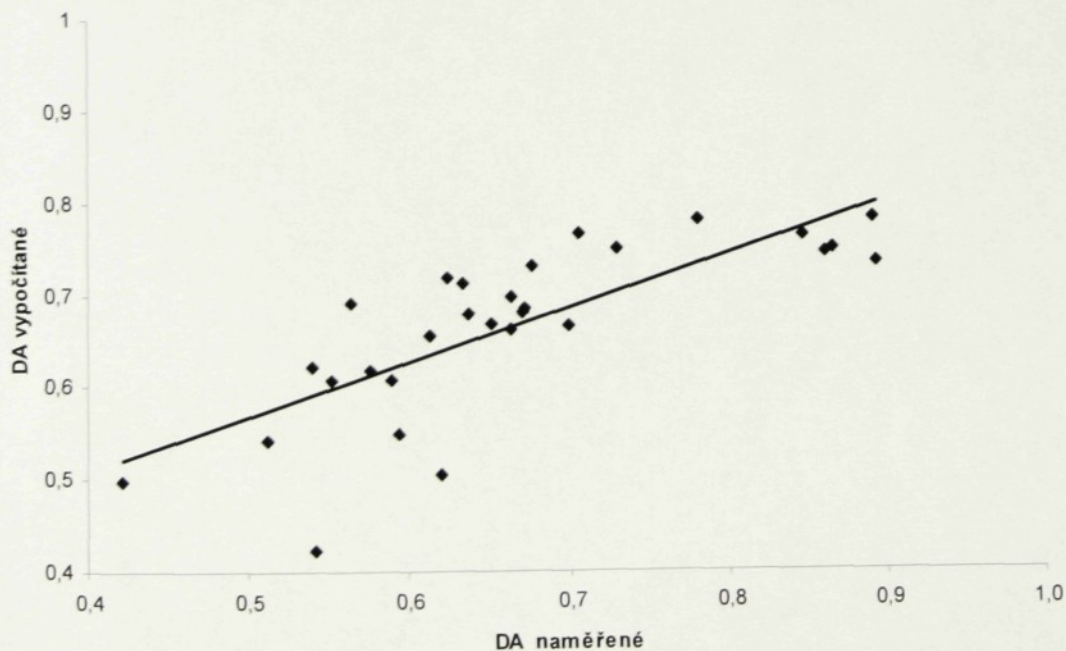
Model č.1

$$DA = b_0 + b_1 \cdot B + b_2 \cdot W + b_3 \cdot G$$

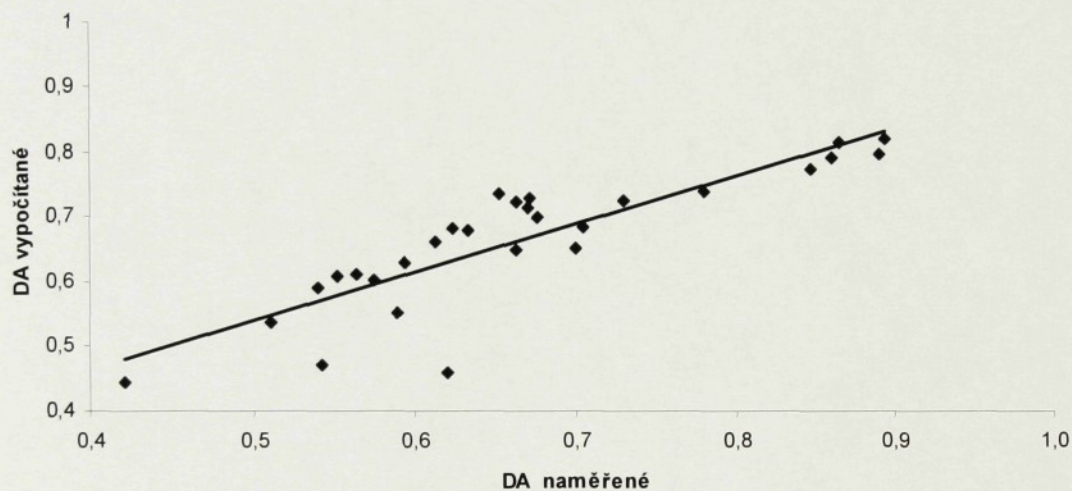
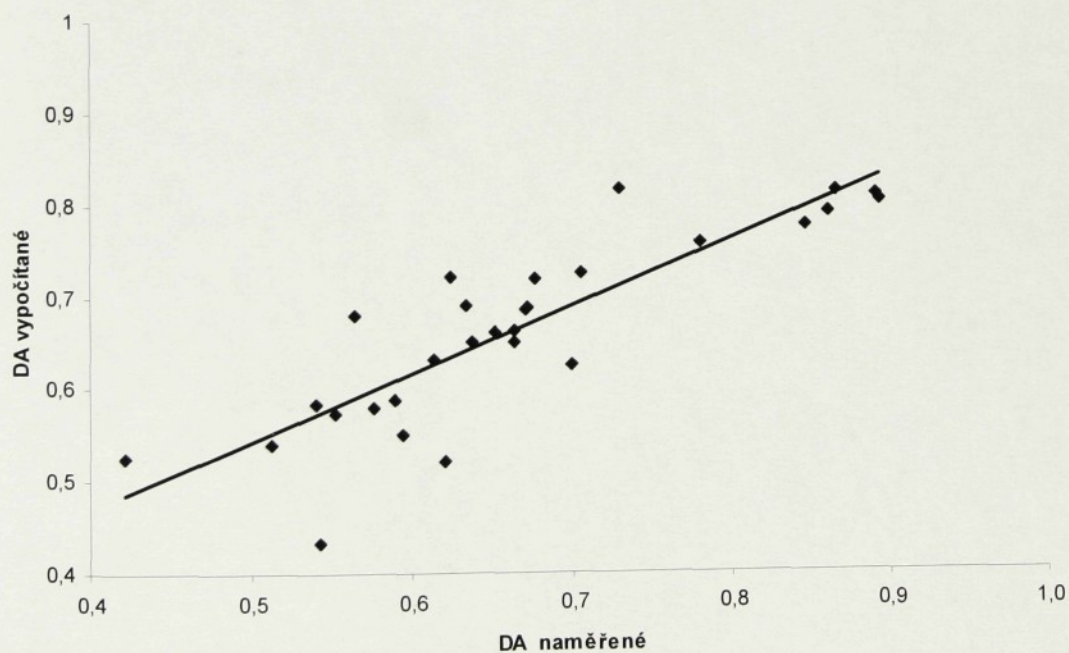
Graf 7 Model 1 - Lineární závislost pro tuhost po útku



Graf 8 Model 1 - Lineární závislost pro tuhost po osnově



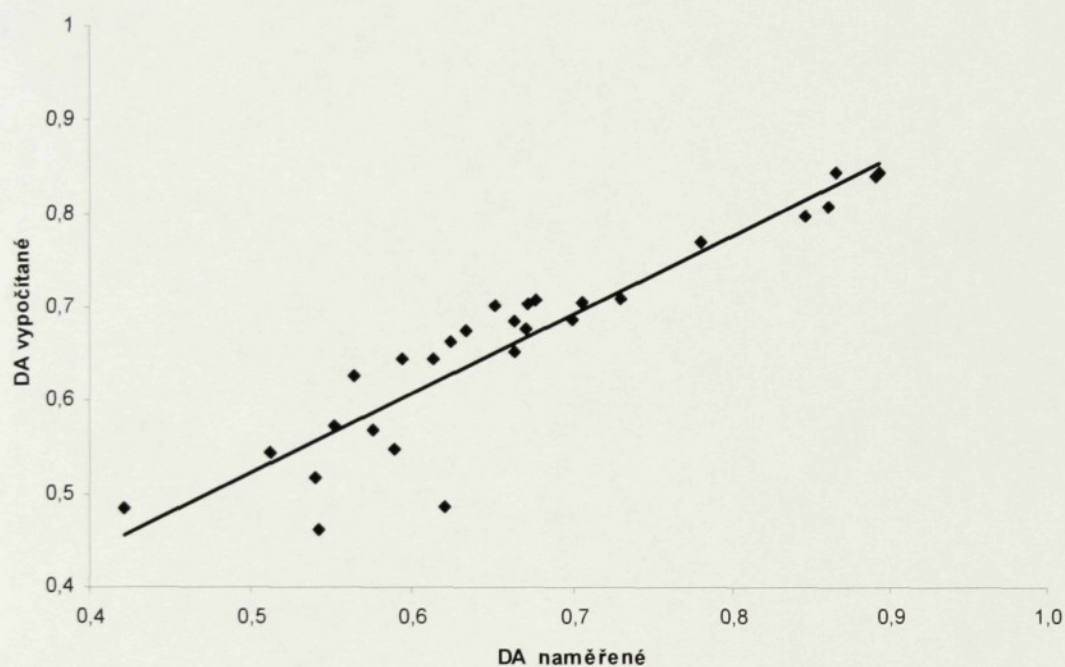
$$DA = b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{B}{W}\right)^{0,33} + b_2 \cdot \left(\frac{G}{W}\right)^{0,33}$$

Graf 9 Model 2 - Lineární závislost pro tuhost po útku**Graf 10 Model 2 - Lineární závislost pro tuhost po osnově**

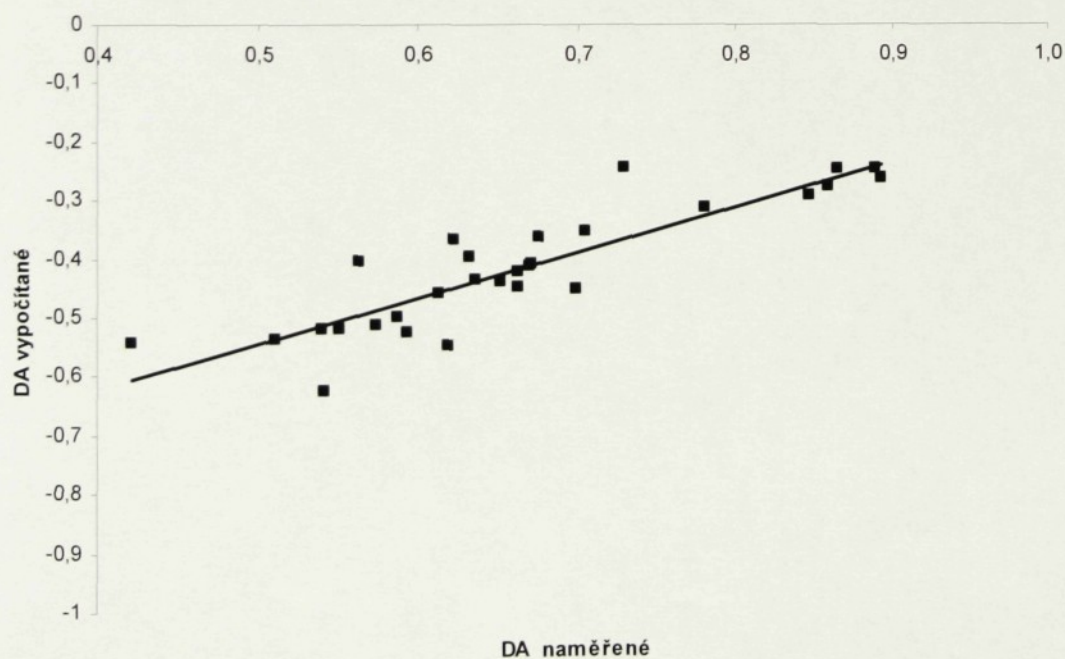
Model č. 3

$$DA = b_0 + b_1 \cdot \ln B + b_2 \cdot \ln W + b_3 \cdot \ln G$$

Graf 11 Model 3 - Lineární závislost pro tuhost po útku



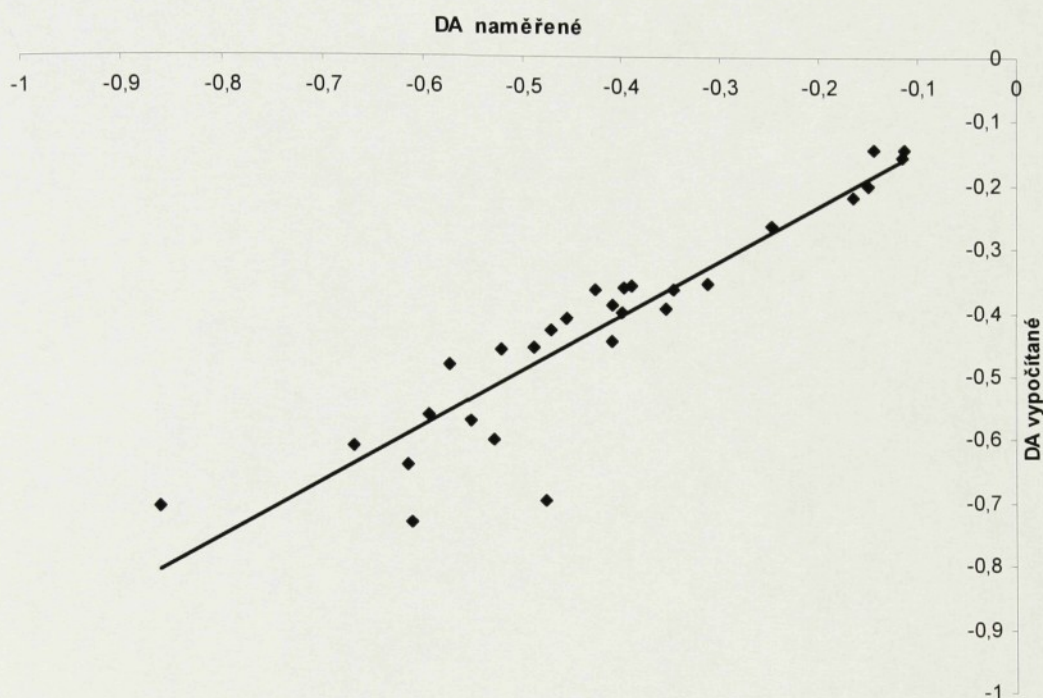
Graf 12 Model 3 - Lineární závislost pro tuhost po osnově



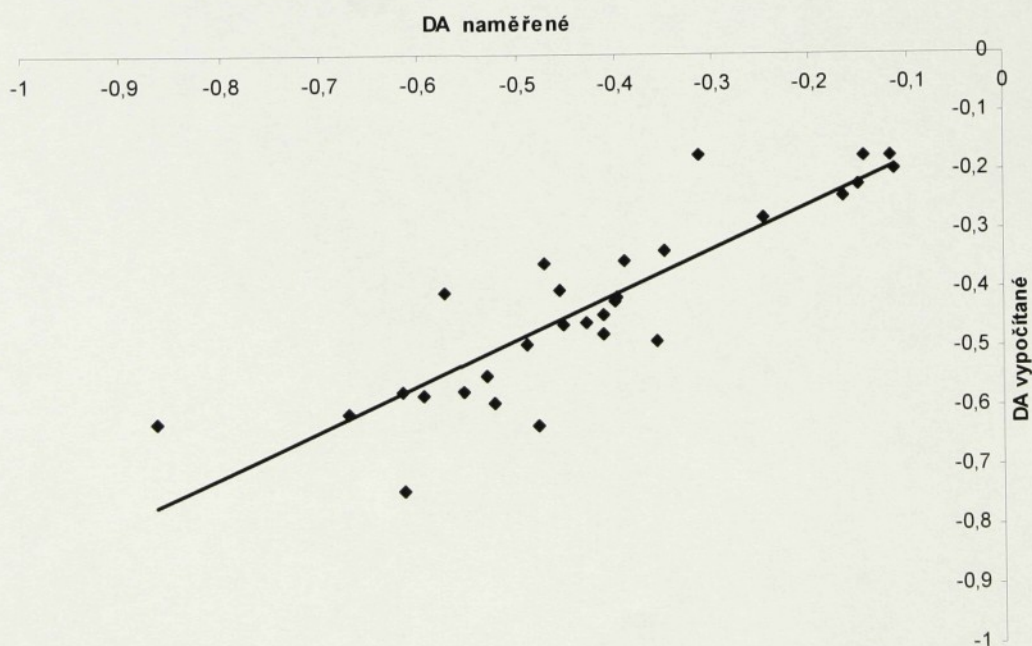
Model č. 4

$$\ln DA = b_0 + b_1 \cdot \ln B + b_2 \cdot \ln W + b_3 \cdot \ln G$$

Graf 13 Model 4 - Lineární závislost pro tuhost po útku



Graf 14 Model 4 - Lineární závislost pro tuhost po osnově



3.3.3 Vyhodnocení modelů lineární regrese

Tab.III Korelační koeficienty závislosti DA na mechanických vlastnostech

	Model	Korelační koeficient R	
		Tuhost po útku	Tuhost po osnově
1.	$DA = b_0 + b_1 \cdot B + b_2 \cdot W + b_3 \cdot G$	0,764563583	0,769679733
2.	$DA = b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{B}{W}\right)^{0,33} + b_2 \cdot \left(\frac{G}{W}\right)^{0,33}$	0,872017965	0,856313191
3.	$DA = b_0 + b_1 \cdot \ln B + b_2 \cdot \ln W + b_3 \cdot \ln G$	0,925130489	0,875695023
4.	$\ln DA = b_0 + b_1 \cdot \ln B + b_2 \cdot \ln W + b_3 \cdot \ln G$	0,921203204	0,865475727

4. ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo potvrzení korelace mezi koeficientem splývavosti měřeným průmětovou metodou na kruhovém vzorku a úhlem splývavosti měřeném na čtvercovém vzorku, splynutém přes hranu stolu. Dále byl zkoumán vztah mechanických vlastností a splývavosti.

U 90 vzorků běžných oděvních tkanin byl měřen koeficient splývavosti DC podle Cusicka a úhel splývavosti DA přístrojem vyvinutým na katedře Hodnocení textilií. Na základě těchto měření bylo potvrzeno, že metody spolu korelují. Korelační koeficienty mezi daty získanými oběma postupy, bez odstraňování vybočujících měření dosáhly hodnoty nad 0,9. Čtvercový vzorek byl proměřován ve směru osnovy, útku a ve směru diagonály, ve vzdálenosti 5 a 10 cm od kraje vzorku, při měření ve směru osnovy dosáhl korelační koeficient hodnoty 0,92 ve směru útku, 0,91 pro vzdálenost 5 cm. Ve směru diagonálním dosáhl korelační koeficient 0,91 pro vzdálenost 10 cm.

V další části diplomové práce byl hledán model závislosti splývavosti na mechanických vlastnostech textilií a to konkrétně na tuhosti v ohybu, smykové síle a plošné hmotnosti. Byly navrženy modely závislostí. Jako nejlepší se jeví model č.3 u něhož korelační koeficient přesahuje 0,92.

V práci nejsou uvedeny klimatické podmínky, za kterých byla experimentální data získána. Práce v laboratoři byla časově náročná, nebylo tedy možné potřebné údaje zaznamenat. Pokud to bylo možné byla data měřena při teplotě kolem 22°C a vlhkosti vzduchu kolem 60%.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A_p	plocha v rovině kontrolního objemu [mm^2]
B	ohybová tuhost [N]
DA	sinus splývavého úhlu [-]
D	délka jedné otáčky rotující čelisti [mm]
DC	koeficient splývavosti dle Cusicka [%]
G	smykový modul [Pa]
g	gravitační zrychlení [m.s^{-2}]
H	je konečná výška zvlněného vzorku [mm]
K_f	koeficient splývavosti podle normy EDANA [-]
K_p	ekvivalentní křivost [m^{-1}]
L	délka vzorku [mm]
M_0	ohybový moment [mN]
M_{sa}	hmotnost stinné plochy papírového prstence [g]
M_{pr}	celková hmotnost papírového prstence [g]
R	poloměr vzorku ($r=150\text{mm}$)
S	plocha zkoušené textilie [cm^2]
S_m	plocha mezikruží, tj. plocha vzorku způsobila ke splývání [cm^2]
S_c	plocha vypočítaná ze středního průměru [cm^2]
S_j	plocha přítlačné desky [cm^2]
S_p	průměrná plocha průmětu zkoušené textilie [cm^2]
U	energie napjatosti v ohybu [J]
W	plošná hmotnost [kg.m^{-2}]
X	splývavost [%]
Θ_p	ohybový úhel [$^\circ$]
φ	splývavý úhel [$^\circ$]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Splývající vzorek plošné textilie

Obr. 2 Projekce splývajícího vzorku

Obr. 3 Schéma zařízení na získání průmětu vzorku v podobě stínu s použitím paralelního světla

Obr. 4 Schéma přístroje F.R.L.Drapametr

Obr. 5 Schéma přístroje I.T.F.Drapametr

Obr. 6 Schéma uspořádání měřicí aparatury

Obr. 7 Přístroj na měření splývavosti přes ostrý roh

Obr. 8 Princip měření splývavosti dle Hanuse

Obr. 9 Grafický záznam jedné otáčky čelisti se vzorkem (dle Hanuse)

Obr.10 Zařízení pro měření splývavosti dle Cniišelkova

Obr.11 Schéma přístroje dle Sodomky

Obr.12 Diskretizace oblasti

Obr.13 Ohybová deformace vnitřního kontrolního objemu

Obr.14 Schéma vzorku

Obr.15 Schématické znázornění přístroje TH-5

Obr.16 Trhací přístroj

Obr.17 Deformace nití ve tkanině

SEZNAM TABULEK

Tab.I. Korelace mezi koeficientem splývavosti DC [%] a úhlem splývavosti DA [%]

Tab.II. Technické údaje stroje

Tab.III. Korelační koeficienty závislostí DA na mechanických vlastnostech

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I. Měření splývavosti dle Cuisicka – miniatury binárních obrázků

Příloha II. Měření splývavosti dle Cuisicka – tabulka naměřených hodnot

Příloha III. Tabulka naměřených hodnot DA

Příloha IV. Program na vyhodnocení měření v Matlab® 6.0.0.88 Release 12

Příloha V. Naměřené hodnoty síly potřebné k ohnutí vzorků o 60°

Příloha VI. Naměřené hodnoty plošné hmotnosti

Příloha VII. Naměřené hodnoty smykové síly

Příloha VIII. Hodnoty koeficientů lineární regrese závislosti DA na DC z rovnice $DA = b_1 \cdot DC + b_0$

Příloha IX. Hodnoty koeficientů lineární regrese závislosti DA na mechanických vlastnostech

Příloha X. Vzorky měřených textilií

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

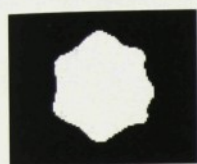
- [1] ČSN 80 0835 : Zkoušení splývavosti plošných textilií průmětem. 1971
- [2] Interní norma č. 14-304-01/01 Splývavý úhel tkanin. Ohyb přes ostrý roh
- [3] Hanus, M. : Návrh zařízení na měření splývavosti plošných textilií. DP- LBC 1984-VŠST FT
- [4] Chen, S. F. Hu, J. L. Teng, J. G.: A finite – volume method for contact drape simulation of woven fabrics and garments. International Journal for Numerical Methods in Engineering
- [5] Niwa, M. and Seto, F.: Relationship between Drapeability and Mechanical Properties of Fabric. J.Text. Mach. Soc. Jpn 161-166 1981
- [6] Hearle, J.W.S., Grosberg, P., Backer, S.,: The Drape of Fabrics.In: Strukturul Mechanics of Fibers, Yarns, and Fabrics. Wiley-Interscience, New York, London, Sydney, Toronto 1969, s. 387
- [7] Hes,L., Fridrichová,L., Měření splývavosti tkanin ohybem přes ostrý roh.8.národní konference Strutex 2001
- [8] Hu, J. and Chan,Y.F.: Effect of Fabric Mechanical Properties on Drape. Text. Res.J. 68 (1), 57-64 (1998)
- [9] Rodel,H. Ulbricht,V.et al.: Simulation of drape behaviour of fabrice. International Journal of Clothing Science and Technology, Vol.10 No.3/4,1998,pp.201-208,MCB University Press,0955-6222
- [10] ČSN 80 0858 : Zkoušení tuhosti a pružnosti plošných textilií. 1974
- [11] Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech, díl 1., část 4., Vlastnosti délkových a plošných textilií. Liberec 1988, s. 94
- [12] Cusick, G.,E.: Journal of Textile Institute, 59, 1968, s. 253
- [13] Laboratory Imaging s.r.o., Uživatelská příručka LUCIA
- [14] EDANA 90.1-76
- [15] Richterová J. : Anizotropie mechanických vlastností tkanin ze syntetického hedvábí, TU v Liberci, Fakulta Textilní, 1996
- [16] www.LabTest.cz

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

PŘÍLOHY

Příloha I.

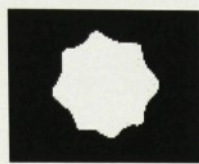
Měření splývavosti dle Cuisicka – miniatury binárních obrázků



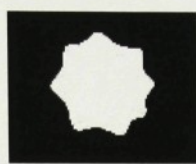
01



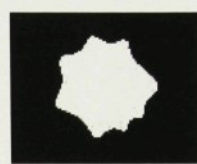
02



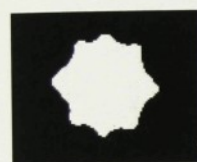
03



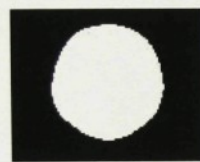
04



05



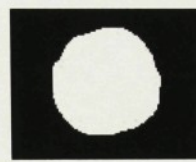
06



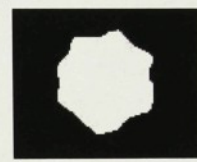
07



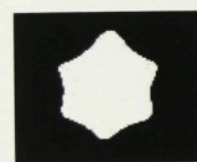
08



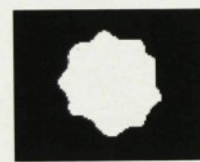
09



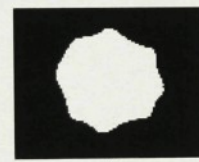
10



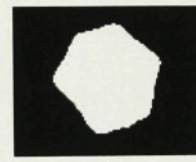
11



12



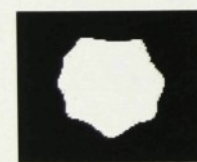
13



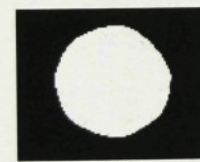
14



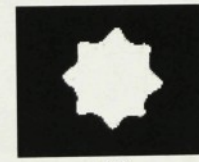
15



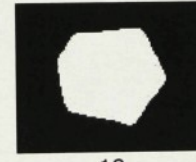
16



17



18



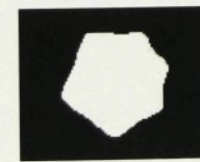
19



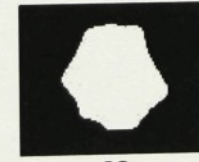
20



21



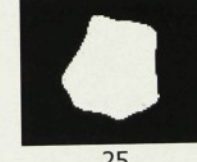
22



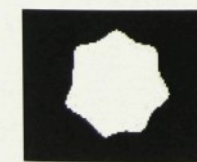
23



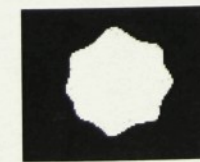
24



25



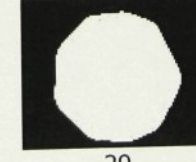
26



27



28



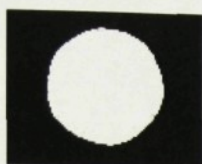
29



30



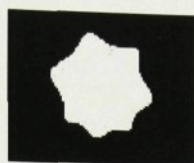
31



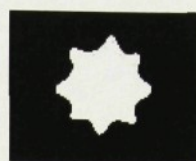
32



33



34



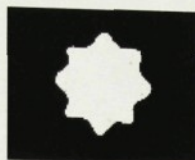
35



36



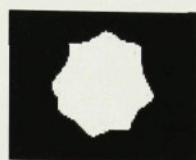
37



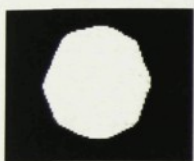
38



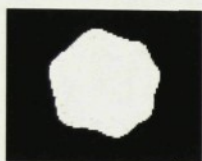
39



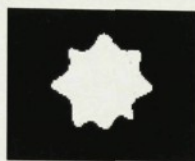
40



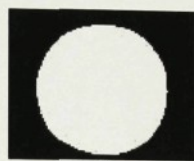
41



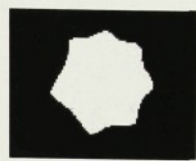
42



43



44



45



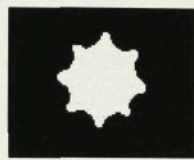
46



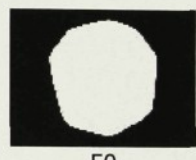
47



48



49



50



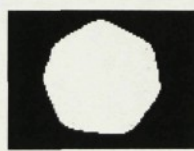
51



52



53



54



55



56



57



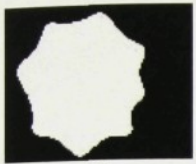
58



59



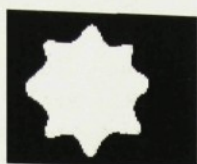
60



61



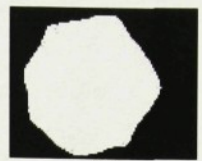
62



63



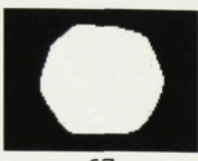
64



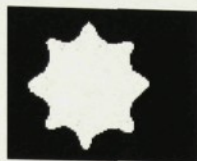
65



66



67



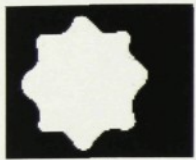
68



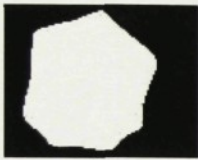
69



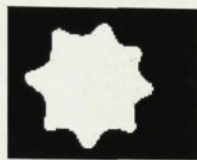
70



71



72



73



74



75



76



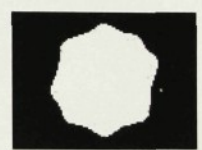
77



78



79



80



81



82



83



84



85



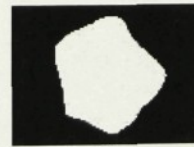
86



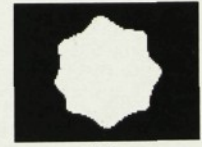
87



88



89



90

Příloha II.

Měření splývavosti dle Cuisicka – tabulka naměřených hodnot

vzorek č.	S _p [mm ²]	DC [%]
1	53 045,9	61,0
2	50 066,6	54,4
3	52 564,1	59,9
4	49 540,3	53,3
5	48 537,7	51,0
6	49 202,4	52,5
7	68 666,7	95,5
8	51 691,5	58,0
9	63 591,6	84,3
10	51 740,9	58,1
11	52 227,3	59,2
12	51 999,3	58,7
13	52 290,3	59,3
14	53 936,6	63,0
15	49 999,3	54,3
16	52 948,9	60,8
17	66 282,8	90,3
18	41 401,4	35,3
19	53 460,3	61,9
20	52 638,1	60,1
21	53 301,1	61,6
22	55 793,6	67,1
23	54 055,6	63,2
24	60 504,3	77,5
25	63 124,4	83,3
26	54 055,8	63,2
27	55 192,8	65,7
28	51 317,0	57,2
29	65 220,9	87,9
30	52 630,4	60,1
31	69 998,4	98,5
32	69 324,7	97,0
33	40 791,8	33,9
34	46 318,9	46,1
35	38 762,2	29,4
36	50 365,8	55,1
37	55 578,5	66,6
38	41 349,9	35,1
39	51 120,1	56,7
40	50 403,3	55,2
41	61 292,6	79,2
42	60 375,2	77,2
43	40 389,1	33,0
44	70 402,2	99,4
45	48 213,6	50,3

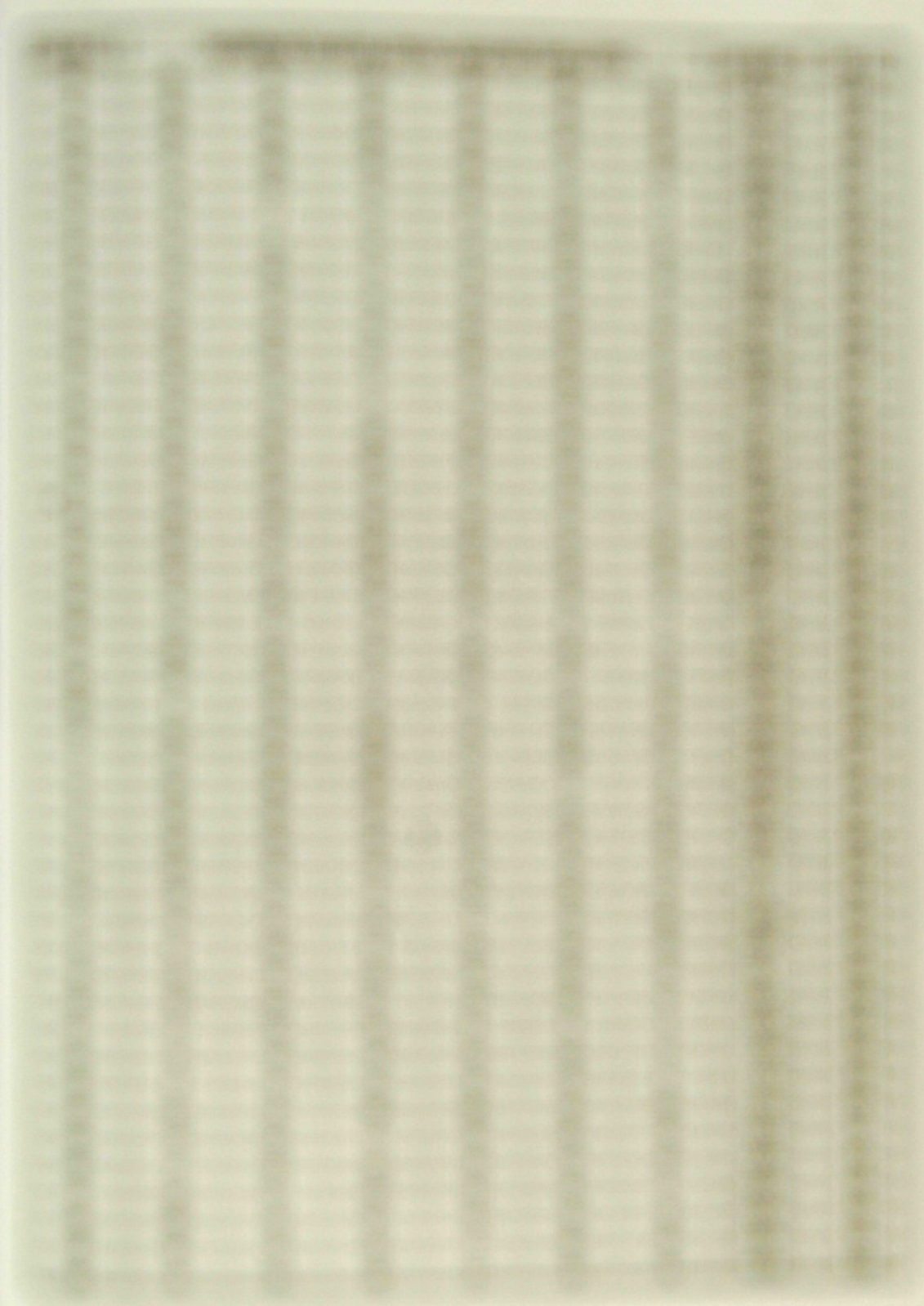
vzorek č.	S _p [mm ²]	DC [%]
46	43 744,3	40,4
47	39 118,8	30,2
48	37 881,9	27,5
49	34 590,4	20,2
50	65 641,0	88,8
51	65 076,2	87,6
52	58 153,4	72,3
53	48 734,1	51,5
54	65 345,8	88,2
55	45 178,7	43,6
56	38 170,9	28,1
57	39 458,0	31,0
58	49 344,7	52,8
59	35 420,6	22,0
60	34 094,6	19,1
61	54 691,9	64,6
62	35 732,1	22,7
63	37 902,3	27,5
64	48 797,2	51,6
65	58 164,5	72,3
66	69 823,4	98,1
67	66 531,1	90,8
68	35 017,5	21,1
69	68 496,6	95,2
70	39 356,2	30,7
71	44 643,5	42,4
72	56 346,0	68,3
73	39 900,4	31,9
74	34 088,3	19,1
75	50 866,7	56,2
76	44 078,9	41,2
77	57 644,9	71,2
78	57 144,0	70,1
79	52 880,4	60,6
80	58 715,6	73,5
81	67 638,1	93,3
82	58 610,3	73,3
83	61 315,3	79,3
84	49 419,0	53,0
85	54 661,5	64,6
86	53 424,8	61,8
87	50 182,3	54,7
88	55 806,4	67,1
89	57 898,5	71,7
90	52 659,2	60,1

Příloha III.

Tabulka naměřených hodnot DA

Měřeno pod úhlem 45° ve vzdálenosti 5 cm

vzorek č.	naměřená hloubka převisu splynuté hrany [mm]						průměr	DA [-]
1	11	14	23	23	17	16	17,33	0,35
2	17	18	21	18	21	24	19,83	0,40
3	22	11	13	18	19	12	15,83	0,32
4	13	12	16	14	20	13	14,67	0,29
5	17	18	12	22	22	25	19,33	0,39
6	20	15	20	15	34	15	19,83	0,40
7	5	8	19	17	6	4	9,83	0,20
8	28	26	26	19	28	20	24,50	0,49
9	14	8	18	8	12	10	11,67	0,23
10	15	21	15	19	19	18	17,83	0,36
11	24	28	22	23	26	21	24,00	0,48
12	15	20	13	15	13	15	15,17	0,30
13	17	18	15	20	15	15	16,67	0,33
14	11	23	27	13	20	22	19,33	0,39
15	15	18	23	19	23	20	19,67	0,39
16	26	21	22	23	26	21	23,17	0,46
17	7	25	7	21	13	11	14,00	0,28
18	21	20	24	24	24	22	22,50	0,45
19	24	26	23	24	24	15	22,67	0,45
20	16	20	13	15	14	13	15,17	0,30
21	27	31	17	29	18	18	23,33	0,47
22	18	12	21	13	15	16	15,83	0,32
23	27	26	26	27	30	19	25,83	0,52
24	20	28	14	16	16	15	18,17	0,36
25	25	29	29	14	25	30	25,33	0,51
26	15	14	16	15	17	15	15,33	0,31
27	19	13	16	14	16	11	14,83	0,30
28	15	17	19	17	20	16	17,33	0,35
29	11	23	18	23	23	26	20,67	0,41
30	13	14	19	15	18	15	15,67	0,31
31	6	4	6	4	10	4	5,67	0,11
32	8	9	6	8	20	15	11,00	0,22
33	22	23	25	22	21	23	22,67	0,45
34	15	14	13	13	12	13	13,33	0,27
35	27	27	27	27	26	30	27,33	0,55
36	11	13	12	11	18	16	13,50	0,27
37	19	21	12	17	37	14	20,00	0,40
38	29	26	32	28	34	24	28,83	0,58
39	17	17	15	17	40	32	23,00	0,46
40	29	14	29	21	20	16	21,50	0,43
41	17	18	13	18	20	12	16,33	0,33
42	22	24	12	21	40	33	25,33	0,51
43	23	29	22	25	23	19	23,50	0,47
44	13	3	6	4	20	14	10,00	0,20
45	17	17	19	21	18	21	18,83	0,38



Měřeno pod úhlem 45° ve vzdálenosti 10 cm

vzorek č.	naměřená hloubka převisu splynuté hrany [mm]						průměr	DA [-]
1	59	62	59	64	60	64	61,33	0,61
2	66	64	68	68	64	64	65,67	0,66
3	61	59	62	65	60	59	61,00	0,61
4	61	64	61	65	61	61	62,17	0,62
5	61	64	62	63	62	63	62,50	0,63
6	67	63	67	63	61	61	63,67	0,64
7	58	60	67	61	61	58	60,83	0,61
8	65	64	69	67	68	69	67,00	0,67
9	64	63	64	62	62	54	61,50	0,62
10	68	75	70	67	72	71	70,50	0,71
11	71	70	65	69	74	71	70,00	0,70
12	61	69	65	64	62	64	64,17	0,64
13	68	66	66	66	67	65	66,33	0,66
14	50	51	62	55	67	59	57,33	0,57
15	65	69	65	63	61	60	63,83	0,64
16	62	69	65	71	73	63	67,17	0,67
17	68	58	40	62	55	42	54,17	0,54
18	80	77	77	79	78	77	78,00	0,78
19	64	64	67	66	72	65	66,33	0,66
20	63	64	64	63	63	60	62,83	0,63
21	69	61	68	63	67	63	65,17	0,65
22	61	60	58	59	62	57	59,50	0,60
23	63	64	69	69	73	64	67,00	0,67
24	63	61	61	63	60	52	60,00	0,60
25	57	67	61	67	65	55	62,00	0,62
26	57	59	60	59	62	59	59,33	0,59
27	63	60	63	61	80	61	64,67	0,65
28	63	64	67	63	67	64	64,67	0,65
29	53	63	53	62	68	49	58,00	0,58
30	61	60	61	60	64	63	61,50	0,62
31	51	46	50	48	51	35	46,83	0,47
32	54	46	34	34	50	35	42,17	0,42
33	79	74	79	74	74	75	75,83	0,76
34	64	64	61	63	67	63	63,67	0,64
35	83	82	86	85	87	85	84,67	0,85
36	62	67	68	63	66	66	65,33	0,65
37	60	55	55	56	76	60	60,33	0,60
38	76	78	74	75	80	78	76,83	0,77
39	62	64	60	65	90	60	66,83	0,67
40	73	65	76	68	75	72	71,50	0,72
41	64	60	60	64	55	53	59,33	0,59
42	51	49	50	49	70	58	54,50	0,55
43	84	78	86	82	80	78	81,33	0,81
44	29	33	39	30	83	52	44,33	0,44
45	66	66	66	70	80	69	69,50	0,70

vzorek č.	naměřená hloubka převisu splynuté hrany [mm]						průměr	DA [-]
46	77	79	78	77	78	79	78,00	0,78
47	80	80	83	83	83	82	81,83	0,82
48	83	88	79	84	80	80	82,33	0,82
49	89	92	88	91	91	87	89,67	0,90
50	53	57	54	56	55	56	55,17	0,55
51	55	58	60	55	60	57	57,50	0,58
52	60	53	59	55	50	47	54,00	0,54
53	66	66	68	67	84	68	69,83	0,70
54	47	49	50	54	55	52	51,17	0,51
55	70	76	68	77	73	74	73,00	0,73
56	82	80	80	81	81	84	81,33	0,81
57	83	80	85	81	83	83	82,50	0,83
58	65	67	68	65	77	64	67,67	0,68
59	87	87	85	86	84	87	86,00	0,86
60	90	89	89	65	95	91	86,50	0,87
61	64	63	61	67	65	60	63,33	0,63
62	89	88	89	88	98	82	89,00	0,89
63	83	87	85	83	81	84	83,83	0,84
64	74	74	74	74	80	76	75,33	0,75
65	67	58	66	57	64	55	61,17	0,61
66	59	57	53	56	46	57	54,67	0,55
67	60	68	62	65	55	57	61,17	0,61
68	92	88	93	86	90	67	86,00	0,86
69	57	63	63	56	80	63	63,67	0,64
70	78	75	73	78	82	82	78,00	0,78
71	76	79	76	78	80	82	78,50	0,79
72	61	61	63	63	71	66	64,17	0,64
73	63	80	79	79	78	79	76,33	0,76
74	86	87	88	89	93	93	89,33	0,89
75	64	64	65	65	65	65	64,67	0,65
76	70	74	72	73	76	73	73,00	0,73
77	60	62	64	59	64	65	62,33	0,62
78	57	55	60	55	56	55	56,33	0,56
79	61	61	64	63	62	64	62,50	0,63
80	54	61	52	59	57	57	56,67	0,57
81	47	43	48	55	41	40	45,67	0,46
82	59	60	59	55	57	56	57,67	0,58
83	54	49	58	51	53	54	53,17	0,53
84	80	74	79	75	72	78	76,33	0,76
85	63	57	59	59	61	63	60,33	0,60
86	59	63	59	62	58	67	61,33	0,61
87	66	65	67	65	64	63	65,00	0,65
88	66	64	65	62	61	60	63,00	0,63
89	59	60	63	61	55	57	59,17	0,59
90	60	59	58	60	56	60	58,83	0,59

vzorek č.	naměřená hloubka převisu splynuté hrany [mm]						průměr	DA [-]
46	29	29	28	28	30	29	28,83	0,58
47	29	31	30	30	32	30	30,33	0,61
48	32	32	31	32	34	32	32,17	0,64
49	33	34	34	33	35	33	33,67	0,67
50	18	19	21	20	22	11	18,50	0,37
51	13	12	15	14	10	16	13,33	0,27
52	16	17	21	18	18	17	17,83	0,36
53	27	27	27	27	31	27	27,67	0,55
54	12	15	14	13	14	13	13,50	0,27
55	29	30	28	29	29	29	29,00	0,58
56	32	31	32	32	36	33	32,67	0,65
57	31	32	32	32	32	31	31,67	0,63
58	28	29	28	28	27	27	27,83	0,56
59	32	32	32	32	32	31	31,83	0,64
60	33	34	33	34	35	34	33,83	0,68
61	26	27	25	26	27	18	24,83	0,50
62	36	31	34	32	34	33	33,33	0,67
63	32	32	31	32	34	33	32,33	0,65
64	26	25	26	25	27	27	26,00	0,52
65	23	23	23	23	27	21	23,33	0,47
66	5	6	5	6	10	8	6,67	0,13
67	22	22	21	22	15	12	19,00	0,38
68	32	33	31	34	34	35	33,17	0,66
69	8	9	8	9	11	12	9,50	0,19
70	31	31	31	31	34	33	31,83	0,64
71	30	30	30	30	30	30	30,00	0,60
72	25	25	24	26	28	24	25,33	0,51
73	30	31	31	31	33	32	31,33	0,63
74	33	33	33	33	35	34	33,50	0,67
75	24	25	25	24	27	24	24,83	0,50
76	31	30	31	30	31	31	30,67	0,61
77	13	24	19	15	29	16	19,33	0,39
78	18	18	19	21	18	19	18,83	0,38
79	24	25	25	25	25	19	23,83	0,48
80	21	19	22	21	15	21	19,83	0,40
81	16	19	18	19	9	10	15,17	0,30
82	24	26	24	24	12	14	20,67	0,41
83	23	21	22	21	13	14	19,00	0,38
84	26	26	26	25	27	25	25,83	0,52
85	22	23	24	23	22	23	22,83	0,46
86	23	24	23	22	21	23	22,67	0,45
87	26	23	25	24	24	26	24,67	0,49
88	21	23	22	22	23	23	22,33	0,45
89	23	29	18	18	18	15	20,17	0,40
90	22	24	23	21	22	22	22,33	0,45

Měřeno po osnově ve vzdálenosti 10 cm

vzorek č.	naměřená hloubka převisu splynuté hrany [mm]						průměr	DA [-]
	72	68	70	72	67	71		
1	72	68	70	72	67	71	70,00	0,70
2	74	75	75	74	71	74	73,83	0,74
3	68	68	68	69	66	66	67,50	0,68
4	68	71	70	69	70	72	70,00	0,70
5	73	70	75	73	70	71	72,00	0,72
6	72	70	70	72	69	69	70,33	0,70
7	46	41	42	44	36	46	42,50	0,43
8	73	74	73	74	72	73	73,17	0,73
9	67	70	70	68	45	68	64,67	0,65
10	73	72	74	73	78	74	74,00	0,74
11	72	70	72	71	74	73	72,00	0,72
12	72	70	70	71	71	69	70,50	0,71
13	74	71	72	73	71	72	72,17	0,72
14	65	64	66	65	57	64	63,50	0,64
15	69	67	67	69	73	68	68,83	0,69
16	70	71	70	71	71	70	70,50	0,71
17	32	36	31	37	48	53	39,50	0,40
18	76	77	76	75	77	77	76,33	0,76
19	71	75	71	75	74	73	73,17	0,73
20	69	68	69	68	71	70	69,17	0,69
21	71	73	72	72	72	72	72,00	0,72
22	68	69	69	68	69	69	68,67	0,69
23	73	74	72	73	74	67	72,17	0,72
24	66	67	63	65	66	67	65,67	0,66
25	61	61	62	61	60	65	61,67	0,62
26	69	68	69	68	67	68	68,17	0,68
27	68	67	67	68	66	67	67,17	0,67
28	72	73	71	72	80	76	74,00	0,74
29	70	74	73	71	53	60	66,83	0,67
30	68	67	68	68	68	69	68,00	0,68
31	37	39	37	38	45	46	40,33	0,40
32	42	45	41	43	53	54	46,33	0,46
33	75	77	75	76	78	79	76,67	0,77
34	70	70	70	70	71	73	70,67	0,71
35	79	78	80	79	80	89	80,83	0,81
36	73	72	73	74	74	76	73,67	0,74
37	67	68	65	68	67	69	67,33	0,67
38	77	77	76	76	80	77	77,17	0,77
39	70	68	67	69	70	66	68,33	0,68
40	75	73	73	74	76	73	74,00	0,74
41	59	59	62	59	62	66	61,17	0,61
42	63	67	66	73	69	67	67,50	0,68
43	79	78	78	79	79	80	78,83	0,79
44	84	85	85	83	36	35	68,00	0,68
45	75	73	75	74	76	78	75,17	0,75

vzorek č.	naměřená hloubka převisu splynuté hrany [mm]						průměr	DA [-]
46	77	77	75	74	75	75	75,50	0,76
47	78	79	79	78	77	77	78,00	0,78
48	83	84	81	81	83	83	82,50	0,83
49	83	83	83	82	86	84	83,50	0,84
50	61	61	67	67	66	66	64,67	0,65
51	51	55	53	52	57	58	54,33	0,54
52	58	55	57	56	62	55	57,17	0,57
53	71	72	71	72	73	71	71,67	0,72
54	55	53	54	54	57	49	53,67	0,54
55	75	75	75	75	76	77	75,50	0,76
56	78	78	76	77	82	81	78,67	0,79
57	79	82	75	80	83	82	80,17	0,80
58	70	72	70	71	72	74	71,50	0,72
59	77	81	77	80	81	82	79,67	0,80
60	81	80	81	80	87	92	83,50	0,84
61	69	70	70	70	67	69	69,17	0,69
62	81	81	81	79	82	79	80,50	0,81
63	79	78	78	79	79	75	78,00	0,78
64	73	70	74	70	70	72	71,50	0,72
65	63	64	65	67	72	68	66,50	0,67
66	21	24	23	21	32	41	27,00	0,27
67	63	63	69	67	55	61	63,00	0,63
68	83	82	83	84	85	85	83,67	0,84
69	43	48	46	47	42	33	43,17	0,43
70	78	78	78	78	83	81	79,33	0,79
71	75	75	75	75	77	75	75,33	0,75
72	72	70	71	70	73	73	71,50	0,72
73	78	77	78	77	77	78	77,50	0,78
74	82	84	84	83	85	82	83,33	0,83
75	67	66	67	66	72	65	67,17	0,67
76	75	77	75	76	76	78	76,17	0,76
77	63	57	65	64	71	68	64,67	0,65
78	60	60	58	64	65	59	61,00	0,61
79	68	69	69	70	72	69	69,50	0,70
80	64	63	68	66	62	68	65,17	0,65
81	53	56	55	57	53	57	55,17	0,55
82	69	67	68	68	67	67	67,67	0,68
83	66	64	68	64	66	63	65,17	0,65
84	71	70	70	69	73	75	71,33	0,71
85	63	64	65	62	64	69	64,50	0,65
86	64	65	65	64	66	66	65,00	0,65
87	68	68	67	68	67	69	67,83	0,68
88	67	68	67	69	72	70	68,83	0,69
89	66	52	59	61	63	70	61,83	0,62
90	64	64	72	70	65	74	68,17	0,68

Měřeno po útku ve vzdálenosti 5 cm

vzorek č.	naměřená hloubka převisu splynuté hrany [mm]						průměr	DA [-]
1	25	26	25	25	24	25	25,00	0,50
2	28	28	28	27	27	27	27,50	0,55
3	24	25	23	24	22	24	23,67	0,47
4	27	26	26	26	27	27	26,50	0,53
5	26	25	25	26	24	25	25,17	0,50
6	26	25	25	27	26	25	25,67	0,51
7	12	11	12	12	11	13	11,83	0,24
8	29	28	29	28	27	28	28,17	0,56
9	20	21	21	20	22	22	21,00	0,42
10	29	29	29	29	29	28	28,83	0,58
11	26	26	26	26	39	29	28,67	0,57
12	25	25	25	25	28	25	25,50	0,51
13	28	29	27	28	27	29	28,00	0,56
14	22	23	23	22	15	25	21,67	0,43
15	25	25	24	24	23	23	24,00	0,48
16	27	26	26	26	24	28	26,17	0,52
17	13	9	9	8	16	17	12,00	0,24
18	31	31	30	30	31	31	30,67	0,61
19	28	28	28	27	27	28	27,67	0,55
20	25	26	24	25	27	25	25,33	0,51
21	29	27	26	27	27	27	27,17	0,54
22	23	24	25	23	23	18	22,67	0,45
23	28	27	28	27	23	27	26,67	0,53
24	24	25	24	25	22	12	22,00	0,44
25	21	21	21	21	25	27	22,67	0,45
26	23	25	24	23	25	23	23,83	0,48
27	25	26	25	26	25	23	25,00	0,50
28	25	25	25	25	28	16	24,00	0,48
29	16	17	18	14	18	26	18,17	0,36
30	25	24	25	24	26	15	23,17	0,46
31	9	8	12	13	12	4	9,67	0,19
32	13	8	7	12	17	15	12,00	0,24
33	30	31	30	31	31	23	29,33	0,59
34	26	27	26	27	28	13	24,50	0,49
35	33	31	33	31	32	30	31,67	0,63
36	25	25	25	25	27	16	23,83	0,48
37	30	30	31	31	26	14	27,00	0,54
38	30	30	30	29	33	24	29,33	0,59
39	26	25	26	26	25	32	26,67	0,53
40	28	29	28	28	31	16	26,67	0,53
41	18	17	18	19	23	12	17,83	0,36
42	24	20	22	23	25	33	24,50	0,49
43	31	31	31	33	31	19	29,33	0,59
44	5	5	6	5	31	14	11,00	0,22
45	27	28	27	28	27	21	26,33	0,53

vzorek č.	naměřená hloubka převisu splynuté hrany [mm]						průměr	DA [-]
46	30	30	29	31	29	33	30,33	0,61
47	30	30	30	30	31	26	29,50	0,59
48	35	34	35	34	32	26	32,67	0,65
49	34	33	34	33	34	32	33,33	0,67
50	21	20	21	20	19	9	18,33	0,37
51	19	18	16	18	16	9	16,00	0,32
52	16	17	17	18	19	18	17,50	0,35
53	27	28	26	27	29	16	25,50	0,51
54	17	16	16	17	19	13	16,33	0,33
55	27	28	27	28	27	27	27,33	0,55
56	30	31	31	30	30	32	30,67	0,61
57	32	31	33	30	33	32	31,83	0,64
58	27	28	28	27	28	26	27,33	0,55
59	32	33	32	33	34	33	32,83	0,66
60	34	34	33	34	34	33	33,67	0,67
61	27	26	26	25	27	17	24,67	0,49
62	33	32	33	32	33	32	32,50	0,65
63	32	32	32	32	31	31	31,67	0,63
64	25	21	24	25	26	25	24,33	0,49
65	23	24	24	24	24	12	21,83	0,44
66	7	6	6	4	10	7	6,67	0,13
67	22	24	22	24	24	18	22,33	0,45
68	34	34	34	34	33	35	34,00	0,68
69	8	12	9	12	10	9	10,00	0,20
70	30	31	31	31	35	32	31,67	0,63
71	31	30	31	30	30	29	30,17	0,60
72	27	28	27	28	28	28	27,67	0,55
73	29	30	31	30	32	31	30,50	0,61
74	34	33	33	34	35	33	33,67	0,67
75	26	26	26	26	26	26	26,00	0,52
76	31	30	28	30	30	29	29,67	0,59
77	25	24	26	26	26	26	25,50	0,51
78	18	21	20	21	19	17	19,33	0,39
79	26	26	27	26	25	24	25,67	0,51
80	22	23	23	22	15	20	20,83	0,42
81	18	17	19	17	9	9	14,83	0,30
82	24	25	26	24	11	13	20,50	0,41
83	24	23	23	22	12	12	19,33	0,39
84	28	29	28	29	28	28	28,33	0,57
85	23	23	23	23	22	23	22,83	0,46
86	23	22	23	24	23	25	23,33	0,47
87	25	25	24	25	24	26	24,83	0,50
88	25	25	24	24	25	24	24,50	0,49
89	22	22	18	20	21	16	19,83	0,40
90	24	23	25	24	23	25	24,00	0,48

Měřeno po útku ve vzdálenosti 10 cm

vzorek č.	naměřená hloubka převisu splynuté hrany [mm]						průměr	DA [-]
1	70	69	72	69	66	69	69,17	0,69
2	76	78	75	78	72	72	75,17	0,75
3	70	71	70	69	65	69	69,00	0,69
4	71	71	70	70	70	72	70,67	0,71
5	73	69	72	70	71	73	71,33	0,71
6	73	74	73	73	70	73	72,67	0,73
7	97	96	98	93	91	96	95,17	0,95
8	75	73	76	74	72	75	74,17	0,74
9	63	67	64	65	62	66	64,50	0,65
10	72	73	73	72	75	72	72,83	0,73
11	76	70	73	70	76	75	73,33	0,73
12	72	70	71	70	73	72	71,33	0,71
13	73	73	74	73	73	75	73,50	0,74
14	65	66	72	70	78	65	69,33	0,69
15	69	67	66	67	67	69	67,50	0,68
16	73	71	72	73	71	73	72,17	0,72
17	51	53	52	54	50	55	52,50	0,53
18	78	78	79	78	77	78	78,00	0,78
19	75	73	74	75	73	75	74,17	0,74
20	70	69	70	69	71	72	70,17	0,70
21	73	73	72	74	73	74	73,17	0,73
22	69	68	69	68	69	68	68,50	0,69
23	73	73	72	74	72	74	73,00	0,73
24	66	64	66	64	64	66	65,00	0,65
25	64	66	67	69	71	67	67,33	0,67
26	68	66	68	66	67	67	67,00	0,67
27	67	69	69	68	70	70	68,83	0,69
28	69	68	68	69	69	70	68,83	0,69
29	56	57	59	57	56	64	58,17	0,58
30	70	67	72	68	70	69	69,33	0,69
31	42	42	46	41	43	40	42,33	0,42
32	50	49	48	51	45	47	48,33	0,48
33	76	75	77	78	76	78	76,67	0,77
34	72	70	71	72	73	71	71,50	0,72
35	80	78	80	81	82	82	80,50	0,81
36	72	69	70	72	73	73	71,50	0,72
37	80	78	78	61	66	67	71,67	0,72
38	78	78	77	80	77	78	78,00	0,78
39	69	70	70	69	71	71	70,00	0,70
40	75	74	75	72	75	75	74,33	0,74
41	63	63	58	60	65	62	61,83	0,62
42	69	68	72	69	70	69	69,50	0,70
43	79	79	78	78	76	80	78,33	0,78
44	13	22	13	22	13	22	17,50	0,18
45	72	73	72	73	74	74	73,00	0,73

vzorek č.	naměřená hloubka převisu splynuté hrany [mm]						průměr	DA [-]
46	76	74	76	77	73	80	76,00	0,76
47	79	78	78	77	80	78	78,33	0,78
48	81	83	80	82	80	83	81,50	0,82
49	82	81	80	81	82	81	81,17	0,81
50	67	67	67	67	68	65	66,83	0,67
51	57	57	59	57	53	80	60,50	0,61
52	62	61	63	61	61	64	62,00	0,62
53	73	73	73	72	71	70	72,00	0,72
54	60	55	58	57	66	53	58,17	0,58
55	75	77	77	76	74	74	75,50	0,76
56	79	76	78	77	77	80	77,83	0,78
57	79	77	79	78	77	80	78,33	0,78
58	74	73	72	73	74	74	73,33	0,73
59	78	80	80	81	83	80	80,33	0,80
60	81	83	82	83	82	80	81,83	0,82
61	72	71	71	70	73	69	71,00	0,71
62	81	84	82	81	78	81	81,17	0,81
63	78	79	78	79	80	81	79,17	0,79
64	66	66	66	66	67	66	66,17	0,66
65	66	67	69	70	70	70	68,67	0,69
66	98	98	96	98	84	98	95,33	0,95
67	68	64	64	66	73	52	64,50	0,65
68	83	82	81	80	83	84	82,17	0,82
69	60	58	59	54	56	68	59,17	0,59
70	78	77	78	77	79	78	77,83	0,78
71	75	77	73	75	76	75	75,17	0,75
72	72	73	72	72	75	72	72,67	0,73
73	77	77	77	78	78	79	77,67	0,78
74	83	82	83	82	84	84	83,00	0,83
75	70	72	67	69	70	70	69,67	0,70
76	75	76	75	78	75	75	75,67	0,76
77	70	70	69	70	73	71	70,50	0,71
78	62	63	62	63	60	60	61,67	0,62
79	70	72	70	72	73	71	71,33	0,71
80	66	68	65	68	66	69	67,00	0,67
81	64	61	61	60	56	48	58,33	0,58
82	70	72	71	70	70	53	67,67	0,68
83	66	66	68	65	65	68	66,33	0,66
84	72	72	72	72	71	77	72,67	0,73
85	63	64	65	63	63	65	63,83	0,64
86	63	63	65	68	68	75	67,00	0,67
87	69	72	74	68	73	69	70,83	0,71
88	68	65	67	67	69	67	67,17	0,67
89	67	62	66	59	64	64	63,67	0,64
90	70	68	69	68	70	69	69,00	0,69

Příloha IV.

Program na vyhodnocení měření v Matlab® 6.0 Release 12

```
close all; % zavři všechna otevřená okna
clear all; % vyčisti paměť proměnných
clc; % vyčisti obrazovku
load data.txt -ASCII; % nahraj data ze souboru
roh5=mean(data(:,2:7))'./50; % spočti splývavost 45° 5cm
roh10=mean(data(:,8:13))'./100; % spočti splývavost 45° 10cm
os5=mean(data(:,14:19))'./50; % spočti splývavost osnova 5cm
os10=mean(data(:,20:25))'./100; % spočti splývavost osnova 10cm
ut5=mean(data(:,26:31))'./50; % spočti splývavost útek 5cm
ut10=mean(data(:,32:37))'./100; % spočti splývavost útek 10cm
load splyv1.txt -ASCII; % nahraj data ze souboru
DC=100.*(1-(706.9-splyv1(:,9)./100)./452.4); % spočti DC dle cuisicka
clear splyv1; % vyčisti nepotřebnou proměnnou

figure(1); % otevři grafické okno č. 1
plot(DC,roh5,'bla.');
```

% nakreslí graf
% rozsah os
% popisek osy x
% popisek osy y
% název grafu
% grafické handle do k
% nastav pozadí grafu na bílou

```
axis([0 100 0 1]);
xlabel('koeficient splyvavosti DC [%]');
ylabel('sin');
title('Merení pod uhlem 45°, délka 5cm');
k=gcf;
set(k,'color',[1 1 1]);
figure(2);
plot(DC,roh10,'bla.');
```

% otevři grafické okno č. 2

```
axis([0 100 0 1]);
xlabel('koeficient splyvavosti DC [%]');
ylabel('sin');
k=gcf;
set(k,'color',[1 1 1]);
title('Merení pod uhlem 45°, délka 10cm');
figure(3);
plot(DC,ut5,'bla.');
```

% otevři grafické okno č. 3

```
axis([0 100 0 1]);
xlabel('koeficient splyvavosti DC [%]');
ylabel('sin');
title('Merení po ose utku, délka 5cm');
k=gcf;
set(k,'color',[1 1 1]);
figure(4);
plot(DC,ut10,'bla.');
```

% otevři grafické okno č. 4

```
axis([0 100 0 1]);
xlabel('koeficient splyvavosti DC [%]');
ylabel('sin');
title('Merení po ose utku, délka 10cm');
k=gcf;
set(k,'color',[1 1 1]);
figure(5);
plot(DC,os5,'bla.');
```

% otevři grafické okno č. 5

```
axis([0 100 0 1]);
xlabel('koeficient splyvavosti DC [%]');
ylabel('sin');
title('Merení po ose osnovy, délka 5cm');
k=gcf;
set(k,'color',[1 1 1]);
figure(6);
plot(DC,os10,'bla.');
```

% otevři grafické okno č. 6

```
axis([0 100 0 1]);
xlabel('koeficient splyvavosti DC [%]');
ylabel('sin');
title('Merení po ose osnovy, délka 10cm');
k=gcf;
set(k,'color',[1 1 1]);
```



```

disp('Vysledky:');
disp('-----');
disp('Mereni pod uhlem 45° 5cm:');
c=corrcoef(DC,roh5);
c(1,2)
disp('Mereni pod uhlem 45° 10cm:');
c=corrcoef(DC,roh10);
c(1,2)
disp('Mereni po ose utku 5cm:');
c=corrcoef(DC,ut5);
c(1,2)
disp('Mereni po ose utku 10cm:');
c=corrcoef(DC,ut10);
c(1,2)
disp('Mereni po ose osnovy 5cm:');
c=corrcoef(DC,os5);
c(1,2)
disp('Mereni po ose osnovy 10cm:');
c=corrcoef(DC,os10);
c(1,2)

```

```
% zobraz nápis
```

```
% spočti korelační koeficient
% vypiš ho na obrazovku
```

Příloha V.

Naměřené hodnoty síly potřebné k ohnutí vzorků o 60°

vzorek č.	F [mN]	
	osnova	útek
1	8,72	8,3
2	7,5	7,24
3	15,54	11,94
4	9,2	7,2
5	8,02	8,68
6	11,92	10,68
7	124,84	95,32
8	3,78	1,98
9	13,06	6,68
10	6,8	6,34
11	14,7	8,36
12	9,1	7,88
13	7,98	5,78
14	6,06	2,42
15	6,1	5,12
16	4,46	2,24
17	19,44	12,56
18	4,88	3,62
19	4,56	1,74
20	13,16	10,88
21	4,5	1,74
22	14,46	9,74
23	4,92	2,12
24	14,64	8,1
25	17,78	16,72
26	13,38	9,1
27	13,96	9,4
28	6,36	10,38
29	42,42	22,34
30	12,74	10,84
31	45,76	38,84
32	18,48	18,92
33	2,88	3,92
34	8,92	6,28
35	3,58	2,42
36	1,6	1,82
37	10,64	7,2
38	4,94	2,22
39	5,04	3,74
40	4,04	2,4
41	17,9	7,9
42	4,98	4,54
43	2,54	2,98
44	32,38	52,14
45	3,18	2,64

vzorek č.	F [mN]	
	osnova	útek
46	5,38	1,66
47	2,94	2,64
48	3,66	1,74
49	2,1	1,66
50	9	5,24
51	7,88	4,52
52	5,34	3,92
53	7,58	5,52
54	16,58	12,62
55	3,1	6,78
56	1,88	2,8
57	3,68	1,74
58	5,72	4,66
59	2,52	1,56
60	2,18	1,36
61	6,46	4,9
62	2,96	2,18
63	2,86	1,78
64	4,7	16,56
65	7,84	2,8
66	40,72	127,48
67	17,1	38,64
68	3,24	1,46
69	21,68	12,65
70	2,02	2,96
71	6,38	4,14
72	3,76	1,8
73	2,6	2,56
74	2,08	1,1
75	3,64	3,28
76	1,92	2,76
77	4,06	3,6
78	7,7	9,34
79	4,48	4,18
80	5,46	5,34
81	10,76	13,18
82	4,88	3,56
83	6,92	4,6
84	8,1	2,4
85	6,8	5,54
86	8,1	4,92
87	6,7	3,16
88	10,56	10,44
89	3,74	2,38
90	2,22	1,92

Příloha VI.

Naměřené hodnoty plošné hmotnosti

vzorek č.	W [g.cm ⁻²]
1	2,00
2	1,96
3	2,66
4	2,20
5	1,86
6	2,85
7	3,90
8	1,03
9	2,11
10	2,23
11	2,79
12	2,06
13	1,93
14	0,93
15	1,20
16	1,15
17	1,47
18	2,05
19	1,00
20	2,60
21	1,02
22	2,58
23	1,22
24	2,38
25	2,25
26	2,68
27	2,47
28	2,80
29	3,14
30	2,92
31	2,73
32	2,46
33	1,62
34	1,84
35	1,65
36	0,51
37	1,72
38	1,35
39	1,03
40	1,36
41	2,31
42	1,03
43	1,28
44	1,81
45	1,25

vzorek č.	W [g.cm ⁻²]
46	1,18
47	1,74
48	1,44
49	1,36
50	1,29
51	1,27
52	0,76
53	2,06
54	2,03
55	1,61
56	1,44
57	1,21
58	1,73
59	1,33
60	1,31
61	1,71
62	1,72
63	1,22
64	1,93
65	1,24
66	3,36
67	3,31
68	1,69
69	1,76
70	1,57
71	1,68
72	0,89
73	1,29
74	1,17
75	0,74
76	1,27
77	1,39
78	1,70
79	1,47
80	1,44
81	1,88
82	1,56
83	1,46
84	1,14
85	1,28
86	1,50
87	1,07
88	1,47
89	0,71
90	0,51

Příloha VII.

Naměřené hodnoty smykové síly

č. vzorku	G [N]
8	7,15
10	8,65
11	23,90
13	18,20
16	4,70
17	18,45
18	7,95
19	7,75
21	5,85
25	64,00
32	83,00
34	8,15
35	3,75
41	24,10
50	12,35
51	22,15
52	3,55
54	21,00
58	4,65
59	3,50
60	1,95
61	8,15
62	2,50
74	2,05
76	3,80
77	8,55
78	2,25
86	6,95
88	4,05

Příloha VIII.

Hodnoty koeficientů lineární regrese závislosti DA na DC z rovnice $DA = b_1 \cdot DC + b_0$

Měřeno na	koeficienty lineární regrese	
	b_0	b_1
45° 5 cm	0,6598	-0,0043
45° 10 cm	0,9342	-0,0046
útek 5 cm	0,7961	-0,0052
útek 10 cm	0,8783	-0,0029
osnova 5 cm	0,8169	-0,0056
osnova 10 cm	0,9307	-0,0041

Příloha IX.

Hodnoty koeficientů lineární regrese závislosti DA na mechanických vlastnostech

Pro tuhost měřenou po osnově

Model	koeficienty lineární regrese			
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃
$DA = b_0 + b_1 \cdot B + b_2 \cdot W + b_3 \cdot G$	0,6371	-0,0010	0,1197	-0,0192
$DA = b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{B}{W}\right)^{0,33} + b_2 \cdot \left(\frac{G}{W}\right)^{0,33}$	1,2057	-0,0311	-0,2989	-
$DA = b_0 + b_1 \cdot \ln B + b_2 \cdot \ln W + b_3 \cdot \ln G$	-0,1642	-0,0186	0,2039	-0,1642
$\ln DA = b_0 + b_1 \cdot \ln B + b_2 \cdot \ln W + b_3 \cdot \ln G$	-0,0453	-0,0313	0,2930	-0,2379

Pro tuhost měřenou po útku

Model	koeficienty lineární regrese			
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃
$DA = b_0 + b_1 \cdot B + b_2 \cdot W + b_3 \cdot G$	0,6307	0,0002	0,1127	-0,0254
$DA = b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{B}{W}\right)^{0,33} + b_2 \cdot \left(\frac{G}{W}\right)^{0,33}$	1,1697	-0,0520	-0,2849	-
$DA = b_0 + b_1 \cdot \ln B + b_2 \cdot \ln W + b_3 \cdot \ln G$	0,8504	-0,0384	0,2745	-0,1509
$\ln DA = b_0 + b_1 \cdot \ln B + b_2 \cdot \ln W + b_3 \cdot \ln G$	-0,1436	-0,0575	0,3989	-0,2242