

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**

**METODIKA ZJIŠŤOVÁNÍ MECHANICKÝCH  
VLASTNOSTÍ OSNOVNÍCH PLETENIN**

**PHILOSOPHY OF FINDING MECHANICAL  
PROPERTIES THE WARP KNITTINGS  
STRUCTURE**

**KTT - 3106**

Liberec 2007

DAVID VONDÁL

## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl jsem seznámen 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 TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užití své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Liberci, dne 6. května 2007.

Podpis

## Poděkování

Tímto chci poděkovat vedoucí diplomové práce Ing. Ireně Lenfeldové, Ph.D. za odbornou pomoc, poskytnuté informace a shovívavost se kterou paní doktorka ke mně přistupovala. Také bych chtěl poděkovat Prof. Ing. Radko Kovářovi, CSc. za cenné odborné rady, Bc. Jakubovi Janouškovi za poskytnuté odborné informace. Dále chci poděkovat svým rodičům, příbuzným a přátelům za podporu při zpracovávání této diplomové práce.

## Anotace

### **Anotace v Českém jazyce**

Diplomová práce je zaměřena na tažnost pletenin různé vazební struktury a stejného materiálového složení, jenž jsou ovlivněny mechanickými vlastnostmi délkové textilie.

Byly navrženy tři osnovní pleteniny, všechny ve filetové vazbě. Vzorky se liší geometrickými parametry osnovní pleteniny (tj. hustotou řádků a sloupků) a provázáním filetových vazeb.

Cílem diplomové práce bylo stanovit vliv konstrukce vazby na tažnost u jednoosého namáhání, popřípadě prostorovém tvarování a rovněž zjistit možnosti obrazového snímání osnovních pletenin.

Konstrukce vazeb a vyhodnocení práce je podrobně popsána a zdokumentována obrázky, grafy a fotografiemi.

### **Annotation in English language**

The thesis is concentrated on tensibility of knittings of different structure and same material composition. The tensibility is influenced by mechanical properties of a linear textile.

Three warp knittings have been designed, all of them in the filet structure. The samples are different in geometrical parametres of warp knittings (i. e. the density of rows and columns) and in the interlocking of filet structures.

The aim of this work was to determine the influence of the knittings structure on tensibility in the uniaxial forming, eventually the three - dimension formation. And also to find out possibilities how to scan the images of warp knittings.

The knittings construction and the evaluation of this work is exhaustively described in the experimental part. It is documented with pictures, graphs and photographs.

## Klíčová slova

Klíčová slova v Českém jazyce

Pletenina, materiál, vazba, fileť, vlastnosti, deformace

Klíčová slova v Anglickém jazyce

Knitting, material, structure, fileť, characteristics, deformation

## Obsah

Úvod .....	8
1. Osnovní pleteniny ve filetové vazbě .....	9
1.1. Osnovní pleteniny .....	9
1.2. Filetová vazba .....	9
1.3. Základní definice struktury pleteniny .....	10
1.4. Vlastnosti očka .....	13
1.5. Tvorba filetové vazby.....	14
1.6. Použití vazeb .....	14
2. Návrh filetových vazeb .....	18
3. Vlastnosti pletenin.....	20
3.1. Výroba pletenin .....	21
3.2. Základní parametry pleteniny.....	22
3.3. Pevnost a tažnost příze z polyesterového hedvábí .....	26
3.4. Pevnost a tažnost pleteniny .....	28
3.5. Porovnání a vyhodnocení tahových křivek .....	31
3.6. Metodika pro 3D tvarování pomocí upínacích trnů .....	46
3.7. Měření pevnosti a tažnosti osnovní pleteniny pomocí 3D tvarování .....	49
<b>4. Závěr.....</b>	<b>60</b>
4.1. Návrh na úpravu přípravku pro 3D tvarování .....	61
4.2. Systém pro přesnější měření mechanických vlastností osnovních pletenin.....	61
Použitá literatura: .....	63
Příloha .....	64

## Seznam použitých symbolů a zkratek

$c$	rozteč řádků	[mm]
$\varepsilon$	tažnost	[%]
$F$	síla	[N]
$d$	průměr	[mm]
$d$	délka filetového otvoru	[mm]
$h$	tloušťka	[mm]
$H_c$	celková hustota	[m <sup>-2</sup> ]
$H_f$	hustota řádků	[m <sup>-1</sup> ]
$H_s$	hustota sloupků	[m <sup>-1</sup> ]
$K_h$	hustotní koeficient	[-]
$l$	délka nitě v očku	[mm]
$l_o$	délka vzorku při přetrhu	[mm]
$l_p$	původní upínací délka vzorku	[mm]
$m$	plošná hmotnost	[g.m <sup>-2</sup> ]
$oj$	jehelní oblouček	[-]
$op_{1,2}$	platinové obloučky	[-]
$r$	spojovací klička	[-]
$s$	stěny očka	[-]
$s$	směrodatná odchylka	[-]
$T$	jemnost nitě	[tex]
$v$	výška filetového otvoru	[mm]
$v$	variační koeficient	[%]
$w$	rozteč sloupků	[mm]
3D	značka pro třírozměrný prostor	[mm <sup>3</sup> ]
$\rho_s$	plošná hmotnost	[kg.m <sup>-3</sup> ]

## Úvod

Efektivnost používání osnovních pletenin ve směru technických textilií stále stoupá, a to vzhledem k stálému rozšiřování, zdokonalování zařízení, použitím vhodnějších materiálů a optimalizace režimu pletení.

V oblasti technologie pletení stále přetrvává výzkum prací, zabývající se procesy, které doprovázejí přeměnu nitě na pleteninu a chování pletených materiálů při a po jejich výrobě. Základem technologie pletení a podstatou navrhování pletených výrobků je zjištění, že vycházejí ze stavu při zadaných vstupních parametrech.

Ukazatele jakosti materiálu i hotového výrobku závisí na struktuře pleteniny a na vlastnostech výchozího materiálu. Tyto vlastnosti jsou prvotní a nezávislé, protože vlastnosti plynoucí z konstrukce pleteniny jsou předurčovány mnohem složitějšími vlastnostmi materiálu. Souhrn ukazatelů vlastností konstrukce pleteniny ve skutečnosti ovlivňuje vlastnosti pleteného výrobku.

Cílem této diplomové práce je z navrhnutých podobných filetových pletenin zjistit jejich mechanicko-fyzikální vlastnosti vzhledem ke změně geometrických vlastností. To znamená, jak jsou se změnou hustoty pletenin ovlivněny vlastnosti při jednoosém namáhání a 3D tvarování.

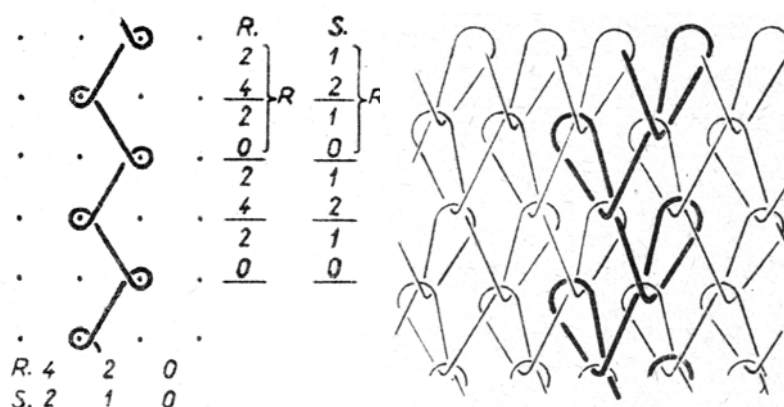
Efektivnost procesu pletení se bude vztahovat na jeho technické charakteristiky, ukazatele stability, přesnosti a spolehlivosti. Zlepšení těchto ukazatelů je základem růstu produktivity práce, zvýšení jakosti a snížení vlastních nákladů.



## 1. Osnovní pleteniny ve filetové vazbě

### 1.1. Osnovní pleteniny

Osnovní pleteniny tvoří druhou základní soustavu pletařských vazeb. Od zátažných pletenin se liší především tím, že řádek pleteniny nevznikne pouze z jedné nitě, nýbrž soustavou rovnoběžně položených nití, jež nazýváme všeobecně osnovou (obr. 1).



Obr. 1 Kladení a provázání osnovní pleteniny

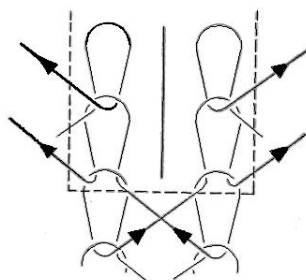
Z každé nitě osnovy se v jednotlivých řádcích tvoří očka. Očka tvořená z jednotlivých nití se vzájemně spojují v řádcích a sloupcích. Na způsobu spojení jednotlivých sloupků v pletenině závisí struktura vyráběných pletenin. Způsob spojení jednotlivých sloupků je dán vazební technikou, tj. tím jak jsou nitě kladeny. Kladení je pohyb kladečké jehly, kterou je vedena kladená nit. Jednotlivé fáze pohybu jehly jsou dány číselným záznamem. [1]

Odlíšná vazební technika u osnovních pletenin dává i nové možnosti vzorování a také ovlivnění vlastností i vzhledu, např. u filetových vazeb.

### 1.2. Filetová vazba

Pod tímto názvem se rozumí osnovní vazba, pomocí které vznikají v pletenině otvory (filety). Otvor v pletenině vznikne nespojením sousedních sloupků oček (obr.2). Přitom musí být zachována celistvost pletenin a nesmí se samovolně párat. Sloupky oček jsou spojeny většinou spojovacími kličkami základní vazby.

U řetízku je k tomu nutné kladení pod jehlami, útek nebo jiný vazební prvek. Vazební otvor vznikne mezi dvěma sousedními sloupků oček. **Tvar otvorů je ovlivněn konstrukcí vazby.** Otvor musí mít konečnou délku, jinak by se pletenina rozdvajila.



Obr. 2 Vznik otvoru v pletenině

### 1.3. Základní definice struktury pleteniny

#### Modelování oček

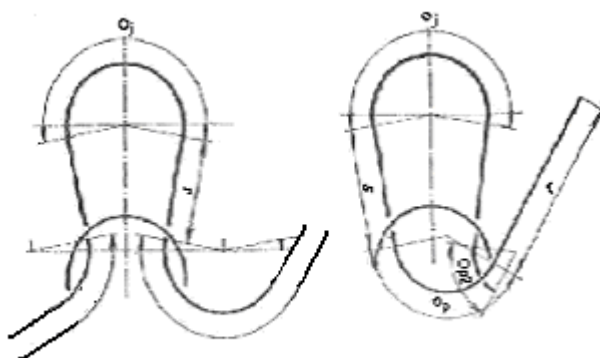
Celistvosti pleteniny se tedy dosáhne vzájemným provázáním kliček, které lze považovat za základní stavební prvek pleteniny.

Pod pojmem klička rozumíme část niti, která je stočena do určitého útvaru ve struktuře pleteniny.

Základním spojením je vzájemné provlečení kliček, při kterém vznikají **očka**.

Podle normy 80 0018 rozlišujeme tyto části očka (obr. 3):

- jehelní oblouk  $o_j$  – horní část očka spojující stěny, která se při pletení dotýká jehly;
- platinový oblouk  $o_p$  – spodní část očka spojující stěny, která je při pletení ve styku s platinou,
- stěny  $s$  – spojnice jehelních a platinových oblouků.



Obr. 3 Části očka

Ke každému očku přísluší dva samostatné platinové oblouky  $op1$ ,  $op2$ , které se většinou liší tvarem i velikostí. Téměř každé očko je provázáno spojovací kličkou  $r$ , která spojuje dvě návazně na sebe pletená očka v následujících řádcích. [3]

## Vazný bod

Body (křížení) nití různých částí oček nebo kliček. Očko samotné má čtyři vazné body se sousedním očkem předcházejícího řádku a čtyři vazné body s očkem v řádku následujícím a ještě má vazné body příslušné spojovací kličky. Vazný bod má význam při sledování silových poměrů v očku a při zjišťování deformačních vlastností pletenin, kdy dochází k přesunům ve vazných bodech (obr.4).



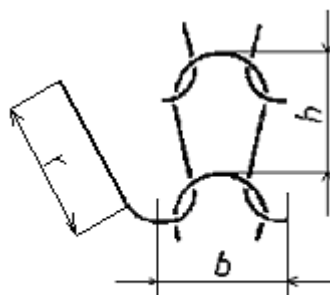
Obr. 4 Vazné body oček osnovních pletenin

## Teorie očka pleteniny

Aby byly postižitelné některé jevy, týkající se celistvé pleteniny, je třeba mít teoretické základy elementu pleteniny – **očko**. Nit v očku tvoří však složitou prostorovou křivku, jejíž zákonitosti jsou velmi obtížné

Při modelování očka se vychází z předpokládané geometrie očka. Obecně musí být tato geometrie prostorová a očko se pak musí vyjadřovat podle tří průmětů, což značně komplikuje matematické vyjádření.

Vychází se vždy z toho, že je známa šířka očka  $b$ , výška očka  $h$ , průměr nití  $d$  a délka spojovací kličky  $r$  tvořící očko osnovní pleteniny (obr.5).



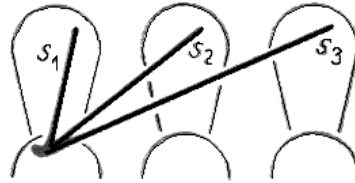
Obr. 5 Rozměry očka

Uvažujeme-li klasickou geometrickou představu očka z jednotlivých částí, pak bude délka očka osnovní pleteniny, včetně spojovací kličky

$$l = o_j + o_{p_1} + o_{p_2} + 2_s + r \text{ [mm]}.$$

Dotek jehelního a platinového oblouku se předpokládá vždy jednobodový, i když je geometricky nereálný.

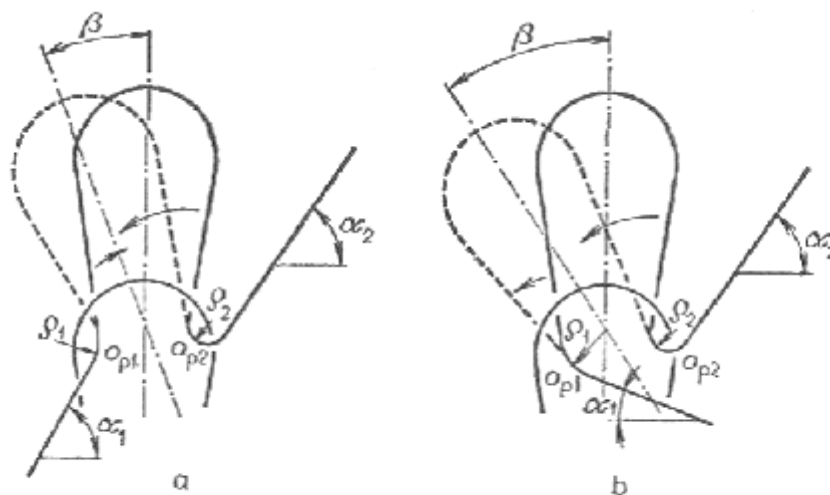
Délka spojovací kličky osnovních pletenin se většinou vyjadřuje z plošného obrazu oka (obr. 6). Jak je vidět z obrázku, závisí délka spojovací kličky na konkrétní vazbě.



Obr. 6 Spojovací kličky

Očka můžeme rozdělit do dvou skupin (obr.7):

- a) **Skupina oček, u kterých je předcházející a následná spojovací klička na opačných stranách oka.** Očko přitom může být otevřené nebo uzavřené. Vlivem tuhosti nití vzniknou v platinových obloucích ohybové momenty, které budou působit proti sobě. Z rozdílnosti poloměrů křivosti  $\rho_1 \gg \rho_2$  bude však moment platinového oblouku  $\sigma_{p2}$  převažovat a teoreticky by mělo dojít k takovému odklonění oka, až by se potenciální energie obou platinových oblouků vyrovnaly. Ve skutečnosti bude odklon oka, daný úhlem  $\beta$  menší, protože očko navazuje na další očko s opačnou tendencí deformace, mimoto se část energie spotřebuje na překonání třecích sil ve vazných bodech.



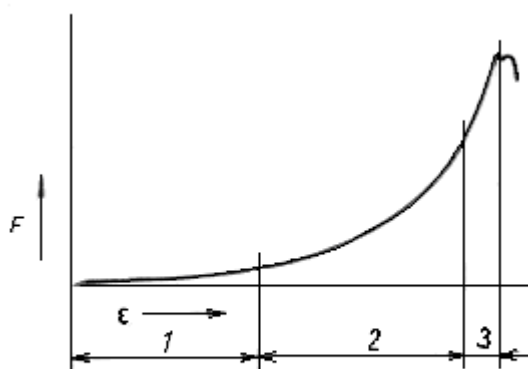
Obr. 7 Vyklonění oček

- b) **Skupina oček, u kterých jsou obě spojovací kličky na stejné straně oka.** Opět se projeví různý poloměr křivosti platinových oblouků, ohybové momenty jsou sice rozdílné, ale působí stejným směrem a odkloní očko. Teprve až se platinový oblouk

$o_{p1}$  narovná, mělo by dojít k dalšímu narovnání platinového oblouku  $o_{p2}$  na úkor opačného ohybu oblouku  $o_{p1}$ . Většinou k tomuto stavu již nedojde a deformace skončí narovnáním platinového oblouku  $o_{p1}$ , popř. spojovací klička, platinový oblouk  $o_{p1}$  a stěna vytvoří plynulou křivku. [3]

#### 1.4. Vlastnosti oka

Působením i velmi malých sil dochází u oka k poměrně značné směrové i plošné deformaci. Obr. 8 ukazuje průběh směrové deformace. Tento průběh lze rozdělit do tří fází. **V první fázi protahování se zaoblené části oka vyrovnávají.** Pro tuto fázi je charakteristické značné zvětšování deformace při malém přírůstku tahové síly.



Obr. 8 Obecný průběh směrové deformace

**V druhé fázi dochází k přesouvání nitě.** Při namáhání oka do délky, z obloučků do stěn, se oko protahuje a zužuje, při namáhání oka do šířky, ze stěn do obloučků se oko rozšiřuje a zkracuje. **V poslední fázi namáhání se nit již protahuje.** Uvedené fáze neprobíhají odděleně, ale vzájemně se překrývají.

Pružnost oka je přímo úměrná pružnosti nitě a nepřímo úměrná délce nitě v oku a velikosti celé deformace. Pohybuje-li se celková deformace v oblasti 1 (obr.7), jsou hodnoty pružnosti zpravidla vysoké. V oblasti 2 a 3 je návrat oka do původního stavu ztížen třením nití ve vazných bodech oka. Hodnoty pružnosti proto výrazně závisí na povrchové struktuře použité nitě.

Charakteristickou vlastností oka je stáčení (obr.9) jeho příčných i podélných okrajů. Tato vlastnost je podmíněna pružností nitě v ohybu. Při pletení se nit ohýbá a provléká. Tyto deformace v ní vyvolávají napětí.



Obr. 9 Stáčení očka

Ve vazných bodech vzniká dvojice sil, které po uvolnění způsobují následující deformace. Intenzita stáčení závisí na pružnosti nitě a na velikosti deformace nitě v očku.[4]

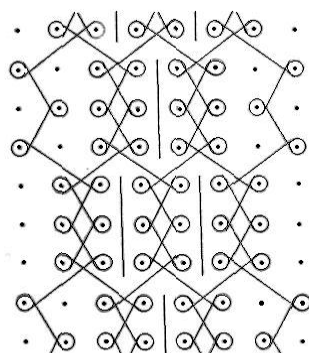
### 1.5. Tvorba filetové vazby

Základní podmínkou pro tvorbu filetových vazeb je skloubit kladení s návlekiem tak, aby se v každém řádku na každou jehlu nakladla nit. Pokud by se nekladla na jehlu nit, musí to být nenaklazení trvalé.

Aby byl splněn princip filetových vazeb, tj. **směřovat spojovací klíčky sousedních oček na opačné strany**, používají se obvykle dvě vazby a to buď stejné nebo různé s kladením proti sobě. Podle návleku je pak filetová pletenina jednoduchá nebo kombinovaná s dvojitou. Kladeční přístroje většinou nejsou plně navlečeny, pro filetové vazby jednoduché se obvykle používá polonávlek.

### 1.6. Použití vazeb

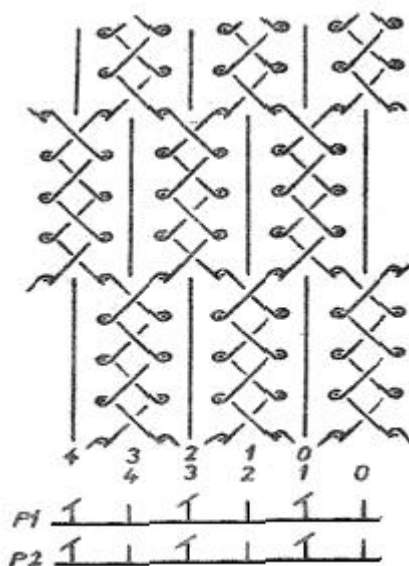
Často se používají **trikotové vazby**. Pokud má být pletenina pouze jednoduchá (očko z jedné nitě), musí se kombinovat dvojí kladení proti sobě s polonavlečenými kladečními přístroji. Vzniká většinou kombinací trikotu a sukna s kladením postupným (obr. 10). Použitím sukna nebo postupného kladení je nutné, aby se dosáhlo souvislého kusu pleteniny. Přitom výraznější otvory vznikají z kladení trikotu, když obě osnovy kladou protisměrně několik řádků. Vzor bude mít větší a menší otvory, které jsou vzájemně přesazeny.



Obr. 10 Trikotové kladení

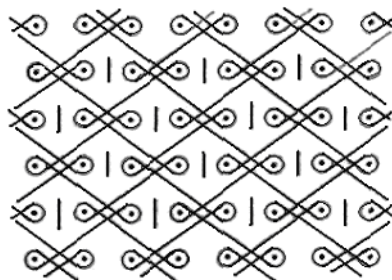
Podle toho, kolikrát kladou obě osnovy za sebou protisměrně trikot, označujeme filetový vzor za dvouřádkový, třířádkový, čtyřřádkový i víceřádkový. Tímto pracovním postupem dosáhneme hrubších otvorů v pletenině.

Další vzor filetového trikotu je znázorněn na obr. 11. Na rozdíl od předešlého vzoru bude mít pletenina pouze otvory jedné velikosti, které jsou pravidelně přesazovány. Spojení pleteniny v souvislý celek se dosáhlo kombinací s postupným kladením.



Obr. 11 Trikotové kladení

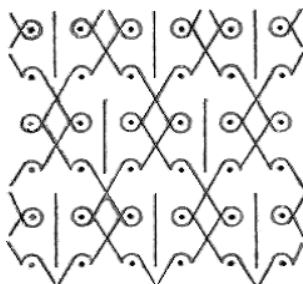
Poněkud volnější pravidla má použití **suknového kladení** pro tvorbu filetové pleteniny (obr 12). Dva polonavlečené kladeční přístroje se sukrovým kladením proti sobě vytvářejí celistvou filetovou pleteninu se střídavým kladením a nespojením sousedních oček. Při tvorbě delších otvorů musí být šířka mezistěny pro jednoduchou pleteninu čtyři očka. Větší šířka mezistěny vede ke kombinaci dvojité a jednoduché pleteniny stejně jako u trikotové vazby.



Obr. 12 Suknové kladení

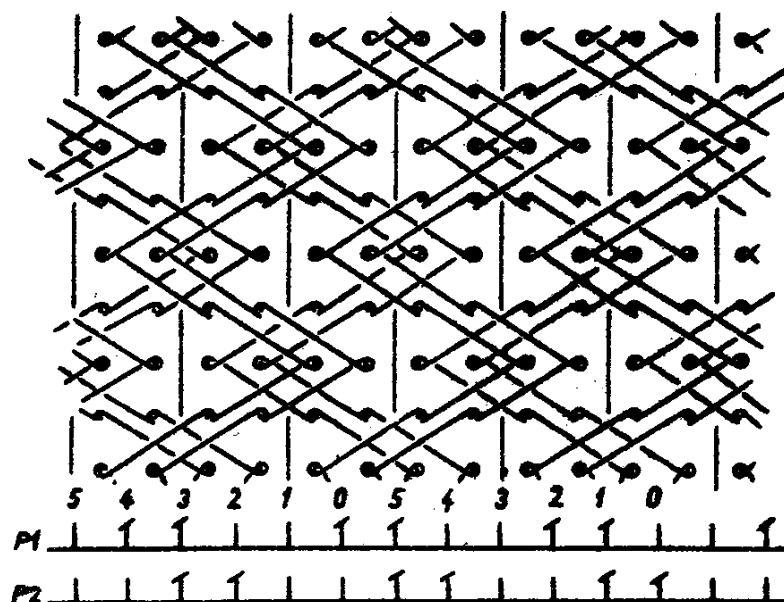
Často se pro tvorbu filetových vazeb používá **atlasové kladení** hladké nebo vzorové, protože se dá snadno kombinovat jako kladení proti sobě. Dva polonavlečené kladeční přístroje s atlasovým kladením proti sobě tvoří při správném nastavení návleků vždy filetovou vazbu.

Počet a rozložení otvorů závisí na délce atlasového kladení. Při sudém počtu řádků atlasu jsou velké otvory přesazeny, při lichém počtu řádků jsou nad sebou (obr. 13).



Obr. 13 Atlasové kladení

Filetový vzor z atlasového kladení, kde se použilo vzorkového navlečení kladečích přístrojů, je vyznačen na obr. 14. Oba kladečí přístroje kladou protisměrně a jejich navlečení je provedeno v poměru 2:2 (2 prázdné – 2 plné). Vzor bude mít pravidelné otvory po celé ploše zboží.



Obr. 14 Atlasové kladení

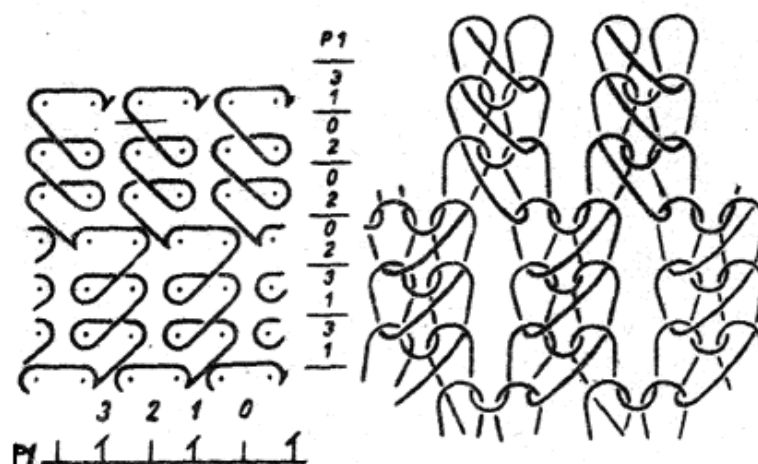
Vhodným vazebním materiálem pro tvorbu filetových pletenin je řetízek, který sám celistvou pleteninu netvoří, ale vhodnou úpravou kladení nebo v kombinaci s jinou vazbou může např. tvořit pleteninu síťového charakteru.

Řetízek také zajišťuje vysokou stabilitu pleteniny, protože očka nedovolí vzájemný posuv nití, a tím ani deformaci struktury pleteniny.

Řetízky mohou být jednoočkové nebo dvouočkové. Na obr. 15 a,b je vyznačen filet řetízkový, který je vyroben z jedné osnovy, a to lichonavlečené. Pro kladení se použilo dvouočkového řetízku, který se na několik řádků klade na týchž jehlách. Po několika řádcích



je kladení přesazeno o jednu jehlu. Velikost otvorů se řídí počtem řádků, kdy se kladení přímé opakuje na stále stejných jehlách. Přesazením a jednu jehlu se dosáhne spojení pleteniny v souvislý kus. Kladením, jež je vyznačeno na obr. 15, dosáhneme v pletenině drobného dírkovaného povrchu.



Obr. 15 Řetízek

Příklady ukazují, že kombinací kladení přímého, střídavého a postupného můžeme dosáhnout nepřeberného množství filetových vzorů, jež budou mít v pletenině menší nebo větší otvory. Určit přesně příslušnost některých vzorů do vyjmenovaných základních druhů filetových vzorů je často velmi obtížné, neboť se vyrábí vzory o velkém raportu, kde se pro dosažení určitého efektu vystřídají všechny druhy základních kladení.[2]

## 2. Návrh filetových vazeb

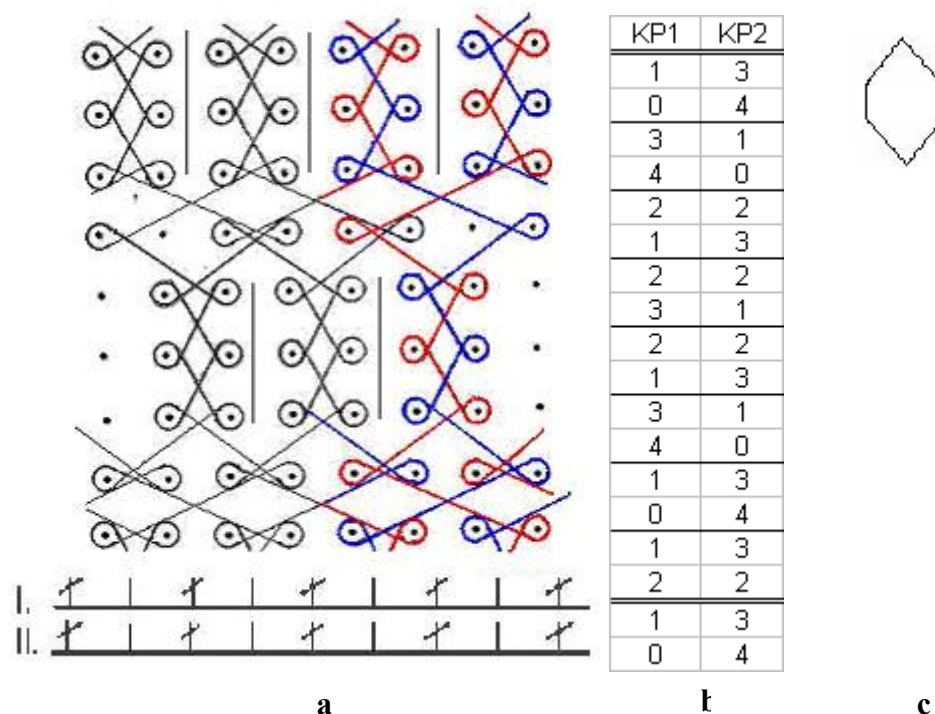
S ohledem na výraznou deformovatelnost byly navrženy tři podobné filetové vazby, které se liší konstrukcí vazby a geometrickými vlastnostmi osnovních pletenin (hustota sloupek a řádků). Vycházelo se též z podobnosti tvaru strukturálních jednotek všech vazeb.

### Vazba číslo 1

Na obr. 16 je vyznačen třířádkový trikotový filetový vzor **kombinací trikotového kladení a delšího uzavřeného kladení**. Vyroben je ze dvou osnov, jež mají lichý návlek 1:1. Výraznější otvory vznikají z uzavřeného kladení trikotu. **Spojení pleteniny v souvislý celek se dosáhlo delším kladením. Vzor by měl mít větší a menší otvory, které jsou vzájemně přesazeny.**

### Předpokládané vlastnosti

Podle uzavřeného kladení osnovní pleteniny by měla mít pleteniny větší tažnost ve směru sloupek a pevnost ve směru řádků. Je to dáno delšími spojovacími kličkami v sukrové vazbě.



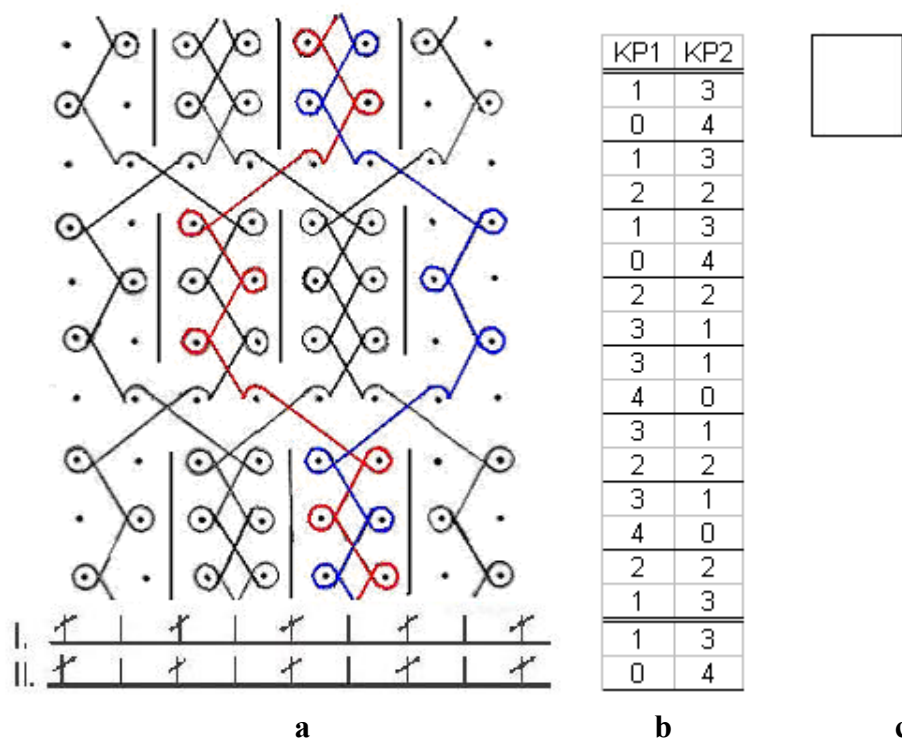
Obr. 16 a) vazba 1, b) kladení, c) předpokládaný tvar otvorů v pletenině

## Vazba číslo 2

Na obr. 17 je vyznačen třířádkový trikotový filetový vzor **kombinací trikotu a delšího otevřeného kladení (2-1)**. Filetový vzor je konstruován ze dvou osnov, jež mají lichý návlek. Výraznější otvory vznikají z uzavřeného kladení trikotu. **Souvislého celku pleteniny se dosáhlo delším otevřeným kladením. Pletenina by měla mít větší otvory, které budou nad sebou.**

### *Předpokládané vlastnosti*

Vzhledem k delšímu otevřenému kladení, by měla mít pletenina určitou tažnost ve směru sloupků. Ale vzhledem k velkým otvorům, které jsou nad sebou by měla mít předpokládanou tažnost ve směru sloupků a stane se pevnější ve směru řádků.



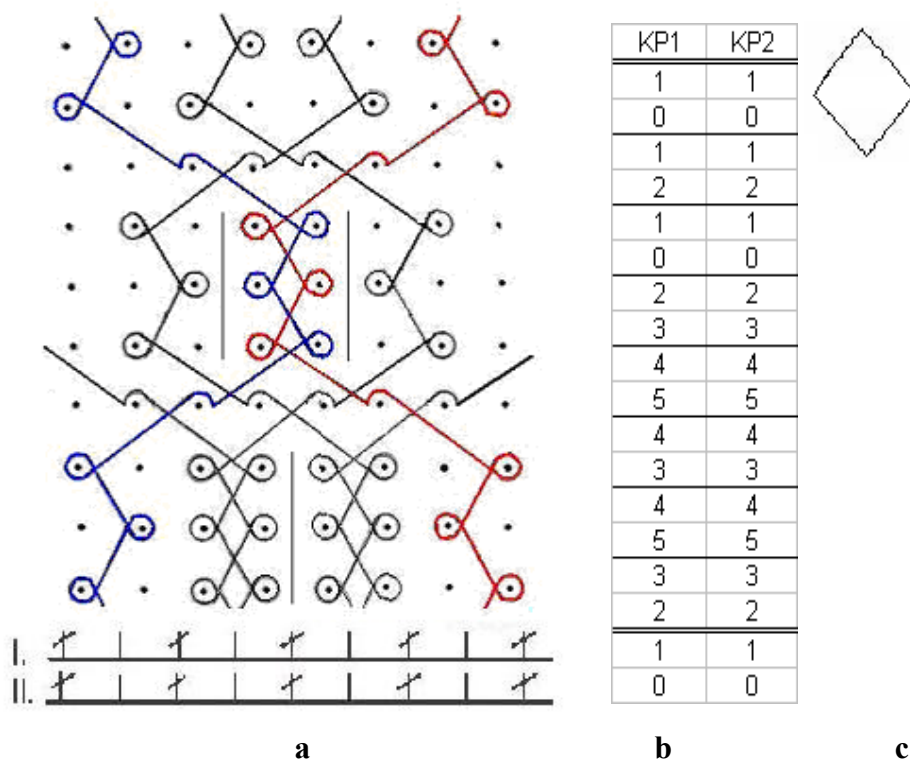
Obr. 17 a) vazba 2, b) kladení, c) předpokládaný tvar otvorů v pletenině

## Vazba číslo 3

Na obr. 18 je znázorněn obdobný vzor třířádkového trikotového filetu. Vyroben **kombinací trikotu a delšího otevřeného kladení (2-2)**. Filetový vzor je konstruován ze dvou osnov s lichým návlekiem. Výraznější otvory vznikají z uzavřeného kladení trikotu. **Souvislého celku pleteniny se dosáhlo pomocí delšího otevřeného kladení. Otvory by měly být vzájemně přesazeny.**

### *Předpokládané vlastnosti*

Oproti předchozí vazbě se u vazby číslo tři jedná o vazbu s delším otevřeným kladení (2-2). Otvory budou v pletenině přesazeny a pletenina tak získá větší tažnost směru sloupků. Opět by pletenina měla být více pevná ve směru řádků s ohledem na dlouhé spojovací klíčky.



Obr. 18 a) filetová vazba 3, b) kladení, c) předpokládaný tvar otvorů v pletenině

### 3. Vlastnosti pletenin

Vzhledem k malým rozměrům oka osnovních pletenin se použité délkové materiály, jak bylo již uvedeno v kapitole 2.3, projevují daleko více svou ohybovou tuhostí, která do značné míry ovlivňuje tvar oka a celkovou strukturu pleteniny. Velká ohybová tuhost délkového materiálu podmiňuje vznik vnitřní energie ve struktuře pleteniny, která se mění na deformační práci.

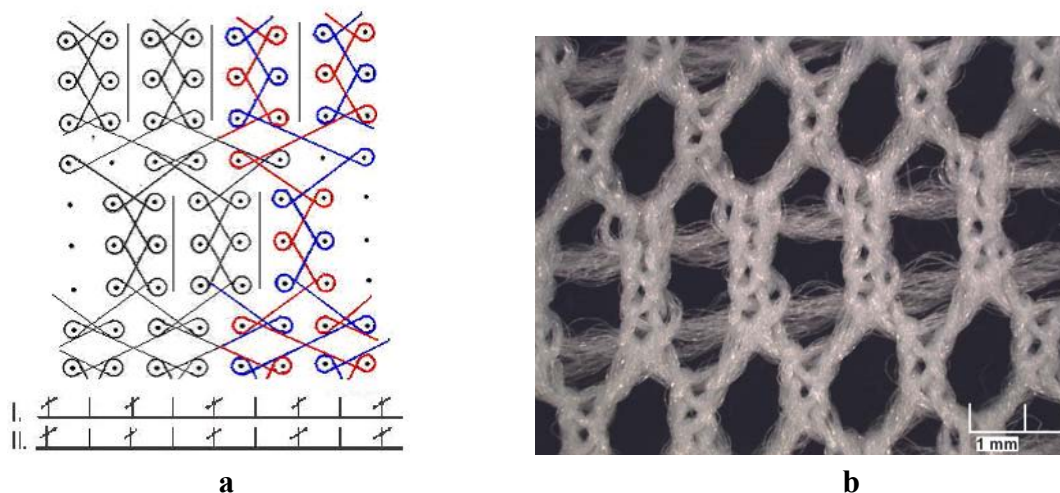
Tvar a rozměry vazebních prvků pleteniny (obecně u všech pletenin) nejsou stálé a mohou být výrazně ovlivněny vnějšími podmínkami. Zcela jednoznačnou geometrii má pletenina pouze v relaxovaném stavu, tj. stav bez vnitřního napětí. Tomuto stavu se pletenina může přiblížit například klimatizováním, tzn. několikahodinové uvolnění v prostředí s teplotou 20 °C a relativní vlhkostí vzduchu 65% +/- 2% (konstantní kvalita výroby neboli označení jako rovnovážný stav).[3]

### 3.1. Výroba pletenin

Pleteniny byly vyrobeny ve Společnosti Spolsin, spol. s r.o. Česká Třebová. Pro výrobu osnovních pletenin byl použit pletařský stroj KOKET 5223 (E<sup>18</sup>).

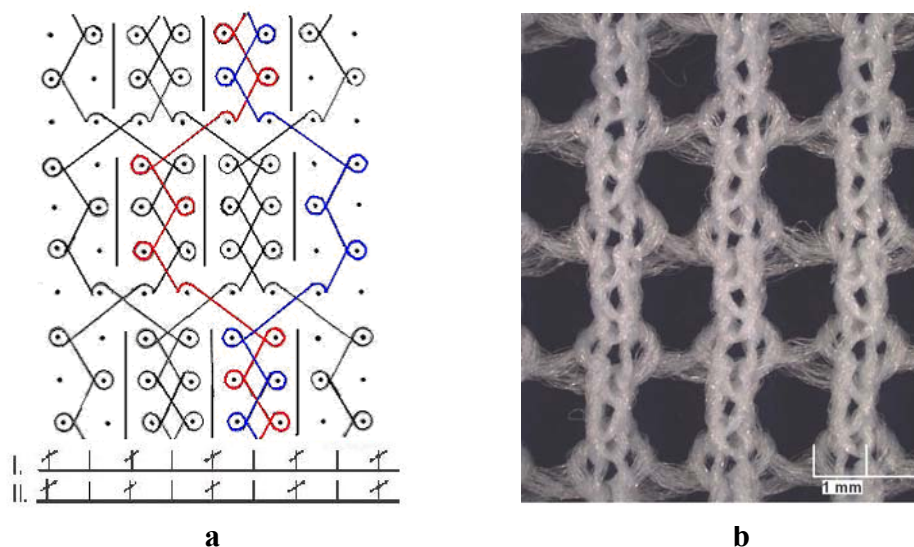
Následující obrázky pletenin byly zpracovány na videomakroskopu Navitar, kamerou Basler pomocí snímacího softwaru Lucie.

#### Vazba číslo jedna – kombinace trikotového kladení a delšího uzavřeného kladení



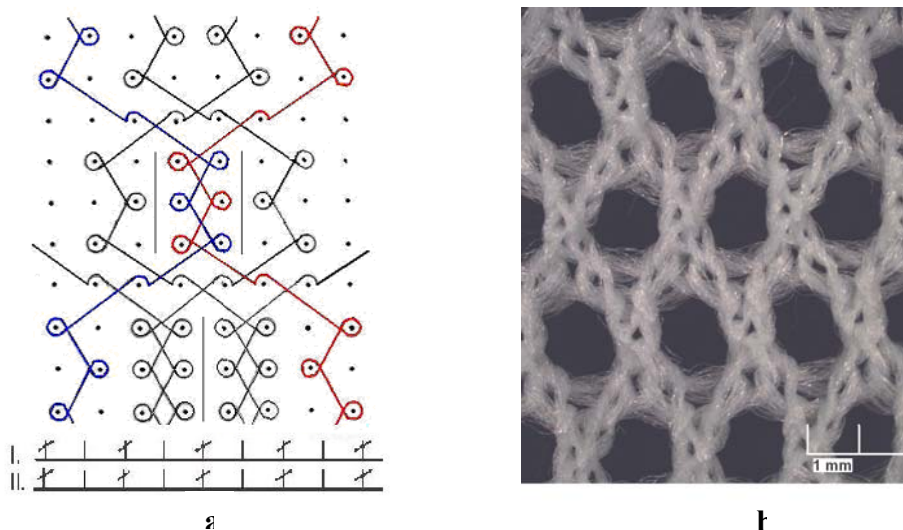
Obr. 19 a) filetová vazba č.1, b) tvar pleteniny

#### Vazba číslo dvě – kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení (2-1)



Obr. 20 a) filetová vazba č.2, b) tvar pleteniny

## Vazba číslo tři– kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení (2-2)



Obr. 21 a) filetová vazba č.3, b) tvar pleteniny

### Parametry pletenin

Délkový materiál: polyester PESH 150 dtex/ f 36,

Hustota: 20 ř/cm A, 15 ř/cm B, 10 ř/cm C,

Pleteniny jsou označené tak, že číslo udává vazbu vzorku a písmeno označuje nastavení odtahu při výrobě, např. u vazby číslo jedna: 1A (20 ř/cm), 1 B (15 ř/cm), 1C (10 ř/cm).

### 3.2. Základní parametry pleteniny

V následující tabulce 1 jsou zaznamenány některé základní parametry navrhnutých osnovních pletenin.

Vazba	$l$ [mm]	$Hř$ [ $m^{-1}$ ]	$Hsl$ [ $m^{-1}$ ]	$Hc$ [ $m^{-2}$ ]	$K_n$ [-]	$c$ [mm]	$w$ [mm]	$\rho$ [ $kg \cdot m^{-2}$ ]
1A	3.7	1160	1960	2273600	0.59	0.862	0.510	0.10
1B	4.0	1050	1940	2037000	0.54	0.952	0.515	0.08
1C	4.8	960	1900	1824000	0.51	1.042	0.526	0.07
2A	3.0	2895	835	2417325	3.47	0.345	1.198	0.09
2B	3.3	2330	824	1919920	2.83	0.429	1.214	0.07
2C	2.9	1850	770	1424500	2.40	0.541	1.299	0.07
3A	3.3	2800	1730	4844000	1.62	0.357	0.578	0.10
3B	3.7	2255	1763	3974438	1.28	0.443	0.567	0.09
3C	4.4	1750	1720	3010000	1.02	0.571	0.581	0.07

Tab. 1 Některé základní parametry vazeb vybraných pro experiment

**Délka nitě v očku.** Uvažujeme-li klasickou geometrickou představu oka z jednotlivých částí, pak bude délka oka osnovní pleteniny, včetně spojovací kličky

$$l = o_j + o_{p_1} + o_{p_2} + 2s + r \text{ [mm]}.$$

Charakteristika:

$l$  – teoretická délka nitě v očku [mm],

$o_j$  – délka jehelního obloučku [mm],

$o_p$  – délka platinového obloučku [mm],

$s$  – délka stěny oka [mm],

$r$  – délka spojovací kličky [mm].

U osnovních pletenin lze skutečnou délku nitě v očku měřit při výrobě seřízením stroje (viz tabulka 1).

## Hustota pletenin

Hustota byla měřena podle ČSN 80 0868 na nenapnutém vzorku pleteniny na 50 mm a je přepočítána na jednotku délky [ $m^{-1}$ ].

Hustota pleteniny je jednou z nejdůležitějších vlastností pleteniny, protože se dá technologicky snadno ovlivnit. Hustota je také vlastnost, která ve velké míře ovlivňuje vlastnosti další (např. mechanické vlastnosti).

U osnovních pletařských strojů se hustota řádků pletenin reguluje ve směru sloupků poměrem ozubených kol odtahových válečků. Převodem přes ozubená kola se nastaví jejich otáčky a následně mění hustotu řádků v pletenině.

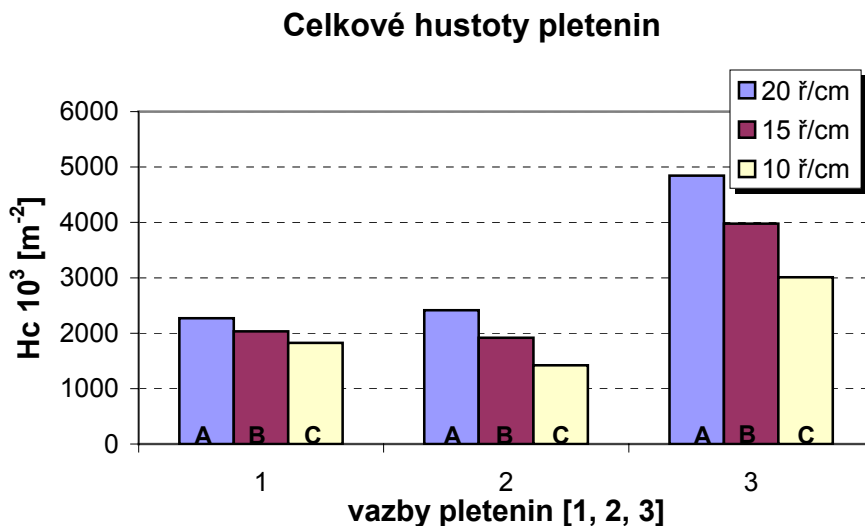
Hustota pleteniny je počet sloupků nebo řádků připadající na vzdálenost 1 m:

- sloupků  $H_s$  [ $s \cdot m^{-1}$ ],
- řádků  $H_{\check{r}}$  [ $\check{r} \cdot m^{-1}$ ],
- celková (plošná)  $H_c$  – udává počet oček v ploše 1x1 m,

$$H_c = H_s \times H_{\check{r}} \text{ [m}^{-2}\text{]}.$$

Toto plošné vyjádření hustoty má především význam technologický, protože umožňuje snadnou operativní kontrolu hustoty pleteniny.

Změnu celkové hustoty pleteniny po „relaxaci“  $H_c$  je možno sledovat v grafu 1. Relaxačními procesy muselo samozřejmě docházet ke zvyšování skutečné celkové hustoty pleteniny. Ovšem jejich přírůstek není konstantní. V případě „ideální relaxace“ by měl být.



Graf 1. Celkové hustoty pleteniny po „relaxaci“  $H_c$

Po upletení se parametry celkové hustoty textilie výrazně mění. Vliv na tuto změnu mají především vlastnosti použitého délkového materiálu (deformační, ohybové, třecí).

Délka nitě v očku je vysoká oproti roztečím řádků a sloupků a vlastnosti nitě se projeví. Velikosti strukturálních jednotek jsou omezeny ohybově deformačními vlastnostmi nitě.

Změnu hustoty sloupků proto lze dosáhnout pouze změnou hustoty řádků, a to především odtahem pleteniny a napnutím přiváděné osnovy. Hustota sloupků je závislou veličinou, tj.  $H_s = f(H_{\text{teor}}, l, d \dots)$ . Nelze říci, že změnou odtahu vzroste nebo se naopak zmenší rozteč řádků a sloupků (zjištěná ze všech hustot) o stejnou délku – přírůstek. []

**Rozteč** jehel patří k základním parametrům pletařských strojů. Nejčastěji je to počet jehel jehelního lůžka na anglický palec. Větší číslo značí jemnější stroj, které je nastaveno a dáno konstrukcí stroje.

Roztečí jehel je označena vzdálenost dvou sousedních řádků, to také ovlivňuje hustotu pleteniny ve směru řádků.

- řádků  $c = \frac{1000}{H_{\text{ř}}} [mm]$

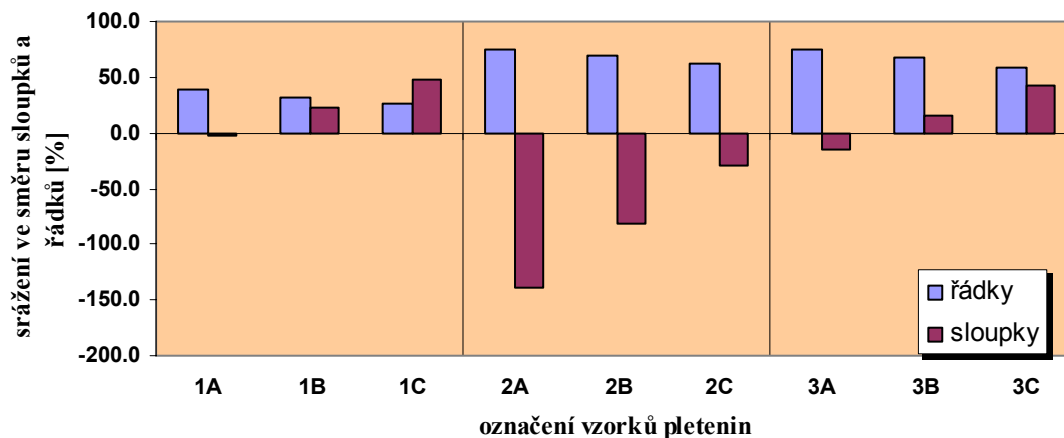
- sloupků  $w = \frac{1000}{H_s} [mm]$

Lépe je změnu parametru pleteniny  $H_s$ ,  $H_r$  vidět na grafické závislosti (graf 2), hodnot srážení ve směru sloupků  $s_s$  [%] a řádků  $s_r$  [%], které jsou dané vztahem:



$$s_s = \frac{c_{teor} - c}{c_{teor}} \cdot 100 [\%], \quad s_{\tilde{r}} = \frac{w_{teor} - w}{w_{teor}} \cdot 100 [\%].$$

### srážení ve směru sloupků a řádků



Graf 2. Hodnoty srážení ve směru sloupku [%] a řádků [%]

V grafu 2 jsou vidět hodnoty srážení všech pletenin se z měnou jejich hustot (20 A, 15 B, 10 C ř/cm). Srážení pleteniny je dáno konstrukcí pleteniny. Nejvíce rozdílné hodnoty jsou vidět u pleteniny číslo dvě.

### Hustotní koeficient

Odchytky čísel  $w/c$  od teoretické nebo ze zkušenosti známé hodnoty, signalizují nestabilitu struktury (tendenci k rozměrovým změnám). Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2.

$$k_h = \frac{H\tilde{r}}{H_s} = \frac{w}{c} [1]$$

### Plošná hmotnost

V praxi se používá vyjádření absolutní hmotnosti pleteniny osnovní na plošnou jednotku pleteniny.

$$m = (H\tilde{r} * H_s * l * T) * 10^{-6} [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}]$$

Charakteristika:

$m$  - plošná hmotnost teoretická [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ],

$l$  - délka nitě v očku včetně spojovací kličky [mm],

$T$  - jemnost nitě [tex].

Hmotnost pleteniny je důležitým technologickým a ekonomickým parametrem. Je možno ji brát jako srovnávací parametr hustoty v takových případech, kdy jsou ostatní metody nepoužitelné, pokud rozdíly v hmotnosti zpracovávané nitě nejsou příliš velké.

### 3.3. Pevnost a tažnost příze z polyesterového hedvábí

Pro výrobu osnovní pleteniny zkoumané v této diplomové práci byl použit materiál PESH o jemnosti 150 dtex 32 f (fibril). Polyesterová vlákna je dnes pro své téměř univerzální vlastnosti nejdůležitějším druhem syntetických vláken.

Vybrané obecné základní vlastnosti polyesterových vláken:

- plošná měrná hmotnost 1370 – 1380 [kg.m<sup>-3</sup>],
- navlhavost 0,5 – 0,8 [%],

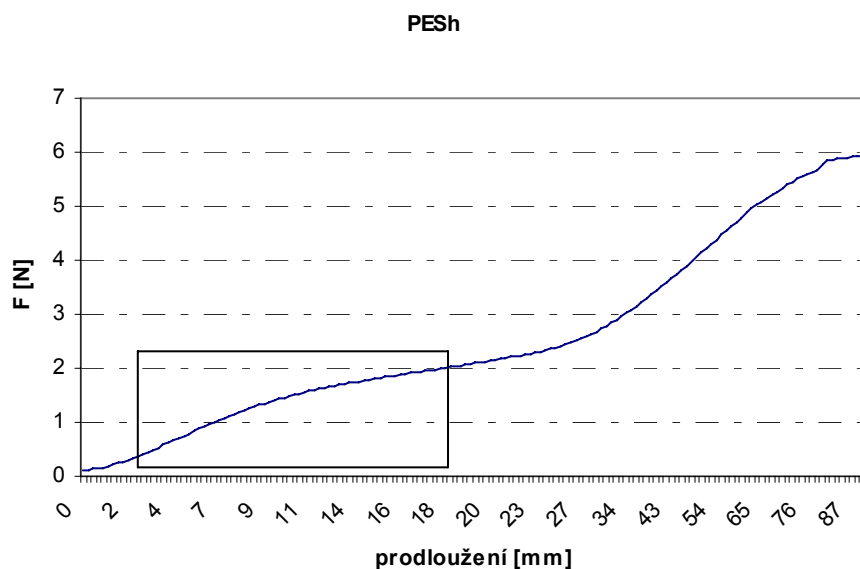
### Popis zkoušky

Měření pevnosti a tažnosti délkové textilie PESH byla provedena podle normy ČSN EN ISO 2062.

Na přístroji INSTRON 4411 bylo provedeno 50 měření polyesterového hedvábí. Z jednotlivých měření se získala průměrná hodnota pevnosti při přetrhu F[N] a tažnosti [%].

### Parametry trhacího přístroje INSTRON 4411

- upínací délka: 500 +/- 2 mm,
- rychlost posuvu: 500mm/min. +/- 2 %,
- předpětí: 0,5 cN/ tex +/- 0,1cN/ tex,
- jemnost PESH: 150 dtex/ 32 f.



**Graf 3.** Tahová křivka délkové textilie

## Vyhodnocení tahové křivky

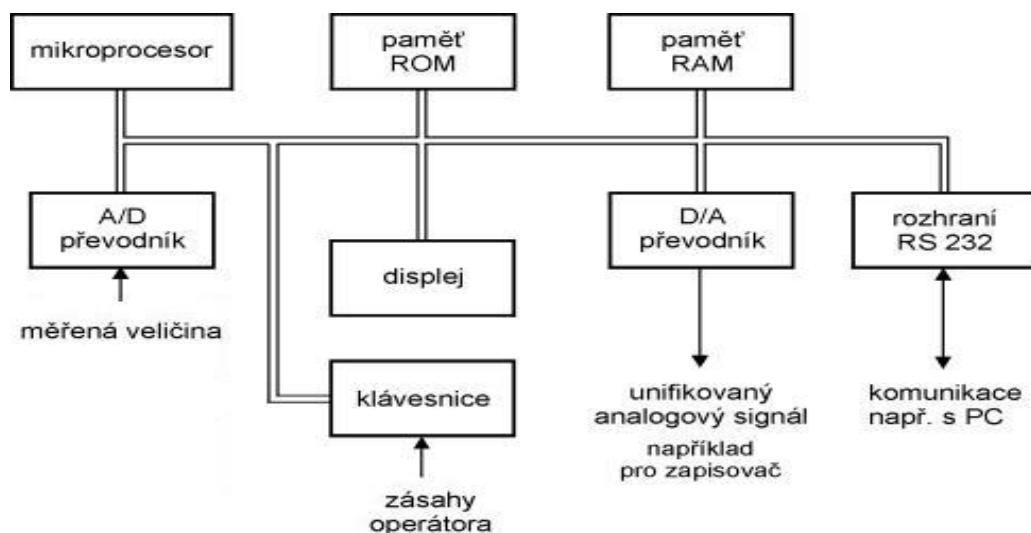
Z grafu 3 je vidět, že použitý materiál má vysokou tažnost. Dochází k postupnému napřimování zkadeřených vláken do rovnoběžné polohy (označeno). Tento děj bude mít určitý vliv na mechanické vlastnosti osnovních pletenin (tažnost). Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2.

PESh		
Statistické hodnoty	F [N]	Tažnost[%]
Průměr	6.752	20.84
Směr. Odchylka	0.36	1.7
Variační koeficient [%]	5.33	8,53
IS LD	6.65	20,33
IS HD	6.85	21,34

Tab. 2 Výsledné hodnoty tažnosti a pevnosti délkové textilie PESh

## Princip zpracování dat a jejich vyhodnocení (INSTRON 4411)

Naměřená data se ukládají do počítače a jsou rozdělena na několik souborů s různou koncovkou (např. mad, rep, mrd, asc,...) a to podle typu zpracovaných dat. Jedná se o data uložená ve formátu ASCII. Tyto data se převádějí pomocí softwaru microsoft excel (matlab) a dále se vyhodnocuje výsledná pevnost/tažnost v tahu jednotlivých vzorků aritmetickým průměrem z jednotlivých měření. Ta se potom převedou na odpovídající jednotky a na základě takto zjištěných hodnot se vytvoří tahové křivky. V jiném souboru jsou uložena data se statisticky vyhodnocenými výsledky (střední hodnota, směrodatná odchylka a variační koeficient).



Obr. 22 Schématické zpracování dat v počítači

### 3.4. Pevnost a tažnost pleteniny

Jednou z metod zjišťování mechanických vlastností osnovních pletenin je jednoosé namáhání, kdy je pletenina namáhána jedním směrem ve směru sloupků nebo řádků.

Jevu zatěžování pleteniny potřebnou silou, do okamžiku, kdy dojde k jejímu přetržení říkáme pevnost.

**Tažnost** je charakteristická vlastnost pleteniny a ovlivňuje použitelnost pro určité výrobky.

Tažnost je schopnost pleteniny poddat se vlivu namáhání, což představuje prodloužení vzorku, zjištěné při přetržení, vyjádřené v procentech upínací délky (plochy).

Tažnost je vyjádřena pro určitý směr pleteniny. Směrová tažnost je ve směru sloupků a řádků vyjádřena vztahem

$$\varepsilon_p = \frac{l_p - l_o}{l_o} \cdot 100 \text{ [%]}.$$

Charakteristika:

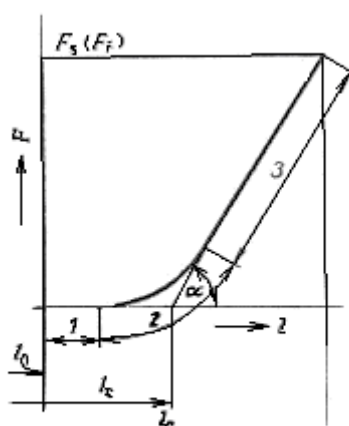
$\varepsilon_p$  značí přetřhovou pevnost [%],

$l_p$  délku vzorku při přetrhu [mm],

$l_o$  původní (upínací) délku vzorku [mm].

### Tahová křivka

Pevnost a tažnost se zjišťuje na dynamometrech. Typický průběh závislosti zatížení – přetržení pleteniny má tři charakteristické části (obr. 23):



Obr. 23 Deformační křivka

Úsek 1 má velký přírůstek deformace pleteniny už při malých změnách napětí. **Očka pleteniny se v této oblasti deformují tvarově a zároveň začíná docházet k posuvům vazných bodů po nitech.**

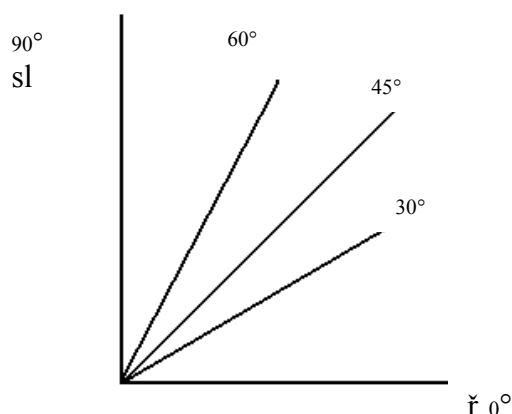
Úsek 2 je charakteristický změnou strmosti deformační křivky, která je zde výraznější než-li v úsecích 1 a 3. **Dochází zde k výraznějším změnám ve tvaru oka a posuvu v sousedních vazných bodech se začnou dotýkat.**

V úseku 3 bylo již prakticky dosaženo maximálně možné tvarové deformace oka i maximálního možného posuvu vazných bodů, takže se v této nejstrmější části křivky začíná výrazněji uplatňovat i **prodloužení zapletené nitě.**

**Na konci úseku začíná destrukce pleteniny**, která pokračuje v části 4 až do úplného přetrhu.

Jak uvádí Staněk, na namáhání ve směru jedné soustavy (sloupek, řádek) není vždy výstižné pro dané použití plošné textilie, proto se ještě provádí výstřih vzorků v různých směrech, obvykle v úhlovém kroku  $15^\circ$  (obr 24).

Ze získaných hodnot pevnosti a tažnosti, eventuálně ze stanovených bodů na tahových křivkách se sestaví polární diagram. Ten vyjádří anizotropii mechanických vlastností dané plošné textilie při jejím namáhání v tahu různými směry.



Obr. 24 Směrové orientace

Tažnost osnovních pletenin je silně závislá na konkrétní vazbě a dá se jí snadno ovlivnit. Směrová tažnost je dána především orientací jednotlivých úseků nití zúčastněných na struktuře pleteniny.

## Popis zkoušky

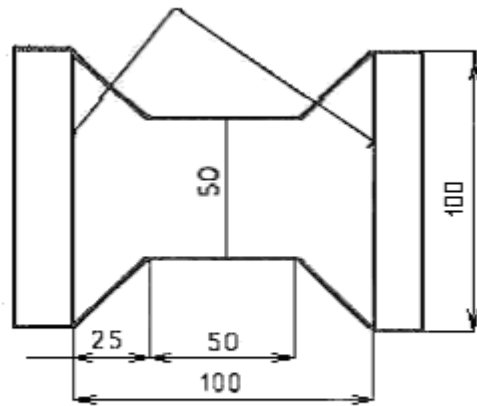
Zjišťování pevnosti a tažnosti osnovních pletenin při jednoosém namáhání bylo provedeno podle normy ČSN 80 0810.

Směrová tažnost i pevnost byla měřena na trhacím přístroji INSTRON 4411 (obr 25). Pro směrovou pevnost je stanoven vzorek podle obrázku 26 s upínací délkou 100 mm. Pevnost se vztahuje na užší část vzorku (50 mm).



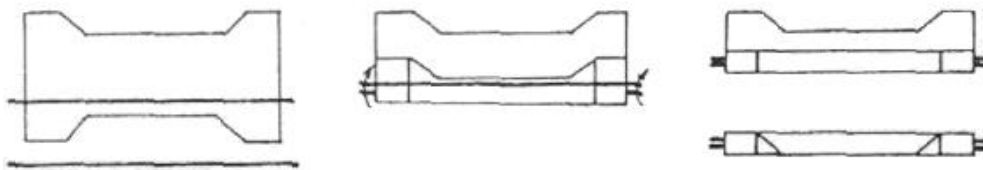
**Obr. 25** Trhací přístroj INSTRON

KONTROLNÍ RYSKY



**Obr. 26** Vzorek pro směrovou pevnost

Do čelistí se vzorek vkládá ve svinutém stavu (obr 27). V čelistech vzniká oblast, ve které nemůže nastat deformace pleteniny a vzniká přímé namáhání na tah.



**Obr. 27** Svinutý vzorek pro směrovou pevnost

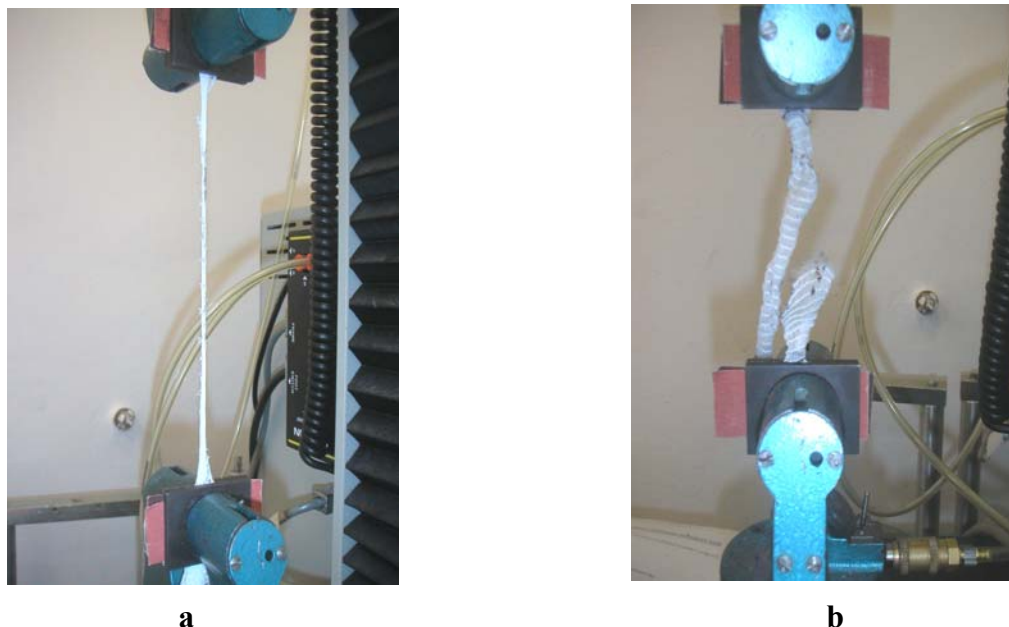
Vzorky byly vystříženy a měřeny v různých směrech (0°, 30°, 45°, 60°, 90°), aby se dosáhlo výstižného použití dané pleteniny.

### Parametry trhacího přístroje INSTRON 4411

- dovolené zatížení: 5 N, 10 N, 100 N a 5000N,
- rozsah měřící hlavy: 500 N/T,
- rychlost měřící hlavy: 115 mm/min,
- přesnost posuvu (nezatížená): +/- 2% ze 100 mm nebo 30 vteřin,
- předpětí: 0 N,
- návrat do výchozí pozice: +/- 0,05 mm,
- upínací délka: 100 mm.

Rychlost 115 mm/min. byla volena dle přiblížení se normě ČSN 80 0810 (bod 5), kde je uvedena průměrná doba do přetržení vzorku pleteniny 50 +/- 10 sekund.

Na obr.28 a,b je ukázka jednosměrné tahové deformace osnovní pleteniny při postupném tažení a konečném přetržení.

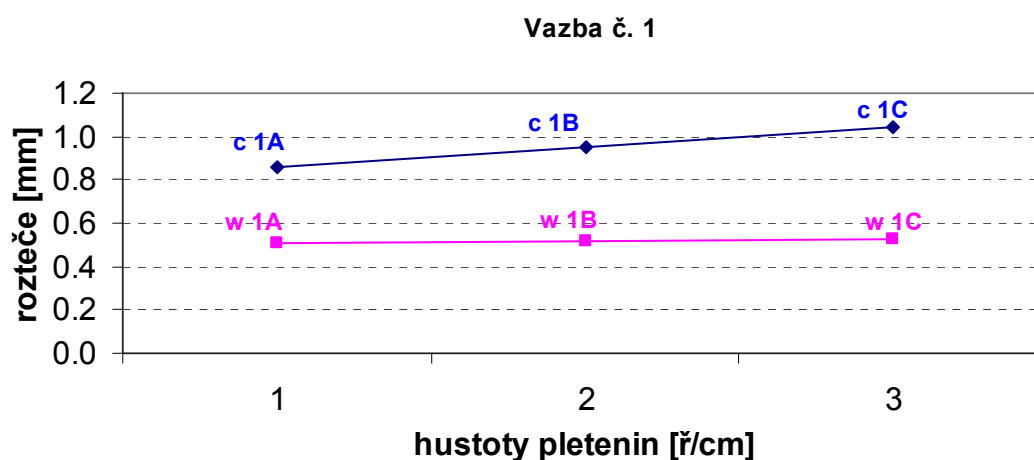


Obr. 28 Postupné tažení a přetržení osnovní pleteniny vzorku 2B

### 3.5. Porovnání a vyhodnocení tahových křivek

Pro **přehlednost** je nejprve uvedena rozteč řádků a sloupků všech zkoumaných pletenin. Poté pro jednotlivé pleteniny je uvedena rozteč řádků a sloupků (teoretická, v relaxovaném stavu) a následné vyhodnocení tahových křivek pevnosti a tažnosti osnovních pletenin.

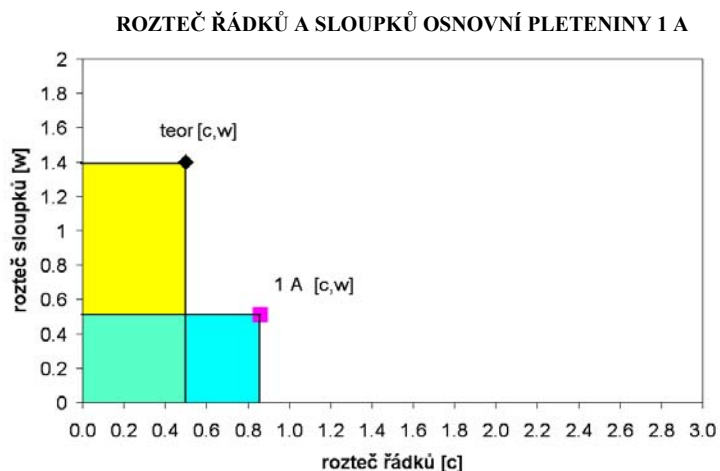
### Vazba číslo 1, kombinace trikotového a delšího uzavřeného kladení



Graf 4. Rozteče řádků (c) a sloupků (w) při změně hustoty 20 (A), 15 (B), 10 (C) ř/cm

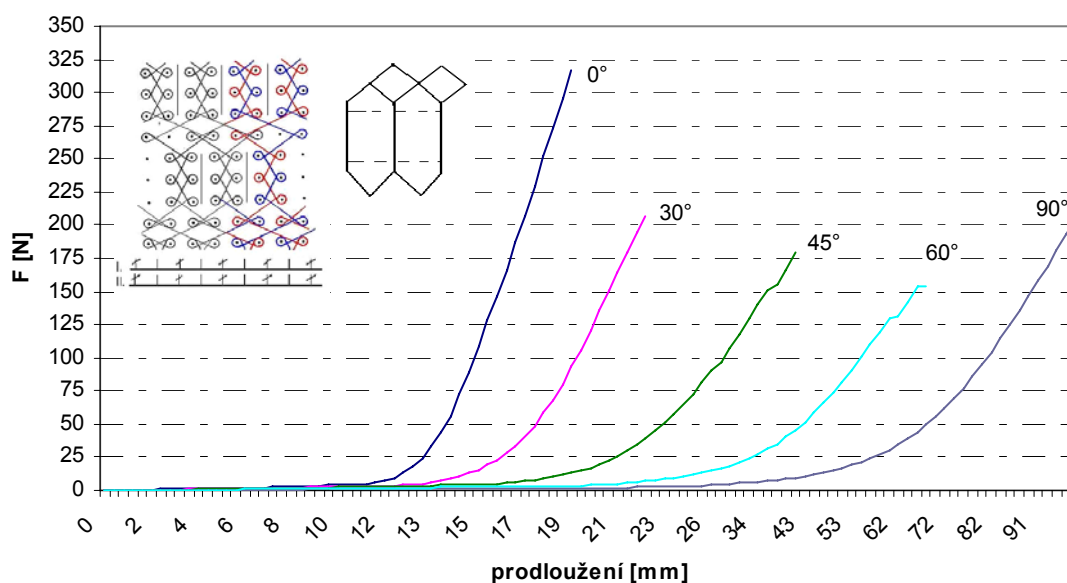
V grafu roztečí je vidět, že se snižující hustotou se rozteč řádků lineárně zvyšuje a u rozteče sloupků se od sebe téměř neliší.

## Vyhodnocení tahových křivek osnovní pleteniny číslo 1



**Graf 5.** Rozteče řádků (c) a sloupků (w) pleteniny o hustotě 20 ř/cm (A)

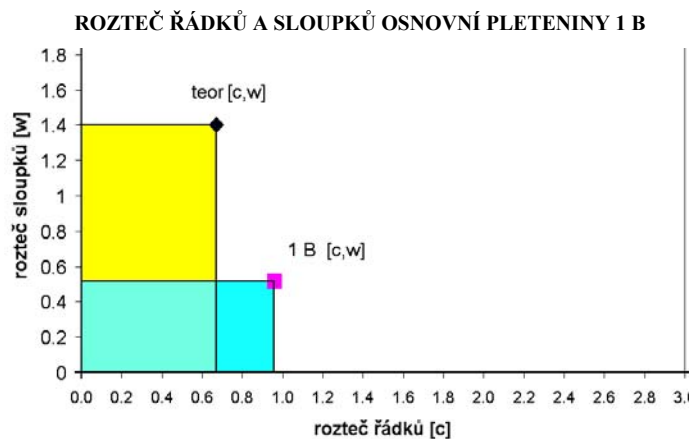
## Tahové křivky osnovní pleteniny 1A



**Graf 6.** Tahové křivky osnovní pleteniny 1A (20 ř/cm) při jednoosém namáhání, tvar strukturálních jednotek pleteniny

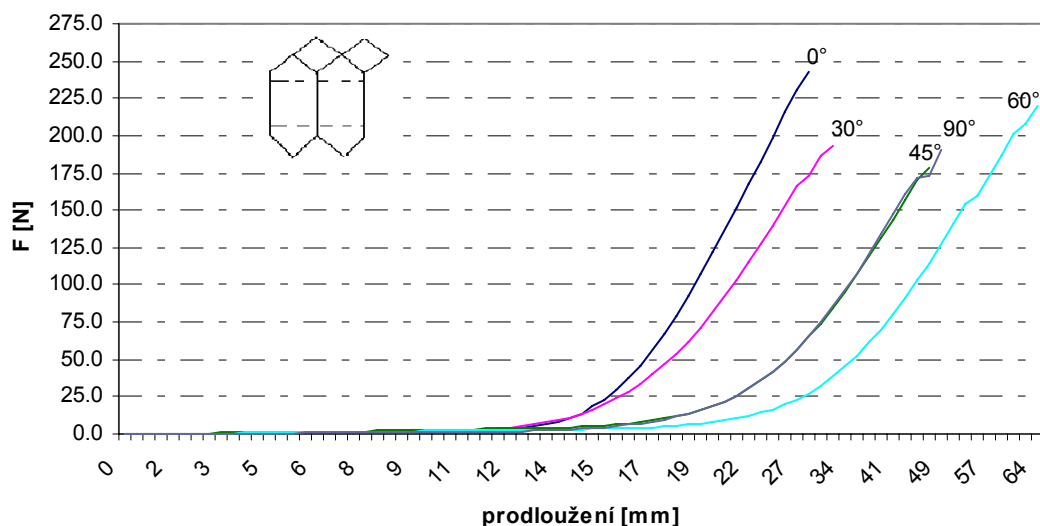
Z tahových křivek osnovní pleteniny 1A (20 ř/cm) při jednoosém namáhání ve směru 0° (řádků) a 90° (sloupků) lze vyvodit hypotézu dle navržené konstrukce vazby pleteniny, že vzhledem k postupné změně směrové tažnosti má pletenina větší tažnost ve směru sloupků a pevnost ve směru řádků.





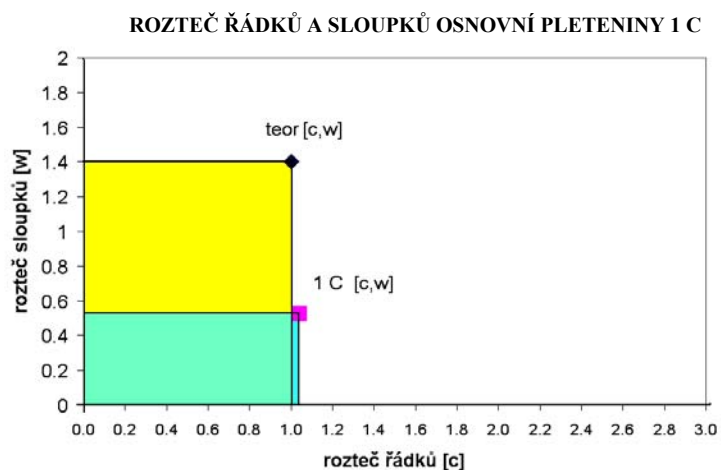
**Graf 7.** Rozteče řádků (c) a sloupků (w) pleteniny o hustotě 15 ř/cm (B)

### Tahové křivky osnovní pleteniny 1B



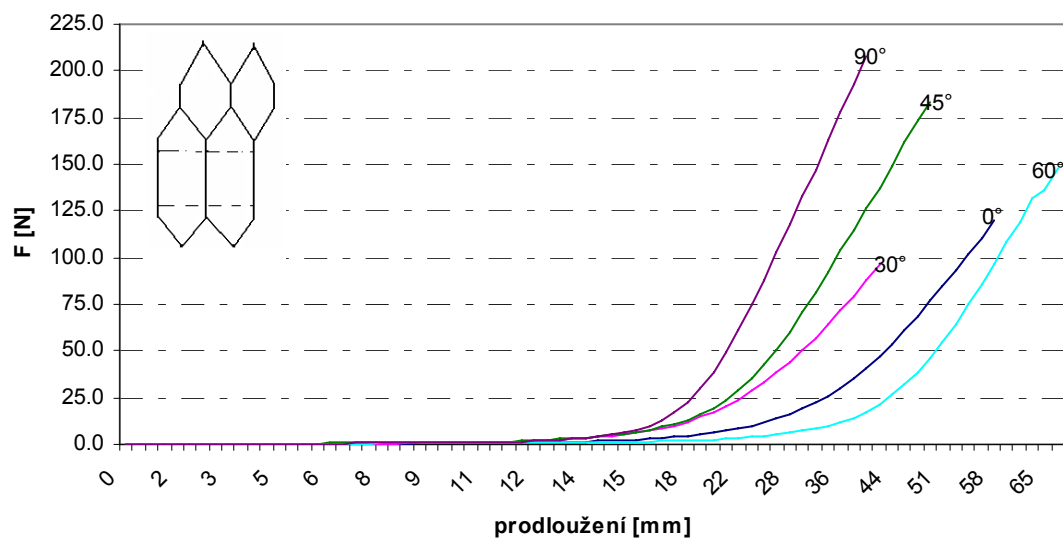
**Graf 8.** Tahové křivky osnovní pleteniny 1B (15 ř/cm) při jednoosém namáhání, tvar strukturálních jednotek pleteniny

Se změnou hustoty osnovní pleteniny 1B (15 ř/cm) se změnila i její vlastnosti. Nejpevnější je vzorek pleteniny ve směru řádků 0°, ale postupně ve směru do 45° se snižuje (změna rozteče řádků o délku nitě v očku). Tažnost vzorku ve směru 60° přetrvává, ale zvýšila se pevnost a ve směru 90° se tažnost snižuje a získává větší pevnost (nemění se rozteč sloupků).



**Graf 9.** Rozteče řádků (c) a sloupků (w) pleteniny o hustotě 10 ř/cm (C)

### Tahové křivky osnovní pleteniny 1C



**Graf 10.** Tahové křivky osnovní pleteniny 1C (10 ř/cm) při jednoosém namáhání, tvar strukturálních jednotek pleteniny

Se změnou hustoty osnovní pleteniny u vzorku 1C (10 ř/cm) se pevnost ve směru 0° podstatně snížila a zvýšila se její tažnost (růst rozteče řádků a délky nitě v očku). Ve směru 60° je pletenina stále tažná a ve směru 90° je pletenina nejpevnější (nemění se rozteč sloupků).

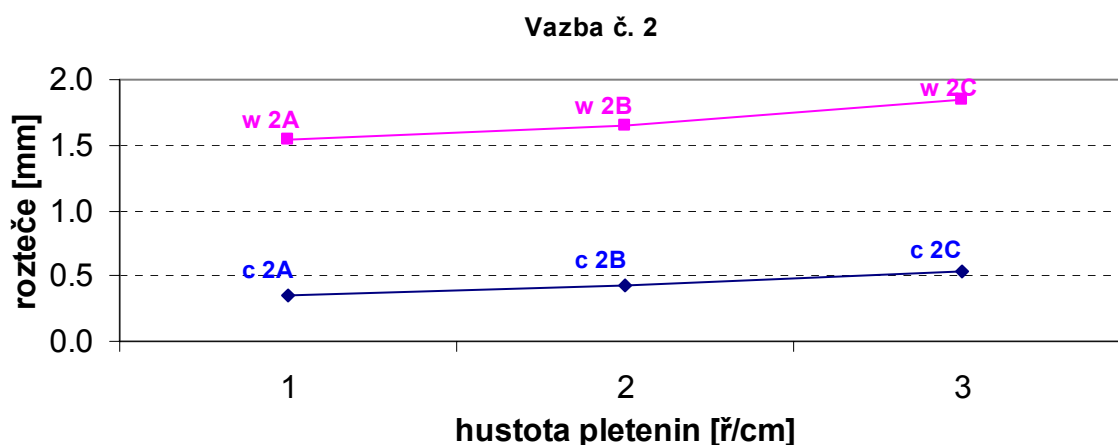
## Vyhodnocení osnovní pleteniny vazby číslo 1 při jednoosém namáhání

V grafu 4 je vidět, že křivka **roztečí sloupků** ( $w$ ) u vzorků se snižující hustotou (od 20 ř/cm do 10 ř/cm) hodnoty téměř neliší (křivka je téměř lineární). To znamená, že se rozteče sloupků téměř nemění. Ve vzorcích tedy bude se snižující hustotou poměrně stejný počet strukturálních jednotek (otvorů ve směru řádků), které se při jednoosé deformaci paralelizují, zvýší se tahová síla a pevnost vzorku se snižující hustotou stoupá.

Dále se zvyšuje **rozteč řádků** ( $c$ ), tzn. že se snižující hustotou vzrůstá délka nitě v očku. Orientace nitě v očku a ve spojovací kličce způsobí, že při deformaci po sloupcích ( $90^\circ$ ) se skloněné očko a spojovací klička narovnají ve směru působících sil. Strukturální jednotky se postupně zvětšují v podélném směru (sloupků) a to má určitý vliv na vlastnosti pleteniny, tzn. že **tažnost** vzorků pletenin v příčném směru se snižující hustotou vzrůstá.

V ostatních směrech dojde k velké deformaci oček (jejich zešíkmení), tedy i strukturálních jednotek v pletenině. Změní se poloha vazných bodů a zvýší se tahová síla v niti v podélném i v příčném směru mezi očky a spojovacími kličkami. Dojde ke tření a k deformaci oček a tím se ovlivní vlastnosti pleteniny vzhledem ke směrovému namáhání pleteniny.

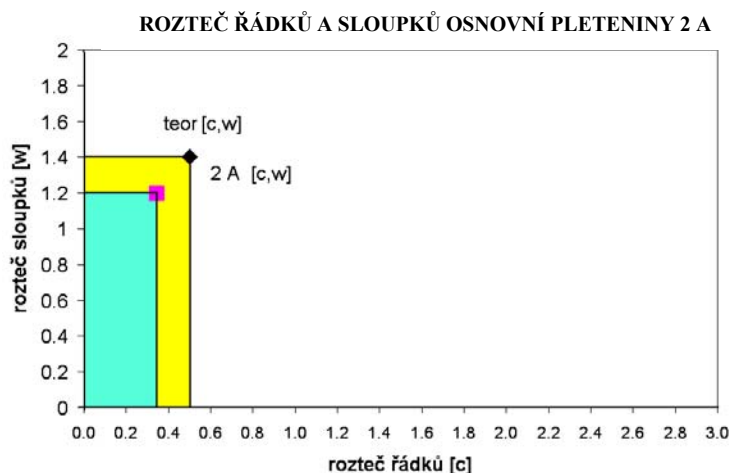
## Vazba číslo 2 – kombinace trikotového a delšího otevřeného kladení (2-1)



**Graf 11.** Rozteče řádků ( $c$ ) a sloupků ( $w$ ) při změně hustoty 20 (A), 15 (B), 10 (C) ř/cm

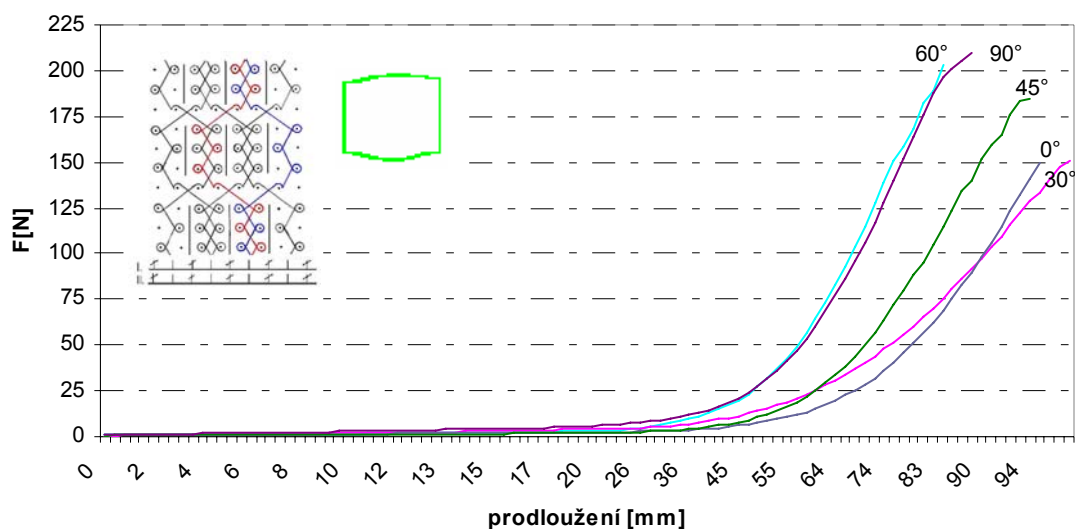
V grafu roztečí je vidět, že se snižující hustotou se rozteč sloupků a rozteč řádků postupně zvyšuje.

## Vyhodnocení tahových křivek pleteniny číslo 2



**Graf 12.** Rozteče řádků (c) a sloupků (w) pleteniny o hustotě 20 ř/cm (A)

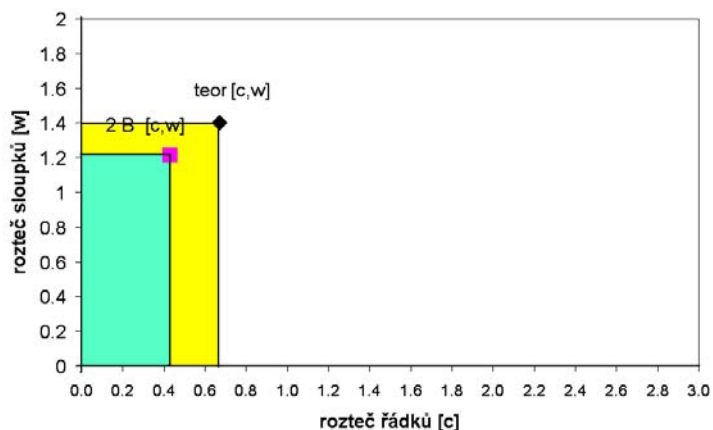
## Tahové křivky osnovní pleteniny 2A



**Graf 13.** Tahové křivky osnovní pleteniny 2A (20 ř/cm) při jednoosém namáhání, tvar strukturálních jednotek pleteniny

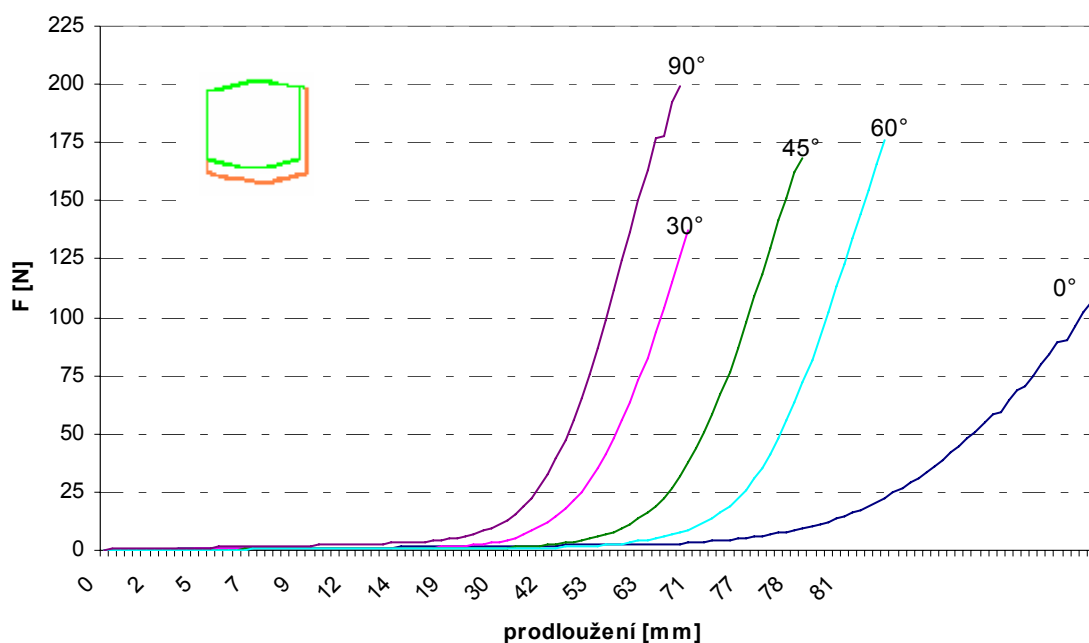
Z tahových křivek osnovní pleteniny 2A (20 ř/cm) při jednoosém namáhání ve všech směrech lze vyvodit hypotézu, že pletenina je dostatečně tažná. Vzhledem k postupné změně směrové tažnosti má pletenina nepatrně větší tažnost ve směru řádků a pevnost ve směru sloupků.

### ROZTEČ ŘÁDKŮ A SLOUPKŮ OSNOVNÍ PLETENINY 2 B



**Graf 14.** Rozteče řádků (c) a sloupků (w) pleteniny o hustotě 15 ř/cm (B)

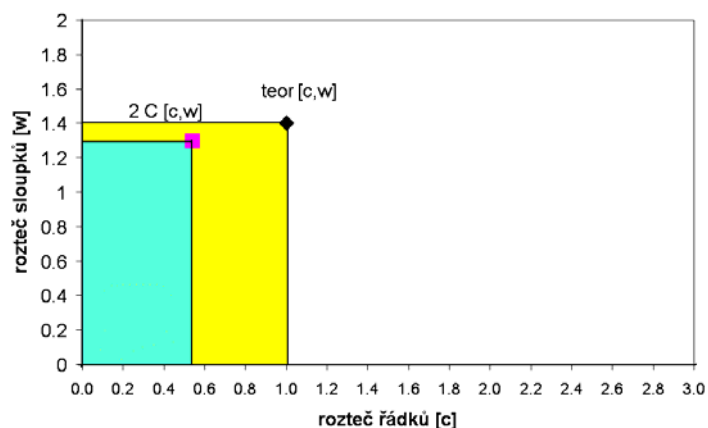
### Tahové křivky osnovní pleteniny 2B



**Graf 15.** Tahové křivky osnovní pleteniny 2B (15 ř/cm) při jednoosém namáhání, tvar strukturálních jednotek pleteniny

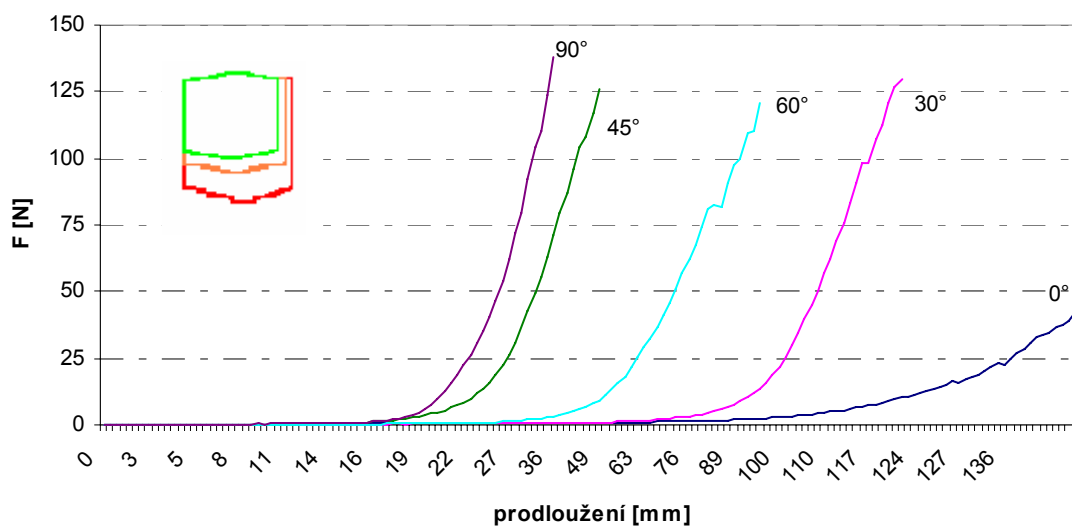
Změnou hustoty u osnovní pleteniny vzorku 2B (15 ř/cm) pevnost ve směru řádků (0°) postupně klesá a pletenina je více tažná (zvětšení strukturálních jednotek, vzrůstající rozteč sloupků, větší délka nitě v očku). Ve směru sloupků 90° je stejně pevná a tažná (uohnání otvorů v podélném směru do rovnoběžné polohy). U směrové tažnosti 45° a 60° je pletenina stále pevná a stává se více tažnou. Ve směru 30° je pletenina stejně pevná i tažná (tahová síla nitě).

### ROZTEČ ŘÁDKŮ A SLOUPKŮ OSNOVNÍ PLETENINY 2 C



**Graf 16.** Rozteče řádků (c) a sloupků (w) pleteniny o hustotě 10 ř/cm (C)

### Tahové křivky osnovní pleteniny 2C



**Graf 17.** Tahové křivky osnovní pleteniny 2C (10 ř/cm) při jednoosém namáhání, tvar strukturálních jednotek pleteniny

Se změnou hustoty u vzorku osnovní pleteniny 2C (10 ř/cm) se snižují i vlastnosti a to jak tažnost, tak i pevnost. Ve směru 0° je pevnost poměrně nízká a naopak tažnost je poměrně vysoká (velký vzrůst délky nitě v očku). Ve směrové tažnosti 90° je pletenina vzhledem k ostatním směrovým tažnostem pletenin stále pevná.

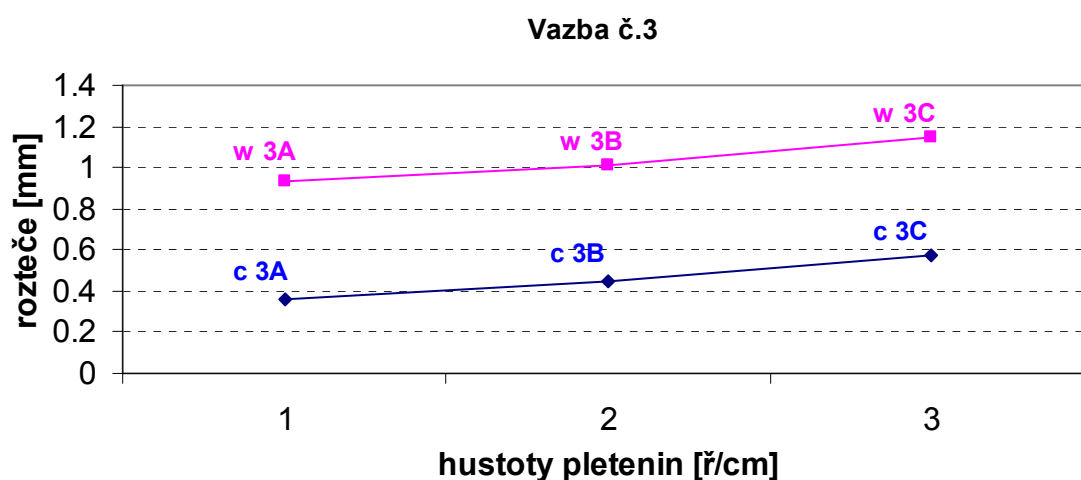
## Vyhodnocení osnovní pleteniny vazby číslo dvě jednoosého namáhání

V grafu 11 je vidět, že křivka **roztečí řádků** (c) a **roztečí sloupků** (w) se snižující hustotou (od 20 ř/cm do 10 ř/cm) lineárně zvyšuje (více rozteč sloupků). To znamená, že se snižující hustotou vzrůstá délka nitě v očku. Orientace nitě v očku a ve spojovací klíčce způsobí, že při deformaci po sloupcích (90°) se skloněné očko a spojovací klíčka narovnajjí ve směru působících sil. Dojde k zúžení otvorů v podélném směru a paralelizaci strukturálních jednotek. Pletenina tak bude mít stálou pevnost ve směru sloupků při protažení pleteniny do délky vzhledem k omezené délky nitě v očku.

Při jednoosé deformaci v příčném směru (0°) vnější síly způsobí, že začne docházet k výraznému přesunu nitě z části očka do spojovací klíčky. Tím se mění poloha vazných bodů, dojde k protažení oček do šířky, a k podstatně velkému protažení osnovní pleteniny.

V ostatních směrech dojde k velké deformaci oček (jejich zešíkmení), tedy i strukturálních jednotek v pletenině. Změní se poloha vazných bodů a zvýší se tahová síla v niti v podélném i v příčném směru mezi očky a spojovacími klíčkami. Dojde ke tření a k deformaci oček a tím se ovlivní vlastnosti pleteniny vzhledem ke směrovému namáhání pleteniny.

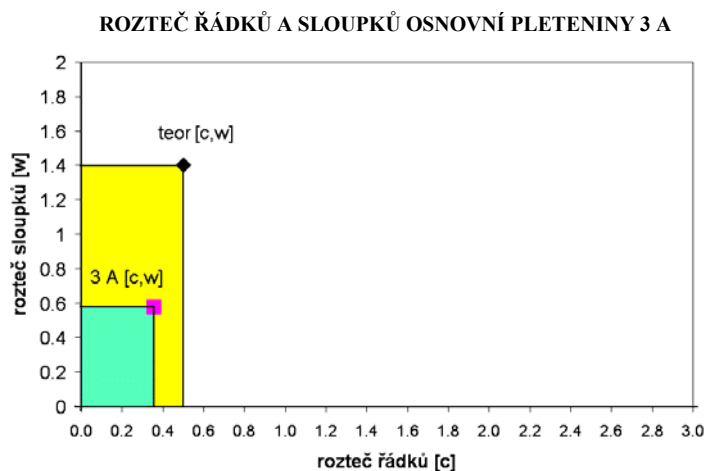
## Vazba číslo 3 - kombinace trikotového a delšího otevřeného kladení (2-2)



**Graf 18.** Rozteče řádků (c) a sloupků (w) při změně hustoty 20 (A), 15 (B), 10 (C) ř/cm

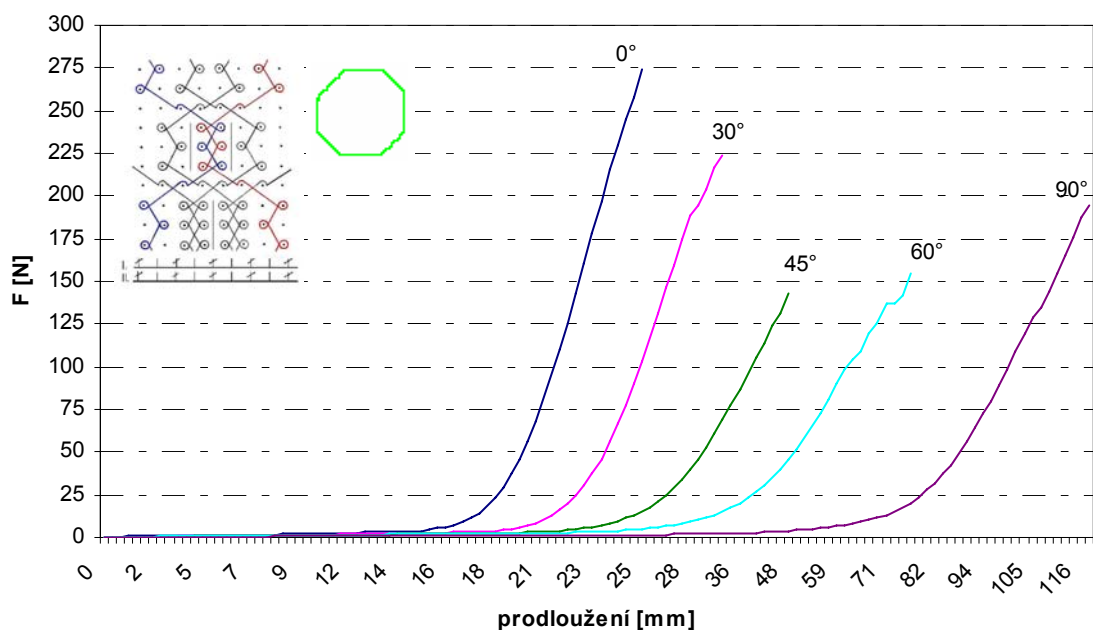
V grafu roztečí je vidět, že se snižující hustotou se rozteč řádků a sloupků lineárně zvyšuje.

## Vyhodnocení tahové křivky pleteniny číslo 3



**Graf 19.** Rozteče řádků (c) a sloupků (w) pleteniny o hustotě 20 ř/cm (A)

## Tahové křivky osnovní pleteniny 3A

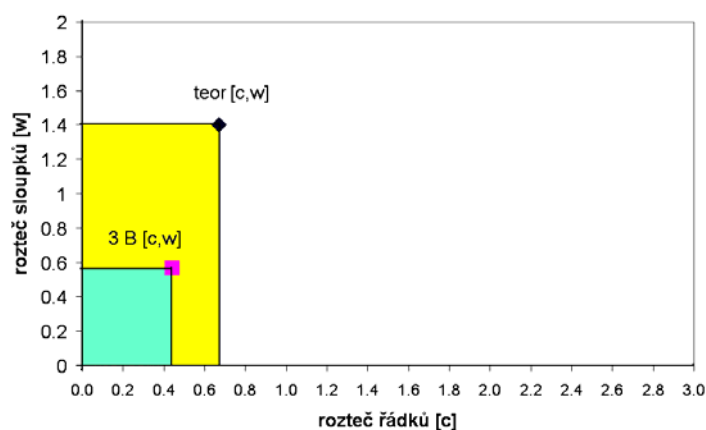


**Graf 20.** Tahové křivky osnovní pleteniny 3A (20 ř/cm) při jednoosém namáhání, tvar strukturálních jednotek pleteniny

Z tahových křivek osnovní pleteniny 3A (20 ř/cm) při jednoosém namáhání lze vyvodit hypotézu, že vzhledem k postupné změně směru měření má pletenina větší tažnost ve směru sloupků a pevnost ve směru řádků (konstrukcí vazby, dlouhé spojovací kličky). Ve směrové tažnosti od 0° pevnost klesá, ale ve směru do 90° pevnost roste. Se směrovou tažností od 0° do 90° se postupně zvětšuje i jejich tažnost.

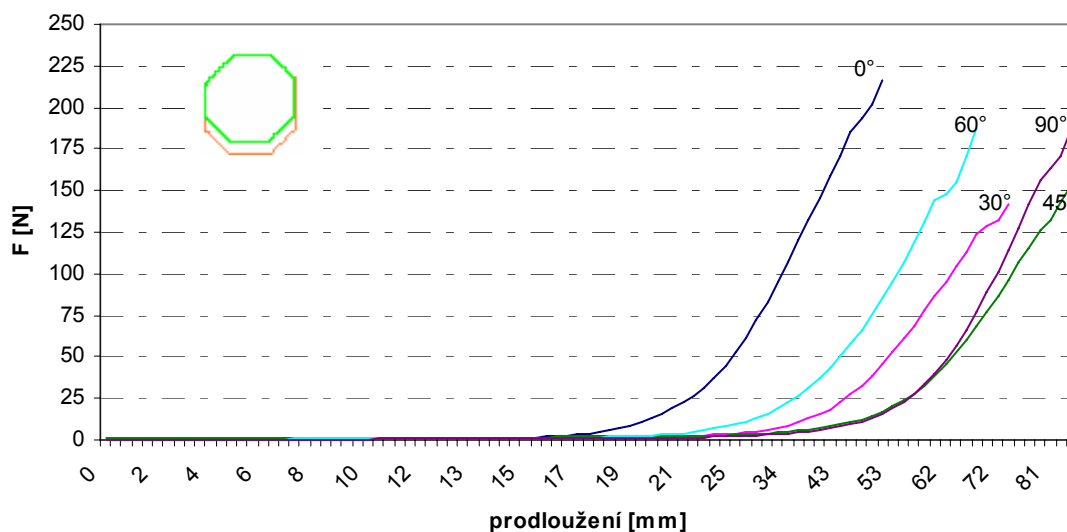


### ROZTEČ ŘÁDKŮ A SLOUPKŮ OSNOVNÍ PLETENINY 2 B



**Graf 21.** Rozteče řádků (c) a sloupků (w) pleteniny o hustotě 15 ř/cm (B)

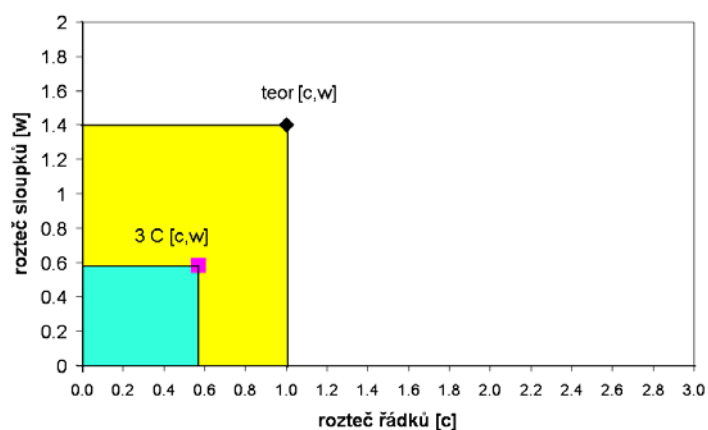
### Tahové křivky osnovní pleteniny 3B



**Graf 22.** Tahové křivky osnovní pleteniny 3B (20 ř/cm) při jednoosém namáhání, tvar strukturálních jednotek pleteniny

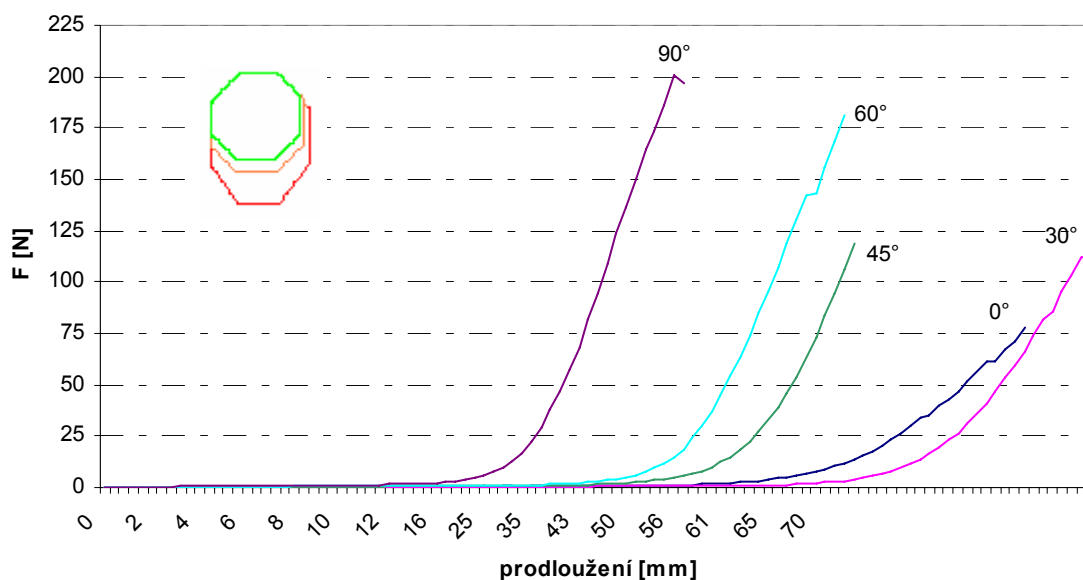
Z tahových křivek osnovní pleteniny 3B (15 ř/cm) při jednoosém namáhání vzorků, se vzhledem k změně délky nitě v očku změnila i vlastnosti. Vzorek ve směrové tažnosti  $0^\circ$  je stále nejpevnější, ale postupně klesá. Ve směrové tažnosti  $90^\circ$  pevnost stále přetrvává a tažnost se postupně snižuje. Zvýšila se také pevnost ve směrové tažnosti vzorku  $60^\circ$  (blízké podélnému směrové tažnosti  $90^\circ$ ). U vzorků ve směru  $30^\circ$  se zvýšila tažnost a snížila pevnost.

### ROZTEČ ŘÁDKŮ A SLOUPKŮ OSNOVNÍ PLETENINY 3 C



**Graf 23.** Rozteče řádků (c) a sloupků (w) pleteniny o hustotě 10 ř/cm (C)

### Tahové křivky osnovní pleteniny 3C



**Graf 24.** Tahové křivky osnovní pleteniny 3C při jednoosém namáhání, tvar strukturálních jednotek pleteniny

Se změnou hustoty u vzorku 3C (10 ř/cm) osnovní pleteniny se snižují i vlastnosti a to jak tažnost i pevnost. U směru 0° se pevnost snížila a tažnost zvýšila. Ve směrové tažnosti 90° se stala pletenina nejpevnější a postupně s klesající směrovou tažností klesá i pevnost pleteniny.

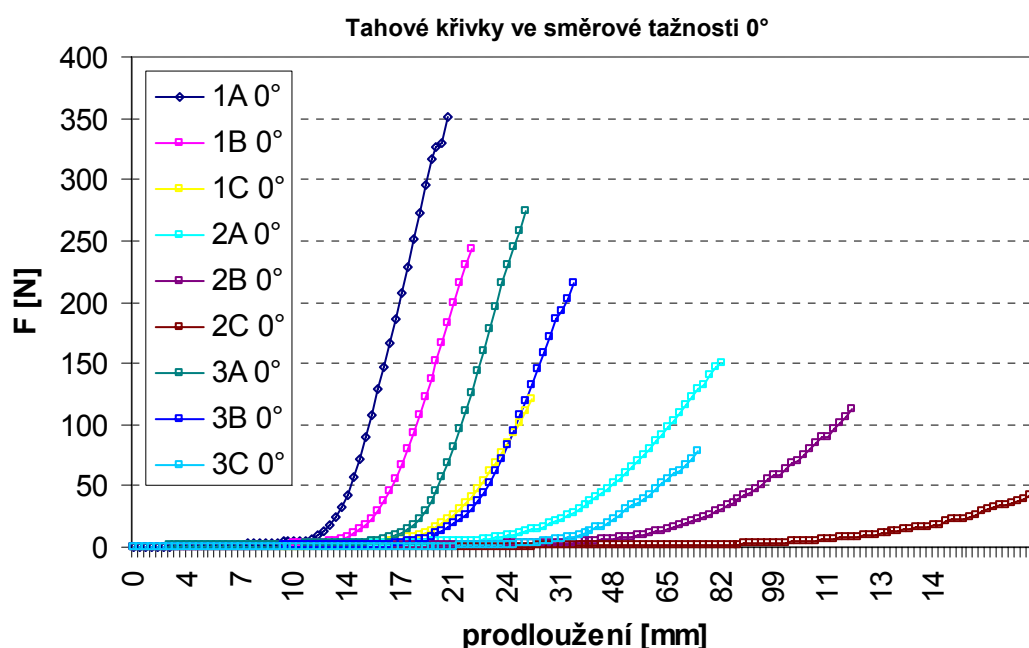
## Vyhodnocení osnovní pleteniny vazby číslo tři při jednoosém namáhání

Z grafu roztečí je vidět, že se pletenina se výrazně sráží v obou směrech (relaxovaný stav). Se snížením hustoty klesá hodnota směrové přetrhové pevnosti a naopak narůstá hodnota směrové tažnosti. Lze si to vysvětlit tím, že při větší hustotě se na protažení v daném směru podílí větší počet strukturálních jednotek, tzn. i větší počet nití a tím se zvýší směrová přetrhová pevnost. Naopak čím je řidší struktura vzorku, spojovací kličky mají větší možnost posuvu ve směr namáhání a tím se zvyšuje směrová tažnost.

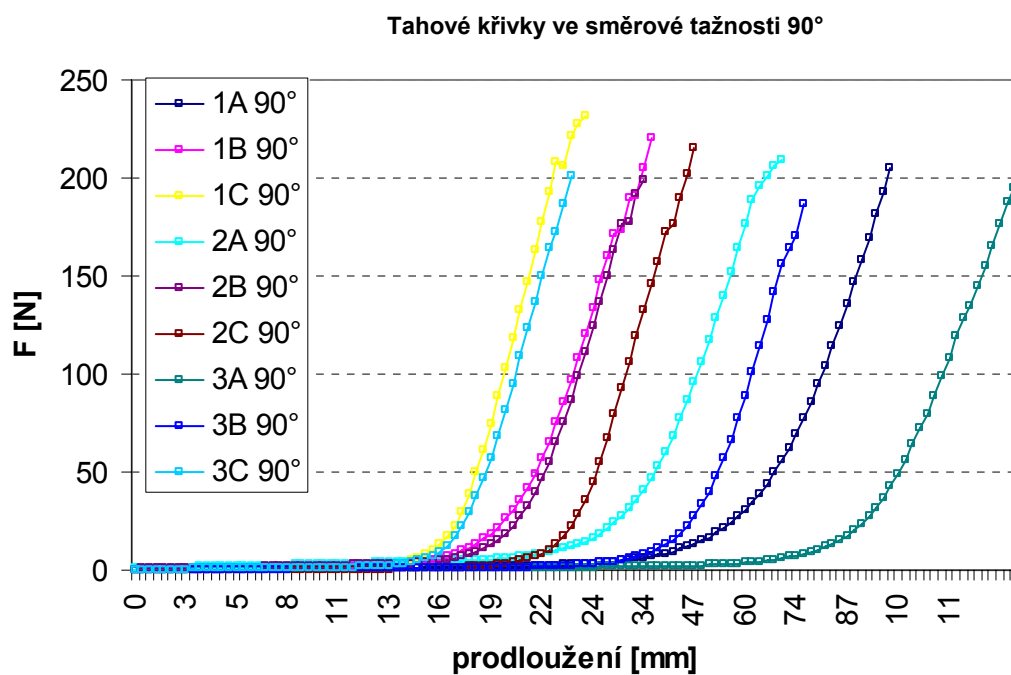
Tuto skutečnost si lze vysvětlovat samotnou vazbou, která nedovolí takový vzájemný přesun z oček do spojovacích kliček.

### Tahové křivky osnovních pletenin všech vazeb

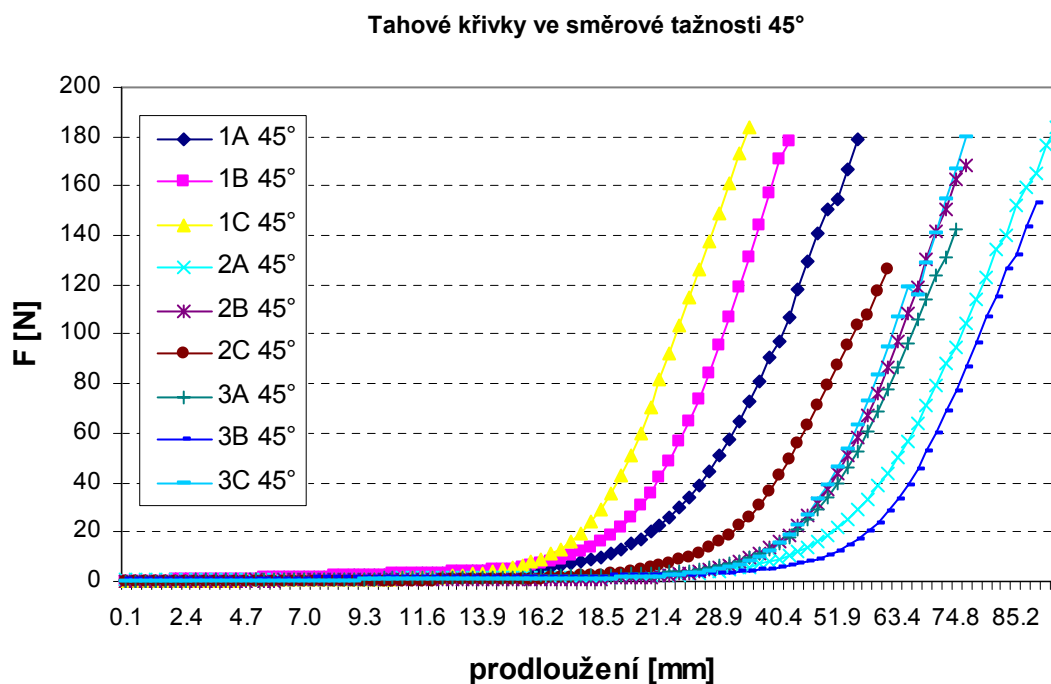
Pro větší přehled a porovnání jsou v následujících grafech zobrazeny všechny hustoty všech vzorků ve směrových tažnostech 0°, 90° a 45°.



**Graf 25.** Tahové křivky osnovní pleteniny všech vazeb a hustot v podélném směru při jednoosém namáhání



**Graf 26.** Tahové křivky osnovní pleteniny všech vazeb a hustot v příčném směru při jednoosém namáhání



**Graf 27.** Tahové křivky osnovní pleteniny všech vazeb a hustot ve směr. tažnosti 45° při jednoosém namáhání

## **Závěrečné shrnutí tahových křivek vzorků všech osnovních pletenin**

**Pletenina 1A odtahu 20 ř/cm - kombinace trikotového kladení a delšího uzavřeného kladení.** Z tahových křivek lze vyvodit hypotézu dle navržené konstrukce vazby pleteniny, že vzhledem k postupné změně směru má pletenina větší tažnost ve směru sloupků a pevnost ve směru řádků (sukno). Se změnou hustoty odtahu **15 ř/cm** (1B) se mění u osnovní pleteniny i její vlastnosti. Nejpevnější je vzorek pleteniny ve směru řádků  $0^\circ$ , ale postupně ve směru do  $45^\circ$  se snižuje. Tažnost vzorku ve směru  $60^\circ$  přetrvává, ale zvýšila se pevnost. Ve směru  $90^\circ$  se tažnost snižuje a získává větší pevnost. S další změnou hustoty osnovní pleteniny odtahu **10 ř/cm** (1C) se pevnost ve směru  $0^\circ$  podstatně snížila a zvýšila se její tažnost. Ve směru  $60^\circ$  je pletenina stále tažná a ve směru  $90^\circ$  je pletenina nejpevnější. To je dáno tím, že se mění rozteč řádků, ale rozteč sloupků se příliš nezměnila. To znamená, že u pleteniny se změnou hustoty se zvětšovala velikost strukturálních jednotek ve směru sloupků, a zužovala se ve směru řádků. Strukturální jednotky se při jednoosé deformaci paralelizují (sousední vazné body se začnou dotýkat), zvýší se tahová síla a pevnost vzorku se snižující hustotou stoupá.

**Pletenina 2A odtahu 20 ř/cm - kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení (2-1).** Z tahových křivek při jednoosém namáhání ve všech směrech lze vyvodit hypotézu, že pletenina je dostatečně tažná. Vzhledem k postupné změně směrové tažnosti má pletenina nepatrně větší tažnost ve směru řádků a pevnost ve směru sloupků.

Změnou hustoty u osnovní pleteniny odtahu **15 ř/cm** (2B) pevnost ve směru řádků  $0^\circ$  postupně klesá a je více tažná (zvětšení strukturálních jednotek, vzrůstající rozteč sloupků, větší délka nitě v očku). Ve směru sloupků  $90^\circ$  je stejně pevná a tažná, vzhledem k urovňání otvorů v podélném směru, kde se začnou dotýkat vazné body. U směrové tažnosti  $45^\circ$  a  $60^\circ$  je pletenina stále pevná a stává se více tažnou. Ve směru  $30^\circ$  je pletenina stejně pevná i tažná (tahové síly nitě v osnovní pletenině). S další změnou hustoty osnovní pleteniny odtahu **10 ř/cm** (2C) se snižují i vlastnosti a to jak tažnost, tak i pevnost. Pevnost ve směru  $0^\circ$  je poměrně nízká a naopak tažnost je poměrně vysoká, vzrůstem délky nitě v očku a posunem vazných bodů. Ve směrové tažnosti  $90^\circ$  je pletenina vzhledem k ostatním směrovým tažnostem pletenin stále pevná.

**Pletenina 3A odtahu 20 ř/cm kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení (2-2).** Z tahových křivek při jednoosém namáhání lze vyvodit hypotézu, že vzhledem k postupné změně směrové tažnosti má pletenina větší tažnost ve směru sloupků a pevnost ve směru řádků (konstrukcí vazby, dlouhé spojovací kličky, postupné kladení přes dvě jehly).

Ve směrové tažnosti od 0° pevnost klesá, ale ve směru do 90° pevnost roste. Se směrovou tažností od 0° do 90° se postupně zvětšuje i její tažnost. Z tahových křivek osnovní pleteniny odtahu **15 ř/cm (3B)** při jednoosém namáhání vzorků, se vzhledem k změně délky nitě v očku změnila i vlastnosti. Vzorek ve směrové tažnosti 0° je stále nejpevnější, ale postupně klesá. Ve směrové tažnosti 90° pevnost stále přetrvává a tažnost se postupně snižuje. Zvýšila se také pevnost vzorku ve směru 60° (blízké směrové tažnosti 90°). U vzorků ve směru 30° se zvýšila tažnost a snížila pevnost. Se změnou hustoty u vzorku 3C (**10 ř/cm**) osnovní pleteniny se snižují i mechanické vlastnosti a to jak tažnost i pevnost. Ve směru 0° se pevnost snížila ze a tažnost zvýšila. čestina Ve směrové tažnosti 90° se stala pletenina nejpevnější a postupně s klesající směrovou tažností klesá i pevnost pleteniny.

**Poznámka:** Při experimentálním provedení zkoušek bylo zjištěno, že statistické hodnoty neodpovídají následným vztahům, dochází zřejmě k dalším faktorům, které si zatím nelze vysvětlit a které ovlivňují konečné výsledky (příloha).

**Střední hodnota**  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$     **Směrodatná odchylka**  $s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\bar{x} - x_j)^2}$

**Variační koeficient**  $v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100[\%]$ ,

kde  $x_i$  značí naměřenou hodnotu,  $n$  počet měření.

### 3.6. Metodika pro 3D tvarování pomocí upínacích trnů

Pod pojmem metodika rozumíme právě onen prostředek, jehož "používáním" můžeme dosáhnout splnění vytyčeného cíle, v tom nejobecnějším smyslu. Vyžaduje vždy určitou posloupnost dílčích kroků, ke každému z nich pak mohou existovat i odpovídající nástroje, s jejichž pomocí lze kýženého efektu dosáhnout.

Posléze je možné použít nejrůznější metody, které se snaží popsat činnosti a úkony nutné k vyřešení konkrétního problému.

**Pro tvarování je tažnost jedna z nejdůležitějších vlastností, protože textilie se musí přizpůsobit novému tvaru, aniž by došlo k jejímu porušení.** Při tvarování dochází k velké deformaci strukturálních jednotek – otvorů. Lze říci, že filetové vazby osnovních pletenin s malou hustotou mají schopnost výrazně měnit tvar a rozměry strukturálních jednotek. Tím také mohou ovlivnit velikost tažnosti 3D hloubek. **Tvarování vyžaduje podstatnou směrovou roztažnost pleteniny.**

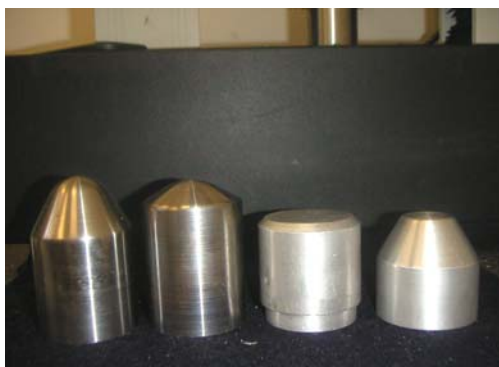
## Forma konstrukce pro 3D tvarování

Pro 3D tvarování pletenin, tedy prostorové tvarování pomocí upínacích trnů se používá dvou základních částí, tj. forma a konstrukce.

**Upínací trn** (obr.29) má tvar válce, jenž na jednom konci je vybrání pro uložení trnu a na druhém konci má trn určitý tvar. Těchto trnů může být několik variant.

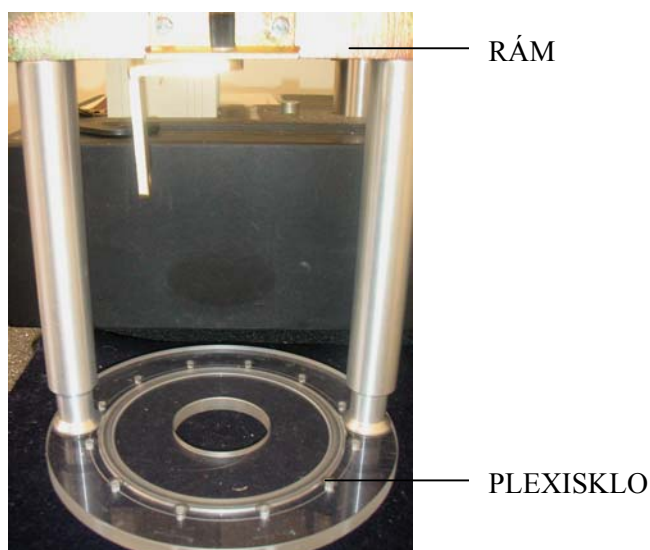
Trny můžeme rozdělit, např. podle:

- velikosti (průměr),
- tvaru (zkosení a zakulacení),
- materiálu.



Obr. 29 Upínací trny se stejným koeficientem tření

**Konstrukce** (obr.30) je spojení (smontování) několik částí v pevný celek. V tomto případě se jedná o spojení dvou dílů. Vrchní díl konstrukce je vyrobený ze železného rámu a spodní díl je vyrobený z plexiskla ve tvaru kruhu. Ve spodním díle (plexiskle) je otvor, kterým bude pletenina protlačována pomocí trnu a vyfrézována drážka pro upnutí pleteniny. Plexisklo se vyznačuje výbornou tolerancí v síle materiálu.



Obr. 30 Konstrukce pro 3D tvarování osnovních pletenin

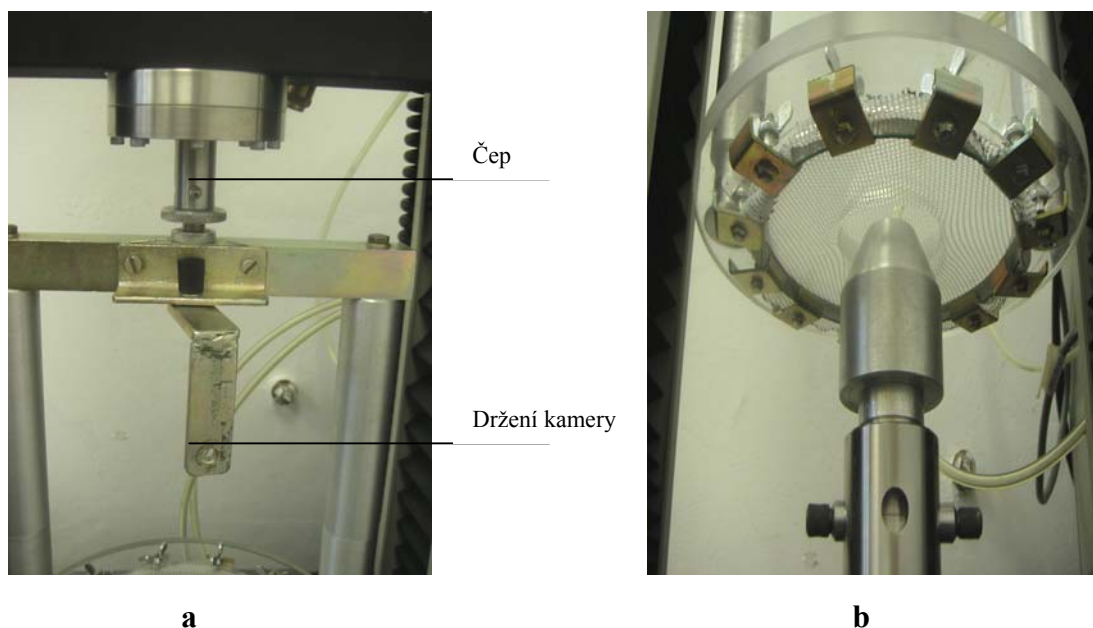
## Příprava vzorků a nastavení přístroje

1. Z každé osnovní pleteniny se vystříhne 6 vzorků o průměru 188 mm (168 mm je průměr vyfrézované drážky a 20 mm pro upnutí).
2. Osnovní pletenina se pomocí upínacího kroužku a svorek upne k plexisklu (obr.31) tak, aby nedošlo k prokluzu osnovní pleteniny. Pokud by pletenina proklouzla, zkouška by byla považována za neplatnou.



**Obr. 31** Upnutí upínacího kroužku k plexisklu

3. Konstrukce se upne pomocí čepu do pneumatických čelistí INSTRONU (obr.32 a) a stabilizuje se, aby nedošlo k nežádanému vyklonění konstrukce o neurčitý úhel (následná změna vlastností).
4. Upínací trn s vybráním ze spodní strany se uloží (zajistil pomocí čepu) na základní desku INSTRONU (obr.32 b).



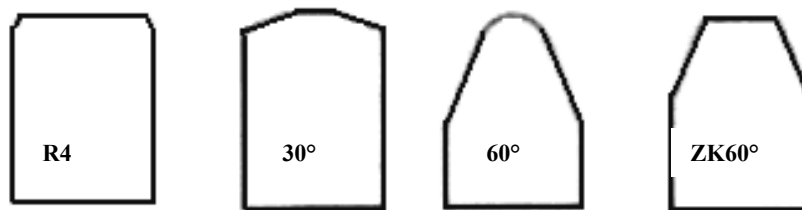
**Obr. 32** a) Upnutí konstrukce, b) Uložení upínacího trnu



5. Pomocí směrového tlačítka UP/DOWN se nastaví nulová poloha příčnicku, aby pletenina byla těsně nad trnem, viz. obr a v příslušném programu (CYCLIC) se nastaví parametry měření.

### 3.7. Měření pevnosti a tažnosti osnovní pleteniny pomocí 3D tvarování

Na zkoušku byly použity čtyři svým tvarem si podobné upínací trny (obr.33) o průměru 56 mm. Velikost byla volena s ohledem na možnost sledovat a zaznamenat změny struktury v závislosti na tvaru trnů.



Obr. 33 Použité tvarovací trny

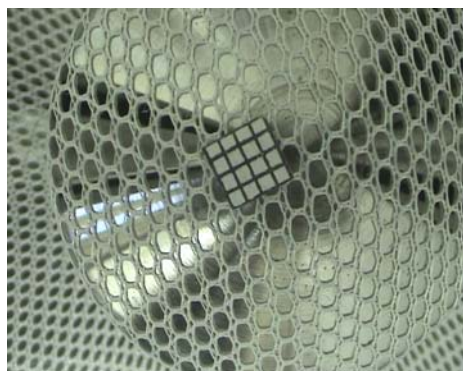
### Parametry trhacího přístroje INSTRON 4411

- dovolené zatížení 5N, 10N, 100N, 5000N,
- rychlost posuvu příčnicku  $0,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1} - 500 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ,
- rychlost posuvu příčnicku  $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  (ON 80 0849),
- zpětný rychloposuv  $600 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ,
- maximální hloubka posuvu - 60 mm.

### Průběh zkoušky

Konstrukce se pomocí příčnicku pohybuje směrem dolů a postupně dochází k protlačování osnovní pleteniny až do stanovené hloubky 60 mm (obr.23 b). Potom se rychloposuvem vrací zpět do nulové polohy. Po následné výměně vzorku se celý cyklus opakuje (hloubka zatěžování byla volena dle možnosti přípravku a navržených trnů).

Průběh zkoušky v závislosti prodloužení [mm] na síle [N] je monitorován počítačem, který je připojen k INSTRONU a pomocí kamery jsou snímány otvory osnovní pleteniny během postupného zatěžování (obr 23 a).



**a**



**b**

**Obr. 34** a) Snímání změny velikosti otvorů osnovní pleteniny filetové vazby pomocí kamery, b) Postupné protlačování osnovní pleteniny trnem

### **Snímání strukturálních jednotek kamerou**

Snímání změn struktury při 3D deformaci pomocí kamery se osvědčilo především z makro - pohledu. U jednotlivých vazeb nelze sledovat jednotlivá očka, ale pouze případné otvory. Je zřejmé, že se zatížením se bude plocha otvorů zvětšovat. Snímky osnovních pletenin se převedly pomocí softwaru na fotografie. Bylo proměřeno 10 otvorů a z nich byla stanovena průměrná hodnota. Výsledkem snímání struktury při zkoušce protahování jsou grafické záznamy délek, výšek a obvodů při zatěžujících krocích po 50 N, 100 N a 200 N. V příloze jsou uvedeny všechny grafy.

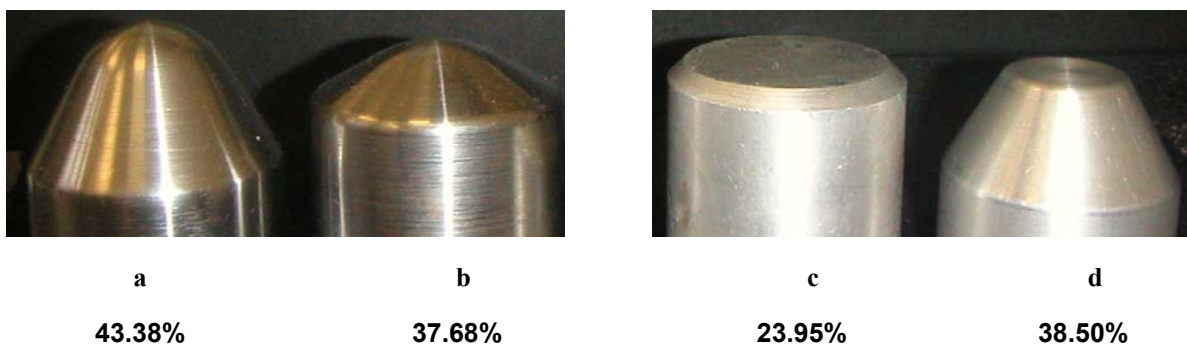
Začíná vazbou číslo jedna (kombinace trikotového kladení a delšího uzavřeného kladení) v pořadí trnů 60° se zakulacenou špičkou, 30° se zkosenou špičkou, R4 a 60° se zkosenou špičkou. Dále vazbou číslo dvě (kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení 2-1) a vazbou číslo tři (kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení 2-2) ve stejném pořadí trnů.

### Předpokládaná tažnost při 3D tvarování

Při zatěžování textilií použitými trny můžeme předpokládat určitou tažnost v závislosti na tvaru trnu. Tuto tažnost můžeme spočítat jako poměr z plochy upevněné pleteniny a plochy dle tvaru trnu.

Upevnění pleteniny v kruhovém přípravku:  $D = 168 \text{ mm}$ .

Průměr trnu:  $d = 56 \text{ mm}$ .

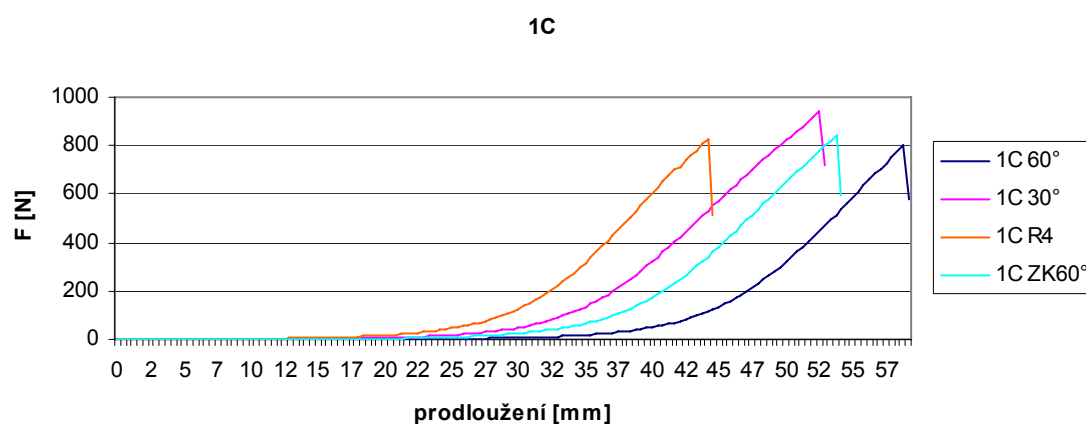
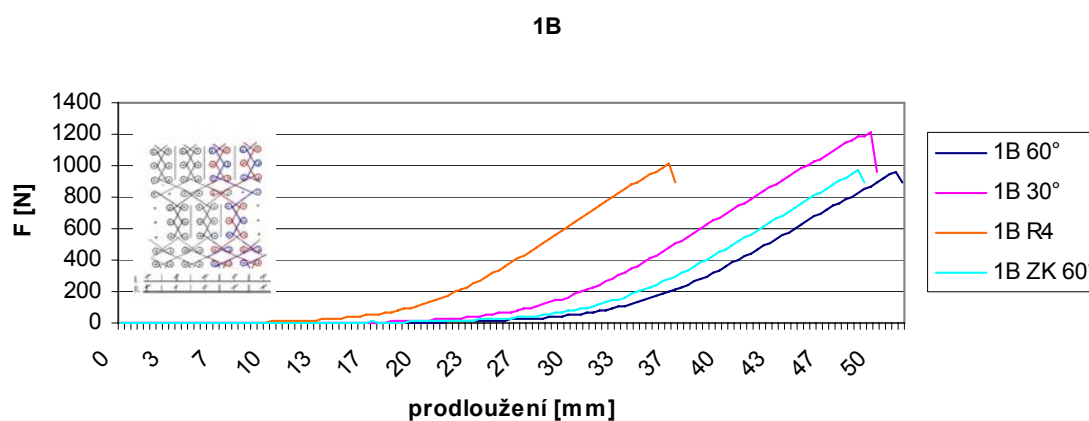
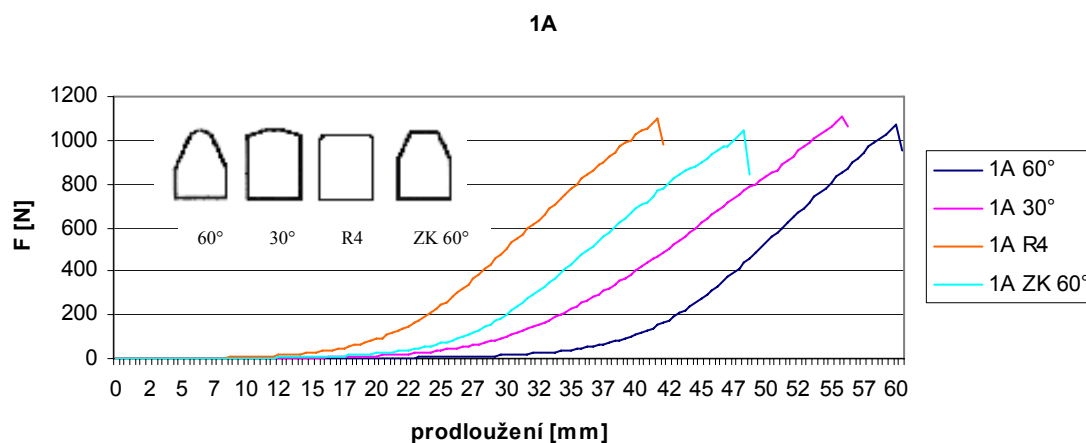


Obr. 35 Navržené trny pro 3D tvarování a jejich předpokládané tažnosti

Na obrázku jsou vidět tyto předpokládané tažnosti (od největší po nejmenší tažnost). Největší předpokládanou tažnost má trn a 43,38 % (kuželový trn 60° se zakulacenou špičkou), dále trn d 38,5 % (kuželový trn 60° se zkosenou špičkou), trn b 37,68 % (trn 30° se zakulacenou špičkou) a nejmenší předpokládanou tažnost má trn c 23,95 % (R4).

## Porovnání tahových křivek vazby č.jedna při 3D tvarování

Vzhledem k velkému počtu měření jsou tahové křivky osnovních pletenin pro 3D deformaci vyhodnoceny v každém grafu tak, aby byl získán přehled, jaké mají pleteniny vlastnosti při protlačování navrženými trny.



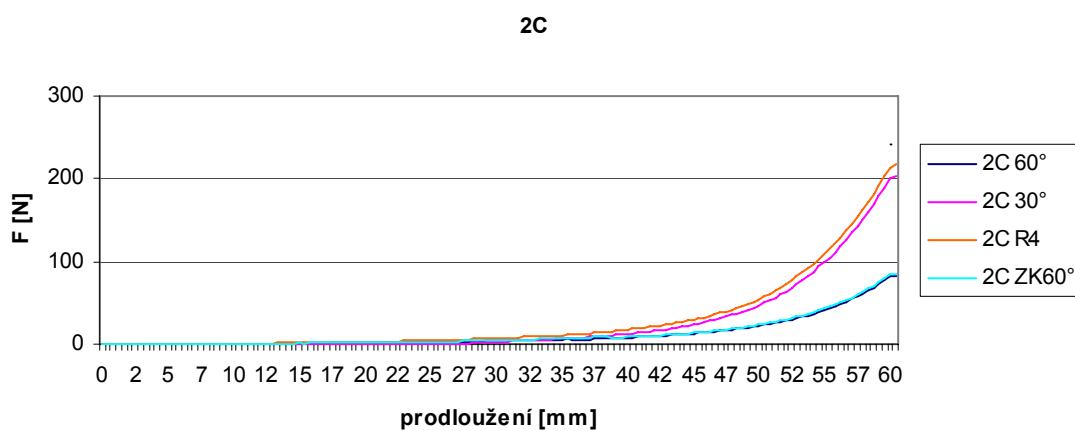
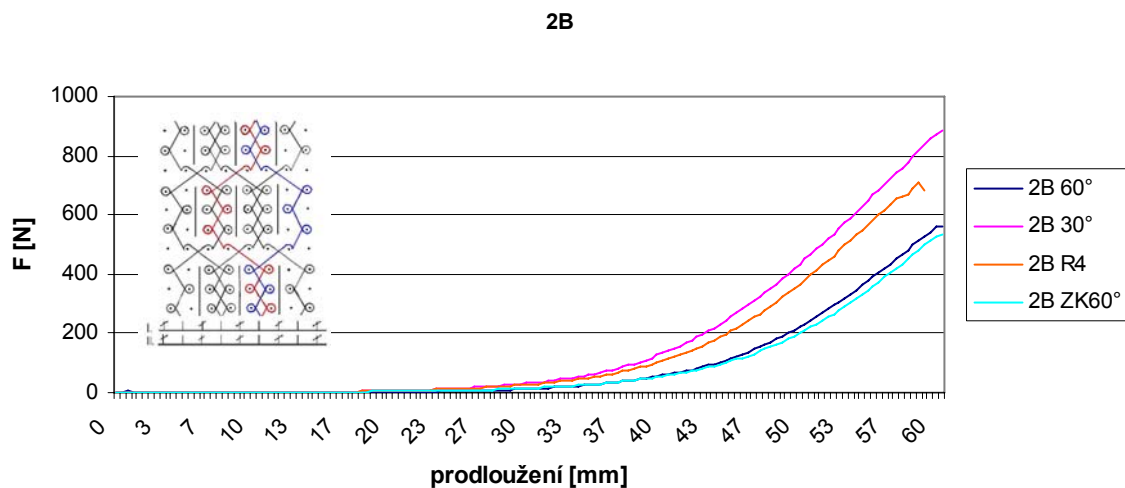
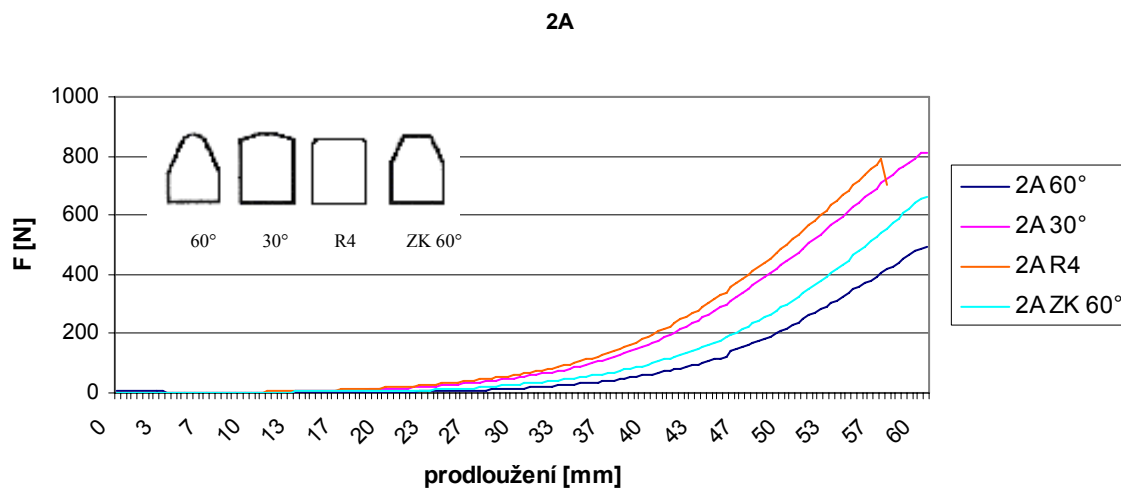
## **Vyhodnocení tahových křivek vazby č. jedna při 3D tvarování (kombinace trikotového kladení a delšího uzavřeného kladení)**

Z tahových křivek osnovní pleteniny 1 A (20 ř/cm) je vidět, že všechny pleteniny mají poměrně stejnou pevnost. Tažnost pleteniny je dána plochou trnu, která působí na pleteninu. Čím je tvar trnu více zkosený a zakulacený, tím je pletenina při deformaci trnem více tažná. Je to dáno tím, že trn má zakulacené hladké hrany, pletenina má lepší možnost tření. Kuželový trn se zkosenou špičkou 60° má sice menší plochu pro deformaci osnovní pleteniny, ale opět zkosením o hranu dojde k omezenému tření vazných bodů mezi sebou a pletenina tím ztrácí tažnost. Důkazem tohoto tvrzení je trn se zakulacenou špičkou 60°, kdy je osnovní pletenina při této deformaci stejně pevná a více tažná.

Se změnou hustoty dochází ke změně vlastností osnovní pleteniny 1B (15 ř/cm) při deformaci navrženými trny. Změnou roztečí, délky nitě v očku a rozměry strukturálních jednotek je pletenina více tažná a méně pevná. Prokazatelné je to u všech trnů, kromě trnu se zkosenou špičkou 30°, kde pletenina má největší pevnost. U kuželového trnu se zkosením 60° se změnou hustoty snížila pevnost. Změnou rozměrů pleteniny se pletenina stává více tažnou, dochází ke snížení tahových sil a pletenina se přes deformovatelnou plošku lépe formuje. U kužele se zakulacenou špičkou má pletenina téměř stejnou pevnost, ale je více tažná. Je to dáno charakteristickou zakulacenou špičkou kužele.

Se změnou hustoty osnovní pleteniny 1C (10 ř/cm) při deformaci trnem se vlastnosti osnovní pleteniny mění. Pleteniny jsou méně pevné, ale více tažné. Největší pevnost má osnovní pletenina při deformaci protlačovaným trnem se zkosenou špičkou 30°. Při protlačování pleteniny ostatními trny je pevnost osnovní pleteniny poměrně stejná. Nejmenší tažnost má pletenina při deformaci trnem R4 a největší tažnost má pletenina při deformaci kuželovým trnem se zakulacenou špičkou 60°.

## Porovnání tahových křivek vazby č. dvě při 3D tvarování



## **Vyhodnocení tahových křivek č. dvě při 3D tvarování (kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení)**

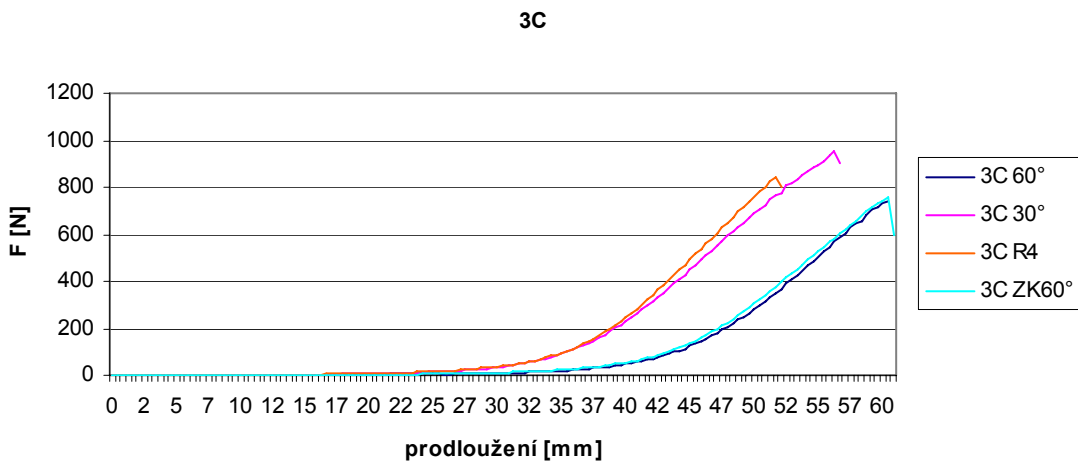
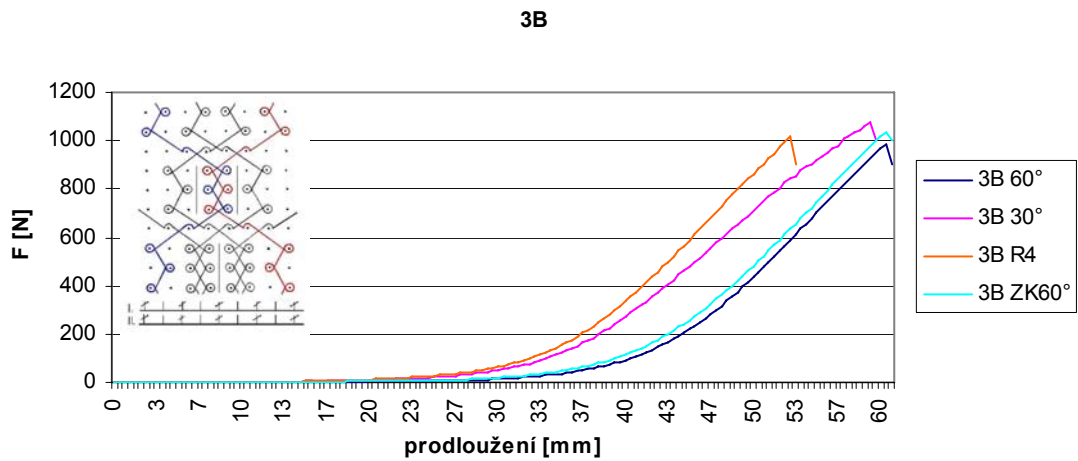
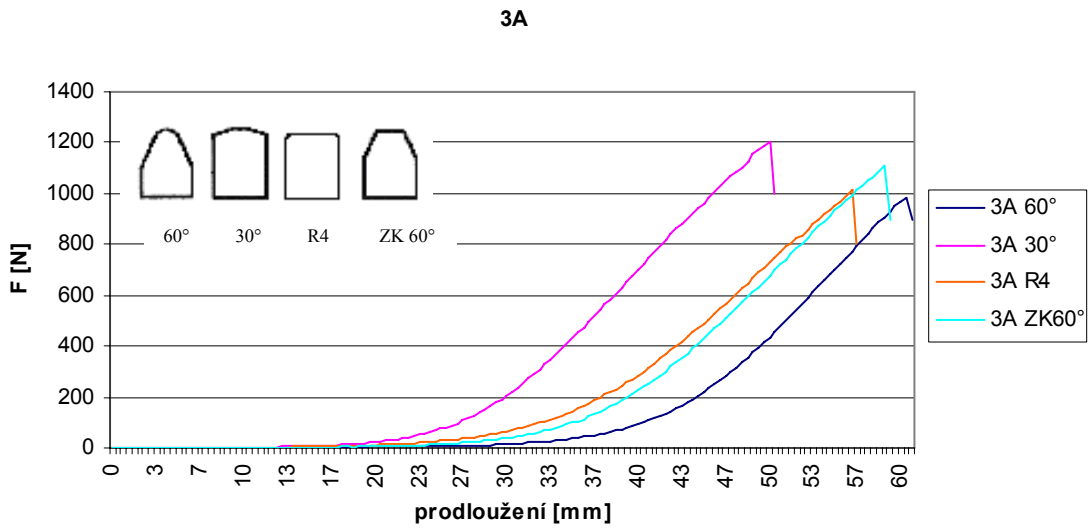
U všech deformovaných pletenin je vidět, že pleteniny jsou poměrně tažné. Jelikož byla pletenina deformována do hloubky 60 mm nedocházelo u těchto pletenin k destrukci, ale pouze k protažení. K destrukci došlo pouze u trnu R4 hustoty A,B.

Z tahových křivek osnovní pleteniny 2 A (20 ř/cm) je vidět, že tažnost pleteniny je ovlivněna tvarem trnu. Trn R4 je také charakteristický tím, že má zkosení a pletenina je deformována přes dvě ostré hrany. Hrany způsobí horší tření pleteniny a dojde také k omezení tahových sil nití osnovní pleteniny. Trn se zkosením 30°, při kterém je pletenina o něco více tažná. Je to dáno tím, že trn má hladké hrany a v pletenině je lepší možnost tření mezi vaznými body. U kuželových trnů se zakulacenou a zkosenou špičkou 60° je tažnost pleteniny téměř stejná.

Se změnou hustoty dochází ke změně vlastností osnovní pleteniny 2B (15 ř/cm) při deformaci navrženými trny. Změnou roztečí, délky nitě v očku a rozměry strukturálních jednotek je pletenina více tažná. Dochází ke snížení tahových sil a pletenina se přes deformující plošku lépe formuje. U kuželů se zkosenou a se zakulacenou špičkou má pletenina téměř stejné vlastnosti.

Se změnou hustoty osnovní pleteniny 2C (10 ř/cm) se mechanické vlastnosti osnovní pleteniny hodně mění. Pleteniny jsou více tažné.

## Porovnání tahových křivek vazby č. tři při 3D tvarování





## **Vyhodnocení tahových křivek vazby č. tři při 3D tvarování (kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení 2-2)**

Z tahových křivek osnovní pleteniny 3A (20 ř/cm) je vidět, že tažnost pleteniny je dána plochou trnu, která působí na pleteninu. Čím je tvar trnu více zakulacený, tím je pletenina při deformaci trnem více tažná. Největší pevnost má pletenina při deformaci trnem se zakulacenou špičkou 30°. Je to dáno velkou plochou trnu při deformování osnovní pleteniny. Trn je také charakteristický tím, že má hladké zakulacené hrany. To má velký vliv i na tažnost osnovní pleteniny, která má lepší možnost tření o trn. Kuželový trn se zkosenou špičkou 60° má sice menší plochu pro deformaci s pleteninou, ale zkosením o hranu dojde k omezenému tření nití mezi vaznými body v pletenině a tím také dochází k omezení tažnosti. Rovněž u osnovní pleteniny, kdy je pletenina deformovaná trnem R4, ztrácí pevnost a tažnost. Je to způsobeno ostrou hranou, která sníží tah nití v pletenině, poškodí vlákna a dojde k destrukci pleteniny dříve. Kuželový trn se zakulacenou špičkou 60° má téměř stejnou pevnost, ale větší tažnost.

Se změnou hustoty dochází ke změně vlastností osnovní pleteniny 3B (15 ř/cm) při deformaci navrženými trny. Změnou roztečí, délky nitě v očku a rozměry strukturálních jednotek se u protlačovaného trnu se zakulacenou špičkou 30° a R4 snížila pevnost a zvýšila tažnost. U deformování pleteniny trny se zkosenou a zakulacenou špičkou 60° jsou vlastnosti osnovní pleteniny vlastnosti téměř stejné.

Se změnou hustoty osnovní pleteniny 3C (10 ř/cm) se vlastnosti osnovní pleteniny změnilly. Pleteniny jsou méně pevné, ale více tažné. Největší pevnost má osnovní pletenina při deformaci protlačovanými trny se zkosenou špičkou 30° a R4. Při protlačování pleteniny kuželovými trny 60° jsou vlastnosti osnovních pletenin stejné.

### **Statistické vyhodnocení**

V následujících tabulkách jsou uvedeny průměrné hodnoty pevnosti pleteniny při 3D tvarování. Jelikož byla pletenina deformovaná do hloubky 60 mm, u některých pletenin nedocházelo k destrukci, ale došlo jen k „protažení“ pleteniny. Toto protažení se opakovalo u pleteniny číslo 2 (kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení 2-1) všech hustot a všech trnů (mimo 2A R4, 2B R4). Celkové statistické vyhodnocení při 3D tvarování v příloze 3.

TRN 60° F [N]			TRN 30° F [N]		
1A 60°	1B 60°	1C 60°	1A 30°	1B 30°	1C 30°
1074.77	972.33	810.3	1257.18	1208.6	939.4
3A 60°	3B 60°	3C 60°	3A 30°	3B 30°	3C 30°
951.7	982.7	739.4	1202.1	1072.2	953.7

TRN R4 F [N]			TRN ZK 60° F [N]		
1A R4	1B R4	1C R4	1A ZK 60°	1B ZK 60°	1C ZK 60°
1116.1	1011.5	827.9	1057.6	957.4	846.1
2A R4	2B R4				
791.2	718.2				
3A R4	3B R4	3C R4	3A ZK 60°	3B ZK 60°	3C ZK 60°
1014.6	1016.7	846.1	1107.3	1036.2	755.6

Tabulka 3. Průměrné pevnosti pletenin při 3D tvarování

### Souvislosti týkající se jednoosého namáhání a 3D tvarování

Většina pletenin je přizpůsobivá povrchu tvarovaného tělesa. Rozměrová stabilita většiny osnovních pletenin je nízká. Pro prostorové tvarování je možné také tuto vlastnost hodnotit jako pozitivní.

Protože textilie se musí přizpůsobit novému tvaru, aniž by došlo k jejímu výraznému porušení, patří mezi nejcharakterističtější vlastnosti osnovních pletenin tažnost. Tažnost pletenin je výrazně závislá na hustotě pleteniny, tzn. že při tvarování dochází k její velké deformaci. Velký důraz je kladen na tažnost v jednotlivých směrech. Z rozmístění tahových křivek pro jednu hustotu a definovaných pěti směrů orientace vzorků lze jen předpokládat, jak se bude pletenina chovat při 3D tvarování.

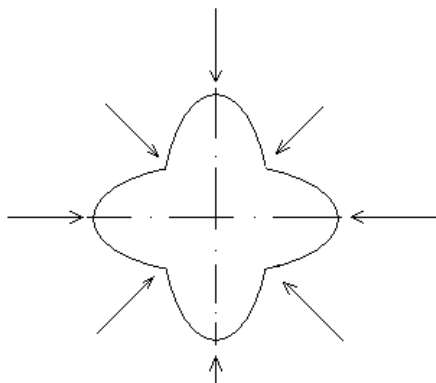
Ze získaných hodnot pevnosti a tažnosti osnovních pletenin u jednoosého namáhání se sestaví polární diagram. Ten nám vyjádří anizotropii mechanických vlastností osnovní pleteniny při jejím namáhání v tahu různými směry. Tím se předpokládá, že při prostorovém tvarování a jednoosém namáhání dochází ke snížení hodnoty tažnosti v jednom směru na úkor ve směru jiném.

### Návrh vlastního tvaru protlačovaného trnu z hlediska využití tažnosti pletenin

Podle předpokladu TRČKOVÉ /12/ by se u podobných zkoumaných vazeb pro svoji větší tažnost ve směru sloupků, oproti řádkům spíše hodily trny ve tvaru elipsy. Elipsa by byla umístěna tak, že její delší poloměr by byl orientován ve směru větší tažnosti.

Podle mého předpokladu bych u navržených vazeb s ohledem na tažnost ve směru sloupků a řádků navrhl trn ve tvaru „zkřížených“ elips (obr. 37).

Osnovní pletenina by byla protlačována podle orientace sloupků a řádků na osy „křížového“ trnu. Zmenšila by se protlačovaná plocha deformace pleteniny a to bude mít určitý vliv na mechanické vlastnosti pleteniny (tažnost). Usuzuji podle skutečnosti, že změnou hustoty se mění vlastnosti pletenin, které také ovlivňují jejich mechanické vlastnosti. Tvrzením uvedu příklad, kdy u vazby číslo jedna (kombinace trikotového kladení s delším uzavřeným kladením) má pletenina při hustotě 20 ř/cm (A) největší pevnost ve směru řádků a při hustotě 10 ř/cm (C) má největší pevnost ve směru sloupků.



**Obr. 37** Vlastní návrh protlačovaného trnu

Dále lze předpokládat při otočení „křížového“ trnu o  $45^\circ$  (např. mezi osu sloupků a řádků), že se změní mechanické vlastnosti pletenin. Anizotropie při jednoosém namáhání by se vykompenzovala a zvýšila by se tažnost osnovních pletenin při 3D deformaci. Natočení trnu by se posuzovalo podle anizotropie osnovních pletenin při jednoosém namáhání, kterou zjistíme pomocí vyhodnocení polárního diagramu u jednoosého namáhání..

Tímto se předpokládá, že by pomocí tohoto tvaru trnu (i při otočení o  $45^\circ$ ) byly zajištěny stejné podmínky měření pro různé typy vazeb a zvýšila by se tažnost osnovních pletenin při 3D deformaci. Tento předpoklad nebyl ověřen.

## 4. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo u navrhnutých podobných filetových pletenin zjistit jejich mechanicko-fyzikální vlastnosti vzhledem ke změně geometrických vlastností, přičemž hypotéza byla potvrzena.

### Přehledné shrnutí:

- všechny pleteniny byly vyrobeny na stejném typu stroje KOKET 5223 (E<sup>4</sup> 18),
- měnila se hustota 20, 15, 10 ř/cm,
- nejvíce se změnila hustota při relaxačním procesu u pleteniny číslo 2 (kombinace trikotového a delšího otevřeného kladení 2-1),
- rozdílné mechanické vlastnosti dané způsobem kladení,
- pro více tažnou pleteninu doporučuji otevřené kladení s hustotou 15 ř/cm a naopak pro více pevnou pleteninu doporučuji uzavřené kladení s hustotou 20 ř/cm,
- stejný vliv při 3D tvarování, se snižující hustotou je pletenina více tažná.

U pletenin s největší hustotou byla pletenina více tažná ve směru sloupků a u pletenin s nejmenší hustotou byla pletenina více tažná ve směru řádků. Pro zjištění mechanických vlastností byla použita metoda jednoosého namáhání a 3 D tvarování osnovních pletenin.

Pletenina číslo jedna (kombinace trikotového kladení a delšího uzavřeného kladení) byla ze všech pletenin nejpevnější a při 3D tvarování docházelo ke konečné destrukci. Pouze u pleteniny číslo dvě (kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení 2-1), jenž má vysokou tažnost byla pletenina pouze „protažená“ z důvodu omezení hloubky 60 mm (omezení přípravku). V diplomové práci je tato zkouška znázorněna v grafech pro přehled předpokládaných mechanických vlastností (strana 54). Pletenina číslo tři (kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení (2-2)) byla podle předpokládaného srážení pleteniny ve směru sloupků poměrně tažná a při 3D tvarování vždy došlo k destrukci pleteniny.

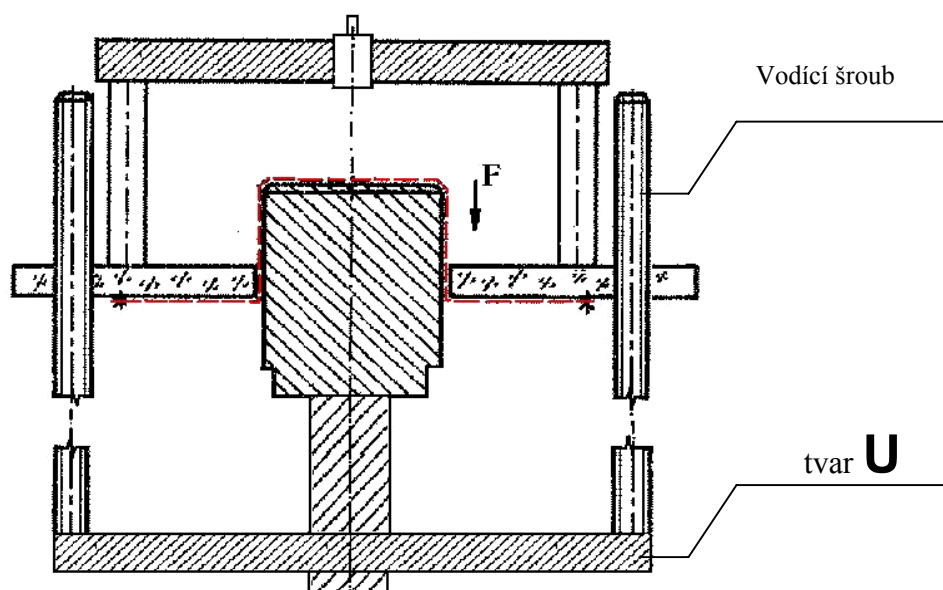
S ohledem na vliv geometrických a mechanických vlastností osnovních pletenin byl navržen tvar trnu s předpokladem větší tažnosti těchto navrhnutých vazeb osnovních pletenin.

K přesnějšímu měření mechanických vlastností osnovních pletenin je navrhnut systém k zajištění stejných podmínek pro celou pleteninu.

#### 4.1. Návrh na úpravu přípravku pro 3D tvarování

Aby bylo zajištěno přesné měření, musí být zajištěny stejné podmínky měření. Při této zkoušce docházelo při manipulaci a upínání konstrukce formy do příčnicku k jejímu vyklánění o nepatrný úhel i když byla stabilita formy zajištěna maticí. To je míněno jako jeden z důvodů, proč docházelo k rozdílným výsledkům hodnot při této zkoušce (příloha).

Ke zlepšení stability formy a pro zajištění stejných podmínek pro všechny zkoušky je důležité konstantní vedení konstrukce formy. To by bylo zajištěno pomocnými vodíci šrouby (obr.35), které by byly pevně spojeny pomocí příčnicku do tvaru **U**.



Obr. 35 Zajištění konstantního vedení formy pomocí vodících šroubů

#### 4.2. Systém pro přesnější měření mechanických vlastností osnovních pletenin

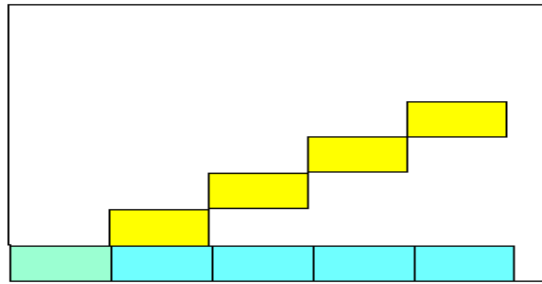
K zajištění přesnějšího měření osnovních pletenin je navržen systém klimatizace pletenin a stříhání vzorků.

##### **Klimatizace pleteniny**

Při manipulaci pletenin dojde např. k jejímu pomačkání. Aby měla pletenina stejné vlastnosti, vloží se část pleteniny (dle zkoušených vzorků) na několik hodin do klimatizační komory. Výsledkem by měla být pleteniny téměř rovná (nepomačkaná).

##### **Systém stříhání vzorků**

První krok byl učiněn vložením pleteniny do klimatizační komory. Z norem ČSN 80 0810 (zjišťování pevnosti a tažnosti pletenin) je známo, že vzorky pletenin musí být stříhány 10 cm od kraje z důvodu stáčení okrajů.



**Obr. 36** Systém stříhání vzorků pletenin

K zjištění mechanických vlastností pleteniny by měly být vzorky stříhány po řádku (modře) nebo po diagonále (žlutě), aby byly zjištěny vlastnosti celé šíře osnovní pleteniny (obr.36). Kdyby byly vzorky pleteniny stříhány po sloupku, byly by zjištěny pouze vlastnosti pleteniny z nití (osnovy), ze které byla pletenina upletena.

## Použitá literatura:

- [1] Citovič, I.G.: Teoretické základy stabilizace procesu pletení, SNTL Praha 1989
- [2] Daněk, V.: Osnovní pletení, VŠST, Liberec 1984
- [3] Eiglová, V.: Vliv konstrukce filetového otvoru na tažnost osnovní vazby, Diplomová práce TU Liberec
- [4] Majer, V., Votánek, V.: Vazby osnovních pletenin, Praha 1970
- [5] Kettenwirk Praxis, 1/1999, 3/2004
- [6] Kočí, V.: Vazby pletenin, Praha 1980
- [7] Kováč, V.: Vazby pletenin, SNTL Praha 1980
- [8] Kovaříková, M.: Vazby a rozbory pletenin, SNTL Praha 1987
- [9] Kovář, R.: Struktura a vlastnosti textilií 2, TU Liberec
- [10] Plachá, I.: Charakteristika osnovní pleteniny – Struktura a mechanické vlastnosti, Disertační práce 2001
- [11] Pellová, M.: Diplomová práce TU Liberec, 2003
- [12] Trčková, Martina.: Víceosé deformace osnovních pletenin, TU Liberec 1999
- [13] ČSN 80 0810
- [14] ČSN 80 0810
- [15] ČSN EN ISO 2062

## Příloha

Tabulky statistických hodnot při jednoosém namáhání

<b>1A (20 ř/cm) kombinace trikotového a delšího uzavřeného kladení</b>			
<b>Směr</b>	<b>Statistické hodnoty</b>	<b>Pevnost [N]</b>	<b>Tažnost[%]</b>
0°	Průměr	391.7	53.89
	Směr. odchylka	18.7	1.89
	Variační koeficient	4.77	3.51
30°	Průměr	266.2	66.43
	Směr. odchylka	12.3	5.15
	Variační koeficient	4.64	7.75
45°	Průměr	213.6	81.99
	Směr. odchylka	17.5	2.65
	Variační koeficient	8.2	3.24
60°	Průměr	211.3	97.93
	Směr. odchylka	21.3	3.65
	Variační koeficient	10.08	3.72
90°	Průměr	267.9	125.4
	Směr. odchylka	16.9	6.6
	Variační koeficient	6.32	5.28
<b>1B (15 ř/cm) kombinace trikotového a delšího uzavřeného kladení</b>			
<b>Směr</b>	<b>Statistické hodnoty</b>	<b>Pevnost [N]</b>	<b>Tažnost[%]</b>
0°	Průměr	303.4	66.24
	Směr. odchylka	17.2	5.17
	Variační koeficient	5.66	7.81
30°	Průměr	265.2	77.11
	Směr. odchylka	8.2	4.91
	Variační koeficient	3.1	6.37
45°	Průměr	253.9	79.27
	Směr. odchylka	19.5	5.5
	Variační koeficient	7.66	6.94
60°	Průměr	250.7	81.34
	Směr. odchylka	18.6	4.37
	Variační koeficient	7.42	5.37
90°	Průměr	268.3	92.25
	Směr. odchylka	17	3.37
	Variační koeficient	6.35	3.65
<b>1C (10 ř/cm) kombinace trikotového a delšího uzavřeného kladení</b>			
<b>Směr</b>	<b>Statistické hodnoty</b>	<b>Pevnost [N]</b>	<b>Tažnost[%]</b>
0°	Průměr	176.2	100.2
	Směr. odchylka	16.8	5.7
	Variační koeficient	9.54	5.69
30°	Průměr	185.4	96.72
	Směr. odchylka	10	7.53
	Variační koeficient	5.37	7.79
45°	Průměr	210.4	84.86
	Směr. odchylka	17.5	3.61
	Variační koeficient	8.33	4.26
60°	Průměr	205	80.13
	Směr. odchylka	15.5	5.19
	Variační koeficient	7.55	6.47
90°	Průměr	251.1	69.24
	Směr. odchylka	20.6	3.34
	Variační koeficient	8.2	4.82



<b>2A (20 ř/cm) kombinace trikotového a delšího otevřeného kladení 2-1</b>			
Směr	Statistické hodnoty	Pevnost [N]	Tažnost[%]
0°	Průměr	171.3	105.1
	Směr. odchylka	4.7	3.82
	Variační koeficient	2.72	3.64
30°	Průměr	217.2	108.84
	Směr. odchylka	18.3	9.69
	Variační koeficient	8.04	8.9
45°	Průměr	227.42	103.6
	Směr. odchylka	17.4	4.98
	Variační koeficient	7.65	4.8
60°	Průměr	235.1	88.6
	Směr. odchylka	17.1	4.39
	Variační koeficient	7.27	4.95
90°	Průměr	251.1	93.26
	Směr. odchylka	13.52	3.58
	Variační koeficient	5.4	3.83
<b>2B (15 ř/cm) kombinace trikotového a delšího otevřeného kladení 2-1</b>			
Směr	Statistické hodnoty	Pevnost [N]	Tažnost[%]
0°	Průměr	133.7	131.8
	Směr. odchylka	6.8	4.5
	Variační koeficient	5.06	3.45
30°	Průměr	200.82	78.56
	Směr. odchylka	13.2	5.05
	Variační koeficient	6.64	6.4
45°	Průměr	200.8	90.05
	Směr. odchylka	7.82	2.38
	Variační koeficient	3.9	2.65
60°	Průměr	208.6	99.01
	Směr. odchylka	19.4	7.76
	Variační koeficient	9.32	7.84
90°	Průměr	242	71.62
	Směr. odchylka	13.8	3.95
	Variační koeficient	5.7	5.51
<b>2C (10 ř/cm) kombinace trikotového a delšího otevřeného kladení 2-1</b>			
Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Tažnost[%]
0°	Průměr	100.8	197.46
	Směr. odchylka	3.32	9.04
	Variační koeficient	3.29	4.57
30°	Průměr	157	133.8
	Směr. odchylka	8.8	2.8
	Variační koeficient	5.61	2.06
45°	Průměr	170.1	107.9
	Směr. odchylka	14	4.8
	Variační koeficient	8.21	4.44
60°	Průměr	178.8	117.9
	Směr. odchylka	8.4	5.3
	Variační koeficient	4.69	4.46
90°	Průměr	244.9	84.58
	Směr. odchylka	8.73	6.66
	Variační koeficient	3.6	7.87

<b>3A (20 ř/cm) kombinace trikotového a delšího otevřeného kladení 2-2</b>			
Směr	Statistické hodnoty	Pevnost [N]	Tažnost[%]
0°	Průměr	337	65.38
	Směr. odchylka	18.5	2
	Variační koeficient	5.23	3.06
30°	Průměr	250.3	74.19
	Směr. odchylka	13.3	2.73
	Variační koeficient	5.28	3.69
45°	Průměr	193.9	86.73
	Směr. odchylka	7.6	5.12
	Variační koeficient	3.93	5.9
60°	Průměr	226.6	107.1
	Směr. odchylka	16.5	5.48
	Variační koeficient	7.3	5.09
90°	Průměr	236.8	130.1
	Směr. odchylka	15.87	8.9
	Variační koeficient	6.7	6.87

<b>3B (15 ř/cm) kombinace trikotového a delšího otevřeného kladení 2-2</b>			
Směr	Statistické hodnoty	Pevnost [N]	Tažnost[%]
0°	Průměr	262	83.52
	Směr. odchylka	9.5	5.17
	Variační koeficient	3.61	6.19
30°	Průměr	209.6	89.27
	Směr. odchylka	16.4	8.79
	Variační koeficient	7.81	9.84
45°	Průměr	210.34	100.7
	Směr. odchylka	19.36	8.9
	Variační koeficient	9.2	8.84
60°	Průměr	292.8	93.35
	Směr. odchylka	15.9	6.34
	Variační koeficient	5.04	6.79
90°	Průměr	262.8	100.2
	Směr. odchylka	19.7	2.88
	Variační koeficient	7.5	2.88

<b>3C (10 ř/cm) kombinace trikotového a delšího otevřeného kladení 2-2</b>			
Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Tažnost[%]
0°	Průměr	168.74	118.06
	Směr. odchylka	10.24	7.25
	Variační koeficient	6.06	6.14
30°	Průměr	180.24	123.94
	Směr. odchylka	3.74	6.37
	Variační koeficient	2	5.14
45°	Průměr	217.9	95.49
	Směr. odchylka	11.55	4.08
	Variační koeficient	5.3	4.27
60°	Průměr	196.18	77.03
	Směr. odchylka	6.33	4.3
	Variační koeficient	3.23	5.59
90°	Průměr	230.1	59.67
	Směr. odchylka	8.75	2.66
	Variační koeficient	3.8	4.46

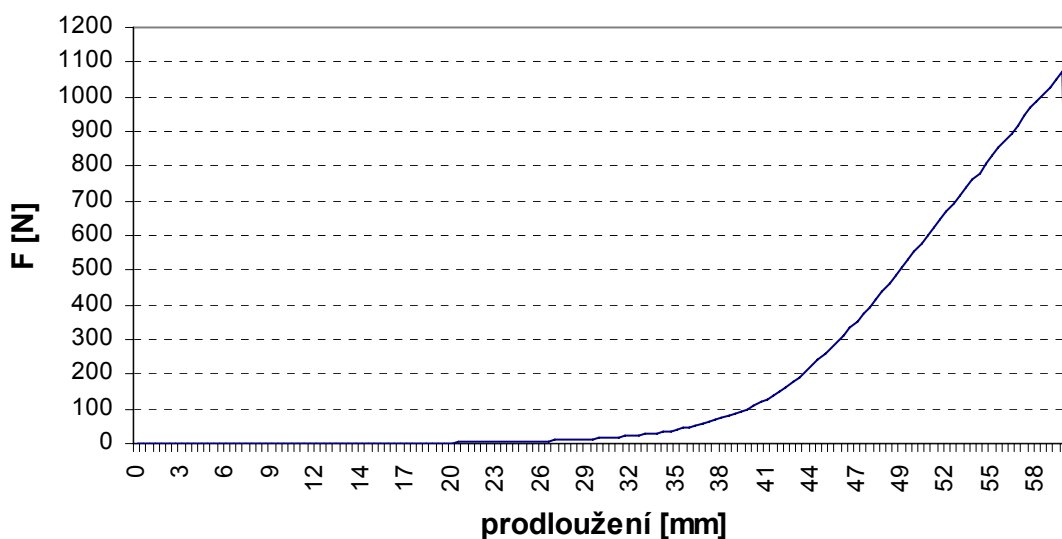
## Grafy 3D deformací trnů a snímaných otvorů

Pro přehlednost byly u vazby číslo jedna (kombinace kladení sukna a trikotu) měřeny dva otvory každý samostatně (V – velké, M – malé). Bylo proměřeno 10 filetových otvorů a z nich byla stanovena průměrná hodnota. Výsledkem snímání struktury při zkoušce protahování jsou grafické záznamy výšek, délek a obvodů při zatěžujících krocích po 50 N, 100 N a 200 N. V pořadí trnů 60° se zakulacenou špičkou, 30° se zkosenou špičkou, R4 a 60° se zkosenou špičkou.

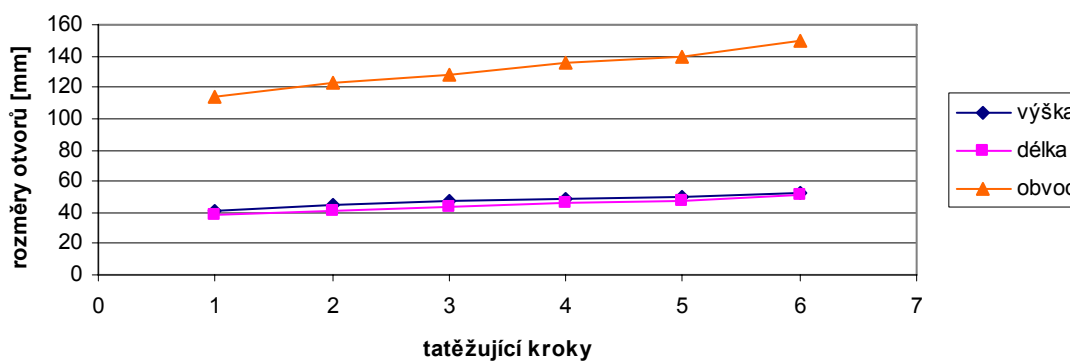
Dále vazbou číslo dvě (kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení 2-1) a vazbou číslo tři (kombinace trikotového kladení a delšího otevřeného kladení 2-2), kde bylo proměřeno 10 filetových otvorů ve stejném pořadí trnů.

### Vazby č. jedna (kombinace trikotového a delšího uzavřeného kladení)

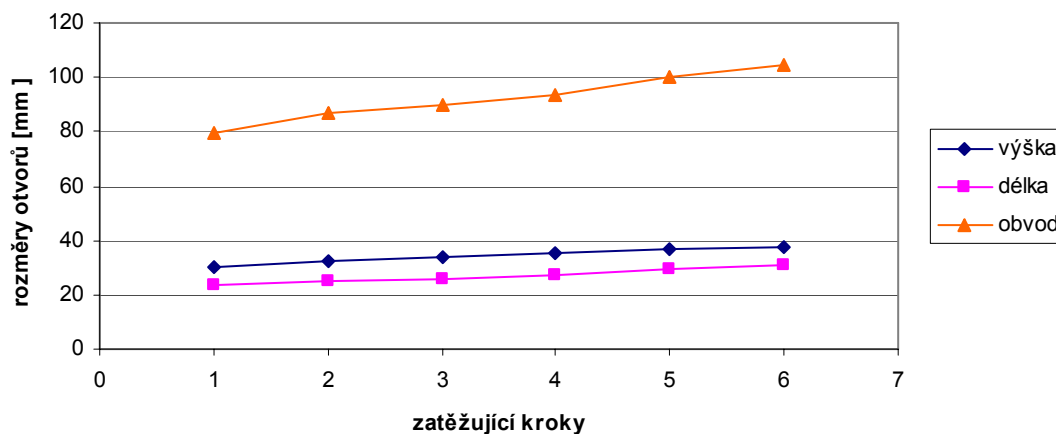
1A 60°



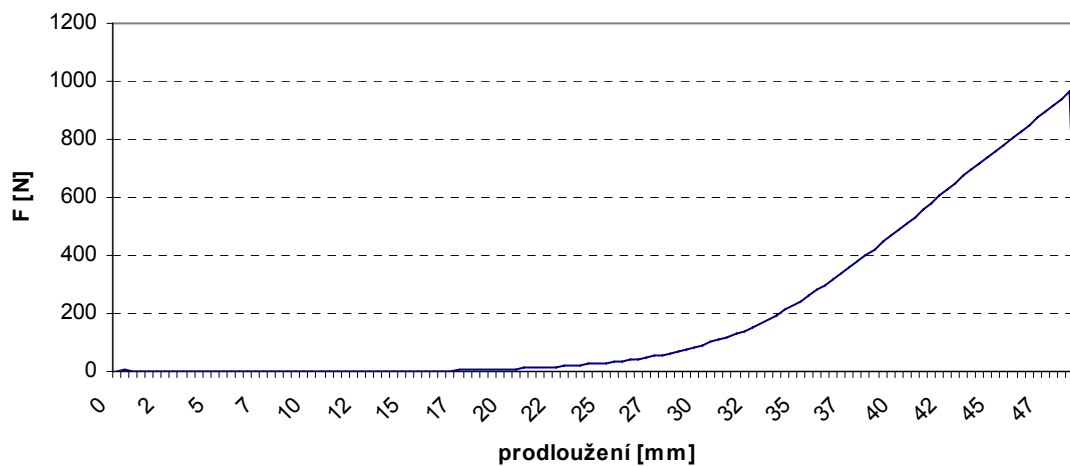
1A 60 V



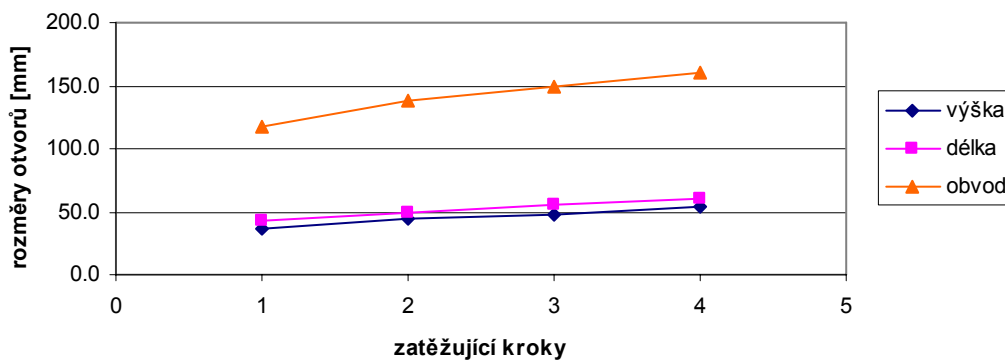
1A 60 M

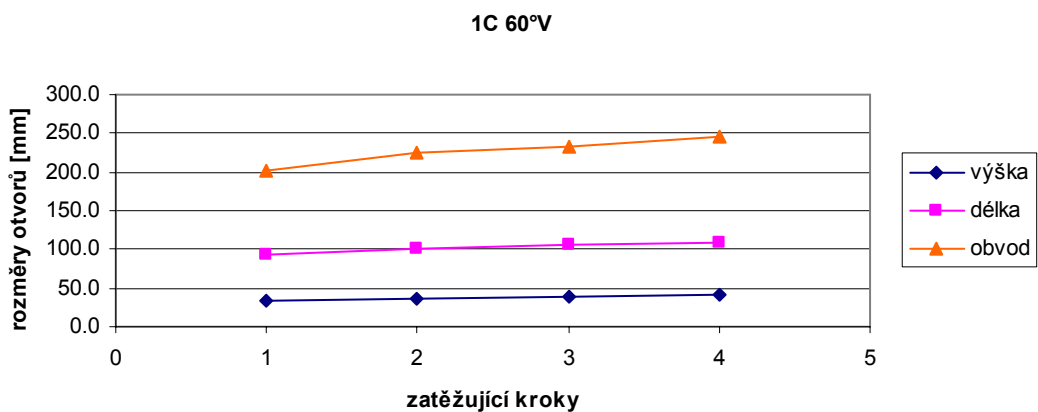
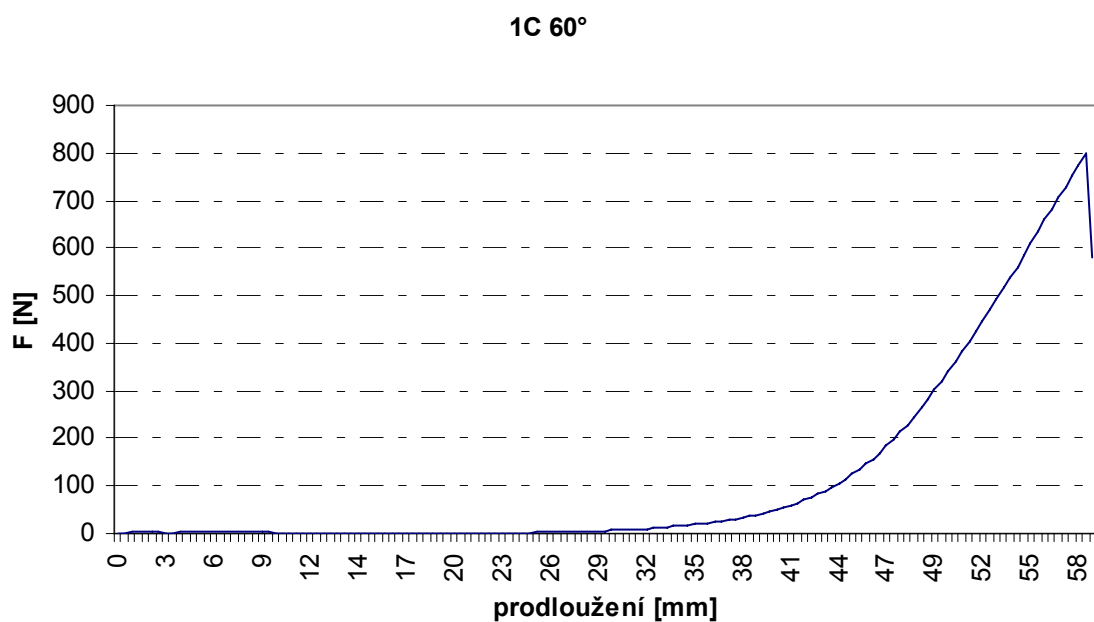
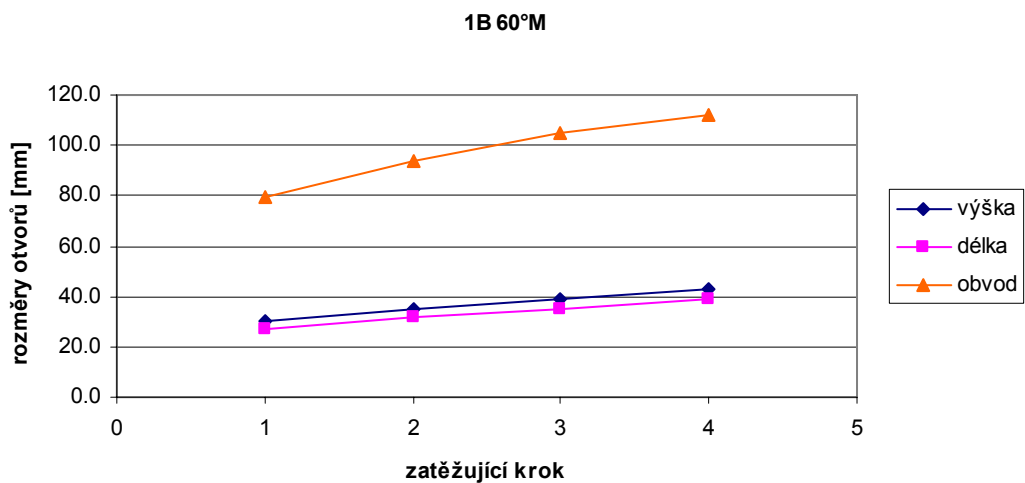


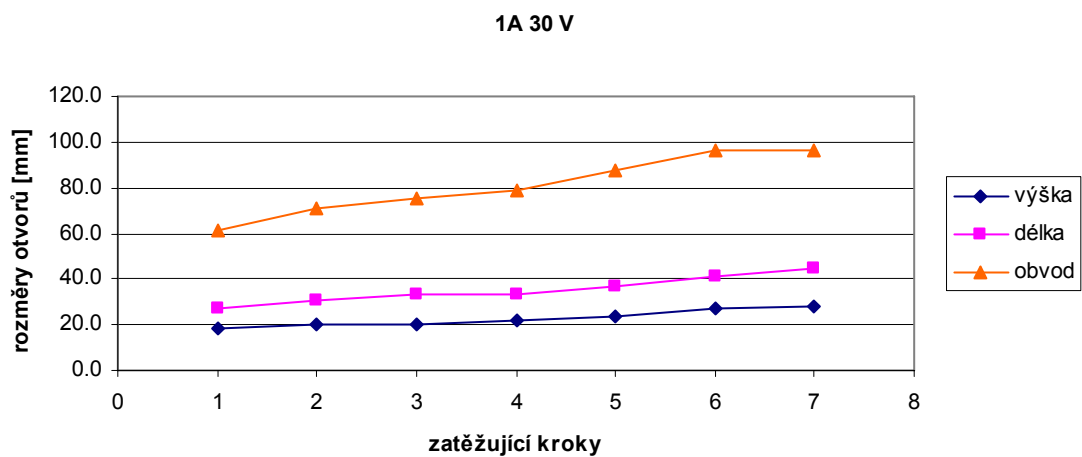
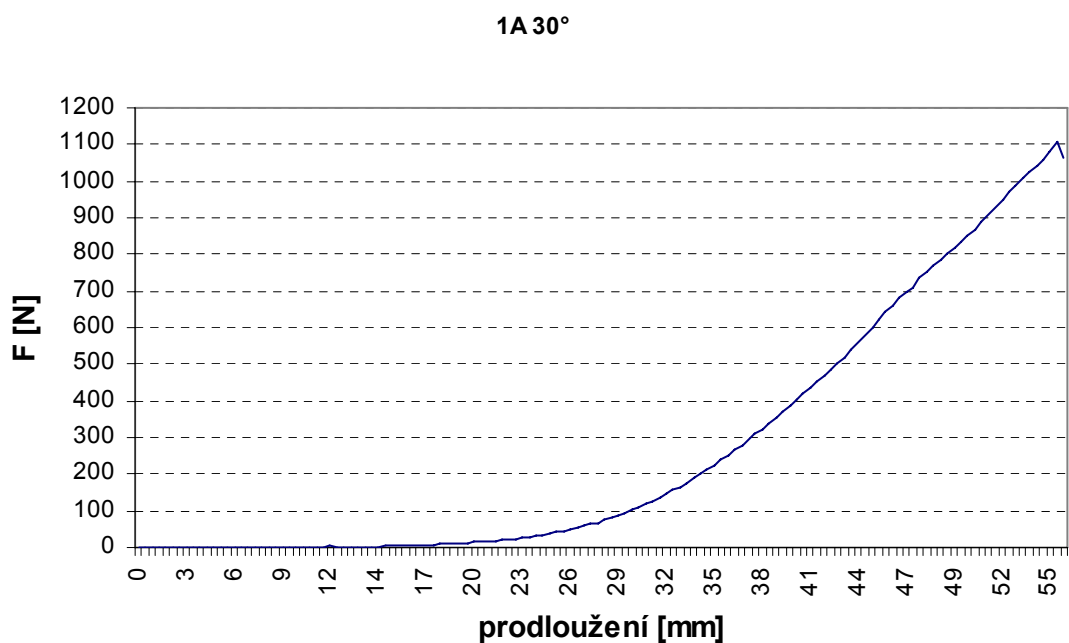
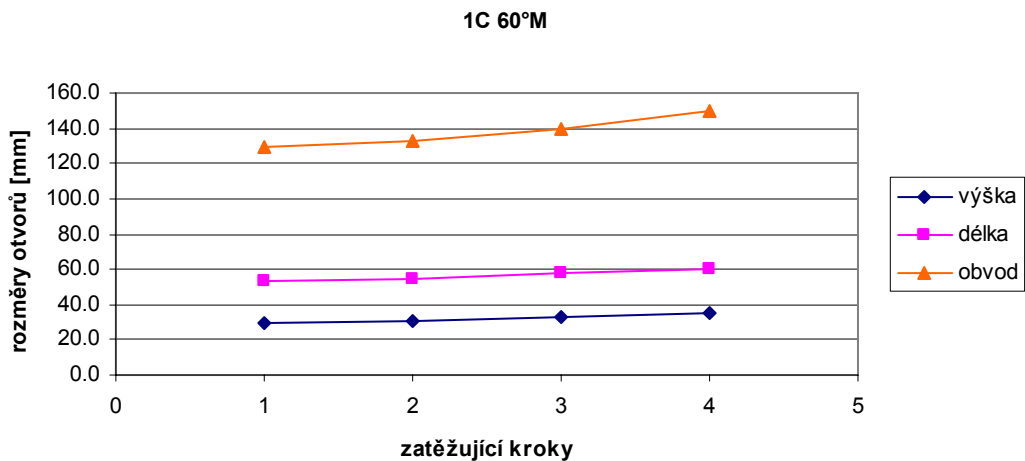
1B 60°



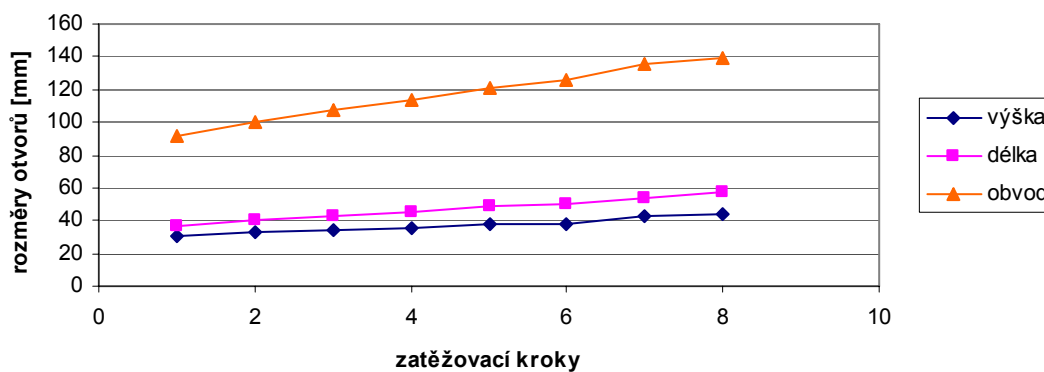
1B 60°V



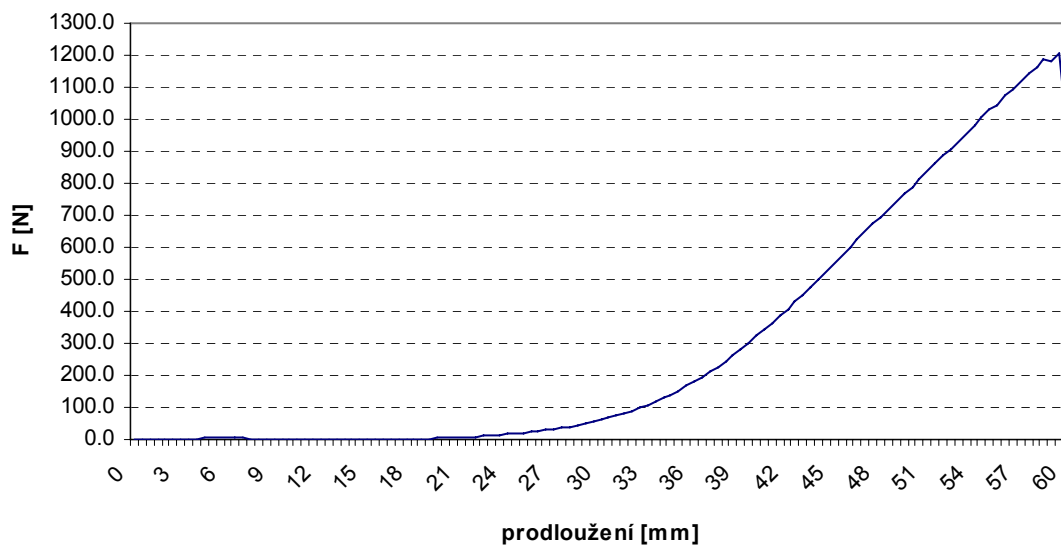




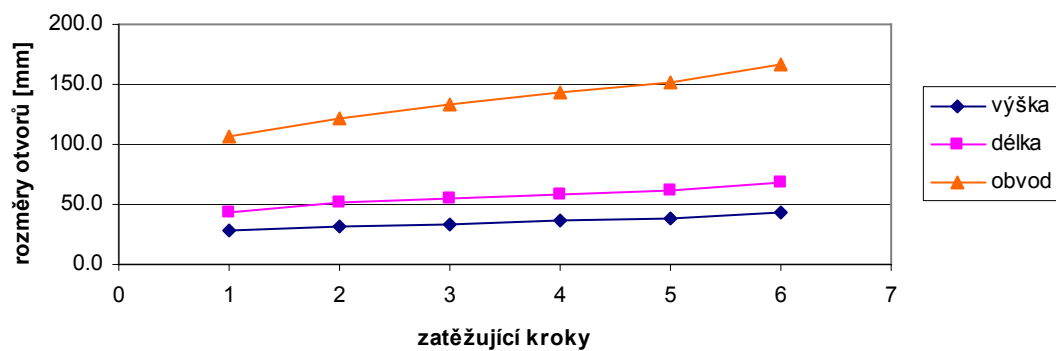
1A 30 M

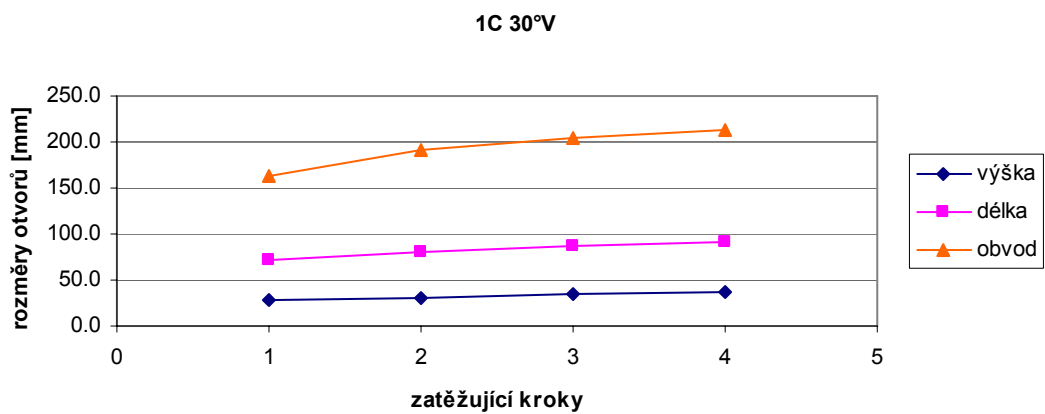
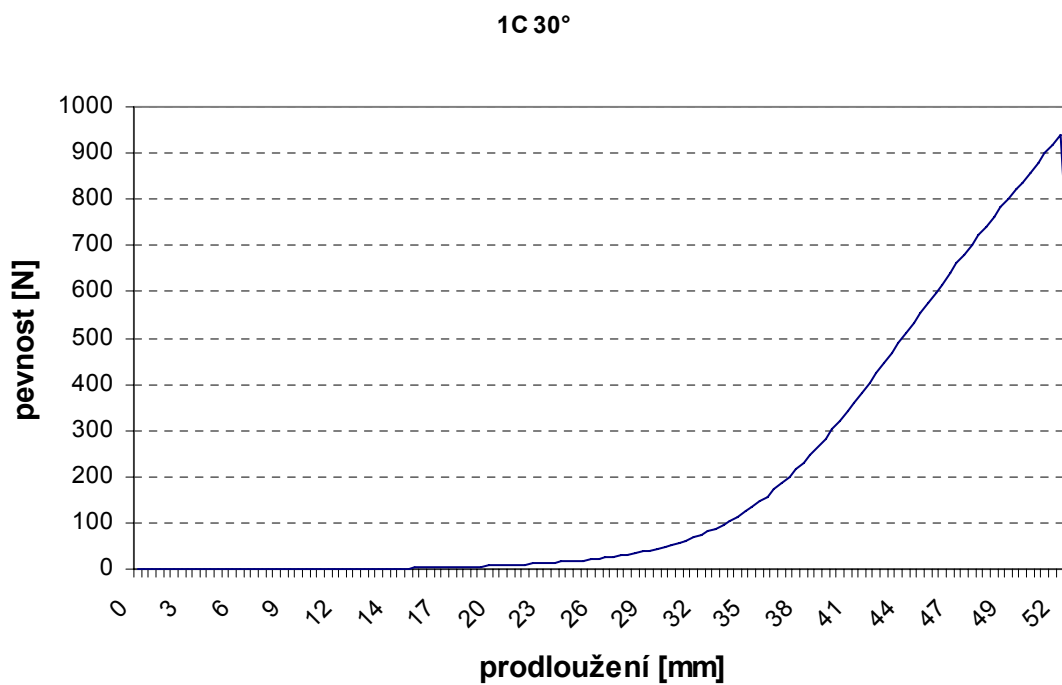
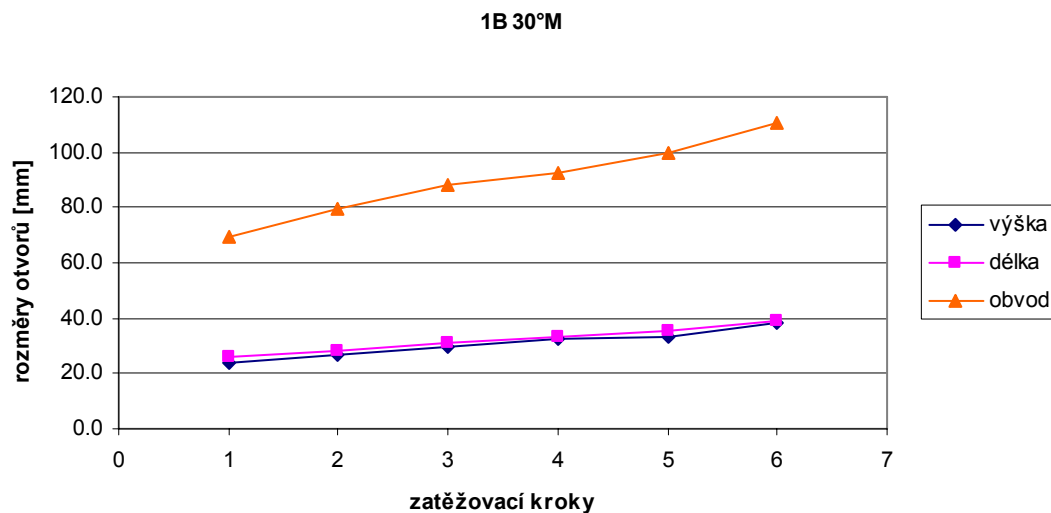


1B 30°



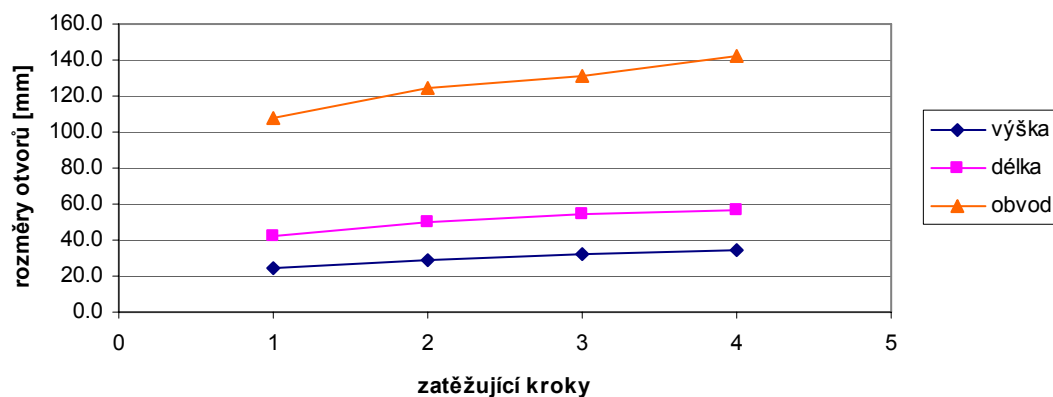
1B 30°V



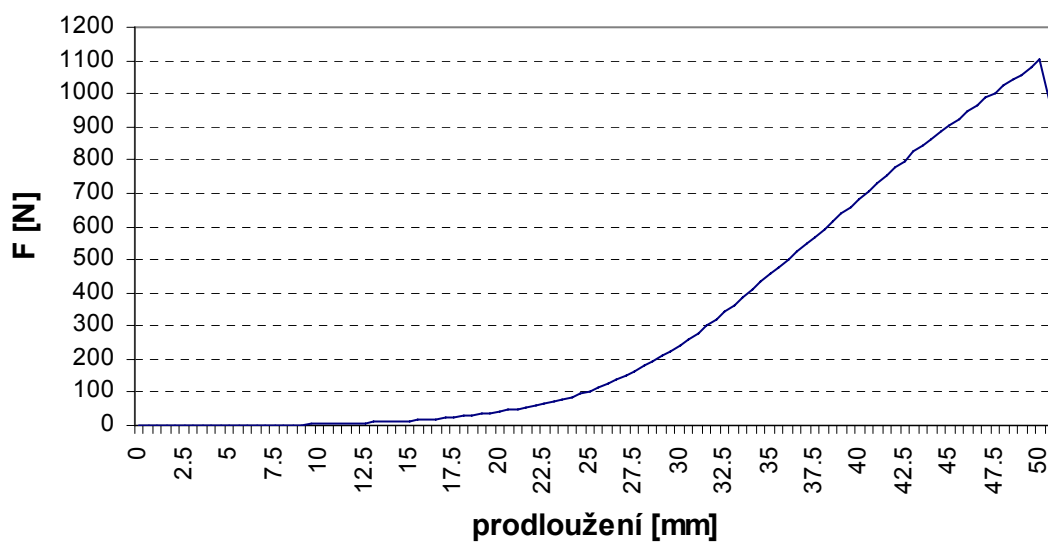




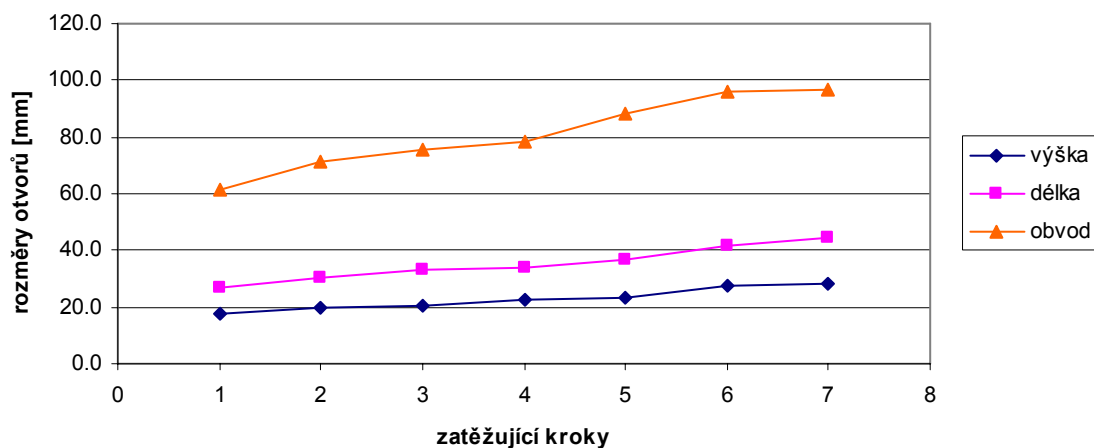
1C 30°M

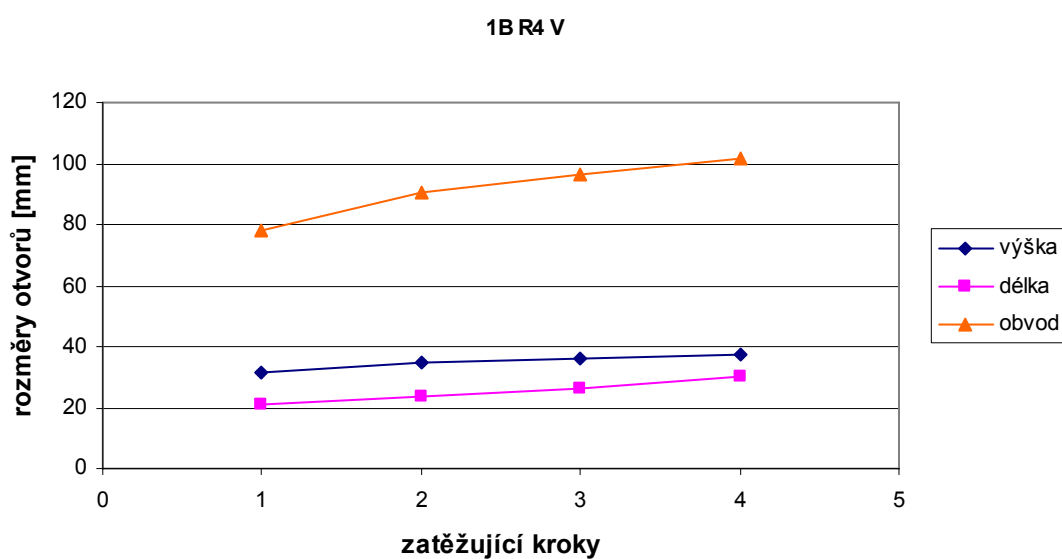
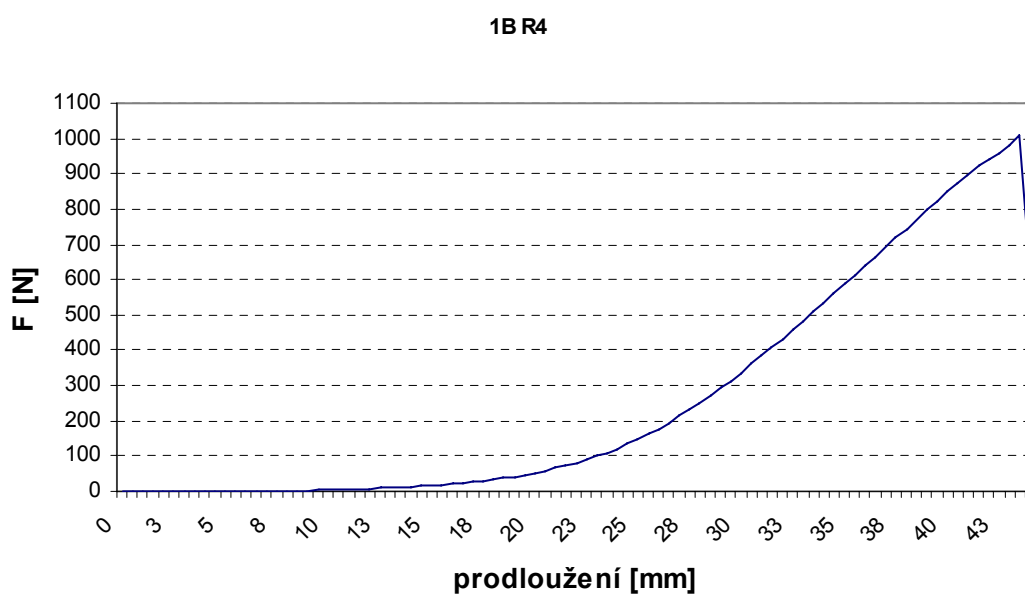
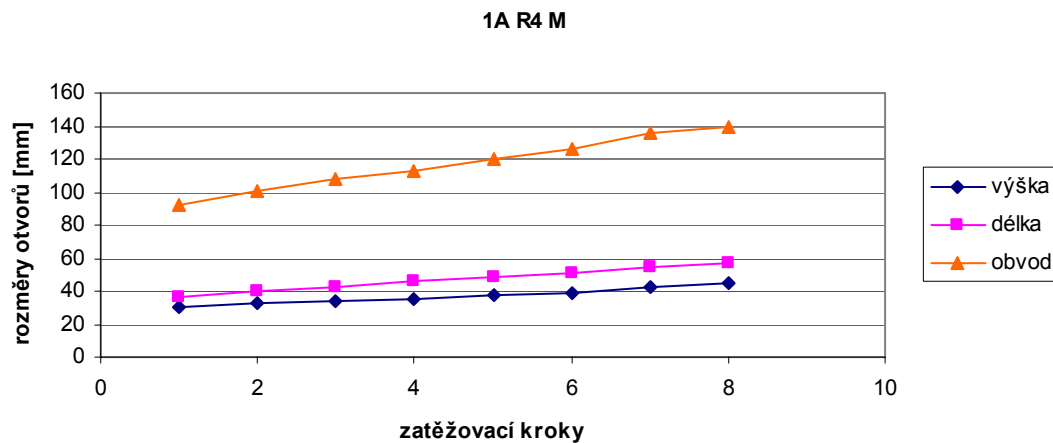


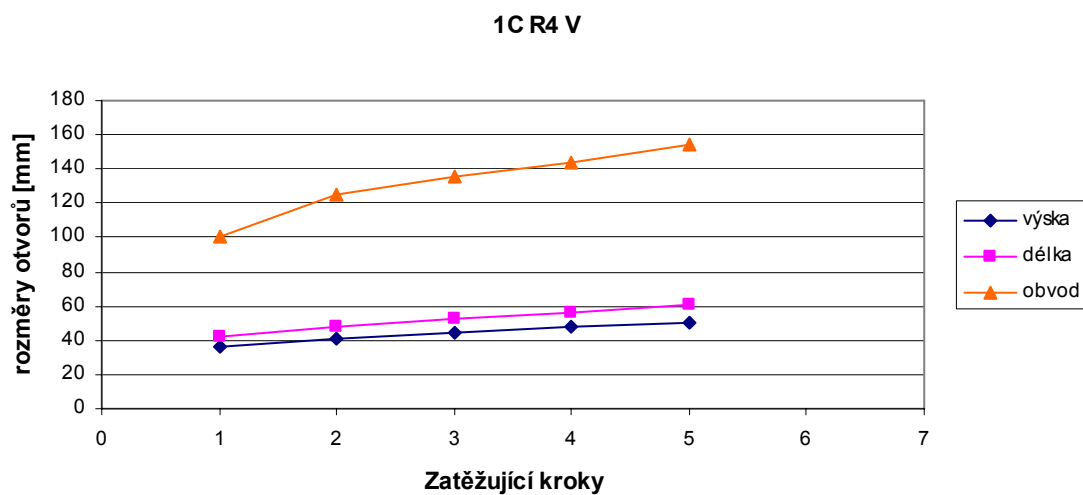
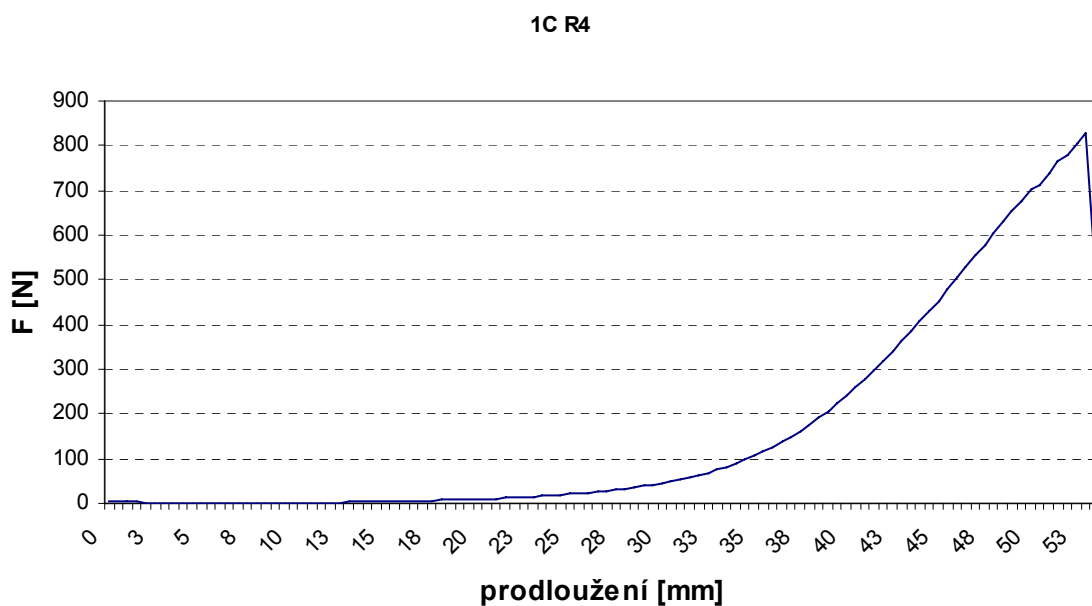
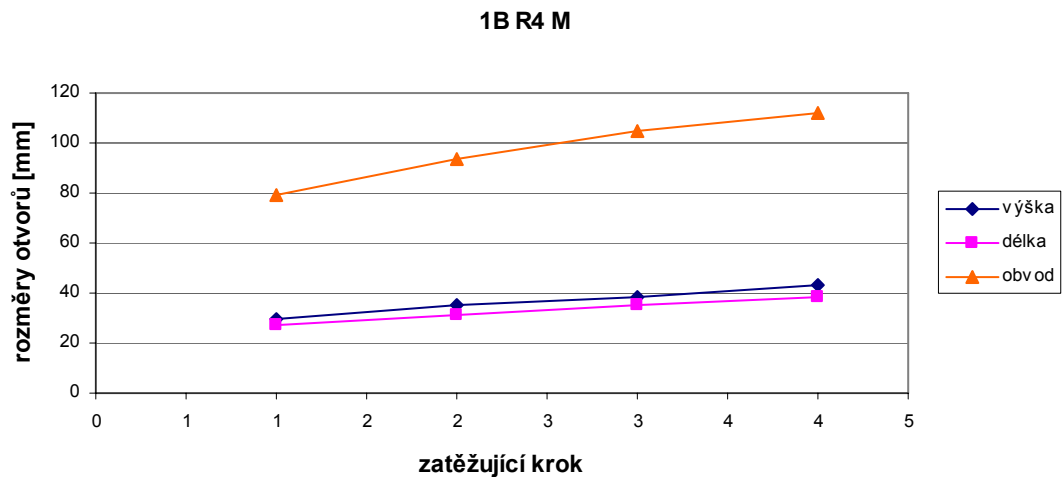
1A R4

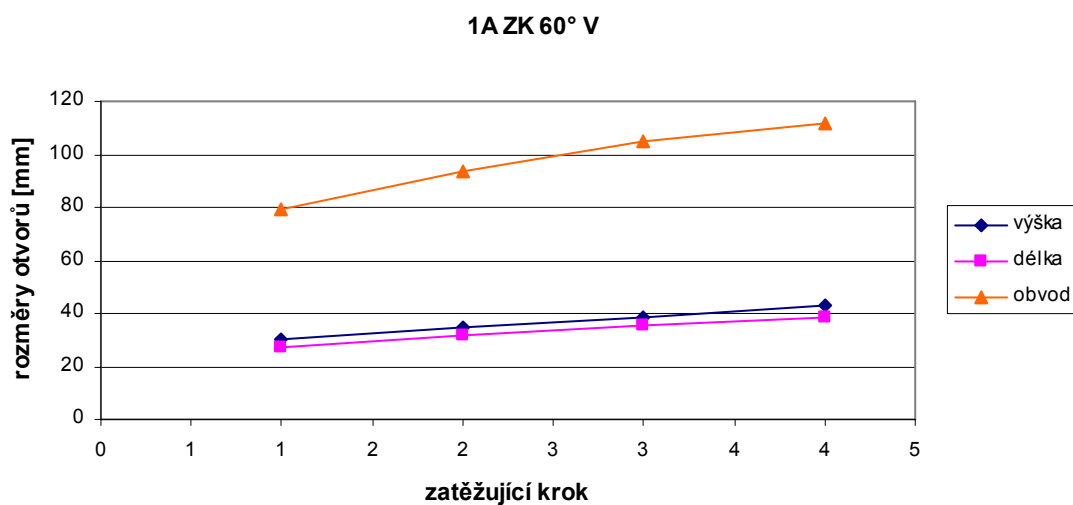
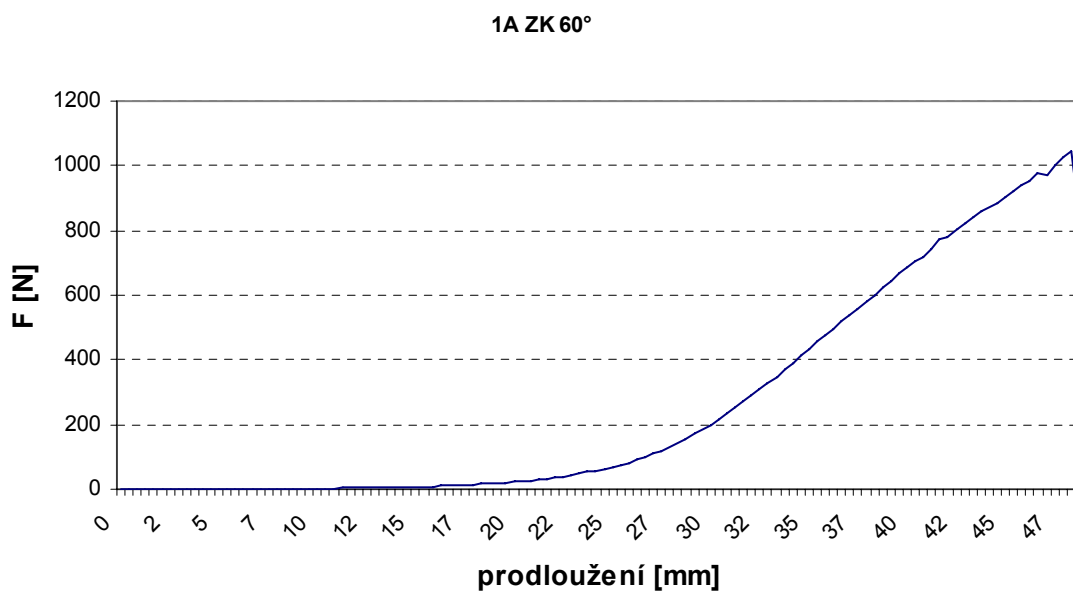
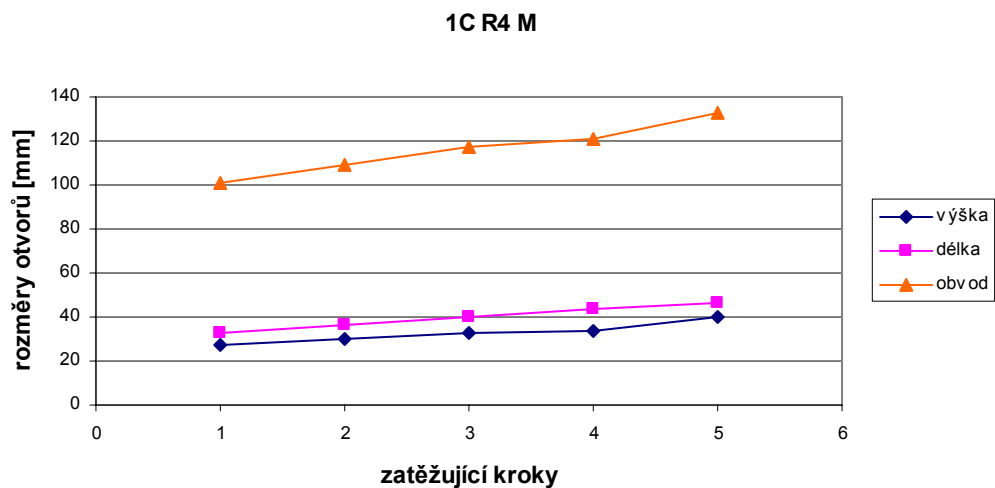


1A R4 V

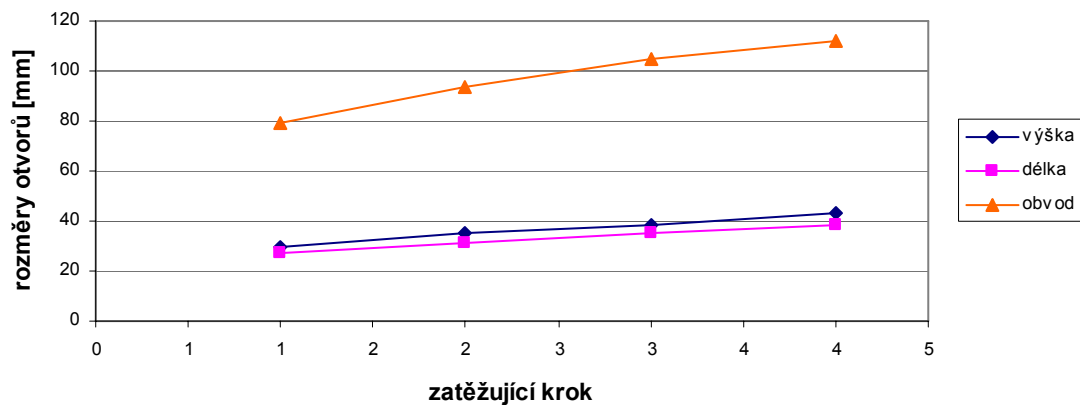




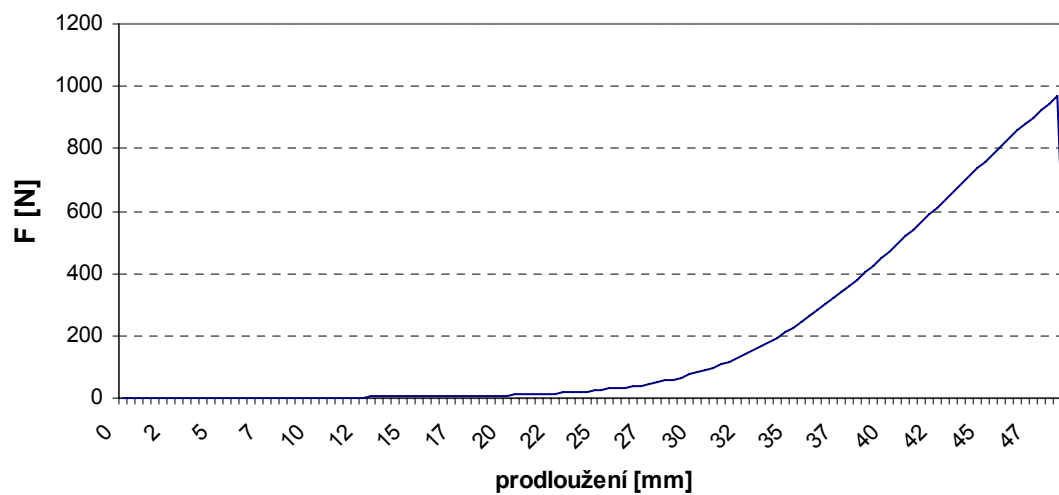




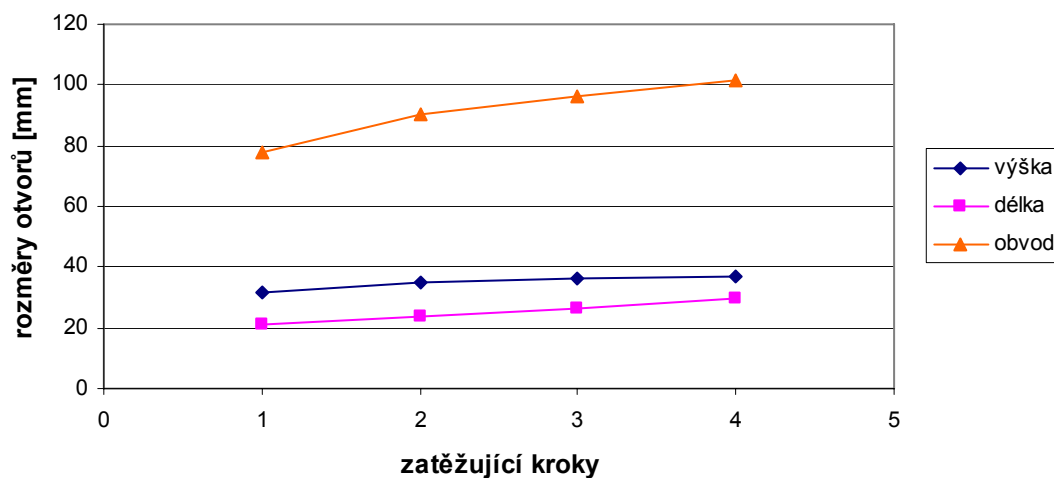
1A ZK 60°M



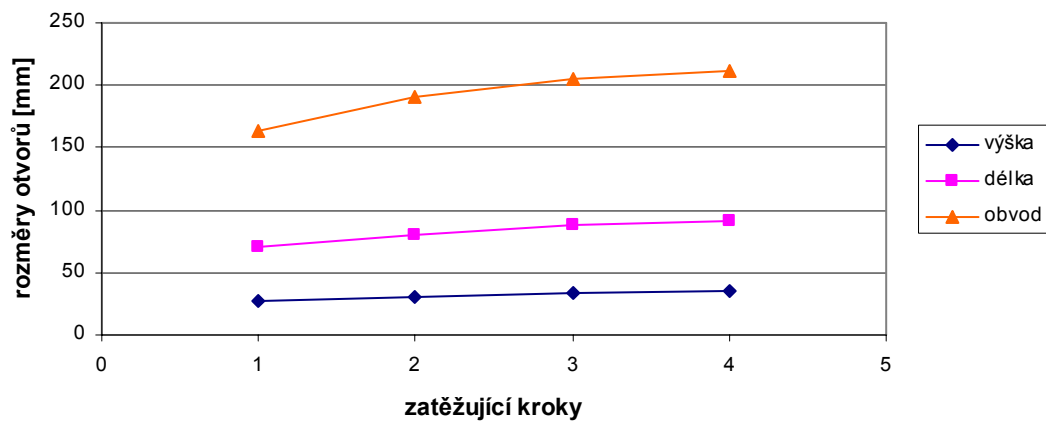
1B ZK 60°



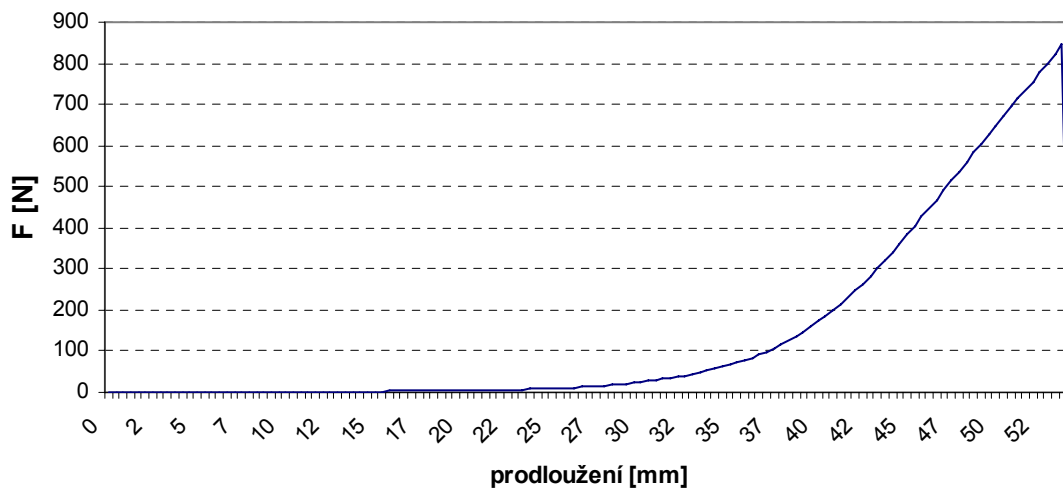
1B ZK 60° V



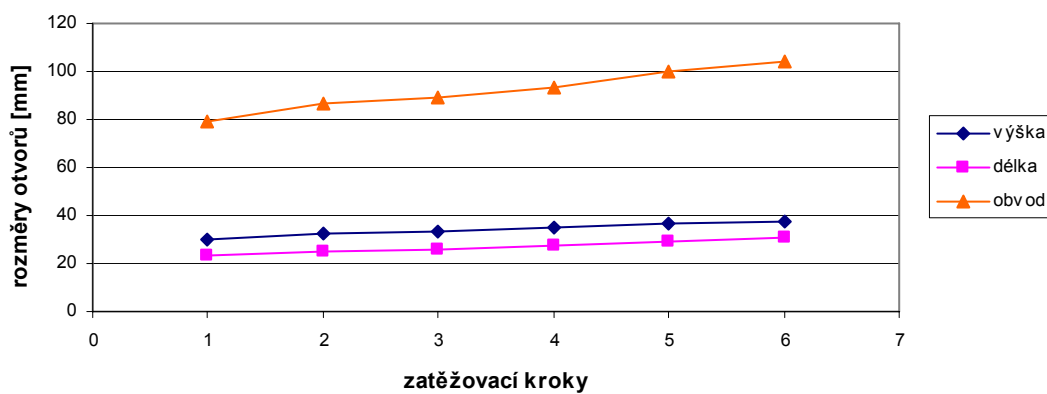
1B ZK 60°M

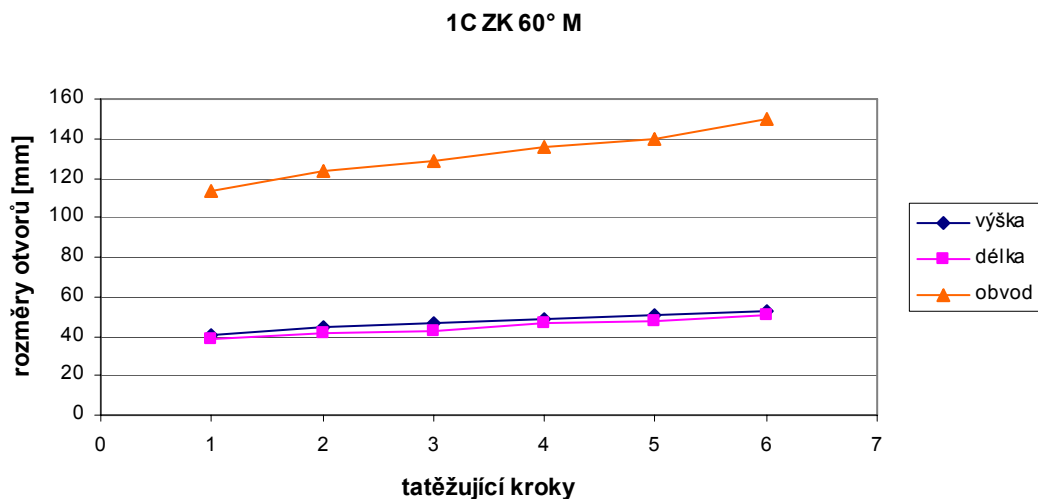


1C ZK 60°

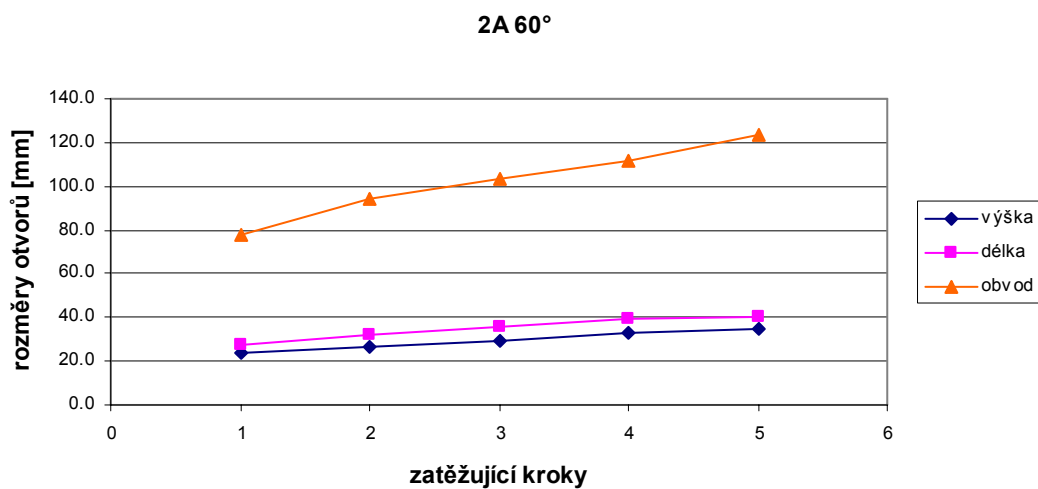
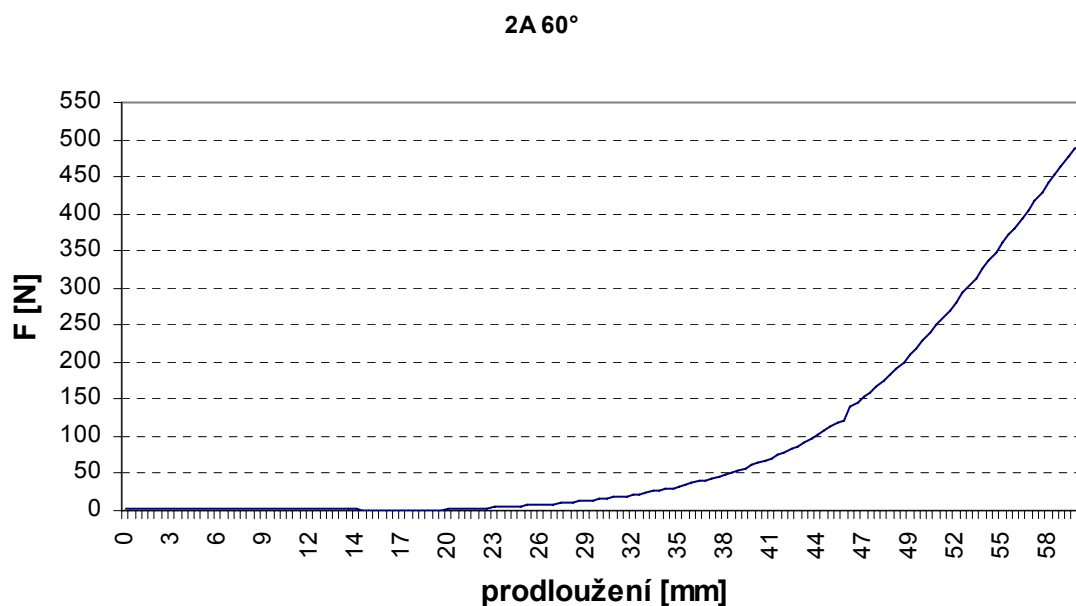


1C ZK 60° V

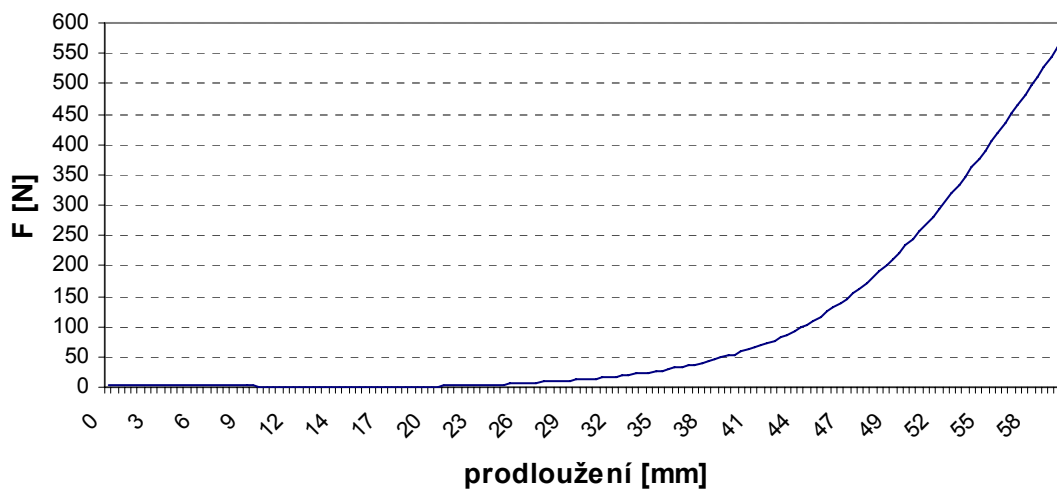




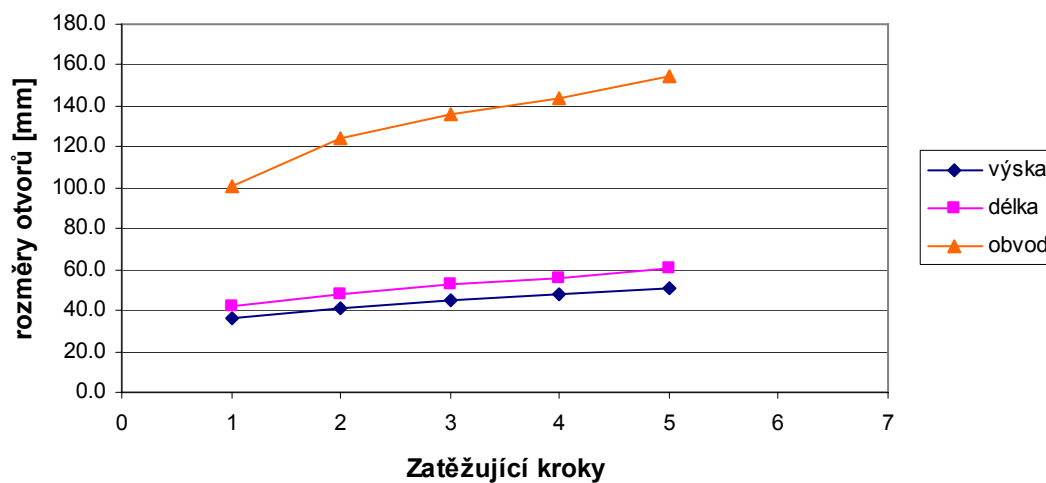
**Vazby č. dvě (kombinace trikotového a delšího otevřeného kladení 2-1)**



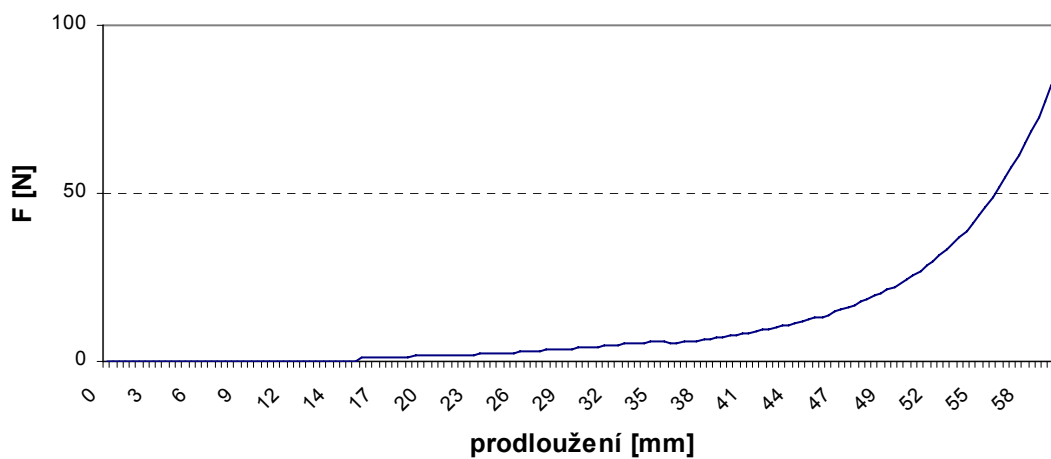
2B 60°



2B 60°



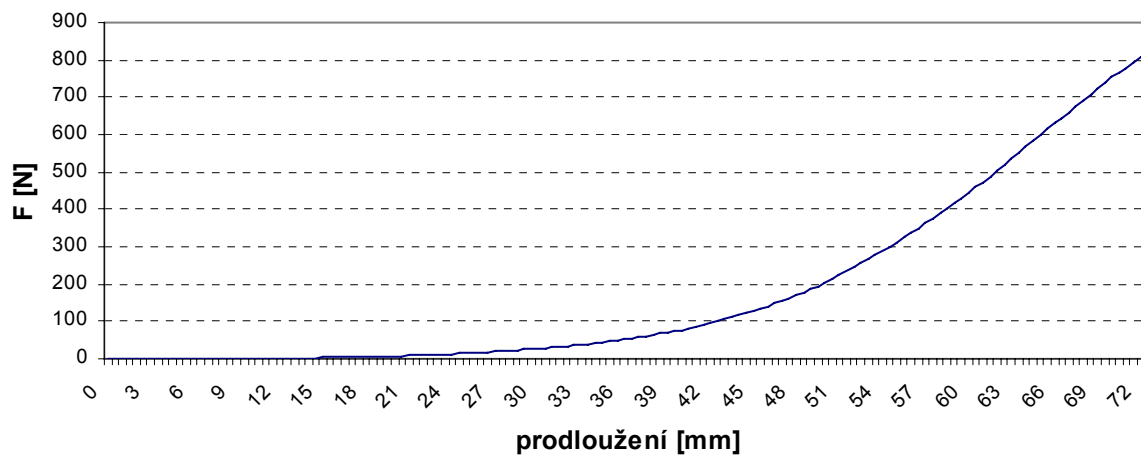
2C 60°



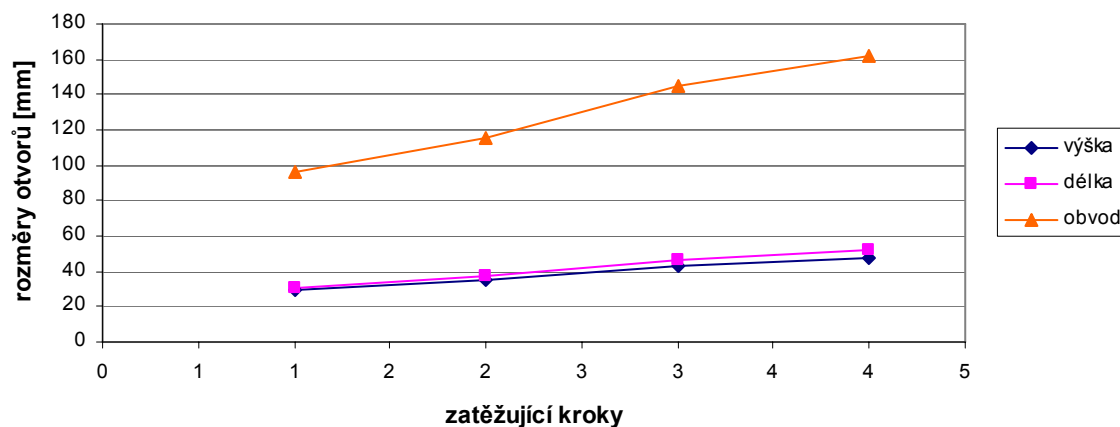


U vzorku 2C, který byl protlačovaný trnem 60° se otvory neměřily pro malou pevnost.

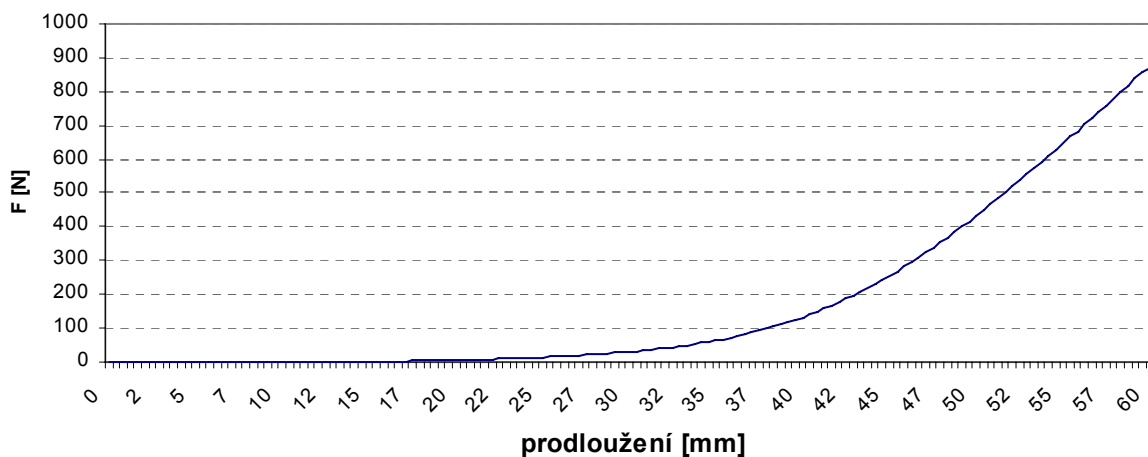
2A 30°



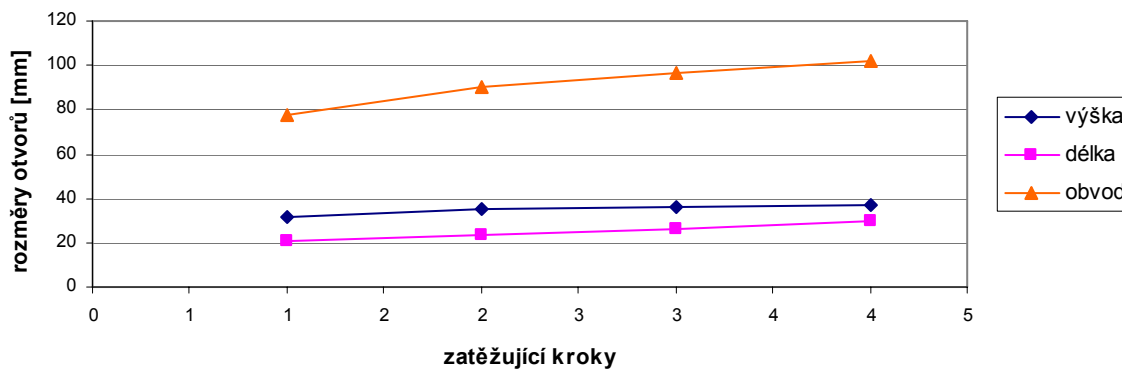
2A 30°



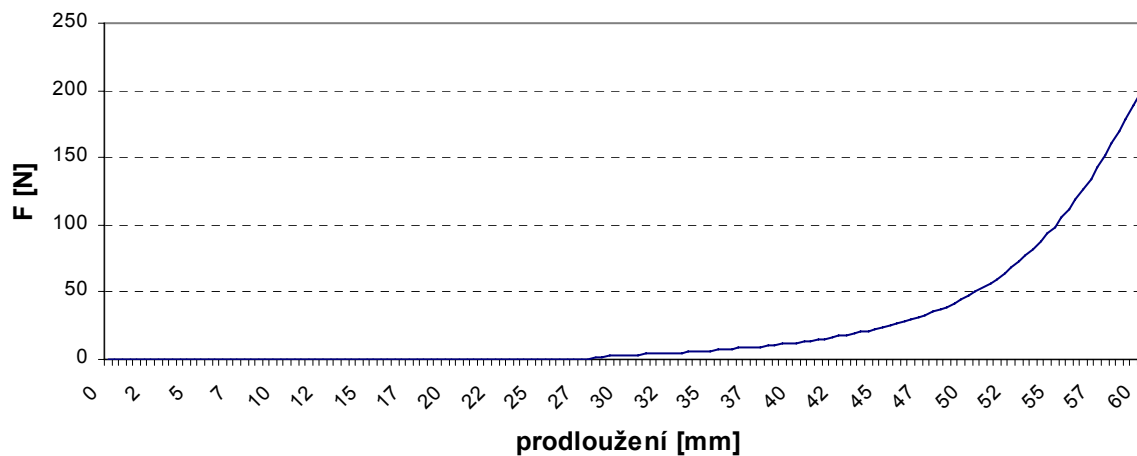
2B 30°



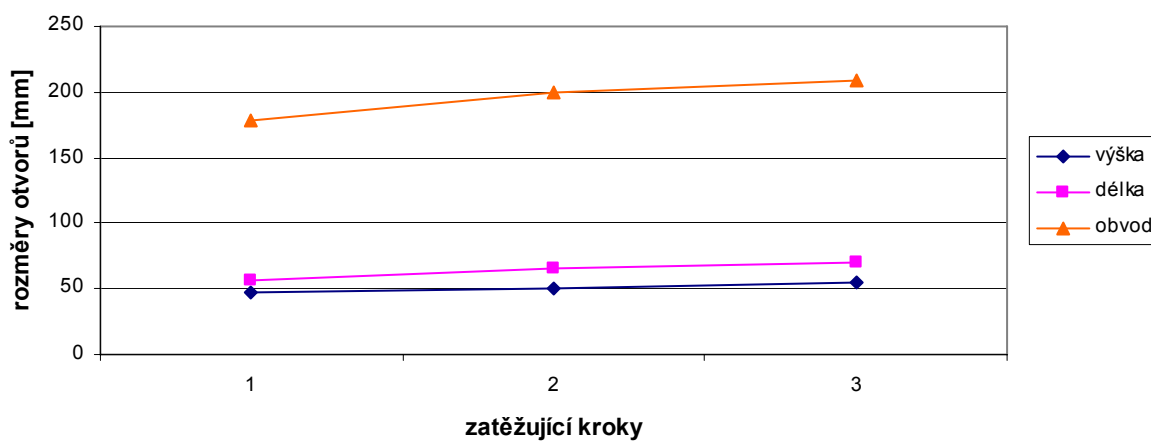
2B 30°



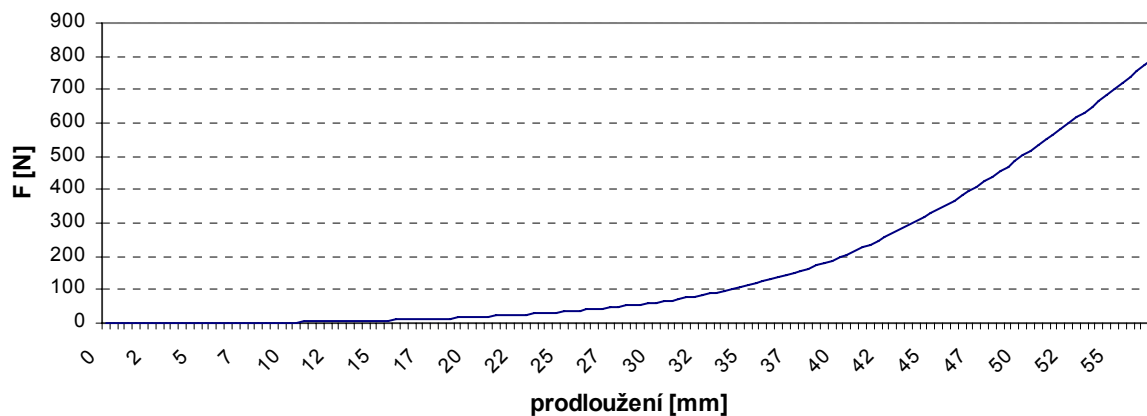
2C 30°



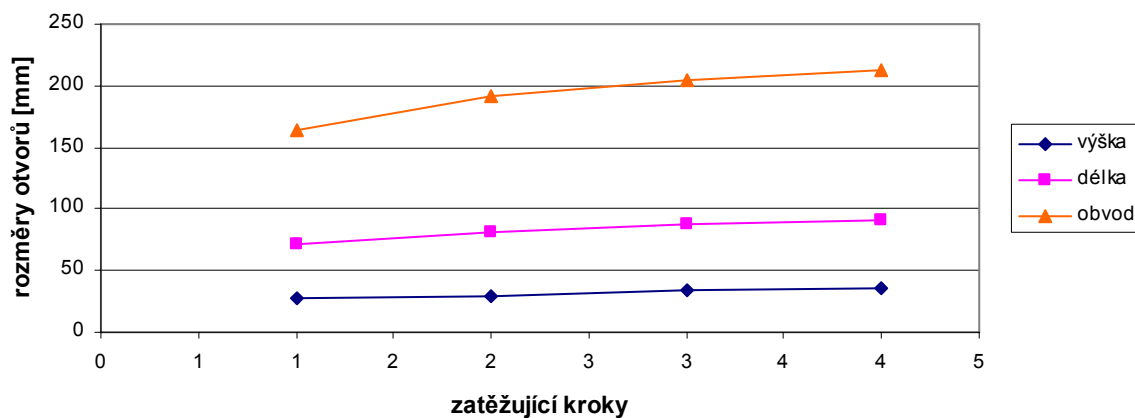
2C 30



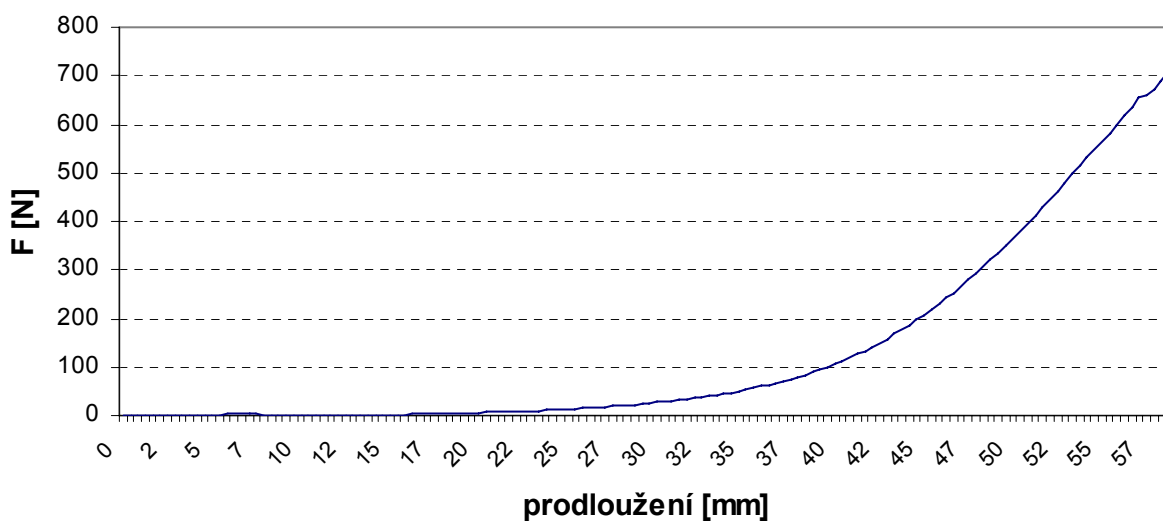
2A R4



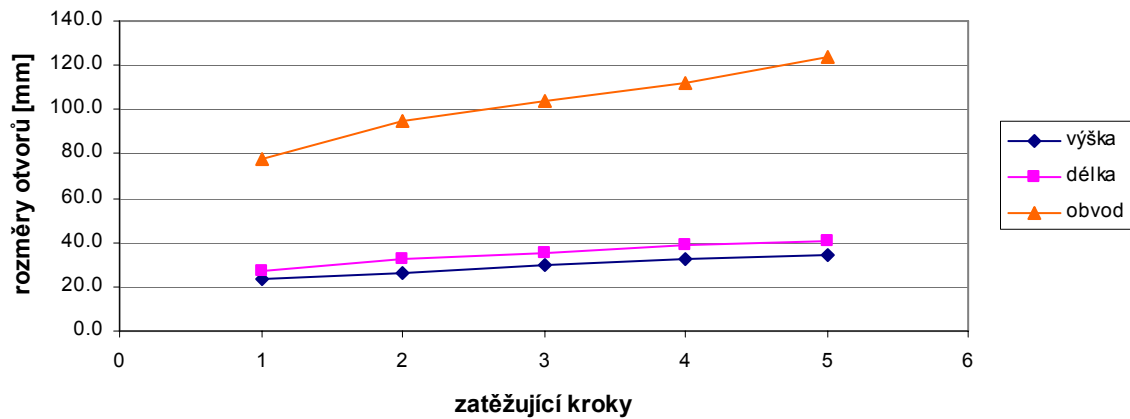
2A R4



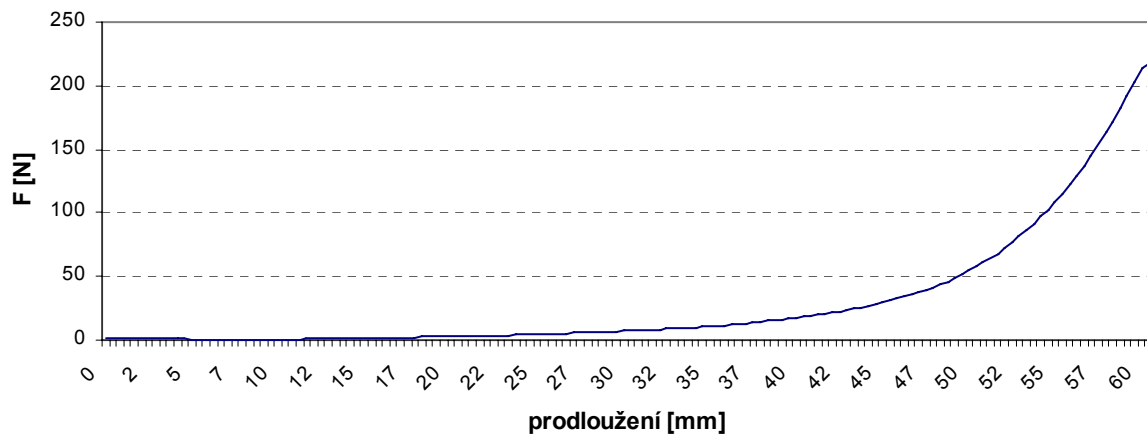
2B R4



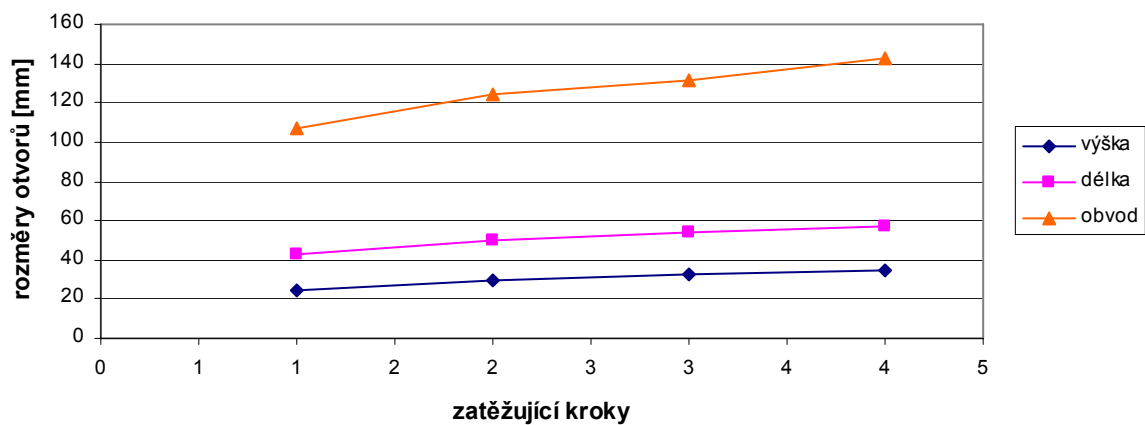
2B R4



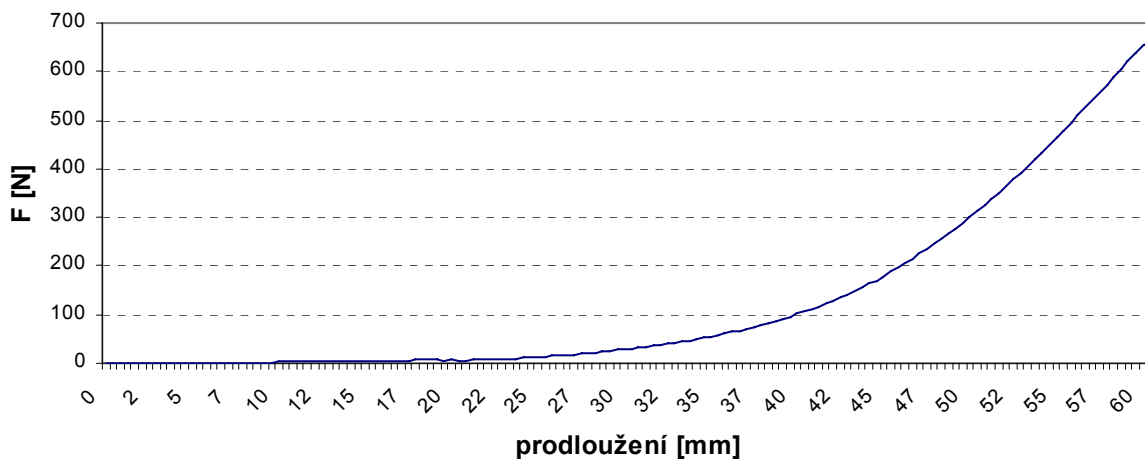
2C R4



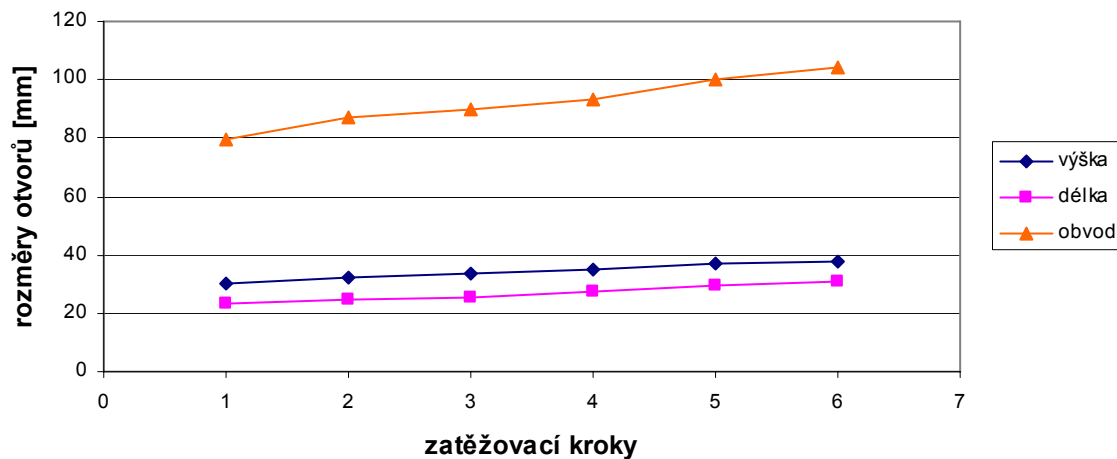
2C R4



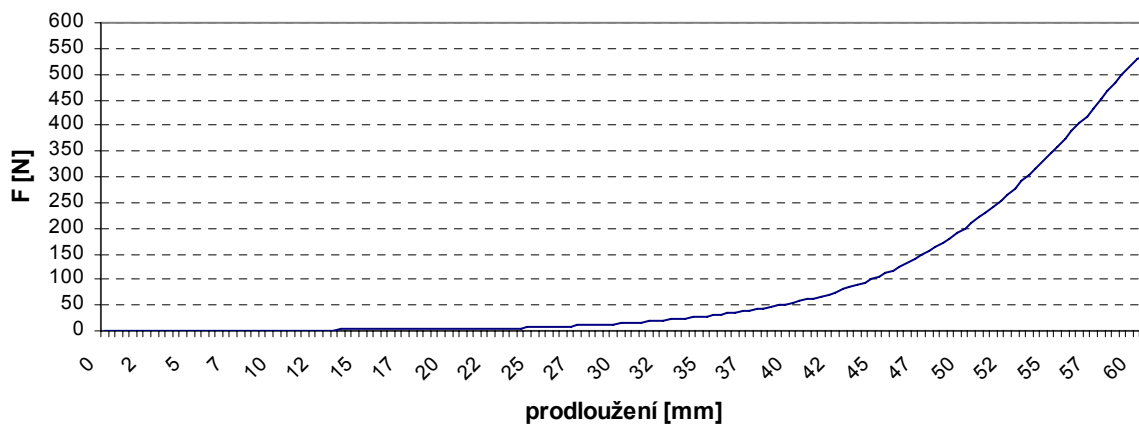
2A ZK 60°



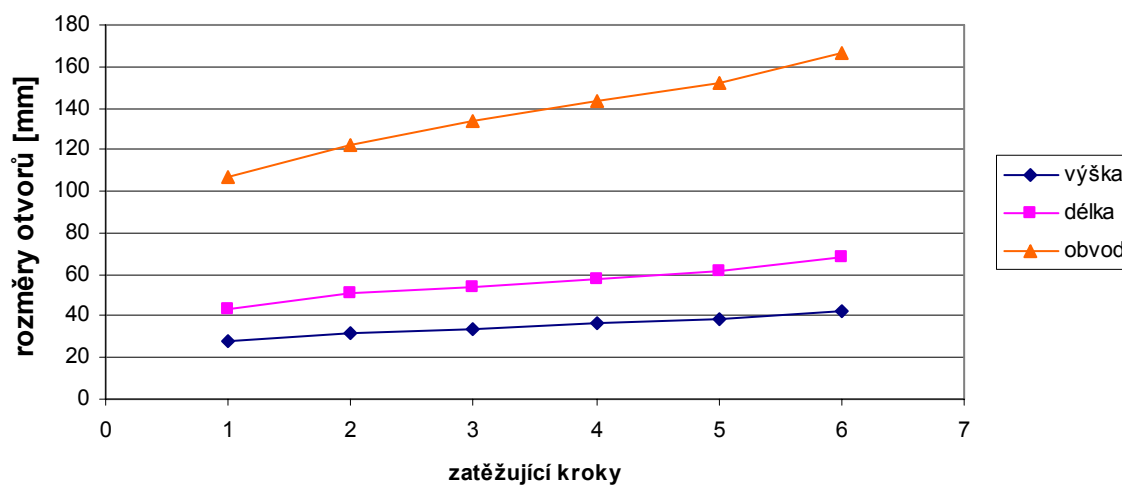
2A ZK 60



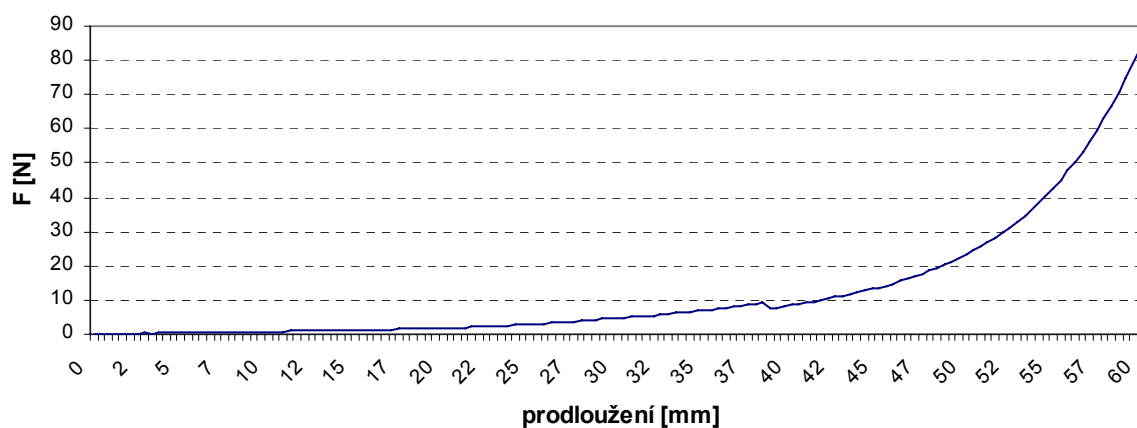
2B ZK60°



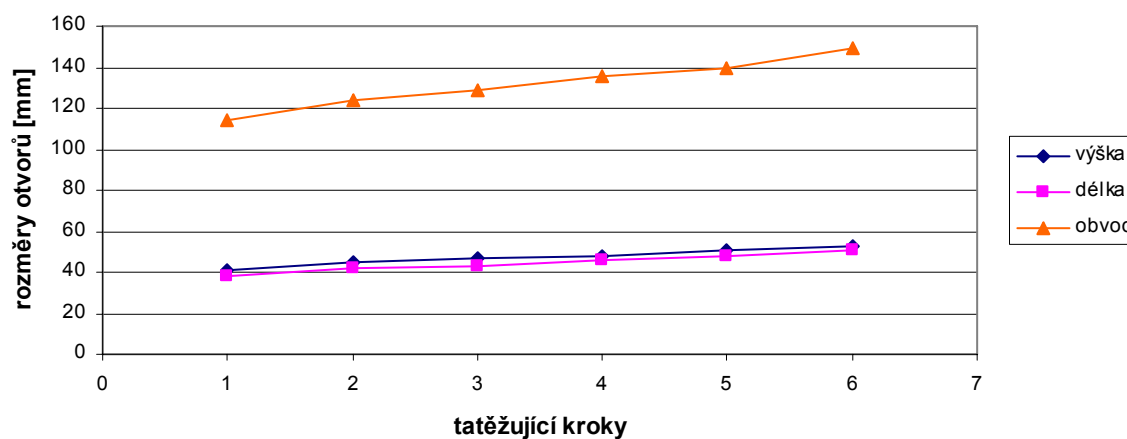
**2B ZK 60**



**2C ZK 60°**

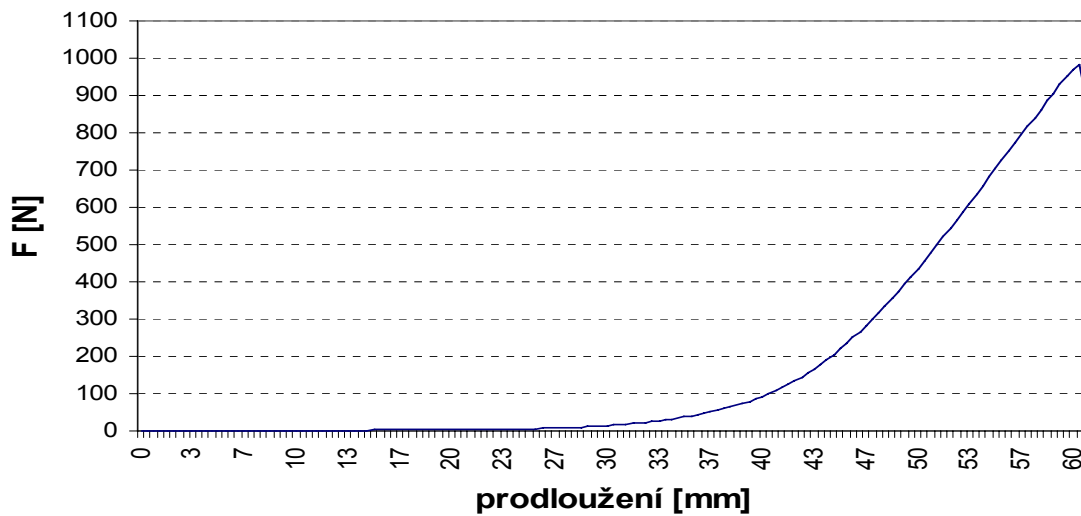


**2C ZK 60**

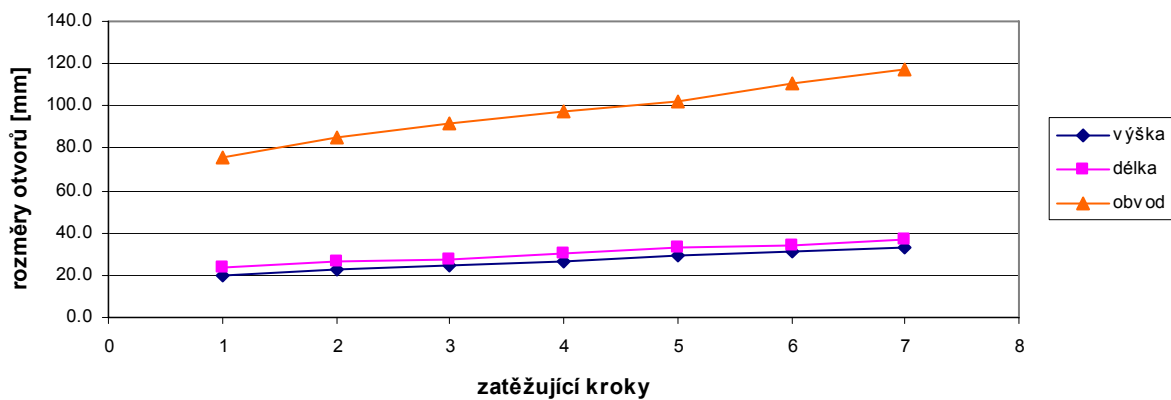


**Vazby č. tři (kombinace trikotového a delšího otevřeného kladení 2-2)**

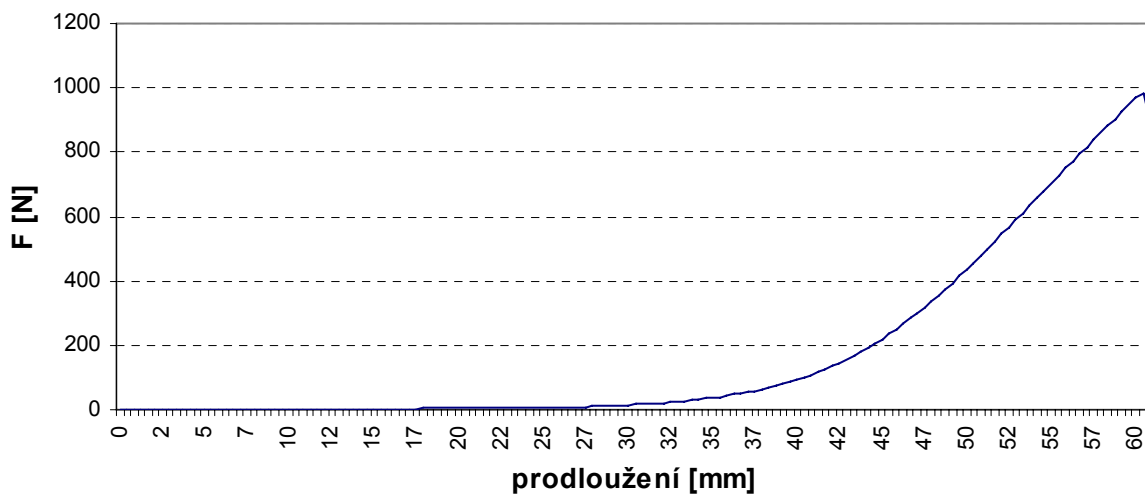
3A 60°



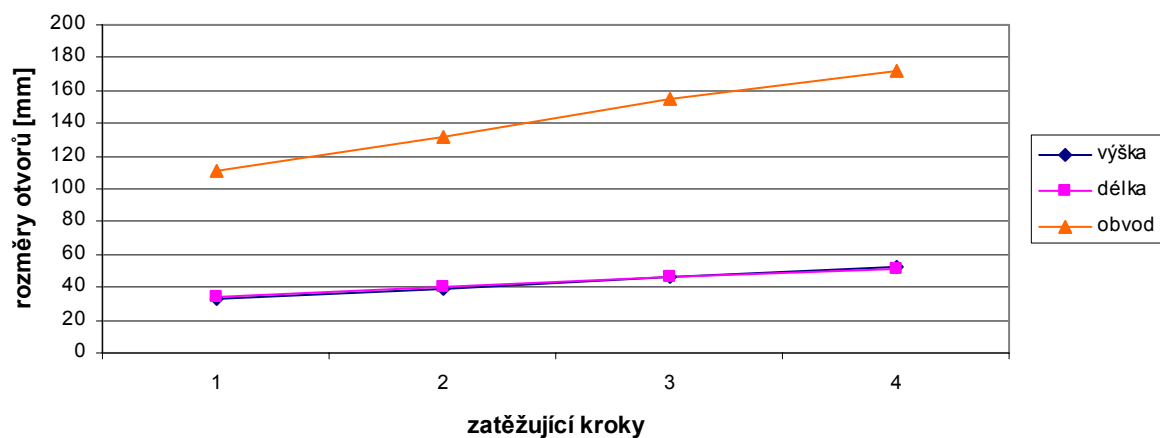
3A 60°



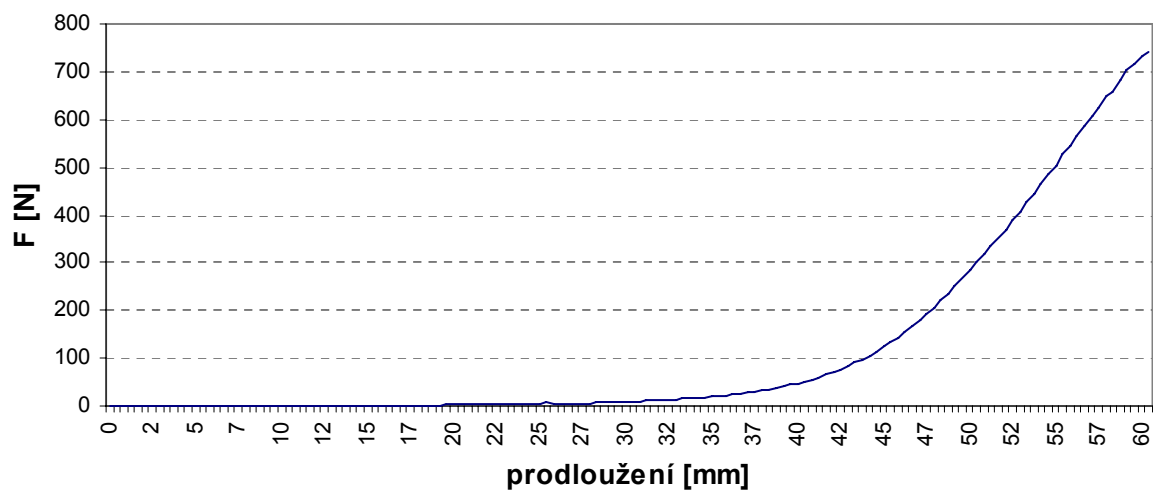
3B 60°



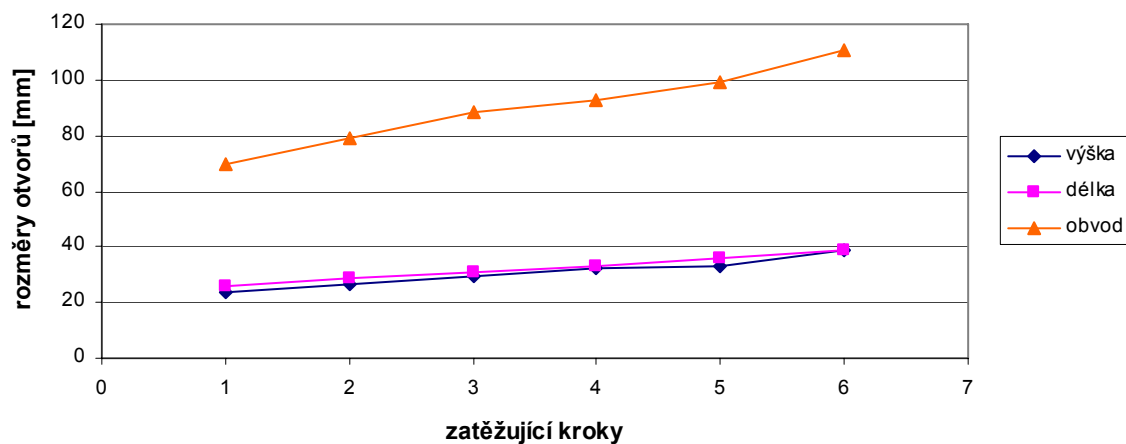
**3B 60**



**3C 60°**

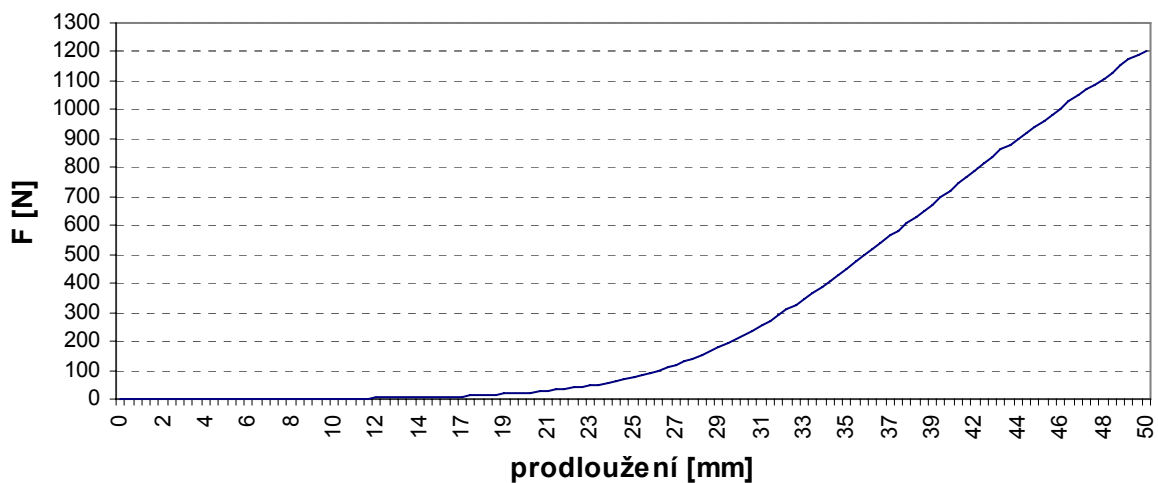


**3C 60°**

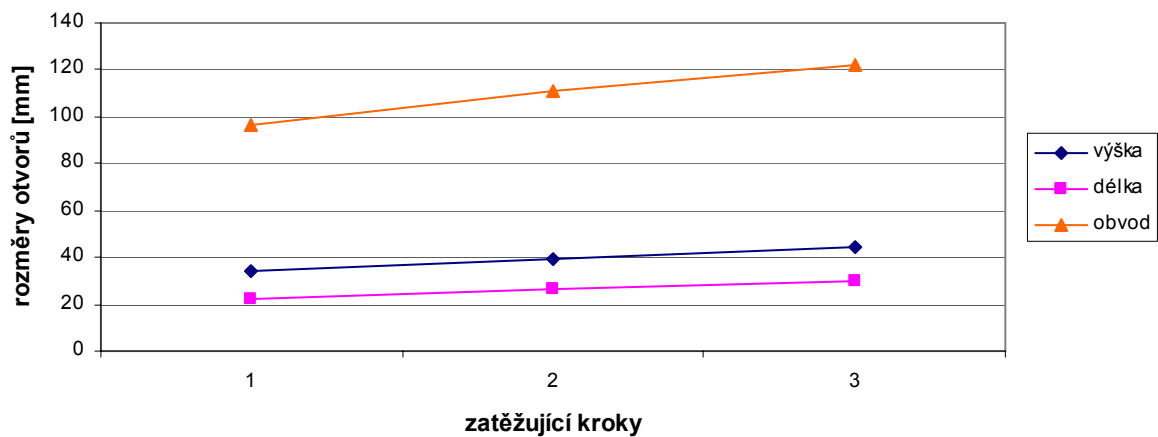




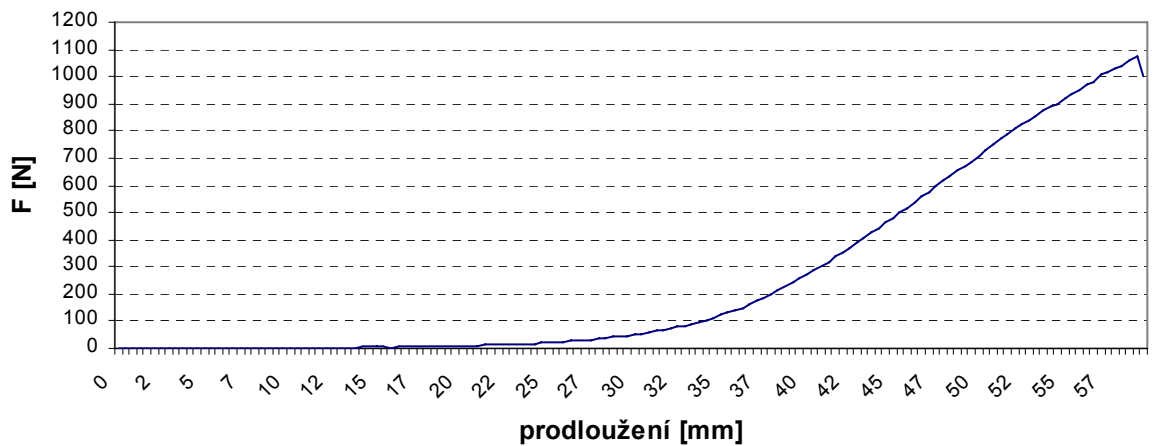
**3A 30°**

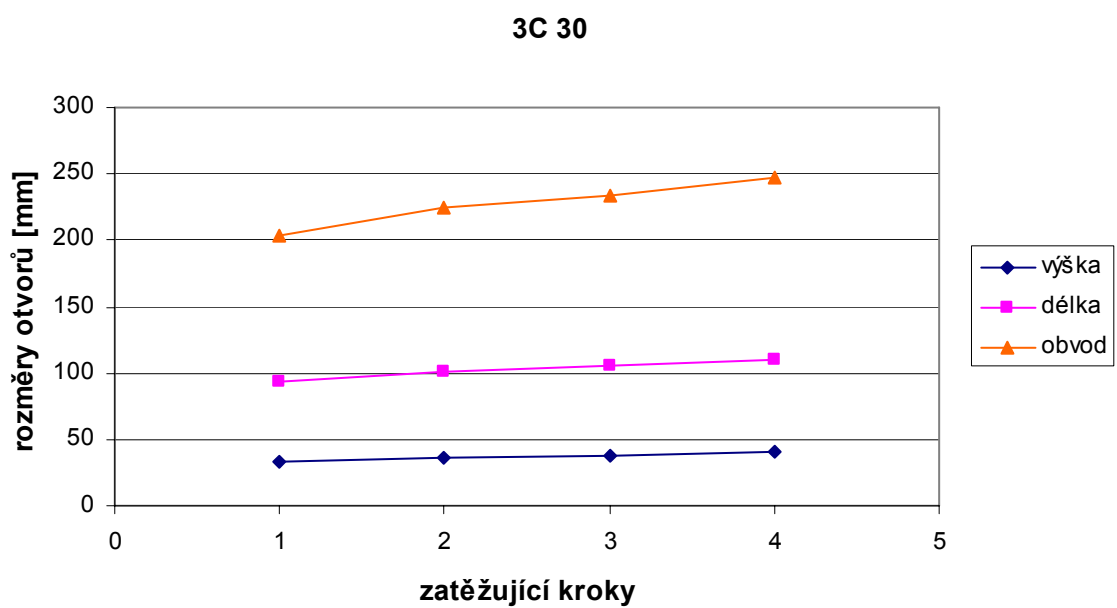
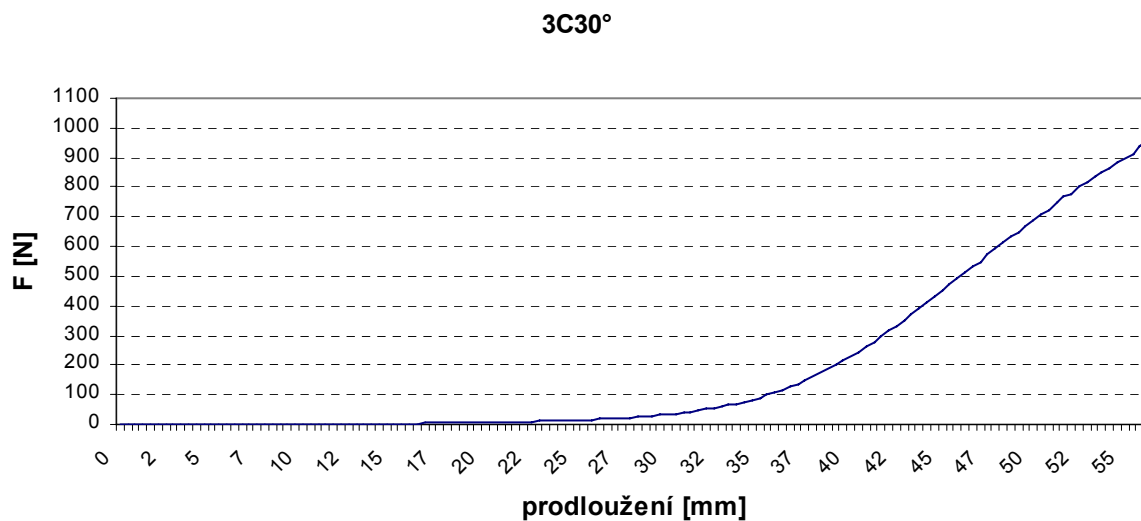
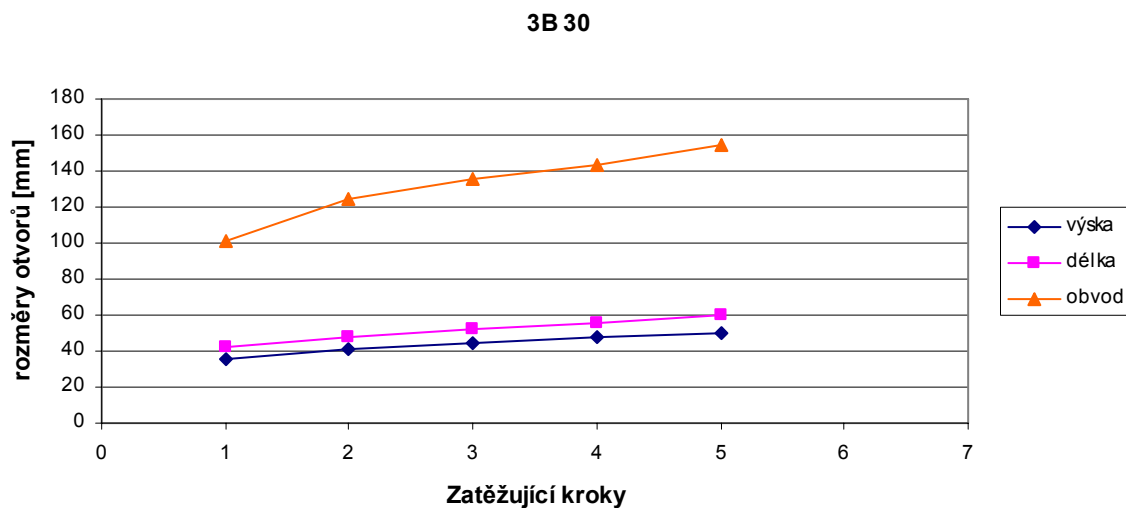


**3A 30**

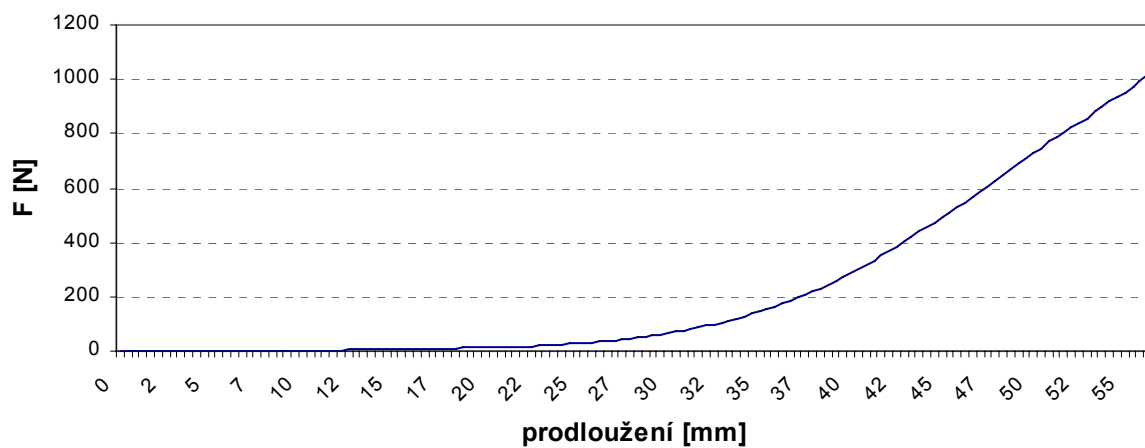


**3B 30°**

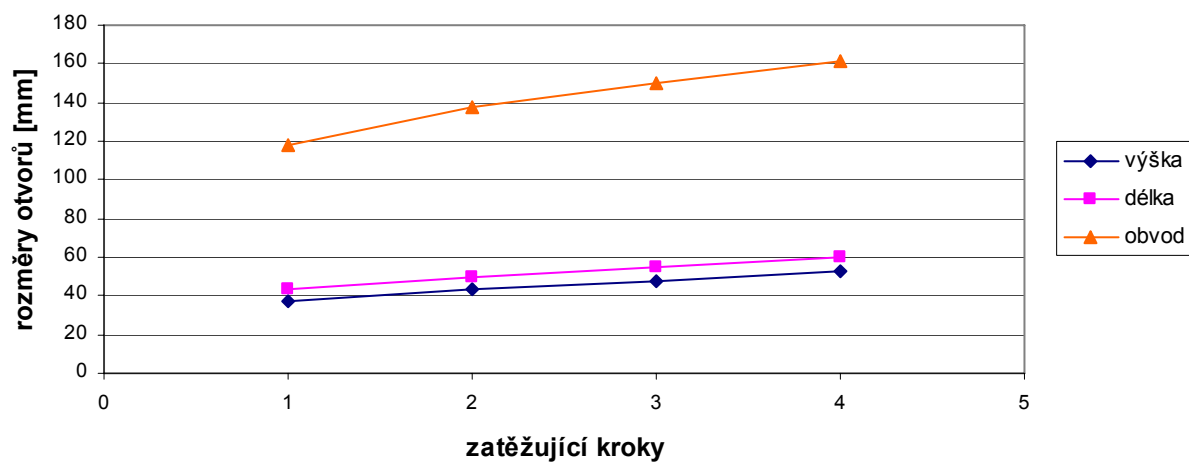




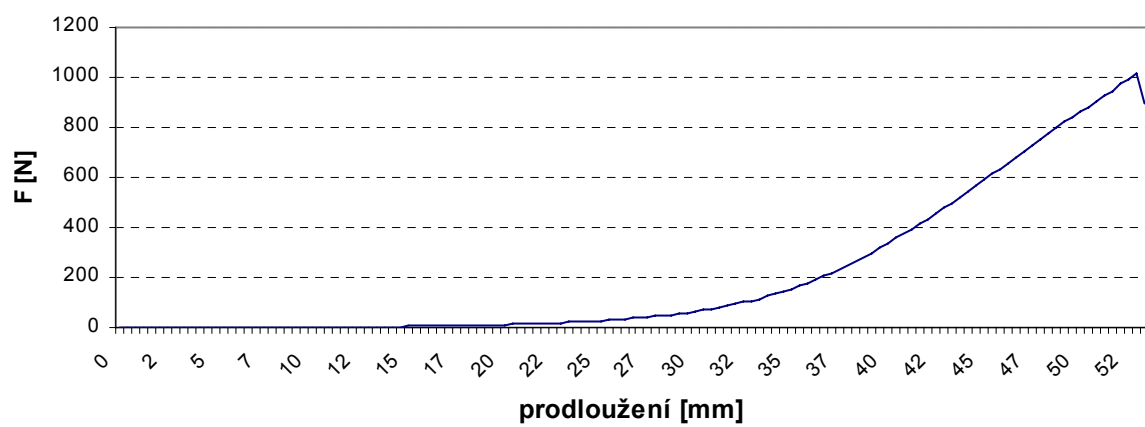
3A R4



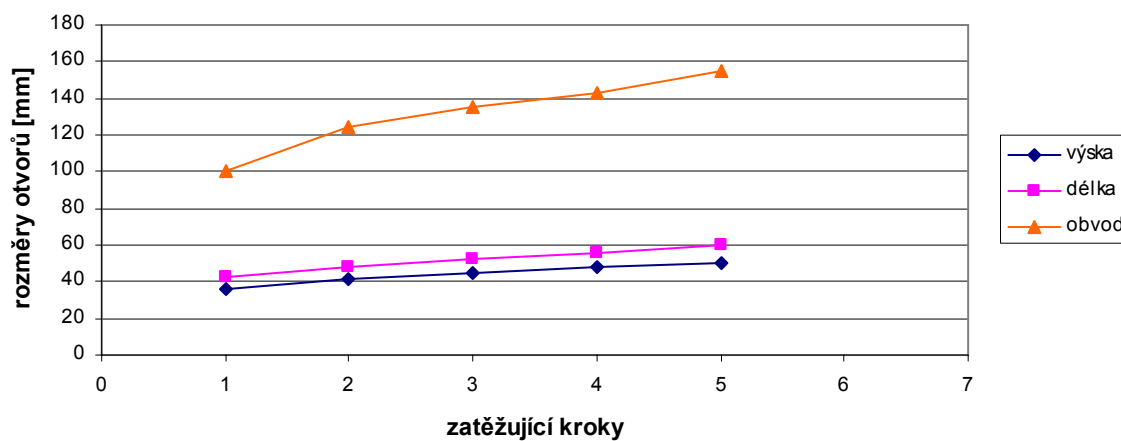
3A R4



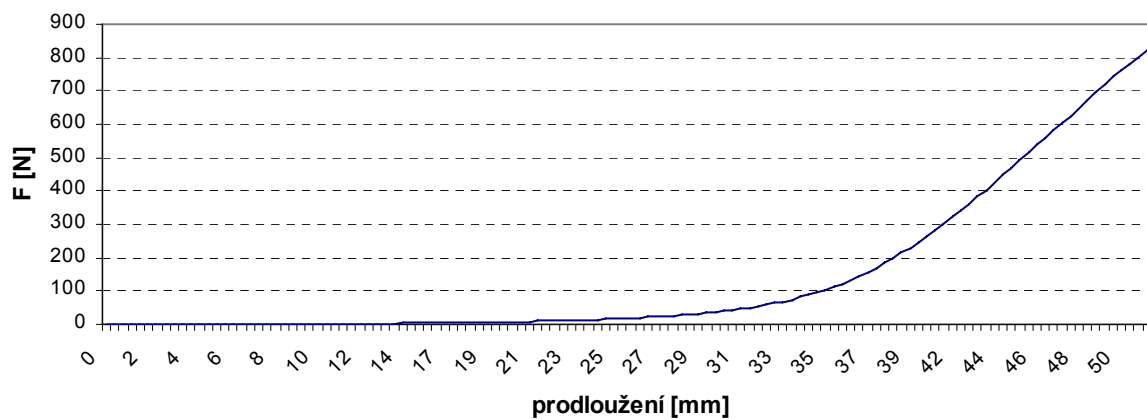
3B R4



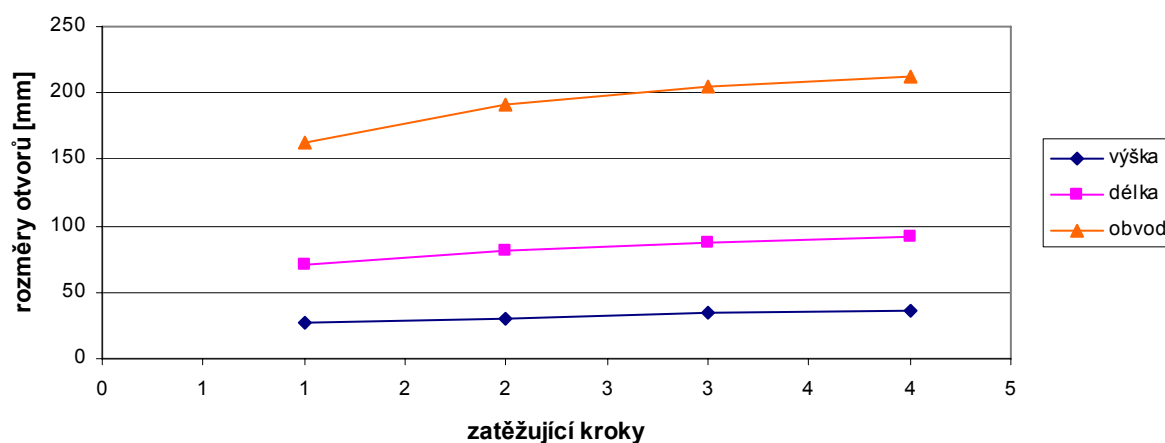
3B R4



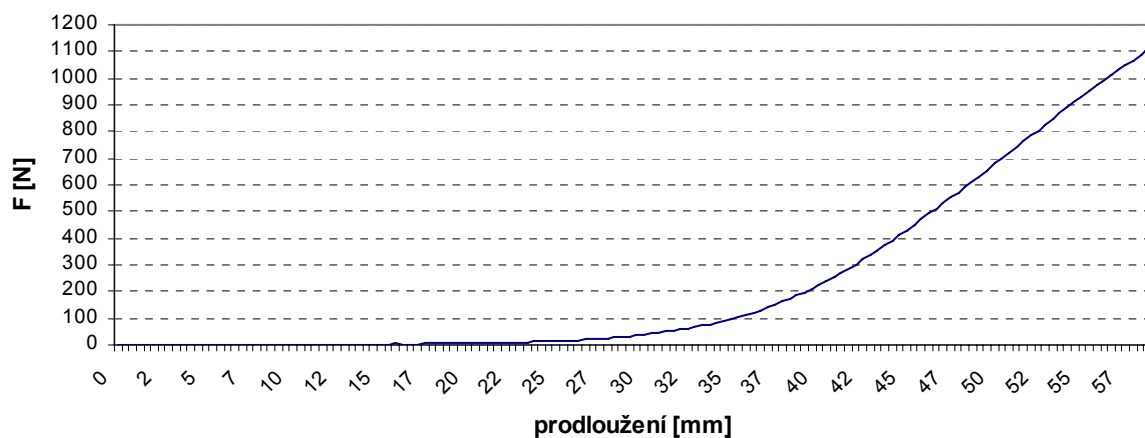
3C R4



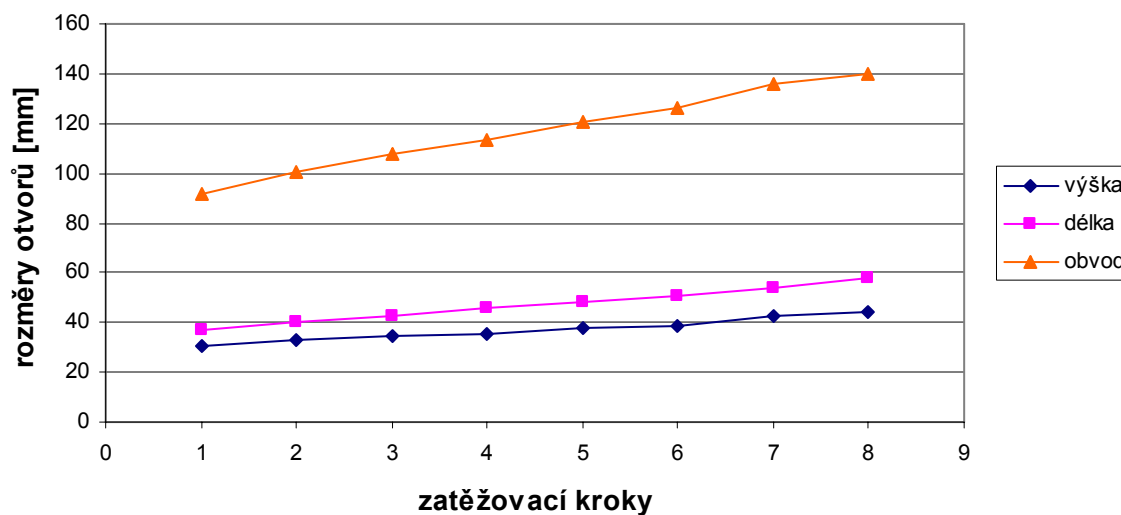
3C R4



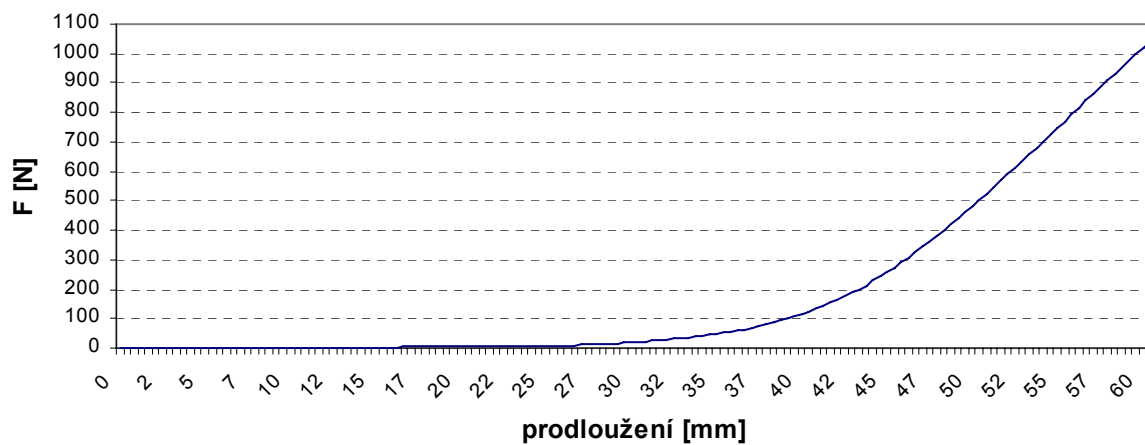
3A ZK 60°



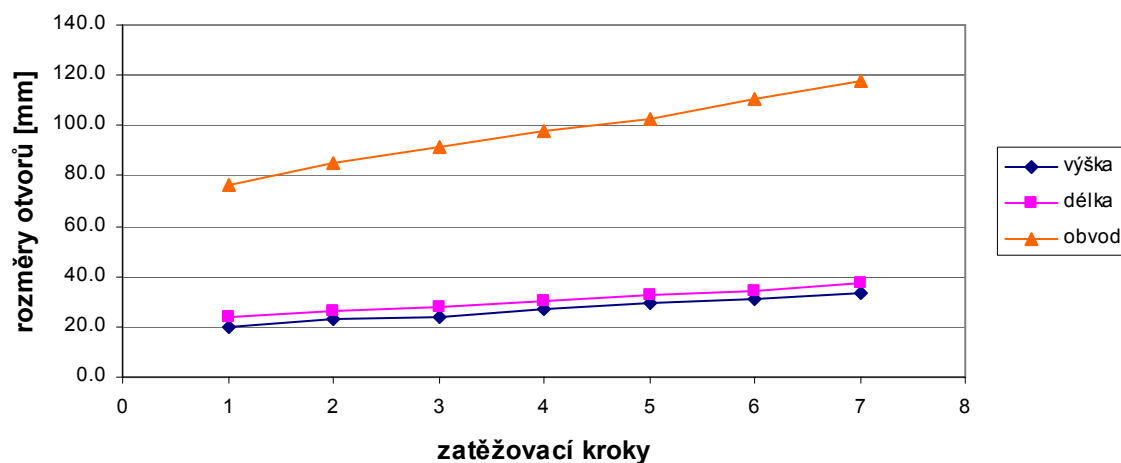
3A ZK 60



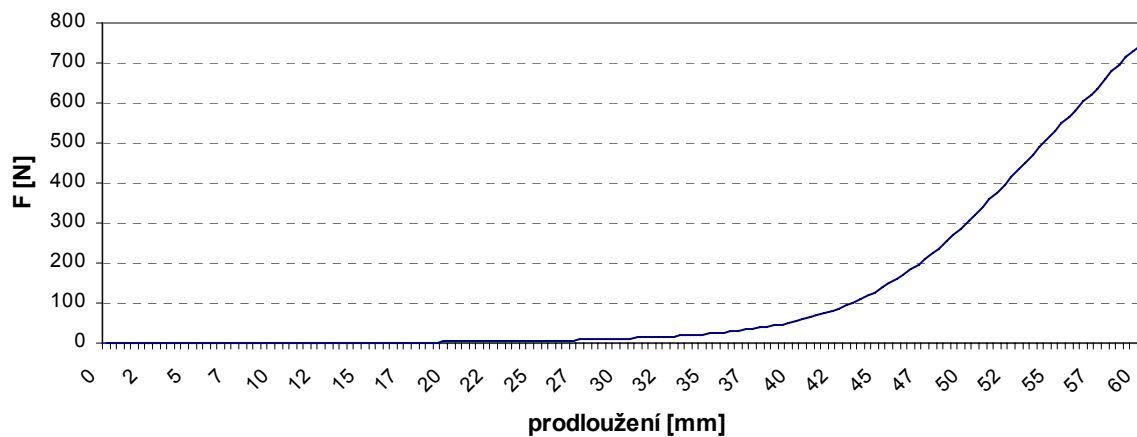
3B ZK 60°



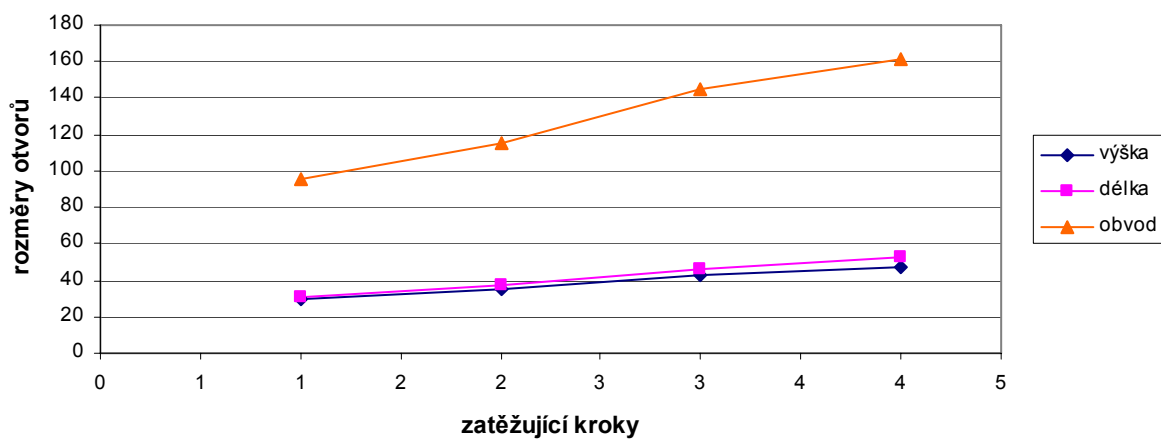
3B ZK 60°



3C ZK 60°



3A ZK 60°



## Statistické vyhodnocení při 3D tvarování

	mm 1A 60°	F[N]	mm 1B 60°	F[N]	mm 1C 60°	F[N]
<b>d</b>	50.8	1074.8	48.6	972.3	56.5	810.3
<b>s</b>	4.5	46.6	1.8	33.0	2.3	18.2
<b>v [%]</b>	8.9	4.3	3.7	3.4	4.0	2.2
<b>2A 60°</b>		<b>2B 60°</b>		<b>2C 60°</b>		
<b>d</b>	59.9	472.9	59.9	564.0	59.9	83.3
<b>s</b>	0.0	40.3	0.0	81.0	0.0	31.2
<b>v [%]</b>	0.0	8.5	0.0	14.4	0.0	37.0
<b>3A 60°</b>		<b>3B 60°</b>		<b>3C 60°</b>		
<b>d</b>	58.9	951.7	59.4	982.7	59.5	739.4
<b>s</b>	0	66.96	0.965	53.88	0	110.97
<b>v [%]</b>	0	7	1.6	5.5	0	15
	mm 1A 30°	F[N]	mm 1B 30°	F[N]	mm 1C 30°	F[N]
<b>d</b>	53.6	1257.2	45.4	1208.6	49.6	939.4
<b>s</b>	5.88	75.98	3.2	54.86	2.27	48.8
<b>v [%]</b>	10.9	6	7	4.53	4.58	5.2
<b>2A 30°</b>		<b>2B 30°</b>		<b>2C 30°</b>		
<b>d</b>	59.9	813.54	59.9	882.4	59.9	210.8
<b>s</b>	0.6	113.32	0.41	45.2	0.3	57.55
<b>v [%]</b>	1	13.9	0.6	5.1	0.6	27
<b>3A 30°</b>		<b>3B 30°</b>		<b>3C 30°</b>		
<b>d</b>	49.5	1202.1	58.3	1072.2	54.6	953.7
<b>s</b>	1.69	42.05	1.73	66.67	1.27	62.98
<b>v [%]</b>	3.4	3.5	2.96	6.2	2.3	6.6
	mm 1A ZK 60°	F[N]	mm 1B ZK 60°	F[N]	mm 1C ZK 60°	F[N]
<b>d</b>	48.6	1057.6	46.8	972.3	49.6	846.1
<b>s</b>	5.03	96.75	1.84	21.34	1.69	49.68
<b>v [%]</b>	10.3	9.1	3.7	2.1	3.4	5.9
<b>2A ZK 60°</b>		<b>2B ZK 60°</b>		<b>2C ZK 60°</b>		
<b>d</b>	59.9	659.7	59.9	534.9	59.9	67.1
<b>s</b>	0	68.38	0	70.49	0	32.14
<b>v [%]</b>	0	10.4	0	13.2	0	47.9
<b>3A ZK 60°</b>		<b>3B ZK 60°</b>		<b>3C ZK 60°</b>		
<b>d</b>	57.7	1107.3	57.9	1036.2	59.5	755.6
<b>s</b>	1.54	112.07	2.31	31.9	0.58	100.3
<b>v [%]</b>	2.7	10.1	4	3	0.97	7.54
	mm 1A R4	F[N]	mm 1B R4	F[N]	mm 1C R4	F[N]
<b>d</b>	39.9	1116.2	34.8	1011.6	42.5	827.87
<b>s</b>	2.88	82.8	0.99	23.75	1.39	10.53
<b>v [%]</b>	7.2	7.4	2.8	2.35	3.3	1.3
<b>2A R4</b>		<b>2B R4</b>		<b>2C R4</b>		
<b>d</b>	54.9	791.2	54.4	718.2	59.9	217.3
<b>s</b>	1.53	24.6	2.82	19.4	0	21.1
<b>v [%]</b>	2.8	3.1	5.1	2.7	0	9.7
<b>3A R4</b>		<b>3B R4</b>		<b>3C R4</b>		
<b>d</b>	48.6	1014.6	49.9	1016.7	49.6	846.1
<b>s</b>	6.25	50.74	1.84	21.34	1.69	49.68
<b>v [%]</b>	12.9	5	3.7	2.1	3.4	5.9