

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Obor: 3107 R

Mechanická textilní technologie

zaměření: netkané textilie

Katedra netkaných textilií

Samoorganizované kritické chování netkaných textilií při jejich mechanickém porušování

Self-organized critical behaviour in nonwoven textiles while being mechanically destroyed

Klára Dvořáková

Vedoucí práce: Ing. Věra Soukupová

Konzultant: Prof. RNDr. David Lukáš, CSc.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 41

Počet obrázků: 8

Počet tabulek: 8

Počet grafů: 2

Počet příloh: 4

Datum odevzdání: 10.1.2002

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Katedra netkaných textilií

Školní rok 2001 - 2002

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pro Kláru DVOŘÁKOVOU
obor st. pr. 3107 R Mechanická textilní technologie zaměření: netkané textilie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu: **Samoorganizované kritické chování netkaných textilií při jejich mechanickém porušování**

Zásady pro vypracování :

1. Prostudujte literaturu o teorii a výrobě netkaných vpichovaných textilií.
2. Prostudujte příklady samoorganizovaného kritického chování (model hromady písku).
3. Připravte sérii vzorků vpichovaných textilií s různou technologickou proměnnou.
4. Proměřte pevnost v tahu a diskutujte závěry v souvislosti s poznatky o samoorganizovaném chování.

Rozsah práce: 30 – 60

Seznam odborné literatury:

1. Jirsák, O., Wadsworth, L.: Nonwoven Textiles, Carolina Academic Press, Durhan, NC, 1998
2. Bernardes, A.T., Moreira, J.G.: Self-Organized Criticality in a Model for Fracture on Fibrous Materials, Journal de Physique, 1995, 9, str. 1135 - 1141
3. Foster, J.H.: Needlepunching: Past, Present and Future, Principles of Nonwovens, INDA, Carz, NC, 1993

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Věra Soukupová

Konzultant: Prof. RNDr. David Lukáš, CSc

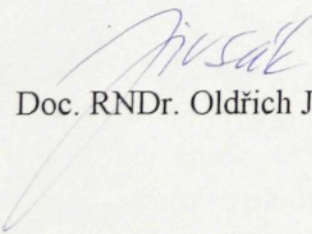
Zadání bakalářské práce: 1.9.2001

Termín odevzdání bakalářské práce: 10.01.2002



Vedoucí katedry:

Děkan


Doc. RNDr. Oldřich Jirsák, CSc.


Prof. Ing. Radko Kovář, CSc.

V Liberci dne 1.9.2001

Anotace

Téma: Samoorganizované kritické chování netkaných textilií při jejich mechanickém porušování

Anotace: Bakalářská práce se zabývá otázkou, zda dochází k samoorganizovanému kritickému chování při mechanické deformaci u netkaných textilií vyrobených technologií vpichování s různými technologickými parametry.

Speciálně vyrobené vzorky z polyesterových vláken s různou frekvencí vpichování byly podrobeny jednocyklickému deformačnímu testu (test pevnosti v tahu). Získaná data byla posouzena z hlediska samoorganizovaného chování. Na toto chování lze usuzovat zejména v první fázi destrukčního testu.

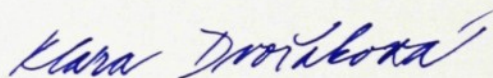
Theme: Self-organized critical behaviour in nonwoven textiles while being mechanically destroyed

Annotation: This work deals with idea of existing self-organized criticality in nonwoven textiles while being mechanically destroyed. Nonwovens are needle-punched, made through the different technological parameters.

The samples were specially produced from polyester fibres and different stroke frequency was used. These samples were put to one-cyclic deformation test (tensile strength). Obtained dates were judged according to self-organized criticality standpoint. This critical behaviour could be seen mainly in the first part of destructive test.

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci, dne 4.1.2002



Klára Dvořáková

Poděkování

Je mou milou povinností poděkovat všem, kteří mi svými radami a připomínkami pomohli ke vzniku této práce. Děkuji Prof. RNDr. Davidovi Lukášovi, CSc. a Ing. Věře Soukupové za odborné vedení a pomoc při řešení bakalářské práce. Dále děkuji všem pracovníkům katedry netkaných textilií za vědomosti, které jsem od nich měla možnost získat v průběhu studia. A v neposlední řadě bych ráda poděkovala svým rodičům a známým.

Seznam zkratek a symbolů

<u>symbol</u>	<u>název</u>
NT	netkaná textilie
dtex	lineární hmotnost vlákna
PL	polyester
PP	polypropylen
atd.	a tak dále
PC	osobní počítač
g.m^{-2}	plošná hmotnost
T	teplota [$^{\circ}\text{C}$]
p	tlak [Pa]
RH	relativní vlhkost vzduchu [%]
k	směrnice přímky
tzv.	tak zvaný

Obsah

1 Úvod	7
1.1 Cíl bakalářské práce	7
2 Teoretická část	8
2.1.1 Definice základních pojmů	8
2.1.2 Netkané textilie	8
2.1.3 Vpichované textilie	9
2.2 Technologie vpichování	9
2.2.1 Princip vpichování	10
2.2.2 Příprava vlákenného materiálu	11
2.2.2.1 Vlákenné suroviny	11
2.2.2.2 Geometrické vlastnosti	12
2.2.2.3 Příprava vlákenné vrstvy	15
2.2.3 Struktura a hmotnost rouna	15
2.2.4 Parametry vpichování	18
2.2.5 Způsoby vpichování	20
2.2.5.1 Konstrukce vpichovacího stroje	21
2.2.5.2 Vpichovací jehly	22
2.2.6 Struktura a vlastnosti vpichované textilie	25
2.2.7 Sortiment vpichovaných textilií	26
2.3 Samoorganizované kritické chování	28
2.3.1 Model hromady pisku	28
2.3.2 Další příklady samoorganizovaného kritického chování	30
2.3.3 Samoorganizované kritično aplikované v textilu	31
3 Experimentální část	33
3.1 Podstata problému	33
3.2 Výroba vzorků	33
3.2.1 Použitý vlákenný materiál	33
3.2.2 Výrobní postup	34

3.2.3	Vybrané parametry výrobku	35
3.3	Měření mechanické deformace	36
3.4	Zpracování naměřených dat	37
4	Vyhodnocení výsledků a diskuse	38
5	Závěr	41

Literatura

Seznam příloh

1 Úvod

1.1 Cíl bakalářské práce

Neustálý nárůst objemu výroby netkaných textilií, a s tím související jejich použití pro širší spektrum výrobků vyvolává nutnost detailního prozkoumání jejich technologických a funkčních parametrů a chování v různých podmínkách.

Technologie vpichování je jedním z nejstarších způsobů zpevňování vlákenné vrstvy, přičemž zejména frekvence vpichování má zásadní vliv na pevnost výrobku.

U některých typů vpichovaných netkaných textilií se při jednocyklickém deformačním testu s konstantní rychlostí přetvoření, hromadí postupně v materiálu napětí, které je pak lavinovitě uvolňováno lokálním porušením struktury a vláken. Tento proces intuitivně připomíná zemětřesení, lesní požáry, válečné události, epidemie a další.

Cílem je zjistit, zda technologická proměnná – frekvence vpichování v procesu vpichování vede k jevu - samoorganizovanému kritickému chování, při mechanické deformaci vpichované textilie.

Otázkou je, zda četnost poklesů napětí s narůstajícím přetvořením vzorku splňuje nebo nesplňuje mocninnou závislost na velikosti těchto napětíových poklesů.

2 Teoretická část

2.1 Definice základních pojmů

2.1.1 Netkané textilie

Netkaná textilie je vrstva vyrobená z jednosměrně nebo náhodně orientovaných vláken, spojených třením a/nebo kohezí a/nebo adhezí s výjimkou papíru a výrobků vyrobených tkaním, pletením, vsíváním, proplétáním nebo plstěním [1].

Rozdělení netkaných textilií (NT) podle technologie výroby vláknenné vrstvy:

- mokrá cesta (naplavování)
- suchá cesta
 - mechanicky: vlákna orientovaná
 - podélně
 - příčně
 - kolmo
 - aerodynamicky: vlákna orientovaná - nahodile
 - přímo z polymeru
 - spunbond
 - meltblown
 - elektrostatické zvlákňování

Zpevňování vláknenné vrstvy - mechanicky - vpichování

- spunlace
- proplétání
- chemicky
 - impregnací
 - pěnou
 - postřikem
 - tiskem
- termicky
 - teplovzdušně
 - kalandrem.

Technologie vpichování patří k jedním z nejstarších a dosud nejrozšířenějších způsobů zpevňování vláknenných vrstev. Byl vyvinut v minulém století jako náhrada plstění [1].

2.1.2 Vpichované textilie

Vpichování je technologie mechanicky zpevňované netkané textilie, jejíž podstatou je provázání vláknenné vrstvy vlákny nebo svazky vláken z vrstvy, pomocí speciálních vpichovacích jehel s ostny, umístěných v kmitající jehelné desce. Čím více vpichů je na plochu vrstvy, tím bývá vpichovaná NT pevnější [2].

Mezi technologiemi výroby NT používaných v textilním průmyslu zaujímá vpichování přední místo.

2.2 Technologie vpichování

Technologie vpichování byla vyvinuta již ve druhé polovině 19. století jako náhrada plstění. V počátcích se vpichovalo pouze do podkladové tkaniny nebo krepového papíru. Rozvoj vpichování nastal po druhé světové válce. Mezi první výrobce vpichovacích strojů patřili Hunter, USA a Bywater, Anglie. Nyní to jsou společnosti jako Indeed Dilo, Fehrer, Asselin, Shouou Shing atd.[3].

Z technologického hlediska, jak uvádí [4], spočívá vpichování ve vzájemném mechanickém provazování vláken ve formě rouna nebo v provazování vláken do podkladového prvku. Vzájemné provazování vláken se děje čistě mechanicky, a to pomocí speciálních jehel. Tyto jehly mají na pracovní části ostny nebo drážky, kterými zachycují svazky vláken a protahují je ve směru tloušťky vláknenného rouna. Vpichováním lze zpracovávat téměř všechny druhy vláken.

V průběhu vpichování dochází také k podstatné redukci tloušťky vláknenné vrstvy, k výrazné přeorientaci všech vláken a ke změnám délky i šířky útvaru.

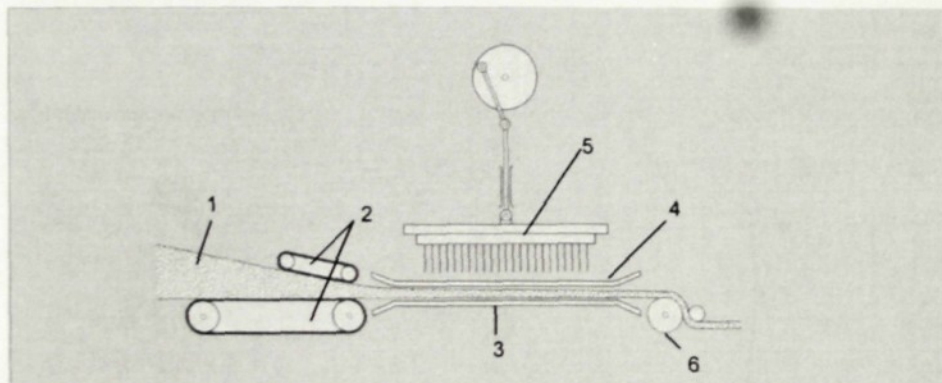
Typické plošné hmotnosti vpichovaných textilií se pohybují v rozsahu $100 - 2000 \text{ g.m}^{-2}$ [1].

2.2.1 Princip vpichování

Princip vpichování spočívá v tom, že vlákenné rouno vyrobené libovolným způsobem se ve vpichovacím stroji podrobuje působení kmitajících jehel kolmo, šikmo nebo oběma směry k povrchu rouna. Jehly při průchodu rounem svými ostny nebo drážkami zachycují vlákna a protahují je kolmo nebo šikmo ve směru tloušťky rouna. Při výstupu jehel z rouna se vlákna vysmekávají z ostnů, resp. drážek třením o stírací rošt. Tímto postupem se dosáhne jak plošného zpevnění rouna, tak plastického nebo barevného vzoru [4].

Vaznými elementy jsou svazky vláken, různě orientované v prostoru podle principu vpichování. Soudržnost textilie a především z ní vyplývající pevnost, je způsobena třecími silami mezi jednotlivými vlákny [5].

Základní princip vpichování je patrný z obr. 1.1.



Obr.1.: Základní schéma vpichovacího stroje

Vlákenné rouno 1 je přiváděno pomocí podávacích pásů 2 do jehelního pole, které tvoří opěrný rošt 3, stírací rošt 4 a jehelní deska 5. Opěrný rošt podpírá vlákenné rouno během vpichování a při jeho dopravě. Stírací rošt je umístěn nad opěrným roštem a tvoří horní omezující orgán pro vlákennou vrstvu, kterou snímá z jehel při výstupu jehelní desky z materiálu. Jehelní deska je uchycena na nosníku a vykonává vratný pohyb ve vertikálním směru. Při pohybu dolů se provádí vlastní vpichování. Ostny jehel zachytávají skupiny vláken vrstvy, přeorientovávají je kolmo k vrstvě a protahují vrstvou. Při pohybu nahoru se snímá vlákenný útvar z jehel. Potom se vlákenný útvar posune o zvolenou délku. Tento posuv zajišťují na výstupu ze stroje odváděcí válce 6, které protahují zpevňovaný útvar mezi

opěrným a stíracím roštem. Obvodová rychlost podávacího pásu se nastavuje podle protažení vláknenného útvaru v jehelním poli.

Intenzita vpichování záleží na druhu vpichovací jehly, měrném počtu vpichů na centimetr čtvereční a hloubce vpichu, tzn. vzdálenosti hrotu nebo prvního ostnu jehly (při nejnížší poloze jehel) od povrchu opěrného roštu [1,4].

2.2.2 Příprava vláknenného materiálu

Základní podmínkou pro dosažení mechanických spojů ve vpichovaném útvaru je použití vláken, která mají potřebnou délku pro vytvoření smyčky, pevnost a pružnost s ohledem na namáhání v ohybu. V současné době se technologií vpichování zpracovávají všechny druhy vláken, které mají tyto vlastnosti.

Mezi hlavní proměnlivé faktory ovlivňující vlastnosti vpichovaných textilií dle [4] patří:

- druh vlákna
- geometrické vlastnosti vlákna
- úprava vláken pro zpracování
- orientace vláken v rounu
- hmotnost rouna

2.2.2.1 Vláknenné suroviny

Rostlinná vlákna

Z rostlinných vláken se technologií vpichování běžně zpracovávají nejnížší kvality lnu, konopí, juty a sisalu o nejkratší délce vláken.

Bavlněná vlákna se obtížně vpichují pro velkou jemnost, malou délku a hladký povrch [4]. Používají se pouze do směsí.

Živočišná vlákna

Všechna živočišná vlákna lze technologií vpichování zpracovávat.

Vlněná vlákna se zpracovávají velmi dobře, jelikož jsou obloučkovitá, pružná a mají členitý povrch, ale aplikují se v omezené míře pro vysokou cenu a nedostatečný výskyt [4].

Chemická vlákna

Viskózová vlákna

Tato vlákna z regenerované celulosy se hojně používají a kromě dobré zpracovatelnosti je jejich výhodou i nízká cena. Zpracovávají se jako stoprocentní rouna, hlavně se však přidávají v různém poměru k jiným vláknům. Umožňují totiž lepší adhezi k pojivům a nanášeným hmotám než vlákna syntetická.

Nejčastěji se pro vpichované textilie používá jemnost vlnářská 3,8 až 7,1 dtex (délka 60 až 100 mm) a pro podlahové textilie jemnost koberečářská 13,2 až 16,5 dtex. Při zpracování těchto typů vláken je nutno počítat se zvýšenou rozměrovou deformací textilií, vyššími vpichovacími silami a se zvýšenou lámavostí jehel [4].

Polyesterová vlákna

PL vlákna jsou další velmi oblíbený materiál pro vpichované textilie. Vhodný je celý rozsah jemností a délek, u nás je to 1,7 až 20 dtex a 38 až 120 mm.

PL vlákna mají výbornou pružnost, velmi dobrou zpracovatelnost a další příznivé vlastnosti. Jejich nevýhodou je špatná odolnost v alkáliích.

V mnoha případech se přidávají k jiným vláknům, aby se zlepšily některé vlastnosti finálního výrobku, ale běžné je i použití ve stoprocentní formě, například pro výrobu filtračních textilií [4].

Polypropylenová vlákna

PP vlákna představují materiál, který se u nás pro vpichování nejvíce používá. Jsou snadno zpracovatelná (velmi nízká vpichovací síla a malá deformace) a v naší republice snadno dostupná. Zpracovávají se vlákna běžných rozsahů jemnosti od 1,3 do 33 dtex. Pro bytové a speciální účely se uplatňují vlákna hrubší 30 až 70 dtex [4].

Speciální vlákna

Bikomponentní vlákna

Skládají se ze dvou druhů polymerů nebo kopolymerů uspořádaných podélně podle osy vláken. V praxi jsou zaznamenány tři hlavní druhy, a to:

- bok po boku, označení S/S (side by side)
- jádro-plášť, označení C/C (centric/covercore)
- fibrilový matrix, označení M/F (matrix/fibril)

Nejčastěji se komponují tak, aby teplota měknutí jedné složky byla vyšší. Obvykle se tyto vlákna používají jako příměs k monokomponentním vláknům v množství 30 až 70 % [4].

K výrobě vpichovaných textilií se, vzhledem k jejich vysoké ceně, používají v omezeném množství.

Odpadová vlákna

Vlákna získaná opracováním textilních odpadů představují hlavní vláknennou surovinu pro vpichované textilie vzhledem k ekonomičnosti výroby a z ekologického hlediska. Zpracovávají se buď samostatně, anebo jako příměs k originálním vláknům. Používají se jako čalounické výplně, tepelně izolační textilie, atd.

Nevýhodou vláknenného materiálu z opracovaných textilních odpadů je, že často obsahuje nerozvlákněné smotky vláken nebo kousky nití, které se napichují na plstící jehly, zanášející otvory v roštích, způsobují lámání jehel a zhoršují rovnoměrnost výrobku [4].

2.2.2.2 Geometrické vlastnosti vláken

Pro vpichování jsou velmi důležité geometrické vlastnosti vláken, zejména:

- tloušťka (jemnost)
- délka

- průřez
- obloučkovitost

Tloušťka

Tloušťkou vláken se rozumí jejich jemnost a v případě kruhového průřezu i průměr. Čím je textilní vlákno jemnější, tím větší počet vláken osten, popřípadě vidlička, zachytí a odpor při vpichu se zvyšuje. Proto platí pravidlo, že pro jemnější vlákno se hodí plstící jehla s jemnější pracovní částí [4].

Délka

Jemnost vláken určuje v jistém smyslu i jejich délku. Bavlnářský typ má délku 28 až 60 mm, vlnářský typ 60 až 120 mm a kobercářský 100 až 150 mm. Nejvýhodnější je délka v rozmezí 38 až 90 mm.

Krátká vlákna vykazují při vpichování zvýšenou rozměrovou deformaci rouna. Dlouhá vlákna se hůře provazují, protože jedno vlákno může být zachyceno více ostny [4].

Průřez

Pro vpichování je členitější průřez vlákna vhodnější než průřez hladký. Dosahuje se jím většího koeficientu tření mezi vlákny v hotové textili, a tím i příznivějších fyzikálně mechanických vlastností [4].

Obloučkovitost

Čím je počet obloučků vyšší, tím se vlákno lépe vpichuje a rozměrová deformace rouna je nižší. Za optimum se považuje 4 až 8 obloučků na centimetr [4].

2.2.2.3 Příprava vlákenné vrstvy

Při vlastní přípravě vlákenné suroviny se nejčastěji aplikuje vodný roztok mastičího prostředku (např. Slovaton 0) pro snížení elektrostatického náboje, aby se zlepšila zpracovatelnost na rounotvorných strojích a vpichovacích strojích [4].

Příprava vlákenné vrstvy se při tvorbě rouna určeného k vpichování řídí délkou a jemností použitých vláken. Převážně se uplatňuje vlnářským způsob, k jehož přednostem patří vyšší výrobní rychlosti.

Další postup záleží na objemu produktu, požadavku směsování a na dostupném strojním zařízení. U malých objemů se značná část prací provádí ručně. Jde o operace : lůžkování, čechrání, nanášení masticí nebo antistatické emulze [4].

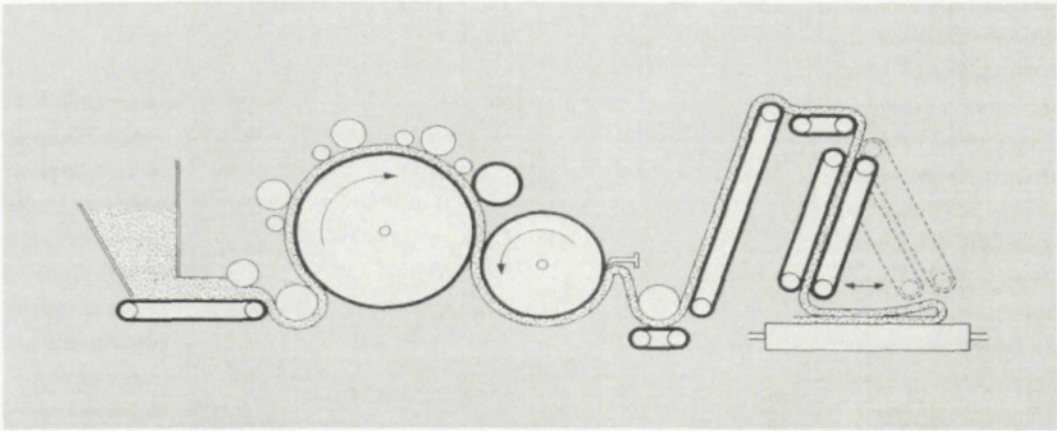
Přehled standardních strojů pro přípravu vláken

- čechrací a rozvolňovací stroje,
- nakládací stroje,
- mísící komory, včetně lůžkovacího a odebíracího ústrojí,
- zařízení pro přípravu a nanášení masticí nebo antistatické emulze.

2.2.3 Struktura a hmotnost rouna

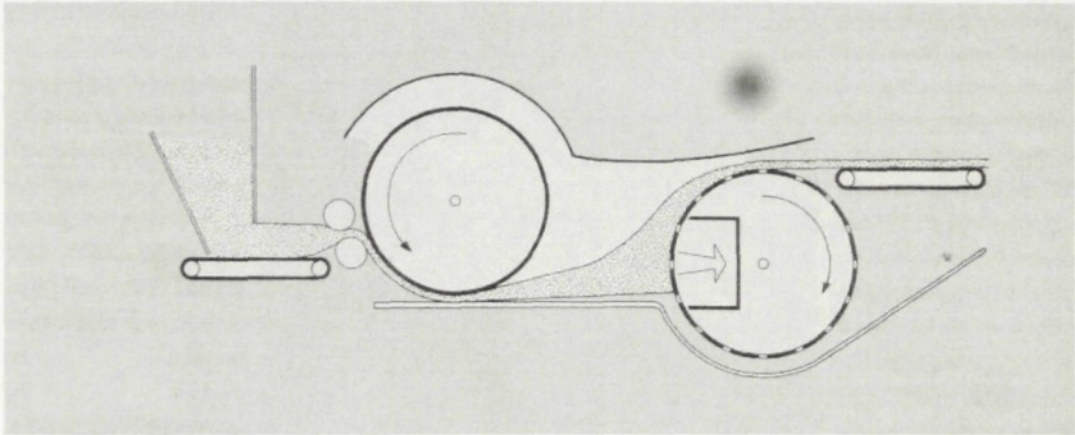
Vedle vlastností vláken má vliv na vlastnosti vpichovaných textilií způsob výroby vlákenné vrstvy (rouna). Geometrická uspořádání vláken ve vpichované textilii je prvotně dáno strukturou výchozího rouna chápaného jako třírozměrný útvar. Struktura rouna a vlastnosti rouna závisejí na vlastnostech vláken, hmotnosti rouna a účinnosti výrobní technologie, která má splnit výchozí požadavky, jakými jsou stupeň ojednocení vláken, stejnoměrnost plošné hmotnosti a tloušťky [5].

Rozpracování a další promísení vláken se provádí na mykacích strojích válcových a ozvláčňovacích strojích s pilkovými povlaky zakončených zařízením na vrstvení pavučiny.



Obr.2.: Mechanická výroba rouna (mykací stroj s vertikálním příčným kladečem)

Dále se rouno vyrábí na neortodoxních strojích, tzv. pneumatických rounotvorných strojích.



Obr.3.: Pneumatický rounotvořič

Oba hlavní postupy přípravy rouna mají své přednosti a nedostatky, a proto výrobci těchto strojů přicházejí i s jejich kombinací [4].

Orientace vláken v rounu

Způsob tvorby rouna se odráží i v orientaci vláken, která má velký vliv na fyzikálně mechanické vlastnosti vpichované textilie. Při vníkaní jehel do rouna dochází k provazování

vláken, které se projevuje změnou rozměrů rouna, jejíž velikost zase závisí na třecích vlastnostech vláken a jejich orientaci v rounu.

Ve směru orientace vláken je nejvyšší pevnost a nejnižší tažnost a naopak kolmo k orientaci vláken je pevnost nejnižší a tažnost nejvyšší [4].

Dle [1,6] se rozeznávají tyto čtyři hlavní orientace:

- podélná
- příčná
- nahodilá
- kolmokladená

Podélná orientace – podélné vrstvení

Základní pavučina vychází z mykacího stoje a je podélně orientována. Vrství se kontinuálně na sebe, nebo se diskontinuálně navíjí na nekonečný vrstvicí pás. Potom se rouno o omezené délce předkládá vpichovacímu stroji. Tato orientace je pro vpichování nejméně výhodná, neboť rouno se značně rozjíždí ve směru své šířky [4].

Příčná orientace – příčné kladení

Dosahuje se jí příčným vrstvením pavučiny, která vychází z mykacího stroje, pod určitým úhlem na podélný odváděcí pás. Úhel vrstvení pavučiny závisí na příváděcí a odváděcí rychlosti a na počtu skladů. Rouno se při vpichování hlavně prodlužuje, méně však zužuje. Vzniklé překřížení vláken zcela vyhovuje vnikání trojhranné pracovní části plstících jehel. Textilie z příčně kladeného rouna je méně pevná než textilie z podélně kladeného, zkoušeli ji ve směru průchodu strojem tj. podélném. Této orientace vláken v rounu se nejvíce využívá při výrobě vpichovaných textilií [4].

Nahodilá orientace

Vzniká při použití pneumatických rounotvořičů k výrobě vlákenné vrstvy. Při vpichování se rouno s nahodilou orientací vláken chová přibližně stejně jako rouno s příčnou orientací.

Kolmá orientace - kolmé kladení

Tato technologie výroby vláknenných vrstev kolmým kladením pavučiny patří k nejnovějším, ale pro výrobu vpichovaných textilií není vhodná. Nedochází ke zlepšení vlastností, ale naopak k narušení kolmo kladené struktury, neboť vlákna jsou ve vrstvě orientována převážně kolmo k rovině textilie a v průběhu stlačování jsou namáhána spíše na vzpěr než na ohyb.

Hmotnost vpichované textilie

Hmotnost rouna velmi ovlivňuje intenzitu vpichování. Se zvyšováním plošné hmotnosti vzrůstá vpichovací síla, a tím i efekt provázání. To znamená, že pevnost vpichované textilie se zvyšuje. To je způsobeno zhutněním vláknité vrstvy, která napomáhá k zaplňování ostnů nebo drážek vpichovacích jehel. Při malých hmotnostech vlákna před jehlami uhýbají a efekt provázání vláken je nízký. Aby se umožnilo zpevnění různých druhů textilií, konstruují se také vpichovací stroje s různou hustotou jehel [4].

2.2.4 Parametry vpichování

Hustota vpichů, hloubka vpichů, typ vpichovacích jehel, počet pasáží použitých k dosažení daného počtu vpichů, apod. jsou faktory, které určují charakter získané struktury a mají podstatný vliv na vlastnosti vpichované textilie [5].

Hloubka vpichu

Hloubka vpichu je vzdálenost, do které pronikne první ostn pod horní povrch opěrného roštu. Na hloubce vpichu závisí počet ostnů, které proniknou rounem. Čím více ostnů projde rounem, tím větší bude provázání. Je-li proniknutí vpichovací jehly příliš hluboké, vytlačí jehla vlákna z dolního povrchu textilie ve smyčkách nebo v chomáčcích. Textilie se

deformuje a vytváří se nestejněměrný vzhled, který je nežádoucí. Hloubka vpichu se seřídí na hranici, na níž vlákna začínají vytvářet chomáčky na spodní straně textilie. Tím se v praxi zajistí maximální provázání vláken, kterým však vzhled textilie netrpí. Hloubka vpichu se obvykle pohybuje v rozmezí 5 - 25 mm. Výjimkou jsou vzorované textilie [4].

Hloubka vpichu je dána vztahem:

$$b = b_1 - F, \quad (1)$$

kde b je hloubka vpichu, tj. vzdálenost, do které pronikne první ostn pod horní povrch opěrného roštu [mm]. b_1 je vzdálenost, do které pronikne hrot vpichovací jehly pod horní povrch opěrného roštu [mm] a F [mm] je vzdálenost prvního ostnu od hrotu vpichovací jehly (u standardní jehly $F = 6,35$ mm) [4].

Hustota vpichů

Dle [2] je hustota vpichů vyjádřena vztahem

$$v_p = \frac{a \cdot f \cdot p}{v \cdot 100}, \quad (2)$$

kde v_p je počet vpichů na jednotku plochy [$1 \cdot m^{-2}$], a je celkový počet jehel na 1 m vpichovací desky (ve všech řadách), f je frekvence desky [s^{-1}], p je počet průchodů textilie strojem a v je rychlost průchodu (odvádění) textilie strojem [$m \cdot s^{-1}$].

Běžně se vyrábějí vpichované textilie zpevněné $8 \cdot 10^4 - 550 \cdot 10^4$ vpichy. m^{-2} .

Při zvyšování měrného počtu vpichů nastává větší rozměrová deformace vpichované textilie, a tím se sníží plošná hmotnost. Zvýšením měrného počtu vpichů se zvětšuje objemová hmotnost textilie, a tím i její kompaktnost. Modul, pevnost v tahu a pevnost při přetrhu s rostoucím měrným počtem vpichů stoupají. Při vysokém měrném počtu vpichů začíná klesat modul a pevnost v tahu. Počáteční zvyšování je vyvoláno zvýšeným provázáním vláken, zatímco snížení je způsobeno trháním již provázaných vláken. S rostoucím měrným počtem vpichů se zvyšuje rovněž tuhost textilie a její odolnost v oděru, prodyšnost textilie klesá [4,7].

Počet jehel na 1m pracovní šíře

$$n_j = n_r \cdot n_{jr}, \quad (3)$$

kde n_j je počet jehel na 1m pracovní šíře vpichovacího stroje [m^{-1}], n_r znamená počet řad vpichovacích jehel v jehelné desce a n_{jr} je počet jehel v jedné řadě jehelné desky na 1m pracovní šíře [m^{-1}].

2.2.5 Způsoby vpichování

Způsoby vpichování se člení podle použitých textilních prvků a podle konstrukce vpichovacích strojů [4].

Kolmé vpichování s rovinnými rošty

U tohoto nejstaršího a dosud nejvíce užívaného způsobu zpevňování jsou vlákna uchopena ostny nebo drážkami jehel a vpíchnuta kolmo ve tvaru smyčky skrz vlákenné rouno, jež je v celé ploše funkční části jehelní desky podpíráno rovinným roštem, který má však různý tvar a uspořádání otvorů nebo mezer pro průchod jehel při vpichování.

Kolmé vpichování se dělí na jednostranné a oboustranné. Jednostranné vpichování se podle technologického požadavku provádí shora nebo zespodu.

Z hlediska konstrukce stroje je jednodušší a splňuje běžné požadavky na zpevnění textilie.

I když zpevnění je menší než při vpichování šikmém a kombinovaném. Oboustranné vpichování je řešeno tak, že jehelní desky jsou po obou stranách vpichovaného útvaru v tandemu nebo proti sobě. Jeho účelem je zajistit provázání vláken z obou stran textilie při jednom průchodu. Tím se dosáhne sevření útvaru z obou stran a přibližně stejný vzhled obou povrchů textilie. Tandemové uspořádání je starší a méně intenzivní než při uspořádání jehelních desek proti sobě. Varianty tohoto způsobu umožňují vpichovat se souběžným a protiběžným pohybem jehelních desek. Při protiběžném pohybu jehelních desek vstupují jehly

do materiálu z obou stran současně. Produkce je však poloviční proti souběžnému pohybu jehelních desek, u něhož jehly z obou desek využívají všech otvorů v roštích. Souběžný pohyb se vyznačuje tím, že horní jehelní deska vstupuje do vlákenného útvaru, když spodní z něho vystoupila, a naopak.

Oboustranné vpichování se při jednom průchodu používá u nekonečných papírenských plstěnců. Jehelní desky se umísťují nad sebe pro usnadnění manipulace s obracením textilie [4].

Šikmé vpichování

Vyznačuje se průchodem jehel rounem pod úhlem 75 až 45°. Ve srovnání s kolmým vpichováním umožňuje lepší zpevnění vlákenného útvaru, protože dráha jehel je delší, a tím i provázání vláken důkladnější.

Rovněž u tohoto způsobu se může vpich jednostranně i oboustranně. Jednostranné šikmé vpich se však nepoužívá [4].

Kombinované vpichování s válcovými rošty

Ke zpevnění rouna dochází nejčastěji na válcovém povrchu roštu. Dosahuje se tím velmi účinného provázání vláken, jehož důsledkem je větší kompaktnost a měrná hmotnost textilie [4].

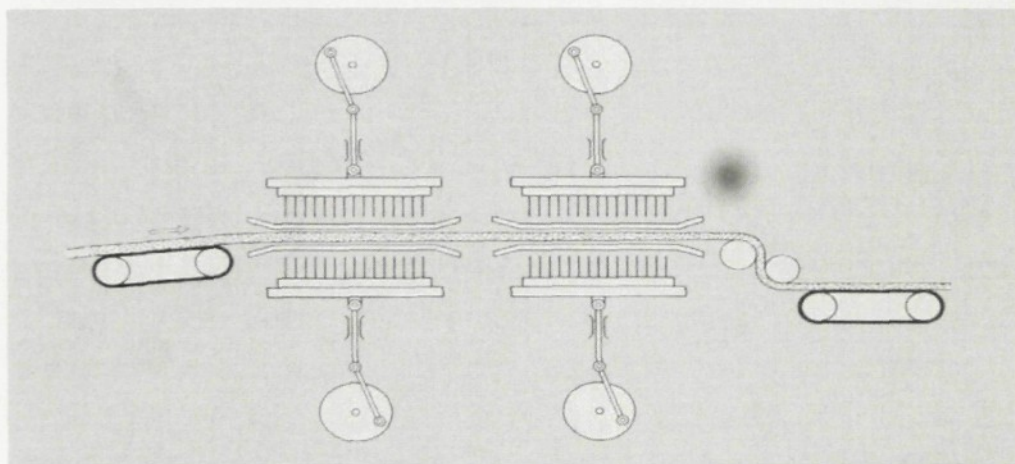
2.2.5.1 Konstrukce vpichovacího stroje

Vlákněná vrstva připravená na rounotvorném zařízení je přiváděna dopravníkem ke vpichovacímu stroji. Ke vpichování dochází mezi opěrným a stíracím roštem.

Hlavním pracovním orgánem je vpichovací jehla. Osten jehly je uzpůsoben tak, že vlákna uchopí při pohybu dolů a uvolňuje se při pohybu vzhůru. Vpichovací jehly jsou upevněny v jehelné desce na jehelním nosníku, který se pohybuje vertikálně. Při každém vpichu (pohybu jehelné desky) jehly prochází stíracím roštem a opěrným roštem. Uložení jehel v jehelné desce

přesně odpovídá otvorům v opěrném a stíracím roštu. Stírací rošt brání vytahování vláken z vlákenné vrstvy a zároveň čistí vpichovací jehly. Tento rošt je výškově stavitelný podle tloušťky vlákenné vrstvy. Může být nakloněný, aby ulehčil vstup rouna. Opakovanými vpichy se vlákenná vrstva stlačuje a mění se útvar podobný plsti. Vpichovaná textilie se ze stroje odvádí dvěma odtahovými válečky a to nepřetržitě nebo přetržitě. Při přetržitém odtahu se odvádění uskutečňuje v krocích, tzn. když se jehly nacházejí mimo rouno.

Předvpichovací stroje, které mohou být umístěny před vpichovacím strojem, se vyznačují nízkým počtem jehel v úzké jehelné desce, větší vzdáleností roštů, případně speciální konstrukcí. Předvpichovací stroje zabezpečují rovnoměrné ztenčení vlákenné vrstvy před vstupem do vpichovacího stroje [4].



Obr.4.: Vpichovací stroj – oboustranný, tandem

2.2.5.2 Vpichovací jehly

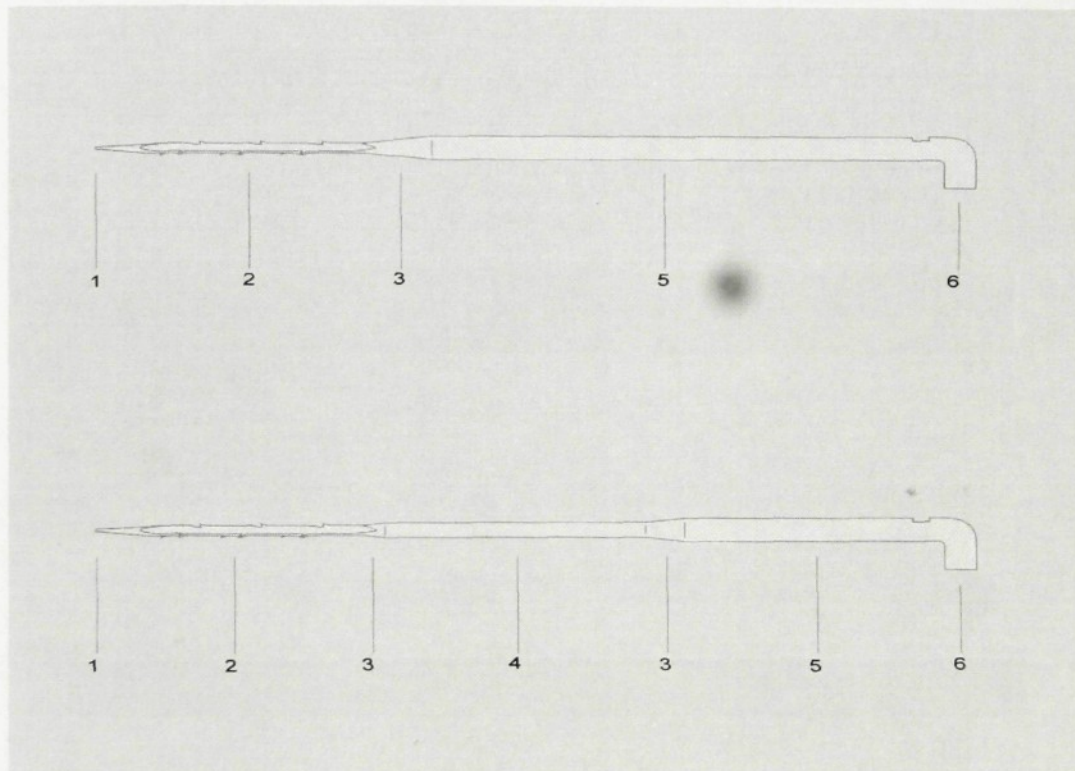
Vpichovací jehla tvoří hlavní prvek vpichovacího procesu.

V současné době lze druhy vpichovacích jehel podle různých modifikací a jemností počítat na tisíce. Volba správného druhu jehel velmi ovlivňuje konečnou kvalitu vpichovaného výrobku, produktivitu výroby, jakož i životnost použitých vpichovacích jehel samotných [4].

Rozdělení vpichovacích jehel podle funkce a provedení:

- plastické jehly,
- konvenční,
- lisované,
- s upravenou geometrií pracovní části.
- vzorovací jehly,
- speciální jehly.

Hlavní části (konvenční) vpichovací jehly



Obr.5.: Dvourozměrná a trojrozměrná konvenční jehla,

1- hrot, 2- pracovní část s ostny, 3- přechod, 4- redukovaná část, 5- stvol, 6- kolénko.

Každá část plastické jehly má určitou funkci [4].

Patka (kolénko). Slouží jako jistící element a při nasazení do jehelní desky vpichovacího stroje současně určuje polohu pracovní části jehly vůči vpichovanému rounu.

Stvol. Je to horní část vpichovací jehly, za kterou je jehla upnuta v jehelné desce. Průměr stvolu je volitelný a řídí se průměrem otvorů v jehelné desce. Nejčastěji používaný průměr je 1,835 mm, označovaný 15 gauge. Vpichovací jehly jsou s rovným nebo redukováným stvolem. Redukovaný stvol se používá z důvodů: snížení hmotnosti jehelné desky, tím i snížení odstředivé síly a chvění stroje; pevného usazení jehel v jehelné desce při zachování pružnosti jehel; a při prvním vpichování nevznikají příliš velké otvory po vpichu jehly v rounu.

Pracovní část. Je funkční část jehly. Tato část je opatřena ostny a hrotem. Existují různé průřezy pracovní části. Nejpoužívanější je průřez rovnoramenného trojúhelníku.

Ostny. Jsou to ostré záseky na hranách trojhranné pracovní části. Jejich velikost a uspořádání určují intenzitu vpichování. Nejčastěji bývá vpichovací jehla opatřena 9 ostny, vždy po třech na každé hraně v přesazeném uspořádání. Pro zvláštní účely se vyrábějí jejich modifikace.

Podle vzdálenosti jednotlivých ostnů se rozlišuje provedení plsticích jehel. Označujeme je RB (regular barb) – nejčastější provedení, MB (medium barb) a CB (close barb). Rozměry ostnu jsou dány délkou l , hloubkou h , převýšením e a úhlem nosu β [4].

Dále jehly rozlišujeme podle:

- výšky nosu ostnu
- tvaru hrdla
- tvaru nosu ostnu
- tvaru hrotu

Vzorovací jehly – protahují větší množství vláken předzpevněným rounem v pravidelném nebo nepravidelném vzoru a vytvářejí tak na povrchu plastický nebo různobarevný vzor. Vzoruje se pomocí jehel velkoostných a vidličkových.

Speciální vpichovací jehly - usměrněné jehly (ostny pouze na jedné nebo na dvou hranách tříhranné pracovní části), jehly s obrácenými ostny, jehly se zákrutem čepele, háčkové jehly, vyhrívané jehly, trubičkové pro nános pojiva, atd.

Číslování vpichovacích jehel

Vpichovací jehly se označují podle mezinárodních zvyklostí anglickým gauge (tj. číslo, které udává kolikátým dílem anglického palce je daný rozměr). Pro dvourozměrné jehly (bez redukovaného stvolu) se skládá ze tří číselných skupin. Např. 15 x 25 x 3, kde první skupina udává průměr stvolu, druhá průměr trojhranné části před jeho přetvářením a třetí délku v anglických palcích měřenou od vnitřní hrany patky k hrotu.

Systém pro trojrozměrné jehly se skládají ze čtyř číselných skupin. Jako druhé číslo je tu, navíc oproti dvourozměrné jehly, průměr redukované části.

Příklad označení vpichovacích jehel se redukovaným stvolem:

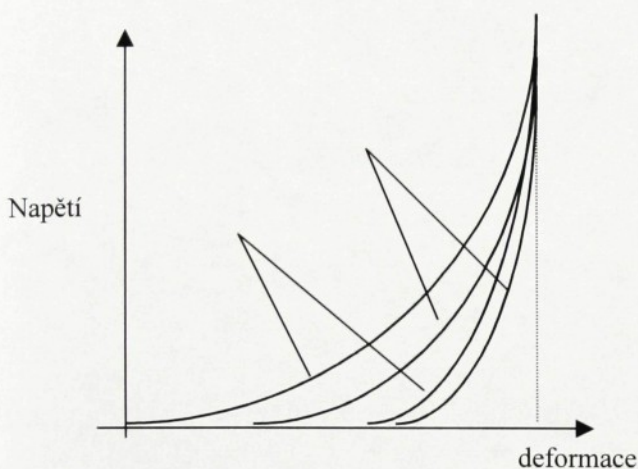
15 x 18 x 36 x 3,5 RB – 06 1270,

kde RB je vzdálenost jednotlivých ostnů a poslední číslo znamená oborové číslo [5].

2.2.6 Struktura a vlastnosti vpichované textilie

Největší vliv na strukturu vpichované textilie má hustota vpichů a dále hloubka vpichu. Dále záleží na typu a způsobu rozmístění vpichovacích jehel. A dále tahovými vlastnostmi, délkou, jemností a povrchovými vlastnostmi vláken.

Soudržnost vpichovaných textilií spočívá na tření mezi vlákny. Při deformaci textilie se vlákna přeorientovávají ve směru působící síly. Přitom se zvětšují jejich vzájemné třecí plochy a současně síla, kterou jsou k sobě přitlačována. Vyplývá z toho typická tahová křivka vpichovaných textilií vyznačující se nízkým počátečním modulem a poměrně vysokou trvalou deformací [1,6].



Obr.6.: Chování vpichovaných textilií při opakovaném jednoosém namáhání, 1. cykl je vlevo, 2. cykl je napravo

2.2.7 Sortiment vpichovaných textilií

Technologií vpichování se vyrábí široký sortiment výrobků. Nejčastěji to jsou geotextilie, papírenské odvodňovací plstěnce, podklady pro výrobu syntetických usní, oděvní a obuvnické vložkové materiály, filtry, dekorační materiály a podlahové krytiny.

V USA se nejčastěji používají jako geotextilie a pro automobilový průmysl, kde dochází k nahrazování všívaných koberců vpichovanými. Mezi nejnovější vpichované výrobky patří protipožární vrstvy z aramidových vláken, dále geotextilní plst', která již má v sobě ukotvena semena [3].

Příklady využití vpichovaných textilií:

- domácnosti – koberce, deky, matrace, tapety
- geotextilie – drenáže, podklad pod asfalt a pod železniční koleje
- automobilový průmysl – izolace, čalounění
- filtry – vlhké, krevní, prachové filtry

sport – povrch tenisových míčů a kurtů, basebalové rukavice, podklad kluziště
průmyslové plsti – olejové absorbenty, přepravní pásy
zdravotnictví, námořnictví, izolační plsti, a další odvětví

2.3 Samoorganizované kritické chování

Samoorganizované kritické chování fyzikálních systémů je stále, i přes značnou pozornost věnovanou v poslední době těmto jevům, pojem s nejednoznačnou definicí.

Pracovní definice samoorganizovaného kritického chování je následující:

Fyzikální systém se nachází ve stavu samoorganizovaného kritického chování, jestliže určitá jeho míra (vlastnost) se chaoticky mění kolem střední hodnoty. Při samoorganizovaném kritickém chování je vstup do systému konstantní, zatímco výstup představuje sérii událostí, které mají charakter lavinovitého uvolňování. Velikost těchto lavinovitých událostí a jejich frekvence (četnost) vyhovují mocninné závislosti [8].

Tento jev, který se též nazývá samoorganizované kritično, poprvé systematicky studovala roku 1987 trojice P. Bak, Ch. Tang a K. Wiesenfeld a to na zjednodušených modelech pískových kup. Později se našla řada dalších aplikací, které vysvětlují výše zmíněnou definici. Například zemětřesení, dopravní zácpy, burzovní krachy, požáry, záplavy, ale i vymírání druhů. Kde vymření jednoho druhu bakterie vede k vymření několika druhů hmyzu, to následně k vymření žab, dinosaurů,....[9].

Bylo zkoumáno mnoho variací různých modelů, některé potvrdili výskyt samoorganizovaného kritična (mocninné závislosti) v daném modelu, ale některé jej neprokázaly.

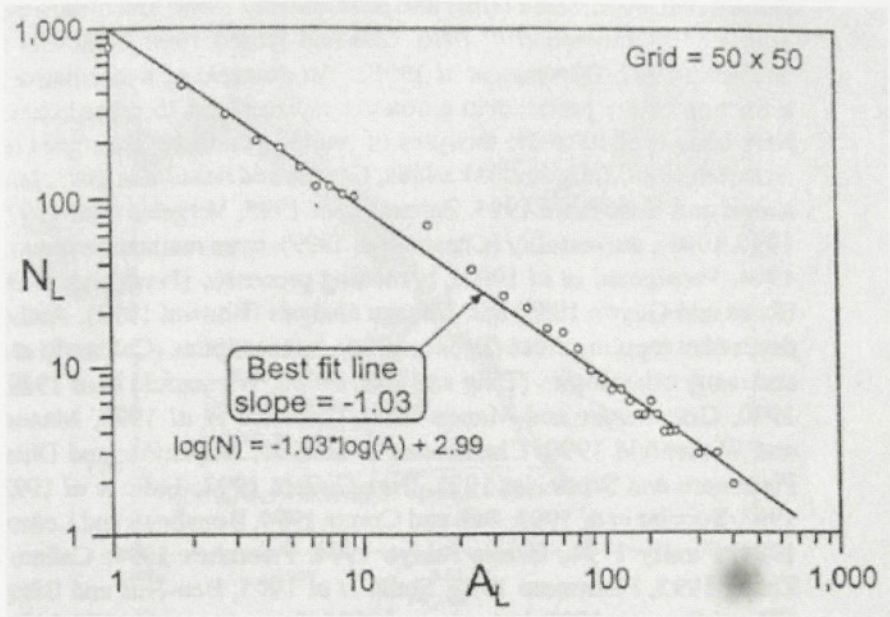
2.3.1 Model hromady písku

objasnění jevu a metody

Tento model byl jako první použit k výkladu samoorganizovaného kritična.

Představme si kulatý stůl, na který sypeme náhodným způsobem zrníčka písku. Pomalý a nepřetržitý přísun těchto zrněk vytvoří hromadu, jejíž úbočí dosáhne sklonu tak zvaného sypaného úhlu. Očekávali bychom, že po dosažení tohoto kritického sklonu se utrhne jedna významná lavina, která spadne ze stolu a změní úhel sklonu boční hromady. Ve skutečnosti

však pozorujeme série lavin, jejichž četnost v závislosti na jejich velikosti splňuje mocninný vztah, viz obr.1.



Obr.7.: Závislost četnosti lavin počítačového modelu hromady písku na velikosti lavin. Velikost laviny je měřena počtem pískových zrn, které se daly do pohybu. Best fit line slope je směrnice přímky.

$$\text{četnost} = \text{konstanta} \times (\text{velikost})^a.$$

Vrátíme-li se k definici samoorganizovaného chování, můžeme konstatovat, že sledovanou mírou (vlastností) systému, kterým je hromada písku, je velikost laviny. Konstantním vstupem do systému je náhodné přidávání zrněk písku. Mocnná závislost četnosti lavinovitých událostí v závislosti na velikosti těchto událostí je zachycena na obr. 1.[8].

Mocnná závislost se vyskytuje právě jen v kritickém bodě.

2.3.2 Další příklady samoorganizovaného kritického chování

Zemětřesení

Napětí mezi tektonickými deskami se postupně hromadí v průběhu stovek a tisíců let. Potom je náhle uvolňováno zemětřesením, jejichž četnost je mocninným způsobem závislá na jejich velikosti (rozsahu) [8].

Lesní požáry

Dřevní hmota se postupně hromadí v lesních porostech a je spalována požáry zažehnutými bleskem. Četnost požárů v závislosti na jejich velikosti opět vyhovuje mocninným zákonům (platí pro nekulturní a nekultivované pralesní porosty) [8].

Epidemie

Snížená imunita vůči nakažlivé chorobě se v živočišné populaci hromadí postupně. Po překročení jisté prahové hladiny imunity v populaci dochází k epidemiím, které opět splňují mocninný zákon [8].

Válečné události

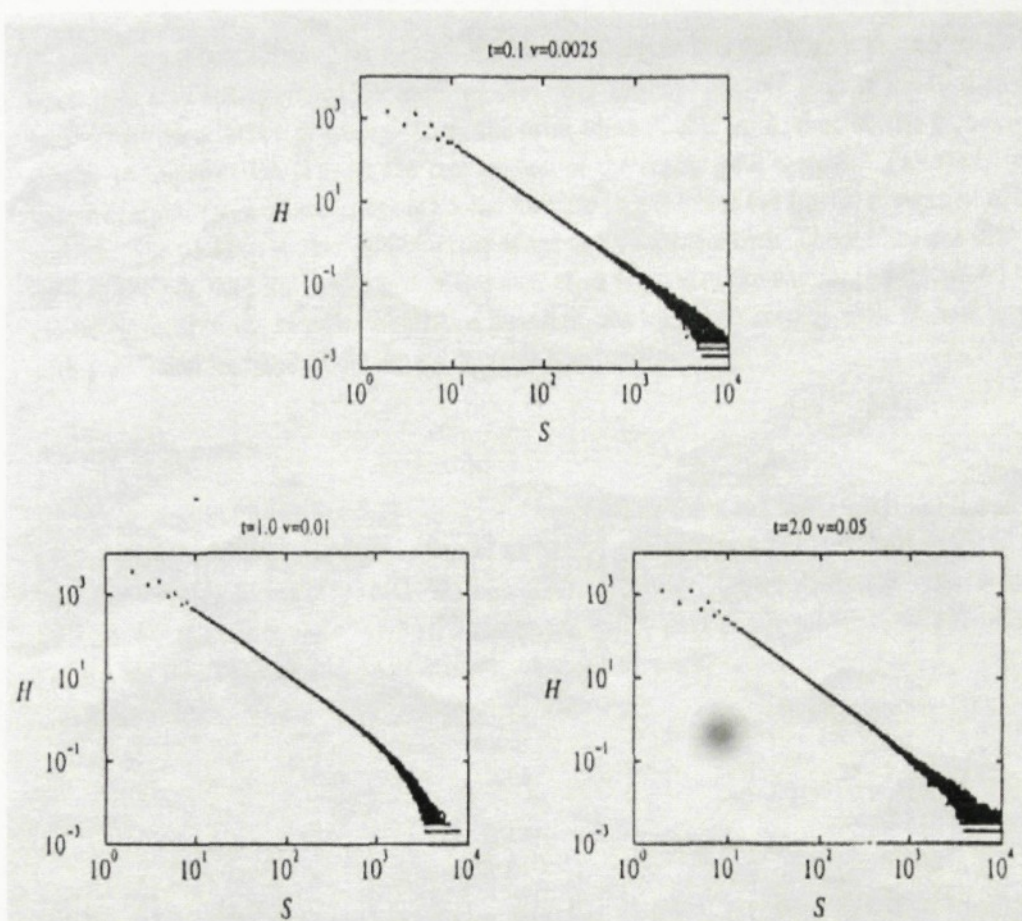
V roce 1983 byla zjištěna mocninná závislost sto devatenácti válečných událostí, které proběhly v období let 1495 do roku 1973. Podoba tohoto sociálního jevu s hromadou písku je v tom, že se napětí mezi státy hromadí postupem let a je náhle uvolňováno válečnými konflikty [8].

Dopravní zácpy

Je-li větší hustota aut, vzniklá zácpa zezadu více přirůstá, a protože ubývání aut vpředu je stále stejné, je pro malé hustoty úbytek větší. Chování je tedy podkritické, kdežto pro velké hustoty je přírůstek větší – nadkritická oblast. Musí existovat nějaká kraniční hustota aut, která odpovídá kritickému chování [9].

2.3.3 Samoorganizované kritično aplikované v textilu

V textilní oblasti se tímto jevem zabývali A.T. Bernardes a J.G. Moreira a to na modelu porušování vláknenných materiálů. Tento model se skládal z identických, rovnoběžně uložených vláken, která byla natahována konstantní rychlostí. Pravděpodobnost přetrhu jednotlivých vláken záležela na jejich elastičnosti a na počtu nepřetržených sousedních vláken. V přechodové oblasti pozorovali mocninnou závislost na počtu přetrhů vůči jejich velikosti. Což v této oblasti poukazuje na samoorganizované kritično a že „vzhled“ přetrhu může být fraktální. Exponent mocninné závislosti není univerzální, ale záleží na teplotě a na tažné rychlosti [10] viz. obr.8.



Obr.8.: Grafy logaritmu četnosti přetrhů proti velikosti přetrhů, pro různé velikosti teploty a rychlosti.

3 Experimentální část

3.1 Podstata problému

Cílem experimentální části bylo připravit sérii vzorků vpichované netkané textilie s různou technologickou proměnnou. Technologickou proměnnou byla zvolena frekvence vpichování (200, 300, 400 a 500 vpichů.min⁻¹).

Pro zkoušky použit jeden typ materiálu - PL 6,7 dtex, který byl zvolen vzhledem k jeho nejčastějšímu používání v NT).

Pevnost v tahu u vyrobených vzorků byla testována v příčném a podélném směru. Jedná se o test pevnosti textilie v tahu s konstantní rychlostí přetvoření. Posun čelistí dynamometru byl nastaven na nízkou rychlost, aby byl jev samoorganizovaného kritického chování více patrný. Rozměry vzorků byly širší, než stanovuje norma [11]. Účelem je lepší identifikace velikosti poklesů napětí, jehož je zapotřebí vyvinout při jednocyklickém deformačním testu.

Z naměřených dat bylo pomocí zadání vhodných příkazů v programu Microsoft Excel zjišťováno, zda četnost poklesů napětí s narůstajícím přetvořením vzorku splňuje nebo nespĺňuje mocninnou závislost na velikosti těchto napětových poklesů, respektive zda se jedná o samoorganizované kritické chování netkaných textilií při jejich mechanickém porušování.

3.2 Výroba vzorků

3.2.1 Použitý vlákenný materiál

Bylo použito polyesterových vláken, o jemnosti 6,7 dtex a délce 60 mm.

PL - polyesterová monokomponentní vlákna

Polyesterová vlákna zaujímají první místo v produkci mezi syntetickými vlákny (47 %).

Tato vlákna tvoří skupinu polymerů, které obsahují v hlavním řetězci esterovou skupinu –CO-O-. Připravují se převážně přímou esterifikací kyseliny tereftalové a ethylenglykolu nebo přeesterifikací dimethyltereftalátu.

Základní vlastnosti vyplývají ze struktury polyesterů.

Vlastnosti PL dle [12]:

Pevnost	3,8 – 7,2 cN.tex ⁻¹
Tažnost	50 – 70 %
Modul pružnosti	1300 cN.tex ⁻¹
Teplota tání	256 °C
Navlhavost	0,3 – 0,4 %
Elastické zotavení	85 – 90 %
Nízká tepelná vodivost a specifické teplo	
Lepší tepelná stabilita	

Výhody:

- Dobré mechanické vlastnosti
- Odolnost vůči oděru
- Dobrá termická odolnost
- Dobrá termoplasticita
- Vyšší odolnost vůči slunečnímu záření
- Snadná údržba
- Rychlé schnutí

Nevýhody:

- nabíjení elektrostatickou elektřinou
- vysoká žmolkovitost
- nízká navlhavost
- vysoká měrná hmotnost

3.2.2 Výrobní postup

Počátečním krokem výroby vzorků je příprava navážky vlákenného materiálu. Navážky polyesterového vlákna o hmotnosti 80 g byly předkládány válcovému mykacímu stroji.

Vstupní rychlost dopravníku [m.min ⁻¹]	0,3
Rychlost snímacího válce [m.min ⁻¹]	7,0

Tab. 1.: Nastavené parametry mykacího stroje BEFAMA.

Po průchodu válcovým mykacím strojem došlo k vytvoření vlákně pavučiny, která byla dále vrstvena pomocí vertikálního příčného kladeče za vzniku rouna. Takto vytvořené rouno bylo přivedeno ke vpichovacímu stroji, kde došlo ke zpevnění.

Vstupní rychlost [m.min ⁻¹]	0,25
Rychlost odváděcích válců [m.min ⁻¹]	0,6
Hloubka vpichu [mm]	8
Frekvence vpichování [vpichů.min ⁻¹]	200, 300, 400, 500
Počet průchodů strojem [1]	1
Typ použité vpichovací jehly	15 x 18 x 32 x 3.5 RB

Tab. 2.: Nastavené parametry vpichovacího stroje HANSA

3.2.3 Vybrané parametry výrobku

Vyrobená netkaná textilie je z polyesterových vláken, zpevněná technologií vpichování. Technologickou proměnnou je frekvence vpichování. Plošná hmotnost vzorků se pohybuje v rozmezí 130 – 170 g.m⁻².

Označení vzorku	Směr uložení vláken	Frekvence vpichování [vpich.min ⁻¹]
1	podélný	200
1a	příčný	200
2	podélný	300
2a	příčný	300
3	podélný	400
3a	příčný	400
4	podélný	500
4a	příčný	500

Tab.3: Tabulka označení vzorků s příslušnou frekvencí vpichování

Tloušťka vzorku byla zjišťována na tloušťkoměru Automatic-Micrometer.

vzorek	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	Tloušťka [mm]
1	160	1,45
1a	169	1,45
2	163	1,48
2a	168	1,48
3	132	1,68
3a	135	1,68
4	133	2,17
4a	130	2,17

Tab.4.: Tabulka hmotností a tloušťky vzorků

3.3 Měření mechanické deformace

Zjišťování mechanické deformace vycházelo z normy EDANA [11] a bylo prováděno na zařízení INSTRON 4411. Bylo testováno vždy 5 vzorků v podélném a příčném směru, kde proměnná byla frekvence vpichu. Měření probíhalo za následujících klimatických podmínek :

Klimatické podmínky	hodnota
Teplota T [°C]	22
Tlak p [Pa]	96,24 . 10 ³
Relativní vlhkost vzduchu RH [%]	49

Tab.5.: Klimatické podmínky při deformačním testu

Byla použita netkané textilie o rozměrech 250 x 75 mm. Jednotlivé vzorky byly postupně upínány do čelistí tak, aby textilie nepřesahovaly okraje trhacích čelistí. Vzorky byly podrobeny jednocyclickému deformačnímu testu a bylo zjišťováno prodloužení textilie a síla, kterou je nutno vyvinout k danému prodloužení.

Zkoušky probíhaly při těchto nastavených parametrech zařízení INSTRON.

parametr	hodnota
Rychlost trhání [mm.min ⁻¹]	50
Načítání dat [s ⁻¹]	1
Rozsah cely [kN]	5

Tab.6.: Parametry zařízení použité při testování pevnosti v tahu

Měřicí přístroj INSTRON 4411 je standardní testovací laboratorní přístroj. Jedná se o kompletní testovací zařízení, které ve spojení s vhodným software umožňuje s vysokou přesností a vypovídající schopností vytvořit pevnostní charakteristiku sledovaného materiálu, který může být velice různorodý. Poskytuje širokou možnost měření při zatěžování v tahu, tlaku, střihu a ohybu. Samotný přístroj je napojen na PC, který komunikuje a vyhodnocuje naměřené hodnoty. Součástí přístroje jsou různé čelisti a příslušenství k měření různými druhy zatížení.

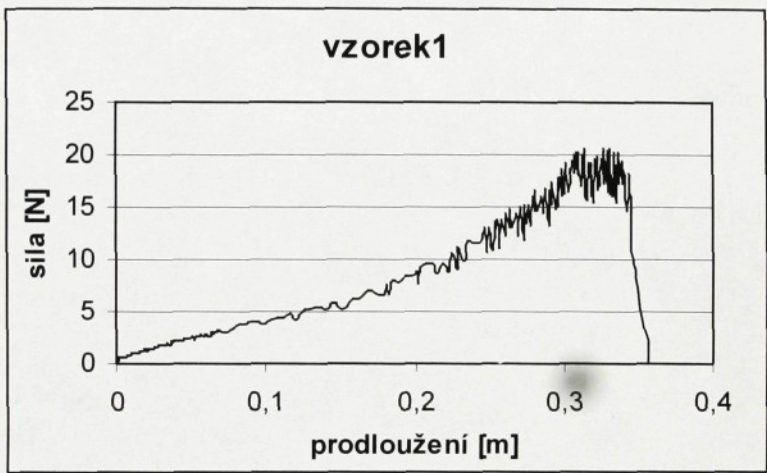
3.4 Zpracování naměřených dat

Data získaná z dynamometru byla importována do software Microsoft Excel 2000.

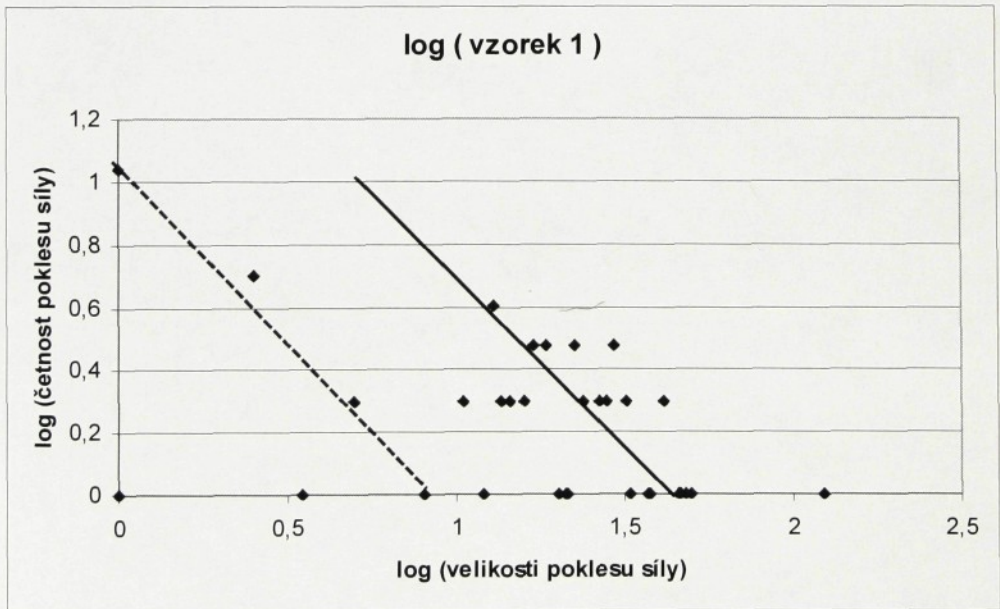
Pomocí vhodných příkazů byly zjištěny velikosti všech poklesů síly, ke kterým byly vymezeny intervaly, ve kterých se dané velikosti vyskytují. Následně byla určena četnost poklesů v daném rozmezí. Pomocí logaritmu četnosti poklesů síly a velikosti poklesů síly byly sestaveny grafy. Z grafů je patrná mocnná závislost, která je kvantifikována pomocí směrnice přímky.

4 Vyhodnocení výsledků a diskuse

Z grafických záznamů měření i grafů sestrojených dle teorií platných pro samoorganizované kritické jevy lze, i přes relativně malý počet získaných dat, konstatovat, že při jednocyklickém testu v tahu dochází v jednotlivých fázích k samoorganizovanému kritičnu. Dochází ke kumulování energie, která je pak ve vlnách uvolňována (viz grafy 1,2).



graf 1.: Dynamometrem naměřené hodnoty pevnosti v tahu vzorku 1 .



graf 2.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly se směrnici přímky.

Chování materiálu v průběhu testu lze rozdělit do dvou základních fází

1) rozvlákňování

Roztahování vzorku je způsobeno překonáváním třecích sil mezi jednotlivými vlákny. Neuplatňuje se vliv pevnosti jednotlivých vláken

2) rozvlákňování spojené s destrukcí jednotlivých vláken

Naměřené hodnoty vykazují větší rozptyl, což napovídá více vlivům uplatňovaným v ději. Patrně se jedná o kolizi třecích sil a pevnosti (pružnosti). Energie kumulovaná k odtržení jednotlivých vláken a (nebo) jejich přetržení je výrazně vyšší než v první fázi testů.

V případě „čistého“ přetržení vlákna lze nalézt podobnost a shodu s výsledky Bernardese a Moreiry. Jejich test spočíval v trhání stejně dlouhých, paralelně upevněných vláken, viz. kap 2.3.3.

Ve všech dostupných pramenech k oblasti aplikace samoorganizovaného chování byla použita pro charakterizování sledovaného jevu tzv. **best fit line slope**, optimální přímka poklesu. V matematickém vyjádření směrnice, pro kterou platí vzorec

$$y = k \cdot x - q. \tag{4}$$

Vypočítané průměrné směrnice přímky pro dané vzorky

Podélný směr NT		Příčný směr NT	
vzorek	směrnice	vzorek	směrnice
1	-1,19	1a	- 0, 54
2	- 1,02	2a	- 0,55
3	- 0,92	3a	- 0,57
4	- 0,90	4a	- 0,58

Tab.7.: Porovnání směrníc dle orientace textilie

vzorky	poměr
1 : 1a	2,20
2 : 2a	1,85
3 : 3a	1,67
4 : 4a	1,55

Tab. 8.: Poměr směrnic příčných a podélných směrů vzorku NT

Ze získaných hodnot směrnic přímek v **podélném** směru pro jednotlivé typy připravených vzorků lze zjistit vliv frekvence vpichů.

S rostoucím počtem vpichů se směrnice stávají méně strmými.

U vzorků s nižším zpevněním dochází k rozvláknění nižšími silami s relativně vysokou četností hodnot.

Vliv frekvence vpichů na hodnoty směrnic přímek v **příčném** směru se dle předpokladu neprokázal. V rámci možností měřících a vyhodnocovacích metod je lze považovat za shodné pro všechny typy vzorků.

Za zmínku a další zkoumání stojí „přibližování“ hodnot směrnic s rostoucím počtem vpichů v podélném směru k hodnotám příčného směru (tabulka 8).

Poznámka:

Dosažené a vyhodnocené výsledky lze považovat i přes prokázané trendy pouze za orientační. Pro korektní exaktní vyhodnocení je pochopitelně nutný daleko větší soubor dat, zejména pro stanovení směrnic přímek – best fit line slope.

5 Závěr

Experimenty a vyhodnocení zpracované v předložené bakalářské práci prokázaly možnosti použití metod samoorganizovaného kritického chování pro hodnocení a pravděpodobně i předpovídání průběhu jevů i v oblasti chování netkaných textilií v průběhu jejího zatěžování tahem.

Vhodnost použití je však podmíněna dokonalým popisem jevu na základě statisticky dostatečným souborem vhodných dat.

Literatura

- [1] Jirsák, O., Macková, I.: Netkané textilie , Liberec 1997.
- [2] Dostálová, M., Křivánková, M.: Základy textilní a oděvní výroby, Liberec 1998.
- [3] Foster, J.H.: Needlepunching: Past, Present and Future, Principles of Nonwovens, INDA, Carz, NC, 1993.
- [4] Mrština, V., Fejgl, F.: Textilní technologie vpichování, SNTL Praha 1982.
- [5] Krčma, R., Chrpová, E.: Stroje a mechanická technologie netkaných textilií, Liberec 1983.
- [6] Jirsák, O., Wadsworth, L.: Nonwoven Textiles, Carolina Academic Press, Durhan, NC, 1998.
- [7] Barker, R.B.: Structural Properties of Needlefelts, Principles of Nonwovens, INDA, Carz, NC, 1993.
- [8] Turcotte, L.D.: Self-organized criticality, Reports on Progress in Physics, Bristol, UK, 1999.
- [9] Slanina, F.: Zákeřné dopravní zácpy, Vesmír, 1997, 10.
- [10] Bernardes, A.T., Moreira, J.G.: Self-Organized Criticaly in a Model for Fracture on Fibrous Materials, Journal de Physique, 1995, 9, str. 1135 – 1141.
- [11] Edana 20. 2 – 89: tensile strength
- [12] Militký, J.: Textilní vlákna, Skripta TU Liberec, 1995.

Seznam příloh

I. vzorek 1, 1a

graf I.1.: Deformace v tahu pro podélný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 200 [vpich.min⁻¹]

graf I.2.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro podélný vzorek. Naznačeny směrnice přímk.

graf I.3.: Deformace v tahu pro příčný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 200 [vpich.min⁻¹]

graf I.4.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro příčný vzorek. Naznačeny směrnice přímk.

II. vzorek 2, 2a

graf II.1.: Deformace v tahu pro podélný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 300 [vpich.min⁻¹]

graf II.2.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro podélný vzorek. Naznačeny směrnice přímk.

graf II.3.: Deformace v tahu pro příčný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 300 [vpich.min⁻¹]

graf II.4.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro příčný vzorek. Naznačeny směrnice přímk.

III. vzorek 3, 3a

graf III.1.: Deformace v tahu pro podélný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 400 [vpich.min⁻¹]

graf III.2.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro podélný vzorek. Naznačeny směrnice přímk.

graf III.3.: Deformace v tahu pro příčný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 400 [vpich.min⁻¹]

graf III.4.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro příčný vzorek. Naznačeny směrnice přímek.

IV. vzorek 4, 4a

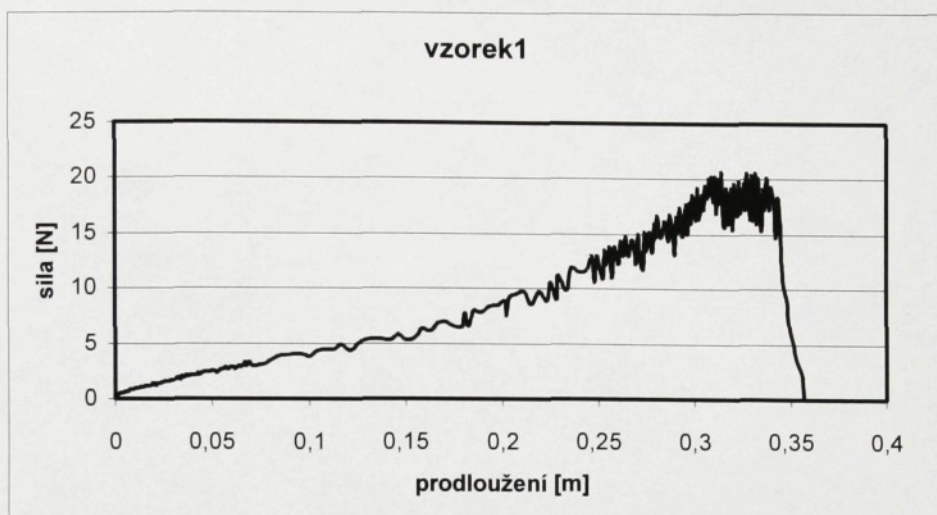
graf IV.1.: Deformace v tahu pro podélný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 500 [vpich.min⁻¹]

graf IV.2.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro podélný vzorek. Naznačeny směrnice přímek.

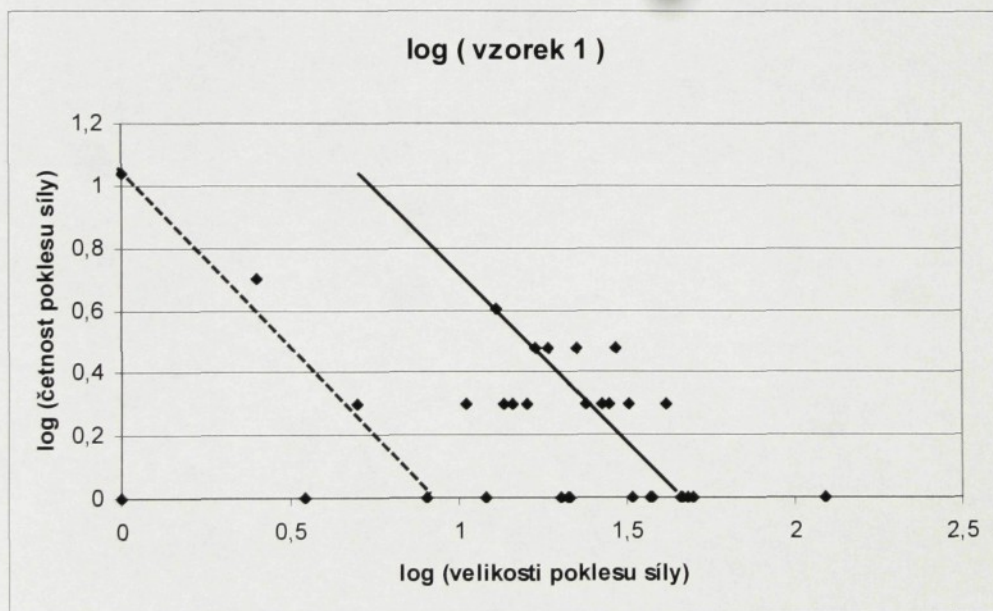
graf IV.3.: Deformace v tahu pro příčný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 500 [vpich.min⁻¹]

graf IV.4.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro příčný vzorek. Naznačeny směrnice přímek.

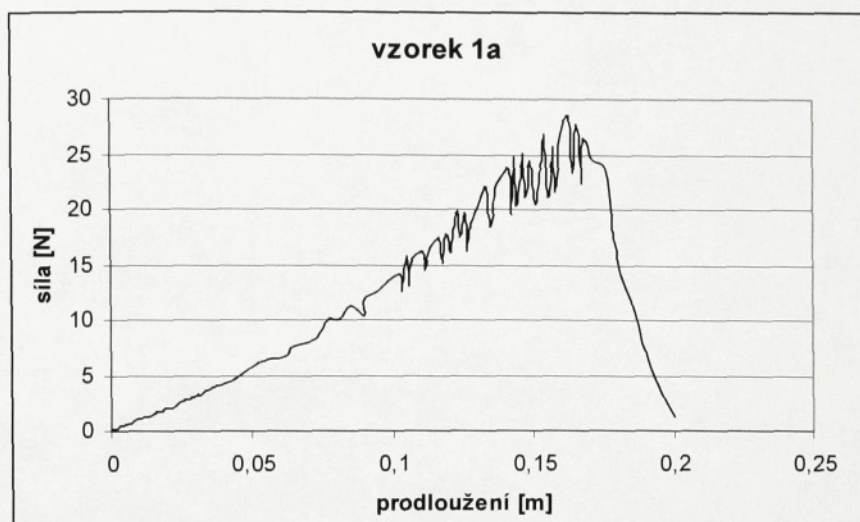
I. vzorek 1, 1a



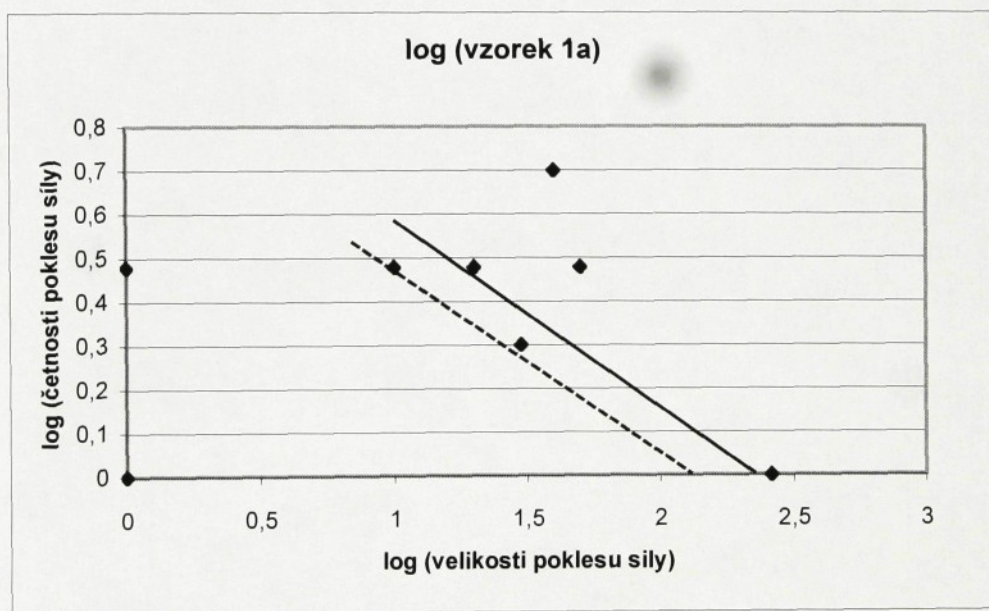
graf I.1.: Deformace v tahu pro podélný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 200 [vpich.min⁻¹]



graf I.2.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro podélný vzorek. Naznačeny směrnice přímk.

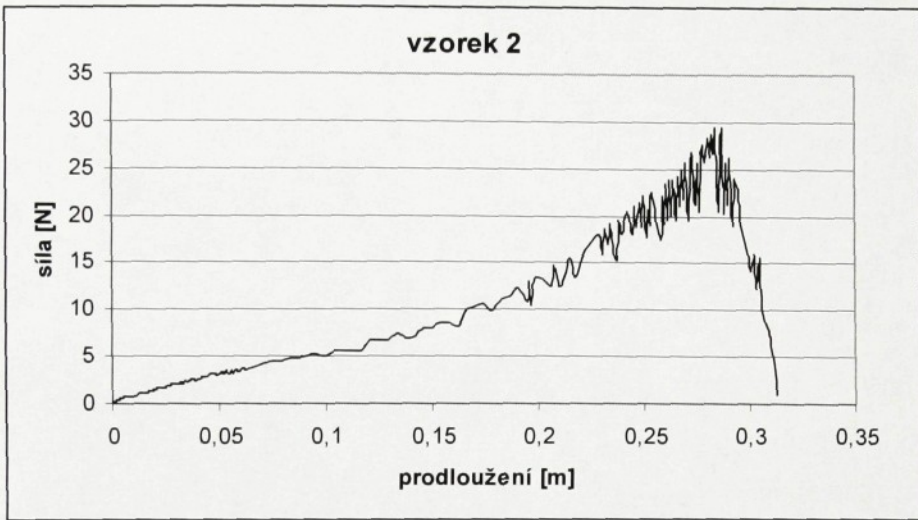


graf I.3.: Deformace v tahu pro příčný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 200 [vpich.min⁻¹]

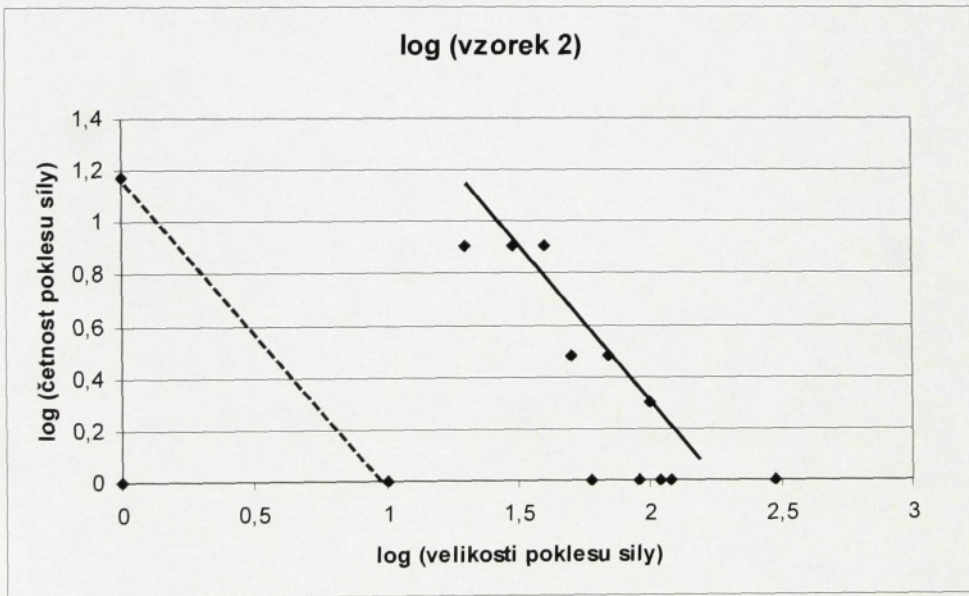


graf I.4.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro příčný vzorek. Naznačeny směrnice přímek.

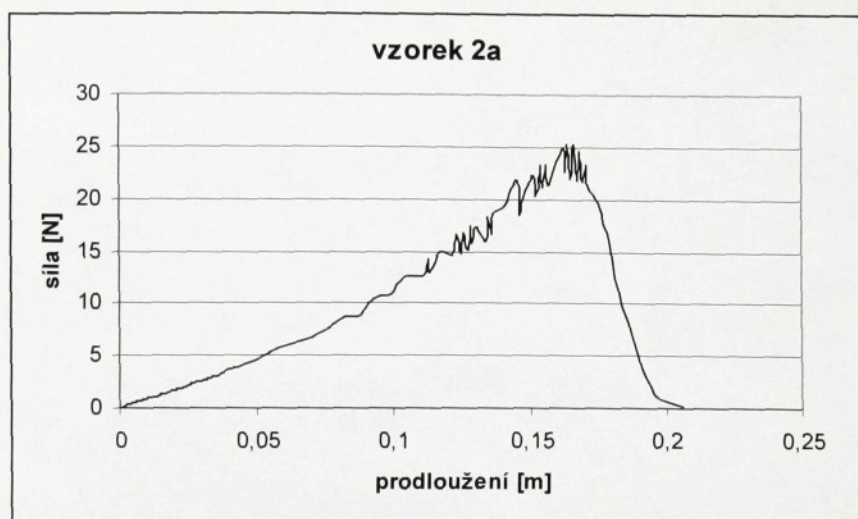
II. vzorek 2, 2a



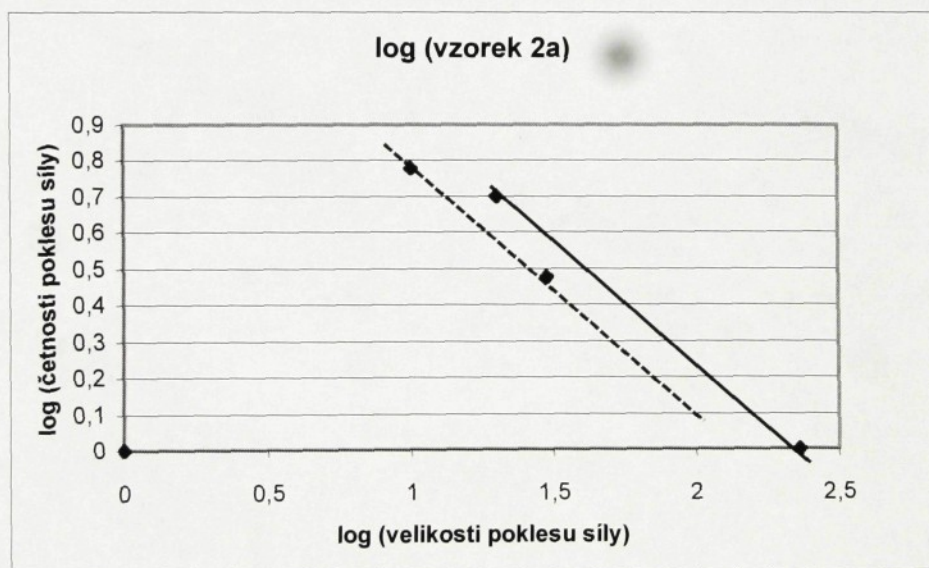
graf II.1.: Deformace v tahu pro podélný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 300 [vpich.min⁻¹]



graf II.2.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro podélný vzorek. Naznačeny směrnice přímek

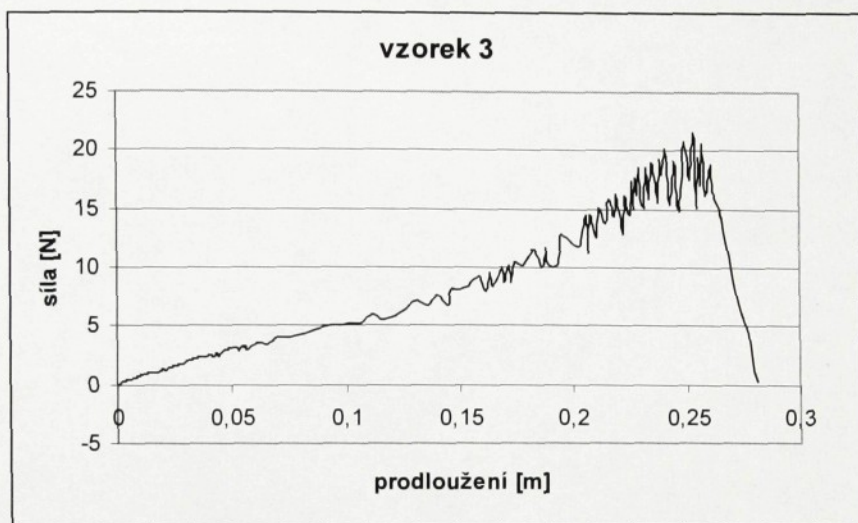


graf II.3.: Deformace v tahu pro příčný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 300 [vpich.min⁻¹]

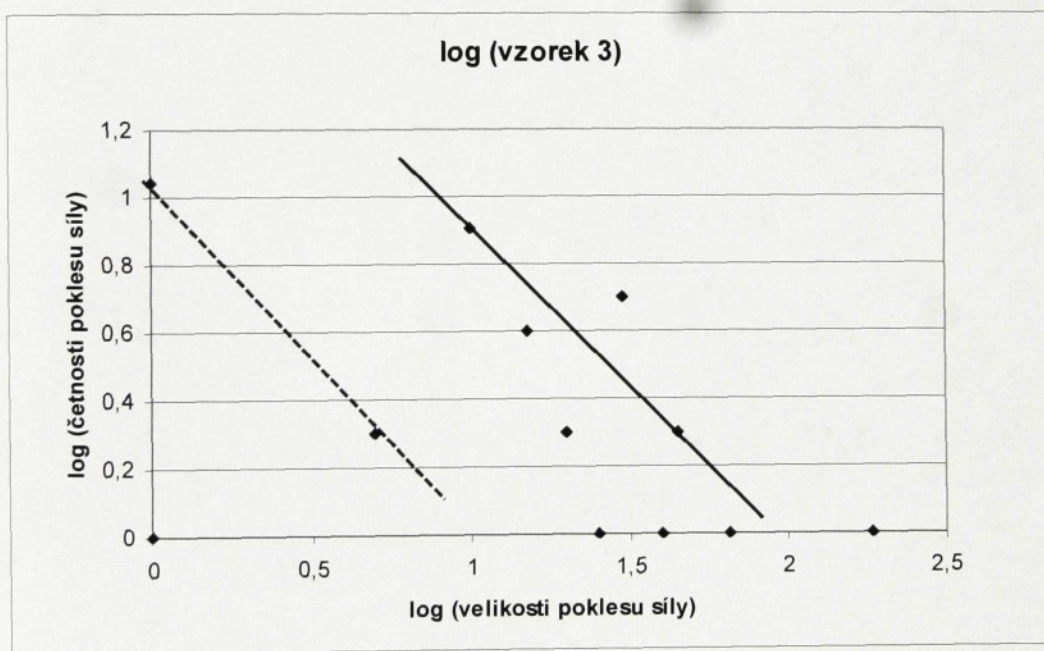


graf II.4.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro příčný vzorek. Naznačeny směrnice přímek.

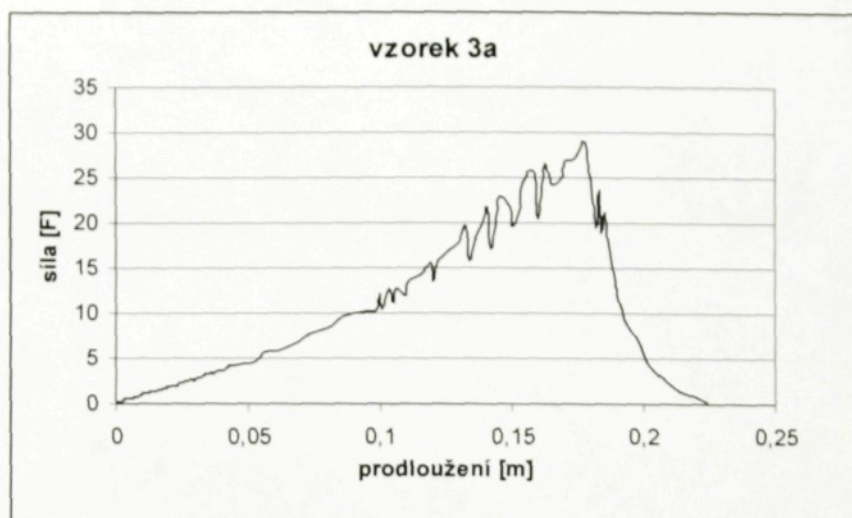
III. vzorek 3, 3a



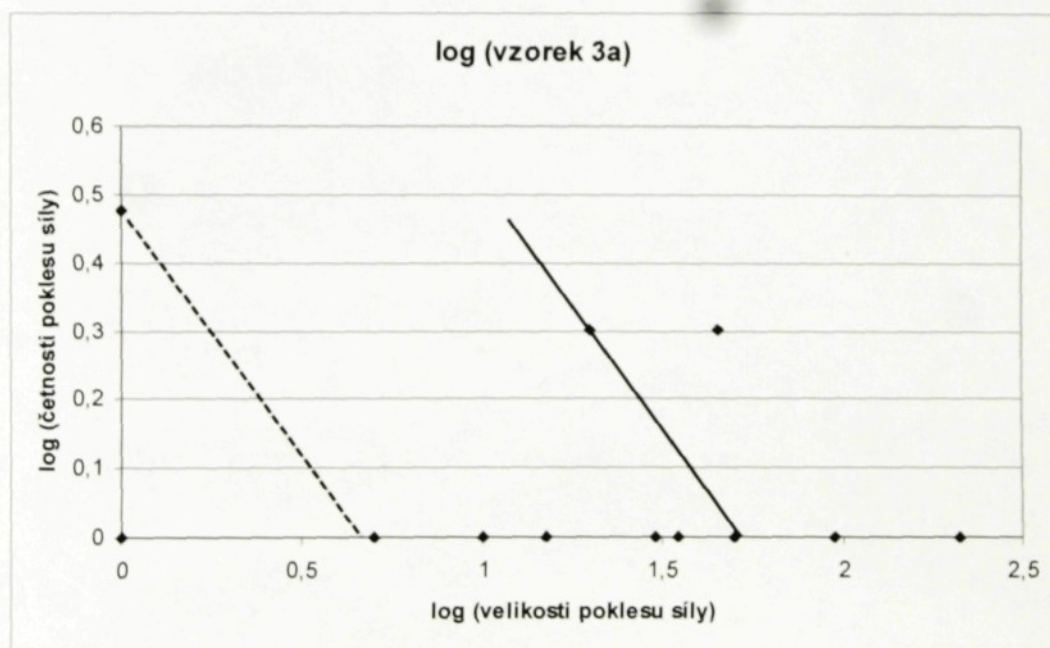
graf III.1.: Deformace v tahu pro podélný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 400 [vpich.min⁻¹]



graf III.2.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro podélný vzorek. Naznačeny směrnice přímek.

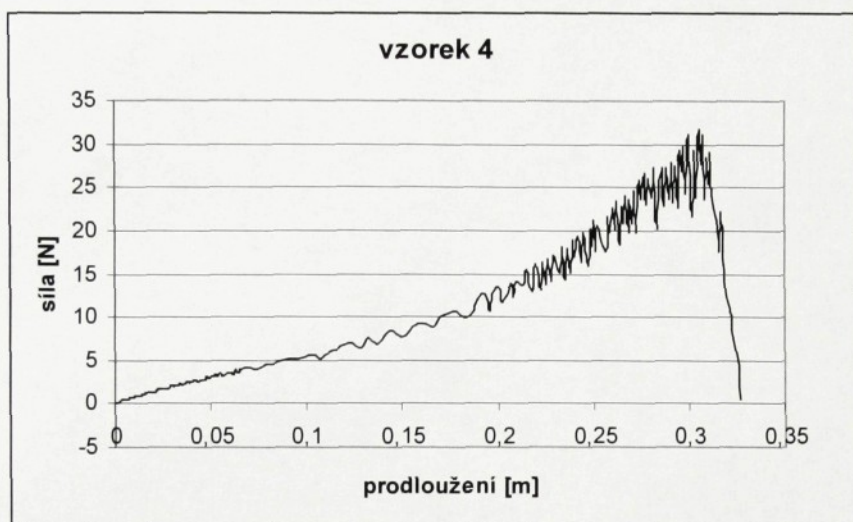


graf III.3.: Deformace v tahu pro příčný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 400 [vpich.min⁻¹]

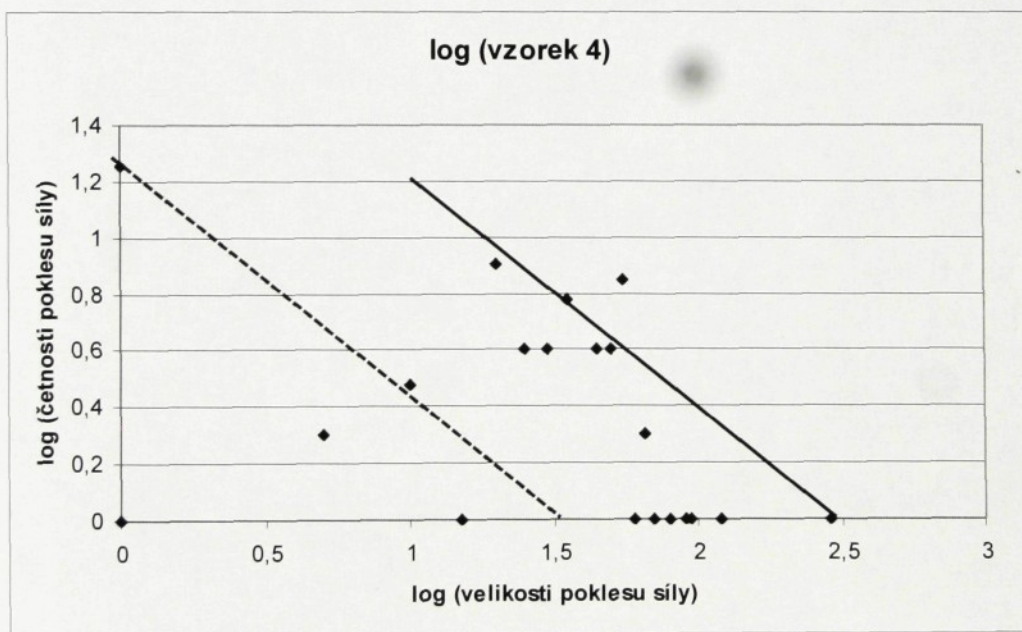


graf III.4.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro příčný vzorek. Naznačeny směrnice přímk.

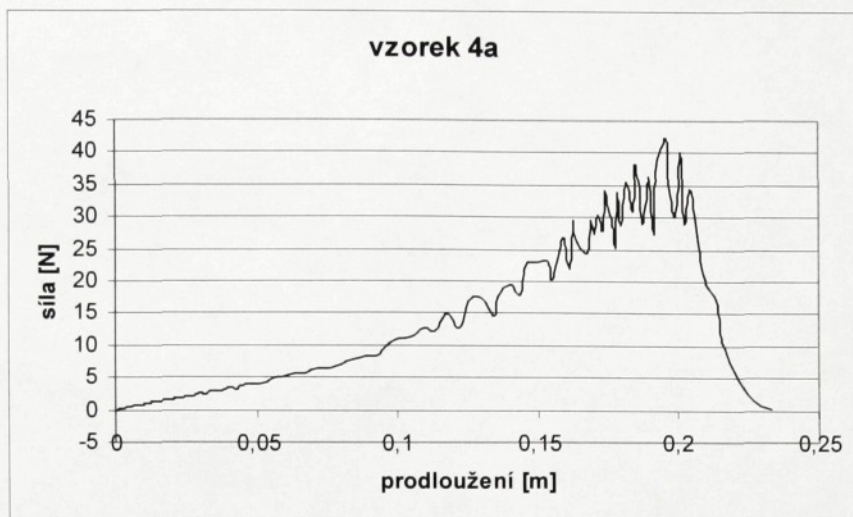
IV. vzorek 4, 4a



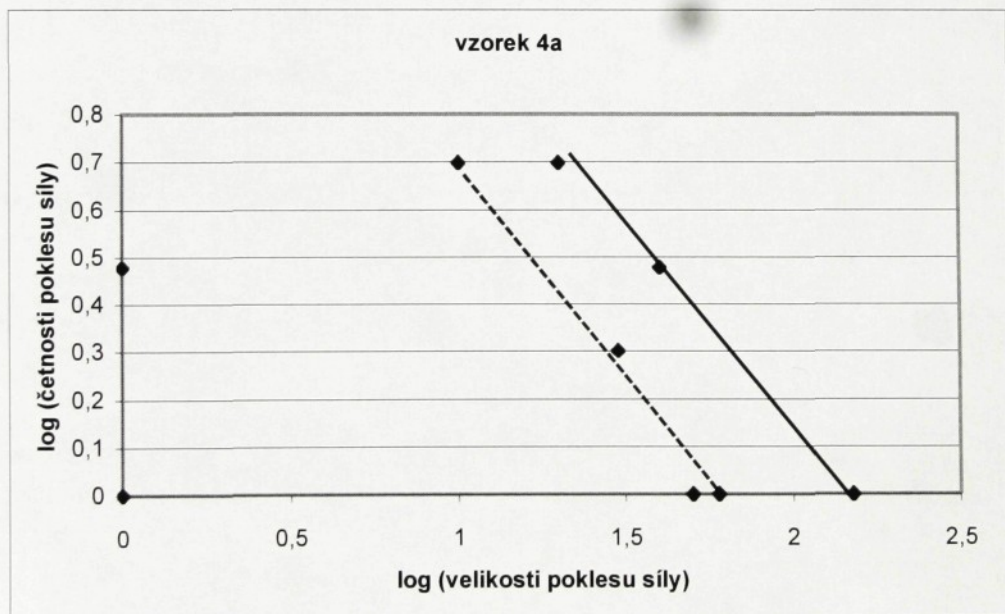
graf IV.1.: Deformace v tahu pro podélný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 500 [vpich.min⁻¹]



graf IV.2.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro podélný vzorek. Naznačeny směrnice přímek.



graf IV.3.: Deformace v tahu pro příčný vzorek, zpevněný frekvencí vpichování 500 [vpich.min⁻¹]



graf IV.4.: Logaritmus četnosti poklesu síly v daném logaritmu velikosti poklesu síly pro příčný vzorek. Naznačeny směrnice přímek.