

Bakalářská práce

Netkané textilie z banánových vláken

Studijní program:

B0723A270001 Textilní technologie, materiály
a nanomateriály

Autor práce:

Klára Ondryšková

Vedoucí práce:

Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných
materiálů

Liberec 2024



Zadání bakalářské práce

Netkané textilie z banánových vláken

Jméno a příjmení:

Klára Ondryšková

Osobní číslo:

T21000201

Studijní program:

B0723A270001 Textilní technologie, materiály
a nanomateriály

Zadávající katedra:

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných ma-
teriálů

Akademický rok:

2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši na téma vlastnosti banánových vláken a jejich použití v textilním průmyslu.
2. Provedte analýzu vybraných banánových vláken. Navrhněte postup výroby netkané textilie s obsahem banánových vláken a vyrobte sérii vzorků textilií.
3. Takto vyrobené vzorky testujte na vybrané vlastnosti.
4. Diskutujte výsledky a navrhněte další postupy řešení daného problému.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: 40-60 dle potřeby
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

1. W. Albrecht, H. Fuchs, W. Kittelmann: Nonwovens Fabrics, Wiley-VCH, Weinheim 2003, ISBN: 3-527-30406-1
2. Jirsák, O., Wadsworth, L.C. Nonwoven textiles, Carolina Academic Press, Durham, NC 1999, ISBN 0-89089-978-8
3. RUSSELL, Edited by S.J. Handbook of nonwovens. Boca Raton, Fla. [etc.] : Cambridge: CRC press; Woodhead, 2007. ISBN978-185-5736-030.
4. BLACKBURN, Richard S. Biodegradable and sustainable fibres. Woodhead Publishing in textiles. Boca Raton: CRC Press, 2005. ISBN 1-85573-916-X.
5. Pratikhya Badanayak, Seiko Jose & Gautam Bose (2023) Banana pseudostem fiber: A critical review on fiber extraction, characterization, and surface modification, Journal of Natural Fibers, 20:1, DOI: 10.1080/15440478.2023.2168821

Vedoucí práce: Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.
Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

Datum zadání práce: 1. listopadu 2022
Předpokládaný termín odevzdání: 20. května 2024

L.S.

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

doc. Ing. Pavel Pokorný, Ph.D.
garant studijního programu

V Liberci dne 1. listopadu 2022

Prohlášení

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

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

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

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

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

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

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

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat panu doktorovi Chaloupkovi, za čas, který mi věnoval a za celkovou pomoc při náročném zpracování banánů na srozumitelnou práci. Ráda bych poděkovala také panu inženýrovi Holcovi, za jeho udatné činy při snaze o získání banánových vláken pro tuto práci. Dále bych chtěla poděkovat všem svým kamarádkám, za pomoc při udržení zdravého rozumu po dobu psaní práce. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svým rodičům, za jejich podporu (nejen finanční), díky které jsem byla schopna studium dokončit.

ANOTACE

Netkané textilie z banánových vláken

V této bakalářské práci je řešena možnost výroby netkaných textilií z banánových vláken a stanovení vlastností těchto textilií. V teoretické části bude podrobně vysvětleno získávání banánových vláken pro průmyslové zpracování a v čem spočívají jejich výhody oproti ostatním přírodním vláknům. V praktické části budou vyrobeny vzorky vpichovaných netkaných textilií z banánových vláken bez příměsí i s příměsí syntetických vláken a následně budou zkoumány jejich mechanické a fyzikální vlastnosti.

Klíčová slova

Abaka

Banánová vlákna

Netkané textilie

Vpichování

ANNOTATION

Banana fiber nonwovens

In this bachelor thesis, the possibility of producing nonwoven fabrics from banana fibres and the determination of the properties of these fabrics is addressed. The theoretical part will explain in detail the extraction of banana fibres for industrial processing and where their advantages lie compared to other natural fibres. In the practical part, samples of needle-punched nonwoven fabrics will be produced from banana fibres without and with synthetic fibre admixture and then their mechanical and physical properties will be investigated.

Keywords

Abaca
Banana fiber
Needlepunching
Nonwovens

Obsah

Seznam symbolů a zkratek.....	10
1 Úvod.....	11
2 Teoretická část	12
2.1 Banánová vlákna	12
2.1.1 Musa textilis.....	12
2.1.2 Zpracování banánovníku.....	13
2.1.3 Vlastnosti vláken.....	14
2.1.4 Využití v průmyslu.....	15
2.2 Netkané textilie.....	17
2.2.1 Technologie mykání.....	18
2.2.2 Technologie vpichování.....	19
2.2.3 Pojení teplem.....	21
3 Praktická část	22
3.1 Analýza vláken.....	22
3.1.1 Struktura vláken	22
3.1.2 Jemnost vláken.....	23
3.1.3 Délka vláken	24
3.1.4 Výsledky	24
3.2 Příprava textilií	25
3.3 Analýza fyzikálních vlastností připravených textilií.....	27
3.3.1 Plošná hmotnost textilií.....	27
3.3.2 Tloušťka textilií.....	27
3.3.3 Úhel smáčení.....	28
3.3.4 Nasákavost	28
3.3.5 Výsledky	29
3.4 Analýza mechanických vlastností textilií.....	35

3.4.1	Pevnost v tahu a tažnost textilií.....	35
3.4.2	Ohybová tuhost textilií.....	35
3.4.3	Výsledky	36
4	Diskuse.....	49
5	Návrh doporučení pro praxi.....	51
6	Závěr	52
	Seznam použité literatury.....	54
	Seznam příloh	56
	Příloha A: Hodnoty pro výpočet tloušťky textilií	57
	Příloha B: Hodnoty pro výpočet nasákavosti vody	58
	Příloha C: Hodnoty pro výpočet nasákavosti oleje	61
	Příloha D: Grafy tažnosti z trhacího stroje – 100% banánové textilie	64
	Příloha E: Grafy tažnosti z trhacího stroje – Textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken	68
	Příloha F: Grafy tažnosti z trhacího stroje – Termicky spojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken.....	72
	Příloha G: Hodnoty měření pevnosti v tahu textilií	76
	Příloha H: Hodnoty měření tažnosti textilií	78
	Příloha I: Hodnoty měření ohybové tuhosti textilií.....	80

Seznam symbolů a zkratek

% – procento

°C – stupeň Celsia

μm – mikrometr

CD – cross machine direction (příčný směr netkané textilie)

cm – centimetr

cm² – centimetr čtvereční

dtex – decitex

g·100⁻¹·cm⁻² – gram na sto centimetrů čtverečních

g·cm⁻³ – gram na centimetr krychlový

g·m⁻² – gram na metr čtvereční

GPa – gigapascal

hm % - hmotnostní procento

kg – kilogram

kg·m⁻³ – kilogram na metr krychlový

l·m⁻² – litr na metr čtvereční

m·min⁻¹ – metr za minutu

MD – machine direction (podélný směr netkané textilie)

mg·cm – miligram centimetr

mm – milimetr

mm² – milimetr čtvereční

mm²·s⁻¹ – milimetr čtvereční za sekundu

MPa – megapascal

N – newton

n_h – hmotnostní nasákavost

θ – malá théta

1 Úvod

Netkané textilie jsou nejrychleji rostoucí sektor textilních materiálů po celém světě. Významná část těchto textilií jsou jednorázové produkty či produkty s nízkou životností, což vede k velkému množství odpadů a problémů s tím spojených. Množství odpadů se pravděpodobně s narůstajícím množstvím populace nebude snižovat, naopak bude narůstat, což není udržitelné. Jako odpověď na tento problém se nabízí vyrábět biodegradabilní či kompostovatelné textilie s nízkou dobou rozpadu. Pro výrobu takových textilií je možné použít rozložitelné polymery nebo přírodní rozložitelná vlákna (především celulózová vlákna), jejichž výroba by nezatěžovala přírodu a nespotřebovávala velké množství přírodních zdrojů jako je pitná voda.

Potenciál pro výrobu takových textilií mají banánová (abaková) vlákna, která se získávají z rostliny *Musa textilis*. Banánová vlákna mají vlastnosti žádoucí pro výrobu a vývoj netkaných textilií pro široké spektrum využití a jejich začlenění by pomohlo podpořit udržitelnost a zároveň snížit závislost na syntetických materiálech. Nejdříve je však nutné řešit problémy týkající se dodávek vláken, nákladů na výrobu a samotných technik zpracování.

Práce se bude zabývat technikou výroby netkaných textilií z banánových vláken, přípravou různých vzorků netkaných textilií z banánových vláken a testováním vlastností vyrobených textilií.

2 Teoretická část

2.1 Banánová vlákna

Vlákna získaná z rostliny *Musa textilis* neboli banánovníku textilního mohou být nazývána banánová vlákna, abaková vlákna nebo manilské konopí. Jedná se o rostlinná vlákna získaná zpracováním listů a pseudokmenů rostlin banánovníku.

2.1.1 *Musa textilis*

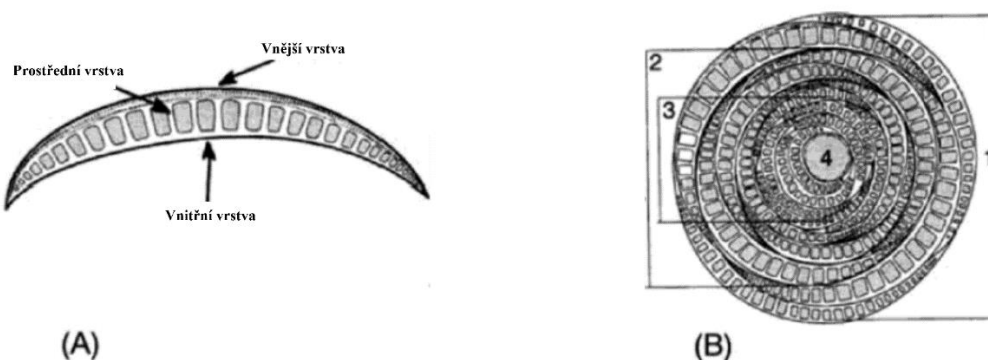
Musa textilis neboli banánovník textilní je rostlina z čeledi banánovníkovitých, která je původem z Filipín, postupně rozšířena na Borneo, do Indonésie, střední a jižní Ameriky a později i do jižní a jihovýchodní Asie. Filipíny jsou největším producentem abakových vláken pro výrobu provazů, lan a buničiny pro specializovanou výrobu papíru. Běžně jsou abaková vlákna používána pro výrobu rybářských sítí, ale využití najdou i jako materiál pro čajové sáčky a masová střívka. Abaková vlákna mohou být také alternativou pro tradiční kůrovou (lýkovou) tkaninu, která byla využívána jako tradiční materiál pro oděv v Asii, Africe a Tichomoří.[1]

Banánovník textilní dorůstá výšky více než šesti metrů a může se vyskytovat v několika vyšlechtěných variantách. Jedná se o trvalou rostlinu s celoročním cyklem, která produkuje vlákna po prvních 18–24 měsících a poté může být sklizena každé dva až tři měsíce. Rostliny mají několik stonků, které lze sklízet a které se plně regenerují během jednoho roku. Nejlépe se banánovníku daří v oblastech s vlhkým tropickým počasím, v teplotách mezi 22 °C a 28 °C a v nadmořské výšce 100–140 metrů nad mořem. Velmi důležité je množství srážek, kdy rostlina potřebuje 1800 mm až 2500 mm dobře rozložené dešťové vody ročně. Pokud je plantáž zvolena na místě s ideálními podmínkami pro růst textilního banánovníku, může produkovat vlákna po dobu 15 až 20 let.[1]

Banánovníky plodí pouze jednou a poté jsou káceny, z důvodu nevyužitého prostoru pro další pěstování potravin. Po dozrání a sklizni banánovníku je pseudokmen odříznut a stane se odpadní biomasou, protože banánovník je pro další sklizeň nepoužitelný. Z každé tuny sklizených banánů je přibližně 100 kg ovoce vyřazeno a ze zbytku rostlin vzniknou asi 4 tuny biomasy, to znamená, že z každé sklizně banánů vzniká čtyřikrát tolik odpadní biomasy. Tyto odpady jsou obvykle vyhazovány do jezer a řek nebo spalovány. Pokud se s odpadem z banánovníků nezachází správně, může to způsobit problémy pro životní prostředí, jelikož ve vlhkém prostředí nebo při spálení může produkovat skleníkové plyny. Předpokládá se, že tento rostlinný odpad lze využít racionálnější způsobem, například jako zdroj celulóзовého vlákna pro další využití.[2]

2.1.2 Zpracování banánovníku

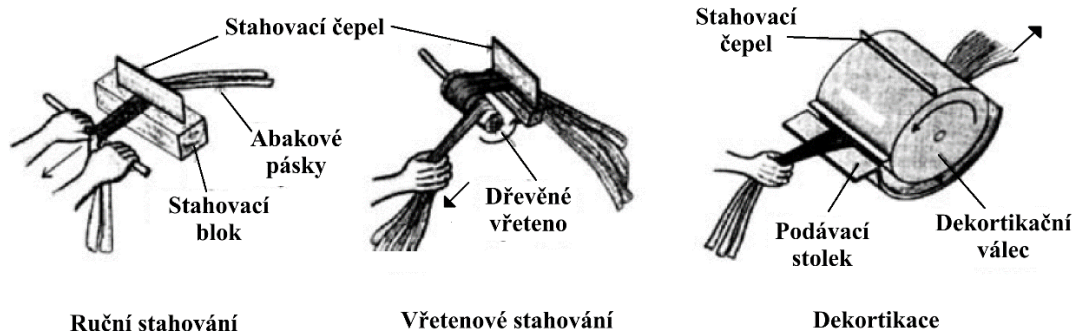
Vláknina jsou extrahována přímo z pseudokmenů rostlin banánovníku, pomocí postupného oddělování částí rostliny od sebe. Nejprve jsou rostliny pořežány a rozděleny na jednotlivé listy, které jsou poté pomocí procesu tuxování rozděleny na tenké pásy. Vláknina jsou uložena náhodně ve všech částech listového pláště (obrázek 1). Vnější vrstvy obsahují primární vláknina o vyšší kvalitě, zatímco vnitřní vrstvy obsahují sekundární vláknina a buničinu. Tuxování se provádí pomocí tenkého nože, který je vložen mezi jednotlivé vrstvy listového pláště a je protažen skrz celou délku listu. Z jednoho listu lze získat 2–4 pásy o šířce 5–10 cm.[3]



[3]

Obrázek 1 – Průřez listovým pláštěm banánovníku (A), Průřez pseudokmenem banánovníku (B):
1 - vnější skupina listových pláštů, 2 - prostřední skupina listových pláštů, 3 - vnitřní skupina listových pláštů, 4 - jádro pseudokmene

Takto získané pásy jsou poté stahovacím nožem rozdělovány na vláknina. Jednotlivé pásy jsou na jednom konci vloženy mezi stahovací čepel a blok, poté jsou rychlým pohybem protaženy skrz, čímž jsou rozděleny na jednotlivá vláknina. Stahování může probíhat několika různými způsoby, jak je ilustrováno na obrázku 2. Ruční stahování, kdy je potřeba pásy vložít mezi stahovací čepel a blok a poté je manuálně protáhnout skrz čepel. Dalším způsobem stahování je stahování pomocí vřetene, kdy je fyzická námaha odlehčena tím, že pásy se po protažení čepelí namotávají na vřeteno, ale celý proces je stále prováděn manuálně. Pro průmyslovou výrobu je možné využívat upravený proces dekortikace (odstranění dřevnatělých částí stonků rostlin pro textilní zpracování). Využívá se dekortikačního válce, na jehož povrchu se nachází několik stahovacích čepelí. Dochází tak k postupnému stahování pásků, které jsou upevněny na podávacím stolku, opakovaným kontaktem s čepelími na otáčejícím se válci.[1, 3]



[3]

Obrázek 2 – Způsoby stahování abakových pásků

Získaná vlákna jsou poté pročešána, pro lepší ojednocení a jsou sušena na slunci, kvůli vysokému obsahu vlhkosti uvnitř vláken. Vlákna se skladují venku dokud není většina vlhkosti z vláken odstraněna, kvůli zabránění plesnivění a tím znehodnocení vláken ve skladech. Suchá vlákna se rozdělují do několika kvalitativních kategorií, v závislosti na jejich barvě. Vlákna z vnějších částí listového pláště jsou přirozeně bílá, zatímco vlákna z vnitřní části listového pláště mají tmavší zabarvení. Bílá vlákna se považují za kvalitnější, z hlediska jejich následujícího zpracování.[1, 3]

2.1.3 Vlastnosti vláken

Abaková vlákna jsou vlákna celulózová, složená z 76,6 % celulózy, 14,6 % hemicelulózy, 8,4 % ligninu, 0,3 % pektinu a 0,1 % vosků a tuků. Řadí se mezi vlákna rostlinná získávaná z listů. Jsou považována za nejpevnější přírodní celulózová vlákna, až třikrát pevnější než sisalová vlákna. Zároveň mají mnohonásobně větší odolnost k degradaci v mořské vodě než většina rostlinných vláken.[1]

V tabulce 1 jsou uvedeny aktuálně dostupné fyzikální a mechanické vlastnosti abakových vláken porovnané s vlákny sisalovými, jakožto rostlinnými vlákny z listů, a s bavlněnými vlákny, jakožto nejpoužívanějšími rostlinnými vlákny.

Tabulka 1 – Vlastnosti banánových vláken [1, 4, 5]

	Abaka	Sisal	Bavlna
Průměrná délka [mm]	15-30	8	30
Průměr [μm]	6–53	12-40	12-20
Hustota [g/cm³]	1,5	1,2-1,45	1,51
Modul pružnosti [GPa]	17,1-18,4	9-12	4,5-11
Pevnost v tahu [MPa]	755-798	570-640	287-800
Navlhavost [%]	5,8	14	8
Obsah celulózy ve vlákně [%]	76,6	66-72	88-96
Obsah ligninu ve vlákně [%]	8,4	10-14	-

Banánové vlákno je vhodnou alternativou ke všem syntetickým a přírodním vláknům. Banánové vlákno je šetrné k životnímu prostředí, neobsahuje chemické látky, není toxické a nezapáchá. Přírodní chladicí a antibakteriální vlastnosti banánových vláken pomáhají zdraví jejich uživatele a jsou stoprocentně bezpečné, protože se při jejich zpracování nepoužívají žádné škodlivé chemikálie a barviva.[6]

Banánová vlákna mají vysoký obsah živin, které podporují růst rostlin/plodin. Zvyšuje produkci nebo výnos a poskytuje ekologickou produkci, což je prospěšné a má vysoký potenciál využití pro výrobu geotextilií používaných pro farmaření.[6]

2.1.4 Využití v průmyslu

Historicky se pseudokmeny banánovníku používaly jako zdroj vláken, kdy nejstarší doklady pocházejí ze 13. století. Jejich obliba se postupně vytrácela poté, co se začala prosazovat jiná vhodná vlákna, jako je bavlna a hedvábí. Po staletí se textilie z banánových vláken vyráběly v Japonsku a Nepálu. Lidé v Japonsku a Nepálu si uvědomovali, že kromě plodů se celý banánovník odřízne a vyhodí jako odpad. Po prozkoumání stromu přišli na to, že ze stonku lze vyrobit pevná lana a díky tomuto objevu postupem času našli i další využití banánového vlákna.[6]

V Japonsku byla banánová vlákna ceněnou náhradou hedvábí a tradičně se z nich tkaly slavnostní oděvy pro bohaté. V Nepálu i v Japonsku se z nejnvtitnějších slupek banánovníku vyráběly látky, které nebyly určeny k výrobě oděvů. Hrubší banánová tkanina se používala na rohožky, rohože na podlahu a sluneční clony.[6]

V posledním desetiletí se v Indii a nyní i v Číně oživil zájem o využití banánového vlákna k výrobě textilií. V posledních několika letech pracuje Tiruchirappalli Regional Engineering College Science and Technology Entrepreneurs Park ve spolupráci s indickým vládním ministerstvem zemědělství na patentovaném stroji, který dokáže účinně přeměnit pseudokmeny banánovníků na vlákno vhodné pro výrobu textilií. Indie bude pravděpodobně místem, kde se textilní výrobky z banánových vláken budou poprvé ve velkém nabízet veřejnosti. Ve velkých banánových oblastech se každoročně povalují tuny vyhozených pseudokmenů banánů, které je možné přeměnit na užitečný textil. Až donedávna neexistovala žádná rychlá a účinná metoda, jak tuto činnost provést. Nyní vyvstává otázka, zda lze banánová vlákna vyrábět ve velkém měřítku a zda jsou tato vlákna ekonomicky životaschopnou alternativou k bavlně. Textilie z banánových vláken mohou rozhodně do značné míry snížit poptávku po bavlně. Textilie z banánových vláken však nejsou schopny zcela nahradit bavlnu, aniž by způsobily vážné ekologické problémy. Banánové vlákno a další celulózová vlákna dobře fungují jako doplňkové vlákno k bavlně, a několik výrobců v Indii a Číně nyní začleňuje banánové vlákno do bavlněných směsových tkanin. Míchání bavlny a banánového vlákna by mohlo vést ke snížení poptávky po pěstování bavlny.[6]

Největší podíl na světové produkci banánů má Indie, následovaná Brazílií, která se na celkové světové produkci podílí přibližně 30 procenty. Mezi ovocem zauímají banány v Indii první místo v produkci a produktivitě. Největším producentem banánů je stát Maháráštra. Banánové vlákno má afinitu k barvám, což usnadňuje tkaní atraktivních vzorů. Tento proces je možná těžkopádný, ale sárí z tohoto vlákna jsou velmi pohodlná a jsou velmi žádaná. Tato sárí jsou velmi příjemná na nošení a mají chladivý účinek. Dodávají se na vnitrostátní i mezinárodní trhy, kde je po nich velká poptávka. Národní výzkumné centrum pro banány v Tamil Nadu provádí studii, a pokud se tento nápad ukáže jako životaschopný, může země brzy očekávat, že domácí trh bude zaplaven řadou textilií a oděvů z banánových vláken.[6]

V současné době se část produkce banánových vláken používá pro výrobu provazů a lan, převážně námořních lan. Další využití nachází banánová vlákna jako materiály pro výrobu filtračních textilií, čajových sáčků, jednorázových textilií nebo výztužná vlákna pro omítky a příměsi do kompozitů. Buničina z rostlin textilního banánovníku se používá pro výrobu speciálních papírů, jako jsou bankovky, filtrační papíry, cigaretové papírky, ekologické tašky nebo masová střívka. Papír vyráběný z banánových vláken by mohl v budoucnu nahradit polyethylenové sáčky.[6, 7]

Banánová vlákna se používají i pro výrobu biodegradabilních lehkých tkanin. V Evropě má na tyto tkaniny patent firma Bananatex®, která tká z přízí vyrobených z nastříhaných proužků papíru z banánové buničiny.[8]

Netkané textilie z banánových vláken se využívají pro lékařské plynové masky a pláště, pleny, nemocniční prádlo či prostěradla.[7, 8]

Největší nevýhodou pro průmyslové využití je v současné době malá dostupnost mimo státy produkující banány. Dovoz vláken do Evropy zvyšuje celkovou cenu produktu a banánové produkty jsou tak podstatně dražší než například bavlněné.

Vzhledem k tomu, že stále více spotřebitelů a značek dbá na udržitelnost, roste poptávka po ekologických materiálech. Lze tak předpokládat, že trend používání ekologických materiálů, jako je banánové vlákno, v módním průmyslu bude v budoucnu pokračovat, což povede k nárůstu výroby a dostupnosti těchto textilií po celém světě. Místní komunity v regionech, kde se banány pěstují, by mohly těžit z ekonomických příležitostí, které by zvýšení produkce banánových vláken přineslo. To může být prospěšné pro udržitelný rozvoj a může to také pomoci zachovat tradiční textilní techniky.[9]

2.2 Netkané textilie

Netkané textilie jsou textilní útvary tvořené jednosměrně nebo náhodně orientovanou vlákennou vrstvou, která je spojena třením, adhezí, kohezí nebo jejich kombinací. Mezi netkané textilie se neřadí papíry a textilie vyrobené technologií tkaní, pletení, splétání, paličkování a všívání. K jejich výrobě je možné použít přírodní staplová i syntetická vlákna o různých délkách, včetně velmi krátkých vláken, která se nedají použít pro jiné technologie zpracování. Netkané textilie mohou vykazovat specifické vlastnosti, v závislosti na jejich použití, například pevnost, tažnost, filtrace, odolnost proti bakteriím, sterilita, měkkost, nasákavost nebo nehořlavost.[10]

Netkané textilie vznikají tvorbou vlákenné vrstvy a poté jejím zpevněním. Tvorba vlákenné vrstvy může probíhat suchou cestou nebo mokrou cestou. Suché metody pro přípravu vlákenné vrstvy zahrnují mechanickou tvorbu vrstvy, aerodynamickou tvorbu vrstvy nebo jejich kombinaci. Přírodní vlákna jako bavlna a vlna jsou zpracovávány výhradně suchými způsoby přípravy vrstvy, ale tyto technologie lze využít i pro zpracování polymerních vláken ve formě stříže. Typickou metodou tvorby vlákenné vrstvy je mykání a následné kladení.[11]

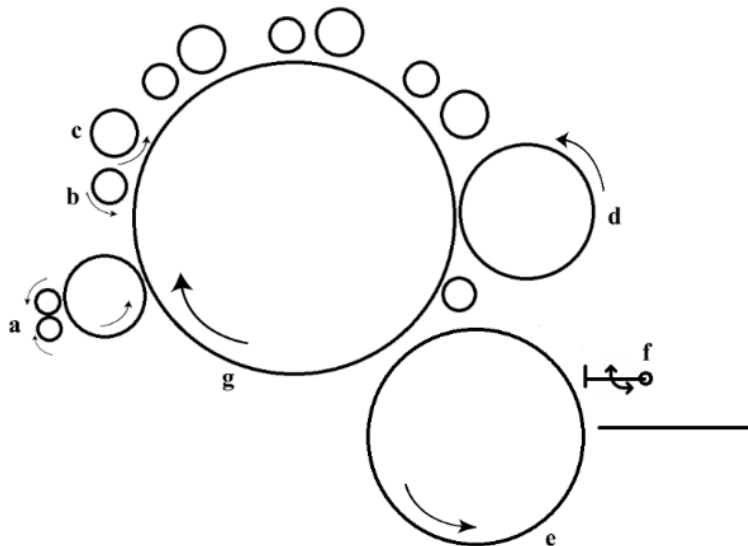
Mokrý metody vychází z metod výroby papíru a jedná se o naplavování vláken nebo výrobu vláknenné vrstvy přímo z polymerů, respektive jejich roztoků či tavenin. Mokrý způsoby výroby netkaných textilií zahrnují technologie spunbond, meltblown a elektrostatické zvlákňování polymerů.

Zpevnění vláknenných vrstev se dělí na mechanické, chemické a termické zpevnění. Mechanické způsoby pevnění mohou probíhat pomocí proplétání, vpichování nebo pomocí technologie spunlace, kdy jsou jednotlivá vlákna ve vrstvě splétána pomocí paprsků vody. Chemické způsoby zpevnění spočívají v nanášení adheziv na vrstvu, a to buď impregnací, pěnou nebo postřikem. Termické zpevnění vrstvy využívá přechodu polymerů do plastického stavu za zvýšené teploty a jejich opětovného zpevnění po ochlazení. Termické pojení může probíhat v teplovzdušných komorách, na lisech či za pomoci kalandrů.[11]

2.2.1 Technologie mykání

Vláknennou vrstvu neboli rouno ze staplových vláken je možné tvořit suchou cestou pomocí mykacího stroje a následného vrstvení vznikající pavučiny. Jedná se o mechanickou tvorbu orientované vláknenné vrstvy, která je dále zpevňována.

Mykání je prováděno na válcovém mykacím stroji (obrázek 3), kde průchodem vláken mezi válci, které jsou pokryté mykacími povlaky – pevným pružným materiálem s kovovými zoubky či drátky – dosahuje stroj rozvolnění vláken.[11]



Obrázek 3 – Schéma válcového mykacího stroje; a – podávací válec, b – obraceč, c – pracovní válec, d – volant, e – snímávací válec, f – sčesávací pilka, g – tambur

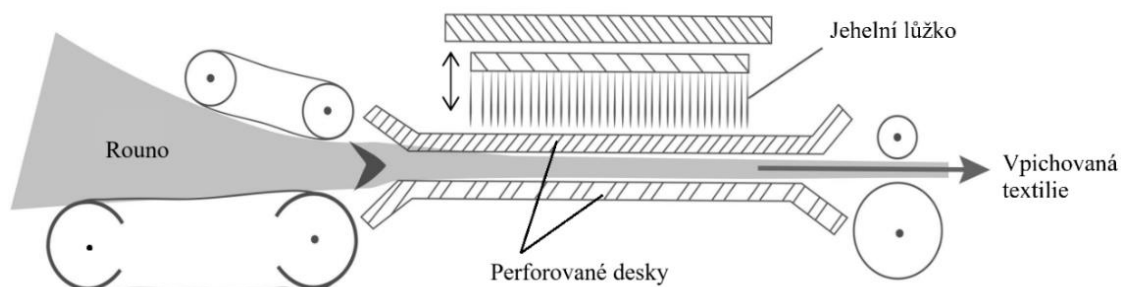
Podávací válece přivádí vlákna na tambur, který je opatřen několika mykacími místy. Ta se skládají z pracovního válce a obraceče. Pracovní válec se otáčí stejným směrem jako tambur, ale přibližně stokrát pomaleji. Zachycuje nerozvolněné chomáčky vláken a přenáší je na obraceč, který je vrací na povlak tamburu. Mykací povlaky na válcích rozbíjí uzly a neuspořádané shluky vláken a následně jednotlivá vlákna vyrovnávají tak, aby byla navzájem rovnoběžná. Tento proces je proveden několikrát za sebou, pokud jsou vlákna zachycena pracovním válcem opakovaně nebo jsou zachycena dalšími pracovními válci na tamburu. Po opakovaném promykání se vlákna dostanou k volant, jehož funkcí je povytahovat vlákna na tamburu. Tím je usnadněn přechod vláken z tamburu na snímací válec. Ze snímacího válce jsou vlákna sčesávána pomocí pilky ve formě orientované pavučiny. Vzniklá pavučina je anizotropní – má rozdílné vlastnosti v různých směrech.[11]

Po mykacím stroji musí být vždy zařazen kladeč, na kterém je z pavučiny tvořeno rovnoměrné rouno, pomocí kladení (vrstvení) pavučiny na sebe. Existuje několik typů kladení. Kladení podélné, kdy je pavučina vrstvena tak, že vlákna jsou v rounu orientována jedním směrem, kladení příčné, kdy dochází ke změně směru kladení pavučiny a tím ke křížení vláken v rounu, a kladení kolmé, kdy je pavučina kladena takovým způsobem, že dochází k vertikální orientaci vrstev, nikoli k horizontální. [11]

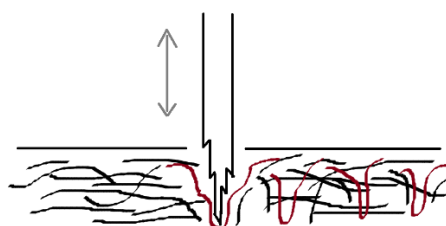
2.2.2 Technologie vpichování

Jednou z technik mechanického zpevnování vlákenného rouna při výrobě netkaných textilií je vpichování. Dochází k vzájemnému provazování svazků vláken pomocí jehel s hroty. Jehly mají většinou trojúhelníkový průřez, ale existuje nespočet typů jehel. Mohou se lišit se tvarem, délkou, počtem hrotů a úhlem odklonu hrotů od těla jehly. V jehelní desce jsou jehly osazeny v několika řadách, které mají hustotu osazení 20-50 jehel na centimetr.

Na obrázku 4 lze vidět, že vlákenné rouno je přiváděno mezi dvě perforované desky, které slouží k přidržení rouna. Jehly usazené v jehelní desce kmitají nahoru a dolů v rozmezí 5-25 mm a rychlostí až 3000 kmitů za minutu. Jehly tak prochází perforovanými deskami až do rouna. Jehly projdou vlákenným rounem a protáhnou skrze něj vlákna, která se zachytí v hrotech, viz obrázek 5. Dojde ke změně orientace vláken v rounu, což způsobí mechanické provázání rouna, jeho zpevnění a ztenčení.[12, 13]



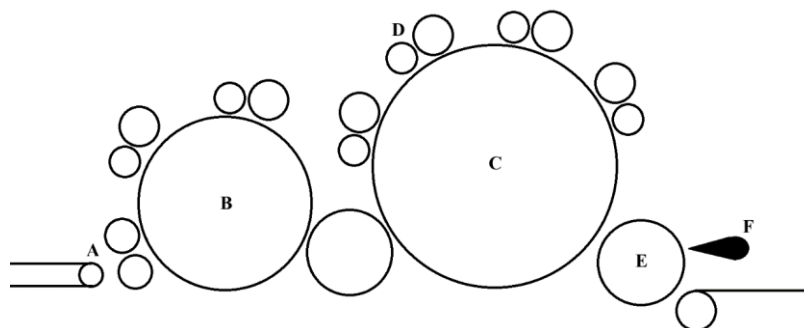
Obrázek 4 – Schéma vpichovacího stroje [14]



Obrázek 5 – Změna orientace vláken při procesu vpichování

Výsledné vlastnosti takto zpevněné textilie lze ovlivnit pomocí typu kladení, typu použitých jehel, hloubky vpichu, rychlosti pohybu jehelní desky, rychlosti přivádění textilie nebo počtem průchodů strojem. Typické aplikace vpichovaných textilií jsou filtrační média, izolace, výplňové materiály, podlahové krytiny, podklady pod koberce, zátěžové koberce a automobilové podhledy.[12]

Vpichovací linka DILO použitá pro tuto práci se skládá z rozvolňovače, mísící šachty, dvoutamburového válcového mykacího stroje, příčného vertikálního kladeče a vpichovacího stroje. Vlákná jsou na začátku stroje vpravena do válcového mykacího stroje, který se skládá z předmykacího tamburu a hlavního tamburu (obrázek 6). Dochází tak ke dvojímu promykání, čímž je zajištěna vysoká uniformita vláknenných vrstev.



Obrázek 6 – Válcový mykací stroj linky DILO; A – podávací ústrojí, B – předmykací tambur, C – hlavní tambur, D – pracovní válec a obraceč, E – snímací válec, F – sčesávací pilka

Výsledná pavučina je dopravena k příčnému kladeči, který skládá pavučinu do vrstev na sebe, přičemž mění orientaci vláken ve vrstvě oproti původnímu směru. Tímto způsobem lze dosáhnout objemné vlákenné vrstvy s různou plošnou hmotností. Linka DILO používá výkyvný vertikální kladeč, který je vybaven dvojicí současně výkyvných pásů, které vrství pavučinu do vlákenné vrstvy skládající se ze šikmých překladů na odváděcím dopravníku.

Vlákenná vrstva je dopravena ke vpichovacímu stroji, kde je možné ovlivnit výsledný produkt pomocí nastavení hloubky vpichu, rychlosti podávání vlákenné vrstvy, počtu vpichů na centimetr čtvereční a rychlosti odtahu vznikající textilie. Dochází zde k přeorientaci vláken a tím ke zpevnění vlákenné vrstvy, redukci tloušťky, ale i ke změně délky a šířky vlákenné vrstvy. Výstupní šíře textilie připravené na lince DILO je 50 cm.

2.2.3 Pojení teplem

Pojení vlákenné vrstvy pomocí tepla se provádí pouze pokud jsou v rounu obsažena syntetická vlákna, která se mohou za zvýšené teploty rozpouštět nebo pokud je aplikován jiný typ pojiva na rouno. Pojení teplem se uskutečňuje pomocí kalandrů, lisů nebo horkovzdušných komor. Tepelně lze pojit i textilie, které byly již pojené mechanicky, například vpichováním.[12]

Vlákenná vrstva obsahující pojivo – nejčastěji bikomponentní vlákna – je na perforovaném pohyblivém pásu dopravena do horkovzdušné komory, ve které cirkuluje horký vzduch. Horký vzduch ohřátý na teplotu dostatečně vysokou pro tání pojiva je proháněn skrze vlákennou vrstvu, čímž dojde k velmi rychlému ohřátí všech vláken v celé vrstvě. Zatímco vlákenná vrstva prochází skrze horkovzdušnou komoru, dochází k rozpouštění pojiva a jeho přeskupení, čímž se formují spoje mezi vlákny. Poté co vlákenná vrstva opustí prostor horkovzdušné komory a dojde ke kontaktu s okolním vzduchem o běžné teplotě, dochází k opětovnému tuhnutí pojiva a tím je vlákenná vrstva zpevněna. [11]

3 Praktická část

Cílem praktické části byl vývoj netkaných textilií vyrobených za použití banánových vláken. Nejprve bylo nutné provést analýzu vláken, která byla používána pro výrobu textilií. Byl navržen postup výroby netkaných textilií pomocí vpichovací linky DILO a bylo navrženo a vyrobeno několik typů textilií. V druhé části vývoje byly testovány mechanické a fyzikální vlastnosti vyrobených textilií, které byly poté vzájemně porovnávány.

3.1 Analýza vláken

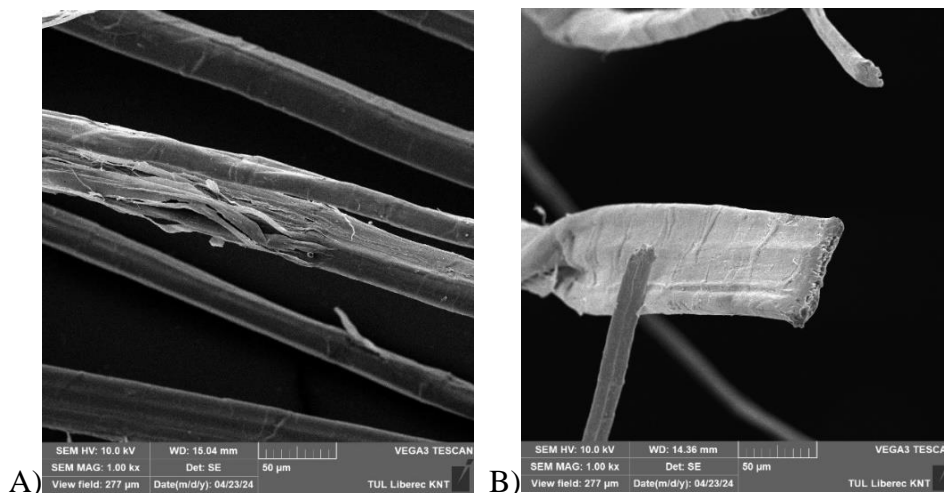
Pro praktickou část této práce byla zakoupena banánová vlákna, u kterých nebyly přiložené dostatečné základní informace pro zpracování. Bylo tak potřeba provést analýzu základních vlastností jako je jemnost a délka vláken. Tyto informace jsou důležitým faktorem pro zpracování vláken v jednotlivých technologiích. Byla provedena také obrazová analýza vláken, s pomocí skenovacího elektronového mikroskopu, pro získání informací o struktuře vláken.

3.1.1 Struktura vláken

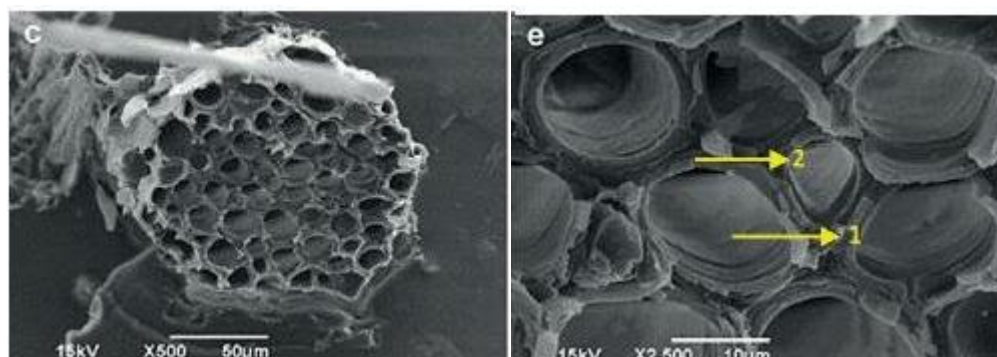
Banánová vlákna byla podrobena obrazové analýze na skenovacím elektronovém mikroskopu. Bylo zjištěno, že vlákna jsou spojena po dvou a více kulatých či oválných vláčkách do větších útvarů připomínajících stužku. Tento jev lze pozorovat na obrázku 7A v levém dolním rohu, na obrázku 7B, kde jsou vidět jednotlivé obrysy kruhových vláken na zobrazeném stříhu vlákna, či na spojeném dvojevlákně v popředí obrázku 7B. Na obrázku 7A lze pozorovat ojednocení banánového vlákna na jednotlivá elementární vlákna.

Dle snímků příčných řezů banánových vláken na obrázku 8, získaných z knihy *Banana Nutrition – Function and Processing Kinetics*, je vidět, že banánová vlákna jsou opravdu složena ze svazků několika elementárních vláken. Ze snímků je také možno pozorovat, že banánová vlákna jsou kruhového průřezu a zároveň jsou dutá. Tato skutečnost by mohla vysvětlovat fakt, že vyrobené textilie plavou na vodě, přestože jejich hustota je vyšší než hustota vody.

Banánová vlákna mohou být tedy popsána jako dlouhé rovné vlákenné útvary složené ze svazků elementárních vláken, s kruhovým průřezem, v jejichž centru je dutina.



Obrázek 7 – Snímky banánových vláken z SEM zvětšení 1000×; A – Podélný pohled na vlákna a elementární vlákna, B – Sřih vlákn



Obrázek 8 – Snímky příčného řezu banánových vláken [15]

3.1.2 Jemnost vláken

Bylo odebráno několik gramů zakoupených vláken pro stanovení průměrné jemnosti. Jemnost vláken byla měřena pomocí zařízení Vibroskop 400. Na přístroji byla nastavena předpínací hmotnost 300 mg. Měření probíhalo tak, že na měřené vlákno bylo pověšeno závaží o předpínací hmotnosti a poté bylo vlákno vloženo do přístroje. Stisknutím ovládacího tlačítka je spuštěno automatické měření – vlákno je uvedeno do přirozené vibrace pomocí delta impulsů a jemnost je odvozena z frekvence vibrací vlákna. Automatické měření zajišťuje jednodušší manipulaci a minimální vliv obsluhy, což vede k přesnějším výsledným hodnotám.[16]

Celkem bylo provedeno 50 měření, z nichž byla poté statisticky počítána průměrná jemnost vláken, směrodatná odchylka a variační koeficient naměřených hodnot.

3.1.3 Délka vláken

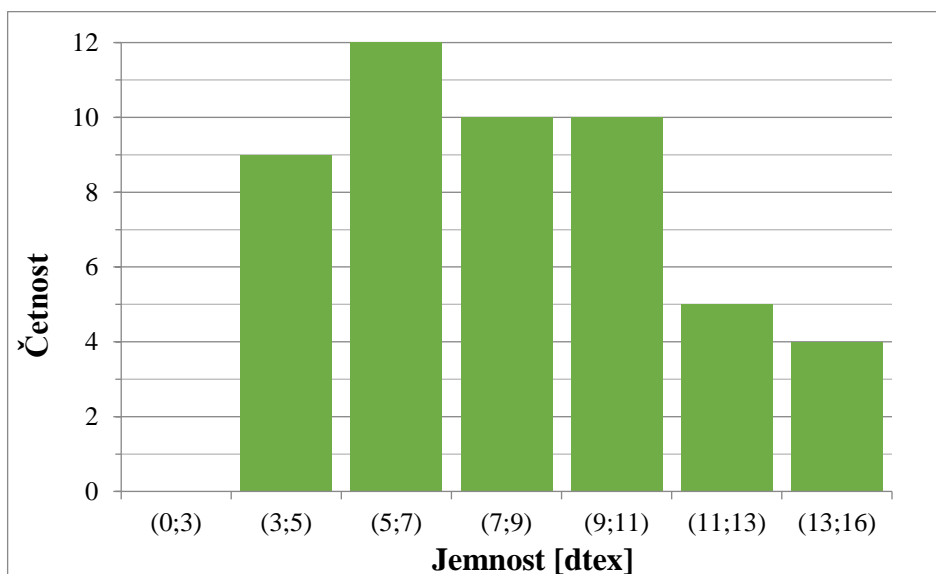
Bylo odebráno několik gramů zakoupených vláken pro stanovení průměrné délky. Délka vláken byla měřena pomocí sametové destičky a pravítka. Jedná se o metodu přímou neboli metodu založenou na měření délky jednotlivých vláken. Jednotlivá vlákna jsou napnuta ručně nebo pomocí pinzety na sametové destičce a poté je pomocí milimetrového pravítka stanovena jejich délka. Jednotlivé délky se zařazují do tříd, z nichž je poté zpracován histogram, součtová křivka nebo staplová křivka.[17]

Celkem bylo provedeno 100 měření, z nichž byla poté statisticky počítána průměrná délka vláken, směrodatná odchylka a variační koeficient naměřených hodnot.

3.1.4 Výsledky

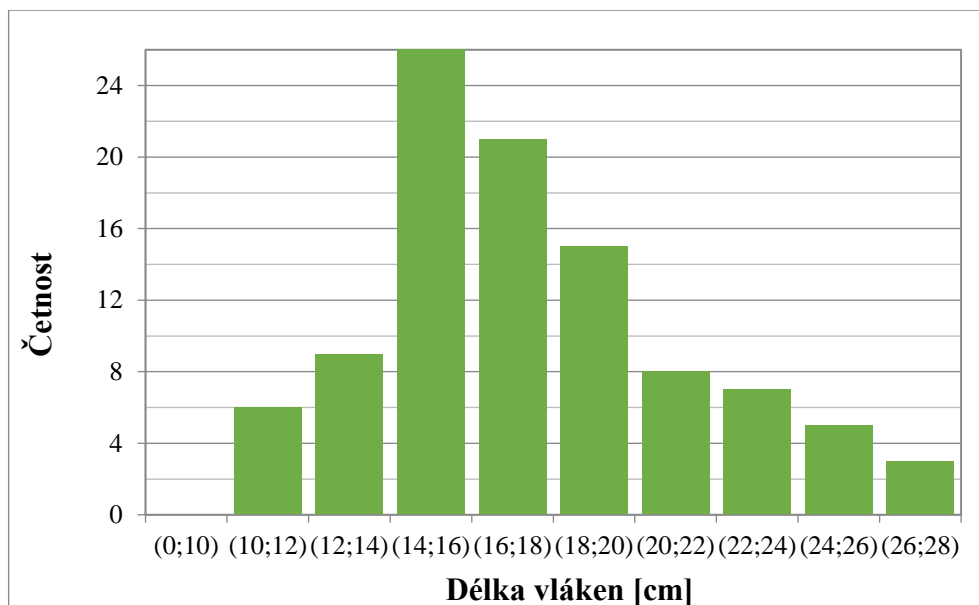
Z naměřených jemností vláken byl zpracován histogram (graf 1) a průměrná hodnota jemnosti banánových vláken byla stanovena jako 8,1 dtex. Směrodatná odchylka provedených měření byla 3,1 a variační koeficient byl 38 %.

Vysoká variabilita jemností vláken se pravděpodobně odvíjí od struktury vláken, respektive od množství jednotlivých vláken spojených dohromady, čímž dochází k zvětšení průměru a tím pádem jemnosti vlákna.



Graf 1 – Histogram naměřených jemností banánových vláken

Naměřené hodnoty délky vláken byly zpracovány do histogramu (graf 2) a byla stanovena průměrná délka vláken, která je 17,5 cm. Směrodatná odchylka měření byla 3,8 a variační koeficient byl 22 %. Naměřená délka vláken indikuje, že se nejedná o elementární vlákna. Tento fakt podporuje zjištění ze skenovacího elektronového mikroskopu, že se jedná o svazky několika elementárních vláken.



Graf 2 – Histogram naměřených délek banánových vláken

3.2 Příprava textilií

Pro praktickou část práce byla navržena příprava netkaných textilií o nízké plošné hmotnosti za využití vpichovací technologie. Lehké textilie byly zvoleny z důvodu šetření materiálu pro prvotní zkoušky zpracování, v případě, že by materiál nebylo možno touto cestou zpracovávat.

Pro přípravu textilií byla použita vpichovací linka DILO, kde byla vlákna rozmykána, vzniklá pavučina byla podélně kladena pomocí výkyvného kladeče a připravená vlákenná vrstva byla mechanicky spojena vpichováním.

Na vstupu do linky DILO bylo připraveno 6 navážek banánových vláken po 80 gramech. Rychlost otáček předmykacího tamburu byla nastavena na 68 m/min, rychlost otáček hlavního tamburu byla 115 m/min, rychlosti otáček pracovních válců byly nastaveny na 15 m/min a rychlosti otáček obracečů byly 30 m/min.

Pomocí vertikálního příčného kladeče bylo kladeno 10 vrstev vlákenné pavučiny, které byly následně dopraveny ke vpichovacímu stroji.

U vpichovacího stroje byla využita pouze jedna ze dvou vpichovacích desek, v níž byly osazeny jehly typu 15×18×36×3 F 333 G. Rychlost odtahu textilie byla nastavena tak, aby docházelo k odvodu textilie bez shrnování či krabacení textilie. Rychlost odtahu byla o 20 % rychlejší než rychlost přiváděného rouna a docházelo tak k lehkému protažení textilie. Hloubka vpichu byla nastavena nejprve na 5 mm a poté na 8 mm. Počet vpichů byl měněn mezi 100 vpichy na cm², 200 vpichy na cm² a 300 vpichy na cm².

Celkem bylo vytvořeno pět typů netkaných textilií z banánových vláken s proměnnými parametry – hloubka vpichu a počet vpichů na cm^2 – jejichž kombinace je uvedena v tabulce 2.

Tabulka 2 – Parametry banánových netkaných textilií

Hloubka vpichu	Počet vpichů / cm^2
5 mm	100
5 mm	200
5 mm	300
8 mm	100
8 mm	200

Pro porovnání měřených vlastností banánových textilií bylo rozhodnuto o vyrobení série textilií s příměsí bikomponentních vláken, které byly podrobeny dodatečnému zpevnění v horkovzdušné komoře.

Pro výrobu těchto textilií bylo použito složení 80 % banánových vláken a 20 % bikomponentních vláken typu Huvis 4. Bylo smícháno 400 g banánových vláken a 100 g bikomponentních vláken, která byla před vložením do linky DILO opakovaně předmykána, pro zajištění rovnoměrného rozložení bikomponentních vláken ve vlákenné vrstvě. Fixní parametry pro výrobu této série textilií byly stejné jako u série 100% banánových textilií, stejně tak jako proměnné parametry (tabulka 3).

Tabulka 3 – Parametry netkaných textilií s příměsí bikomponentních vláken

Hloubka vpichu	Počet vpichů / cm^2
5 mm	100
5 mm	200
5 mm	300
8 mm	100
8 mm	200

Vytvořené textilie s příměsí bikomponentních vláken byly rozděleny dle proměnných parametrů a poté byl každý typ těchto textilií rozdělen na dvě části. Jedna část byla dodatečně pojena v horkovzdušné komoře a druhá část byla uchována pouze jako vpichovaná textilie. Termicky nepojené vzorky těchto textilií byly měřeny jako samostatná série textilií a sloužily jako kontrola změny měřených vlastností mezi 100% banánovými textiliemi a termicky spojenými textiliemi s příměsí bikomponentních vláken, respektive sloužily pro kontrolu toho, zda se vlastnosti změnily již přidáním bikomponentních vláken nebo se změnily až dodatečným termickým spojením.

3.3 Analýza fyzikálních vlastností připravených textilií

Na vzorcích vyrobených textilií byly měřeny jejich mechanické a fyzikální vlastnosti. Stanovením těchto vlastností získáme důležité informace pro určení využití netkaných textilií z banánových vláken v průmyslu.

3.3.1 Plošná hmotnost textilií

Plošná hmotnost neboli gramáž je podíl hmotnosti a specifikované plochy. U textilií se nejčastěji uvádí hmotnost v gramech na metr čtvereční plochy textilie.

Z vyrobených textilií byl vystřížen čtverec o rozměrech 25×25 cm. Tento čtverec byl zvážen na laboratorní váze a výsledná hmotnost byla pomocí trojčlenky přepočítána na hmotnost textilie na metr čtvereční.

3.3.2 Tloušťka textilií

Tloušťka textilií byla měřena pomocí tloušťkoměru SOMET. Dle normy EN ISO 9073-2 pro zjišťování tloušťky netkaných textilií je zkouška provedena pomocí zařízení, které má dvě kruhové vodorovné desky, kdy horní deska či přítlačná patka musí být schopna vertikálního pohybu, a na zařízení musí být měřicí přístroj se stupnicí s dělením po 0,01 mm. Horní deska by měla mít plochu alespoň 2500 mm² a průměr spodní referenční desky by měl být minimálně o 50 mm větší než průměr horní desky. Použitý tloušťkoměr má pouze přítlačnou nohu, mezi textilií a přítlačnou nohu tak byla vždy vložena skleněná destička o ploše přibližně 80 cm², jejíž průměr byl 10 cm. Referenční destička měla průměr 15 cm a stupnice na měřicím přístroji tloušťkoměru měla rozmezí 0-30 mm s dělením po 0,01 mm, čímž vyhovuje zadání normy.[18]

Na každém vzorku textilie bylo provedeno vždy pět měření na různých místech textilie, z nichž byla vypočítána průměrná hodnota tloušťky textilie.

3.3.3 Úhel smáčení

Měření úhlu smáčení bylo zvoleno jako metoda měření smáčivosti vyrobených textilií. Při testování textilií bylo zjištěno, že voda textilii nejen nesmáčí (obrázek 9), dokonce se na povrchu textilie špatně uchycuje.



Obrázek 9 – Měření kontaktního úhlu banánových textilií

Z tohoto zjištění byl vyveden předpoklad, že by textilie mohla být oleofilní, jelikož oleje mají všeobecně nižší povrchové napětí než voda. Tato hypotéza byla potvrzena experimentálně, kápnutím oleje na textilii. Provedení testu kontaktního úhlu s olejem nebylo úspěšné, jelikož dávkovací jehla měla velmi vysoké povrchové napětí a olej se nepodařilo dostat z jehly na textilii.

Bylo rozhodnuto, že měření smáčivosti bude nahrazeno měřením nasákavosti kapalin do textilie.

3.3.4 Nasákavost

Nasákavost je schopnost materiálu přijímat vodu do své struktury. Vzorek 10x10 cm je zvážen, poté je ponořen do kapaliny. Po nasáknutí kapaliny do textilie je vzorek opětovně zvážen. Byla použita rovnice 1, pro výpočet hmotnostní nasákavosti n_h ,

$$n_h = \frac{m_m - m_s}{m_s} \times 100, \quad (1)$$

kde m_s je hmotnost suchého vzorku [g] a m_m hmotnost mokrého vzorku [g] a je vyjádřena v hmotnostních procentech [hm. %].

Hmotnostní nasákavost je využita pro výpočet hmotnosti přijaté kapaliny v gramech na metr čtvereční textilie, pomocí trojčlenky. Vypočítaná hodnota je poté převedena pomocí hustoty kapaliny na litry na metr čtvereční.

3.3.5 Výsledky

Plošná hmotnost 100% banánových textilií se snižovala se zvýšením počtu vpichů na centimetr čtvereční. V tabulce 4 lze pozorovat, že textilie s hloubkou vpichu 5 mm se 100 vpichy/cm² má vyšší plošnou hmotnost než textilie s 200 vpichy/cm², která má vyšší plošnou hmotnost než textilie s 300 vpichy/cm². To platí i pro textilie s hloubkou vpichu 8 mm, kdy textilie se 100 vpichy/cm² má vyšší plošnou hmotnost než textilie s 200 vpichy/cm².

Zvýšením počtu vpichů na centimetr čtvereční docházelo u banánových textilií k většímu protažení vyráběné textilie a tím ke snížení plošné hmotnosti, jelikož stejné množství vláken bylo rozloženo do větší plochy. Plošná hmotnost těchto textilií klesá také s větší hloubkou vpichu, tj. textilie s hloubkou vpichu 5 mm má vyšší plošnou hmotnost, než textilie se stejným počtem vpichů/cm² s hloubkou vpichu 8 mm. S větší hloubkou vpichu docházelo k obdobnému efektu jako u zvýšení počtu vpichů, a to k většímu protažení vyráběné textilie, čímž se snížila její plošná hmotnost.

Plošná hmotnost textilií s příměsí 20 % bikomponentních vláken byla celkově vyšší než plošná hmotnost 100% banánových textilií. Plošná hmotnost příměsových textilií klesala se zvýšením počtu vpichů na centimetr čtvereční, ovšem ne tak výrazně jako u 100% banánových textilií. U textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm² měla nepatrně nižší plošnou hmotnost než textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 300 vpichy/cm², viz tabulka 4. Tato skutečnost může být vysvětlena inherentní nestejnomyšlností vpichovaných textilií a nedostatečným počtem měření plošné hmotnosti. Větší hloubka vpichu u textilií s příměsí 20 % bikomponentních vláken nezpůsobila snížení, ale naopak zvýšení plošné hmotnosti, tj. textilie s hloubkou vpichu 5 mm má nižší plošnou hmotnost než textilie se stejným počtem vpichů/cm² a s hloubkou vpichu 8 mm.

Plošná hmotnost u termicky pojených textilií s příměsí 20 % bikomponentních vláken je stejná jako u textilií s příměsí 20 % bikomponentních vláken, které nebyly termicky pojené, jelikož se jednalo o stejné textilie, z nichž byla polovina odebrána a poté dodatečně pojena v termické komoře.

Tabulka 4 – Plošná hmotnost banánových textilií

plošná hmotnost [g/m²]	100% banánová vlákna	20 % bikomponentní vlákna	20 % bikomponentní vlákna, termicky pojené
5 mm 100 vpichů/cm²	108,80	105,92	105,92
5 mm 200 vpichů/cm²	80,00	95,38	95,38
5 mm 300 vpichů/cm²	64,00	97,27	97,27
8 mm 100 vpichů/cm²	70,40	124,64	124,64
8 mm 200 vpichů/cm²	57,60	100,00	100,00

Tloušťka 100% banánových textilií klesala se zvýšením počtu vpichů na centimetr čtvereční. Z tabulky 5 lze vyčíst, že textilie s hloubkou vpichu 5 mm se 100 vpichy/cm² má větší tloušťku než textilie s 200 vpichy/cm², která má větší tloušťku než textilie s 300 vpichy/cm².

Tloušťka textilií se také klesala s větší hloubkou vpichu, jak je vidět při porovnání hodnot textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichy/cm² a textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 100 vpichy/cm². Tento trend se objevuje i při porovnání textilie s hloubkou vpichu 5 mm s 200 vpichy/cm² a textilie s hloubkou vpichu 8 mm s 200 vpichy/cm², kdy textilie s hloubkou vpichu 8 mm má menší tloušťku, než textilie s hloubkou vpichu 5 mm.

Při technologii vpichování dochází z podstaty procesu ke ztenčení zpevnovaného rouna pomocí přeorientování vláken z povrchu dovnitř rouna, a tak je trend klesání tloušťky vyráběných textilií s větším počtem vpichů/cm² předpokládaným výsledkem. Klesání tloušťky vláken s větší hloubkou vpichu je dáno tím, že jehly přesouvají vlákna z povrchu více do hloubky textilie než při menší hloubce vpichu a dochází tak k většímu ztenčení. Textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken potvrzují trend snižování tloušťky textilie se zvýšením počtu vpichů na centimetr čtvereční a stejně tak potvrzují trend poklesu tloušťky textilie s větší hloubkou vpichu, viz tabulka 5.

U termicky pojených textilií dochází k sledování trendu poklesu tloušťky textilií, s výjimkou textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm², kdy tloušťka textilie je menší než tloušťka textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 300 vpichy/cm² a zároveň je menší než tloušťka textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 200 vpichy/cm², přičemž obě tyto textilie by dle stanoveného trendu měly mít menší tloušťku než textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm². Menší tloušťka textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm² může být způsobena nestejnou měrností vyrobené textilie. Pokud místa, na nichž byla měřena tloušťka textilie byla nižší než zbytek textilie, mohlo dojít ke zkreslení výsledků.

Hodnoty uvedené v tabulce 5 jsou průměrné hodnoty ze tří nebo z pěti měření provedených na jedné textilii. Hodnoty pro výpočet průměrných hodnot jsou uvedeny v tabulkách v příloze A, spolu s průměrnou hodnotou a směrodatnou odchylkou měření.

Tabulka 5 – Tloušťka banánových textilií

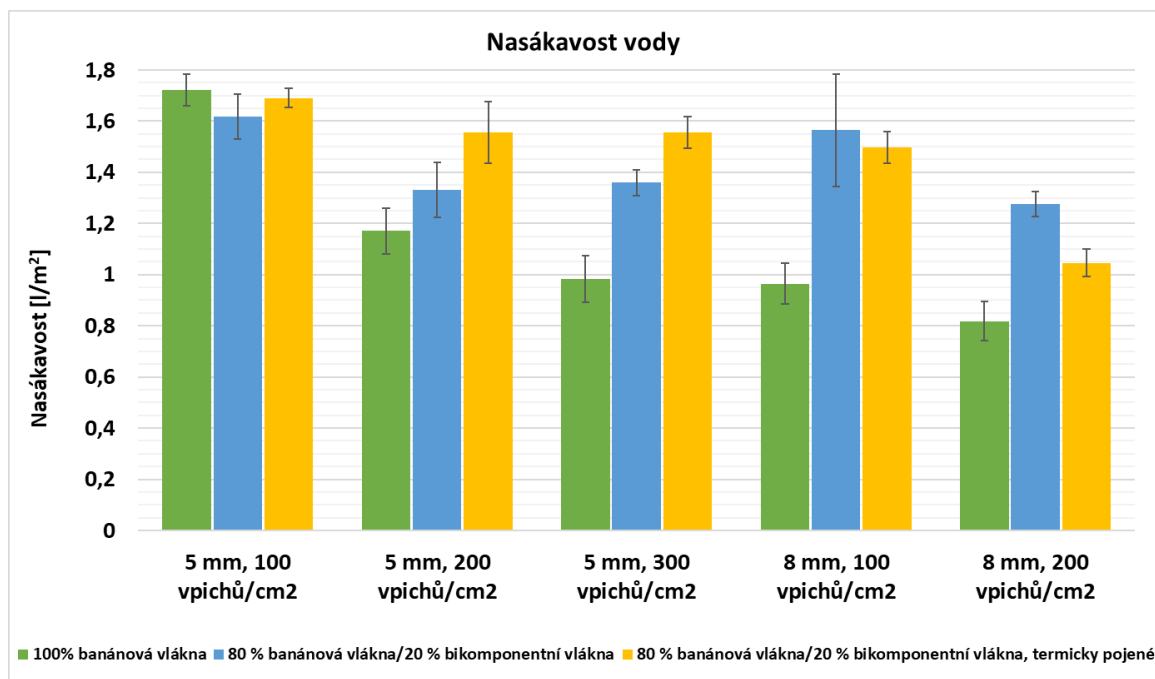
tloušťka [mm]	100% banánová vlákna	20 % bikomponentní vlákna	20 % bikomponentní vlákna, termicky pojené
5 mm 100 vpichů/cm²	3,76	4,08	3,63
5 mm 200 vpichů/cm²	2,81	3,58	2,78
5 mm 300 vpichů/cm²	2,35	2,78	3,05
8 mm 100 vpichů/cm²	2,51	3,03	3,32
8 mm 200 vpichů/cm²	2,34	2,71	3,07

Graf 3 popisuje množství vody, které jsou banánové textilie schopny pojmout do své struktury. Jedná se o průměrné hodnoty spočítané z naměřených hodnot, které jsou uvedeny v tabulkách v příloze B. V tabulce se nachází vždy měřená hmotnost suchého vzorku, měřená hmotnost mokrého vzorku, vypočítaná hmotnostní nasákavost, z ní spočítaná hmotnost vody v gramech na 1 metr čtvereční textilie a konečné množství nasáté vody v litrech na 1 metr čtvereční textilie.

Přestože nejsou smáčené vodou, jsou 100% banánové textilie schopné po prvotním ponoření do své struktury nasáknout přibližně 1 litr vody na metr čtvereční textilie (0,8-1,7 l/m²). Pokud není textilie vnější silou potopena do vody, zůstává plavat na hladině. Množství vody, které je textilie schopna nasáknout do své struktury se odvíjí od plošné hmotnosti textilie. Textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichy/cm² měla největší plošnou hmotnost a zároveň nasákla do své struktury nejvíce vody. Množství vody v textilií lineárně klesalo spolu s klesající plošnou hmotností (klesá s větším počtem vpichů/cm² a s větší hloubkou vpichu). Textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 200 vpichy/cm² měla nejmenší plošnou hmotnost, byla nejvíce řídká a měla tak nejmenší kapacitu pro nasáknutí vody do své struktury.

S příměsí 20 % bikomponentních vláken nasákavost vody nepatrně vzrostla oproti 100% banánovým textiliím, což může být způsobeno tím, že směšové textilie mají vyšší hodnoty plošné hmotnosti (kromě textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichy/cm²) a dochází tak k nasátí většího množství vody do struktury. Tyto textilie nasákly do své struktury mezi 1,2–1,7 l/m² vody. Trend snižování množství nasáknuté vody se snížením plošné hmotnosti přetrvává i u těchto textilií.

Termicky pojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken dosahují přibližně stejných hodnot jako textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken, které nebyly termicky pojené. Do své struktury nasákly 1–1,7 l/m² vody. U některých vzorků dochází k nasátí většího množství vody než u ostatních sérií textilií, u některých naopak dochází k nasátí menšího množství vody než u ostatních sérií. Důvodem může být různé rozložení bikomponentních vláken a procento roztavených vláken, respektive množství vláken, které ubylo ve struktuře a bylo nahrazeno bodovými spoji.



Graf 3 – Nasákavost vody

Byla stanovena hypotéza, že pokud textilie nejsou smáčeny vodou, budou smáčeny olejem, protože oleje mají nižší povrchové napětí než voda a hydrofobní látky proto bývají často oleofilní. Měření nasákavosti textilií bylo tedy provedeno nejen s vodou, ale i s olejem.

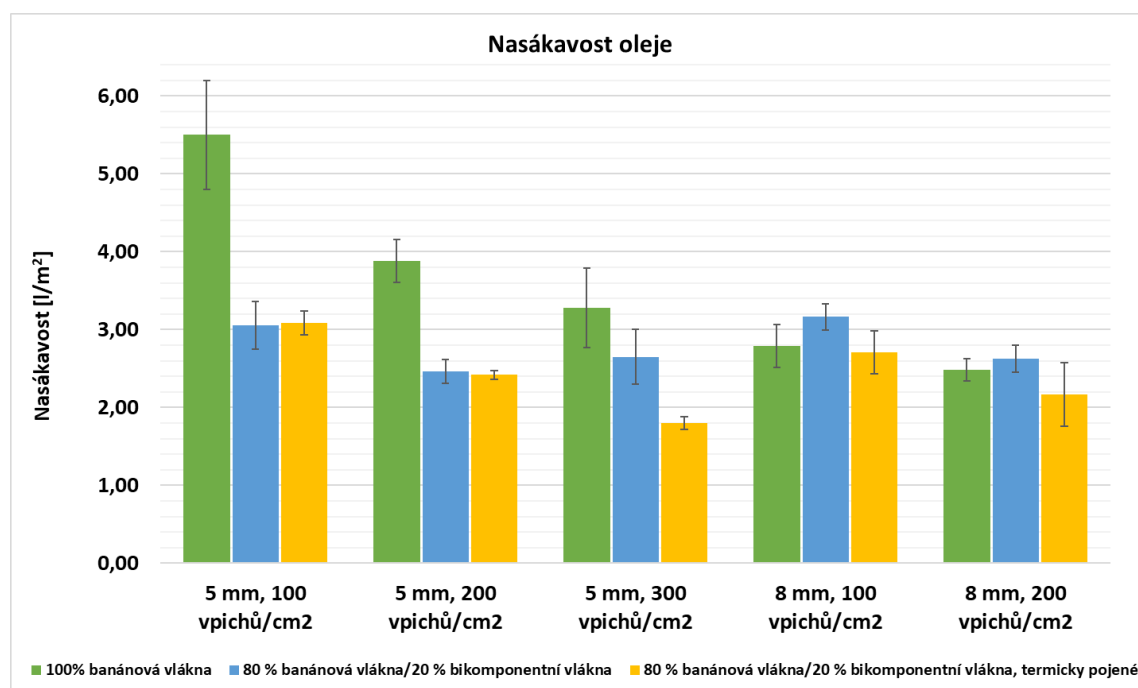
Pro toto měření byl použit motorový olej Mogul Speed 5W–40, který má při 15 °C hustotu 855 kg/m³ a jeho kinematická viskozita při 100 °C (teplota použití v automobilech) je 13,5 mm²/s.[19]

Graf 4 popisuje průměrné hodnoty množství oleje nasátého do struktury textilií. Průměrné hodnoty uvedené v grafu 4 jsou spočítány z hodnot měření uvedených v tabulkách v příloze C. V tabulce je uvedena vždy měřená hmotnost suchého vzorku, měřená hmotnost mokrého vzorku, vypočítaná hmotnostní nasákavost, z ní spočítaná hmotnost oleje v gramech na 1 metr čtvereční textilie a konečný výpočet množství nasátého oleje v litrech na 1 metr čtvereční textilie. Celkové množství oleje nasátého do struktury textilií bylo asi dvojnásobné oproti množství nasaté vody.

100% banánové textilie nasály do své struktury 2,5–5,5 litru oleje na metr čtvereční textilie. Nasály více oleje než obě série textilií obsahující příměs bikomponentních vláken. Množství oleje nasáklého do struktury textilií bylo ovlivněno plošnou hmotností, stejně jako u nasákavosti vody. Textilie s největší plošnou hmotností nasála nejvíce oleje a množství nasátého oleje se lineárně snižovalo s plošnou hmotností textilií.

Textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken nasály mezi 2,5–3 l/m², tedy o něco méně než 100% banánové textilie, přesto se zde vyskytoval trend vlivu plošné hmotnosti na množství nasáté textilie. Zde musíme brát v potaz, že naměřené hodnoty mohou být vyšší než hodnoty naměřené pro 100% banánové textilie u textilií se stejnými parametry proto, že textilie s 20 % bikomponentních vláken mají vyšší plošné hmotnosti, v některých případech téměř dvojnásobné (textilie s hloubkou vpichu 8 mm).

Termicky pojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken dosahují přibližně stejných hodnot jako textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken, které nebyly termicky pojené. Do své struktury nasákly 1,8–3 l/m² vody. Termicky pojené textilie stále sledují trend snižování množství nasátého oleje spolu s plošnou hmotností. Důvodem menšího množství oleje nasátého do struktury těchto textilií oproti textiliím z ostatních sérií může být různé rozložení bikomponentních vláken a procento roztavených vláken, respektive množství vláken, které ubylo ve struktuře a bylo nahrazeno bodovými spoji.



Graf 4 – Nasákavost oleje

3.4 Analýza mechanických vlastností textilií

3.4.1 Pevnost v tahu a tažnost textilií

Pevnost v tahu je největší možné napětí v materiálu při natahování za určených podmínek, kdy materiál odolává, aniž by byl porušen. Udává se jako nejvyšší napětí, kterého bylo dosaženo před roztržením materiálu.

Tažnost textilií je prodloužení textilie vztažené k počáteční délce a je vyjádřena v procentech. V případě měření pevnosti v tahu se jedná o prodloužení textilie při přetrhu. Tato hodnota se pak dále využívá pro výpočet modulu pružnosti v tahu.

Dle normy EN ISO 9703-18 lze pro test pevnosti v tahu a prodloužení při přetrhu pomocí metody uchycení použít jakýkoliv typ zkušebního tahového stroje. Norma udává, že zkušební vzorek, sevřený ve své střední části čelistmi stanovených rozměrů, se prodlužuje konstantní rychlostí, dokud nedojde k jeho přetržení. Zaznamená se maximální síla, kterou vzorek vydržel. Hodnoty síly při přetržení a prodloužení zkušební vzorku se získají ze zvoleného zkušebního přístroje; stupnic, číselníků, autografických záznamových tabulek nebo z propojeného počítače.[20]

Pevnost a tažnost textilií byla testována na trhacím stroji LabTest 4 050. Pro tento přístroj byly připraveny vzorky textilií o rozměrech 5×15 cm, které byly upnuty do čelistí vzdálených od sebe 10 cm. LabTest 4 050 měří sílu pomocí tenzometru a posun je měřen pomocí optického kodéru. Bylo přednastaveno silové zatížení trhacího stroje 5000 N bez provedené práce. Od každé textilie bylo měřeno 5 vzorků, z nichž byl vypočítán průměr a tyto hodnoty byly zaneseny do grafu.

3.4.2 Ohybová tuhost textilií

Ohybová tuhost představuje odpor, který materiál klade vůči ohybu. Pro zjištění ohybové tuhosti u netkaných textilií se využívá norma BS 3356, která popisuje měření délky ohybu. Délka ohybu je rovna délce obdélníkového proužku materiálu, který se svou vlastní vahou ohne do určitého úhlu. Tuhost v ohybu je poměr malých změn ohybového momentu na jednotku šířky materiálu k odpovídajícím malým změnám zakřivení.

Obdélníkový proužek textilie o rozměrech 2,5×20 cm je položen na horizontální plošině, ve směru kolmém na jednu hranu plošiny. Proužek textilie je posunován ve směru své délky tak, že se zvětšující část vzorku posouvá z plošiny a ohýbá se pod vlastní vahou. Když převislá část vzorku dosáhne ohybu pod úhlem 41,5° směrem dolů od horizontální plošiny, délka převisu je rovna dvojnásobku délky ohybu.[21]

Bylo měřeno vždy pět vzorků v podélném směru (MD) a pět vzorků v příčném směru (CD) u každé z vyrobených textilií. Délka ohybu byla spočítána jako průměrná hodnota délky převisu vydělená dvěma. Délka ohybu byla využita pro výpočet ohybové tuhosti G [$\text{mg}\cdot\text{cm}$] pomocí rovnice 2

$$G = 0,10 \times g \times C^3, \quad (2)$$

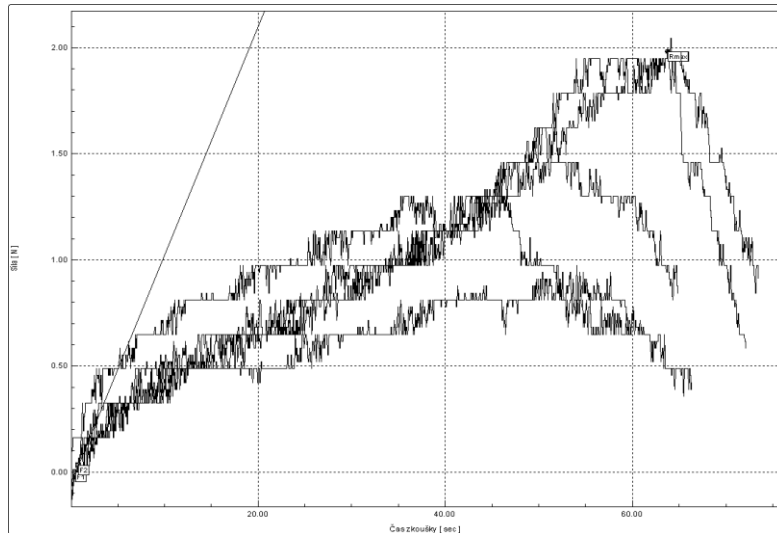
kde g je plošná hmotnost textilie [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$] a C je délka ohybu [cm].

3.4.3 Výsledky

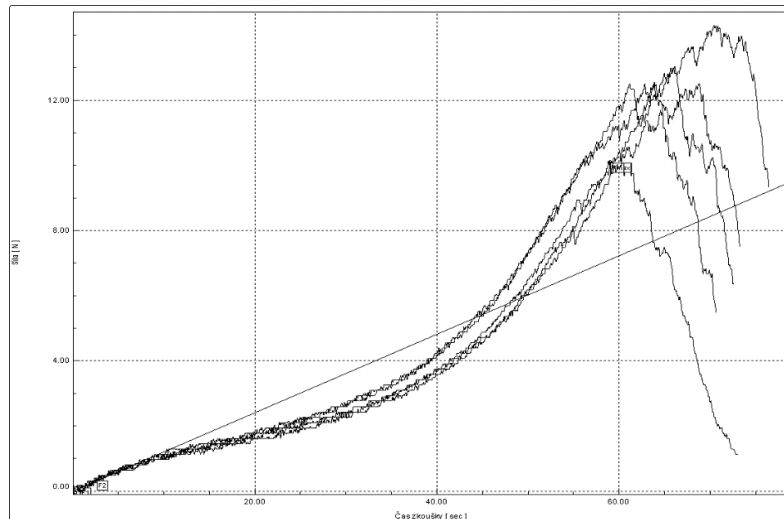
Výsledkem měření pevnosti v tahu na trhacím stroji jsou grafy, které vyznačují křivku tažnosti jednotlivých vzorků. Tahová křivka popisuje sílu, která je použita k protažení vzorku textilie o určitou délku a stoupá až do přetržení vzorku, kde je nejvyšší bod křivky, která poté klesá. Jednotlivé hroty grafu indikují kmitání stroje, a jsou tím viditelnější, čím je pevnost v tahu nižší. Na grafu je zobrazeno vždy několik křivek najednou, v závislosti na počtu měřených vzorků pro danou textilií. Křivky jsou proloženy přímkou, která znázorňuje Youngův modul pružnosti.

Porovnáním tahových křivek mezi 100% banánovými textiliemi, textiliemi s příměsí 20 % bikomponentních látek a termicky pojenými textiliemi s příměsí 20 % bikomponentních vláken se stejnými parametry (v tomto případě 5 mm a 100 vpichů/ cm^2 v podélném směru) můžeme sledovat, že 100% banánové textilie (graf 5) nedosahují vysokých pevností v tahu, tahová křivka má velmi rychlý a neplynulý náběh, zatímco textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken (graf 6) mají náběh pomalejší a plynulý. Termicky pojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken (graf 7) mají rychlejší náběh tahové křivky než textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken, které nebyly termicky pojeny, ale jejich celkový průběh je velmi plynulý a dosahují nejvyšších hodnot pevnosti v tahu.

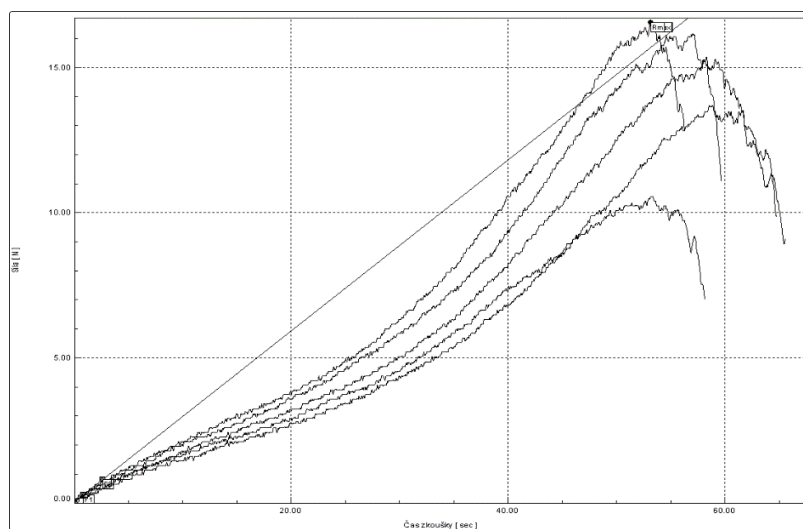
Všechny grafy tahových křivek z trhacího stroje jsou přiloženy k práci v přílohách D, E a F.



Graf 5 – Tahové křivky vzorků 100% banánové textilie (5 mm, 100 vpichů/cm², MD)



Graf 6 – Tahové křivky vzorků textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken (5 mm, 100 vpichů/cm², MD)



Graf 7 - Tahové křivky vzorků termicky pojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken (5 mm, 100 vpichů/cm², MD)

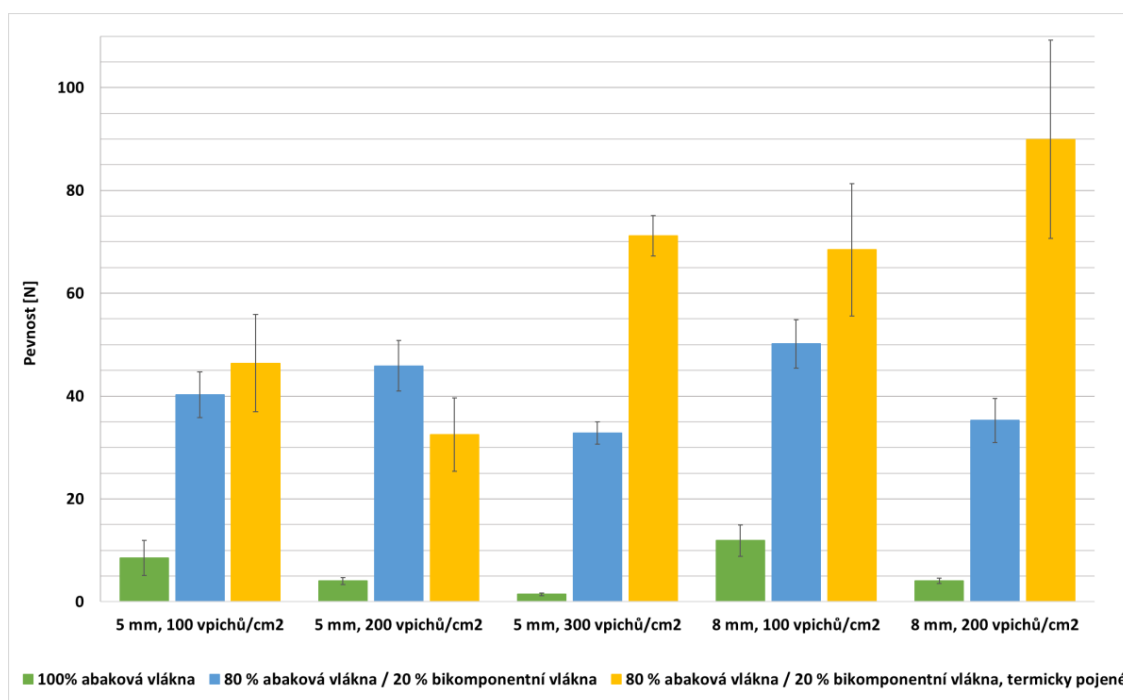
Graf 8 popisuje průměrné hodnoty měření pevnosti tahu textilií v podélném směru. Naměřené hodnoty pro výpočet průměrných hodnot použitých v grafu jsou uvedeny v tabulkách v příloze G, spolu s průměrnými hodnotami a směrodatnými odchylkami měření.

Pevnost v tahu 100% banánových textilií v podélném směru se výrazně nemění u textilií s hloubkou vpichu 5 mm. Vezme-li se v potaz směrodatná odchylka měření, všechny textilie mají přibližně stejnou pevnost v tahu, kolem 1,5 N. Pevnost v tahu textilie vzrostla se zvětšením hloubky vpichu, kdy textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 100 vpichy/cm² má pevnost v tahu 6,3 N. Se zvýšením počtu vpichů ovšem pevnost v tahu textilie opět značně klesá, kdy textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 200 vpichy/cm² má pevnost v tahu pouze 2,5 N. Snížení pevnosti s vyšším počtem vpichů na centimetr čtvereční může být způsobeno tím, že takto lehké textilie se s vyšším počtem vpichů více roztahují, jednotlivá vlákna jsou dále od sebe a mají tak menší soudržnost, která způsobuje nízkou pevnost v tahu.

Pevnost v tahu 100% banánových textilií je celkově velmi nízká, což můžeme pozorovat v grafu 8 při porovnání s textiliemi s příměsí bikomponentních vláken, které dosahují značně vyšších hodnot. Vlákna Huvis 4 byla přimíchána do dalších vzorků textilií s hypotézou, že dojde ke zlepšení mechanických vlastností těchto textilií oproti 100% banánovým textiliím. U textilií s příměsí 20 % bikomponentních vláken můžeme pozorovat značné zvýšení pevnosti oproti textiliím 100% z banánových vláken, což potvrzuje stanovenou hypotézu.

Textilie vyrobené s příměsí 20 % bikomponentních vláken mají několikanásobně vyšší hodnoty oproti textiliím čistě z banánových vláken. Změna počtu vpichů na centimetr čtvereční nejprve zvyšuje pevnost v tahu textilie, jak můžeme pozorovat, když porovnáme textilii s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichy/cm² a textilii s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm². Textilie s vyšším počtem vpichů/cm² má vyšší pevnost v tahu. Pokud je počet vpichů/cm² zvednut na 300, dochází ovšem ke snížení pevnosti v tahu, z důvodu roztažení textilie a snížení soudržnosti vláken, stejně jako u 100% banánových textilií. U textilií s hloubkou vpichu 8 mm pevnost v tahu textilií s příměsí bikomponentních vláken roste se zvětšením hloubky vpichu – textilie s hloubkou vpichu 8 mm mají vyšší pevnost v tahu, než textilie s hloubkou vpichu 5 mm se stejným počtem vpichů/cm².

Termicky pojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken mají podobnou či trochu vyšší pevnost v tahu jako textilie s příměsí bikomponentních vláken, které nebyly termicky pojené. Při zvyšování počtu vpichů/cm² nedochází k výrazné změně pevnosti. Textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichy/cm² má pevnost v tahu 14,5 N a textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm² má pevnost v tahu 12,9 N. Směrodatná odchylka měření těchto textilií ukazuje, že naměřené hodnoty pevnosti v tahu se překrývají, z čehož lze uvažovat, že pevnost v tahu těchto dvou textilií je stejná. Textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 300 vpichy/cm² má vyšší pevnost v tahu než obě předcházející textilie, lze tak uvažovat, že dochází ke zvýšení pevnosti tahu s počtem vpichů na centimetr čtvereční, přestože zvýšení hodnot v grafu 8 není lineární. Tato hodnota může být způsobena nedostatečným počtem měření. Hodnota pevnosti této textilie je průměrována z menšího počtu měření – vzhledem k neplatnému měření – z nichž jedno měření bylo špatné (velmi nízké) a snižuje tak celkový průměr pevnosti v tahu (viz tabulka v příloze G). Pevnost v tahu u textilií s hloubkou vpichu 8 mm je téměř stejná při zvýšení počtu vpichů/cm² – textilie se 100 vpichy/cm² má pevnost v tahu 27,2 N a textilie s 200 vpichy/cm² má pevnost v tahu 28,2 N. Pevnost v tahu výrazně roste s větší hloubkou vpichu. Textilie s hloubkou vpichu 8 mm mají přibližně dvojnásobnou pevnost v tahu oproti textiliím s hloubkou vpichu 5 mm se stejným počtem vpichů/cm².



Graf 8 – Pevnost v tahu banánových textilií v podélném směru

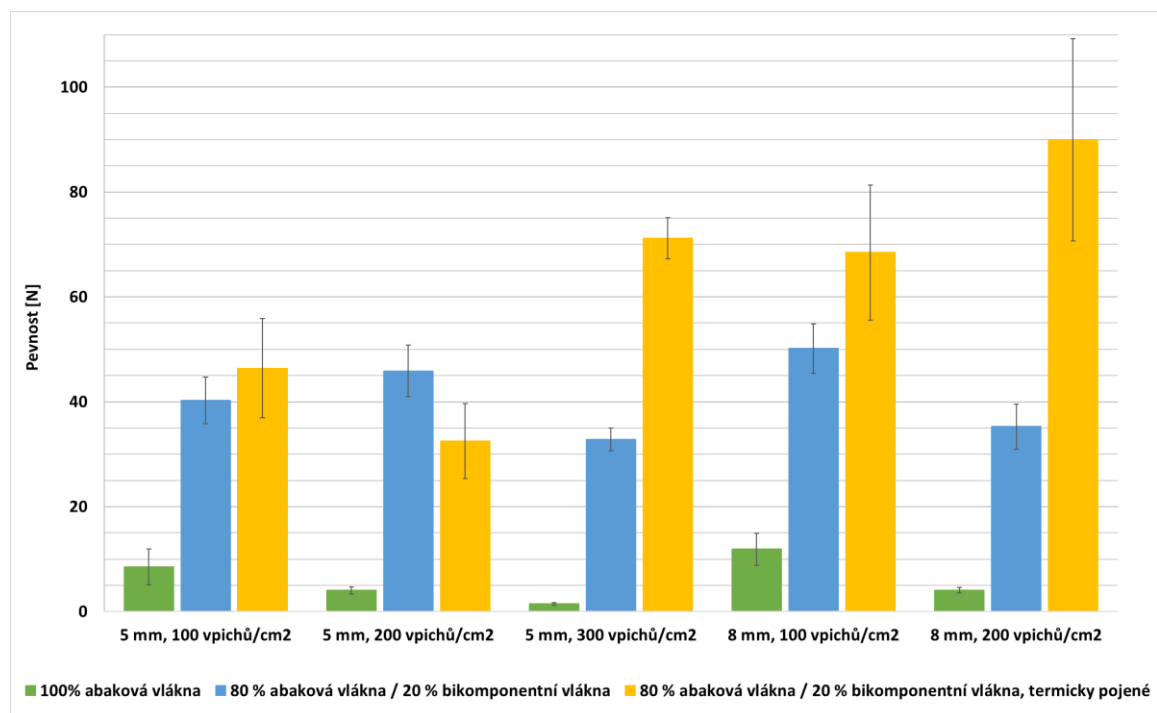
Pevnost v tahu textilií v příčném směru popisuje graf 9. Hodnoty měření, průměrné hodnoty použité v grafu a směrodatné odchytky měření jsou uvedeny v tabulkách v příloze G. Celkově můžeme pozorovat, že pevnost v tahu v příčném směru je dvojnásobná až trojnásobná, oproti pevnosti v tahu v podélném směru.

U 100% banánových textilií můžeme sledovat trend poklesu pevnosti v tahu se zvýšením počtu vpichů na centimetr čtvereční (přestože se jedná o velmi malé hodnoty), a to jak u textilií s hloubkou vpichu 5 mm, tak u textilií s hloubkou vpichu 8 mm. Pevnost v tahu mírně roste s větší hloubkou vpichu, jak je vidět při porovnání textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichy/cm² a textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 100 vpichy/cm², to samé platí pro porovnání textilií s 200 vpichy/cm².

U textilií s příměsí 20 % bikomponentních vláken dochází k mírnému snižování pevnosti v tahu se zvýšením počtu vpichů na centimetr čtvereční. Textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichy/cm² má nižší průměrnou hodnotu pevnosti v tahu než textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm², ovšem jejich směrodatné odchytky se překrývají, tudíž můžeme uvažovat hodnoty za velmi podobné, ne-li stejné. U textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 300 vpichy/cm² dochází k poklesu pevnosti v tahu oproti ostatním textiliím se stejnou hloubkou vpichu. Textilie s hloubkou vpichu 8 mm také sledují tento trend a textilie s 200 vpichy/cm² má nižší pevnost v tahu než textilie se 100 vpichy/cm². Textilie nesledují trend zvyšování pevnosti v tahu v závislosti na hloubce vpichu. Textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 100 vpichy/cm² má vyšší pevnost v tahu než textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichy/cm², ale textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 200 vpichy/cm² má pevnost v tahu nižší než textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm². Snižování pevnosti v tahu může být způsobeno neregulárností vpichované textilie.

Termicky spojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken dosahují téměř u všech vzorků textilií nejvyšších hodnot, s výjimkou textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichů/cm². Při měření tohoto vzorku mohlo dojít k nesejnoměrnostem textilie v místech měření. Pro lepší výsledky by bylo nutné zopakovat měření s větším počtem vzorků, vzhledem k nesejnoměrnosti vpichovaných textilií. Nebereme-li v potaz výsledky textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichů/cm², sledují termicky spojené textilie trend opačný než předchozí série textilií. Pevnost v tahu v příčném směru stoupá se zvyšujícím se počtem vpichů/cm². Pevnost v tahu opět stoupá s větší hloubkou vpichu, jako u předchozích sérií textilií. Pevnost v tahu textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 100 vpichů/cm² je přibližně o polovinu vyšší, než pevnost v tahu textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichů/cm². Pevnost v tahu textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 200 vpichů/cm².

Vysoké hodnoty pevnosti v tahu termicky spojených textilií jsou způsobeny dodatečným spojením v tepelné komoře. Dochází tak k tvorbě pevných spojů a textilie mají vyšší soudržnost než textilie spojené pouze vpichováním, kde jsou spoje tvořené na principu tření a soudržnosti vláken.



Graf 9 – Pevnost v tahu banánových textilií v příčném směru

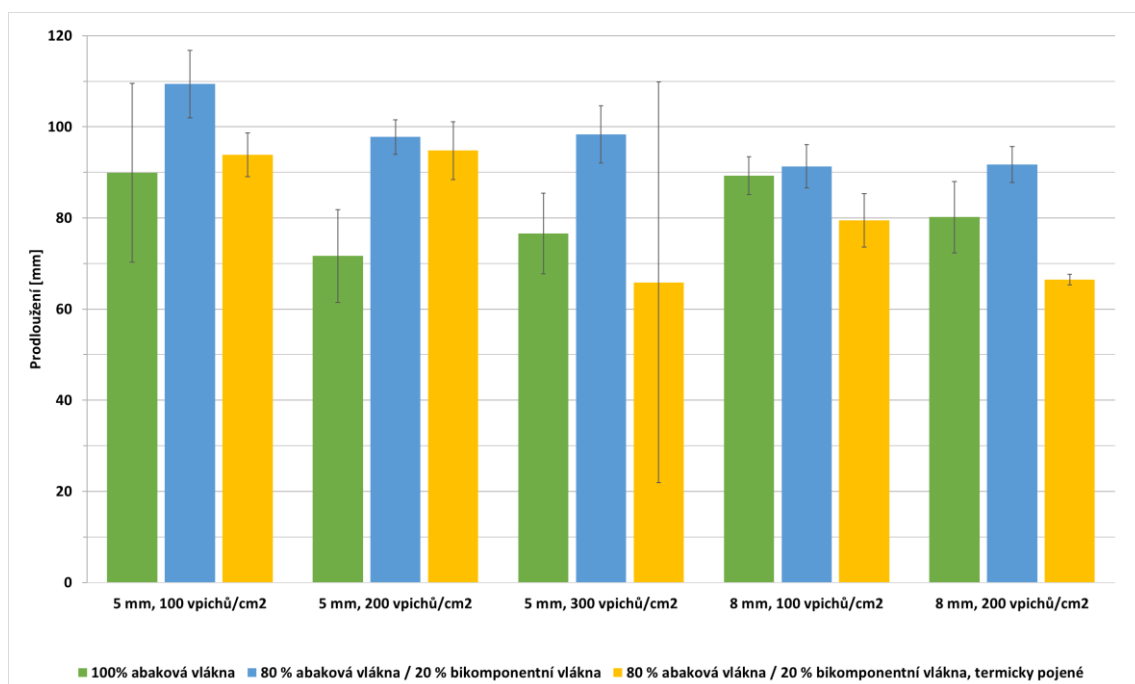
Tažnost připravených banánových textilií v podélném směru je uvedena v grafu 10, ve formě maximálního prodloužení měřeného vzorku působením tahové síly. Hodnoty v grafu jsou průměrné hodnoty z naměřených hodnot, které jsou uvedeny spolu se směrodatnou odchylkou v tabulkách v příloze H.

100% banánové textilie mají velké směrodatné odchylky, to znamená, že mají vysoké rozdíly v měření. Z grafu 10 lze vyčíst, že vezmeme-li v potaz směrodatné odchylky měření, hodnoty prodloužení textilií se pohybují v téměř stejných hodnotách. Dochází k mírnému snížení prodloužení vzorku při zvýšení počtu vpichů/cm², ale při změně hloubky vpichu nedochází k viditelné změně prodloužení textilie.

Textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken dosahují vyšších hodnot prodloužení než textilie 100% z banánových vláken i než termicky spojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken. Bikomponentní vlákna mají vyšší tažnost než banánová vlákna a pro zvýšení tažnosti finální textilie stačí přimíchat do rouna malé množství těchto vláken. Textilie s příměsí bikomponentních vláken mírně ztrácí na tažnosti s vyšším počtem vpichů/cm², celkově se však hodnoty prodloužení textilie významně neliší. Prodloužení textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm² je 97,76 mm, u textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 300 vpichy/cm² je prodloužení 98,31 mm a jejich směrodatné odchylky se překrývají, tudíž můžeme uvažovat, že prodloužení těchto textilií je stejné. To samé platí pro textilií s hloubkou vpichu 8 mm a 100 vpichy/cm², jejíž prodloužení je 91,32 mm, a textilií s hloubkou vpichu 8 mm a 200 vpichy/cm², s prodloužením 91,72 mm. Lze pozorovat mírný pokles tažnosti s větší hloubkou vpichu, kdy textilie s hloubkou vpichu 5 mm mají vyšší prodloužení při přetrhu než textilie s hloubkou vpichu 8 mm se stejným počtem vpichů/cm².

Termicky spojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken mají nižší tažnost než textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken, které nebyly termicky spojené. Termickým spojením vznikají pevné spoje, čímž získáme pevnější, ale méně tažné textilie. Pevné spoje drží textilií a pro natažení musí být přerušeny, čímž dochází k přetrhu textilie dříve, než je maximálně protažena. Hodnoty prodloužení textilií sledují podobný trend jako textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken. Dochází ke snižování prodloužení textilie s větším počtem vpichů/cm², stejně tak se prodloužení snižuje s větší hloubkou vpichu. Textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichy/cm² má téměř stejné prodloužení (93,82 mm) jako textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm² (94,78 mm), kdy směrodatná odchylka první textilie překrývá směrodatnou odchylku druhé textilie a lze tak uvažovat tyto hodnoty jako stejné. Prodloužení textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 300 vpichy/cm² může být ovlivněno měřením, vzhledem k menšímu počtu měření – jedno neplatné měření a jedno špatné měření s velmi nízkou hodnotou (viz tabulka v příloze H), čímž vzniká vysoká směrodatná odchylka.

Tažnost termicky pojených textilií klesá s větší hloubkou vpichu, tj. textilie s hloubkou vpichu 5 mm bude mít vyšší tažnost (prodloužení při přetrhu), než textilie s hloubkou vpichu 8 mm se stejným počtem vpichů/cm².



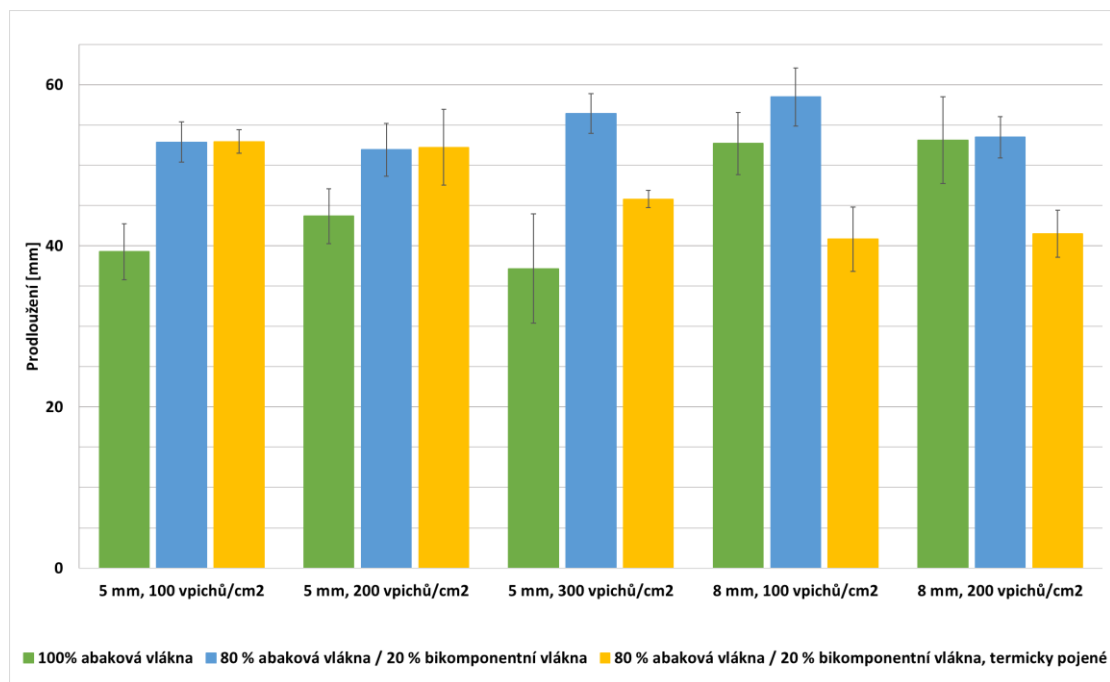
Graf 10 – Tažnost banánových textilií v podélném směru

Graf 11 zobrazuje prodloužení banánových textilií v příčném směru. Jedná se o průměrné hodnoty měření prodloužení působením tahové síly. Naměřené hodnoty prodloužení při přetrhu, průměrné hodnoty a směrodatné odchylky měření jsou uvedeny v tabulkách v příloze H. Prodloužení textilií v příčném směru je celkově menší než v podélném směru.

Prodloužení při přetrhu u 100% banánových textilií v příčném směru nevykazuje výraznou změnu v závislosti na počtu vpichů/cm². Hodnoty prodloužení u textilií s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichy/cm² se pohybuje přibližně ve stejném rozmezí jako textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm² a jejich směrodatné odchylky se překrývají, lze je tedy považovat za stejné hodnoty. U textilií s hloubkou vpichu 5 mm a 300 vpichy/cm² můžeme sledovat pokles tažnosti oproti textiliím s menším počtem vpichů/cm². U textilií s hloubkou vpichu 8 mm dochází k obdobnému jevu, kdy textilie se 100 vpichy/cm² má velmi podobné hodnoty prodloužení jako textilie s 200 vpichy/cm² (40,82 mm a 41,48 mm) a směrodatné odchylky obou měření se překrývají, což znamená, že prodloužení těchto textilií lze považovat za stejné.

Tažnost textilií s příměsí 20 % bikomponentních vláken v příčném směru má opět nejvyšší hodnoty ze všech vyrobených sérií banánových textilií. Hodnoty protažení při přetrhu těchto textilií se pohybují pro všechny vzorky textilií v rozmezí 10 mm, s překrývajícími se směrodatnými odchylkami. Vzhledem k hodnotám s malými rozdíly, nelze pozorovat žádný výrazný trend protažení těchto textilií a hodnoty protažení při přetrhu lze proto považovat za stejné.

U termicky pojených textilií s příměsí 20 % bikomponentních vláken lze pozorovat pokles protažení při přetrhu oproti textiliím s příměsí 20 % bikomponentních vláken, které nebyly termicky pojeny, díky pevným spojům, které vznikají při termickém pojení textilií. U termicky pojených textilií lze sledovat trend snižování prodloužení s vyšším počtem vpichů/cm². Zároveň dochází ke snížení prodloužení s větší hloubkou vpichu. V grafu 11 lze pozorovat mírné lineární snížení prodloužení s přibývajícím počtem vpichů/cm² a se zvětšením hloubky vpichu. Rozdíl v protažení u textilií se 100 vpichy/cm² a s 200 vpichy/cm² není velmi výrazný u textilií s hloubkou vpichu 5 mm ani u textilií s hloubkou vpichu 8 mm.



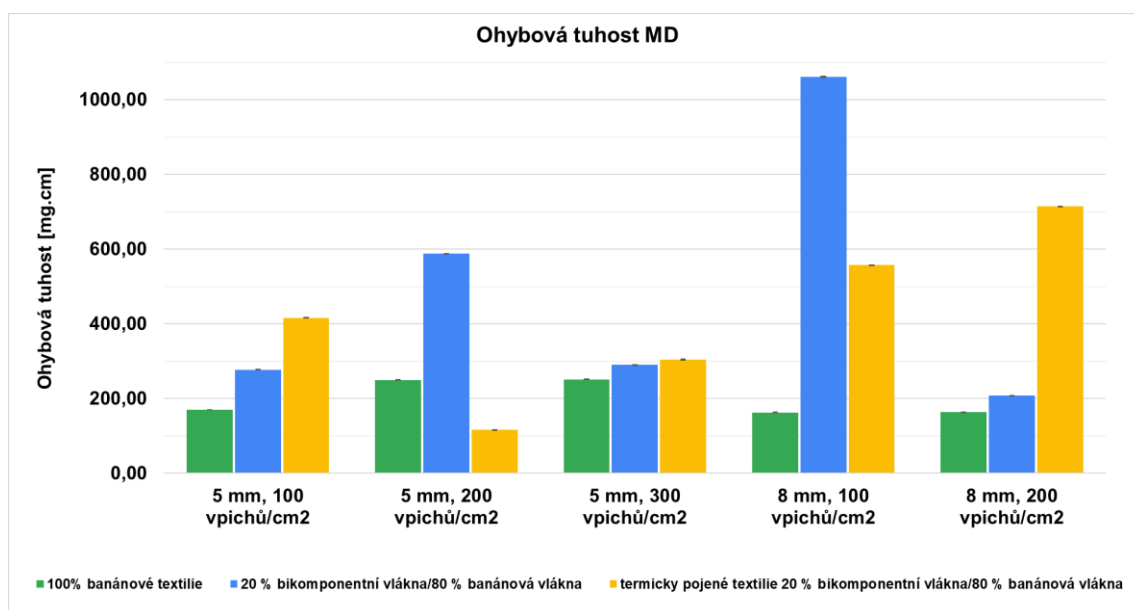
Graf 11 – Tažnost banánových textilií v příčném směru

Ohybová tuhost textilií byla měřena pomocí délky ohybu, respektive délky převisu, z níž byla pomocí normovaného vzorce počítána ohybová tuhost. Měřené hodnoty délky převisu, jejich průměry a směrodatné odchylky jsou zaznamenány v tabulkách v příloze I. Průměrná hodnota délky převisu byla vydělena dvěma a použita jako délka ohybu pro výpočet ohybové tuhosti. Ohybová tuhost v podélném směru pro jednotlivé textilie je zanesena v grafu 12.

Pro 100% banánové textilie s hloubkou vpichu 5 mm lze pozorovat růst ohybové tuhosti se zvýšením počtu vpichů na centimetr čtvereční. Textilie s 200 vpichy/cm² a textilie s 300 vpichy/cm² mají vyšší ohybovou tuhost než textilie se 100 vpichy/cm², ale mezi ohybovou tuhostí těchto dvou textilií není výrazný rozdíl (250,05 mg·cm a 251,55 mg·cm). Lze tedy říct, že ohybová tuhost vzrostla mezi 100 a 200 vpichy/cm², ale poté stagnovala a změna parametrů na 300 vpichů/cm² nijak neovlivnila ohybovou tuhost textilie. Se změnou hloubky vpichu ohybová tuhost textilií klesala. Textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 100 vpichy/cm² má jen nepatrně nižší hodnoty ohybové tuhosti než textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichy/cm² (162,97 mg·cm a 170 mg·cm). Textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 200 vpichy/cm² oproti tomu dosahuje téměř poloviční hodnoty ohybové tuhosti než textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm². Obě textilie s hloubkou vpichu 8 mm mají hodnotu ohybové tuhosti kolem 163 mg·cm, lze tedy říct, že ohybová tuhost textilií v podélném směru s hloubkou vpichu 8 mm nebyla ovlivněna počtem vpichů/cm².

U textilií s příměsí 20 % bikomponentních vláken s hloubkou vpichu 5 mm lze pozorovat zhruba dvojnásobné zvýšení ohybové tuhosti textilie s 200 vpichy/cm², oproti textiliím se 100 vpichy/cm² a 300 vpichy/cm². Textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm² je z těchto tří textilií nejlehčí, čímž lze vysvětlit nejdelší délky ohybu – textilie se ohne vlastní vahou do požadovaného úhlu později, jelikož váží méně a je tak gravitační silou stahována dolů pomaleji. Textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 300 vpichy/cm² má nepatrně větší plošnou hmotnost než textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm². K výpočtu ohybové tuhosti byla použita plošná hmotnost textilií měřena na začátku všech prováděných zkoušek, kde, jak bylo zmíněno u vyhodnocení plošné hmotnosti, mohlo dojít k nesrovnalostem výsledků v důsledku nedostatečného počtu měření či nestejnomyšlnosti textilie. U textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 100 vpichy/cm² lze pozorovat významné zvýšení ohybové tuhosti, přestože má největší plošnou hmotnost ze všech připravených textilií této série. Textilie v podélném směru vykazovala hodnoty podobné jako ve směru příčném a výrazně vyšší než všechny ostatní textilie. K tomuto jevu mohlo dojít vlivem nestejnomyšlnosti textilie v místě, z něž byly připraveny vzorky pro toto měření. Textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 200 vpichy/cm² má nižší ohybovou tuhost než textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm² a lze tak říct, že ohybová tuhost textilií klesá s větší hloubkou vpichu. Pro platnost tohoto trendu bereme měření textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 100 vpichy/cm² jako neprůkazné.

Termicky pojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken mají větší množství pevných spojů tvořených roztavenými vlákny a mají tak vyšší tuhost v ohybu (méně splývají) než textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken, které nebyly termicky pojené. V grafu 12 lze vidět, že tato hypotéza až na výjimky platí (textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichů/cm²). Jak bylo zmíněno výše, měření u směsové textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 100 vpichů/cm² je považováno za neprůkazné a ohybová tuhost termicky pojené textilie se stejnými parametry není považována za výjimku z trendu. U textilií s hloubkou vpichu 5 mm lze pozorovat snížení ohybové tuhosti se zvýšením počtu vpichů/cm². Textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichů/cm² má nižší ohybovou tuhost než textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 300 vpichů/cm², přestože podle trendu by měla být vyšší. Ohybová tuhost textilií byla počítána z naměřených délek převisu (viz tabulka v příloze I), kde průměrná délka převisu této textilie byla asi o třetinu menší než u textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 300 vpichů/cm². To mohlo být způsobeno nestejnou měrností textilie, kdy vzorky pro toto měření mohly být odebrány z části textilie, kde se nacházelo menší množství pevných spojů. Měření také mohlo být ovlivněno nedostatečným narovnáním vzorku před provedeným měřením. U textilií s hloubkou vpichu 8 mm má textilie s 200 vpichů/cm² vyšší ohybovou tuhost než textilie se 100 vpichů/cm². Textilie se 100 vpichů/cm² má vyšší plošnou hmotnost než textilie s 200 vpichů/cm², což způsobí ohnutí vzorku pod vlastní vahou na kratším úseku (menší délka ohybu) než u textilie s nižší plošnou hmotností.



Graf 12 – Ohybová tuhost banánových textilií v podélném směru

Ohybová tuhost v příčném směru pro jednotlivé textilie je zanesena v grafu 13. Měřené hodnoty délky převisu, jejich průměry a směrodatné odchylky jsou zaznamenány v tabulkách v příloze I. Průměrná hodnota délky převisu byla vydělena dvěma a použita jako délka ohybu pro výpočet ohybové tuhosti. Pro výpočet ohybové tuhosti byly použity plošné hmotnosti naměřené v rámci prováděných zkoušek na textiliích, které jsou uvedeny výše v tabulce 4.

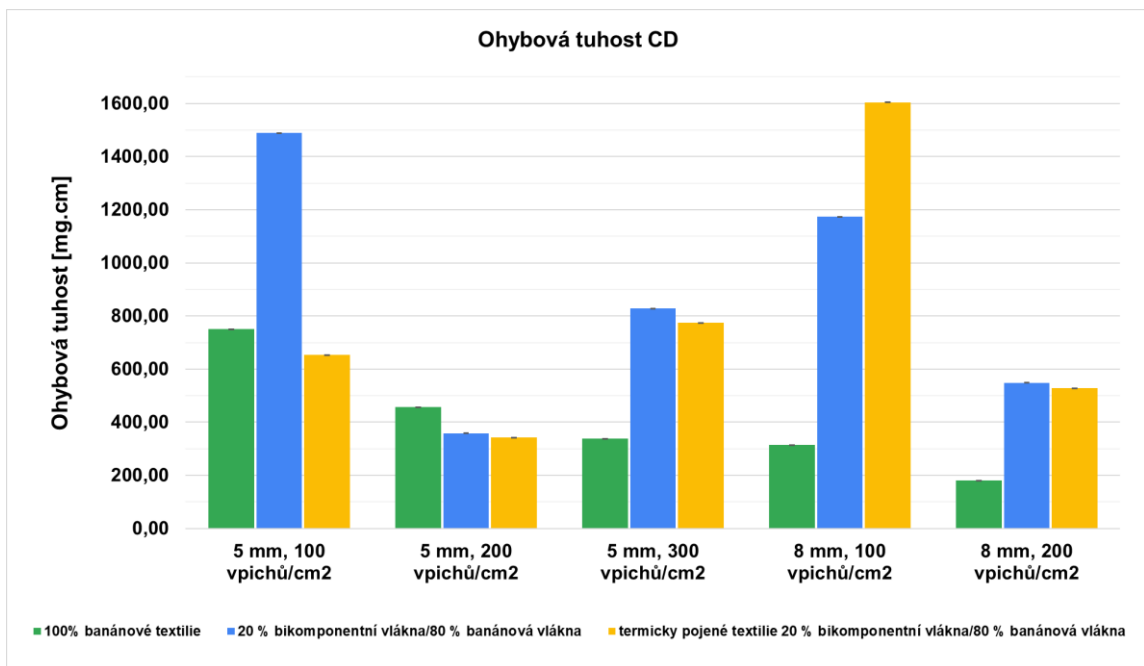
Ohybová tuhost 100% banánových textilií v příčném směru klesá lineárně s větším počtem vpichů/cm² a zároveň klesá s větší hloubkou vpichu.

U textilií s příměsí 20 % bikomponentních vláken lze pozorovat obdobný trend, jako u 100% banánových textilií, kdy ohybová tuhost klesá s větším počtem vpichů/cm² a klesá také s větší hloubkou vpichu. Výjimkou je textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm², u které značně klesla ohybová tuhost a má tak nejmenší ohybovou tuhost z celé série textilií. Nízká ohybová tuhost může být způsobena vyšší plošnou hmotností v místě, z něž byly odebrány vzorky pro toto měření. Ohybová tuhost textilií je nižší u textilií s hloubkou vpichu 8 mm, jelikož tyto textilie mají vyšší plošnou hmotnost než textilie s hloubkou vpichu 5 mm a stejným počtem vpichů/cm², čímž dochází k ohybu vzorku na kratší vzdálenosti (mají kratší délku ohybu).

Termicky pojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken mají velmi podobné (nižší) hodnoty ohybové tuhosti než textilie s příměsí bikomponentních vláken, které nebyly termicky pojeny, s výjimkou textilie s hloubkou vpichu 8 mm a 100 vpichy/cm², která má vyšší ohybovou tuhost než všechny testované textilie.

Ohybová tuhost textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 200 vpichy/cm² je nižší, než u textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 100 vpichy/cm², což může být ovlivněno poklesem plošné hmotnosti. U textilie s hloubkou vpichu 5 mm a 300 vpichy/cm² dochází opět k vzrůstu ohybové tuhosti. To může být způsobeno snížením plošné hmotnosti u měřených vzorků této textilie či větším množstvím pevných spojů vzniklých roztavením bikomponentních vláken.

U termicky pojených textilií s hloubkou vpichu 8 mm lze pozorovat snížení s počtem vpichů/cm², respektive snížení v závislosti na plošné hmotnosti. Zároveň jsou ohybové tuhosti těchto textilií vyšší, než u textilií s hloubkou vpichu 5 mm a stejným počtem vpichů/cm², přestože mají vyšší plošnou hmotnost. Vyšší ohybová tuhost tedy může být způsobena vyšším zpevněním textilie díky větší hloubce vpichu a tím i lepším provázáním textilie. Vyšší ohybová tuhost může také být způsobena obsahem většího počtu pevných spojů v textilii, kdy množství bikomponentních vláken v textilii mohlo být vyšší díky vyšší plošné hmotnosti.



Graf 13 – Ohybová tuhost banánových textilií v příčném směru

4 Diskuse

Pro potřeby práce byla měřena průměrná jemnost a průměrná délka vláken používaných pro tvorbu netkaných textilií. Naměřené hodnoty délky vláken se pohybovaly vysoko nad průměrnou délkou elementárních vláken, která je uvedena v dostupné literatuře. Zpracovávaná vlákna tedy nebyla elementárními vlákny, ale jednalo se o méně ojednocené vlákenné svazky, složené z několika elementárních vláken. Průměrná jemnost byla naměřena větší, než uvádí dostupná literatura, což může být ovlivněno morfologií vláken. V použitých vláknech bylo více vláken slepených v jednom vlákenném útvaru nebo literatura může uvádět jemnosti ojednocených vláken.[15]

V práci byl navržen postup výroby netkaných textilií z banánových vláken, a to pomocí vpichovací linky DILO. Jednalo se o vpichované textilie s nízkou plošnou hmotností, z důvodu šetření materiálu. Byly vyrobeny tři série vzorků se stejnými parametry (textilie 100% z banánových vláken, textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken Huvis 4 a textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken Huvis 4, které byly dodatečně pojeny pomocí horkovzdušné komory), na kterých byly měřeny jejich fyzikální a mechanické vlastnosti. Příměs bikomponentních vláken do hmoty byla zvolena z důvodu porovnání mechanických vlastností textilií, jelikož banánová vlákna nejsou obloučkovaná a vznikl tak předpoklad, že soudržnost textilií 100% z banánových vláken nebude velmi vysoká.

Měřenými fyzikálními vlastnostmi byly plošná hmotnost a tloušťky vyrobených textilií. Tyto vlastnosti byly měřeny především pro popis připravených textilií a pro sledování toho, jak se změní vlivem změny parametrů na vpichovacím stroji a vlivem příměsí bikomponentních vláken. Zajímavým fyzikálním parametrem u banánových textilií byla jejich savost vody. Bylo zjištěno, že textilie nejsou smáčeny vodou a že plavou na hladině, pokud vhozeny do vody. Vlivem vnější síly mohou být potopeny pod hladinu vody a jsou schopny nasát určité množství vody do své struktury. Ze zjištění, že se textilie chovají hydrofobně (z hlediska úhlu smáčení) byla vyvedena hypotéza, že jsou textilie oleofilní. Tato hypotéza byla ověřena experimentálně, ale přesný úhel smáčení oleje se nepovedlo změřit, vzhledem k vysokému povrchovému napětí jehly na stroji pro měření kontaktního úhlu – olej se nepodařilo dostat z jehly na textilii. Byla tedy změřena pouze savost oleje do textilie, která byla několikanásobně vyšší než savost vody.

Z mechanických vlastností byla měřena pevnost v tahu a maximální prodloužení při přetrhu. Tyto vlastnosti byly u 100% banánových textilií velmi nízké, ale s příměsí 20 % bikomponentních vláken se hodnoty těchto vlastností zvýšily. Dále byla měřena ohybová tuhost připravených textilií, kdy několik měření vybočovalo z trendu, což mohlo být způsobeno nedostatečným počtem měření. Pro další výzkum netkaných textilií z banánových vláken by bylo ideální zvýšit počet měření nejen pro ohybovou tuhost, ale i pro jiná měření.

Nedostatky či limitace měření v průběhu práce byly převážně způsobeny nestejnou měřitelností vyrobených textilií. Pro zlepšení měřených výsledků by bylo třeba zajistit vyšší stejnoměrnost po celé ploše vzorku připravené textilie, nebo zvýšit počet měření pro vyrovnání nedostatků způsobených nestejnou měřitelností textilií.

5 Návrh doporučení pro praxi

Hydrofobní povaha banánových vláken by byla zajímavým tématem pro další výzkum, co se týče použití těchto vláken v průmyslu. Zkoumání struktury a chemické povahy vláken by mohlo přijít s vysvětlením, proč se tato celulózová vlákna chovají hydrofobně a oleofilně.

Pro další zpracování vláken pro průmysl by bylo vhodné zkusit z vláken vyrobit netkané textilie o vyšších plošných hmotnostech, než byly vyrobeny pro potřeby této práce. Jelikož se jedná o textilie z přírodních vláken, mohla by být zkoumána i rychlost degradace textilií či přímo samotných vláken.

Banánové netkané textilie by také mohly nahradit některé netkané textilie, jako například zakrývací geotextilie. Ze zjištění, že se jedná o dutá vlákna, lze předpokládat, že banánová vlákna budou dobrým izolantem a netkané textilie z nich vyrobené by se tak daly využít i v oděvnictví, jako výplňové nebo výztužové materiály. Náhradou bavlněných vláken za banánová v rámci netkaných textilií by mohlo dojít ke snížení spotřeby bavlny a tím i ke snížení spotřeby pitné vody pro pěstování bavlníku.

Netkané textilie z banánových vláken by díky svým unikátním sorpčním vlastnostem mohly být využívány pro filtraci olejů v čističkách odpadních vod, či jako textilie pro čištění ropných havárií. Vzhledem k tomu, že vlákna mají vysokou odolnost mořské vodě a připravené textilie plavou na hladině/nejsou smáčeny vodou a velmi dobře sají olej, jejich aplikace pro čištění ropných havárií na moři se jeví jako jasné využití netkaných textilií z banánových vláken.

6 Závěr

V práci byla řešena možnost využití banánových vláken pro výrobu netkaných textilií pro průmyslové využití. Byla provedena rešerše vlastností vláken a aktuálního použití banánových vláken v průmyslu. Bylo zjištěno, že banánová vlákna mají vysokou pevnost a modul tažnosti v porovnání s ostatními přírodními celulóзовými vlákny, mají nízkou navlhavost a velmi dobře odolávají slané vodě. Jejich získávání je ekologické, zabraňuje znečišťování řek a pomáhá se zpracováním odpadního materiálu z pěstování banánovníků pro ovoce. Využití banánových vláken v průmyslu ve větším měřítku by mohlo pomoci snížit spotřebu bavlny a tím i spotřebu pitné vody pro pěstování bavlníku.

Byly zkoumány základní vlastnosti používaných vláken, čímž byla stanovena jejich průměrná délka a průměrná jemnost. Pomocí skenovací elektronové mikroskopie byla zkoumána struktura banánových vláken a bylo zjištěno, že vlákna jsou dutá, jsou kruhového průřezu a jsou slepena rostlinnou hmotou po několika vláknech do svazků.

Byly vytvořeny vzorky lehkých netkaných textilií pomocí technologie vpichování. Celkem byly vytvořeny tři série vzorků textilií, o 5 textiliích se stejnými parametry – textilie 100% z banánových vláken, textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken Huvis 4 a textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken Huvis 4, které byly dodatečně spojeny pomocí horkovzdušné komory. Na vyrobených textiliích byly testovány jejich mechanické a fyzikální vlastnosti, které byly následně porovnávány.

Z mechanických vlastností byla testována pevnost v tahu, maximální protažení při přetrhu a ohybová tuhost textilií. Z fyzikálních vlastností byla měřena plošná hmotnost a tloušťka připravených textilií a poté bylo zkoumáno smáčení textilií. Byl stanoven předpoklad, že textilie bude smáčena vodou, jelikož se jedná o celulózová vlákna. Tato hypotéza nebyla potvrzena a bylo zjištěno, že textilie nejsou vodou smáčeny. Z tohoto zjištění byla vyvedena nová hypotéza – textilie budou smáčeny olejem. Tato hypotéza byla potvrzena, ale nepovedlo se provést měření kontaktního úhlu. Místo měření kontaktního úhlu byla měřena nasákavost textilií. Při tomto měření bylo stanoveno, že textilie z banánových vláken plavou na hladině vody, pokud nejsou potopeny působením vnějších vlivů. Zároveň bylo zjištěno, že textilie sají do své struktury velké množství oleje i na malé množství vláken (nízké plošné hmotnosti textilií).

Banánová vlákna jsou velmi dobrým kandidátem pro velkoplošné využití v průmyslu, nejen jako materiál pro netkané textilie. Banánová vlákna jsou vlákna dutá a mají tak potenciál pro tepelnou izolaci, a tedy i pro využití na výrobu výplňových netkaných textilií. Netkané textilie z banánových vláken mají potenciál pro využití jako textilie pro filtraci olejů či pro čištění ropných havárií.

Seznam použité literatury

- [1] BLACKBURN, Richard S. *Biodegradable and sustainable fibres*. Cambridge: Woodhead publ, 2005. Woodhead publishing in textiles. ISBN 978-1-85573-916-1.
- [2] JIDEANI, Afam I. O., ed. *Banana nutrition: function and processing kinetics*. London: IntechOpen, 2020. ISBN 978-1-83968-528-6.
- [3] MÜSSIG, Jörg. *Industrial Applications of Natural Fibres: Structure, Properties and Technical Applications*. B.m.: John Wiley & Sons, 2010. ISBN 978-0-470-66034-8.
- [4] BOURMAUD, Alain, Johnny BEAUGRAND, Darshil U. SHAH, Vincent PLACET a Christophe BALEY. Towards the design of high-performance plant fibre composites. *Progress in Materials Science* [online]. 2018, **97**, 347–408. ISSN 0079-6425. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmatsci.2018.05.005
- [5] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna: klasická a speciální*. V Liberci: Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7372-844-1.
- [6] KAUR, Anveet. *Banana Fibre is considered to be the next revolution* [online]. [vid. 2024-02-28]. Dostupné z: <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/7654/banana-fibre-a-revolution-in-textiles>
- [7] VIJAYALAKSHMI, K., Ch.Y.K NEERAJA, Ayuodhya KAVITHA a J. HAYAVADANA. *Abaca fiber*. B.m.: Transactions on Engineering and Sciences. září 2014. ISSN 2347-1964. Vol. 2, Issue 9
- [8] BANANATEX® [online]. [vid. 2023-12-31]. Dostupné z: <https://www.bananatex.info/>
- [9] ECOSILKY. Banana fibre uses, advantages and disadvantages. *Ecosilky* [online]. 9. březen 2023 [vid. 2024-02-28]. Dostupné z: <https://ecosilky.com.vn/en/banana-fibre-uses-advantages-and-disadvantages/>
- [10] ČSN EN ISO 9092. *Netkané textilie – Slovník*. B.m.: TECHNICKÁ KOMISE ISO/TC 38 TEXTIL VE SPOLUPRÁCI S TECHNICKOU KOMISÍ CEN/TC 248 TEXTILIE A TEXTILNÍ VÝROBKY. listopad 2019. 12 s., Třídící znak 80 0002
- [11] JIRSÁK, Oldřich a Larry C. WADSWORTH. *Nonwoven textiles*. 700 Kent Street, Durham, NC 27701, USA: Carolina Academic Press, nedatováno. ISBN 0-89089-978-8.

- [12] RUSSELL, S. J. a TEXTILE INSTITUTE, ed. *Handbook of nonwovens*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2007. ISBN 978-1-85573-603-0.
- [13] FUCHS, Hilmar a Wilhelm ALBRECHT, ed. *Vliesstoffe: Rohstoffe, Herstellung, Anwendung, Eigenschaften, Prüfung*. 2., vollst. überarb. Aufl. Weinheim: Wiley-VCH, 2012. ISBN 978-3-527-31519-2.
- [14] Alfarosebud. *Schematische Darstellung des Nadelstuhls*. [online]. B.m.: Wikipedia [online]. 2001. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Vpichov%C3%A1n%C3%AD_\(textil\)#/media/Soubor:Nadelstuhl.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Vpichov%C3%A1n%C3%AD_(textil)#/media/Soubor:Nadelstuhl.jpg)
- [15] SUBAGYO, Asmanto a Achmad CHAFIDZ. Banana Pseudo-Stem Fiber: Preparation, Characteristics, and Applications. In: Afam I. O. JIDEANI a Tonna A. ANYASI, ed. *Banana Nutrition - Function and Processing Kinetics* [online]. B.m.: IntechOpen, 2020 [vid. 2024-05-11]. ISBN 978-1-83968-527-9. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.82204
- [16] *Titer tester - Vibroskop 400* [online]. B.m.: RYCOBEL GROUP. Dostupné z: <https://www.rycobel.com/assets/uploads/downloads/automatische-titer-vibroskop-treksterkte-en-verlenging-vibrodyn/D-51-07-Vibroskop-400.pdf>
- [17] ROĐOMOVÁ, Michaela. *Měření délky vláken (Measuring fiber length)*. Liberec, 2008. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [18] *ISO 9073-2* [online]. B.m.: the International Organization for Standardization. 13. 4. 1989. Dostupné z: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/69a6605e-8f68-450a-8ddf-58dce801a024/iso-9073-4-1989>
- [19] *Mogul Speed 5W-40 Technické informace* [online]. B.m.: PARAMO a.s. Dostupné z: https://eshop.paramo.cz/data/VyrobkovaDokumentace/ti_mogul_speed_5w40_z2.pdf
- [20] *ISO 9073-18* [online]. B.m.: the International Organization for Standardization. 17. 11. 2023. Dostupné z: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/958ad298-b8b2-46ef-b53c-e3772691f688/iso-9073-18-2023>
- [21] *BS 3356:1990 Method for determination of bending length and flexular rigidity of fabrics*. B.m.: British Standards Institution. 31. srpen 1990. ISBN 0 580 19293 8

Seznam příloh

Příloha A: Hodnoty pro výpočet tloušťky textilií.....	57
Příloha B: Hodnoty pro výpočet nasákavosti vody.....	58
100% banánové textilie.....	58
Textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken	59
Termicky spojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken.....	60
Příloha C: Hodnoty pro výpočet nasákavosti oleje.....	61
100% banánové textilie.....	61
Textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken	62
Termicky spojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken.....	63
Příloha D: Grafy tažnosti z trhačího stroje – 100% banánové textilie.....	64
Příloha E: Grafy tažnosti z trhačího stroje – Textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken.....	68
Příloha F: Grafy tažnosti z trhačího stroje – Termicky spojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken.....	72
Příloha G: Hodnoty měření pevnosti v tahu textilií.....	76
Pevnost v tahu v podélném směru (MD).....	76
Pevnost v tahu v příčném směru (CD).....	77
Příloha H: Hodnoty měření tažnosti textilií.....	78
Prodloužení textilie v podélném směru (MD).....	78
Prodloužení textilie v příčném směru (CD).....	79
Příloha I: Hodnoty měření ohybové tuhosti textilií.....	80
Délka převisu v podélném směru (MD).....	80
Délka převisu v příčném směru (CD).....	81

Příloha A: Hodnoty pro výpočet tloušťky textilií

100% banánová vlákna	1	2	3	4	5	průměr	směrodatná odchylka
5 mm, 100 vpichů/cm²	3,61	3,45	3,78	3,88	4,07	3,76	0,24
5 mm, 200 vpichů/cm²	2,4	2,86	2,61	3,07	3,11	2,81	0,30
5 mm, 300 vpichů/cm²	2,68	2,49	2,36	2,2	2,03	2,35	0,25
8 mm, 100 vpichů/cm²	2,36	2,69	2,8	2,37	2,33	2,51	0,22
8 mm, 200 vpichů/cm²	2,69	2,25	2,22	2,31	2,23	2,34	0,20

20 % bikomponentní vlákna	1	2	3	průměr	směrodatná odchylka
5 mm, 100 vpichů/cm²	4,31	4,09	3,84	4,08	0,24
5 mm, 200 vpichů/cm²	4,22	3,39	3,12	3,58	0,57
5 mm, 300 vpichů/cm²	2,93	2,67	2,74	2,78	0,13
8 mm, 100 vpichů/cm²	3,12	2,76	3,2	3,03	0,23
8 mm, 200 vpichů/cm²	2,62	2,8	2,71	2,71	0,09

20 % bikomponentní vlákna, termicky pojené	1	2	3	průměr	směrodatná odchylka
5 mm, 100 vpichů/cm²	3,52	3,89	3,49	3,63	0,22
5 mm, 200 vpichů/cm²	3,11	2,72	2,51	2,78	0,30
5 mm, 300 vpichů/cm²	2,74	3,11	3,29	3,05	0,28
8 mm, 100 vpichů/cm²	3,75	3,21	3	3,32	0,39
8 mm, 200 vpichů/cm²	3,11	2,73	3,36	3,07	0,32

Příloha B: Hodnoty pro výpočet nasákavosti vody

100% banánová vlákna	m_s [g/100 cm²]	m_m [g/100 cm²]	n_h [hm. %]	g/m²	l/m²
5 mm, 100 vpichů/cm²	0,56	9,58	1610,71	1752,46	1,76
	0,64	10,20	1493,75	1625,20	1,63
	0,60	9,84	1540,00	1675,52	1,68
	0,66	11,36	1621,21	1763,88	1,77
	0,74	12,74	1621,62	1764,32	1,77
5 mm, 200 vpichů/cm²	0,64	9,36	1362,50	1090,00	1,09
	0,66	10,44	1481,82	1185,45	1,19
	0,78	13,46	1625,64	1300,51	1,30
	0,72	11,30	1469,44	1175,56	1,18
	0,82	11,90	1351,22	1080,98	1,08
5 mm, 300 vpichů/cm²	0,56	10,30	1739,29	1113,14	1,12
	0,54	8,54	1481,48	948,15	0,95
	1,16	18,56	1500,00	960,00	0,96
	0,86	14,42	1576,74	1009,12	1,01
	1,06	15,46	1358,49	869,43	0,87
8 mm, 100 vpichů/cm²	0,64	9,52	1387,50	976,80	0,98
	0,64	9,78	1428,13	1005,40	1,01
	0,58	8,28	1327,59	934,62	0,94
	0,70	9,06	1194,29	840,78	0,84
	0,58	9,22	1489,66	1048,72	1,05
8 mm, 200 vpichů/cm²	0,40	6,76	1590,00	919,02	0,92
	0,40	6,28	1470,00	849,66	0,85
	0,52	7,62	1365,38	789,19	0,79
	0,50	6,70	1240,00	716,72	0,72
	0,58	8,66	1393,10	805,21	0,81

20 % bikomponentních vláken	m_s [g/100 cm²]	m_m [g/100 cm²]	n_h [hm. %]	g/m²	l/m²
5 mm, 100 vpichů/cm²	0,68	11,30	1561,76	1653,91	1,66
	1,02	17,76	1641,18	1738,01	1,74
	0,84	13,54	1511,90	1601,11	1,61
	1,36	21,40	1473,53	1560,47	1,57
	1,38	21,04	1424,64	1508,69	1,51
5 mm, 200 vpichů/cm²	1,08	17,52	1522,22	1452,20	1,46
	1,18	17,70	1400,00	1335,60	1,34
	1,12	17,66	1476,79	1408,85	1,41
	1,24	17,38	1301,61	1241,74	1,25
	1,30	17,62	1255,38	1197,64	1,20
5 mm, 300 vpichů/cm²	0,96	13,90	1347,92	1311,52	1,32
	1,00	15,28	1428,00	1389,44	1,39
	0,92	13,50	1367,39	1330,47	1,33
	0,88	13,78	1465,91	1426,33	1,43
	0,90	13,10	1355,56	1318,96	1,32
8 mm, 100 vpichů/cm²	1,26	16,96	1246,03	1552,56	1,56
	1,44	16,18	1023,61	1275,42	1,28
	1,26	15,66	1142,86	1424,00	1,43
	1,14	17,38	1424,56	1775,00	1,78
	1,16	17,68	1424,14	1774,48	1,78
8 mm, 200 vpichů/cm²	1,04	13,56	1203,85	1203,85	1,21
	1,06	14,66	1283,02	1283,02	1,29
	1,04	14,94	1336,54	1336,54	1,34
	1,02	13,82	1254,90	1254,90	1,26
	1,14	15,82	1287,72	1287,72	1,29

20 % bikomponentních vláken, termicky pojené	m_s [g/100 cm²]	m_m [g/100 cm²]	n_h [hm. %]	g/m²	l/m²
5 mm, 100 vpichů/cm²	1,36	22,46	1551,47	1643,01	1,65
	1,06	18,02	1600,00	1694,40	1,70
	1,04	17,90	1621,15	1716,80	1,72
5 mm, 200 vpichů/cm²	0,96	15,84	1550,00	1478,70	1,48
	0,86	16,10	1772,09	1690,58	1,70
	0,86	14,24	1555,81	1484,25	1,49
5 mm, 300 vpichů/cm²	0,74	12,34	1567,57	1525,24	1,53
	0,90	14,76	1540,00	1498,42	1,50
	0,80	14,28	1685,00	1639,51	1,64
	0,74	12,18	1545,95	1504,21	1,51
	0,80	13,90	1637,50	1593,29	1,60
8 mm, 100 vpichů/cm²	1,58	20,70	1210,13	1507,82	1,51
	1,38	18,92	1271,01	1583,68	1,59
	1,60	20,52	1182,50	1473,40	1,48
	1,70	21,90	1188,24	1480,54	1,48
	1,54	19,00	1133,77	1412,67	1,42
8 mm, 200 vpichů/cm²	1,50	16,04	969,33	969,33	0,97
	1,38	16,86	1121,74	1121,74	1,13
	1,36	15,54	1042,65	1042,65	1,05
	1,40	15,96	1040,00	1040,00	1,04
	1,56	17,80	1041,03	1041,03	1,04

Příloha C: Hodnoty pro výpočet nasákavosti oleje

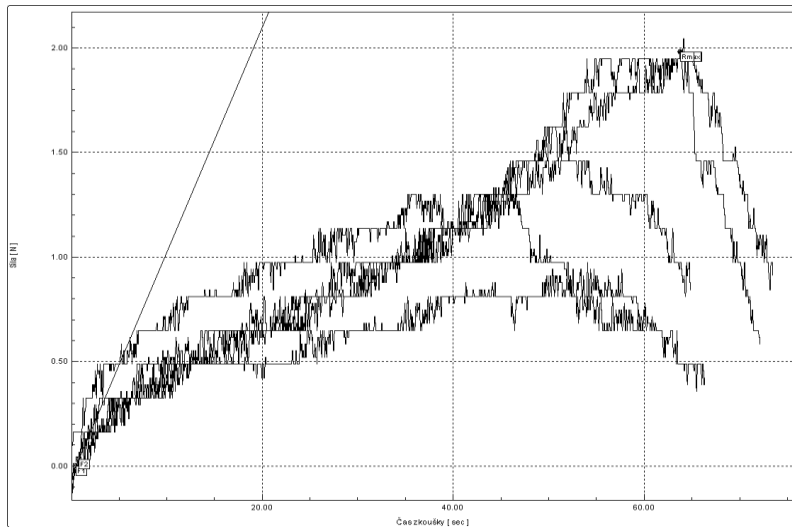
100% banánová vlákna	m_s [g/100 cm²]	m_m [g/100 cm²]	n_b [hm. %]	g/m²	l/m²
5 mm, 100 vpichů/cm²	0,62	30,64	4841,94	5268,03	6,16
	0,54	27,50	4992,59	5431,94	6,35
	0,88	36,10	4002,27	4354,47	5,09
	0,98	39,24	3904,08	4247,64	4,97
	1,10	43,62	3865,45	4205,61	4,92
5 mm, 200 vpichů/cm²	0,84	34,90	4054,76	3243,81	3,79
	0,68	31,14	4479,41	3583,53	4,19
	0,70	29,24	4077,14	3261,71	3,81
	0,78	29,96	3741,03	2992,82	3,50
	0,66	29,70	4400,00	3520,00	4,12
5 mm, 300 vpichů/cm²	0,74	29,84	3932,43	2516,76	2,94
	0,70	24,66	3422,86	2190,63	2,56
	0,86	40,86	4651,16	2976,74	3,48
	0,54	26,40	4788,89	3064,89	3,58
	0,54	28,14	5111,11	3271,11	3,83
8 mm, 100 vpichů/cm²	0,56	21,24	3692,86	2599,77	3,04
	0,48	17,54	3554,17	2502,13	2,93
	0,58	21,66	3634,48	2558,68	2,99
	0,64	20,20	3056,25	2151,60	2,52
	0,70	21,76	3008,57	2118,03	2,48
8 mm, 200 vpichů/cm²	0,50	18,82	3664,00	2117,79	2,48
	0,52	18,30	3419,23	1976,32	2,31
	0,44	17,27	3825,00	2210,85	2,59
	0,52	21,02	3942,31	2278,65	2,67
	0,60	21,66	3510,00	2028,78	2,37

20 % bikomponentních vláken	m_s [g/100 cm²]	m_m [g/100 cm²]	n_h [hm. %]	g/m²	l/m²
5 mm, 100 vpichů/cm²	1,40	34,54	2367,14	2506,80	2,93
	1,04	30,74	2855,77	3024,26	3,54
	1,24	32,82	2546,77	2697,03	3,15
	1,46	34,24	2245,21	2377,67	2,78
	1,44	34,80	2316,67	2453,35	2,87
5 mm, 200 vpichů/cm²	1,20	25,48	2023,33	1930,26	2,26
	1,14	26,42	2217,54	2115,54	2,47
	1,06	24,80	2239,62	2136,60	2,50
	1,14	25,66	2150,88	2051,94	2,40
	1,12	28,08	2407,14	2296,41	2,69
5 mm, 300 vpichů/cm²	0,78	22,78	2820,51	2744,36	3,21
	0,86	21,68	2420,93	2355,57	2,76
	1,06	22,52	2024,53	1969,87	2,30
	1,14	25,64	2149,12	2091,10	2,45
	1,08	25,18	2231,48	2171,23	2,54
8 mm, 100 vpichů/cm²	1,00	22,94	2194,00	2733,72	3,20
	0,86	20,82	2320,93	2891,88	3,38
	0,84	18,94	2154,76	2684,83	3,14
	0,90	20,62	2191,11	2730,12	3,19
	0,94	19,72	1997,87	2489,35	2,91
8 mm, 200 vpichů/cm²	1,04	24,34	2240,38	2240,38	2,62
	1,02	26,22	2470,59	2470,59	2,89
	1,10	24,32	2110,91	2110,91	2,47
	1,12	26,88	2300,00	2300,00	2,69
	1,24	27,56	2122,58	2122,58	2,48

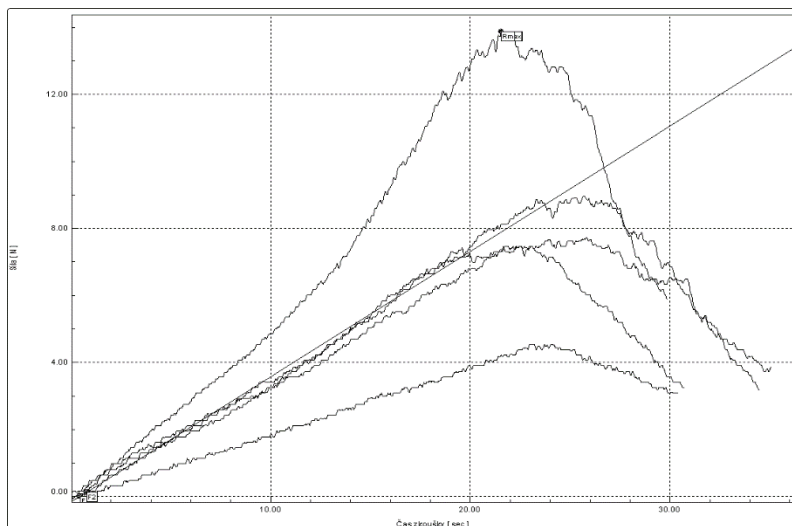
20 % bikomponentních vláken, termicky pojené	m_s [g/100 cm²]	m_m [g/100 cm²]	nh [hm. %]	g/m²	l/m²
5 mm, 100 vpichů/cm²	1,06	28,80	2616,98	2771,38	3,24
	1,02	25,18	2368,63	2508,38	2,93
	1,00	25,90	2490,00	2636,91	3,08
5 mm, 200 vpichů/cm²	1,32	30,66	2222,73	2120,48	2,48
	1,26	28,34	2149,21	2050,34	2,40
	1,28	28,54	2129,69	2031,72	2,38
5 mm, 300 vpichů/cm²	1,38	24,38	1666,67	1621,67	1,90
	1,48	24,24	1537,84	1496,32	1,75
	1,40	23,04	1545,71	1503,98	1,76
8 mm, 100 vpichů/cm²	1,50	27,42	1728,00	2153,09	2,52
	1,48	32,16	2072,97	2582,92	3,02
	1,54	28,74	1766,23	2200,73	2,57
8 mm, 200 vpichů/cm²	1,06	24,66	2226,42	2226,42	2,60
	1,32	25,14	1804,55	1804,55	2,11
	1,52	24,84	1534,21	1534,21	1,79

Příloha D: Grafy tažnosti z trhacího stroje – 100% banánové textilie

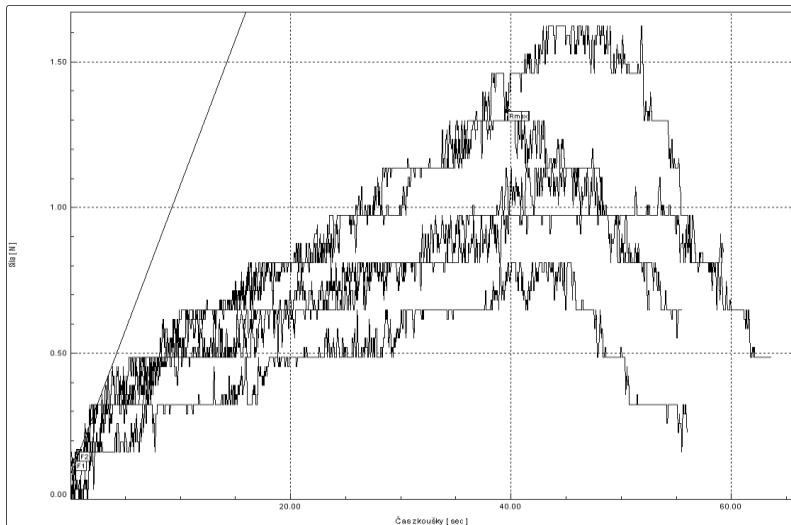
5 mm, 100 vpichů/cm² MD



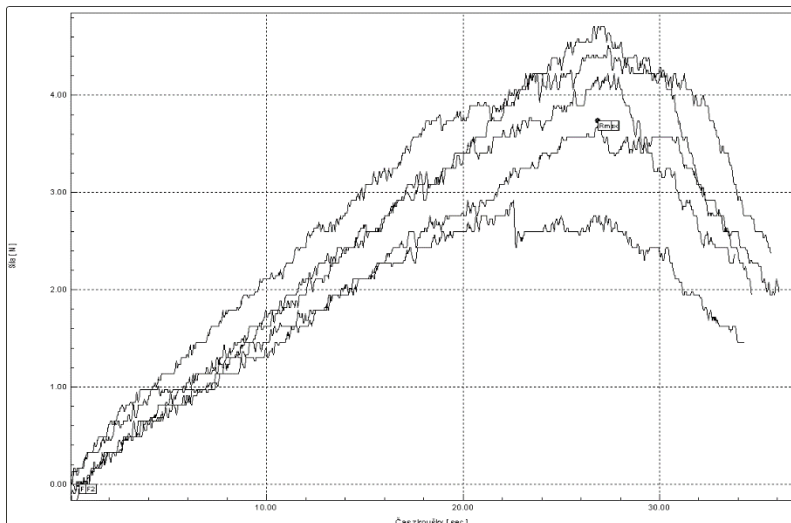
5 mm, 100 vpichů/cm² CD



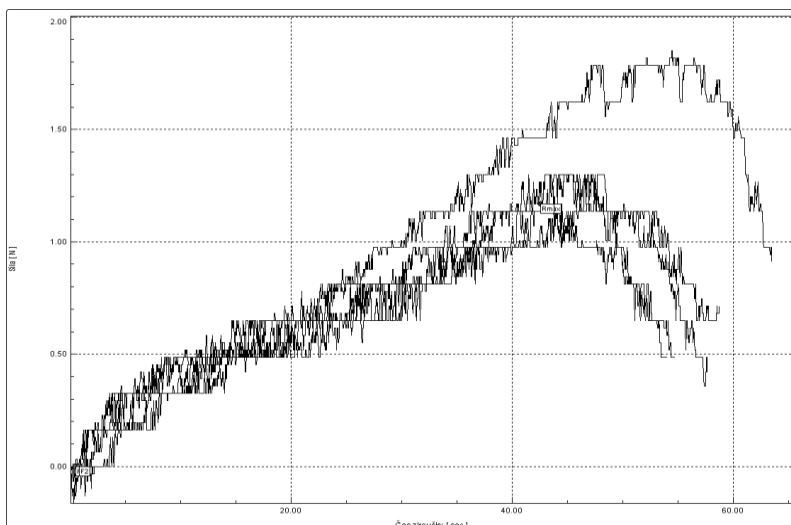
5 mm, 200 vpichů/cm² MD



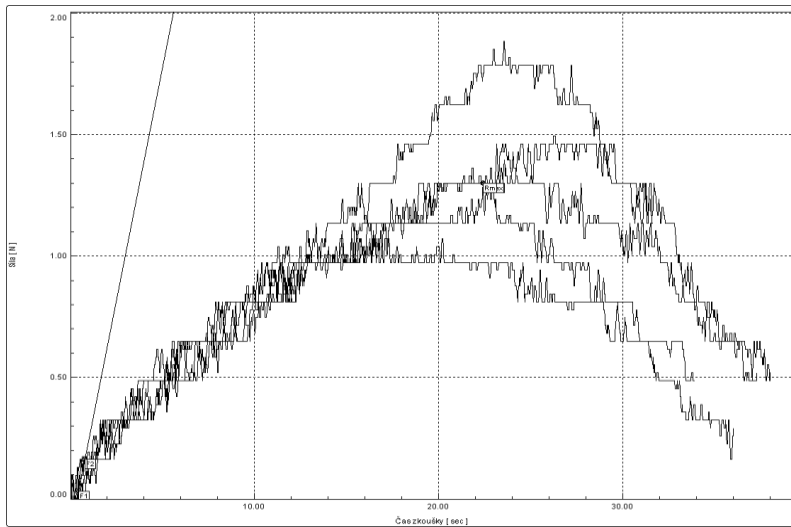
5 mm, 200 vpichů/cm² CD



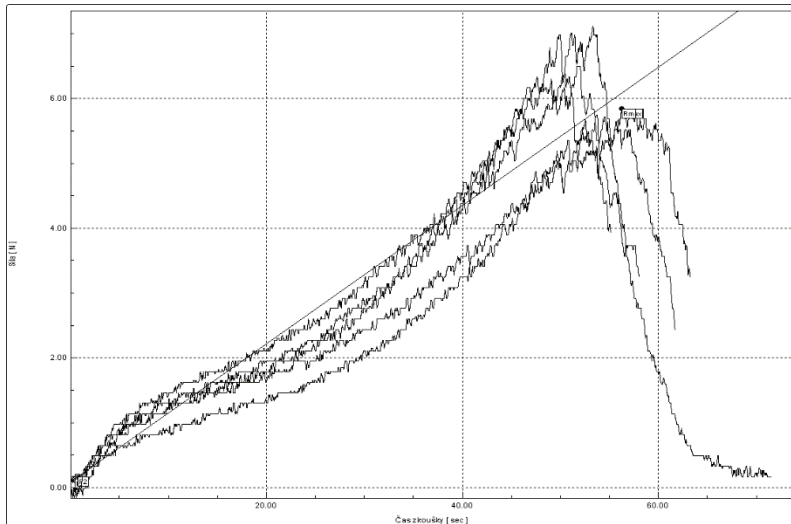
5 mm, 300 vpichů/cm² MD



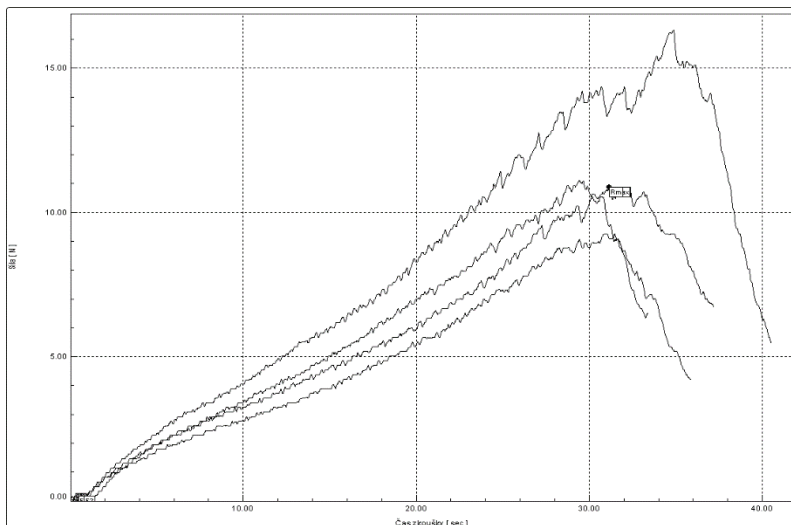
5 mm, 300 vpichů/cm² CD



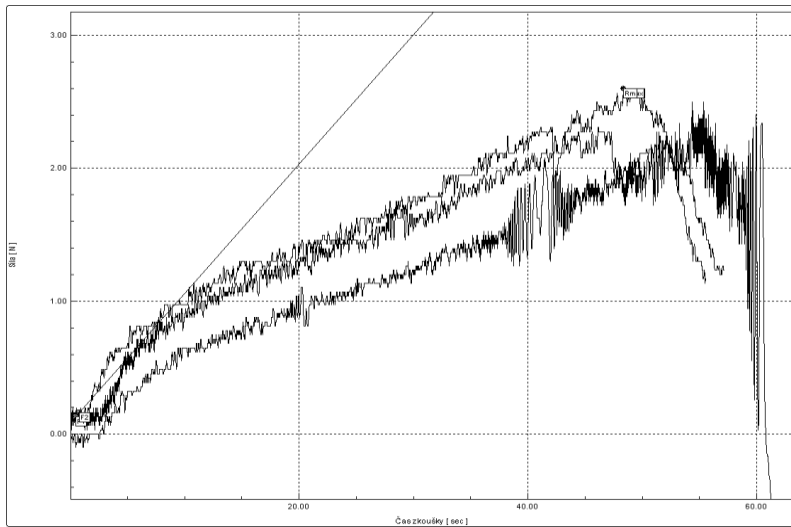
8 mm, 100 vpichů/cm² MD



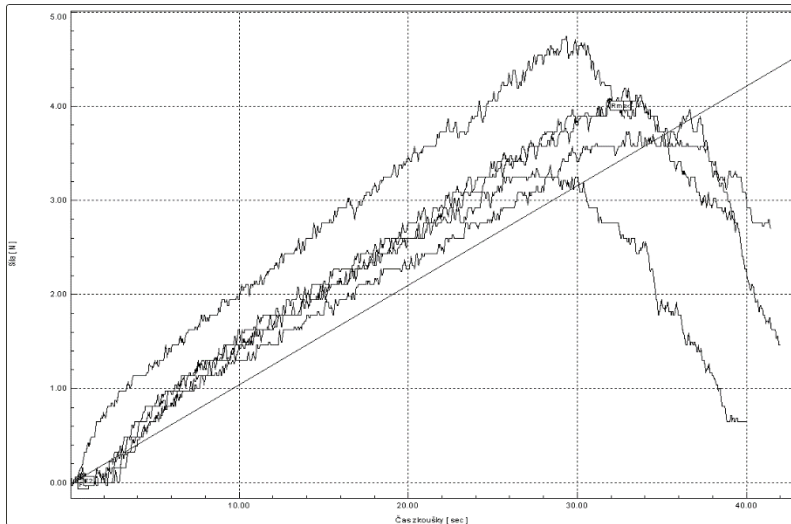
8 mm, 100 vpichů/cm² CD



8 mm, 200 vpichů/cm² MD

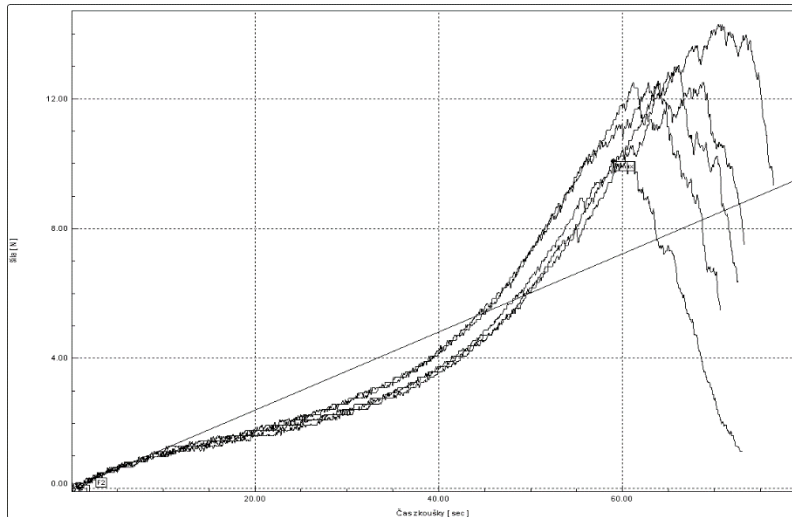


8 mm, 200 vpichů/cm² CD

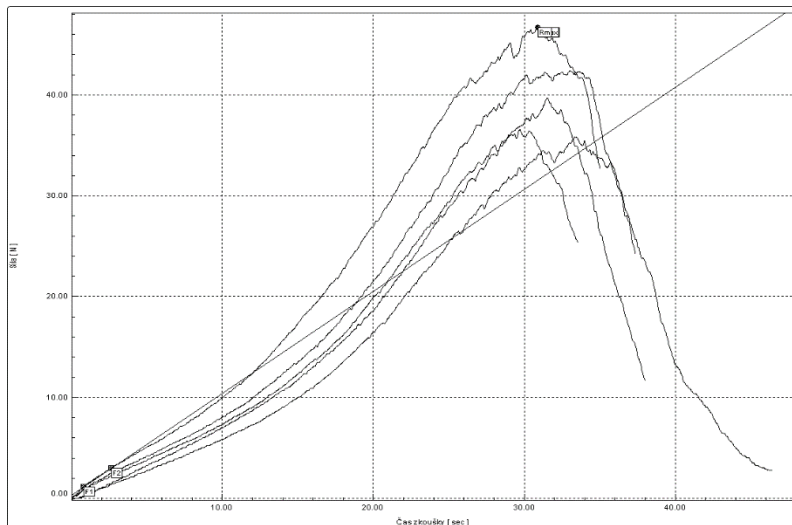


Příloha E: Grafy tažnosti z trhacího stroje – Textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken

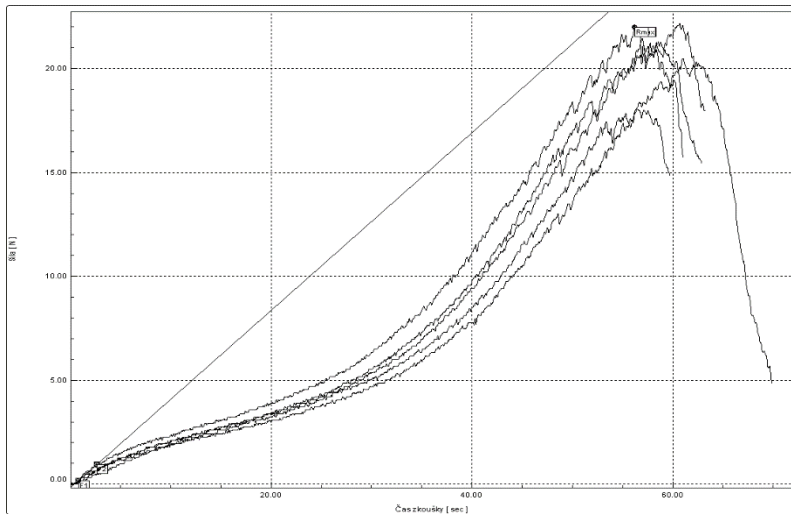
5 mm, 100 vpichů/cm² MD



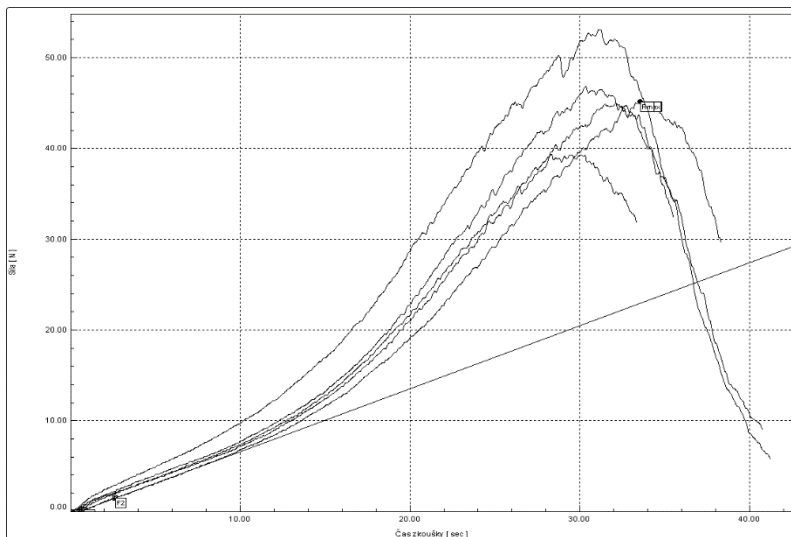
5 mm, 100 vpichů/cm² CD



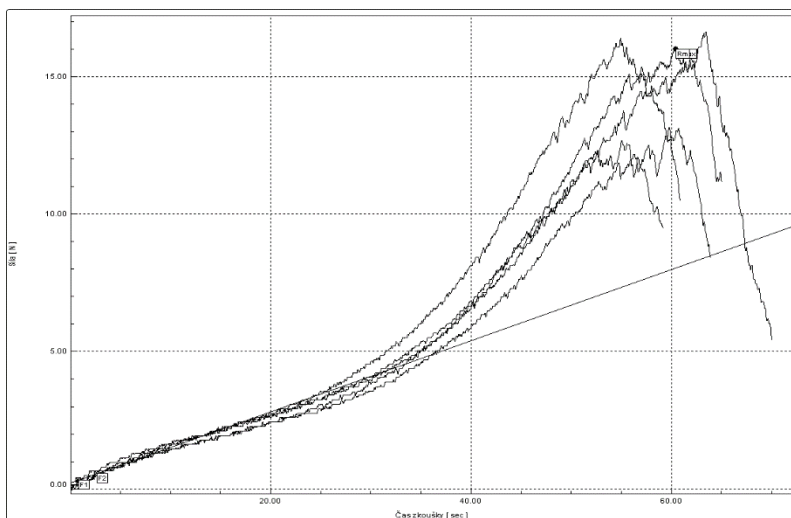
5 mm, 200 vpichů/cm² MD



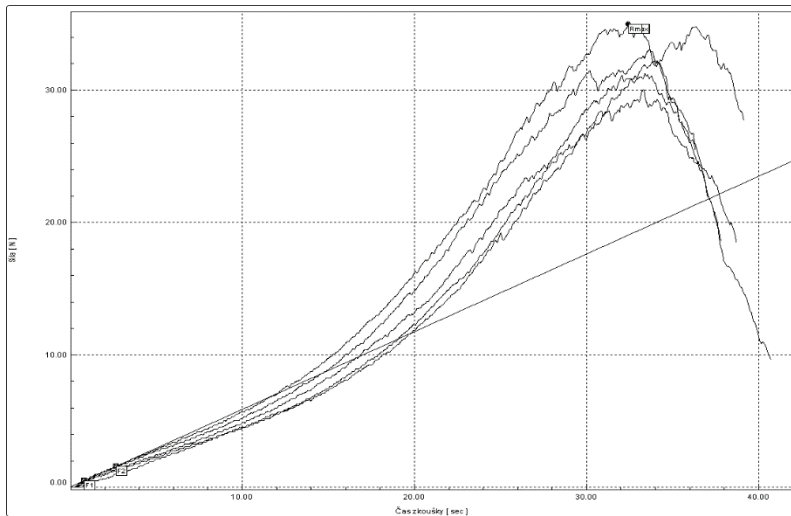
5 mm, 200 vpichů/cm² CD



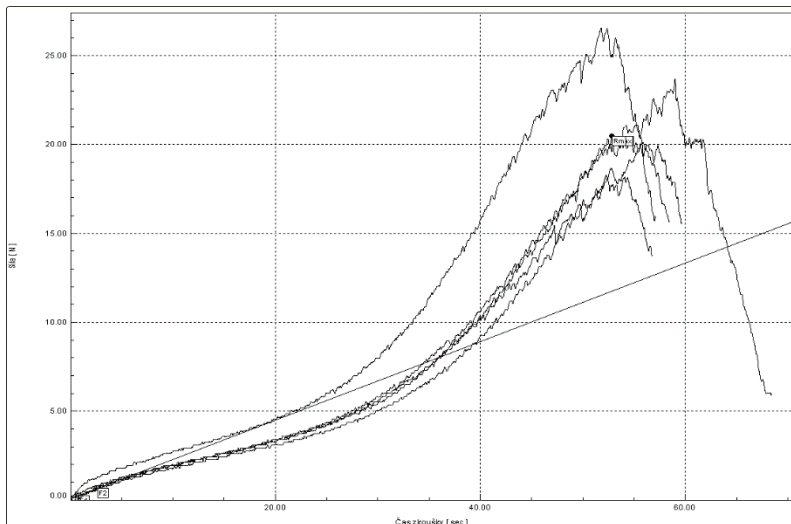
5 mm, 300 vpichů/cm² MD



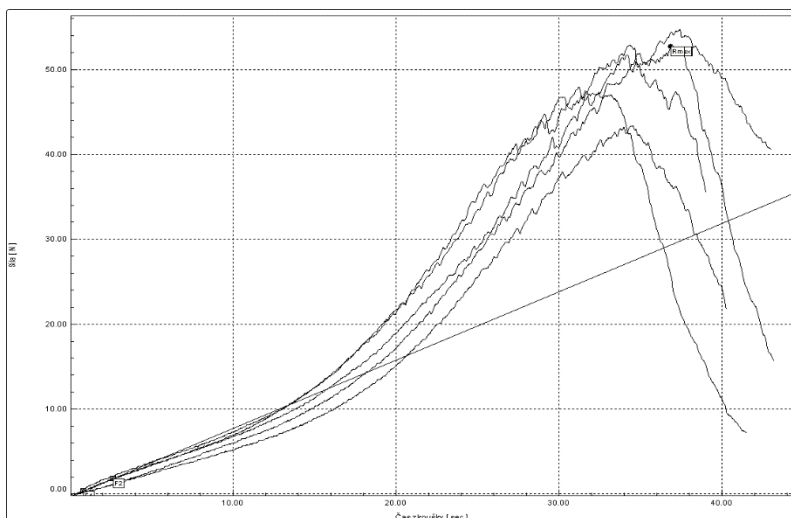
5 mm, 300 vpichů/cm² CD



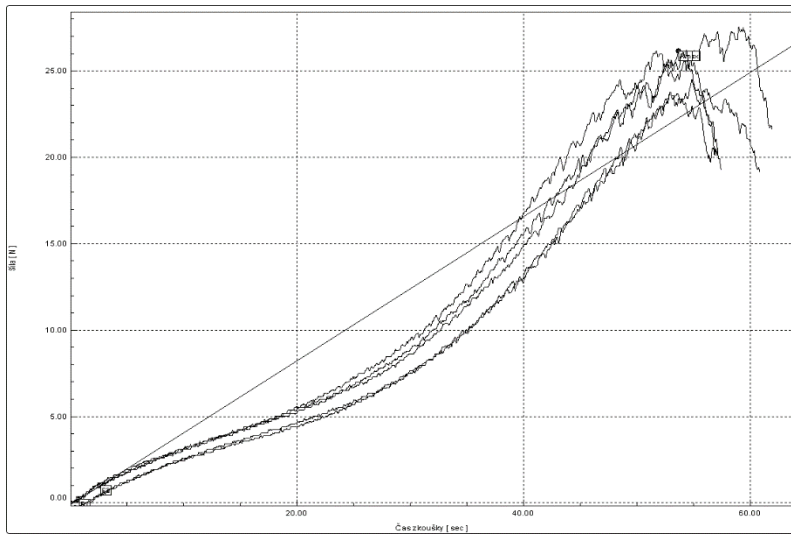
8 mm, 100 vpichů/cm² MD



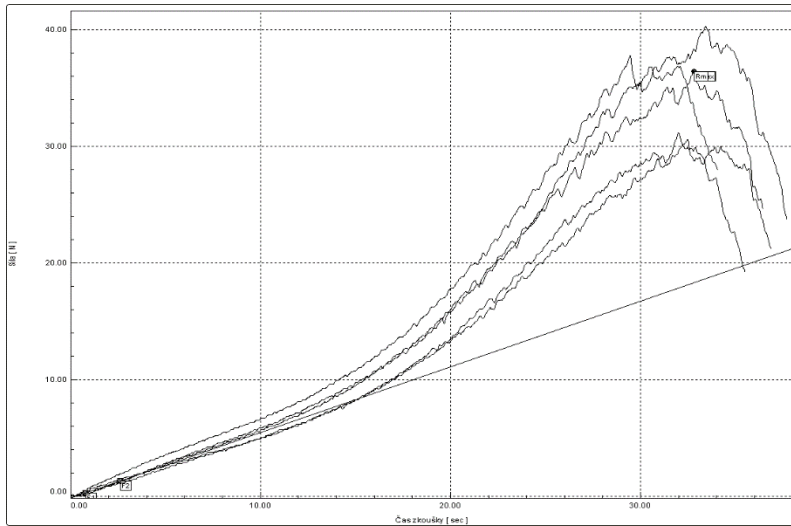
8 mm, 100 vpichů/cm² CD



8 mm, 200 vpichů/cm² MD

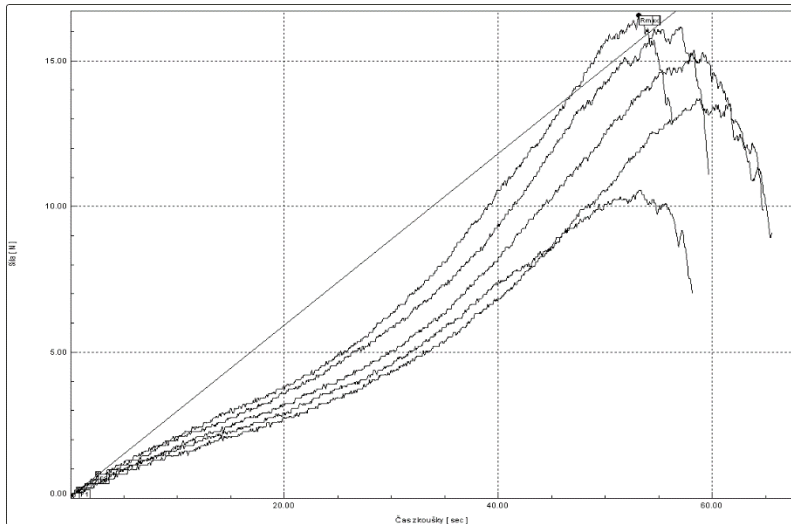


8 mm, 200 vpichů/cm² CD

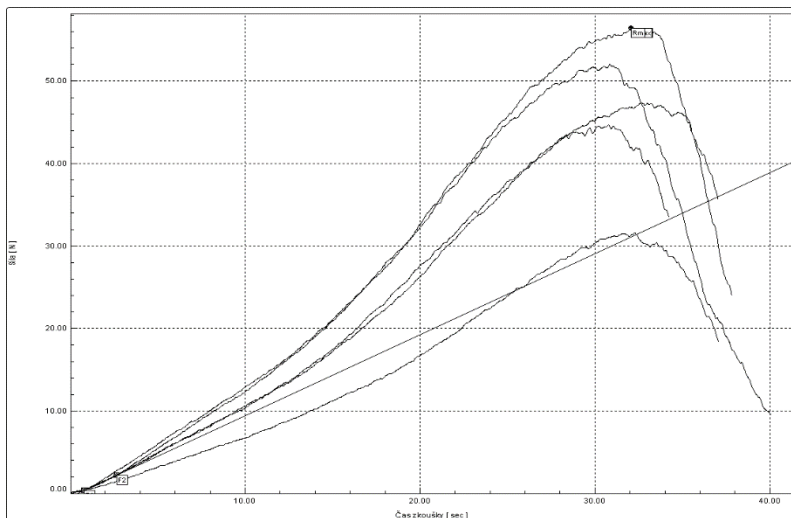


Příloha F: Grafy tažnosti z trhacího stroje – Termicky pojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken

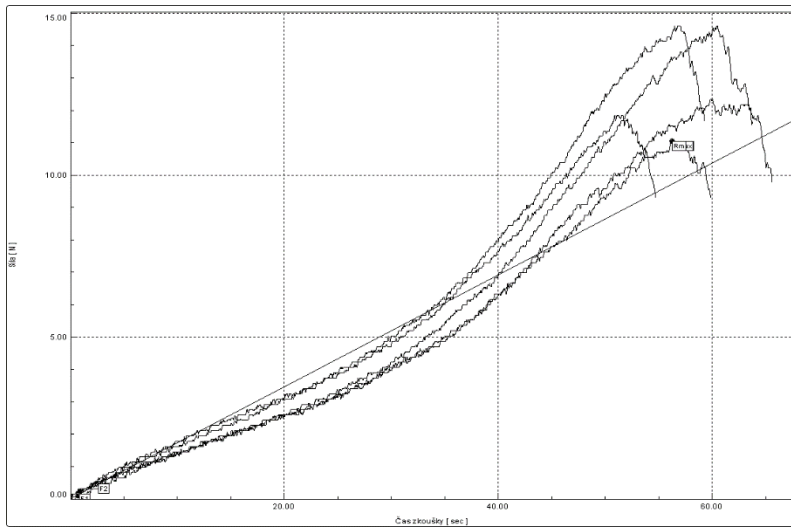
5 mm, 100 vpichů/cm² MD



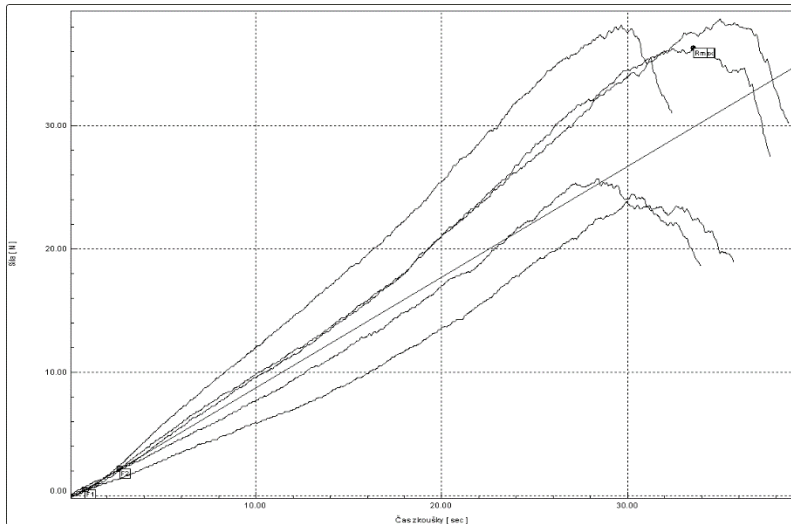
5 mm, 100 vpichů/cm² CD



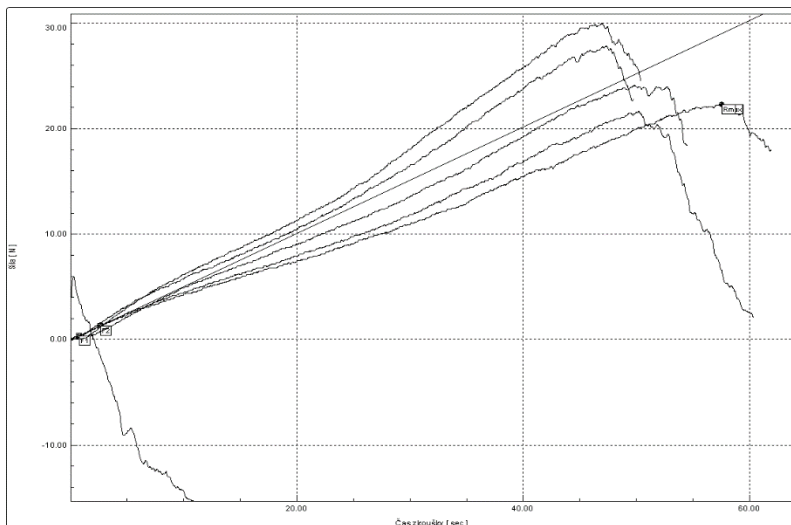
5 mm, 200 vpichů/cm² MD



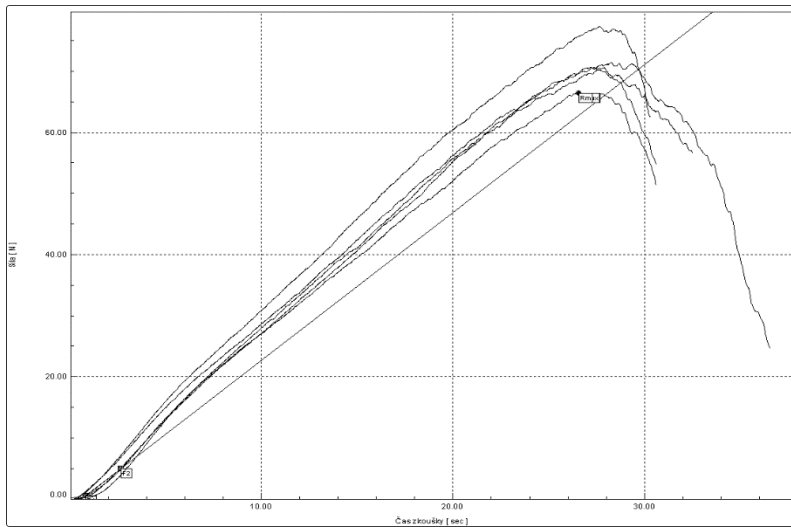
5 mm, 200 vpichů/cm² CD



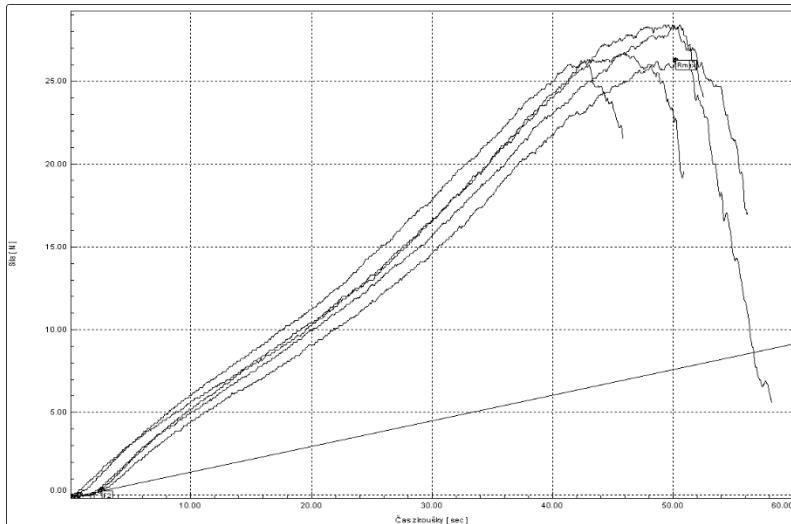
5 mm, 300 vpichů/cm² MD



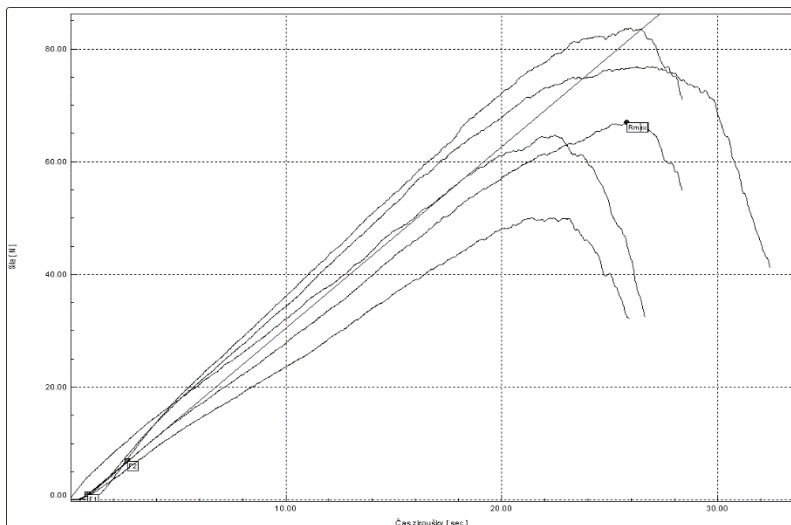
5 mm, 300 vpichů/cm² CD



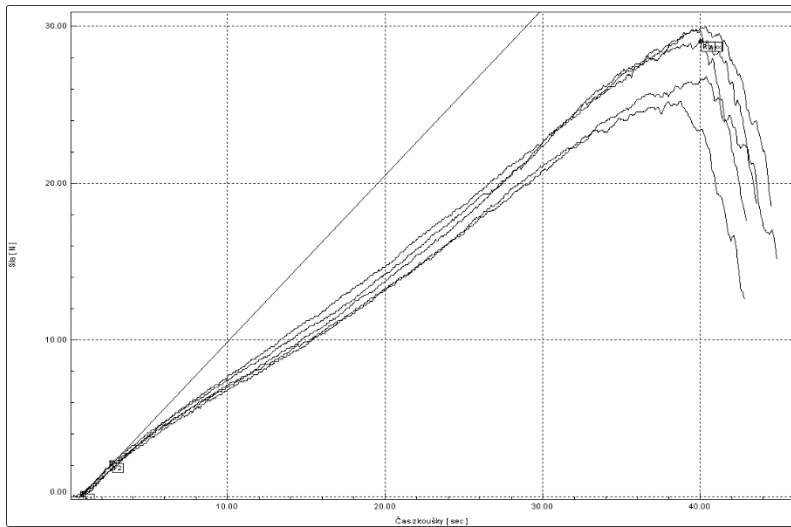
8 mm, 100 vpichů/cm² MD



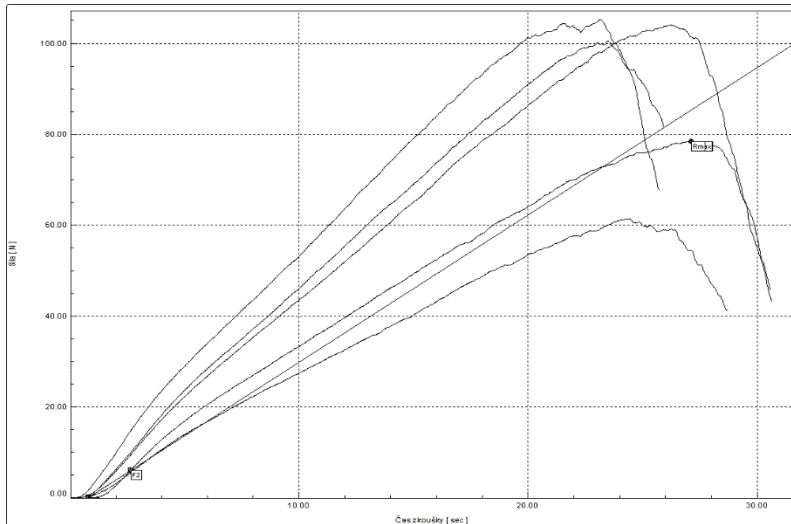
8 mm, 100 vpichů/cm² CD



8 mm, 200 vpichů/cm² MD



8 mm, 200 vpichů/cm² CD



Příloha G: Hodnoty měření pevnosti v tahu textilií

100% banánové textilie MD					
pevnost [N]	5 mm, 100 vpichů/cm ²	5 mm, 200 vpichů/cm ²	5 mm, 300 vpichů/cm ²	8 mm, 100 vpichů/cm ²	8 mm, 200 vpichů/cm ²
1	1,98	1,33	1,17	7,11	3,08
2	2,05	1,10	1,30	5,84	2,60
3	1,30	1,14	1,85	5,55	2,31
4	0,97	1,62	1,30	6,49	2,50
5	1,49	0,81	1,30	6,40	-
průměr	1,56	1,20	1,38	6,28	2,62
směrodatná odchylka	0,46	0,30	0,27	0,61	0,33

Textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken MD					
pevnost [N]	5 mm, 100 vpichů/cm ²	5 mm, 200 vpichů/cm ²	5 mm, 300 vpichů/cm ²	8 mm, 100 vpichů/cm ²	8 mm, 200 vpichů/cm ²
1	14,29	22,18	16,40	20,13	23,77
2	12,50	21,30	16,01	26,56	24,48
3	12,99	20,46	12,66	20,46	26,20
4	12,53	21,98	13,12	23,70	26,14
5	10,07	18,05	16,62	18,18	27,53
průměr	12,48	20,79	14,96	21,81	25,62
směrodatná odchylka	1,53	1,68	1,91	3,31	1,50

Termicky spojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken MD					
pevnost [N]	5 mm, 100 vpichů/cm ²	5 mm, 200 vpichů/cm ²	5 mm, 300 vpichů/cm ²	8 mm, 100 vpichů/cm ²	8 mm, 200 vpichů/cm ²
1	15,29	11,85	24,09	26,63	29,81
2	13,70	14,61	21,62	28,41	25,23
3	10,55	11,04	22,31	26,27	26,79
4	16,56	14,61	5,91	28,38	30,00
5	16,17	12,34	-	26,27	29,00
průměr	14,45	12,89	18,48	27,19	28,17
směrodatná odchylka	2,44	1,64	8,45	1,11	2,08

100% banánové textilie CD					
pevnost [N]	5 mm, 100 vpichů/cm²	5 mm, 200 vpichů/cm²	5 mm, 300 vpichů/cm²	8 mm, 100 vpichů/cm²	8 mm, 200 vpichů/cm²
1	13,86	3,73	1,88	10,88	3,96
2	8,96	4,51	1,30	11,10	4,06
3	7,73	4,22	1,40	9,25	4,19
4	7,47	4,71	1,49	16,33	3,38
5	4,55	2,92	1,14		4,74
průměr	8,51	4,02	1,44	11,89	4,07
směrodatná odchylka	3,40	0,72	0,28	3,07	0,49

Textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken CD					
pevnost [N]	5 mm, 100 vpichů/cm²	5 mm, 200 vpichů/cm²	5 mm, 300 vpichů/cm²	8 mm, 100 vpichů/cm²	8 mm, 200 vpichů/cm²
1	46,66	46,82	34,97	47,21	31,17
2	35,85	45,04	33,09	52,67	36,43
3	36,53	39,35	31,27	52,86	40,30
4	42,41	53,09	34,81	54,68	37,80
5	39,68	45,10	30,03	43,38	30,55
průměr	40,23	45,88	32,83	50,16	35,25
směrodatná odchylka	4,45	4,92	2,17	4,71	4,25

Termicky spojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken CD					
pevnost [N]	5 mm, 100 vpichů/cm²	5 mm, 200 vpichů/cm²	5 mm, 300 vpichů/cm²	8 mm, 100 vpichů/cm²	8 mm, 200 vpichů/cm²
1	56,43	25,65	70,23	64,75	105,20
2	51,98	23,83	70,69	50,00	100,56
3	47,34	38,61	77,31	66,92	104,00
4	44,71	36,27	66,40	83,71	78,41
5	31,59	38,12	71,43	76,92	61,40
průměr	46,41	32,50	71,21	68,46	89,91
směrodatná odchylka	9,42	7,16	3,93	12,86	19,31

Příloha H: Hodnoty měření tažnosti textilií

100% banánové textilie MD					
protažení [mm]	5 mm, 100 vpichů/cm ²	5 mm, 200 vpichů/cm ²	5 mm, 300 vpichů/cm ²	8 mm, 100 vpichů/cm ²	8 mm, 200 vpichů/cm ²
1	106,51	66,28	71,05	88,99	72,26
2	107,02	89,29	69,23	93,99	80,71
3	58,86	66,05	90,82	92,76	77,03
4	90,29	71,66	79,24	86,32	90,72
5	87,02	65,10	72,45	84,21	-
průměr	89,94	71,68	76,56	89,25	80,18
směrodatná odchylka	19,63	10,18	8,82	4,15	7,83

20 % bikomponentních vláken MD					
protažení [mm]	5 mm, 100 vpichů/cm ²	5 mm, 200 vpichů/cm ²	5 mm, 300 vpichů/cm ²	8 mm, 100 vpichů/cm ²	8 mm, 200 vpichů/cm ²
1	117,51	101,32	91,68	93,23	88,32
2	114,70	97,73	100,87	86,41	91,52
3	109,63	101,74	91,83	88,25	90,76
4	106,55	93,90	101,34	98,46	89,62
5	98,50	94,10	105,85	90,26	98,40
průměr	109,38	97,76	98,31	91,32	91,72
směrodatná odchylka	7,43	3,77	6,30	4,72	3,92

20 % bikomponentních vláken, termicky spojené MD					
protažení [mm]	5 mm, 100 vpichů/cm ²	5 mm, 200 vpichů/cm ²	5 mm, 300 vpichů/cm ²	8 mm, 100 vpichů/cm ²	8 mm, 200 vpichů/cm ²
1	98,67	84,94	83,14	76,29	65,91
2	97,70	94,29	83,74	82,17	64,60
3	88,72	93,89	96,07	83,80	67,41
4	88,79	100,91	0,48	84,38	67,34
5	95,20	99,87	-	70,69	66,84
průměr	93,82	94,78	65,86	79,47	66,42
směrodatná odchylka	4,79	6,35	43,99	5,86	1,18

100% banánové textilie CD					
protažení [mm]	5 mm, 100 vpichů/cm²	5 mm, 200 vpichů/cm²	5 mm, 300 vpichů/cm²	8 mm, 100 vpichů/cm²	8 mm, 200 vpichů/cm²
1	35,98	44,86	39,33	61,17	61,17
2	42,83	45,71	37,42	53,29	53,29
3	43,05	45,67	39,36	54,69	54,69
4	36,15	44,47	43,90	47,41	47,41
5	38,36	37,66	25,80	48,98	48,98
průměr	39,27	43,67	37,16	53,11	53,11
směrodatná odchylka	3,48	3,40	6,78	3,89	5,41

20 % bikomponentních vláken CD					
protažení [mm]	5 mm, 100 vpichů/cm²	5 mm, 200 vpichů/cm²	5 mm, 300 vpichů/cm²	8 mm, 100 vpichů/cm²	8 mm, 200 vpichů/cm²
1	51,58	50,65	54,15	53,49	53,42
2	55,62	53,62	56,19	61,53	54,81
3	49,58	47,24	55,72	57,25	55,82
4	55,05	52,11	60,63	62,41	49,17
5	52,55	56,02	55,52	57,63	54,19
průměr	52,88	51,93	56,44	58,46	53,48
směrodatná odchylka	2,50	3,29	2,46	3,60	2,57

20 % bikomponentních vláken, termicky spojené CD					
protažení [mm]	5 mm, 100 vpichů/cm²	5 mm, 200 vpichů/cm²	5 mm, 300 vpichů/cm²	8 mm, 100 vpichů/cm²	8 mm, 200 vpichů/cm²
1	53,51	47,27	46,01	37,48	38,62
2	51,44	49,97	45,40	35,61	39,19
3	54,55	58,38	46,14	43,06	43,77
4	51,35	56,02	44,33	43,30	45,31
5	53,79	49,51	47,17	44,64	40,52
průměr	52,93	52,23	45,81	40,82	41,48
směrodatná odchylka	1,45	4,72	1,04	4,00	2,93

Příloha I: Hodnoty měření ohybové tuhosti textilií

100% banánové textilie MD					
délka převisu [cm]	5 mm, 100 vpichů/cm ²	5 mm, 200 vpichů/cm ²	5 mm, 300 vpichů/cm ²	8 mm, 100 vpichů/cm ²	8 mm, 200 vpichů/cm ²
1	5,00	6,00	6,50	6,00	6,00
2	5,00	6,50	7,00	6,00	5,50
3	5,00	6,50	6,50	5,50	6,00
4	5,00	6,00	7,00	5,50	6,00
5	5,00	6,50	7,50	5,50	7,00
průměr	5,00	6,30	6,90	5,70	6,10
směrodatná odchylka	0,00	0,27	0,42	0,27	0,55

Textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken MD					
délka převisu [cm]	5 mm, 100 vpichů/cm ²	5 mm, 200 vpichů/cm ²	5 mm, 300 vpichů/cm ²	8 mm, 100 vpichů/cm ²	8 mm, 200 vpichů/cm ²
1	5,60	6,60	6,00	9,00	5,60
2	7,20	5,50	7,40	7,00	5,50
3	7,80	6,60	7,20	10,00	5,70
4	6,50	6,70	6,20	7,40	4,20
5	7,60	7,00	4,00	10,50	6,50
průměr	6,94	6,48	6,16	8,78	5,50
směrodatná odchylka	0,90	0,57	1,35	1,55	0,83

Termicky spojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken MD					
délka převisu [cm]	5 mm, 100 vpichů/cm ²	5 mm, 200 vpichů/cm ²	5 mm, 300 vpichů/cm ²	8 mm, 100 vpichů/cm ²	8 mm, 200 vpichů/cm ²
1	6,00	4,50	7,00	7,00	7,50
2	6,00	5,50	5,00	7,00	8,00
3	8,50	5,00	5,50	7,00	9,00
4	7,00	3,50	7,50	7,50	8,50
5	6,50	4,50	6,50	7,00	8,50
průměr	6,80	4,60	6,30	7,10	8,30
směrodatná odchylka	1,04	0,74	1,04	0,22	0,57

100% banánové textilie CD					
délka převisu [cm]	5 mm, 100 vpichů/cm²	5 mm, 200 vpichů/cm²	5 mm, 300 vpichů/cm²	8 mm, 100 vpichů/cm²	8 mm, 200 vpichů/cm²
1	9,00	7,50	8,00	7,50	6,00
2	7,50	7,00	7,50	8,00	5,50
3	8,50	7,50	7,00	6,50	6,00
4	8,50	7,50	7,50	6,50	7,00
5	7,50	9,00	7,50	7,00	7,00
průměr	8,20	7,70	7,50	7,10	6,30
směrodatná odchylka	0,67	0,76	0,35	0,65	0,67

Textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken CD					
délka převisu [cm]	5 mm, 100 vpichů/cm²	5 mm, 200 vpichů/cm²	5 mm, 300 vpichů/cm²	8 mm, 100 vpichů/cm²	8 mm, 200 vpichů/cm²
1	10,00	6,00	8,50	9,40	7,50
2	9,80	6,20	9,00	9,20	7,60
3	11,80	6,60	8,70	8,50	7,60
4	9,80	7,00	9,50	9,00	7,20
5	10,80	7,50	8,20	9,20	7,80
průměr	10,44	6,66	8,78	9,06	7,54
směrodatná odchylka	0,86	0,61	0,50	0,34	0,22

Termicky spojené textilie s příměsí 20 % bikomponentních vláken CD					
délka převisu [cm]	5 mm, 100 vpichů/cm²	5 mm, 200 vpichů/cm²	5 mm, 300 vpichů/cm²	8 mm, 100 vpichů/cm²	8 mm, 200 vpichů/cm²
1	7,60	6,00	8,00	9,00	5,50
2	7,50	5,70	9,00	9,50	7,80
3	7,40	6,50	7,80	11,50	6,50
4	9,00	7,30	9,00	10,20	9,00
5	8,00	7,50	9,00	10,20	8,50
průměr	7,90	6,60	8,56	10,08	7,46
směrodatná odchylka	0,66	0,79	0,61	0,94	1,44