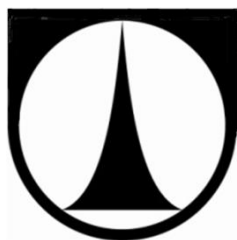


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



Fakulta textilní

**LAMINACE HYDROFOBIZOVANÉ
NANOVLÁKENNÉ VRSTVY S CÍLEM VYSOKÉ
ADHEZE A PAROPROPUSTNOSTI**

Diplomová práce

Bc. Hana Schmidová

Liberec 2013

LAMINACE HYDROFOBIZOVANÉ NANOVLÁKENNÉ VRSTVY S CÍLEM VYSOKÉ ADHEZE A PAROPROPUSTNOSTI

DIPLOMOVÁ PRÁCE

STUDIJNÍ PROGRAM: N3108 PRŮMYSLOVÝ MANAGEMENT
STUDIJNÍ OBOR: 3106T014 PRODUKTOVÝ MANAGEMENT - TEXTIL

Autor práce

Bc. Hana Schmidová

Vedoucí práce:

Ing. Roman Knížek

POČET STRAN TEXTU	66
POČET OBRÁZKŮ	28
POČET TABULEK	24
POČET PŘÍLOH	2

LIBEREC 2013

Zadání bakalářské práce

(vložit originál)

P r o h l á š e n í

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

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

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

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Romanu Knížkovi, vedoucímu diplomové práce, za trpělivost, věcné připomínky a vedení při zpracování této práce. Velice děkuji prof. RNDr. Janu Pickovi CSc. za odborné rady, doc. Ing. Vladimíru Bajzíkovi CSc. za cenné a odborné informace. Dále děkuji Ing. Jiřímu Chaloupkovi Ph.D. za rady poskytnuté mi při konzultacích. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat rodině za podporu při studiu na vysoké škole.

ANOTACE

Práce se zabývá laminací hydrofobizované nanovlákněné vrstvy s cílem vysoké adheze a paropropustnosti za různých laminačních podmínek. Úvod práce seznamuje s problematikou z teoretického pohledu. Jedná se jak o vysvětlení pojmů outdoorové oblečení, komfort a laminace, tak i o technologii membrán, její druhy a využití. Experimentální část zahrnuje vytvoření kompozitních laminátů a jejich laboratorní zkoumání. Výsledné hodnoty byly statisticky zpracovány a vyhodnoceny. Nejlepší kompozitní laminát byl porovnán s konkurenčním světovým výrobcem.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Laminace, hydrofobní membrána, paropropustnost, prodyšnost, hydrostatická odolnost, ohybová tuhost

ANNOTATION

The work is concerned with hydrophobic lamination layer of nanofibres with main goal to high adhesion and permeability for various lamination conditions. Preamble of thesis introduces the issue from a theoretical point of view. This part provides explanation of the concepts for outdoor clothing, comfort and lamination, as well as membrane technology, its types and utilization. The second one - experimental part includes the creation of composite laminates and their laboratory research. The final - resulting values were statistically processed and vocational evaluated. The best composite laminate sample was consistently compared with the competitive global manufacturer.

KEY WORDS:

Lamination, hydrophobic membrane, steam-throughput, permeability, hydrostatic resistance, flexural rigidity

Obsah

Seznam použitých symbolů	9
Úvod	10
Teoretická část	11
1. Outdoorové oblečení.....	11
2. Membrány.....	12
2.1. Hydrofobní mikroporézní membrány.....	12
2.2. Hydrofilní membrány	15
3. Laminace	17
Nánosování	18
Podlepování	23
4. Nanovlákná.....	29
Proces elektrostatického zvlákňování.....	31
Technologie Nanospider.....	32
5. Komfort	33
Termofyziologický komfort	33
6. Údržba materiálů s membránou.....	38
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	40
7. Laboratorní zkoušky a přístrojové zázemí.....	44
7.1 Zjišťování plošné hmotnosti	44
7.2 Zjišťování tloušťky.....	45
7.3 Zjišťování paropropustnosti	45
7.4 Zjišťování prodyšnosti.....	46
7.5 Zjišťování hydrostatické odolnosti	47
7.6 Zjišťování ohybové síly.....	48
7.7 Zjišťování přilnavosti povrstvení	49
8. Popis použitých materiálů	50
8.1 Tloušťka jednotlivých vzorků	52
8.2 Plošná hmotnost jednotlivých vzorků.....	52
9. Výsledky jednotlivých měření.....	53
9.1 Zjišťování paropropustnosti	53
9.2 Zjišťování prodyšnosti.....	55
9.3 Zjišťování hydrostatické odolnosti	56
9.4 Zjišťování ohybové síly.....	57
9.5 Zjišťování přilnavosti povrstvení	58

9.6 Porovnání vzorku firmy Nanoprotex s konkurenčním vzorkem	59
10. Lineární regrese s více proměnnými	64
Lineární regresní rovnice mají tvar:	65
Závěr	66
Použitá literatura	68
Seznam obrázků	71
Seznam tabulek	72
Přílohy	73

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

A [cm ²]	Plocha
DWR	„Durable Water Repellent“ tj. trvanlivě odpodivý
F _m [N]	Ohybová síla
M [g/m ²]	Plošná hmotnost
M [g]	Hmotnost
MVTR [g/m ² /24 hod]	Výparný odpor za 24 hodin
P [%]	Propustnost vodních par
PA	Polyamid
PL	Polyester
PO	Polypropylen
PTFE	polytetrafluorethylen
PU	Polyuretan
q	Tepelný tok
q ₀	Tepelný tok vyvozený z volné vodní hladiny o stejném průměru, jaký má měřený vzorek
q _v	Tepelný tok snížený vzorkem zakrývajícím volnou vodní hladinu o stejném průměru, jaký má měřený vzorek
RAF	„Royal Air Force“ tj. královské letectvo
R _{et} [m ² Pa/W]	Výparný odpor

ÚVOD

Název této diplomové práce je Laminace hydrofobizované nanovlákněné vrstvy s cílem vysoké adheze a paropropustnosti. Práce je koncipována do dvou částí, první část se zabývá teoretickou stránkou daného projektu, přičemž jsou zde vysvětleny pojmy týkající se komfortu a problematiky outdoorového oblečení jako celku, popsány druhy membrán a samozřejmě v neposlední řadě vysvětlena technologická operace laminace. Druhá část se soustřeďuje na samotný experiment, při kterém byly vyrobeny lamináty za využití daných technologických postupů, kdy se pro získání nejvhodnějšího laminátu upravovaly parametry při samotné laminaci.

Již od samotného počátku lidstva se člověk snaží své tělo chránit vhodným oblečením. Nepříznivé povětrnostní podmínky jej nutily vymýšlet a vhodně kombinovat materiály, které by se daly použít jako ochranný oděv. Naši předci byli velice všímaví, uvědomili si, že například tuky odpuzují vodu a začali používat živočišné tuky, vosky a ztuhlé rostlinné oleje. Nosili kůže, jak z důvodu tepelné ochrany, tak i z ochrany před deštěm a větrem. Současně začali používat i tkaniny, které potírali již zmiňovanými tuky. Pro tepelnou izolaci se používalo i peří, vlna a další materiály převážně rostlinného původu.

Za předchůdce dnešního outdoorového oblečení je považována tkanina Ventile. Byla a je vyráběna ze 100% přírodních materiálů. Od druhé světové války, kdy pomohla přežít řadě britských letců, je stále vynikajícím pomocníkem v extrémních klimatických podmínkách. Pro svoji finanční náročnost je však určena pouze pro úzkou skupinu uživatelů.

Dnešní moderní a technická doba si žádá vývoj nových syntetických materiálů, které nám v masovém měřítku pokryjí poptávku po komfortním, pohodlném a estetickém oblečení. Na trhu se v dnešní době pohybuje mnoho výrobců, kteří nabízejí outdoorové vybavení a produkty s odlišnými parametry, jak v oblasti kvality použitých materiálů, tak i ceny. Z tohoto důvodu si každý zákazník je schopen vybrat z široké nabídky.

Vývoj v dané oblasti celosvětově stále pokračuje a rozvíjí se.

TEORETICKÁ ČÁST

1. Outdoorové oblečení

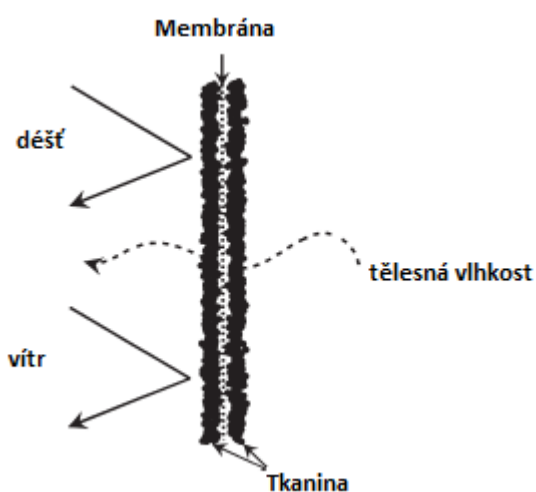
V dnešní přetechnizované době je kladen důraz na relaxaci a odpočinek formou pohybových a sportovních aktivit. K tomu je nezbytné funkční, komfortní, pohodlné a současně po estetické stránce vhodně zhotovené volnočasové oblečení. Na tyto materiály jsou kladeny vysoké nároky týkající se funkčnosti, paropropustnosti, prodyšnosti, větruodolnosti a hydrostatické odolnosti, současně by měly být mechanicky odolné.

Prvním předchůdcem dnešního outdoorového oblečení byla tkanina Ventile. Používala ji britská armáda pro své letce RAF za druhé světové války. Kombinéza z Ventile díky svému složení dokázala prodloužit přežití v ledovém oceánu z několika sekund na dvacet minut. Ventile je tkanina, jež obsahuje velmi dlouhá vlákna z bavlny, která jsou utkaná ve velmi těsné vazbě s dostavou až 98 nití/cm. Má o 30% hustší vazbu oproti běžné tkanině. V případě kontaktu s vodou ji vlákna absorbují a zvětší svůj objem, zcela se tím uzavřou mezery v osnově i vpichy po šití. Dalšímu pronikání vody je tímto zamezeno. Tkanina Ventile je velmi populární i dnes pro své vynikající vlastnosti a 100% přírodní složení. Je vyrobena z nejkvalitnější bavlny (pouze 2% roční světové produkce). Tato tkanina nemá rušivé akustické vlastnosti – nešustí a dále je vynikající pro nošení v extrémních klimatických podmínkách (Arktida, Antarktida atd.). Nesmí se impregnovat žádnými DWR přípravky a její cena je poměrně vysoká. [1]

Současný trend nošení outdoorového oblečení se týká nejen sportu, ale i ostatních volnočasových aktivit – military, rybaření, lov, lyže, turistika, trekking, horolezectví. Ovšem je nutné podotknout, že outdoorové oblečení je vyhledáváno mladší generací i pro běžné nošení.

2. Membrány

Membrány slouží k zamezení pronikání vody, při současném průchodu vodních par. Jedná se o tenké filmy z polymerních materiálů, silných řádově v desítkách μm . Membrána zajišťuje paropropustnost, nepromokavost a větruodolnost. K docílení těchto vlastností je membrána zalaminována mezi vrchový materiál a podšívku, nebo může být membrána slaminována s vrchním oděvním materiálem. Vždy záleží také na kvalitě podšívkového a vrchového oděvního materiálu. Aby byl komfort pro uživatele co nejvyšší, je vhodné používat také funkční prádlo. [2,3,4]



Obrázek 1: Funkce membrány dle [2]

Membrány mohou být hydrofobní (mikroporézní) a hydrofilní (neporézní). Jsou vyráběny z polymerních materiálů – nejčastěji z PTFE, PL, nebo PU. Mezi sebou se liší v mechanismu propustnosti vodní páry. Membrány se uplatňují ve sportovních, ale i pracovních oděvech, kde je třeba získat nepromokavost, a přitom prodyšnost daného oděvu. Ať se jedná o bundy, kalhoty, boty, či rukavice membrány u výrobku zvyšují pohodlí a komfort při nošení. [4,5]

2.1. Hydrofobní mikroporézní membrány

Možnosti výroby [2,4,5,6]:

- Z rozpínavého PTFE se vyrábějí hydrofobní mikroporézní membrány. PTFE membrány vznikají protlačováním přes štěrbinu a následným natahováním ve dvou směrech pod teplotou tání a vysokých rychlostech. Takto se vyrábí membrány

Laminace hydrofobizované nanovláknenné vrstvy s cílem vysoké adheze a paropropustnosti 12

GORE-TEX firmou W. L. Gore & Assoc. S Inc. Vysoká propustnost vodních par a nepromokavost je zajištěna filmem, který má 1,4 miliard pórů/cm², přičemž pór je 700 krát větší než molekula vodní páry a 20 000 krát menší než kapka vody, samotný pór má 2-3 μm.

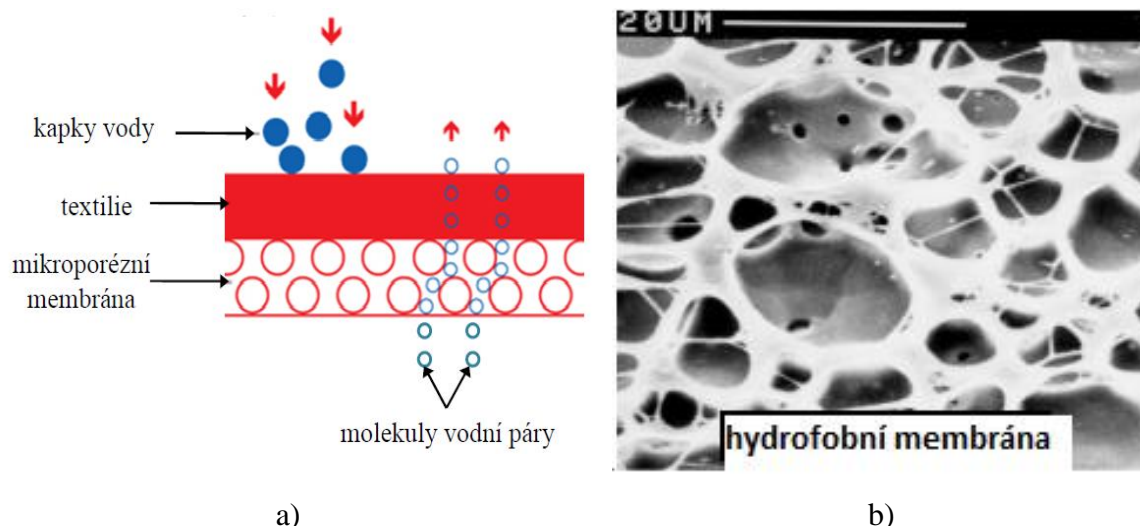
- Mikroporézní membrána se může získat i perforováním neprodyšné membrány za použití elektronového mikropaprsku. Vlivem elektronového mikropaprsku, který proniká skrz membránu, se vytváří póry.
- Další možností je proces koagulace, který je uplatňován většinou u PU/PAR, póry vznikají odpařením rozpouštědla. Příkladem může být membrána Porelle firmy Porvair. Na povrchu membrány jsou póry rovnoměrně rozloženy, v průřezu mikroporézní PU membrány jsou tvary pórů variabilní a jejich délka a uspořádání je vícesměrové. Uspořádání pórů uvnitř membrány tvoří komplikovanou síť mikrokapilár.

Mechanismus prostupu vodních par u hydrofobních mikroporézních membrán závisí na porézní struktuře materiálu.

Rozlišujeme dva typy pórů [4]:

- a) Otevřený typ – vodní pára proniká přes póry, mechanismus rozšiřování je zanedbatelný.
- b) Polootevřený, polozavřený typ – molekuly vody pronikají do tenké vrstvy oddělující jednotlivé mikropóry, mechanismus rozšiřování je významný.

Schéma prostupu vodních par přes hydrofobní membránu a řez hydrofobní membránou je ke shlednutí na obrázcích níže.



Obrázek 2: a) Schéma prostupu vodních par b) řez hydrofobní membrány dle [2]

Membrány mohou být znečištěny zbytky různých materiálů, pevných nečistot, olejů, zbytků pesticidů, repelentů proti hmyzu, opalovacích přípravků, solí a zbytků mycích prostředků, které snižují voděodolnost a propustnost vodní páry zanášením pórů. Z tohoto důvodu se například na mikroporézní membránu aplikuje hydrofobní přípravek, který snižuje účinky znečištění [5].

Firma Gore-tex potahuje mikroporézní membránu tenkým filmem polyuretanu, zamezuje tím ucpávání pórů a znehodnocování vlastností membrány.

Firma Nanoprotex stejný problém řeší tím, že nanáší na jednotlivá nanovlákna tenkou vrstvu fluorkarbonu, zamezuje tím přilnavosti nečistot k membráně. [7]

Gore-tex

K doplnění o produktech firmy Gore-tex výrobce uvádí, že mezi obecné vlastnosti membrán od firmy Gore-tex patří:

- nepromokavost
- vysoká paropropustnost
- extrémní odolnost vůči mrazu
- odolnost při ohybu
- mimořádně dlouhá životnost

Mikroporézní membrána je dvousložková, vyrábí se z polytetrafluoretylenu tažením za kritických podmínek z neprodyšných membrán. Do struktury membrány je začleněna oleofobní látka, která zabraňuje znečištění a výrazně tím ovlivňuje funkci membrány. Firma Gore-tex má v nabídce čtyři různé produktové řady. Jejich výrobky jsou určeny do extrémních klimatických podmínek, ale i pro běžné využití. Při výběru produktu záleží na individuálních požadavcích uživatele. Výrobky Gore-texu nepropouštějí vlhkost, ale umožňují paropropustnost a větruodolnost tak, aby byl organismus uživatele v teple a suchu. Licenci od firmy na výrobu jejich laminátů má např. česká firma Tilak a. s., přičemž získání této licence je velmi nesnadné. [8]

Nanoprotex

Jediným výrobcem porézní membrány v Čechách je česká společnost Nanoprotex. Vyrábí jako jediná na světě nanovláknenné membrány. Nanovláknenná struktura Nanoprotexu je unikátní extrémně vysokou paropropustností a průměrem nanovláken, kterých je pouhých 150 nm (v oděvním průmyslu se jedná o nejjemnější vlákna, která kdy byla použita). Vzhledem ke struktuře a průměru nanovláken mají membrány oproti jiným mikroporézním membránám více pórů na danou plochu.

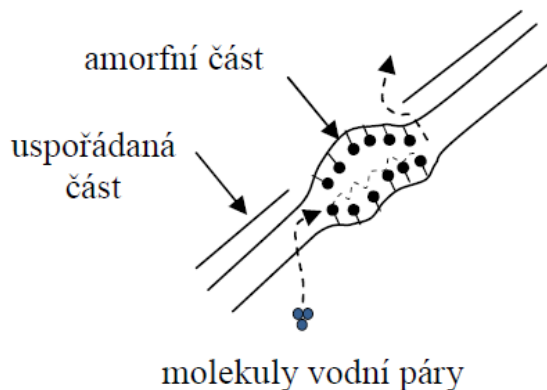
U dvouvrstvého laminátu (vrchní tkanina + nanovláknenná membrána) je paropropustnost Ret pod 1,5 Pa.m²/W. Propustnost samotné nanovláknenné membrány je Ret 0,0 Pa.m²/W. U této nanovláknenné membrány se hydrostatická odolnost pohybuje od 5000 mm až po 20 000 mm, při zachování extrémně vysoké paropropustnosti. Membrána Nanoprotex je 100% větruodolná. Je vyrobena z PA 6, přičemž jeho výhoda spočívá v tepelné stálosti při extrémně nízkých i vysokých teplotách. Stálost materiálu se uplatňuje při údržbě, praní i mechanickém namáhání. Speciální fluorkarbonový film brání ucpávání nanopórů. [7,9]

2.2. Hydrofilní membrány

Hydrofilní membrány neobsahují žádné póry, z tohoto důvodu jsou často označovány jako neporézní membrány. Mají kompaktní pevnou strukturu. Umožňují přenos vodní páry na základě molekulárního mechanismu (absorpce – difúze – desorpce). Hydrofilní membrány jsou vyrobeny z chemicky modifikovaného polyesteru, nebo polyuretanu za pomoci polyetylenoxidu. Amorfní oblasti polymeru jsou součástí hydrofilní části membrány. Přenos vlhkosti je zajištěn tím, že voda se stane součástí membrány. Pot (kondenzující

voda) na vnitřní straně membrány se stane součástí materiálu a je chemicky transportována na venek. Výhodou této membrány je lepší elasticita, kterou zajišťuje použitý polymer, nejčastěji polyuretan. Nevýhodou je nulový přenos plynů a horší paropropustnost oproti mikroporézním membránám. [2,3]

Na obrázku níže je zobrazeno schéma hydrofilní membrány



Obrázek 3: Schéma hydrofilní membrány dle [2]

Sympatex

Příkladem může být firma Sympatex Composites Co. (sídlí v Německu) se svojí hydrofilní neporézní membránou. Jako jediný výrobce na světě vyrábí membránu ze 100% recyklovaných materiálů (PL). [10]

Dermizax

Japonský výrobce Toray vyrábí hydrofilní membránu Dermizax. Membrána dosahuje vysoké paropropustnosti, která je dána molekulovou strukturou polyuretanu. Pára (pot) je vtažena mezi molekuly polyuretanu a stává se její součástí. Vlivem vyšších parciálních tlaků nasycené páry uvnitř membrány se vodní páry protlačují skrz membránu ven. Hydrofilní membrána zajišťuje, že při rychlejším pohybu a narůstajících parciálních tlacích, se molekuly polyuretanu pohybují rychleji a tím dochází k rychlejšímu odvádění par od těla. [11]

3. Laminace

Samostatné zpracování membrán je velmi obtížné, z tohoto důvodu se laminuje na textilní nosič, kterým může být tkanina, pletenina, nebo netkaná textilie.

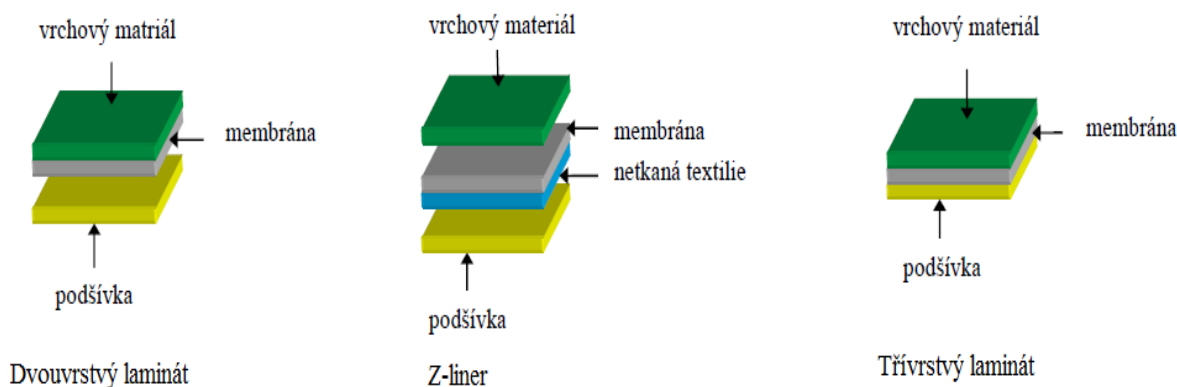
Laminací se rozumí spojení dvou, či více látek stejného, nebo různého určení i složení za pomoci pojiva, tlaku a tepla. Laminací má být dosaženo lepších funkčních vlastností materiálu, při zachování vlastností textilního materiálu. Laminování je závislé na funkčních požadavcích pro daný výrobek, na postupu výroby a v neposlední řadě na ceně. [2,3,13]

Membrány mohou být laminovány těmito základními způsoby [3, 13,14]:

- Vrchní látka + membrána (dvouvrstvý laminát)
Membrána je laminována na vrchový materiál, volná podšívka chrání membránu před poškozením a současně zamezuje kontaktu s pokožkou. Laminace zlepšuje odolnost před mechanickým poškozením membrány, ale současně snižuje paropropustnost. Vzniklý laminát bývá příjemný, poddajný a komfortní. Jeho využití je především na oblečení do města, na lyže, či na turistiku.
- Vrchní látka + membrána + podšívka (třívrstvý laminát)
Jedná se o nejčastější typ laminátu. Laminování se provádí na vrchový materiál a podšívku. Slaminováním vrchové látky, membrány a podšívky se vytvoří kompaktní celek, který je mechanicky nejvíce odolný. U tohoto typu se často používají pevnější a méně poddajné materiály. Tam, kde potřebujeme vysokou odolnost, nízkou hmotnost a zároveň skladnost jsou tyto lamináty velice žádané, jedná se o využití v horolezectví, turistice atd. Jsou vhodné i do extrémních podmínek.
- Vrchní látka + membrána + ochranný nános (dvouapůlvrstvý laminát)
Jedná se o nejnovější provedení laminátu. Podšívka je nahrazena vrstvou ochranného nánosu. Moderní a kvalitnější materiály nám zajišťují příjemný, poddajný, současně odolný, ale především skladnější laminát, který zároveň lépe odvádí pot od těla. Materiály svou skladností a nízkou hmotností jsou vhodné jako záložní bundy, či oblečení pro turistiku a do města.

Konstrukce volně vložené vrstvy (Z-liner)

U tohoto typu konstrukce je nalaminována membrána na lehký textilní materiál, kterým může být netkaná textilie, či pletenina. Tím vznikne samostatná vrstva, která se poté pouze vloží mezi vrchový materiál a podšívku. Výhodou tohoto typu konstrukce je dobrá splývavost a měkký omak. Oblečení takto zhotovené však není vhodné do extrémních podmínek a uplatňuje se především na městské nošení. [3,13]



Obrázek 4: Druhy laminátů dle [2]

Způsoby laminování [13]:

- prostřednictvím bodového nánosu pasty a šablony na kalandru.
- za pomoci polyuretanového lepidla střední viskozity mezi dvěma válci a sušení relativně nízkou teplotou 75 – 130°C. Válce jsou dvojího typu, horní je ocelový a spodní válec je potažený gumou.
- kašírováním (provádí se prostřednictvím plamene)
- ultrazvukem

Nánosování

Pro vznik laminátu je třeba nanést a upevnit na textilní materiál pojivo. Tomuto procesu se říká nánosování a může být prováděno více postupy. Pro nánosování musí být sladěna struktura a hmotnost nosné textilie s množstvím a velikostí bodů pojiva. Pojivová vrstva, kterou nanášíme, může být spojitá, nebo nespojitá. Pro vytvoření laminátu s nízkou tuhostí, měkkým omakem a dobrou propustností pro vodní páry a vzduch se většinou používá technologie nespojitě vrstvy nánosování. [15]

Nanášecí proces může být hodnocen na základě postupů měření tj. [16]

(a) proces, kde je polymer aplikován na materiál a poté měřen

(b) proces, kde je polymer měřen před aplikací.

Kombinací těchto metod můžeme určit množství přebytku a následným přeměřením upravit množství polymeru vhodného pro nanášení.

Pro konzistenci nátěru jsou směrodatné [16]:

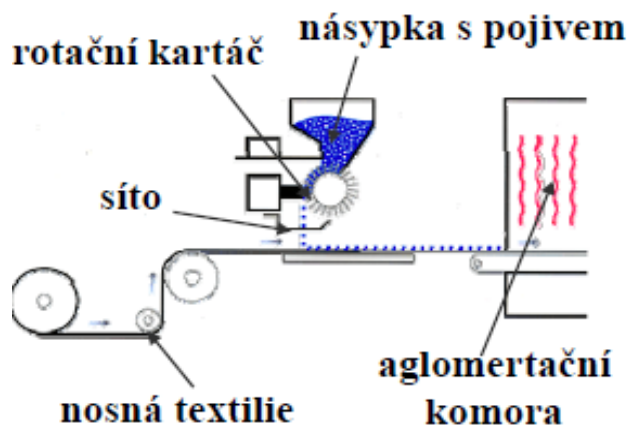
- substrátové napětí
- viskozita nátěrového materiálu
- jednotnost, či pórovitost substrátu

Nespojitě vrstvy docílíme [15,16]:

- nánosování posypem – rozmístění pojiva je nepravidelné
- nánosování tiskem - rozmístění pojiva je pravidelné
- nánosování tiskem a posypem – bikomponentní bod
- nánosování z taveniny (Hot Melt)

Nánosování posypem

Při tomto způsobu nánosování se práškové pojivo rozmisťuje přímo na textili. Pojivo je umístěno v násypce, je vynášeno dávkovacím válcem, z něhož je prášek vymetán rotačním kartáčem a rovnoměrně rozprostírán za pomoci stabilního, nebo vibrujícího síta na povrch textilie, která se pohybuje. Takto upravená textilie s pojivem prochází natavovacím polem, kdy při teplotách o 25-30 °C vyšších, než je teplota tání pojiva za pomoci infračerveného ohřevu, dochází k upevnění pojiva na povrch textilie. Velikost částic pojiva se volí tak, aby jeho částice nezapadly do struktury tkaniny, ale zůstaly na jejím povrchu. [15,16,17]



Obrázek 5: Schéma nánosování posypem [17]

Nánosování tiskem

Pro nánosování tiskem se užívají dva technologické postupy, a sice **práškový bodový způsob** a **pastový způsob**. Na základní textilii se v bodech nanášejí aglomerované útvary pojiva (velikost a tvar aglomerovaných útvarů není závislý na velikosti částic prášku).

Rozeznáváme dva druhy práškového bodového nánosování – **sítotiskový** způsob a **hlubotiskový**. Nejčastěji používané tvary aglomerovaných útvarů jsou body - kulové vrchlíky, ale mohou být i úsečky, či mřížky apod. Bodové nánosy bývají uspořádány do pravidelných rastrů, výjimkou je rozmístění nepravidelné při zachování rovnoměrné hustoty (Computer Punkt). Množství nánosu pojiva určuje velikost a vzájemná vzdálenost bodů, jejich rozmístění ovlivňuje omak. Mesh nám udává počet bodů vyskytujících se na uhlopříčce čtverce o straně jednoho anglického palce (asi 254 mm). [15,16,17]

Sítotiskový způsob

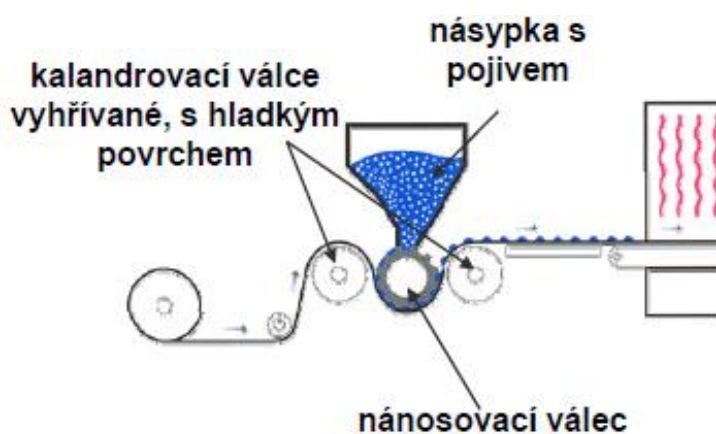
Nánosování sítotiskovým způsobem se používá většinou pro netkané textilie, které nesnáší vzhledem ke svému složení (sráží se, natavují, nebo žloutnou) styk s vyhřátými válci hlubotiskových nánosovacích strojů. [15]

Během tohoto postupu základní textilie prochází pod válcovou síťovou tiskací šablonou. Do středu této šablony je šnekovým dopravníkem dopravován prášek, který dvojítká stěrka protlačuje do otvoru v síti a tiskne tak prášek ve formě kupiček na podklad. Natavovací

pole, kterým textilie dále prochází, roztaví práškovou kupičku a materiál vytvoří homogenní útvar, který je natavením upevněn na textilii. Proces upevnění pojiva je ukončen ochlazením. [15]

Hlubotiskový způsob

Pro tento způsob nánosování se používají dvouválcové, nebo tříválcové kalandry. Nánosovací válec má na povrchu gravuru, která odpovídá požadovanému vzoru nánosu. Ostatní válce jsou hladké a jsou přizpůsobeny pro vytápění kapalným médiem. Násypka přilehlá k nanášecímu válci obsahuje polymerní práškové pojivo a plní gravuru na nánosovacím válci, jehož přesné množství je zajištěno funkcí stěrky. [15,16,17]



Obrázek 6: Schéma hlubotiskového způsobu nánosování [17]

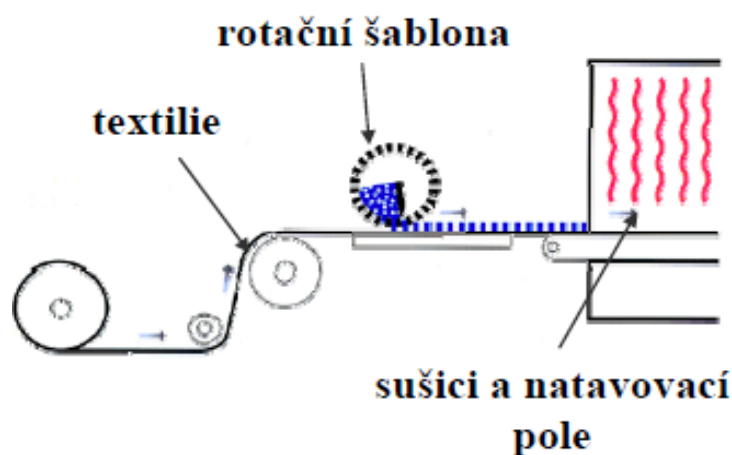
Množství prášku dané objemem gravury aglomeruje (efekt sněhové koule) za pomoci temperovaného válce (30-60 °C) a vytváří soudržný útvar, který je přenesen na ohřátou nosnou textilii (o 50-70 °C vyšší, než teplota tání polymerního pojiva), poté následuje natavení. Textilie dále postupuje do natavovacího pole, kde se části pojiva roztaví a spojí do bodů pevně natavených na textilii. Následuje ochlazování a navíjení textilie. Pro zlepšení omaku se může před ochlazením ještě zařadit kalandrování nánosů, při kterém se zploští body nánosů na stanovenou výšku. [16,17]

Mezi výhody nánosování hlubotiskovým způsobem patří stejnoměrné nanášení pojiva a kontrolovaný způsob nánosů na textilii. Další výhodou je i měkký omak, materiály však nesmí být citlivé na teplotu (srážení, natavování, žloutnutí). [15]

Pro gravury tiskacích válců s hustotou 11-17 mesh je upřednostňováno práškové pojivo v rozmezí 80-200 μm . Gravury s jemnějšími body vyžadují prášky s jemnějšími zrnky polymerního pojiva. [15]

Pastový způsob

Oproti předchozím způsobům se pojivo nanáší na základní textilii jako součást tiskací pasty obsahující i další složky, které upravují technologické vlastnosti pasty samotné, nebo jsou výhodné pro zpracování pojiva. Tiskací zařízení k nánosování je upravené pro rotační tisk šablonou (sítotisk). Základní textilie je pomocí vodícího a napínacího válce přiváděna mezi rotační šablonou a přítlačný válec. Tiskací pasta je přiváděna do středu rotační šablony a je vytlačována dávkovacími otvory po celé šířce zařízení (množství pasty je určeno počtem a velikostí bodů, viskozitou pasty, tloušťkou plechu šablony a tlakem přítlačného válce). Pasta se protlačuje otvory v šabloně na základní textilii a dále prochází sušícím a natavovacím polem. V pastě obsažená voda se zde odpaří a částice polymerního pojiva se roztaví. Pastový způsob nánosování je energeticky a provozně náročnější. [15,17]



Obrázek 7: Schéma nánosování – pastový způsob [17]

Bikomponentní bod (nánosování tiskem a posypem)

Bikomponentní, neboli dvousložkové nánosování využívá možnosti rozdílných vlastností dvou odlišných polymerů použitých pro vrchní a spodní části bodu pojiva. Odstraňují se tím některé negativní vlastnosti, především prúnik pojiva vložkou, a současně se snižují náklady na výrobu. Technicky nejlepším řešením je natisknout pastový základ na textilii

a nanést práškové pojivo na již vytvořený základ. Před sušením a tavením se přebytečný prášek buď odsaje pomocí elektrostatického pole, nebo odsype převrácením textilie. [17]

Hot Melt (nánosování z taveniny)

Metoda Hot Melt se užívá pro nánosování a laminování, kdy je využit přímo granulát teromopastického polymeru. Takto získaná tavenina se nánosuje vytlačovacím válcem do šablony rotačního tiskacího stroje, nebo jako fólie do gravury válcového nánosovacího stroje. Množství taveniny se upravuje podle její hustoty a viskozity. Po nanesení na textilií již následuje ochlazení a ukončení procesu. Ekonomicky je tento způsob nánosování výhodnější, vzhledem k úspoře elektrické energie (odpadá sušení) a další úspoře v podobě úprav polymerních pojiv (mletí, přesívání) a lepší skladování, prostorově úspornější. Současně je šetrnější k životnímu prostředí. [15,16]

Podlepování

Zpevnit výrobek, dát mu požadovaný tvar a udržet si jej nám zajišťuje technologie podlepování, která využívá různých možností nanášení pojiv na nosné textilie a zároveň využívá vlastností pojivových polymerů. Zavedením technologie podlepování umožnilo kvalitativní změny ve výrobním procesu a jeho ekonomice, ale i zlepšení užitných vlastností oděvních výrobků a požadavků na estetickou stránku. Oděvy splňují zvýšené nároky na hygienické a fyziologické vlastnosti (prostup vzduchu, odvádění potu), mají nižší hmotnost, na uživatele působí měkce, lehce a pohodlně. [15,16]

Podlepovací stroje

K dokonalému spojení vrchového materiálu s podlepovací vložkou, kdy vzniká nerozebíratelný spoj, slouží speciální podlepovací stroje. Tato zařízení vytváří optimální podmínky pro vlastní podlepení a zajistí přesnou reprodukovatelnost. Nutností je, aby byl podlepovací stroj vybaven technicky tak, že parametry pro jeho provoz budou regulovatelné. [15,16]

Podleповací stroje – základní požadavky [15, 18]:

- regulovatelnost podleповacích parametru:
 - teplota T [°C] (termostat)
 - tlak p [kPa] (regulační ventil)
 - čas t [s] (časový spínač)
- rovnoměrné rozložení teploty a tlaku na podleповacím stroji
- elektrické vyhřívání čelistí (tvarovek), ploché čelisti případně tvarované čelisti (tvarovky)
- tepelné senzory kontrolují požadovanou teplotu, aby nedošlo k podleповání při jiných teplotách, než jsou požadovány
- automatické čištění podleповacích transportních pásů i horních tvarovek od zbytků termoplastického pojiva a textilií

Požadavky kladené na podleповané součásti [18]:

- namáhání provádět rovnoměrně
- optimální prohřátí nánosové podleповací podložky
- vrchový materiál by měl být co nejméně namáhán

Podleповací stroje dělíme [18]:

- diskontinuální
- kontinuální (průběžné)
- ostatní

Diskontinuální podleповací stroje

Diskontinuální podleповací stroje byly vyvinuty z žehlicích lisů, mají pouze jednu pracovní polohu danou čelistmi stroje a pracují přetržitým způsobem. Celá oděvní součást je upnuta do stroje tak, aby po dobu působení teploty nedošlo ke změně rozměrů daného materiálu, což nám zajistí horní a dolní tělesa podleповacího stroje. Oděvní součást je po celé ploše po určitou dobu vystavena danému tlaku a teplotě. Prudký nárůst teploty nám zajistí optimální spojení vrchového materiálu s podleповací vložkou. [15,18]

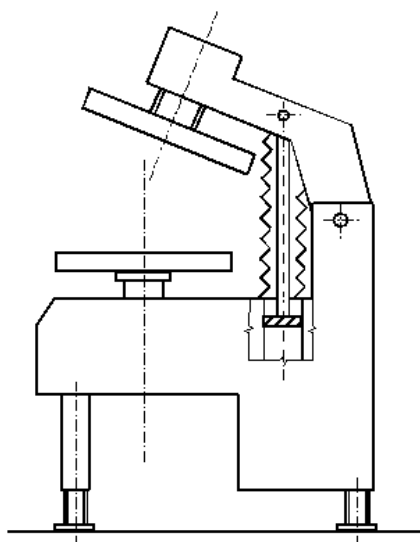
Diskontinuální podlepovací stroje se uplatňují v zakázkové výrobě, při výrobě menších sérií, nebo při podlepování menších oděvních součástí v hromadné výrobě.

Podle přitlaku dělíme diskontinuální podlepovací stroje [15,16,18]:

- se sklopným přitlakem (s odklopným horním tělesem)
- s kolmým přitlakem (s vertikálním pohybem horního tělesa)
- s kombinovaným přitlakem

Podlepovací stroje se sklopným přitlakem

Potřebný tlak se provádí přitlakem horního tělesa na spodní, podlepovací čelist je rovinná a podle druhu používaných podložek můžeme seřadit podlepovací parametry. [18]



Obrázek 8: Schéma podlepovacího stroje se sklopným přitlakem [18]

Podlepovací stroje s kolmým přitlakem

Dvojice nakládacích rámu se pohybuje po vodících drážkách prostřednictvím pneumatického, či hydraulického zařízení. Mezi horní a dolní tělesa tvořící přitlak se střídavě zasouvají rámy s vrchovým materiálem a podlepovacími vložkami. Rám se vysune ze stroje a ochladí odsáváním až po době určené k řádnému podlepení. Horní těleso nám obvykle zajišťuje vertikální pohyb. [18]

Podleповací stroje s kombinovaným přítlakem

Podleповací stroje pro tvarové podlepení

Tyto stroje zároveň s podlepením jsou schopné provádět i prostorové tvarování. Výsledkem je vytvoření potřebného tvaru plošných textilií v 3D se současným podlepením dané části textilie. Podleповací stroj je vybaven kolmým přítlakem a tvarovacími čelistmi (tvarovkami) ve tvaru požadovaného výsledného produktu. [15,18]

Stroj pro tvarové (plastické) podleповání

Stroj pro plastické podleповání má horní tvarovatelné těleso elektricky vytápěné a je opatřen membránou ze silikonové pryže. [15]

Karuselové podleповací stroje

Mají nejméně tři pracovní stanice, které jsou otočné do trojúhelníku, nebo čtyřúhelníku:

- 1) nakládací
- 2) tepelně-tvarovací
- 3) ochlazovací
- 4) možnost doplnění stroje o částečné podleповání, či odkládání oděvních součástí [15, 18]

Kontinuální podleповací stroje

Široké použití podleповacích strojů v konfekční výrobě a vyšší rentabilitu spolu se zvýšením pracovní výkonosti nám umožňují kontinuální (průběžné) podleповací stroje. [18]

Proces kontinuálního podleповání má 4 pracovní fáze [18]:

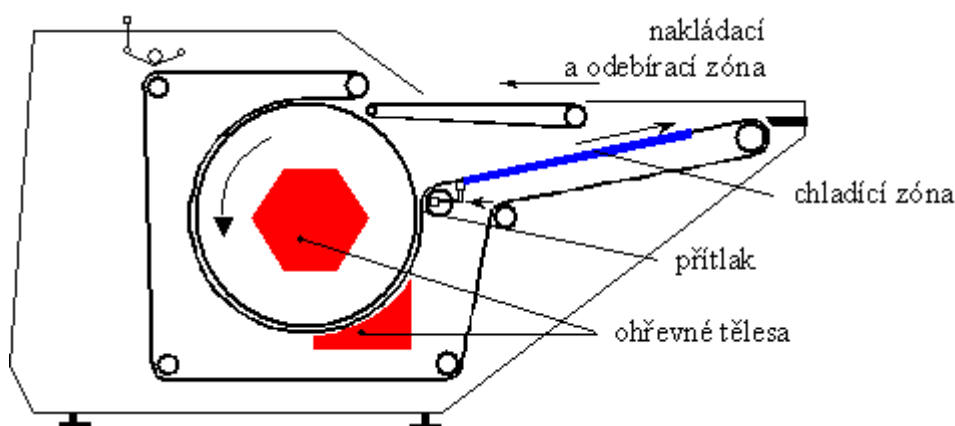
- 1 fáze – zóna nakládání - nakládání oděvních součástí (v případě laminace vrchový materiál + membrána) s nánosovými vložkami na pracovní nakládací plochu podleповacího stroje
- 2 fáze – zóna teplotního nahřívání – nahřívání podleповaných součástí na potřebnou teplotu
- 3 fáze – zóna lisování – lisování podleповených součástí potřebným přítlakem lisovacími válci
- 4 fáze – zóna ochlazování a odebírání – ochlazování podleповených oděvních součástí a následné odebírání

Dělení kontinuálních podlepovacích strojů [18]:

- Bubnové podlepovací stroje
- Pásové podlepovací stroje

Bubnové podlepovací stroje

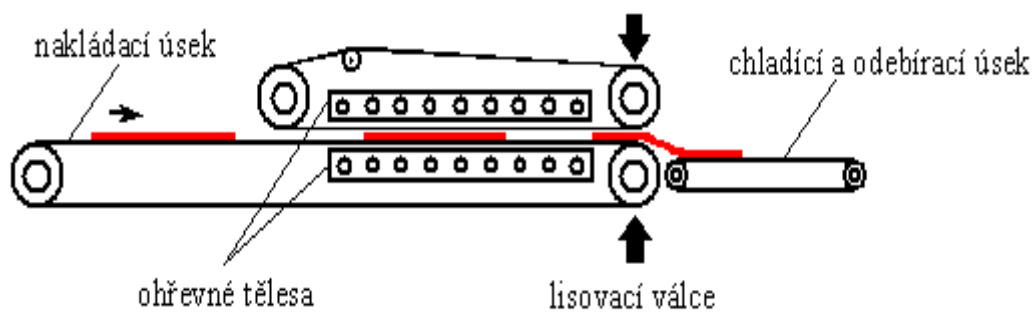
Na nakládací desku se pokládají oděvní díly, jež se dále předávají na dopravní pás ze skloteflonové fólie, kde přes vyhřívaný a otáčející se buben jsou vedeny k odebíranému skluzu. Vyhřívání je řešeno kovovým válcem s teflonovým povrchem. Díly se na bubnu nahřejí na potřebnou teplotu podlepování a tlakem válce s přítlačným mechanismem se spojí. Podlepené díly se na chladicí desce ochlazují na $40 \div 30^\circ\text{C}$. Otáčení bubnu musí být sladěné s rychlostí dopravníkového pásu. Obtížné je podlepování vrstveným (sendvičovým) způsobem. Bubnový podlepovací stroj je vhodný pro podlepování menších oděvních součástí, což je dáno velikostí a průměrem bubnu. [17,18]



Obrázek 9: Schéma bubnového podlepovacího stroje [18]

Pásový podlepovací stroj

Stroj se skládá ze dvou transportních pásů pokrytých teflonem, nebo silikonem, po kterých se dopravují oděvní součásti s nánosovanou vložkou. Mezi těmito transportními pásy leží dvě nepohyblivá vyhřívací tělesa. Průchodem vyhřívací zónou dosáhne termoplastická vrstva (pojivo) viskozity, která umožní spojení vrchového materiálu a vložky krátkodobým lisovacím tlakem. Rychlost transportních pásů musí být shodná a vyhřívací systém zahřívá oděvní součásti z obou stran a po celé délce vyhřívací zóny. Lisovací tlak je zajištěn dvěma válci se stejným průměrem, jež navazují na vyhřívací zónu. Rychlý proces lisování nám umožňuje podlepovat i materiály citlivé na tlak. [17,18]



Obrázek 10: Schéma pásového podleovacího stroje [18]

4. Nanovlákna

Slovo nanovlákno můžeme rozdělit pro lepší definici na dvě části. Nano má původ v řeckém slově „nanos“ nebo „nannos“ - trpaslík, předpona nano vyjadřuje miliardtinu základní jednotky ($\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$). [19, 20]

Vlákno pochází z latinského slova „fibra“, jde o základní stavební jednotku textilií. Vlákno může mít různý původ, různé profily a délky. Může být přírodní i syntetické. Vlákno je textilie jemná, tenká, pružná a ohebná.

Nanovlákna nelze pozorovat pod běžným světelným mikroskopem, protože jeho vlnová délka je menší, než vlnová délka světla. Nanovlákno lze zkoumat pouze elektronovým rastrovacím mikroskopem. [20,21]

V letech 1934-1944 byly uskutečněny první pokusy s výrobou nanovláken. A. Formhals tehdy publikoval první z patentů popisujících experimentální výrobu. Elektrické zvlákňování bylo poprvé patentováno profesorem Haroldem S. Simonsem v roce 1966. Jeho přístroj na výrobu ultratenkých a ultralehkých nanovlákených tkanin poprvé pracoval s použitím elektrického zvlákňování. Přístroj k elektrovlákňování akrylických vláken s průměrem 0,05-1,1 mikronů zhotovil v roce 1971 profesor Peter K. Baumgarten. Profesor Oldřich Jirsák z Technické univerzity v Liberci navázal svou výzkumnou činností na práci jeho a jeho následovníků (Reneker a Chum se věnovali zvlákňování různých polymerních roztoků, zatímco Larondo a Manley pracovali s taveninou, místo polymerních roztoku). [19,20,21,22,23]

V osmdesátých letech dvacátého století se na trhu objevují první výrobní technologie umožňující výrobu nanovláken. Nejčastěji se pro výrobu využívají principy elektrostatického zvlákňování, které však stále fungují především v laboratorních podmínkách. V roce 2005 přichází na trh firma Elmarco s technologií Nanospider. Jedná se o první technologii na světě, která umožňuje průmyslovou výrobu nanovláken.

Nanovlákna jsou vlákna, jejichž průměr se pohybuje v submikronové oblasti do rozsahu tisíce nanometrů. Vyznačují se vlastnostmi jako je velký měrný povrch vláken, velká pórovitost vlákenné vrstvy a malý rozměr pórů, průměr vláken. [19,20, 23]

Pro své výjimečné vlastnosti získávají nanovlákná, čím dál širší škálu využití. Na nanovlákná s rozměrem nad 100 nm se nevztahuje regulace (a to ani v EU) a jsou tudíž potencionálně vhodná pro využití v potravinářském průmyslu a pro styk s potravinami. V dnešní době se nanovlákná využívají především v oblasti vzdušné filtrace, kde odstraňují submikronové částice, viry i bakterie. Jejich účinnost se nemění v čase a spotřeba elektrické energie je mnohem nižší, než u elektricky nabitých filtrů. Využití nanovláken především k přeměně a uchování energie ve filtraci jak vzduchové tak kapalinové, v potravinách a obalech, v ochraně životního prostředí, ale i v péči o zdraví umožňují jejich nově objevené vlastnosti. Jedná se o pevnost materiálu, reaktivitu, optické a elektrické vlastnosti a propustnost. Nanovlákná mohou být ohebná a jemností příjemná ve styku s pokožkou. [19,20]

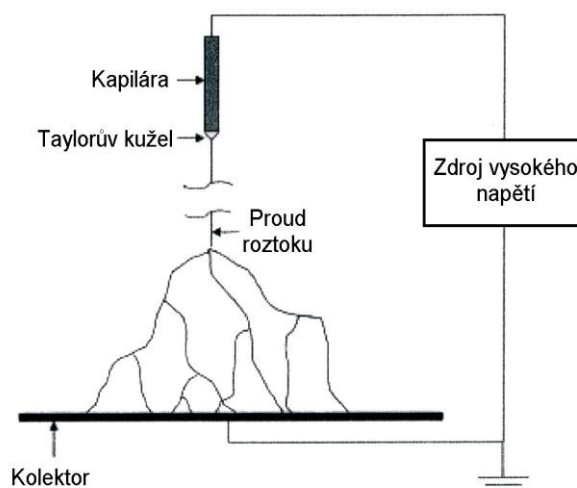
Nanotechnologie a nanomateriály v současnosti využíváme v elektronice (paměťová média, bioelektronika, kvantová elektronika), elektrotechnický průmysl (fotomateriály, palivové články, vysokokapacitní záznamová média), zdravotnictví (umělé klouby, chlopně, náhrady tkání, ochranné roušky, cílená doprava léčiv), optický průmysl (fotonická vlákna, krystaly, integrovaná optika a optické filtry), textilní průmysl (nemačkávané, hydrofobní a nešpinivé tkaniny, membrány), strojírenství (nepoškrabatelné laky, obráběcí stroje, povrchy s nízkým třením a vysokou tvrdostí), stavebnictví (izolační materiály, antiadhezní obklady, samočistící fasádní nátěry), chemický průmysl (aerosoly, aerogely, nanotrubičky, nanokompozity), automobilový průmysl (filtry čelních skel a nesmáčivé povrchy), kosmonautika (odolné povrchy satelitů, katalyzátory), vojenství (nanosenzory), životní prostředí (biodegradace, značení potravin, odstraňování nečistot). [20]

Funkcionalizací s využitím chemických, nebo fyzikálních procesů při výrobě, nebo po ní lze zlepšit povrchové vlastnosti výrobku. Patří sem superhydrofóbní, nebo superhydrofilní materiály. Materiály, ze kterých jsou nanovlákná vyrobena výrazně ovlivňují jejich vlastnosti. Nanovlákná lze získat z několika desítek polymerů včetně biokompatibilních (snášlivých v biologickém prostředí), nebo biodegradabilních (přírodně odbouratelných) polymerů, jež jsou šetrná k životnímu prostředí. [19]

Proces elektrostatického zvlákňování

Výroba nanovláken procesem elektrostatického zvlákňování je umožněna vlivem vzájemného působení polymerního roztoku, či taveniny za pomoci elektrostatických sil. K zvlákňování je využito stejnosměrné elektrostatické pole o vysoké intenzitě k vytvoření nabitého proudu polymerní taveniny, nebo roztoku. Elektroda je v podobě např. úzké kapiláry spojená přímo s polymerním roztokem a kolektor v podobě destičky je postaven plochou stranou proti vrcholu kapiláry. Mezi těmito dvěma kapilárami (tryskou a uzemněným kolektorem) vzniká tzv. Taylorův kužel, ze kterého jsou produkována submikronová vlákna. Následuje vytlačování nabitě kapaliny, vlákna po odpaření rozpouštědla ztuhnou a vytvoří vrstvu vlákna na povrchu kolektoru. Při elektrostatickém zvlákňování může být tryska umístěna horizontálně a kolektor je statický, nebo pohyblivý. Vlákna jsou ukládána v rounu, nebo jsou navíjena jako příze, či monofil. Monofilní vlákna je možno navíjet na otáčející se kotoučový kolektor, nebo na rámy. Technologickým parametrem ovlivňujícím zvlákňování je polarita elektrického pole. Při kladně nabitě trysce a záporně nabitým kolektorem jsou štěpné části vláken a jejich poloměr větší, než při polaritě obrácené. [21,22,23]

Působením elektrostatického pole dochází k protahování kapky tekutiny až do konečného útvaru, čímž dojde ke vzniku nanovláken. Elektrostatickým polem vytažené vlákno může být nekonečné.



Obrázek 11: Štěpení vláken [5]

Technologie Nanospider

Technologie Nanospider byla vyvinuta v roce 2004 na Technické univerzitě v Liberci katedrou netkaných textilií. Jde o unikátní technologii zvlákňování z volné hladiny polymeru v silném elektrostatickém poli, bez použití trysek. Technologie zvlákňování z tenké vrstvy roztoku polymeru umožňuje výrobu nanovláken z polymerů jak ředitelných vodou, tak ředitelných rozpouštědly (kyseliny, bipolární roztoky, meltů (tavení polymerů)). Vyrábí se tak organická i anorganická vlákna. Elektrody jsou částečně ponořeny do polymerního roztoku. [23]

Nanovláknenná vrstva, její konzistence a morfologie je určována počtem Taylorových kuželů a jejich vzdáleností. Čím je vyšší počet Taylorových kuželů, tím vyšší je i produktivita a konzistence. Technologie Nanospider umožňuje přizpůsobit výrobu nanovláknenné vrstvy požadavkům na konečný výrobek.

Zařízení Nanospider se může nastavit dle požadovaných potřeb, polymer můžeme volit podle jeho vlastností a vhodnosti pro daný výrobek a dále můžeme volit vhodný podkladový materiál. [23]

U technologie Nanospider lze nastavit [23]:

- Parametry roztoku – vodivost, teplota, povrchové napětí atd.
- Parametry prostředí – teplota, vlhkost atd.
- Základní parametry materiálu – povrchový elektrický odpor atd.
- Parametry zařízení – napětí, vzdálenost elektrod atd.

5. Komfort

Pohodlně a příjemně se člověk cítí pouze v malém rozsahu teplot, relativní vlhkosti a proudění vzduchu. Je to dáno stavem termofyziologického komfortu při teplotě pokožky 33-35 °C, při nepřítomnosti vlhkosti na pokožce, a kdy se relativní vlhkost vzduchu pohybuje v rozmezí $50 \pm 10\%$ a rychlost proudění vzduchu je 25 ± 10 cm/s. Oděv proto musíme volit podle klimatických podmínek tak, aby se člověk cítil pohodlně a příjemně. [2]

K docílení úplného komfortu by uživatel měl oděv správně vrstvit. Komfort vnímáme hmatem, zrakem, sluchem i čichem, každý rušivý vliv vnímáme jako diskomfort. Může to být pocit tepla, chladu, nadměrného pocení, ale i šustění při pohybu. Komfort se dělí na psychologický, termofyziologický, senzorický a patofyziologický. Pro účely této práce se budeme dále zabývat pouze termofyziologickým komfortem. [24]

Termofyziologický komfort

Pokud jsou termofyziologické funkce v optimální hladině vnímá ho lidský organismus jako stav pohodlí. Tento stav je charakterizován dvěma parametry, a sice tepelným a výparným odporem. Výparný odpor hraje důležitou roli při ochlazování těla – odpařování potu z povrchu pokožky. Paropropustnost (výparný odpor) je charakterizována tepelnými účinky vnímanými pokožkou v důsledku odparu potu. Záleží na vlhkostrním gradientu, při zvýšené námaze tělo zvyšuje odvod tekutin, tedy pocení. [24]

Tabulka 1: Tepelné energie vyprodukované různými činnostmi dle [12]

Aktivita	Práce [J]	Intenzita pocení [g/24 hod]
Spánek	60	2280
Sezení	100	3800
Mírná chůze	200	7600
Svižná chůze	300	11500
Činnost s malou zátěží	400	15200
Činnost s velkou zátěží	500	19000
Vysokohorská turistika	600-800	22800-30400
Maximální práce	1000-1200	38000-45600

K udržení stálé tělesné teploty musí oděv odvádět pot (vodní páru) v nižší rychlosti, než je uvedeno v tabulce 1. V klidu jsou přebytky tepla odváděny vedením a sáláním, při fyzické aktivitě se rozhodujícím pro odvod přebytku tělesného tepla stává odpařování potu. Začleněním vlhkostní bariéry do oděvu může být dosaženo vyššího pracovního výkonu. [2]

Paropropustnost

Je to schopnost textilie propouštět vodní páru (pot) produkované nositelem do okolního prostředí. Lidské tělo produkuje pot při jakékoliv činnosti, při vyšší aktivitě dochází i k výraznější produkci vodních par. Oděv v různých vrstvách by měl být paropropustný, aby byl zajištěn komfort pro nositele. Měření paropropustnosti může být prováděno na přístroji Permetest. Jeho výhodou je poměrně rychlé měření a malé rozměry přístroje. Permetest měří propustnost vodních par a tepelný odpor. [24, 25, 26]

Pro měření propustnosti vodních par p [%] platí vzorec dle [24]:

$$p = 100 (q_v/q_o) [\%] \quad (5.1)$$

Pro představu 100% propustnost znamená, že tepelný tok q_o vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jako měřený vzorek. Zakrytím hladiny měřeným vzorkem se tepelný tok sníží na hodnotu q_v . [24]

Pro měření výparného odporu $[Pa \cdot m^2/W]$ platí vztah dle [24]:

$$Ret = (P_m - P_a) (q_v^{-1}/q_o^{-1}) \quad (5.2)$$

Čím je výparný odpor menší, tím je materiál paropropustnější.

Výparný odpor lze zjišťovat pomocí dvou metod měření, a sice Ret a MVTR.

MVTR (Moisture Vapor Transmission Rate) je udáván v $g/m^2/24$ hod. MVTR udává kolik potu (vlhkosti) v gramech propustí jeden metr čtverečný látky za dvacet čtyři hodin. Přičemž čím vyšší hodnota, tím je materiál paropropustnější. Toto měření však nerespektuje teplotu a vlhkost vzduchu, proto mohou být tyto hodnoty zkresleny. V současné době je nahrazováno objektivnější metodou Ret. [25, 26]

Tabulka 2: Klasifikace paropropustnosti dle [25]

Hodnota Ret [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$]	Paropropustnost
RET < 6	Velmi dobrá
RET 6 – 13	Dobrá
RET 13 – 20	Uspokojivá
RET > 20	Neuspokojivá

Nejlepší materiály udávají hodnotu Ret nižší, než 4.

Prodyšnost

Prodyšnost je vlastnost oděvu propouštět vzduch skrz textilii z vnějšího prostředí k nositeli a dále odvádět teplo od těla. Což je umožněno pomocí ventilace, pokud je oděv dostatečně prodyšný a venkovní vzduch je chladnější. Prodyšnost je nežádoucí u zimního oblečení, kde je nositel oděvu vystaven nepříznivému a chladnému počasí. [25, 26]

Prodyšnost – propustnost textilie pro vzduch se měří na přístroji FX 3300 firmy TEXTTEST AG. Jde o rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo zkušebním vzorkem při stanoveném tlaku a době. Tlakový spád udává rozdílné hodnoty tlaků před a za textilií, kdy tlak za textilií je menší. [24]

Tabulka 3: Závislost rychlosti větru na vnímání tepla dle [24]

Rychlost větru		Ekvivalentní teplota [°C]						
m/s	km/h							
0 (bezvětrí)		10	5	0	-5	-10	-15	-20
2,5	9	8	4	-3	-9	-14	-19	-24
5	18	6	2	-6	-13	-18	-23	-27
7,5	27	4	0	-9	-17	-22	-27	-31
10	36	2	-3	-12	-21	-26	-31	-35
13	46	0	-6	-15	-25	-30	-35	-39
15,5	55,8	2	-9	-18	-29	-34	-39	-43
18	64,8	-4	-12	-21	-33	-38	-43	-48
20,5	73,8	-6	-15	-24	-37	-42	-48	-51

Výhodou vrstveného oděvu je uzavření více vzduchu v mezivrstvách, a tím přispívá ke zvýšení tepelného odporu oděvu. [24]

Hydrostatická odolnost

Hydrostatická odolnost se udává v metrech vertikálního vodního sloupce, kdy tkanina propustí první kapky vody. Nepromokavost je schopnost tkaniny zabránit průniku vody zvenčí. Nepromokavost je tím vyšší, čím vyšší je vodní sloupec. Existuje několik způsobů měření hydrostatické odolnosti, nejpoužívanější metoda se řídí normou ČSN EN 20811. [24,25]

Nepromokavost udává hodnoty vlastního materiálu, nikoliv výrobku jako takového. Test nehodnotí výrobek v pohybu, kdy namáhání a tření ovlivňují tlaky, které jsou při aktivní činnosti vyšší, než při statickém hodnocení. Nepromokavost může být negativně ovlivněna i konstrukčními prvky výrobku, prošívání, zipy. Za nepromokavý materiál je dle normy označována textilie s vodním sloupcem od 1,3 m v. s. V praxi se však využívají spíše tkaniny s vodním sloupcem mezi 10 – 20 m v. s. Jak již bylo uvedeno na nepromokavost má vliv vyvíjená činnost, nošení batohu, sednutí, kleknutí... [25]

Tabulka 4: Ochrana před průnikem vody dle výšky vodního sloupce [25]

Výška vodního sloupce	Zabrání průniku vody při:
5 m	Sezení na mokré lavičce, či mokré trávě
12 m	Klečení na kolenou ve sněhu, mokré trávě
15 m	Tlaku popruhů těžkého batohu
30 m	Pádu suchého lyžaře v plné rychlosti do mokrého sněhu

Ohybová tuhost

Chování textilie v prostoru charakterizuje splývavost a mačkavost oděvního výrobku, která velmi přispívá k estetickému vnímání daného produktu. Ohybová tuhost je tedy významnou vlastností textilie a její analýzu v různých směrech zjišťuje tzv. anizotropie ohybové tuhosti. [35]

Ohybová tuhost je definována normou:

ČSN 80 08558 (1974, str. 1): „*Tuhost - odolnost plošné textilie vůči ohýbání. Je to schopnost materiálu reagovat momentem vnitřních sil soudržnosti proti namáhání momentem vnějších sil způsobujících deformaci. Vyjadřuje se jako ohybový moment (M_0) v $mN \cdot cm$.*“

Textilie je nehomogenní útvar a měřením anizotropie ohybové tuhosti na kruhových vzorcích vzhledem ke spotřebě materiálu a časové náročnosti bylo efektivnější a poskytovalo reálnější obraz textilie a jejího ohybového chování v různých směrech.

Přilnavost povrstvení

Na výslednou podobu laminátu má vliv i přilnavost povrstvení a jeho funkčnost. Nepřiměřená přilnavost může způsobit delaminaci výrobku. Pro potřeby této práce jsme se zaměřili na maximální sílu potřebnou k oddělení vrstev (N).

Delaminace a částečné trhání povrstvení je definováno normou:

ČSN EN ISO 2411 (2001, str. 6):

„*delaminace – částečné nebo úplné oddělení dvou, nebo více vrstev tvořících povrstvenou plošnou textilii; může se jednat o oddělení textilie od polymeru nebo oddělování uvnitř vlastní textilie.*“

„*částečné trhání povrstvení – delaminace při které zůstávají části povrstvovacího polymeru přilnuty k základní textilii.*“

„*odlupování povrstvení od textilie – oddělování, při kterém na základní textilii nezůstane žádný zbytek povrstvovacího polymeru.*“

6. Údržba materiálů s membránou

Aby si outdoorové oblečení zachovalo své funkční vlastnosti, měl by se uživatel při jejich údržbě držet určitých, poměrně známých pravidel [27, 28]:

- používat klasické praní v pračce při nižších teplotách, většinou při 30 °C, nebo prát ručně. Dnes jsou již pračky vybaveny programem na údržbu sportovního oblečení
- doporučuje se prát tyto oděvy samostatně
- z důvodu eliminace rizika mechanického poškození, zapnout řádně suché zipy a odstranit všechny předměty z kapes
- dodržet výrobcem stanovenou teplotu lázně
- používat doporučené prací prostředky
- nepřidávat žádné aviváže, či bělidla, nebo odmašťovadla
- dbát na řádné odstranění zbytků pracích prostředků, dostatečným vymácháním
- oděv po vyprání by měl být ihned z pračky vyjmut a volně zavěšen, necháme vodu volně odkapat z oděvu a poté jej necháme doschnout při pokojové teplotě, je nutné se vyvarovat přímému slunci
- oděvy s membránou neždímeme, ani neodstraňujeme vodu kroucením
- výrobci doporučují obnovit impregnaci nástřikem na svrchní tkaninu pro udržení vodoodpudivosti po určité době nošení a praní
- mokrý, nebo navlhlý oděv by neměl být delší dobu složený v uzavřeném prostoru, např. batoh

Symbole údržby [29]:



Maximální teplota 30 °C. Mírný postup.



Výrobek se nesmí bělit.



Výrobek se může sušit v bubnové sušičce na nižší teplotu.



Žehlení při maximální teplotě žehlicí plochy 110 °C, bez použití páry.



Výrobek se nesmí chemicky čistit.



Sušení v závěsu (po vyprání neodstřed'ovat, jen vyvěsit a nechat odkapat).

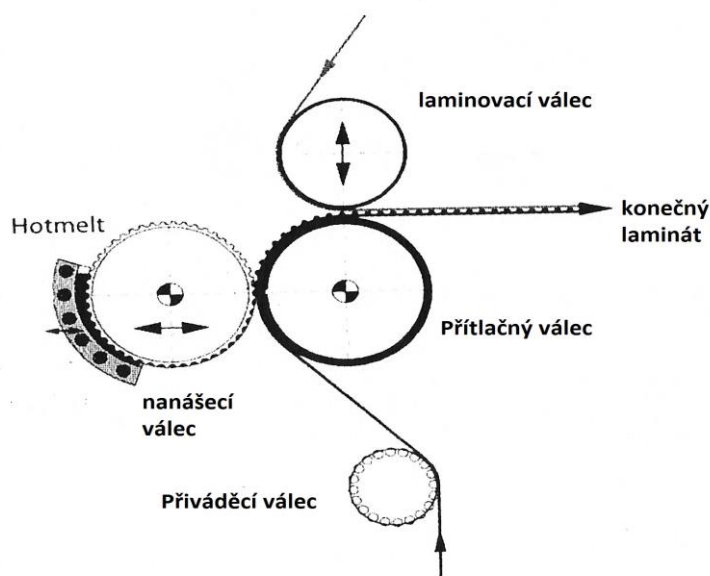


Nikdy nekroutit.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část diplomové práce je zaměřena na vytvoření třívrstvého laminátu při odlišných parametrech laminování (teplota laminovacího válce, teplota přítlačného válce, tlaku a množství aditiva). Pouze čas byl konstantní.

Na začátku samotného experimentu byly vytvořeny vzorky při použití odlišného množství aditiva při konstantních podmínkách tlaku a teplot. Nánosování bylo provedeno metodou Hot Melt, kdy byl použit přímo granulát termoplastického polymeru, v našem případě polyuretanu. Tavenina se následně nánosovala vytlačovacím válcem do gravury válcového nánosovacího stroje. Nánosování a poté i následná laminace byly prováděny na kontinuálním laminovacím stroji firmy Meyer. Schéma laminovacího stroje je k vidění níže.



Obrázek 12: Schéma laminace [7]

Podmínky vytvoření prvních tří vzorků:

Teplota laminovacího válce: 140 °C

Teplota přítlačného válce: 140 °C

Tlak: 3,5 kg/m²

Jednotlivé vzorky se lišily v množství použitého aditiva, mezi jednotlivými vrstvami materiálu, a sice mezi vrchní tkaninou a membránou, a dále mezi membránou a podšívkou. Přičemž větší množství aditiva bylo označeno jako positiv a bylo zde použito 5 g/m^2 aditiva. Menší množství aditiva v množství 3 g/m^2 bylo označeno jako negativ.

Tabulka 5: Množství použitého aditiva a základní označení vzorků

Vzorek	Vrchní tkanina/membrána	Podšívka/membrána	Označení
A	5 g/m^2	3 g/m^2	Positiv/negativ
B	5 g/m^2	5 g/m^2	Positiv/positiv
D	3 g/m^2	3 g/m^2	Negativ/negativ

Vzniklé vzorky byly podrobeny zkouškám paropropustnosti, výparnému odporu, propustnosti pro vzduch, hydrostatické odolnosti, ohybové tuhosti, přilnavosti povrstvení a následně pracím cyklům. Po vyprání došlo u vzorku s označením positiv/positiv (B) k delaminaci po celé jeho ploše. Vzorek positiv/negativ (A) vykazoval známky zvýšené delaminace při okrajích zkoumaného vzorku, zatímco středová část byla postižena méně tímto negativním jevem, z tohoto důvodu byly vzorky positiv/positiv (B) a positiv/negativ (A) z dalších zkoušek po vyprání vyloučeny.

Pouze vzorek negativ/negativ (D) vydržel prací cykly bez známek delaminace a poté byl podroben jako jediný dalšímu zkoumání. Na tomto vypraném vzorku byly provedeny opět již uvedené zkoušky v plném rozsahu. Jednalo se o zkoušku paropropustnosti, výparného odporu, propustnosti pro vzduch, hydrostatické odolnosti, ohybové tuhosti a přilnavosti povrstvení. Hodnoty naměřené po vyprání se poměrně významně zhoršily v porovnání s původním nevypraným vzorkem.

Tomuto typu vzorku se budeme ještě dále podrobněji věnovat při třetí sadě měření, kdy budeme měnit parametry tlaku, teploty laminovacího válce i teploty přítlačného válce. Daný vzorek se nám totiž jeví jako nejvhodnější pro další výzkum.

Ze zkoušek provedených na úvodních třech vzorcích (positiv/positiv, positiv/negativ a negativ/negativ) a po jejich zhodnocení, kdy nejlepších výsledků docílil vzorek negativ/negativ jsme se rozhodli zkusit v druhé fázi tvorby laminátu změnit podmínky při laminaci vzorku positiv/positiv, zda dojde ke kvalitativní změně. U původního vzorku (B) došlo v první fázi zkoušek k delaminaci při praní po celé ploše. Při tvorbě nového

vzorku pozitiv/positiv (C) byla pozměněna teplota laminovacího válce ze 140 °C na 135 °C, dále byl razantně ochlazen přítlačný válec ze 140 °C na 20 °C, přičemž tlak pro laminaci byl zvýšen z 3,5 kg/m² na 5 kg/m², množství aditiva bylo ponecháno v původních hodnotách tj. 5g/m² mezi vrchním materiálem a membránou a 5 g/m² mezi membránou a podšívkou. Po laminaci byl tento vzorek podroben stejným zkouškám jako předešlé testované vzorky. Na rozdíl od původního laminátu pozitiv/positiv (B) došlo u nového vzorku (C) ke zlepšení vlastností paropropustnosti, výparného odporu, propustnosti pro vzduch, hydrostatické odolnosti i přilnavosti povrstvení, současně došlo ke snížení ohybové tuhosti. Přesto, že byly pozměněny podmínky pro laminaci, tento vzorek nevydržel prací cykly a opět došlo k delaminaci.

Vzhledem k neuspokojivým výsledkům zkoušek u nového vzorku pozitiv/positiv (C) bylo od dalšího zlepšování nevyhovujících vzorků ustoupeno a nadále bude práce věnována pouze vzorku negativ/negativ, který bude dále zkoumán při různých laminačních podmínkách.

Ze současných výsledků se jeví, že nejvýznamnější vliv na vlastnosti vzorků bude mít množství použitého aditiva. Množství aditiva proto bude v dalším zkoumání ponecháno na hodnotách 3 g/m² mezi vrchní tkaninou a membránou a současně 3 g/m² mezi membránou a podšívkou.

Výchozí podmínky laminace vzorku negativ/negativ (D):

teplota laminovacího válce: 140 °C

teplota přítlačného válce: 140 °C

tlak: 3, 5 kg/m²

Tabulka 6: Nové podmínky laminace vzorků negativ/negativ

Nové podmínky laminace vzorků negativ/negativ			
Označení	Teplota laminovacího válce [°C]	Teplota přítlačného válce [°C]	Tlak [kg/m²]
E	135	20	5
F	125	125	3,5
G	140	140	5

Vzorek F vykázal nižší výsledky, než původní zkoumaný vzorek (D). Po dokončení prací cyklů se projevila delaminace, způsobená zřejmě nižší teplotou při laminaci. Můžeme se domnívat, že nedošlo k dokonalému prolaminování. Tento vzorek měl nejhorší výsledky ze všech zkoumaných vzorků negativ/negativ.

Vzorek G vykázal v testech horší propustnost pro vzduch a přilnavost povrstvení, než vzorek D. Je ovšem nutné poznamenat, že nedošlo k významnému snížení naměřených hodnot po vyprání, jak tomu bylo u původního vzorku D. Změna parametrů laminace tedy proběhla úspěšně.

Vzorek E byl pozměněn nejvíce v oblasti teploty přítlačného válce, kdy bylo přistoupeno k razantnímu ochlazení na 20 °C a současně ke zvýšení tlaku při laminaci na 5 kg/m². Při zkoušení byl tento vzorek nejúspěšnější. Současně i po vyprání si udržel výborné vlastnosti. Jako u jediného ze zkoumaných vzorků nedošlo při zkoušce přilnavosti povrstvení k delaminaci, či k částečnému trhání povrstvení. Projevilo se u něho požadované odlupování povrstvení od textilie, což je oddělování, při kterém na základní textilii nezůstane žádný zbytek polymeru.

V následující kapitole bude popsáno přístrojové zázemí a postup laboratorních zkoušek nutných pro provádění experimentu, na kterou naváže kapitola popisující jednotlivé vzorky a výsledky jejich měření. Následovat bude souhrn měření a statistické výstupy jednotlivých vzorků. Výsledkem této práce bude nalezení optimálních podmínek, při kterých vznikne laminát a stanovení závislosti jednotlivých proměnných na sebe.

7. Laboratorní zkoušky a přístrojové zázemí

V úvodu laboratorních prací byla zjištěna dostava osnovy a útku u zkoumaného vzorku. Následně také setkaní osnovy a útku a samozřejmě použitá vazba tkaniny i pleteniny. Materiál byl předem definován jako polyamid, jak u vrchního materiálu, tak u použité membrány. Zatímco pro podšívku byl použit polyester.

Pro docílení komplexní představy o samotném vzorku a před dalšími laboratorními testy bylo nutné zjistit také jeho plošnou hmotnost a tloušťku.

7.1 Zjišťování plošné hmotnosti

Plošná hmotnost je definována normou:

ČSN EN 12127 (1998, str. 5): „*Plošná hmotnost – hmotnost známé plochy plošné textilie, vztažená k této ploše, vyjádřená v gramech na čtvereční metr.*“

Zkoumané textilie musí být před zkouškou uvedeny do stavu bez napětí, volně položeny na plochu po dobu minimálně 24 hodin a klimatizovány dle normy ČSN EN 20139. Podmínky klimatizační komory byly $t=20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, $\varphi=65\% \pm 2\%$.

Samotný vzorek byl vystřižen o minimální ploše 100 cm^2 , plošná textilie se nesmí deformovat. V rámci ověření správnosti bylo provedeno opakované měření na pěti vzorcích. Poté následovalo zvážení vzorků na digitálních vahách a stanovení plošné hmotnosti.

Plošná hmotnost byla vyjádřena pomocí vzorce:

$$M = \frac{m \times 10000}{A} \text{ [g/m}^2\text{]} \quad (7.1)$$

M- plošná hmotnost v gramech na metr čtvereční

m- hmotnost zkušební vzorku v gramech

A – plocha zkušební vzorku v centimetrech čtverečních

7.2 Zjišťování tloušťky

Tloušťka textilie je definována normou:

ČSN EN ISO 5084(1998, str. 5): „*Tloušťka textilie: kolmá vzdálenost mezi dvěma definovanými deskami, přičemž na textilií působí přítlak 1kPa nebo nižší.*“

Měření probíhalo na katedře materiálového inženýrství dle normy ČSN EN ISO 5084 a vzorky byly před samotným zkoušením klimatizovány po dobu 24 hodin dle normy ČSN EN 20139. Podstatou zkoušky je měření tloušťky textilie jako vzdálenosti mezi základní deskou, na které je položen zkoumaný vzorek a paralelním kruhovým přítlačným kotoučem, který vyvíjí přítlak 1 kPa na zkoušenou plochu textilie. Plocha čelistí byla 2500 mm². Po uplynutí stanovené doby, v našem případě 30 sekund, se změří a zaznamená kolmá vzdálenost mezi deskami. K měření tloušťky materiálů nejsou potřebné speciální rozměry vzorků, pouze je nutné zajistit větší velikost vzorku než velikost přítlačného kotouče, v našem případě 2500 mm². Vzorek nesmí být v daném místě nijak poškozen.

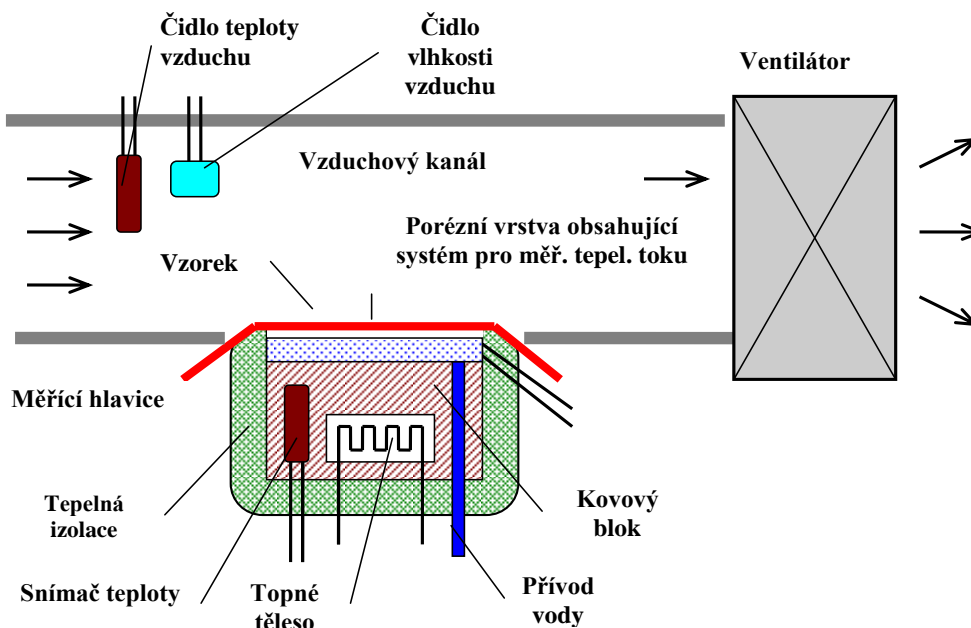
7.3 Zjišťování paropropustnosti

Princip zjišťování paropropustnosti byl již uveden v teoretické části práce, z tohoto důvodu se nyní budeme zabývat pouze popisem přístroje pro zjišťování paropropustnosti, který se nazývá Permetest a následně samotným měřením.

Permetest

Tento stroj je vybaven čidly pro teplotu a vlhkost vzduchu, topným tělesem, měřicí hlavicí a porézní vrstvou obsahující systém pro měření tepelného toku. Permetest měří přímý tepelný tok (q), výparný odpor (RET) a relativní paropropustnost (p). Povrchem modelu, jež je porézní a zvlhčován, prochází tepelný tok. Dochází tím k simulaci procesu ochlazování pocením. Vzorek měřené textilie je upnut na měřicí hlavicí, okolní vzduch o teplotě 20-23 °C, který je nasáván do přístroje vzduchovým kanálem, nám ofukuje vnější vrstvu vzorku. Tím jsou zajištěny izotermické podmínky. Při měření se změní vlhkost v porézní vrstvě na páru, jež prochází vzorkem přes separační fólii. Specifickým snímačem je měřen výparný tepelný tok, jehož hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilie, nebo jejímu výparnému odporu. Tepelný tok je nejprve měřen bez vzorku a poté se opět měří se vzorkem, kdy přístroj reguluje odpovídající tepelné toky (q_0 , q_v). Výhodou tohoto

měření je možnost provádět jej v běžných klimatických podmínkách a v poměrně krátkém čase. [24]



Obrázek 13: Schéma přístroje Permetest [24]

Měření paropropustnosti

Pokus je prováděn na materiálu, který nesmí být zvrásněný, nebo vadný. Vzorek byl před samotným měřením uložen na 24 hodin do klimatizační komory dle normy ČSN EN 20139 a následně bylo provedeno měření při klimatických podmínkách v laboratoři $t=22\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi=45\%$. Vnější strana vzorku je vystavena proudění vzduchu o rychlosti 1 m/s , přičemž měřicí hlavice je vyhřívána na $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Přístroj je nejprve kalibrován pomocí kalibrační textilie (100% PO), kdy je předem známa hodnota výparného odporu ($5\text{ m}^2\text{Pa/W}$). Mezi výhody tohoto měření patří absence přesných rozměrů materiálu. Přístroj je napojený na počítač a při samotném měření získáváme hodnoty propustnosti vodních par p [%] a výparného odporu RET [$\text{m}^2\text{Pa/W}$]. Měření bylo prováděno vždy desetkrát pro každý vzorek, k zajištění dostatečného množství hodnot pro následné statistické zpracování.

7.4 Zjišťování prodyšnosti

Dalším měřením je zjišťování prodyšnosti na přístroji FX 3300 od firmy TEXTEST AG. Měřený vzorek není třeba nijak zvlášť upravovat, do daného přístroje můžeme vkládat plošné textilie i oděv. Vzorek byl před samotným měřením uložen na 24 hodin

do klimatizační komory dle normy ČSN EN 20139 a následně bylo provedeno měření při klimatických podmínkách v laboratoři $t=22\text{ °C}$, $\varphi=45\%$.

Měření se provádí při běžných klimatických podmínkách a vlhkosti vzduchu. Plocha materiálu je upnuta v měřicí hlavici o rozměru 20 cm^2 a tlakovém spádu 100 Pa . Přes upnutou textilií je nasáván vzduch a za pomoci čidel je zaznamenávána hodnota tlaků před a za textilií. Pro měření byly zvoleny jednotky propustnosti v $\text{l/m}^2/\text{s}$. U každého testovaného vzorku bylo opět zajištěno deset hodnot pro následné statistické zpracování.



Obrázek 14: Fotografie přístroje FX3300

7.5 Zjišťování hydrostatické odolnosti

Způsob měření je upravován podle normy ČSN EN 20811. Vyjadřuje odolnost plošné textilie proti stále se zvyšujícímu tlaku vody do okamžiku, kdy se na povrchu objeví na třech místech vzorku známky proniknutí vody v podobě kapek. Tlak vody na vzorek při měření působil zespoda. Výsledek zkoušky vyjadřuje odolnost výrobků z plošných textilií proti krátkodobému či střednědobému působení tlaku vody.

Zkušební vzorek by měl být vodorovný, bez ostrých ohybů. Plocha vzorku, na kterou působí tlak vody, je velikosti 100 mm^2 . Pro potřeby zkoušky je použita destilovaná voda o teplotě $20 \pm 2\text{ °C}$. Při zkoušce byla zvolena rychlost zvyšování tlaku $60 \pm 3\text{ cm}$ vodního sloupce za minutu. Při měření je nutné naměřit velikost vodního sloupce alespoň na 5

různých místech tak, aby výsledek měření byl vypovídající. Měření bylo prováděno na měřicím zařízení M018 Hydrostatic Head Tester, jak je možné vidět na obrázku 15. [13]



Obrázek 15: Fotografie měřicího zařízení M018 Hydrostatic Head Tester

7.6 Zjišťování ohybové síly

Měření bylo prováděno na přístroji TH-7 na katedře hodnocení textilií. Přístroj vznikl inovací stávajícího přístroje TH-5, který byl určen pouze pro měření obdélníkových vzorků o velikosti 2,5x5 cm. Vzhledem k našemu měření na přístroji TH-7 můžeme pracovat s výstupními hodnotami ohybové síly F_m , které již není nutné přepočítávat na hodnotu ohybové tuhosti B [Nm^2/m], nebo ohybového momentu M [Nm], jak uvádí norma ČSN 80 0858. [33]

Z každého druhu laminátu byly vytvořeny tři kruhové zkušební vzorky o průměru 5 cm. Vzdálenost mezi upínací a snímací čelistí byla 14 mm. V místě upnutí vzorku byla hodnota ohybového momentu největší, přičemž v místě snímací čelisti byla tato hodnota rovna 0. Pro všechny hodnoty měřené ohybové tuhosti zůstává tvar křivosti stejný. Při tomto experimentu činil rozsah měření ohybové tuhosti 400 mN. [35]



Obrázek 16: Fotografie přístroje TH7 dle [35]

7.7 Zjišťování přilnavosti povrstvení

Měření bylo prováděno na katedře textilních technologií na přístroji Instron. Z důvodu nedostatku materiálu byly pro každý vzorek vytvořeny tři vzorky po osnově a po útku. Zkoumaný vzorek byl široký 50 mm a dlouhý 200 mm. Vzorek se připravoval tím způsobem, že se opatrně prořízlo povrstvení až k základní textilií v délce, která umožňovala uchytit vzorek do čelistí zkušebního přístroje, v našem případě 6 cm. Při tvorbě vzorků se dbalo na neporušení podélných nití základní textilie. Před samotných měření, byly vzorky klimatizovány v klimatizační komoře po dobu 24 hodin. Upínací délka byla stanovena na 5 cm a současně byla specifikována rychlost posunu čelistí na 100 mm/min. Oddělené vrstvy připraveného zkušební vzorku se upnuly do čelistí přístroje přesně doprostřed, čímž došlo k eliminaci nestejněmého napětí, nebo nadměrného povolení zkušební vzorku. Při samotné zkoušce dochází k pohybu pohyblivé čelisti a oddělování vrstev od sebe. Po ukončení zkoušky a vyjmutí zkušebních vzorků z čelistí byly vzorky zkoumány a bylo zaznamenáno, zda došlo k delaminaci, částečnému trhání povrstvení, či k žádoucímu odlupování povrstvení od textilie.

8. Popis použitých materiálů

Při tvorbě všech zkoumaných laminátů se používaly vždy stejné materiály. Bližší informace o vrchní tkanině, membráně i podšívce jsou k vidění v přehledných tabulkách níže.

Tabulka 7: Popis vrchní tkaniny

Vrchní tkanina	
Chemické složení	100% PA 6.6
Vazba	Hrotový kepr
Dostava osnovy	60 nití/cm
Dostava útku	60 nití/cm
Setkání osnovy	5,16 %
Setkání útku	7,84 %
Jemnost	28 tex



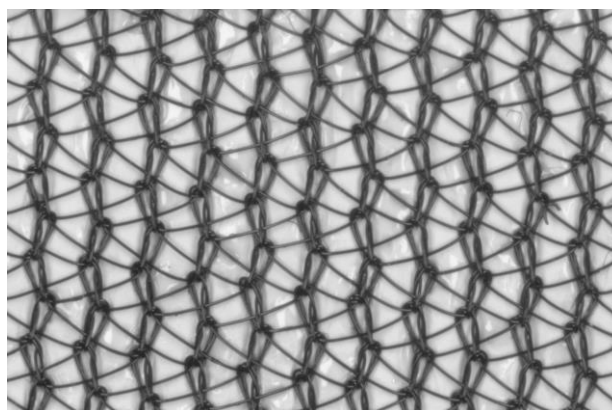
Obrázek 17: Pohled na vrchní tkaninu

Tabulka 8: Popis použité membrány

Membrána	
Chemické složení	100% PA 6
Druh membrány	Hydrofobní membrána
Výrobce	Nanoprotex
Použitá vlákna	Nanovlákná

Tabulka 9: Popis použité podšívky

Podšívka	
Druh	Pletenina osnovní
Chemické složení	100% PL
Vazba	Sukno



Obrázek 18: Makroskopický pohled na podšívku

Aditivum použité při samotné laminaci bylo polyuretanové ve formě Hot Melt.

8.1 Tloušťka jednotlivých vzorků

Tabulka 10: Tloušťka vzorků

Označení vzorku	Průměrná tloušťka [mm]
A	0,41
B	0,34
C	0,44
D	0,38
E	0,48
F	0,46
G	0,48

V tabulce č. 10 jsou k vidění průměrné hodnoty tloušťky laminátů. Nejnižší tloušťku má vzorek B a po něm vzorek D, naopak největší mají vzorky E a G.

8.2 Plošná hmotnost jednotlivých vzorků

Tabulka 11: Průměrná plošná hmotnost vzorků

Označení vzorku	Průměrná plošná hmotnost [g/m ²]
A	13,52
B	13,86
C	14,45
D	12,644
E	12,14
F	12,12
G	12,8

Z tabulky č. 11 je dobře patrné, jak s nižším množstvím aditiva, klesá plošná hmotnost jednotlivých laminátů. U oblečení určeného pro sportovní účely je potřeba při co nejnižší hmotnosti výrobku dosáhnout co nejvyšších funkčních vlastností.

9. Výsledky jednotlivých měření

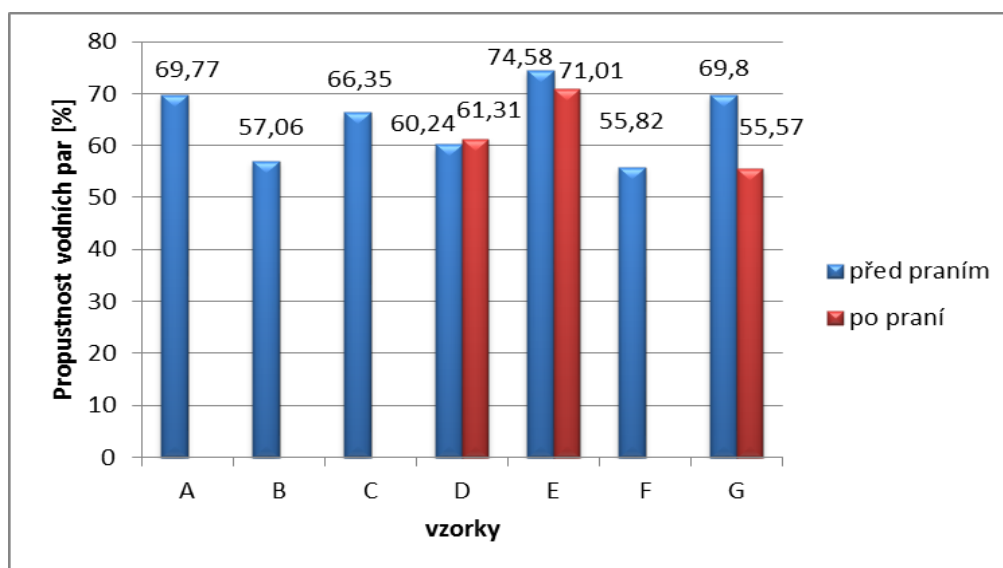
9.1 Zjišťování paropropustnosti

Prostup vodní páry (potu) přes oděv do okolního prostředí nám zajišťuje paropropustnost oděvu. Outdoorové oblečení splňující funkční požadavky musí být velmi dobře paropropustné. Pokud není tento požadavek splněn, mohlo by dojít k přehřátí organismu a zvlhnutí spodního oblečení vlastním potem. V tomto případě by se oděv stal značně nekomfortním a svému nositeli nepříjemným.

Tabulka 12: Výsledky propustnosti vodních par

Propustnost vodních par [%]										
	A	B	C	D	D vyprany	E	E vyprany	F	G	G vyprany
Průměr	69,77	57,06	66,35	60,24	61,31	74,58	71,01	55,82	69,8	55,57
Rozptyl	6,14	2,65	5,05	7,2	4,33	1,07	2,41	8,04	4,85	3,12
Směr. odch.	2,48	1,63	2,25	2,68	2,08	1,03	1,55	2,83	2,2	1,77
IS dolní mez	67,99	55,89	63,74	58,32	59,82	73,84	69,9	53,79	68,22	54,31
IS horní mez	71,54	58,22	67,96	62,16	62,8	75,32	72,12	57,85	71,38	56,83

Z tabulky č. 12 byl zpracován graf, který přehledně ukazuje naměřené hodnoty propustnosti vodních par. Nejlepších výsledků dosáhl vzorek E, u kterého byly naměřeny nejlepší výsledky propustnosti vodních par jak před praním, tak i po něm. Další dobré hodnoty paropropustnosti měly vzorky A, G a C. Nejhůře dopadl vzorek F. Prací cykly neměly u vzorku D vliv na paropropustnost, naopak došlo k mírnému vylepšení původních vlastností.

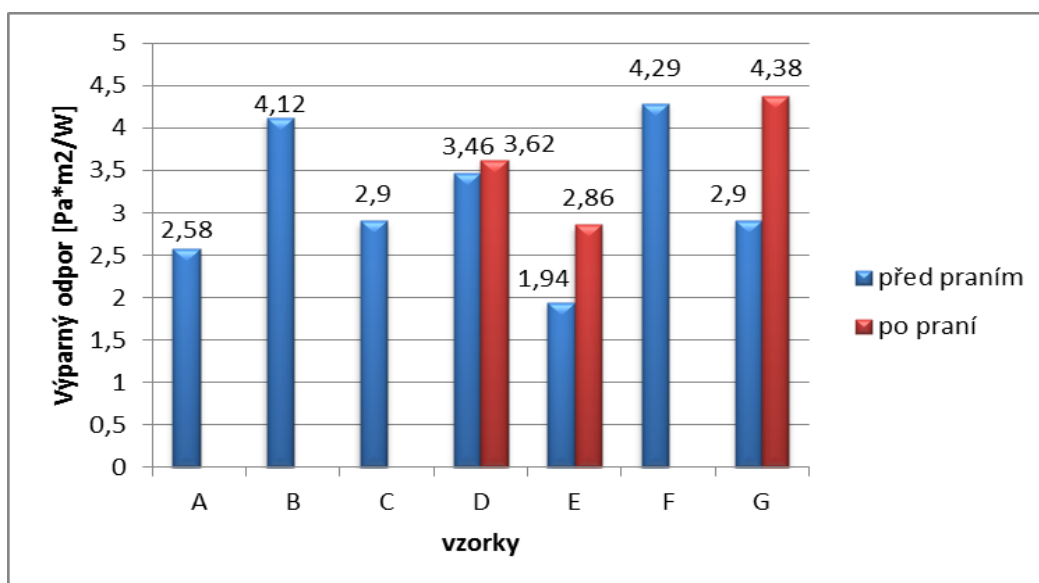


Obrázek 19: Graf propustnosti vodních par

Na přístroji Permetest během měření, získáme jak hodnotu propustnosti vodních par, tak hodnotu výparného odporu daného vzorku. Z tabulky výše a následně i grafu je dobře patrné, že nejlepší hodnoty výparného odporu má vzorek E. Nejhorší hodnota byla naměřena u vzorku F. Vzorky, u nichž byla naměřena hodnota RET $[\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}]$ nižší jak 6 mají velmi dobrou paropropustnost. Je tedy možné vzorky celkově označit za velmi dobré. Nejlepší materiály uvádí hodnotu RET pod 4. U vzorku G došlo po pracích cyklech k výraznému zhoršení výparného odporu, z původní průměrné hodnoty $2,9 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ se dostává až na hodnotu $4,38 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$, ale i tak se jedná o vzorek, jehož paropropustnost je velice dobrá. Nejmenší změny po praní byly naměřeny u vzorku D.

Tabulka 13: Výsledky výparného odporu

Výparný odpor $[\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}]$										
	A	B	C	D	D vyprany	E	E vyprany	F	G	G vyprany
Průměr	2,58	4,12	2,9	3,46	3,62	1,94	2,86	4,29	2,9	4,38
Rozptyl	0,15	0,07	0,12	0,14	0,14	0,02	0,06	0,27	0,08	0,11
Směr. odch.	0,38	0,27	0,34	0,38	0,37	0,15	0,25	0,52	0,29	0,33
IS dolní mez	2,31	3,93	2,65	3,19	3,35	1,83	2,68	3,92	2,69	4,14
IS horní mez	2,85	4,31	3,15	3,73	3,89	2,04	3,04	4,66	3,11	4,62



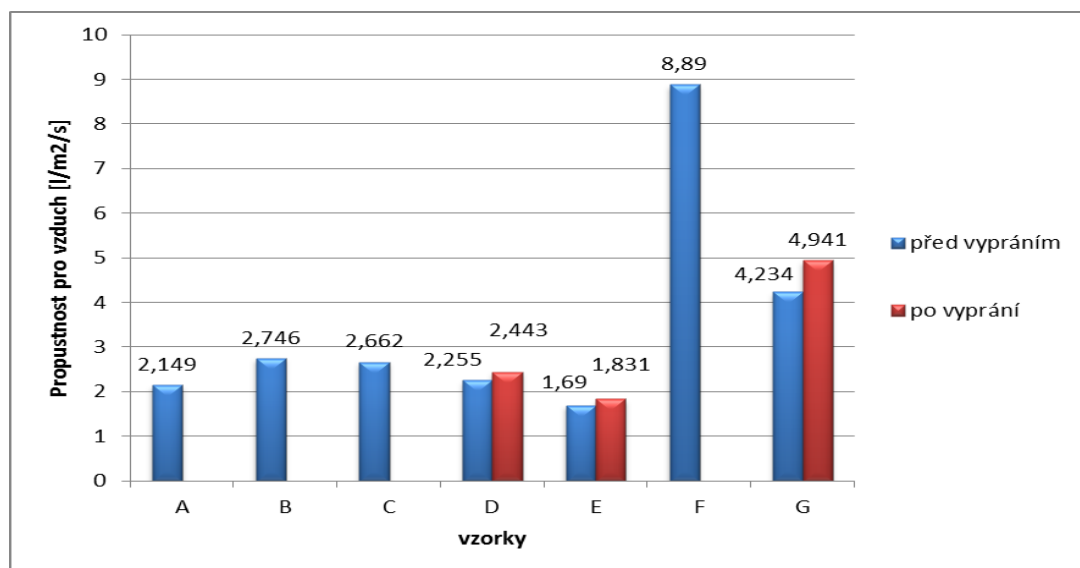
Obrázek 20: Graf výparného odporu

9.2 Zjišťování prodyšnosti

Prodyšností se rozumí prostup vzduchu z vnějšího prostředí přes oděv k nositeli a odvádění tepla, jež vzniká při fyzické zátěži. Při hodnocení prodyšnosti je nutné rozlišovat materiál podle druhu použití. Pokud se jedná o materiál pro spodní prádlo, trička apod. je vysoká prodyšnost žádoucí. Naopak v případě zimního oblečení, či bund je tento jev nežádoucí a mohl by vést k prostupu chladného vzduchu k nositeli. V našem případě jsou žádoucí nižší hodnoty prodyšnosti.

Tabulka 14: Výsledky propustnosti pro vzduch

Propustnost pro vzduch [l/m ² /s]										
	A	B	C	D	Dv	E	Ev	F	G	Gv
Průměr	2,149	2,746	2,662	2,255	2,443	1,69	1,831	8,89	4,234	4,941
Rozptyl	0,062	0,057	0,059	0,03	0,08	0,025	0,019	0,096	0,117	0,302
Směr. odch.	0,249	0,238	0,243	0,172	0,284	0,159	0,141	0,31	0,342	0,549
IS dolní mez	1,97	2,576	2,488	2,132	2,24	1,576	1,73	8,668	3,989	4,547
IS horní mez	2,328	2,916	2,836	2,378	2,646	1,804	1,932	9,112	4,479	5,334



Obrázek 21: Graf propustnosti pro vzduch

I u tohoto měření dopadl nejlépe vzorek E a to jak před praním, tak i po provedení pracích cyklů. Oproti očekávání vzorky negativ/negativ (F, G) dosáhly špatných výsledků, přičemž právě vzorek F dopadl ze všech zkoumaných vzorků nejhůře. U všech tří vzorků negativ/negativ, které vydržely prací cykly (D, E a G) nedošlo k výraznému zhoršení výsledků po praní. Tento efekt byl žádoucí a dá se hodnotit kladně.

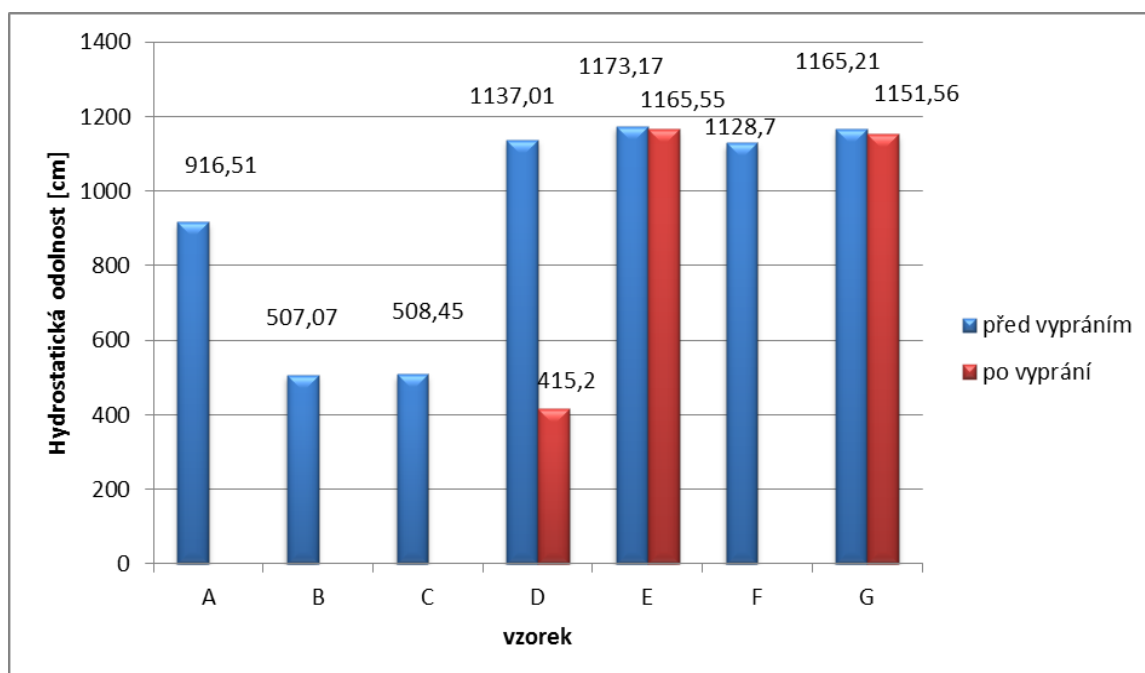
9.3 Zjišťování hydrostatické odolnosti

Pro kvalitu výrobku je důležitým faktorem jeho hydrostatická odolnost. Na výrobcích je tato vlastnost uváděna jako výška vodního sloupce. Udává odolnost materiálu vůči hydrostatickému tlaku. Lze říci, že čím vyšší hodnoty vodního sloupce jsou udávány, tím se výrobek stává odolnější vůči průniku vody. Za nepromokavý je možné označit materiál s odolností 1300 mm výšky vodního sloupce.

Tabulka 15: Výsledky hydrostatické odolnosti

Hydrostatická odolnost [cm]										
	A	B	C	D	D vyprany	E	E vyprany	F	G	G vyprany
Průměr	916,51	507,07	508,45	1137,01	415,2	1173,17	1165,55	1128,7	1165,21	1151,56
Rozptyl	280,03	202,24	301,02	2552,81	217,22	1863,7	2575,99	2665,73	5443,9	9272,74
Směr. odch.	16,73	14,24	17,35	50,53	14,74	43,17	50,75	51,63	73,78	96,3
IS dolní mez	904,54	496,89	496,04	1100,87	404,66	1142,29	1129,24	1091,77	1112,43	1082,68
IS horní mez	928,48	517,25	520,86	1173,15	425,74	1204,05	1201,86	1165,63	1217,99	1220,45

Z testovaných vzorků můžeme označit všechny za nepromokavé. Za zajímavé se dá považovat razantní snížení hydrostatické odolnosti u vzorku D před a po praní. Jedná se o více jak 60% pokles odolnosti.



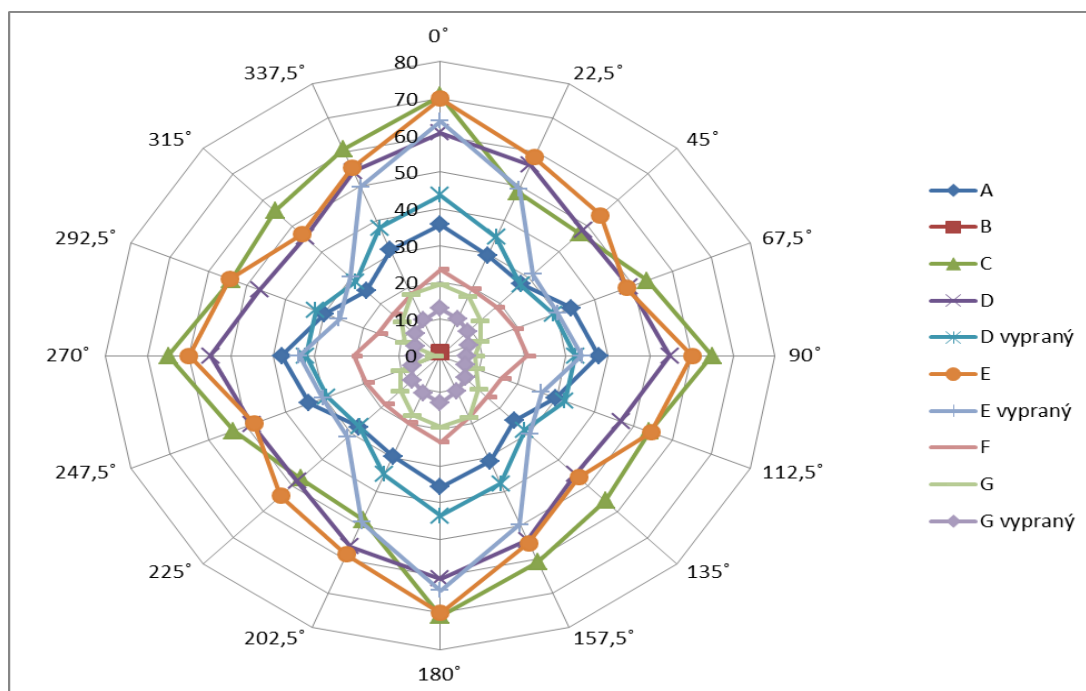
Obrázek 22: Graf hydrostatické odolnosti

9,4 Zjišťování ohybové síly

Tabulka 16: Výsledky ohybové síly

Zjišťování ohybové síly [N]										
	A	B	C	D	D vypraný	E	E vypraný	F	G	G vypraný
0°	35,7	70,8	53,25	60,7	43,6	70	63,9	23,5	19,4	12,9
22,5°	29,6	48,3	38,95	56,2	34,9	58,5	49,1	19,7	17,5	10,9
45°	27,5	47,1	37,3	48,3	27,2	54	31,3	18,7	13,5	9,4
67,5°	33,9	53,5	43,7	48,8	29,3	48,1	30,3	19,3	10,4	7,3
90°	37,8	65	51,4	54,9	32,2	60,1	33,8	20,7	8,3	6,2
112,5°	29,9	54	41,95	46,7	32,2	54,5	26,1	15,9	9,2	6,4
135°	25	55,8	40,4	45,6	28,5	46,8	30,3	15,9	12,9	8,5
157,5°	31,1	60,8	45,95	54,3	37,7	55,3	49,7	18,2	18,1	10,4
180°	35,7	70,8	53,25	60,7	43,6	70	63,9	23,5	19,4	12,9
202,5°	29,6	48,3	38,95	56,2	34,9	58,5	49,1	19,7	17,5	10,9
225°	27,5	47,1	37,3	48,3	27,2	54	31,3	18,6	13,5	9,4
247,5°	33,9	53,5	43,7	48,8	29,3	48,1	30,3	19,3	10,4	7,3
270°	37,8	65	51,4	54,9	32,2	60,1	33,7	20,7	1,3	6,2
292,5°	29,9	54	41,95	46,7	32,2	54,5	26,1	15,9	9,2	6,4
315°	25	55,8	40,4	45,6	28,5	46,8	30,3	15,9	12,9	8,5
337,5°	31,1	60,8	45,95	54,3	37,7	55,3	49,7	18,2	18,1	10,4

U většiny vzorků byl zobrazen vztah přibližné rovnosti ohybové síly jak osnovních nití, tak nití útkových. Pouze vzorek G před praním i po vyprání vykazuje znaky větší tuhost po osnově, než po útku. Tento jev je zajímavý i vzhledem k tomu, že u něho byla naměřena nejmenší ohybová síla. K podobnému jevu větší tuhosti po osnově dochází i u vypraného vzorku E. U všech vzorků, u nichž byla provedena zkouška pracími cykly, došlo ke snížení síly oproti původně naměřeným hodnotám.



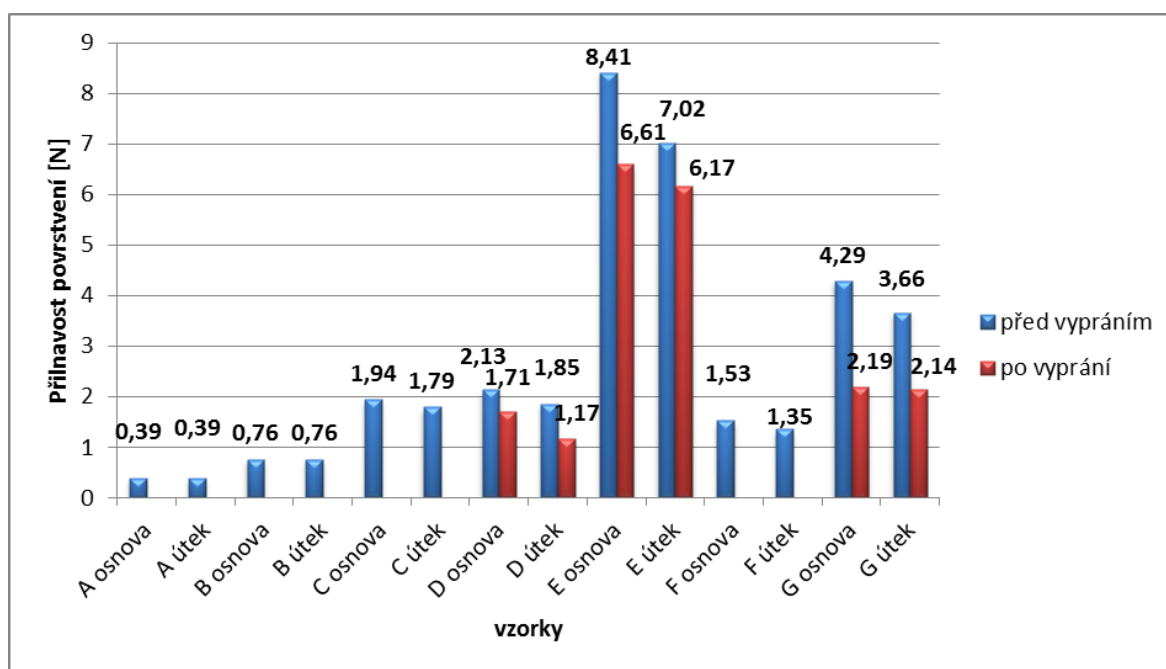
Obrázek 23: Anizotropie ohybových sil [N]

9.5 Zjišťování přilnavosti povrstvení

Měřením byla zjišťována pevnost spojení mezi membránou a vrchní tkaninou. U původních vzorků positiv/negativ (A), positiv/positiv (B) a následně upraveném vzorku positiv/positiv (C) došlo k nežádoucí delaminaci při poměrně nízkém působení síly. Tento jev může být způsoben nedokonalým prolaminováním vrstev. U ostatních vzorků negativ/negativ k samotné delaminaci nedošlo. Při zkoušce bylo zaznamenáno částečné trhání povrstvení u vzorku F a dále u vzorků D, G před praním i po vyprání. Pouze vzorek E dosáhl požadovaného odlupování povrstvení od textilie a v tomto testu byl nejlépeší.

Tabulka 17: Výsledky přilnavosti povrstvení

Přilnavost povrstvení [N]				
označení	1. měření	2. měření	3. měření	průměr
A osnova	0,4	0,36	0,4	0,39
A útek	0,4	0,38	0,39	0,39
B osnova	0,8	0,8	0,67	0,76
B útek	0,73	0,76	0,8	0,76
C osnova	1,61	1,8	2,41	1,94
C útek	1,76	1,67	1,93	1,79
D osnova	1,93	1,9	2,57	2,13
D útek	1,56	1,89	2,1	1,85
D vypraný osnova	1,67	1,93	1,53	1,71
D vypraný útek	1,13	1,04	1,36	1,17
E osnova	8,32	9,53	7,38	8,41
E útek	7,24	6,57	7,24	7,02
E vypraný osnova	6,4	6,17	7,27	6,61
E vypraný útek	6,44	5,9	6,18	6,17
F osnova	1,46	1,74	1,38	1,53
F útek	1,4	1,26	1,4	1,35
G osnova	4,91	3,89	4,08	4,29
G útek	3,2	4,02	3,75	3,66
G vypraný osnova	2,41	2,14	2,01	2,19
G vypraný útek	2,04	2,41	1,97	2,14



Obrázek 24: Graf přilnavosti povrstvení

Toto měření proběhlo v testech jako poslední a z celkově dosažených výsledků lze vzorek E považovat za nejvhodnější k dalšímu testování se vzorkem Gore-tex. Jedná se o porovnání dvou laminátových kompozitů s hydrofobní membránou dvou výrobců.

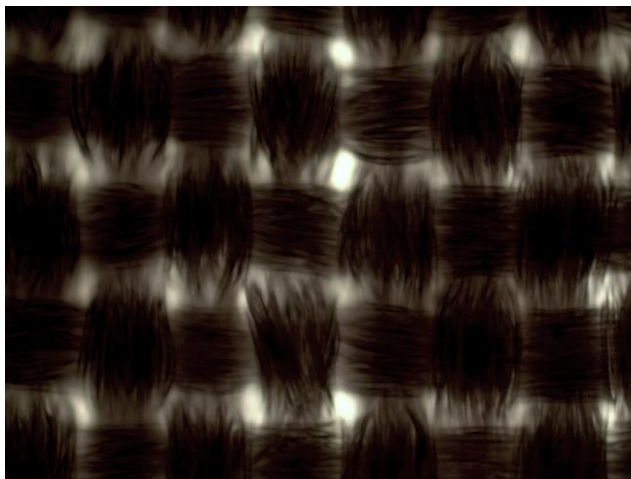
9.6 Porovnání vzorku firmy Nanoprotex s konkurenčním vzorkem

Vzorek K

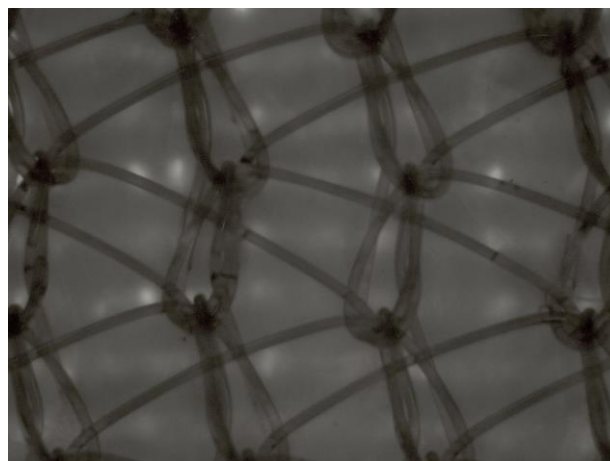
Pro tuto práci byl použit již hotový laminátový kompozit. Jednalo se o vzorek konkurenční firmy zabývající se výrobou hydrofobní membrány.

Tabulka 18: Popis vzorku K

Vzorek K	
Chemické složení vrchní tkaniny	100% PA
Vazba	Plátno
Chemické složení membrány	PTFE
Druh membrány	Hydrofobní membrána
Druh podšívky	Osnovná pletenina
Chemické složení podšívky	100% PL
Vazba podšívky	Sukno



Obrázek 25: Mikroskopický pohled na vrchní tkaninu vzorku K



Obrázek 26: Mikroskopický pohled na podšívku laminátového kompozitu K

Z důvodu nedostatku materiálu nebylo možné u vzorku K provést proměření vzorku po pracích cyklech. Pro zajímavost byla i přesto provedena zkouška praní na menším vzorku, který však nebyl dostatečně velký pro objektivní vyhodnocení následných měření. U nestandardního vzorku nedošlo po vyprání k delaminaci. Z důvodu absence hodnot dalších zkoušek po vyprání však nebyl brán zřetel ani u vzorku Nanoprotexu (E) na jeho hodnoty po vyprání.

Zjišťování paropropustnosti

Tabulka 19: Porovnání propustnosti vodních par

Propustnost vodních par [%]		
	E	K
Průměr	74,58	70,71
Rozptyl	1,07	6,61
Směr. odch.	1,03	2,57
IS dolní mez	73,84	68,87
IS horní mez	75,32	72,55

Tabulka 20: Porovnání výparného odporu

Výparný odpor [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$]		
	E	K
Průměr	1,94	2,8
Rozptyl	0,02	0,02
Směr. odch.	0,15	0,15
IS dolní mez	1,83	2,69
IS horní mez	2,04	2,91

Z tabulek výše je dobře patrné, že lepší výsledky propustnosti vodních par i výparného odporu měl vzorek E s membránou od firmy Nanoprotex. Vzorek K vykázal v již uvedeném měření také velice dobré výsledky. Jak již bylo uvedeno, pouze nejlepší materiály mají RET pod hodnotu 4, což oba vzorky bez problémů splňují.

Zjišťování prodyšnosti

Tabulka 21: Porovnání prodyšnosti

Propustnost pro vzduch [$\text{l}/\text{m}^2/\text{s}$]		
	E	K
Průměr	1,69	0,765
Rozptyl	0,025	0,006
Směr. odch.	0,159	0,079
IS dolní mez	1,576	0,709
IS horní mez	1,804	0,822

Z tohoto měření jasně vyplývá, že vzorek K má nižší propustnost pro vzduch a to více jak dvojnásobně, než konkurenční vzorek E.

Zjišťování hydrostatické odolnosti

Tabulka 22: Porovnání hydrostatické odolnosti

Hydrostatická odolnost [cm]		
	E	K
Průměr	1173,17	562,79
Rozptyl	1863,7	474,15
Směr. odch.	43,17	21,77
IS dolní mez	1142,29	547,21
IS horní mez	1204,05	578,37

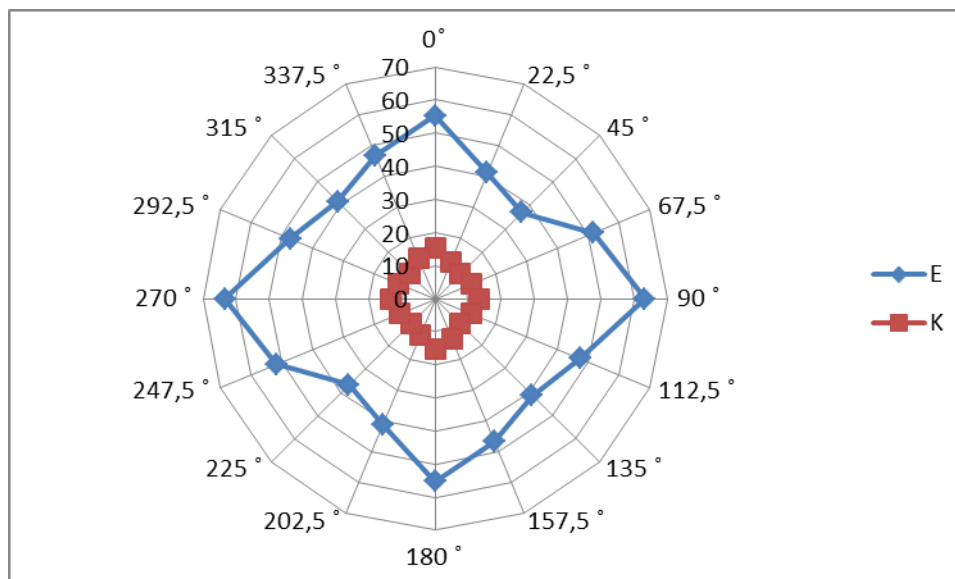
Při měření vodního sloupce měl lepší výsledky vzorek E, který má vodní sloupec vyšší téměř dvojnásobně. U obou porovnávaných vzorků však můžeme hovořit o nepromokavosti.

Zjišťování ohybové síly

Z přehledné tabulky a následně i paprskového grafu je dobře viditelné, že u obou vzorků dochází ke stavu, kdy ohybová tuhost u osnovy i útku je přibližně stejná. Přičemž vzorek K působil při měření nižší ohybovou tuhostí.

Tabulka 23: Porovnání ohybové síly

Zjišťování ohybové síly [N]		
	E	K
0°	55,3	15,2
22,5°	41,2	12,1
45°	36,9	10,4
67,5°	51,8	11,7
90°	63,3	13,4
112,5°	47,3	11,8
135°	41,4	10,8
157,5°	46,7	13,2
180°	55,3	15,2
202,5°	41,2	12,1
225°	36,9	10,4
247,5°	51,8	11,7
270°	63,3	13,4
292,5°	47,3	11,8
315°	41,4	10,8
337,5°	46,7	13,2



Obrázek 27: Anizotropie ohybových sil vzorků K a E

Zjišťování přilnavosti povrstvení

Tabulka 24: Porovnání přilnavosti povrstvení

Přilnavost povrstvení [N]				
Označení	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr
E osnova	8,32	9,53	7,38	8,41
E útek	7,24	6,57	7,24	7,02
K osnova	8,32	7,51	7,78	7,87
K útek	5,5	6,57	6,57	6,21

V tomto laboratorním měření byl opět lepší vzorek E. U obou vzorků bylo zaznamenáno požadované odlupování povrstvení od textilie.

Shrnutí

Oba vzorky jsou po stránce komfortu srovnatelné, při laboratorním testování však dopadl lépe vzorek E. Vzorek K vykázal při měření velké mezery u vodního sloupce, naopak mu byla naměřena výborná prodyšnost.

10. Lineární regrese s více proměnnými

Nyní se zaměříme na posouzení vlivu jednotlivých faktorů při laminaci na vlastnosti laminátových kompozitů. Ke statistickému zhodnocení byl použit program Statistica a dále bylo čerpáno z knihy Kompendium statistického zpracování dat autorů Prof. RNDr. Milana Melouna, DrSc., a Prof. Ing. Jiřího Militkého, CSc.

U každého zjišťování vlivu laminačních podmínek na jednotlivé vlastnosti tj. propustnost vodních par, výparný odpor, propustnost pro vzduch, hydrostatická odolnost a přilnavost povrstvení, byla nejprve provedena regresní analýza, sestavením lineárního regresního modelu závislosti propustnosti vodních par na podmínkách laminace. Regresní koeficient byl vypočten pomocí metody nejmenších čtverců. Pro ověření přesnosti regresních koeficientů a správnosti modelu byl použit Pearsonův párový korelační koeficient pro jednotlivé dvojice proměnných, kde se zjistí vztah mezi jednotlivými proměnnými. Následně byla použita metoda krokové dopředné regrese, která zjistí přínos jednotlivých proměnných do modelu. Poté byla stanovena regresní rovnice, na kterou navazovalo použití analýzy reziduí, ta slouží k posouzení vhodnosti použité regresní funkce. Současně umožňuje zjistit, zda byly splněny předpoklady regresní analýzy a ověřit správnost výběru proměnných. V případě, že byly nalezeny vybočující hodnoty, musely být z modelu odstraněny, pro riziko zkreslení výsledků regresní analýzy. Jako poslední bod byl použit normální p-graf reziduí, který slouží pro vizuální ověření předpokladu normality.

Celý postup výpočtu i s výstupy se nachází pro svou rozsáhlost v příloze. V hlavní části práce jsou uvedeny pouze jednotlivé lineární regresní rovnice, přičemž u první z nich je uveden komentář.

Vícerozměrné lineární regresní modely mají obecně tvar:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 \quad (10.1)$$

Lineární regresní rovnice mají tvar:

Propustnost vodních par = $-9,29 - 1,39 \text{ aditivum} + 0,43 \text{ teplota laminovacího válce} - 0,05 \text{ teplota přítlačného válce} + 7,10 \text{ tlak}$

Regresní koeficient b_0 , v případě propustnosti vodních par se jedná o hodnotu $-9,29$, odpovídá průsečíku regresní přímky s osou y , tedy hodnotě y pro $x=0$

Regresní koeficient b_1 představuje směrnici přímky, tj. průměrnou změnu propustnosti vodních par při změně aditiva o jednotku. Kdy po zvýšení aditiva o jednotku dojde ke snížení propustnosti vodních par o $1,39$.

Dílčí regresní koeficienty b_1 , b_2 , b_3 a b_4 vyjadřují vliv i dalších proměnných.

Hodnota b_1 je odhadem středního v tomto případě úbytku propustnosti vodních par v situaci, kdy se b_1 zvýší o jednotku, ale $b_{2,3,4}$ se nemění.

Hodnota b_2 je odhadem středního přírůstku propustnosti vodních par v situaci, kdy se b_2 zvýší o jednotku, ale b_1 se nemění.

Hodnota b_3 je odhadem středního úbytku propustnosti vodních par v situaci, kdy se b_3 zvýší o jednotku, ale $b_{1,2,4}$ se nemění.

Hodnota b_4 je odhadem středního přírůstku propustnosti vodních par v situaci, kdy se b_4 zvýší o jednotku, ale $b_{1,2,3}$ se nemění.

Výparný odpor = $12,91 + 0,17 \text{ aditivum} - 0,06 \text{ teplota laminovacího válce} + 0,008 \text{ teplota přítlačného válce} - 0,72 \text{ tlak}$

Prodyšnost = $63,66 + 0,06 \text{ aditivum} - 0,48 \text{ teplota laminovacího válce} + 0,04 \text{ teplota přítlačného válce}$

Vodní sloupec = $1879,16 - 157,49 \text{ aditivum} + 0,38 \text{ teplota přítlačného válce} + 42,64 \text{ tlak}$

Přilnavost povrstvení = $-4,29 - 0,98 \text{ aditivum} + 0,14 \text{ teplota laminovacího válce} - 0,04 \text{ teplota přítlačného válce}$

ZÁVĚR

Diplomová práce si kladla za cíl vytvořit třívrstvý laminátový kompozit pro oděvní účely s vysokou adhezí a paropropustností při různých podmínkách tlaku, teploty a množství aditiva.

Dnešní doba klade vysoké nároky na materiálové složení, zpracovatelské provedení, estetickou stránku oděvu a především na komfort při nošení. Vlhkostní bariéru oděvu nám zajišťují membrány. Musí odvádět vodní páry z povrchu pokožky do okolního prostředí a zároveň musí být větruodolné s vysokým vodním sloupcem. Zvyšují tím funkčnost daného oděvu a jeho komfort při nošení.

Práce se dělí na dvě části. První teoretická část se zaměřuje na přiblížení pojmu outdoorové oblečení, následně se zabývá popisem druhů membrán, kde jsou uvedeni i někteří výrobci. Dále práce obsahuje kapitolu s vysvětlením pojmu laminace a její technologií. Vzhledem k práci s nanovláknennou membránou bylo vhodné do teoretické části vložit kapitolu zabývající se touto problematikou. Komfortu je věnována další kapitola teoretické části. Závěrem je uvedeno několik informací týkající se údržby materiálů s membránou. Vhodná údržba je totiž základním předpokladem dlouhodobé a kvalitní funkce membrány.

Experimentální část diplomové práce je zaměřena na samotnou tvorbu třívrstvých laminátů při různých vstupních parametrech. Již vytvořené laminátové kompozity byly dále podrobeny laboratorním zkouškám a následnému statistickému vyhodnocení naměřených dat. Celkem byly vyrobeny v první fázi tři vzorky, které se lišily množstvím použitého aditiva, přičemž ostatní podmínky byly konstantní. Poté byly vzorky podrobeny zkouškám paropropustnosti, prodyšnosti, hydrostatické odolnosti, ohybové tuhosti a přilnavosti povrstvení. Následně vzorky prošly pracími cykly a opět byly podrobeny již vyjmenovaným testům. Vyhodnocený úspěšný vzorek však vykázal zhoršení v původních parametrech, a proto bylo přistoupeno k testování změn laminačních podmínek. Celkem bylo vytvořeno sedm kompozitních vzorků, kdy laminační podmínky jsou uvedeny v samotné práci. Jako nejvhodnější kompozitní laminát byl vyhodnocen vzorek E, který byl dále testován se vzorkem od konkurenční firmy. Ze vzájemného srovnání vyplynulo, že u vyrobeného vzorku E byla naměřena lepší paropropustnost, hydrostatická odolnost

a přilnavost povrstvení. Naproti tomu u konkurenčního vzorku byla naměřena nižší prodyšnost. Vyroběný vzorek s membránou od firmy Nanoprotex je konkurenčně více než srovnatelný se vzorkem K od jiného výrobce hydrofobních membrán.

Vyroběný vzorek splňuje podmínky zadání diplomové práce, a sice vysokou adhezi a paropropustnost. V těchto vlastnostech konkurenční vzorek převyšuje. Zhotovený vzorek by byl vhodný vzhledem k úspěšnému laboratornímu testování k využití pro vrchní outdoorové oblečení.

Pro statistické zpracování dat byla v diplomové práci využita znalost práce s programem MS Excel, v němž byla zpracována základní statistická analýza a grafy. Program MS Excel je hojně využíván pro svoji přehlednost a rozšířenost mezi odbornou i laickou veřejností. Dále byla data zpracována pomocí programu Statistica. Jednalo se o zkušební třicetidenní verzi, jež byla stažena k tomuto účelu. V tomto programu byla zpracována lineární regrese s více proměnnými, která slouží ke zkoumání závislosti mezi dvěma a více proměnnými. Pro ilustraci byl celý postup výpočtů a grafů vložen do přílohy diplomové práce.

Ze získaných lineárních regresních rovnic je dobře patrné, že na vlastnosti laminátových kompozitů mají vliv všechny laminační podmínky, mezi něž patří množství použitého aditiva, teplota laminovacího válce, teplota přítlačného válce a tlak.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Ventile® Fabric the Action, *Ventile.co.uk* [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.ventile.co.uk/about.php?PHPSESSID=c63a0803c4906cf7998e3fb93b1bd852>
- [2] EDITED BY A. R. HORROCKS, Edited by A.R.S. Handbook of technical textiles. Reprinted. Cambridge, England: Woodhead Pub. Ltd., in association with The Textile Institute, 2000. ISBN 18-557-3385-4.
- [3] Víte co si oblékáte I, 2007. MACHÁČEK, Petr. HOTMAR, Jan. *Svetoutdooru.cz* [online]. 2007 [cit. 2013-03-10].
Dostupné z: <http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107711-vite,-co-si-oblekate?-i>.
- [4] BRZEZINSKI, Stefan, et al. Structure and properties of microporous polyurethane membranes designed for textil-polymeric composite systems. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2005, 13, s. 53-58.
- [5] Struktura, vlastnosti, diagnostika a technologie textilií. Vyd. 1. Prešov: Vydavateľstvo Michala Vaška, 2006, 276 s. ISBN 80-807-3668-5.
- [6] SEN, Ashish Kumar. *Coated textiles: Principles and applications*. Vyd. 2: Taylor & Francis, CRC Press, 2008. ISBN 978-1-4200-5346-6.
- [7] Podklady firmy Nanoprotex
- [8] Co je to materiál Gore-tex, 2013. *Gore-tex.cz* [online]. 2013 [cit. 2013-01-13].
Dostupné z: http://www.gore-tex.cz/remote/Satellite?c=fabrics_cont_land_c&childpagename=goretex_cs_CZ%2Ffabrics_cont_land_c%2FFabricTechnologiesChapterOneLandingSEO&cid=1183947840088&p=1183947843070&pagename=SessionWrapper
- [9] Produkty. *Nanoprotex.eu* [online]. [cit. 2012-12-15].
Dostupné z: <http://www.nanoprotex.eu/produkty/>.
- [10] Ecological properties. *Sympatex.com* [online]. [cit. 2013-03-01].
Dostupné z: <http://www.sympatex.com/en/membrane/224/ecology>.
- [11] Toray, 2013. *Torayentrant.com* [online]. [cit. 2013-2-20].
Dostupné z: http://www.torayentrant.com/dermizax/der_001.html
- [12] MATTILA, H. R. *Intelligent textiles and clothing*. Vyd. 1. Bolton, UK: CRC Press, Woodhead, 2006. ISBN 18-456-9005-2.
- [13] RŮŽIČKOVÁ, Dagmar. *Oděvní materiály*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita,

- Textilní fakulta, 2003. ISBN 80-708-3682-2.
- [14] Dvouvrstvý, třívrstvý a 2,5 vrstvý laminát, 2013. *Highpoint.cz* [online]. [cit. 2013-2-25]. Dostupné z: <http://www.highpoint.cz/rady-a-tipy/slovník-pojmu/dvouvrstvy-trivrstvy-a-25-vrstvy-laminat.html>
- [15] REC, Vlastimil, Jiří SMUTNÝ a Miroslav HAMPL. Podleování součástí svrchních oděvů. 1. vyd. Praha: SNTL, 1991, 128 s. Technika a technologie spotřebního průmyslu. ISBN 80-030-0242-7.
- [16] FUNG, Walter. Coated and laminated textiles. Cambridge, England: Woodhead Pub., 2002, xiv, 402 p. ISBN 18-557-3576-8.
- [17] Vyztužování – podleování, 2012. ZELOVÁ, Katarína. *Výroba oděvů: (ODE)*[online]. 2012 [cit. 2012 – 11-18]. Dostupné z: [http://www.kod.tul.cz/predmety/ODE/prednasky/ODE_6_LS_2012_Podlepovani%20\[R%eazim%20kompatibility\].pdf](http://www.kod.tul.cz/predmety/ODE/prednasky/ODE_6_LS_2012_Podlepovani%20[R%eazim%20kompatibility].pdf)
- [18] Podleovací stroje, [online]. [cit. 2013-2-10]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/tvarovani/podlepovani/stroje/stroje.htm
- [19] O nanovlákních, 2013, *Navigate.com* [online]. 2013 [cit. 2013-02-13]. Dostupné z: <http://www.navigate.com/cs/section/portal/app/portal-article/detail/69818-o-nanovlaknech>
- [20] Úvod do nanomateriálů a nanotechnologie, úvod do textilních nanomateriálů, *Ft.tul.cz* [online]. 2010 [cit. 2013-1-15]. Dostupné z: http://www.ft.tul.cz/depart/knt/nanotex/prednaska%201_uvod_do_nanomaterialu_na%20web.pdf
- [21] RŮŽIČKOVÁ, Jana. Elektrostatické zvláknění nanovláken. Vyd. 1. V Liberci: Technická univerzita, 2004, 54 s. ISBN 80-708-3867-1.
- [22] JIRSÁK, Oldřich a Klára KALINOVÁ. Netkané textilie. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2003, 129 s. ISBN 80-708-3746-2.
- [23] Charakteristika nanovláken, *Elmarco.cz* [online]. 2004 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: <http://www.elmarco.cz/technologie/nanovlakna/>
- [24] HES, Luboš a Petr SLUKA. Úvod do komfortu textilií. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2005, 109 s. ISBN 80-708-3926-0.
- [25] Víte co si oblékáte II, 2007. MACHÁČEK, Petr. HOTMAR, Jan. *Svetoutdooru.cz* [online]. 2007 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107716-vite,-co-si-oblekate?-ii>.

- [26] Prodyšnost, paropropustnost. *Highpoint.cz* [online]. [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://www.highpoint.cz/komunita/slovník-pojmu/prodyšnost-paropropustnost.html>
- [27] Proč praní s membránou? *Shop.mill.cz* [online]. [cit. 2013-01-15].
Dostupné z: <http://shop.mill.cz/Novinky/Prani-obleceni-s-membranou>
- [28] Údržba a péče o výrobky značky high point, *Highpoint.cz* [online] 2013. [cit. 2013-01-15] Dostupné z: <http://www.highpoint.cz/clanky/udrzba-a-pecce-o-vyrobky-znacky-high-point.html>
- [29] Symboly pro ošetřování, *Sotex.cz* [online] 2008. [cit. 2013-01-15].
Dostupné z: <http://www.sotex.cz/index.php?docid=33>
- [30] ČSN EN 12 127 Textilie - Plošné textilie - Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků, Český normalizační institut, Praha 1997. 12 s.
- [31] ČSN EN ISO 5084 Textilie - Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků, Český normalizační institut, Praha 1998. 12 s.
- [32] ČSN EN 20 811 Textilie. Stanovení odolnosti proti pronikání vody. Zkouška tlakem vody, Český normalizační institut, Praha 1994. 8 s.
- [33] ČSN 800858 Zkoušení tuhosti a pružnosti plošných textilií, Český normalizační institut, Praha 1974. 8 s.
- [34] ČSN EN ISO 2411 Textilie povrstvené pryží nebo plasty - Zjišťování přilnavosti povrstvení, Český normalizační institut, Praha 2001. 12 s.
- [35] Fridrichová, L.: A new method of measuring the bending rigidity of fabrics and its application to the determination of the their anisotropy *Textile Research Journal* 0040517512467133, first published on February 26, 2013 as doi:10.1177/0040517512467133
- [36] MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. *Kompendium statistického zpracování dat*. Vyd. 3., V nakl. Karolinum 1. Praha: Karolinum, 2012, 982 s. ISBN 978-80-246-2196-8.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Funkce membrány dle [2]	11
Obrázek 2a: Schéma prostupu vodních par dle [2].....	13
Obrázek 2b: Řez hydrofobní membránou dle [2].....	13
Obrázek 3: Schéma hydrofilní membrány dle [2]	15
Obrázek 4: Druhy laminátů dle [2].....	17
Obrázek 5: Schéma nánosování posypem dle [17].....	19
Obrázek 6: Schéma hlubotiskového způsobu nánosování dle [17].....	20
Obrázek 7: Schéma nánosování – pastový způsob dle [17]	21
Obrázek 8: Schéma podlepovacího stroje se sklopným přítlakem dle [18]	24
Obrázek 9: Schéma bubnového podlepovacího stroje dle [18].....	26
Obrázek 10: Schéma pásového podlepovacího stroje dle [18].....	27
Obrázek 11: Štěpení vláken dle [5]	30
Obrázek 12: Schéma laminace dle [7].....	39
Obrázek 13: Schéma přístroje Permetest dle [24]	45
Obrázek 14: Fotografie přístroje FX 3300	46
Obrázek 15: Fotografie měřícího zařízení M018 Hydrostatic Head Tester	47
Obrázek 16: Fotografie přístroje TH 7 dle [35].....	48
Obrázek 17: Pohled na vrchní tkaninu	49
Obrázek 18: Makroskopický pohled na podšívku	50
Obrázek 19: Graf propustnosti vodních par	52
Obrázek 20: Graf výparného odporu	53
Obrázek 21: Graf propustnosti pro vzduch.....	54
Obrázek 22: Graf hydrostatické odolnosti.....	55
Obrázek 23: Anizotropie ohybových sil	56
Obrázek 24: Graf přilnavosti povrstvení	58
Obrázek 25: Mikroskopický pohled na vrchní tkaninu vzorku K	59
Obrázek 26: Mikroskopický pohled na podšívku laminátového kompozitu K.....	59
Obrázek 27: Anizotropie ohybových sil vzorků K a E.....	62

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Tepelné energie vyprodukované různými činnostmi dle [12].....	32
Tabulka 2: Klasifikace paropropustnosti dle [25]	34
Tabulka 3: Závislost rychlosti větru na vnímání tepla dle [24].....	34
Tabulka 4: Ochrana před průnikem vody dle výšky vodního sloupce dle [25].....	35
Tabulka 5: Množství použitého aditiva a základní označení vzorků	40
Tabulka 6: Nové podmínky laminace vzorků negativ/negativ	42
Tabulka 7: Popis vrchní tkaniny.....	49
Tabulka 8: Popis použité membrány	50
Tabulka 9: Popis použité podšívky.....	50
Tabulka 10: Tloušťka vzorků	51
Tabulka 11: Průměrná plošná hmotnost vzorků	51
Tabulka 12: Výsledky propustnosti vodních par.....	52
Tabulka 13: Výsledky výparného odporu	53
Tabulka 14: Výsledky propustnosti pro vzduch.....	54
Tabulka 15: Výsledky hydrostatické odolnosti	55
Tabulka 16: Výsledky ohybové síly	56
Tabulka 17: Výsledky přilnavosti povrstvení.....	57
Tabulka 18: Popis vzorku K	58
Tabulka 19: Porovnání propustnosti vodních par.....	60
Tabulka 20: Porovnání výparného odporu	60
Tabulka 21: Porovnání prodyšnosti.....	60
Tabulka 22: Porovnání hydrostatické odolnosti	61
Tabulka 23: Porovnání ohybové síly	61
Tabulka 24: Porovnání přilnavosti povrstvení	62

PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Regrese s více proměnnými

Příloha č. 2: Naměřené hodnoty souhrn

Příloha 1

Regrese s více proměnnými

Vliv laminačních podmínek na paropropustnost

Nejprve se zaměříme na vlastní regresní analýzu sestavením lineárního regresního modelu závislosti propustnosti vodních par na podmínkách laminace. Regresní koeficient je vypočítán pomocí metody nejmenších čtverců.

Výsledky regrese se závislou proměnnou : propustnost vodních par R= ,94218577 R2= ,88771402 Upravené R2= ,88080411 F(4,65)=128,47 p<0,0000 Směrod. chyba odhadu : 2,4256						
N=70	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(65)	p-hodn.
Abs.člen			-9,28561	8,308115	-1,11766	0,267828
aditivum	-0,351553	0,047224	-1,39229	0,187024	-7,44443	0,000000
teplota laminačního válce	0,349278	0,058322	0,43318	0,072331	5,98879	0,000000
teplota přítlačného válce	-0,341723	0,067012	-0,04529	0,008881	-5,09942	0,000003
tlak	0,755191	0,051696	7,09634	0,485774	14,60831	0,000000

Ve sloupečku b* jsou odhady regresních koeficientů, přičemž jejich standardizované hodnoty jsou ve sloupečku b. Studentův t-test prokázal statisticky významný vliv všech proměnných na propustnost vodních par.

Koeficient determinace R^2 uvádí, že model vysvětluje zhruba 89% variabilitu závislé proměnné propustnosti vodních par.

Z tabulky je zřejmé, že všechny proměnné jsou významné., z tohoto důvodu nyní bude zjištěn vztah mezi jednotlivými proměnnými. Budou vypočítány hodnoty Pearsonova párového korelačního koeficientu pro jednotlivé dvojice proměnných.

Korelace (List1 v propustnost vodních par)					
Proměnná	aditivum	teplota laminačního válce	teplota přítlačného válce	tlak	propustnost vodních par
aditivum	1,000000	0,247226	-0,167310	0,046829	-0,172664
teplota laminačního válce	0,247226	1,000000	0,561852	-0,109985	-0,012693
teplota přítlačného válce	-0,167310	0,561852	1,000000	-0,528863	-0,486055
tlak	0,046829	-0,109985	-0,528863	1,000000	0,881037
propustnost vodních par	-0,172664	-0,012693	-0,486055	0,881037	1,000000

Z výsledků je patrná existence korelace mezi některými vysvětlujícími proměnnými. Významné jsou zřejmě jen teplota přítlačného válce x teplota laminovacího válce a tlak versus teplota přítlačného válce. Z výsledků vyplývá, že může být diskutabilní, zda zahrnout do modelu teplotu přítlačného válce. Vzhledem k důležitosti přítlačného válce na vznik laminátu jako celku jej i pro další výpočty budeme zahrnovat do modelu.

Dále byl prozkoumán přínos jednotlivých proměnných do modelu. K tomu byla využita metoda krokové dopředné regrese.

Efekt	Odhady parametrů (List1 v propustnost vodních par) Sigma-omezená parametrizace									
	propustnost vodních par Param.	propustnost vodních par Sm.Ch.	propustnost vodních par t	propustnost vodních par p	-95,00% LmtSpol.	+95,00% LmtSpol.	propustnost vodních par Beta (β)	propustnost vodních par Sm.Ch. β	-95,00% LmtSpol.	+95,00% LmtSpol.
Abs.člen	-9,28561	8,308115	-1,11766	0,267828	-25,8781	7,30684				
aditivum	-1,39229	0,187024	-7,44443	0,000000	-1,7658	-1,01877	-0,351553	0,047224	-0,445865	-0,257241
teplota laminačního válce	0,43318	0,072331	5,98879	0,000000	0,2887	0,57763	0,349278	0,058322	0,232801	0,465754
teplota přítlačného válce	-0,04529	0,008881	-5,09942	0,000003	-0,0630	-0,02755	-0,341723	0,067012	-0,475556	-0,207891
tlak	7,09634	0,485774	14,60831	0,000000	6,1262	8,06650	0,755191	0,051696	0,651947	0,858435

Sloupeček Param značí hodnoty regresního koeficientu. Do modelu byly zařazeny všechny proměnné. Výsledky t-testu prokázaly významný vliv každého ze zahrnutých regresorů na závislou proměnnou. Ukázalo se, že na propustnost vodních par má největší vliv tlak.

Tvar regresní rovnice:

Propustnost vodních par = -9,29 – 1,39 aditivum + 0,43 teplota laminovacího válce – 0,05 teplota přítlačného válce + 7,10 tlak

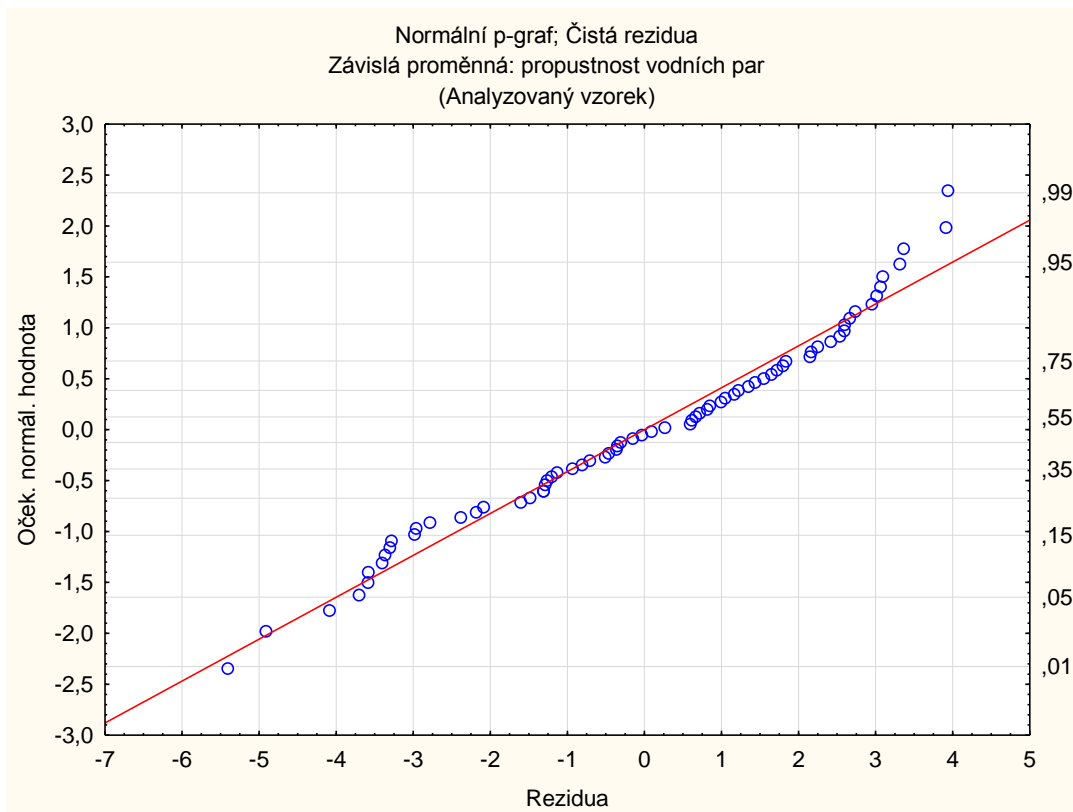
Důležitým ukazatelem vhodnosti modelu je koeficient determinace R^2 . Model vysvětluje zhruba 89% variability proměnné propustnost vodních par. Další z možností, jak posoudit vhodnost daného modelu, je provést celkový F-test, který testuje vztah mezi závislou proměnnou a množinou nezávislých proměnných. V tomto případě získáváme statisticky významnou hodnotu.

Závislá Proměnná	Test SC celého modelu vs. SC reziduí (List1 v propustnost vodních par)										
	Vícenás. R	Vícenás. R2	Upravené R2	SC Model	sv Model	PČ Model	SC Rezidua	sv Rezidua	PČ Rezidua	F	p
propustnost vodních par	0,942186	0,887714	0,880804	3023,394	4	755,8484	382,4258	65	5,883473	128,4698	0,00

Následně byla použita analýza residuí, která posloužila k posouzení vhodnosti použité regresní funkce a současně umožnila zjistit, zda byly splněny předpoklady regresní analýzy a ověřila správnost výběru proměnných. Po prohlédnutí rezidua bylo zjištěno, že ve dvou případech byly hodnoty mimo interval ± 2 směrodatné odchylky. Tyto hodnoty byly odstraněny, protože mohou zkreslit výsledky regresní analýzy. Následně byl vytvořen nový regresní model, již bez vybočujících dat. Model vysvětluje přibližně 90% variability závislé proměnné.

Výsledky regrese se závislou proměnnou : propustnost vodních par						
R= ,94987436 R2= ,90226129 Upravené R2= ,89605566						
F(4,63)=145,39 p<0,0000 Směrod. chyba odhadu : 2,2725						
Vyloučit případy: 31;67						
N=68	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(63)	p-hodn.
Abs.člen			-11,6136	7,851450	-1,47917	0,144078
aditivum	-0,375413	0,044995	-1,4843	0,177900	-8,34352	0,000000
teplota laminačního válce	0,370214	0,055899	0,4574	0,069067	6,62296	0,000000
teplota přítlačného válce	-0,344331	0,064207	-0,0454	0,008467	-5,36285	0,000001
tlak	0,750594	0,049700	7,0792	0,468741	15,10255	0,000000

Pro vizuální ověření předpokladu normality byl použit normální p-graf residuí. Body nejeví významné odchylky od přímky. Může být tudíž usuzováno, že neobsahují žádné odlehle hodnoty a rezidua jsou normálně rozložena.



Výparný odpor

Nyní byl proveden stejný postup, jako u propustnosti vodních par.

Bude provedena vlastní regresní analýza.

Výsledky regrese se závislou proměnnou : výparný odpor (List1 v v R= ,90810029 R2= ,82464614 Upravené R2= ,81385513 F(4,65)=76,420 p<0,0000 Směrod. chyba odhadu : ,37204						
N=70	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(65)	p-hodn.
Abs.člen			12,91187	1,274302	10,13250	0,000000
aditivum	0,343586	0,059014	0,16701	0,028686	5,82212	0,000000
teplota laminačního válce	-0,425312	0,072883	-0,06474	0,011094	-5,83554	0,000000
teplota přítlačného válce	0,508881	0,083743	0,00828	0,001362	6,07671	0,000000
tlak	-0,620332	0,064603	-0,71545	0,074508	-9,60225	0,000000

Studentův t-test prokázal statisticky významný vliv všech proměnných na výparný odpor. Koeficient determinace vysvětluje přibližně 83% variabilitu závislých proměnných na výparném odporu.

Následně byl vypočítán Pearsonův párový korelační koeficient pro jednotlivé dvojice proměnných.

Proměnná	Korelace (List1 v výparný odpor)				
	aditivum	teplota laminačního válce	teplota přítlačného válce	tlak	výparný odpor
aditivum	1,000000	0,247226	-0,167310	0,046829	0,124247
teplota laminačního válce	0,247226	1,000000	0,561852	-0,109985	0,013775
teplota přítlačného válce	-0,167310	0,561852	1,000000	-0,528863	0,540505
tlak	0,046829	-0,109985	-0,528863	1,000000	-0,826593
výparný odpor	0,124247	0,013775	0,540505	-0,826593	1,000000

Z výsledků je patrná existence korelace mezi některými vysvětlujícími proměnnými. Významné jsou zřejmě jen teplota přítlačného válce x teplota laminovacího válce a tlak versus teplota přítlačného válce. Z výsledků vyplývá, že může být diskutabilní, zda zahrnout do modelu teplotu přítlačného válce. Vzhledem k důležitosti přítlačného válce na vznik laminátu jako celku jej i pro další výpočty budeme zahrnovat do modelu.

Efekt	Odhady parametrů (List1 v výparný odpor) Sigma-omezená parametrizace									
	výparný odpor Param.	výparný odpor Sm.Ch.	výparný odpor t	výparný odpor p	-95,00% LmtSpol.	+95,00% LmtSpol.	výparný odpor Beta (β)	výparný odpor Sm.Ch. β	-95,00% LmtSpol.	+95,00% LmtSpol.
Abs.člen	12,91187	1,274302	10,13250	0,000000	10,36691	15,45683				
aditivum	0,16701	0,028686	5,82212	0,000000	0,10972	0,22430	0,343586	0,059014	0,225727	0,461445
teplota laminačního válce	-0,06474	0,011094	-5,83554	0,000000	-0,08690	-0,04258	-0,425312	0,072883	-0,570869	-0,279754
teplota přítlačného válce	0,00828	0,001362	6,07671	0,000000	0,00556	0,01100	0,508881	0,083743	0,341635	0,676127
tlak	-0,71545	0,074508	-9,60225	0,000000	-0,86425	-0,56664	-0,620332	0,064603	-0,749353	-0,491312

Do modelu byly zařazeny všechny proměnné. Výsledky t-testu prokázaly významný vliv každého ze zahrnutých regresorů na závislou proměnnou. Ukázalo se, že tlak má opět největší vliv na výparný odpor.

Regresní rovnice má tvar:

Výparný odpor = 12,91 + 0,17 aditivum – 0,06 teplota laminovacího válce + 0,008 teplota přítlačného válce – 0,72 tlak

Model vysvětluje zhruba 82% variabilitu proměnné - výparný odpor. Pro ověření vhodnosti modelu se může použít i celkový F-test. V našem případě dostáváme statisticky významnou hodnotu.

Závislá Proměnná	Test SČ celého modelu vs. SČ reziduí (List1 v výparný odpor)										
	Vicenás. R	Vicenás. R2	Upravené R2	SČ Model	sv Model	PČ Model	SČ Rezidua	sv Rezidua	PČ Rezidua	F	p
výparný odpor	0,908100	0,824646	0,813855	42,30965	4	10,57741	8,996780	65	0,138412	76,41976	0,00

Následně byla použita analýza reziduí. Po prohlédnutí rezidua v tabulce níže, bylo patrné, že tři hodnoty byly mimo interval ± 2 směrodatné odchylky. Tyto hodnoty byly odstraněny pro možnost ovlivnění výsledků regresní analýzy.

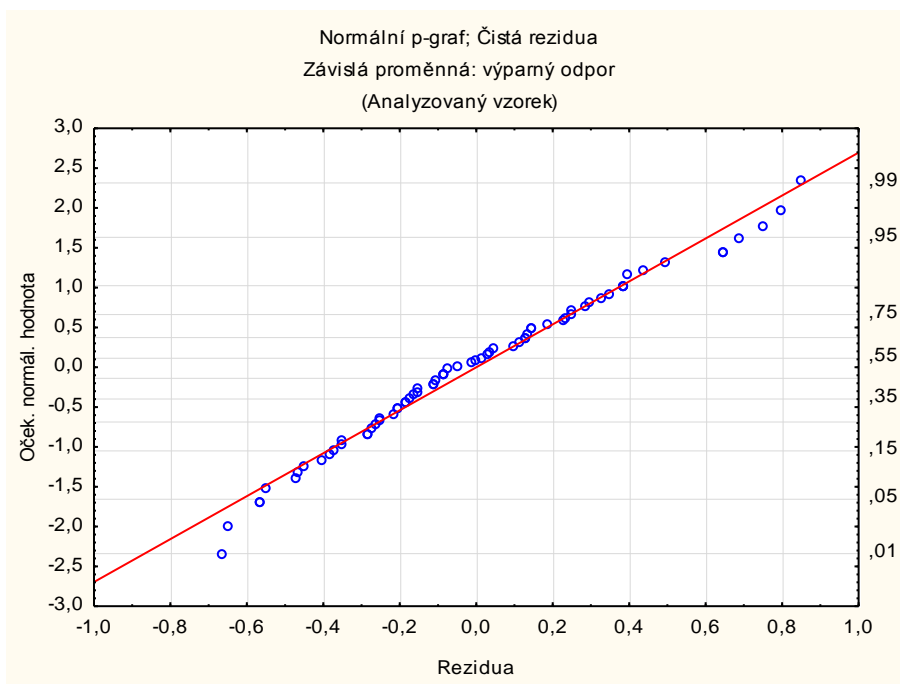
50	.	.	.	|	*	.	.	.
51	.	.	.	|	*	.	.	.
52	.	.	.	|	.	.	*	.
53	.	.	.	|	*	.	.	.
54	.	.	*	|	.	.	.	.
55	.	.	.	|	*	.	.	.
56	.	.	.	|	.	.	*	.
57	.	.	*	|	.	.	.	.
58	.	.	.	|	*	.	.	.
59	.	.	*	|	.	.	.	.
60	.	.	*	|	.	.	.	.
61	.	.	.	|	*	.	.	.
62	.	.	.	|	*	.	.	.
63	.	.	.	|	*	.	.	.
64	.	.	.	|	*	.	.	.
65	.	.	.	|	*	.	.	.
66	.	.	.	|	*	.	.	.
67	.	.	.	|	.	.	*	.
68	.	.	.	|	*	.	.	.
69	.	.	.	|	*	.	.	.
70	.	.	.	|	*	.	.	.
Minimum	.	.	*	|	.	.	.	.
Maximum	.	.	.	|	.	.	*	.
Průměr	.	.	.	|	*	.	.	.
Medián	.	.	.	|	*	.	.	.

Výsledky regrese se závislou proměnnou : výparný odpor (List1 v v
R= ,91639408 R2= ,83977812 Upravené R2= ,82944122
F(4,62)=81,241 p<0,0000 Směrod. chyba odhadu : ,32960
Vyloučit případy: 31;52;56

N=67	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(62)	p-hodn.
Abs.člen			11,47026	1,234442	9,29186	0,000000
aditivum	0,392614	0,057722	0,17535	0,025780	6,80184	0,000000
teplota laminačního válce	-0,387287	0,073266	-0,05605	0,010604	-5,28607	0,000002
teplota přitlačného válce	0,525983	0,083567	0,00779	0,001238	6,29415	0,000000
tlak	-0,617089	0,062464	-0,66436	0,067250	-9,87907	0,000000

V tabulce je k vidění nový regresní model po odstranění vybočujících hodnot. Model vysvětluje přibližně 84% variability závislé proměnné.

Pro vizuální ověření předpokladu normality byl použit normální p-graf reziduí. Body nejví významné odchylky od přímky.



Může být usuzováno, že body neobsahují žádné odlehlé hodnoty a rezidua jsou normálně rozložena.

Vliv laminačních podmínek na prodyšnost

Na začátku zjišťování vlivu bude provedena vlastní regresní analýza.

Výsledky regrese se závislou proměnnou : propustnost pro vzduch R= ,98767766 R2= ,97550716 Upravené R2= ,97399991 F(4,65)=647,21 p<0,0000 Směrod. chyba odhadu : ,37415						
N=70	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(65)	p-hodn.
Abs.člen			63,65548	1,281533	49,6713	0,000000
aditivum	0,04514	0,022055	0,05905	0,028849	2,0469	0,044720
teplota laminačního válce	-1,17145	0,027239	-0,47983	0,011157	-43,0066	0,000000
teplota přítlačného válce	0,92251	0,031298	0,04038	0,001370	29,4755	0,000000
tlak	-0,00638	0,024144	-0,01979	0,074931	-0,2641	0,792545

Koeficient determinace uvádí, že model vysvětluje zhruba 98% variabilitu závislé proměnné propustnosti pro vzduch. Významný vliv nemá pouze tlak.

Dále bude vypočítán Pearsonův párový korelační koeficient pro jednotlivé dvojice proměnných.

Korelace (List1 v propustnost pro vzduch)					
Proměnná	aditivum	teplota laminačního válce	teplota přítlačného válce	tlak	propustnost pro vzduch
aditivum	1,000000	0,247226	-0,167310	0,046829	-0,399112
teplota laminačního válce	0,247226	1,000000	0,561852	-0,109985	-0,641272
teplota přítlačného válce	-0,167310	0,561852	1,000000	-0,528863	0,260150
tlak	0,046829	-0,109985	-0,528863	1,000000	-0,363302
propustnost pro vzduch	-0,399112	-0,641272	0,260150	-0,363302	1,000000

Z výsledků je patrná existence korelace mezi některými vysvětlujícími proměnnými. Významné jsou zřejmě jen teplota přítlačného válce x teplota laminovacího válce a tlak versus teplota přítlačného válce. Z výsledků vyplývá, že může být diskutabilní, zda zahrnout do modelu teplotu přítlačného válce. Vzhledem k důležitosti přítlačného válce na vznik laminátu jako celku jej i pro další výpočty budeme zahrnovat do modelu

Efekt	Odhady parametrů (List1 v propustnost pro vzduch) Sigma-omezená parametrizace										
	Poznámka (V/N/N)	propustnost pro vzduch Param.	propustnost pro vzduch Sm.Ch.	propustnost pro vzduch t	propustnost pro vzduch p	-95,00% LmtSpol.	+95,00% LmtSpol.	propustnost pro vzduch Beta (β)	propustnost pro vzduch Sm.Ch. β	-95,00% LmtSpol.	+95,00% LmtSpol.
Abs.člen		63,66243	1,272201	50,0412	0,000000	61,12240	66,20246				
aditivum		0,06045	0,028154	2,1472	0,035454	0,00424	0,11666	0,04622	0,021524	0,00324	0,08919
teplota laminačního válce		-0,48076	0,010508	-45,7542	0,000000	-0,50174	-0,45979	-1,17373	0,025653	-1,22495	-1,12251
teplota přítlačného válce		0,04059	0,001103	36,7819	0,000000	0,03839	0,04279	0,92734	0,025212	0,87701	0,97768
tlak	Nezahr.										

Kroková dopředná regresní analýza nezahrnula tlak. Do modelu tedy bylo zařazeno jen aditivum, teplota laminovacího válce a teplota přítlačného válce. Výsledky t-testu prokázaly významný vliv každého ze zbylých faktorů.

Regresní rovnice má tvar:

Prodyšnost=63,66+0,06 aditivum – 0,48 teplota laminovacího válce + 0,04 teplota přítlačného válce

Závislá Proměnná	Test SC celého modelu vs. SC reziduí (List1 v propustnost pro vzduch)										
	Vícenás. R	Vícenás. R2	Upravené R2	SC Model	sv Model	PČ Model	SC Rezidua	sv Rezidua	PČ Rezidua	F	p
propustnost pro vzduch	0,987664	0,975481	0,974366	362,3944	3	120,7981	9,108936	66	0,138014	875,2589	0,00

Statisticky významná hodnota F-testu. Koefficient determinace vyšel téměř 98%.

Jako závislá byla zvolena propustnost pro vzduch a jako nezávislé proměnné byly určeny proměnné vybrané krokovou dopřednou metodou, tj. aditivum, teplota laminačního válce a teplota přítlačného válce.

N=70	Výsledky regrese se závislou proměnnou : propustnost pro vzduch R= ,98766436 R2= ,97548088 Upravené R2= ,97436637 F(3,66)=875,26 p<0,0000 Směrod. chyba odhadu : ,37150					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(66)	p-hodn.
Abs.člen			63,66243	1,272201	50,0412	0,000000
aditivum	0,04622	0,021524	0,06045	0,028154	2,1472	0,035454
teplota laminačního válce	-1,17373	0,025653	-0,48076	0,010508	-45,7542	0,000000
teplota přítlačného válce	0,92734	0,025212	0,04059	0,001103	36,7819	0,000000

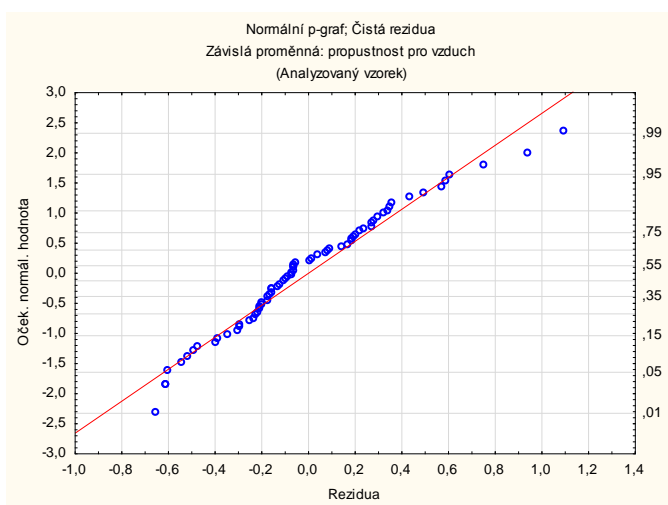
Po prohlédnutí rezidua byly odstraněny tři vybočující hodnoty.

50	.	.	.	*	|	.	.	.
51	.	.	.	*	|	.	.	.
52	.	.	.	*	|	.	.	.
53	.	.	*	.	|	.	.	.
54	.	.	.	*	|	.	.	.
55	.	.	.	*	|	.	.	.
56	.	.	*	.	|	.	.	.
57	.	.	.	.	|	*	.	.
58	.	.	.	.	|	*	.	.
59	.	.	.	.	|	*	.	.
60	.	.	.	*	|	.	.	.
61	.	.	.	.	|	.	*	.
62	.	.	*	.	|	.	.	.
63	.	.	.	.	|	*	.	.
64	.	.	.	.	|	.	.	*
65	.	.	.	.	|	.	*	.
66	.	.	*	.	|	.	.	.
67	.	.	.	.	|	.	.	*
68	.	.	.	.	|	*	.	.
69	.	.	.	.	|	.	*	.
70	.	.	*	.	|	.	.	.
Minimum	.	.	*	.	|	.	.	.
Maximum	.	.	.	.	|	.	.	*
Průměr	.	.	.	*	|	.	.	.
Medián	.	.	.	*	|	.	.	.

Na tabulce níže je k vidění nový regresní model po odstranění vybočujících hodnot. Model vysvětluje 98%variabilitu závislé proměnné.

Výsledky regrese se závislou proměnnou : propustnost pro vzduch
 R= ,99138626 R2= ,98284672 Upravené R2= ,98202989
 F(3,63)=1203,3 p<0,0000 Směrod. chyba odhadu : ,31359
 Vyloučit případy: 64;67;69

N=67	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(63)	p-hodn.
Abs.člen			63,57991	1,073991	59,1996	0,000000
aditivum	0,06036	0,018343	0,07902	0,024014	3,2906	0,001640
teplota laminačního válce	-1,19107	0,021954	-0,48121	0,008870	-54,2522	0,000000
teplota přítlačného válce	0,92400	0,021463	0,04021	0,000934	43,0519	0,000000



Body nejeví žádné významné odchylky. Je možné usuzovat, že neobsahují žádné odlehlé hodnoty a rezidua jsou normálně rozložena.

Vliv laminačních podmínek na hydrostatickou odolnost

Nyní bude následovat vlastní regresní analýza.

Výsledky regrese se závislou proměnnou : vodní sloupec (List1 v v R= ,98719355 R2= ,97455110 Upravené R2= ,97298502 F(4,65)=622,28 p<0,0000 Směrod. chyba odhadu : 47,051						
N=70	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(65)	p-hodn.
Abs.člen			1710,514	161,1581	10,6139	0,000000
aditivum	-0,987171	0,022482	-159,297	3,6278	-43,9098	0,000000
teplota laminačního válce	0,030923	0,027765	1,563	1,4031	1,1137	0,269491
teplota přítlačného válce	0,045760	0,031903	0,247	0,1723	1,4344	0,156261
tlak	0,102691	0,024611	39,318	9,4229	4,1726	0,000091

Je zřejmá silná závislost aditiva a tlaku na hydrostatické odolnosti.

Následně byl zjištěn vztah mezi jednotlivými proměnnými pomocí Pearsonova korelačního koeficientu.

Párový Pearsonův korelační koeficient

Korelace (List1 v vodní sloupec)					
Proměnná	aditivum	teplota laminačního válce	teplota přítlačného válce	tlak	vodní sloupec
aditivum	1,000000	0,247226	-0,167310	0,046829	-0,982373
teplota laminačního válce	0,247226	1,000000	0,561852	-0,109985	-0,198715
teplota přítlačného válce	-0,167310	0,561852	1,000000	-0,528863	0,173988
tlak	0,046829	-0,109985	-0,528863	1,000000	0,028861
vodní sloupec	-0,982373	-0,198715	0,173988	0,028861	1,000000

Z výsledků je patrná existence korelace mezi některými vysvětlujícími proměnnými. Významné jsou zřejmě jen teplota přítlačného válce x teplota laminovacího válce a tlak versus teplota přítlačného válce. Z výsledků vyplývá, že může být diskutabilní, zda zahrnout do modelu teplotu přítlačného válce. Vzhledem k důležitosti přítlačného válce na vznik laminátu jako celku jej i pro další výpočty budeme zahrnovat do modelu

Efekt	Poznámka (V/N/N)	Odhady parametrů (List1 v vodní sloupec) Sigma-omezená parametrizace									
		vodní sloupec Param.	vodní sloupec Sm.Ch.	vodní sloupec t	vodní sloupec p	-95,00% LmtSpol.	+95,00% LmtSpol.	vodní sloupec Beta (β)	vodní sloupec Sm.Ch. β	-95,00% LmtSpol.	+95,00% LmtSpol.
Abs.člen		1879,164	55,25396	34,0096	0,000000	1768,846	1989,482				
aditivum		-157,485	3,24853	-48,4789	0,000000	-163,971	-151,000	-0,975943	0,020131	-1,01614	-0,935750
teplota laminačního válce	Nezahr.										
teplota přítlačného válce		0,376	0,12794	2,9377	0,004550	0,120	0,631	0,069606	0,023694	0,02230	0,116912
tlak		42,643	8,95373	4,7626	0,000011	24,766	60,519	0,111375	0,023386	0,06468	0,158066

Sloupeček Param značí hodnoty regresního koeficientu. Výsledky t-testu prokázaly nevýznamný vliv teploty laminačního válce. Regresní rovnice z toho důvodu bude obsahovat pouze aditivum, teplotu přítlačného válce a tlak.

Regresní rovnice má tvar:

Vodní sloupec = 1879,16-157,49 aditivum + 0,38 teplota přítlačného válce + 42,64 tlak

Důležitým ukazatelem vhodnosti modelu je koeficient determinace, zde vysvětluje více jak 98% variabilitu proměnné vodní sloupec.

Závislá Proměnná	Test SČ celého modelu vs. SČ reziduí (List1 v vodní sloupec)										
	Vícenás. R	Vícenás. R2	Upravené R2	SČ Model	sv Model	PČ Model	SČ Rezidua	sv Rezidua	PČ Rezidua	F	p
vodní sloupec	0,986948	0,974065	0,972887	5507637	3	1835879	146641,2	66	2221,836	826,2892	0,00

Analýzu reziduí posloužila k posouzení vhodnosti použité regresní funkce.

N=70	Výsledky regrese se závislou proměnnou : vodní sloupec (List1 v v R= ,98694754 R2= ,97406545 Upravené R2= ,97288661 F(3,66)=826,29 p<0,0000 Směrod. chyba odhadu : 47,136					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(66)	p-hodn.
Abs.člen			1879,164	55,25396	34,0096	0,000000
aditivum	-0,975943	0,020131	-157,485	3,24853	-48,4789	0,000000
teplota přítlačného válce	0,069606	0,023694	0,376	0,12794	2,9377	0,004550
tlak	0,111375	0,023386	42,643	8,95373	4,7626	0,000011

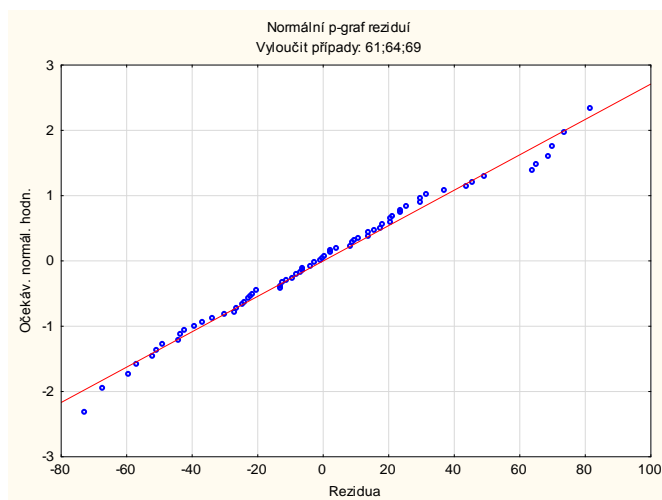
50	.	.	.	|	.	*	.	.
51	.	.	*	|	.	.	.	.
52	.	.	*	|	.	.	.	.
53	.	.	.	|	.	*	.	.
54	.	.	.	|	*	.	.	.
55	.	.	.	|	.	*	.	.
56	.	.	*	|	.	.	.	.
57	.	.	.	|	*	.	.	.
58	.	.	.	|	*	.	.	.
59	.	.	.	|	*	.	.	.
60	.	.	.	|	*	.	.	.
61	*	.	.	|	.	.	.	.
62	.	.	*	|	.	.	.	.
63	.	.	.	|	*	.	.	.
64	.	*	.	|	.	.	.	.
65	.	.	.	|	.	*	.	.
66	.	.	.	|	*	.	.	.
67	.	.	.	|	*	.	.	.
68	.	.	.	|	*	.	.	.
69	*	.	.	|	.	.	.	.
70	.	.	.	|	*	.	.	.
Minimum	*	.	.	|	.	.	.	.
Maximum	.	.	.	|	.	*	.	.
Průměr	.	.	.	|	*	.	.	.
Medián	.	.	.	|	*	.	.	.

Byla nalezena tři vybočující data, která byla z případu vyloučena. V případě, že by se nevyloučila z výběhu hrozilo by riziko zkreslení výsledků regresní analýzy.

Na tabulce níže je k vidění nový regresní model.

Výsledky regrese se závislou proměnnou : vodní sloupec (List1 v v
R= ,99231414 R2= ,98468736 Upravené R2= ,98395818
F(3,63)=1350,4 p<0,0000 Směrod. chyba odhadu : 36,862
Vyloučit případy: 61;64;69

N=67	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(63)	p-hodn.
Abs.člen			1825,483	43,99759	41,4905	0,000000
aditivum	-0,981788	0,015765	-159,903	2,56770	-62,2749	0,000000
teplota přitlačného válce	0,100032	0,019074	0,542	0,10327	5,2445	0,000002
tlak	0,146288	0,018924	56,651	7,32852	7,7303	0,000000



Vliv laminačních podmínek na přilnavost povrstvení

Vlastní regresní analýza vznikla sestrojením lineárního regresního modelu závislosti přilnavosti povrstvení na podmínkách laminace. Regresní koeficient byl vypočten pomocí metody nejmenších čtverců.

Výsledky regrese se závislou proměnnou : přilnavost povrstvení (Li R= ,87734849 R2= ,76974038 Upravené R2= ,74484745 F(4,37)=30,922 p<,00000 Směrod. chyba odhadu : 1,2212						
N=42	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(37)	p-hodn.
Abs.člen			-4,23260	5,399926	-0,78383	0,438131
aditivum	-0,717055	0,089632	-0,97246	0,121558	-8,00002	0,000000
teplota laminačního válce	0,304191	0,110696	0,12919	0,047012	2,74798	0,009213
teplota přítlačného válce	-0,852930	0,127191	-0,03871	0,005772	-6,70592	0,000000
tlak	0,048498	0,098120	0,15606	0,315733	0,49427	0,624038

Studentův t- test prokázal silnou závislost aditiva, teploty laminačního válce a teploty přítlačného válce. Koeficient determinace uvedl, že model vysvětluje přibližně 77% variability závislé proměnné přilnavost povrstvení.

Musí být ověřeno, zda jsou regresní koeficienty dostatečně přesné a zda je model vhodný. Z tohoto důvodu byly vypočítány hodnoty Pearsonova párového korelačního koeficientu pro jednotlivé dvojice proměnných.

Korelace (List1 v přilnavost povrstvení)					
Proměnná	aditivum	teplota laminačního válce	teplota přítlačného válce	tlak	přilnavost povrstvení
aditivum	1,000000	0,247226	-0,167310	0,046829	-0,496876
teplota laminačního válce	0,247226	1,000000	0,561852	-0,109985	-0,357638
teplota přítlačného válce	-0,167310	0,561852	1,000000	-0,528863	-0,587698
tlak	0,046829	-0,109985	-0,528863	1,000000	0,432545
přilnavost povrstvení	-0,496876	-0,357638	-0,587698	0,432545	1,000000

Z výsledků je patrná existence korelace mezi některými vysvětlujícími proměnnými. Významné jsou zřejmě jen teplota přítlačného válce x teplota laminovacího válce a tlak versus teplota přítlačného válce. Z výsledků vyplývá, že může být diskutabilní, zda zahrnout do modelu teplotu přítlačného válce. Vzhledem k důležitosti přítlačného válce na vznik laminátu jako celku jej i pro další výpočty budeme zahrnovat do modelu

Efekt	Poznámka (V/N/N)	Odhady parametrů (List1 v přílnavost povrstvení) Sigma-omezená parametrizace									
		přílnavost povrstvení Param.	přílnavost povrstvení Sm.Ch.	přílnavost povrstvení t	přílnavost povrstvení p	-95,00% LmtSpol.	+95,00% LmtSpol.	přílnavost povrstvení Beta (β)	přílnavost povrstvení Sm.Ch. β	-95,00% LmtSpol.	+95,00% LmtSpol.
Abs.člen		-4,28743	5,344834	-0,80216	0,427447	-15,1075	6,532619				
aditivum		-0,98354	0,118282	-8,31517	0,000000	-1,2230	-0,744087	-0,725219	0,087216	-0,90178	-0,548658
teplota laminačního válce		0,13655	0,044145	3,09324	0,003702	0,0472	0,225917	0,321526	0,103945	0,11110	0,531950
teplota přítlačného válce		-0,04037	0,004636	-8,70891	0,000000	-0,0498	-0,030990	-0,889684	0,102158	-1,09649	-0,682877
tlak	Nezahr.										

Sloupeček Param značí hodnoty regresního koeficientu. Do modelu byly zařazeny všechny proměnné, kromě tlaku. Ukazuje se, že na přílnavost povrstvení má největší vliv množství aditiva.

Regresní rovnice má tvar:

Přílnavost povrstvení = -4,29 - 0,98aditivum + 0,14 teplota laminovacího válce - 0,04 teplota přítlačného válce

Důležitým ukazatelem vhodnosti modelu je koeficient determinace R^2 . Model vysvětluje přibližně 77% variabilitu proměnné přílnavost povrstvení.

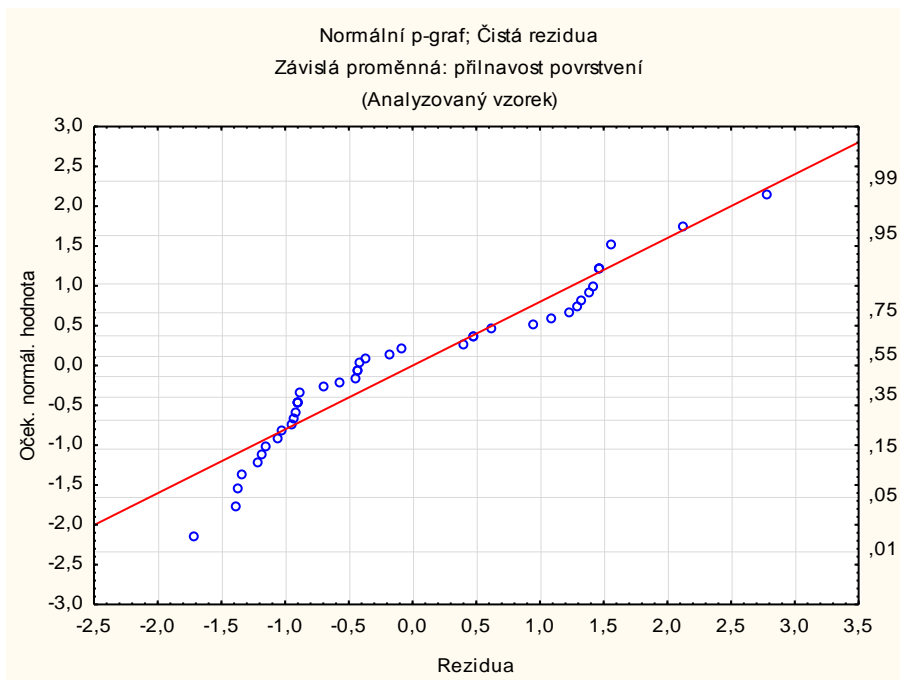
Závislá Proměnná	Test SČ celého modelu vs. SČ reziduí (List1 v přílnavost povrstvení)										
	Vícenás. R	Vícenás. R2	Upravené R2	SČ Model	sv Model	PČ Model	SČ Rezidua	sv Rezidua	PČ Rezidua	F	p
přílnavost povrstvení	0,876482	0,768220	0,749922	184,0879	3	61,36262	55,54122	38	1,461611	41,98287	0,000000

Další z možností jak posoudit vhodnost modelu, je provést celkový F-test, který testuje vztah mezi závislou proměnnou a množinou nezávislých proměnných. Zde dostáváme statisticky významnou hodnotu.

N=42	Výsledky regrese se závislou proměnnou : přílnavost povrstvení (Li R = ,87648162 R2 = ,76822004 Upravené R2 = ,74992162 F(3,38)=41,983 p<,00000 Směrod. chyba odhadu : 1,2090					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(38)	p-hodn.
Abs.člen			-4,28743	5,344834	-0,80216	0,427447
aditivum	-0,725219	0,087216	-0,98354	0,118282	-8,31517	0,000000
teplota laminačního válce	0,321526	0,103945	0,13655	0,044145	3,09324	0,003702
teplota přítlačného válce	-0,889684	0,102158	-0,04037	0,004636	-8,70891	0,000000

Analýza reziduí slouží k posouzení vhodnosti použité regresní funkce a ověření, zda byly splněny předpoklady regresní analýzy. Po prohlédnutí rezidua v tabulce níže bylo vidět, že v jednom případě byla hodnota mimo interval ± 2 směrodatné odchylky. Odlehlá hodnota může zkreslit výsledky regresní analýzy, byla tedy vyloučena.

30	.	.	.	|	*	.	.	.
31	.	.	.	|	*	.	.	.
32	.	.	.	|	*	.	.	.
33	.	.	.	|	*	.	.	.
34	.	.	.	|	*	.	.	.
35	.	.	.	|	*	.	.	.
36	.	.	.	|	*	.	.	.
37	.	.	.	|	.	*	.	.
38	.	.	.	|	*	.	.	.
39	.	.	.	|	*	.	.	.
40	.	.	.	|	*	.	.	.
41	.	.	.	|	*	.	.	.
42	.	.	.	|	*	.	.	.
Minimum	.	.	*	|	.	.	.	.
Maximum	.	.	.	|	.	.	*	.
Průměr	.	.	.	|	*	.	.	.
Medián	.	.	.	|	*	.	.	.



Pro vizuální ověření předpokladů normality byl použit normální p-graf reziduí. Body nejeví významné odchylky od přímky. Můžeme tudíž usuzovat, že neobsahují žádné odlehlé hodnoty a rezidua jsou normálně rozložena.

Příloha 2

Naměřené hodnoty

Naměřené hodnoty propustnosti vodních par

Propustnost vodních par [%]											
	A	B	C	D	D vypraný	E	E vypraný	F	G	G vypraný	K
1	66,4	56,6	64,4	56,1	58,1	74,8	57	56,5	68,9	71	73,3
2	73,3	57,1	64,7	62,1	62,4	75,5	53,3	51,6	69,7	72,4	66,8
3	71,9	59	66,2	57,8	60,8	75,4	55,2	53,6	69,9	69,7	66,4
4	71,2	56,2	70,1	64,1	62,2	74,3	53,9	59,6	73,3	70,1	72,4
5	66	55	64,9	60,3	63,9	74,1	58	56,3	69,5	72,9	71
6	69	58,6	68,9	58,1	58,7	74,9	54,3	52,1	72,8	72	73,1
7	68,1	59,3	65,3	62,5	61	76,2	56,3	58,7	65,3	68,9	71,6
8	72,1	55,9	69,4	59,9	59,4	73,1	53,4	54,4	69,4	73,2	68,5
9	70,8	58,1	64,1	63,3	64,1	74,6	57,5	59	68,9	69,2	72,8
10	68,9	54,8	65,5	58,2	62,5	72,9	56,8	56,4	70,3	70,7	71,2

Naměřené hodnoty výparného odporu

Výparný odpor [Pa*m2/W]											
	A	B	C	D	D vypraný	E	E vypraný	F	G	G vypraný	K
1	2,8	4,2	3	4,3	3,9	1,9	4,1	4,1	2,6	2,9	2,6
2	2,1	4,1	2,9	3,3	3,3	1,8	4,8	5,1	3,1	2,7	3
3	2,2	3,8	2,8	4	3,5	1,8	4,4	4,6	3,1	3,1	3
4	2,3	4,3	2,4	3,1	3,3	2	4,6	3,7	2,6	3	2,7
5	3,2	4,4	2,9	3,5	3	2	3,9	4,2	3,1	2,7	2,9
6	2,6	3,9	2,6	3,8	4,1	1,9	4,7	5,2	2,7	2,8	2,6
7	3	3,7	3,4	3,4	3,6	1,7	4,2	3,9	3,4	2,9	2,8
8	2,2	4,3	2,5	3,6	3,7	2,1	4,8	4,3	2,5	2,3	2,9
9	2,5	4	3,1	3,3	2,9	2	4	3,8	2,9	3,2	2,7
10	2,9	4,5	3,4	3,9	3,3	2,2	4,3	4	3	3	2,8

Naměřené hodnoty propustnosti pro vzduch

Propustnost pro vzduch [l/m2/s]											
	A	B	C	D	D vypraný	E	E vypraný	F	G	G vypraný	K
1	2,67	2,35	2,66	2,2	2,43	1,62	1,88	8,95	5,1	3,85	0,841
2	2,28	3,08	2,49	2,76	2,38	1,75	1,91	8,84	4,21	4,32	0,719
3	2,33	2,97	2,41	2,1	2,11	1,63	2	8,47	4,96	4,12	0,688
4	2,14	2,92	2,5	2,98	2,14	1,48	1,97	8,89	5,55	4,42	0,857
5	2,31	2,52	2,59	2,25	2,19	1,65	1,9	8,94	5,2	4,1	0,671
6	2,04	2,83	2,52	2,34	2,36	2,06	1,62	8,41	4,4	3,97	0,798
7	2,01	2,58	3,19	2,35	2,58	1,74	1,69	9,21	5,7	4,89	0,86
8	1,92	2,74	2,86	2,63	2,05	1,71	1,63	9,35	4,8	4,53	0,707
9	1,87	2,54	2,52	2,23	2,19	1,52	1,93	9,18	5,36	3,76	0,833
10	1,92	2,93	2,88	2,59	2,12	1,74	1,78	8,66	4,13	4,38	0,679

Naměřené hodnoty hydrostatické odolnosti

Hydrostatická odolnost [cm]											
	A	B	C	D	D vyprany	E	E vyprany	F	G	G vyprany	K
1	935,1	480,6	490,6	1073	394,6	1147,4	1098,2	1082,9	1020	1018,4	551
2	897,3	514,7	538	1205,3	437,3	1109,6	1210,7	1072,9	1150	1232,5	585,6
3	907,8	498,1	508,4	1130,8	408,9	1230,3	1174,7	1205,9	1201	1089,6	520,6
4	915,2	521,4	483,7	1097	418,4	1185,5	1186,2	1134,5	1097,3	1158,7	567,3
5	899,2	509,3	521,3	1209,1	428,5	1204,2	1207,6	1213,8	1259,7	1254,1	531,8
6	929,1	514,6	519,8	1118,4	397,7	1137,6	1097,3	1075,4	1198,4	1184,9	582,2
7	935,2	487,5	493,5	1088,4	415,2	1209,8	1219,8	1107,8	1215,4	1279,5	569,4
8	894,4	518,6	514,3	1186	423,9	1156,7	1154,3	1092,7	1178,5	1073,9	567,2
9	914,6	521,1	520,7	1164,2	399,1	1126,3	1209,5	1153,4	1098,6	1207,2	580,7
10	937,2	504,8	494,2	1097,9	428,4	1224,3	1097,2	1147,7	1233,2	1016,8	572,1

Průměrné hodnoty ze tří vzorků při měření ohybové tuhosti

Ohybová síla [N]											
	A	B	C	D	D vyprany	E	E vyprany	F	G	G vyprany	K
0°	35,7	70,8	53,3	60,7	43,6	70	63,9	23,5	19,4	12,9	15,2
22,5°	29,6	48,3	38,9	56,2	34,9	58,5	49,1	19,7	17,5	10,9	12,1
45°	27,5	47,1	37,3	48,3	27,2	54	31,3	18,7	13,5	9,4	10,4
67,5°	33,9	53,5	43,7	48,8	29,3	48,1	30,3	19,3	10,4	7,3	11,7
90°	37,8	65	51,4	54,9	32,2	60,1	33,8	20,7	8,3	6,2	13,4
112,5°	29,9	54	41,9	46,7	32,2	54,4	26,1	15,9	9,2	6,4	11,8
135°	25	55,8	40,4	45,6	28,5	46,8	30,3	15,9	12,9	8,5	10,8
157,5°	31,1	60,8	45,9	54,3	37,7	55,3	49,7	18,2	18,1	10,4	13,2
180°	35,7	70,8	53,3	60,7	43,6	70	63,9	23,5	19,4	12,9	15,2
202,5°	29,6	48,3	38,9	56,2	34,9	58,5	49,1	19,7	17,5	10,9	12,1
225°	27,5	47,1	37,3	48,3	27,2	54	31,3	18,6	13,5	9,4	10,4
247,5°	33,9	53,5	43,7	48,8	29,3	48,1	30,3	19,3	10,4	7,3	11,7
270°	37,8	65	51,4	54,9	32,2	60,1	33,7	20,7	8,2	6,2	13,4
292,5°	29,9	54	41,95	46,7	32,2	54,5	26,1	15,9	9,2	6,4	11,8
315°	25	55,8	40,4	45,6	28,5	46,8	30,3	15,9	12,9	8,5	10,8
337,5°	31,1	60,8	45,9	54,3	37,7	55,3	49,7	18,2	18,1	10,4	13,2

Naměřené hodnoty přilnavosti povrstvení

Přilnavost povrstvení [N]				
označení	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr
A osnova	0,4	0,36	0,4	0,39
A útek	0,4	0,38	0,39	0,39
B osnova	0,8	0,8	0,67	0,76
B útek	0,73	0,76	0,8	0,76
C osnova	1,61	1,8	2,41	1,94
C útek	1,76	1,67	1,93	1,79
D osnova	1,93	1,9	2,57	2,13
D útek	1,56	1,89	2,1	1,85
D vypraný osnova	1,67	1,93	1,53	1,71
D vypraný útek	1,13	1,04	1,36	1,17
E osnova	8,32	9,53	7,38	8,41
E útek	7,24	6,57	7,24	7,02
E vypraný osnova	6,4	6,17	7,27	6,61
E vypraný útek	6,44	5,9	6,18	6,17
F osnova	1,46	1,74	1,38	1,53
F útek	1,4	1,26	1,4	1,35
G osnova	4,91	3,89	4,08	4,29
G útek	3,2	4,02	3,75	3,66
G vypraný osnova	2,41	2,14	2,01	2,19
G vypraný útek	2,04	2,41	1,97	2,14
K osnova	8,32	7,51	7,78	7,87
K útek	5,5	6,57	6,57	6,21