



Využití tvarového šití pro výrobu postrojů pro paragliding

Diplomová práce

Studijní program:

N3106 Textilní inženýrství

Studijní obor:

Oděvní a textilní technologie

Autor práce:

Bc. Zuzana Pavelková

Vedoucí práce:

Ing. Katarína Zelová, Ph.D.
Katedra oděvnictví





Zadání diplomové práce

Využití tvarového šití pro výrobu postrojů pro paragliding

Jméno a příjmení: Bc. Zuzana Pawelková
Osobní číslo: T17000042
Studijní program: N3106 Textilní inženýrství
Studijní obor: Oděvní a textilní technologie
Zadávající katedra: Katedra oděvnictví
Akademický rok: 2018/2019

Zásady pro vypracování:

1. Charakterizujte výstroje pro paragliding. Zaměřte se na postroj pro paragliding a možnosti přichycení popruhů a samotnou výrobu popruhově částí postroje.
2. Popište způsoby realizace pevnostních švů, sešití popruhů. Uveďte normy a způsoby testování postrojů pro paragliding.
3. Navrhněte experiment pro ověření vlivu tvarového šití pro spojování popruhů a zhodnoťte vybrané vlastnosti spojů popruhů.
4. Formulujte závěrečné zjištění a doporučení o vlivu tvarového šití na kvalitu švů postroje.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

dle rozsahu dokumentace
cca 60 stran
tištěná
Čeština



Seznam odborné literatury:

- Hanke, K., Schenk, S. Evaluating the geometric shape of a flying paraglider. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5, 2014 ISPRS Technical Commission V Symposium, 23 – 25 June 2014, Riva del Garda, Italy. doi:10.5194/isprsarchives-XL-5-265-2014.
- Airworthiness requirements for hanggliders and paragliders LTF 2009, Deutscher Hängegleiterverband e.V. in the DAeC – Technical department . [online]. [cit. 5.5.2018]. Dostupné na: www.dhv.de/fileadmin/user_upload/aktuell_zu_halten/technik/tec_downloads/LTF2009_Eng_final.pdf
- Baszczyński, K. Dynamic Strength Tests for Low Elongation Lanyards. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE) 2007, Vol. 13, No. 1, 39-48.
- Kadlecová, K. Nehodovost v paraglidingu. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Bakalářské práce, 2013. Vedoucí práce: PhDr. Jaroslav Dvorský, Ph.D.
- Seddon, P. Harness suspension: review and evaluation of existing informatik. 2002. ISBN 0 7176 2526 5.

Vedoucí práce:

Ing. Katarína Zelová, Ph.D.
Katedra oděvnictví

Datum zadání práce:

14. prosince 2018

Předpokládaný termín odevzdání:

10. ledna 2020

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka

L.S.

prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs
vedoucí katedry

V Liberci dne 14. prosince 2018

Prohlášení

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

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

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

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

Současně čestně prohlašuji, že texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS/STAG se shodují.

19. prosince 2019

Bc. Zuzana Pavelková

Poděkování

Mé poděkování patří především vedoucí mé diplomové práce Ing. Katarině Zelové, Ph.D, za nespočet cenných a inspirativních připomínek a vždy vstřícný přístup.

Dále firmě Sky Paragliders a.s. za možnost využití testovacího zařízení. Trpělivému a stále dobře naladěnému kolegovi Michalu Šotkovi, který mě zahrnoval množstvím odborných informací z oboru paraglidingu.

A nemohu nejmenovat mou rodinu. Manžela Bc. Emila Pavelku a také všechny naše syny: Bc. Emila, Ondřeje a Jiřího, kteří mi byli oporou po celou dobu studia. Díky, že jste ve mne věřili.

Anotace

Diplomová práce analyzuje problematiku výroby postrojů a padákových křídel pro paragliding. Teoretické část seznamuje a popisuje způsob testování postrojů při procesu certifikace a poukazuje na důležitost pevnostních spojení v šicím procesu.

Praktická část je zaměřena na analýzu vlivu různého tvarového prošití na jeho následnou pevnost a na možnou opravitelnost provedeného spoje. Na základě vzniklých zjištění byla určena referenční pevnost jednotlivých spojů a navržen způsob ekonomicky příznivějšího postupu při vývoji nového postroje.

Závěr práce je věnován zhodnocení vlivu tvarového šití na pevnost švu.

Klíčová slova: paragliding, pevnost švu, tvarové šití, popruh

Anotation

The diploma thesis analyzes problems of production of harnesses and paragliding wings for paragliding. The theoretical part introduces and presents the method of testing harnesses in the certification process and the view of seam strength in the sewing process.

The practical part is focused on the influence of various shape stitching on its subsequent strength and possible repairability of the proven joint. On the basis of the results, the strength of the individual joints was determined and the method of an economical more favorable process with the new harness was proved. The conclusion of the work is devoted to the evaluation of the influence of shape sewing on the seam strength.

Keywords: paragliding, seam strength, shape stitching, webbing

Obsah

ÚVOD	8
1. VÝROBA VÝSTROJE PRO PARAGLIDING.....	9
1.1 PADÁKOVÉ KLUZÁKY-ROZDĚLENÍ.....	10
1.2 POSTROJ PRO PARAGLIDING	12
2. ZPŮSOB TESTOVÁNÍ POSTROJŮ PRO PARAGLIDING.....	14
2.1 PRŮBĚH JEDNOTLIVÝCH ZKOUŠEK	16
3. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI SPOJE.....	25
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	29
4.1 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH POPRUHŮ A ŠICÍ NITĚ	30
4.2 NÁVRH METODIKY TESTOVÁNÍ PEVNOSTI PROŠITÍ POPRUHŮ	34
4.3 VYHODNOCENÍ PEVNOSTI SEŠITÍ POPRUHŮ A VLIV TVAROVÉHO ŠITÍ	41
4.3.1 VLIV TVAROVÉHO ŠITÍ NA PEVNOST SEŠITÍ POPRUHŮ PRO POSTROJE	43
4.3.2 VLIV VZDÁLENOSTI PROŠITÍ NA PEVNOST SPOJE	45
4.3.3 VLIV OPAKOVANÉ OPRAVY NA PEVNOST SEŠITÍ POPRUHŮ PRO POSTROJE	48
4.3.4 OVĚŘENÍ VÝSLEDKŮ PRAKTICKÝM POKUSEM	52
DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	54
ZÁVĚR	59
BIBLIOGRAFIE	60

Úvod

Práce je zaměřena na problematiku při výrobě strojů pro paragliding. Paragliding je technický sport, jež podléhá zákonům o civilním letectví a padákový kluzák, který se k plachtění používá, spadá do kategorie sportovních létajících zařízení. V České republice pod správou Letecké amatérské asociace, v ostatních zemích pak pod jejich národními asociacemi či organizacemi. Pro samotné létání na padákovém kluzáku je pak potřeba další vybavení, jakými jsou zejména paraglidingový postroj (slangově „sedačka“) a záložní padák. Z této specifikace je zřejmé, že se nejedná o klasický textilní technický výrobek, ale zpracovatelsky velmi náročný produkt, který musí splňovat řadu parametrů. Především jsou to extrémní nároky na pevnost materiálu a pevnost šitého spoje a jejich odolnost/životnost. Plošné textilie jsou z vysoce pevných materiálů. S ohledem na použití, musí veškeré nové postroje projít certifikací, kde je mimo jiné testováno bezpečné uchycení pilota. Jsou simulovány různé varianty zatížení postroje, a i při těchto variantách musí postroj vydržet vysoké tahové namáhání bez destrukce spoje. Toto se vztahuje na popruhovou část, protože ta je to hlavní, co „drží“ pilota, aby nevypadl.

Jednotlivé díly popruhové části paraglidingového postroje jsou k sobě spojeny převážně na poloautomatickém šicím stroji. Když nebudeme brát v úvahu karabiny a spony, tak je toto spojení to nejdůležitější, co lze na postroji z hlediska bezpečnosti najít. Popruhy se z důvodu odlehčení používají užší a užší, ale pevnost spoje musí být stále vysoká. Také hledisko designu hraje u zákazníků čím dál větší roli, tedy prošití není nutné používat pouze klasické, ale může být do tvaru loga, elipsy, čehokoliv, aby to ladilo s designem.

Cílem diplomové práce bude analýza vlivu tvaru prošití na pevnost spoje. Jakým způsobem je ovlivněn, když se změní počet stehů, jejich šířka, délka a také, jak se změní pevnost v případě, když bude popruh spojen podélnými stehy, příčnými, nebo do tvaru oblouku. Klasické šití je praktické, díky opravitelnosti = lze párat. I na toto bude práce zaměřena. Jaký vliv na pevnost má, pokud bude stejný popruh a steh použit poprvé, po prvním vypárání, popř. po druhém vypárání.

Prakticky budou tyto švy odšity a pevnosti změřeny a porovnány, vše za podpory firmy Sky Paragliders a.s., sídlící ve městě Frýdlant nad Ostravicí.

1. Výroba výstroje pro paragliding

I tuto výrobní textilní oblast ohrožovala konkurence z Asie. Na obrázku číslo 16 je záběr ze společnosti ve Vietnamu zaměstnávající 220 pracovníků (viz obr.1). Ovšem tato skutečnost se začíná obracet, současný trend je výroba ve střední Evropě, díky automatizaci. Nejen, že jsou jednotlivé díly automaticky nařezány na laserových řezacích plotrech, ale také dělení a značení popruhů a šňůr na padákové kluzáky probíhá na automatických strojích. Náklady na zaměstnance již nepředstavují tolik významnou částku. (1)



Obrázek 1 - Výrobní společnost ve Vietnamu

Paragliding je létání s padákovými kluzáky. Oproti seskokovému padáku, který jen pomalu klesá k zemi, je konstrukce křídla padákových kluzáků navržena tak, aby pilot s jeho pomocí zachytil tepelné stoupavé proudy (termiku), nastoupal do výšky a tuto využil k přeletu do dalšího místa se stoupavým proudem. (2) Toto je královská disciplína zvaná Cross Country (XC). Pak jsou zde další disciplíny jako přesnost přistání, hike and fly, speedflying anebo také akrobacie. Přes různé pochybnosti pilotů skutečných letadel je to regulérní cesta do vzduchu a za povětrnostních podmínek, adekvátních pilotnímu umění paraglidisty, jde o sport stejně bezpečný, jako třeba plachtění s větroni nebo létání se sportovními letadly. Paragliding umožňuje létat bezmotorově i motorově na poměrně

velké vzdálenosti – desítky, ba i stovky kilometrů. Je to nejlevnější a nejskladnější letadlo, dostupné téměř každému. (3) Jak uvádí časopis *aero*, je v Evropě téměř 100 000 pilotů paraglidingu, z toho v České Republice 3000, v Asii téměř 15 000, celkově na světě přibližně 130 000. (4)

Kluzák obecně sestává z horního a dolního potahu, které jsou spojeny vnitřními žebry, tvořící řadu vnitřních komor. Tyto komory jsou v přední části ponechány otevřené, aby do nich mohl proudit vzduch, který nafoukne křídlo. Křídla kluzáků jsou obvykle z neporézních materiálů, zvláště odolných proti protržení a s nízkou tažností. (5)

1.1 Padákové kluzáky-rozdělení

Padákové kluzáky se řadí do kategorií. Tyto kategorie určují způsob užití křídla = to, jak bude padák reagovat po ukončení různých úmyslných pádových režimů (akrobatické kousky), nakolik se samy, bez zásahu pilota, regenerují. K těm „nejbezpečnějším“ patří kategorie „standardní PK“. Toto je nejvhodnější padák pro začínající, či rekreační piloty s nízkou frekvencí létání (viz obr.2).



Obrázek 2 - Padákový kluzák kategorie „standardní PK“ Obrázek 3 - Padákový kluzák kategorie „výkonný PK“

Druhou kategorií je třída performance, kategorie „výkonný PK“ (viz obr.3). Jsou to padáky o něco rychlejší s větší klouzavostí = poměrem mezi spotřebovanou výškou a z ní uletěnou vzdáleností. Tyto jsou určeny pro zkušenější piloty, kteří mají ambice létat zajímavější přelety a případně závodit. Tvarově se výkonné padákové kluzáky od standardních padákových kluzáků liší zejména vyšší štíhlostí. Je to z toho důvodu, že štíhlostí se snižuje indukovaný odpor, který vzniká existencí vztakové síly. Odpor, který vzniká vířením vzduchu kolem konců křídel, se nazývá indukovaný a je tím menší,

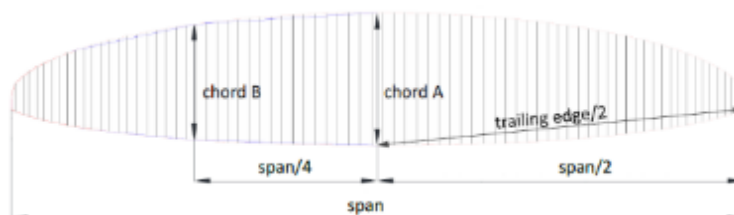
čím je křídlo štíhlejší. To je potom méně stabilní, proto patří zkušenějším pilotům. Metodu měření štíhlosti:

$$\text{Rozložená štíhlost} = \frac{4 \times \text{rozpětí}}{\text{hloubka (A)} + 2,5\text{hloubka (B)}} \quad 1.1$$

Hloubka(A) je hloubka profilu přesně ve středu vrchlíku (tedy v místě, kde je hloubka křídla největší). Hloubka(B) je hloubka profilu v $\frac{1}{4}$ rozpětí křídla - ty v jedné polovině poloviny (viz obr.5). (6)



Obrázek 4 - Padákový kluzák kategorie „soutěžní PK“



Obrázek 5 - Měření štíhlosti u padákových kluzáků

Nejvýkonnější kategorie, je kategorie „soutěžní PK“ (viz obr.4). Jedná se o nejštíhlejší, nejrychlejší a nejlépe klouzající padáky. Na všechno reagují rychle. Ovšem z neobvyklých letových režimů jim musí pomoci pilot. Padákové kluzáky kategorie „soutěžní PK“ používají piloti na závodech, zejména mezinárodních. Do zvláštní kategorie patří padákové kluzáky Z, (viz obr.6). To je křídlo, které nebylo podrobeno testům v mezinárodně uznávané zkušebně, protože se jedná někdy o jediné exempláře a může je použít jen soutěžní pilot. Další kategorií je „tandemový PK“ (viz obr.7). Tento druh PK je vhodný pro zkušeného pilota, který má v úmyslu brát s sebou pasażera. V tomto smyslu musí být PK podroben zvláštním zkouškám, neboť musí vykazovat zvláštní stabilizační tendence a po deformaci vrchlíku se musí rychle vracet do normálního letového režimu. (7)



Obrázek 6 - Padákový kluzák kategorie Z



Obrázek 7 - Padákový kluzák kategorie T

1.2 Postroj pro paragliding

Kromě padákového kluzáku je nezbytnou součástí výbavy pilota postroj (viz obr.8, 9). Je to vlastně sedačka, ve které za letu pohodlně sedí. (8) V některých postrojích, určených zejména pro výkonnostní a závodní létání, pilot spíše leží, než sedí. Jsou vyráběny ve velikostech závislých na výšce postavy. Popruhová část se skládá z prsního, ramenního a nožních popruhů. Ty jsou většinou i za letu plně seřiditelné. Jejich nastavení je důležité pro to, aby se pilot cítil pohodlně nejen při pobytu ve vzduchu, ale také při pozemním nácvičku. Z hlediska bezpečnosti je absolutně nezbytné mít již před startem zajištěné nožní a prsní popruhy, jinak by hrozilo velké riziko vypadnutí ze sedačky.



Obrázek 8 - Postroj, pohled z boku



Obrázek 9 - Postroj pohled čelní

Další součástí postroje je sedací deska, které bývá ze dřeva, plastu, nebo kompozitu (kevlar či uhlíková vlákna). Nejmodernější postroje používají sedací desky kompozitové z uhlíkových vláken z důvodu vysoké pevnosti a velmi malé hmotnosti.

Umístění karabin, které spojují postroj s volnými konci padáku je závislé na způsobu užití padákového kluzáku. Upevňovací body musí být nad sedákem v rozmezí 35 - 65 cm a od sebe 35 – 55 cm. Body musí být zřetelně označeny kontrastní barvou. (9) Začínající piloti uvítají umístění karabin ve vyšší poloze, protože sedačka je pak stabilnější, umístění v nižších polohách je citlivější a toto preferují příznivci soutěžního či akrobatického létání. Dnes je již vyhledávaným standardem a na soutěžích je i povinný tzv. chránič zad/páteře. Chráničů je hned několik druhů. Pěnový chránič páteře je vyrobený z tuhého molitanu o různých tloušťkách, vsítý do látkového obalu. Je vložen do zadní části sedačky tak, aby ochraňoval téměř celá záda a kostrč. Čím je molitan tlustší, tím vytváří vyšší míru bezpečnosti, ale v druhé straně se tak sedačka stává těžší a objemnější. Některé sedačky mohou mít i boční chrániče, které jsou velice dobré zejména při počátečním výcviku a prvních startech. (10) Pěnový je plně funkční po celou dobu startu (viz obr.10), další typ - airbagový – je plně funkční až od chvíle, kdy se airbag naplní nápořem vzduchu během letu. Ovšem airbagový typ má určitý objem vzduchu už při pohybu na startu díky přednapnutí prostoru pro vzduchovou kapsu pomocí různých strun, pružin apod. Pěnové chrániče jsou oproti vzduchovým podstatně těžší – mohou dosahovat hmotnosti až 1 kg. Novinkou posledních let jsou nafukovací chrániče plněné vzduchem (viz obr.11), které splňují obě požadovaná kritéria, jsou lehké a funkční po celou dobu letu.



Obrázek 10 - Chránič páteře pěnový



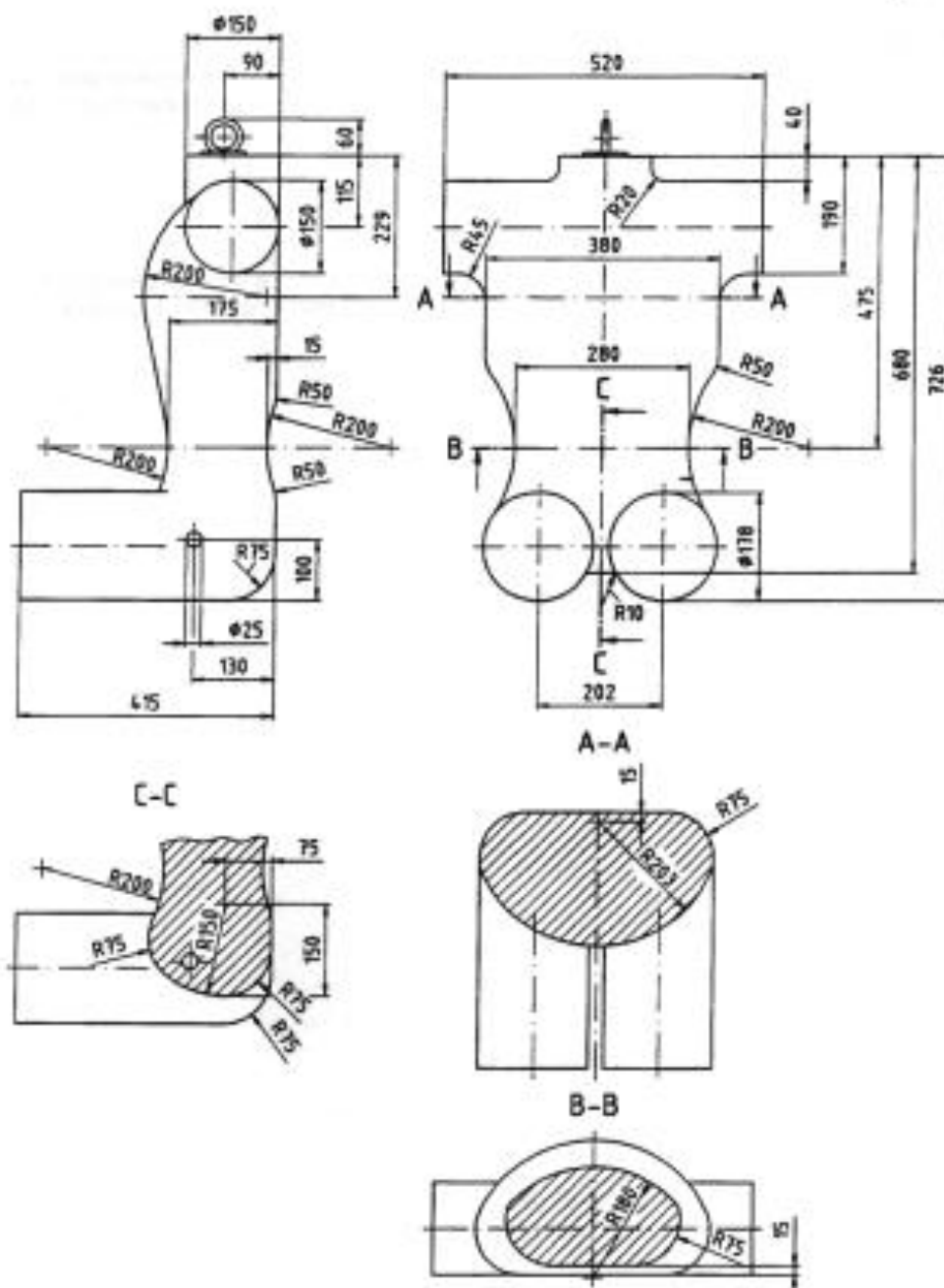
Obrázek 11 - Chránič páteře plněný vzduchem

2. Způsob testování postrojů pro paragliding

U každého nového typu sedačky, který je uveden na trh, je standardem provedení testu dle normy ČSN EN 1651 (942811): Zařízení pro padákové létání-Postroje-Bezpečnostní požadavky a zkoušky konstrukce. Tato norma byla schválena 1.7. 2018 s datem účinnosti od 1.8. 2018.

Pevnost postroje a bezpečnost uživatele se ověřuje na figuríně, která je vyrobena z plastu nebo dřeva v rozměrech, které jsou dané normou (viz obr.12) působením sil v bodech upevnění (viz obr.13). Upevňovací body na postroji (1, 2, 3, 4, 5, 6) jsou vybaveny karabinou o průměru 6 mm. Pokud je vzorek vybaven karabinou doporučenou výrobcem, budou tyto karabiny použity při připojování zkoušeného zařízení. Postroj určený pro zkoušku musí být identický ve všech hlediscích s označeným modelem. Pokud výrobce specifikuje maximální hmotnost pilota větší než 100 kg, uvedené zatížení se násobí koeficientem: maximální hmotnost pilota / 100. (11) Postroj musí být dostatečně odolný vůči zátěži ve všech očekávaných letových situacích. (9)

Rozměry v milimetrech



Materiál: tvrdé dřevo, umělá hmota

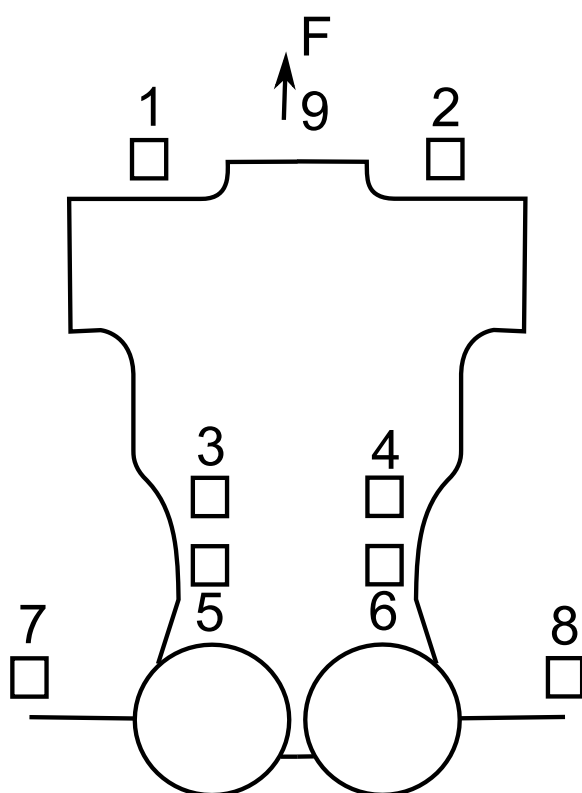
Obrázek 12 - Rozměry figuríny určené k testování postroje

Při zkoušení se nesmí objevit:

- roztržení jakékoliv hlavní konstrukční součásti;
- popraskání stehů jakékoliv hlavní konstrukční součásti;
- prokluzování v seřizovacích přezkách (pouze u některých zkoušek = uchycení);

- d) deformace plastu (pouze u některých zkoušek = uchycení);
- e) defekt, vyklouznutí nebo deformace, které by mohly vést k vypadnutí figuríny z postroje (11)

Z hlediska výroby šitím se konstrukční část postroje myslí popruhová část. Zde nesmí dojít k narušení stehů. Jedná se o sérii sedmi po sobě jdoucích testů, při kterých dochází postupně k namáhání postroje v různých variantách zavěšení a silách namáhání. Je to destruktivní test. Materiály z plošné textilie jsou roztrhané, popruhová část zůstává nenarušena. Postroj zůstává po ukončení zkoušek ve zkušebně k archivaci.



Označení bodů na figuríně:

1. Upevnění postroje k záložnímu padáku (pravé)
2. Upevnění postroje k záložnímu padáku (levé)
3. Upevnění postroje k nosnému popruhu padákového kluzáku (pravé)
4. Upevnění postroje k nosnému popruhu padákového kluzáku (levé)
5. Upevnění postroje k vlečnému lanu (pravé)
6. Upevnění postroje k vlečnému lanu (levé)
7. Upevnění figuríny pro zakotvení (pravé)
8. Upevnění figuríny pro zakotvení (levé)
9. Upevnění figuríny pro působení F na šíji

Obrázek 13 - Umístění zavěšovacích bodů na figuríně

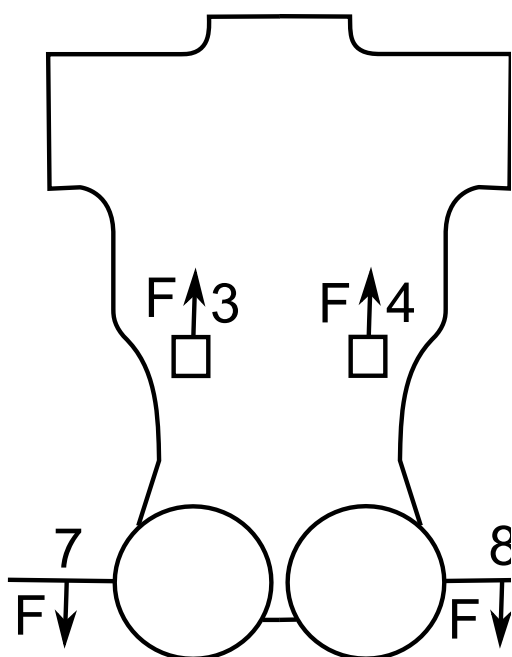
2.1 Průběh jednotlivých zkoušek

K testům se používá dřevěná zkušební panna zavěšená do hydraulického zkušebního zařízení, kde se síla vnesená do sedačky měří pomocí tenzometru (technické parametry viz příloha 2) a je prostřednictvím PC v závislosti na čase vynesena do grafu. Ze všech zkoušek musí být také pořízen videozáznam. Ten je potom přiložen k dokumentaci. Testy se skládají obvykle ze sedmi dílčích zkoušek. Někdy jich je méně: v případě sedaček pro

motorový paragliding je zkoušek pouze pět, protože dvě zbývající simulují zatížení, k nimž u PPG (PPG – powered paragliding – motorové létání) nemůže v provozu dojít. Nebo u sedaček, které nemají uchycení pro záložní padák, není test těchto uchycení (ok) reálný.

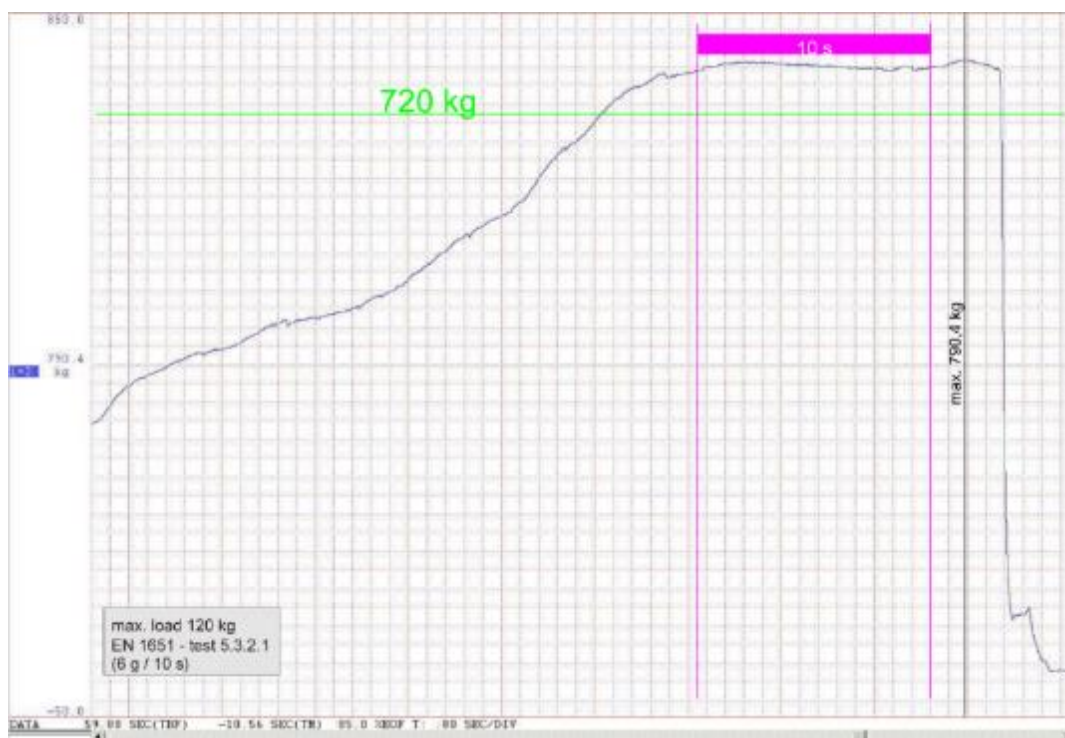
Pro každou zkoušku je předpisem určeno upnutí sedačky a body na figuríně, do nichž se vnáší síla, její velikost a doba působení. Technik před vlastním započítáním testů nejprve určí pevnostní šití, tedy hlavní konstrukční části a označí je pro snazší orientaci křídou. Pak je možno posoudit, zda došlo k poruše nebo nikoliv. U každé dílčí zkoušky je vždy předpisem popsáno poškození, které se nesmí objevit. Pro všechny zkoušky obecně nesmí dojít k roztržení jakékoliv hlavní konstrukční součásti, popraskání jejích stehů či defektu, vyklouznutí nebo deformaci, jež by mohly vést k vypadnutí figuríny z postroje. (12)

První a druhá zkouška simuluje zatížení do karabin závěsu padákového kluzáku. První se šestinásobkem hmotnosti pilota, druhá patnáctinásobným přetížením pilotovy hmotnosti. Požadavek na patnáctinásobek zatížení je tak vysoký z důvodu simulování úbytku pevnosti materiálu v provozu daný působením vnějších vlivů, zejména degradací vlivem UV záření, vlhkosti a skladováním. U zkoušky 5.3.2.1 se figurína posadí a upne k postroji a zakotví ve dvou bodech -7 a 8 a působí se silou 6 000 N souměrně po dobu 10 s na oba body pro upevnění postroje k nosnému popruhu padákového kluzáku -bod 3 a 4 (viz obr.14, 15).



Obrázek 14 - Upevnění postroje u zkoušky 5.3.2.1

Obrázek 15 - Fyzický průběh testu



Obrázek 16 - Naměřené hodnoty zkoušky 5.3.2.1

Průběh zkoušky je zaznamenáván v grafu (viz obr.16). Tah na postroj je postupně navyšován až na hodnotu 6000 N, což je v přepočtu na kilogramy 720 kg. Sílu, jíž je

zapotřebí působit na postroj, vypočítáme se znalostí testované váhy pilota, pomocí následujícího postupu.

$$F = m \times g[\text{N}] \quad 2.1$$

$$m = \frac{F}{g}[\text{kg}] \quad 2.2$$

Kde: FSíla působící na postroj [N]

msetrvačná hmotnost tělesa [kg]

ggravitační zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]

Protože postroj je určen pro piloty s hmotností do 120 kg, je dáno normou, že výsledná hodnota síly působící na postroj, musí být násobena koeficientem $\frac{h}{100}$

Kde: h hmotnost pilota, pro kterého je sedačka určena

$$m = \frac{F}{g} \times \frac{h}{100}[\text{kg}] \quad 2.3$$

$$m = \frac{6000}{10} \times \frac{120}{100}[\text{kg}] \quad 2.4$$

$$\underline{m = 720 \text{ kg}} \quad 2.5$$

Pak musí být tato hodnota držena po dobu 10 s a po tomto časovém úseku je působení síly povoleno. Dále je postroj prohlédnut, zda nedošlo k poškození pevnostních švů. Pokud ano, testování je ukončeno. U této zkoušky se také kontroluje, zda nedošlo k posunu popruhové části ve sponách v oblasti ramen. V případě, že vše proběhlo bez destrukce a posunu, následuje další zkouška.

U druhé zkoušky 5.3.2.2 je upnutí postroje na figurínu stejné jako u předešlé, ale působení síly je 15 000 N po dobu 5 s (viz obr.17)

$$m = \frac{F}{g} \times \frac{h}{100}[\text{kg}] \quad 2.6$$

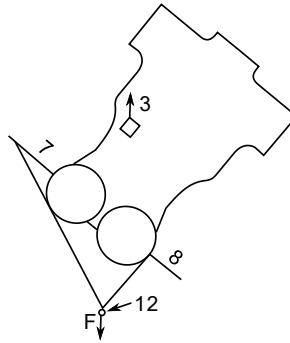
$$m = \frac{15000}{10} \times \frac{120}{100}[\text{kg}] \quad 2.7$$

$$\underline{m = 1800 \text{ kg}} \quad 2.8$$



Obrázek 17 - Naměřené hodnoty zkoušky 5.3.2.2

Následuje třetí zkouška 5.3.2.3, simulující nesymetrické zatížení do hlavních závěsů padákového kluzáku. Figurína se posadí a upne k postroji a zakotví se v bodech 7 a 8 (na obr.18), které se navzájem volně spojí. Na volně pohyblivý závěs se působí silou 6 000 N souměrně po dobu 10 s. To se provádí na pravou i levou stranu postroje (viz obr.19, 20). Průběh zkoušky je zaznamenáván v grafu (viz obr.21, 22).



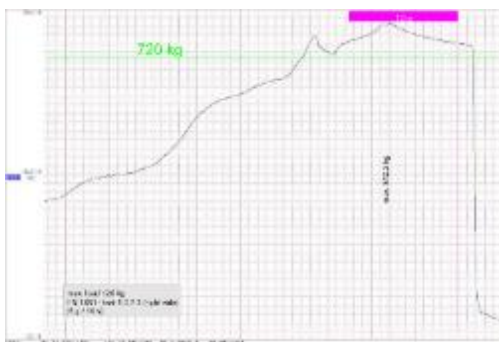
Obrázek 18 - Upevnění postroje u zkoušky 5.3.2.3



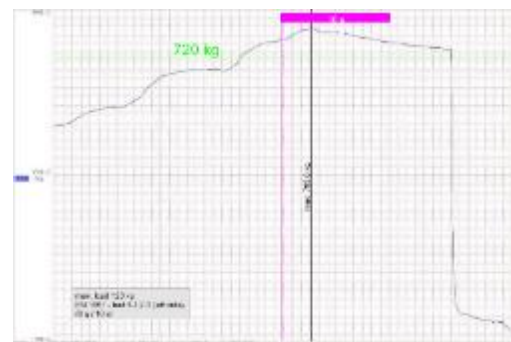
Obrázek 19 - Fyzický průběh zkoušky 5.3.2.3 - pravá strana



Obrázek 20 - Fyzický průběh zkoušky 5.3.2.3 - levá strana

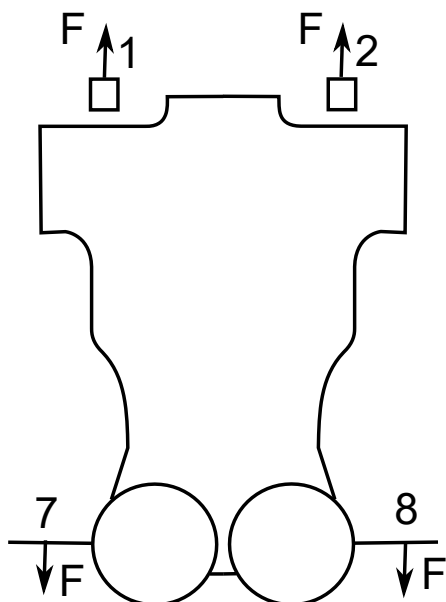


Obrázek 21 - Naměřené hodnoty zkoušky 5.3.2.3 pravá strana



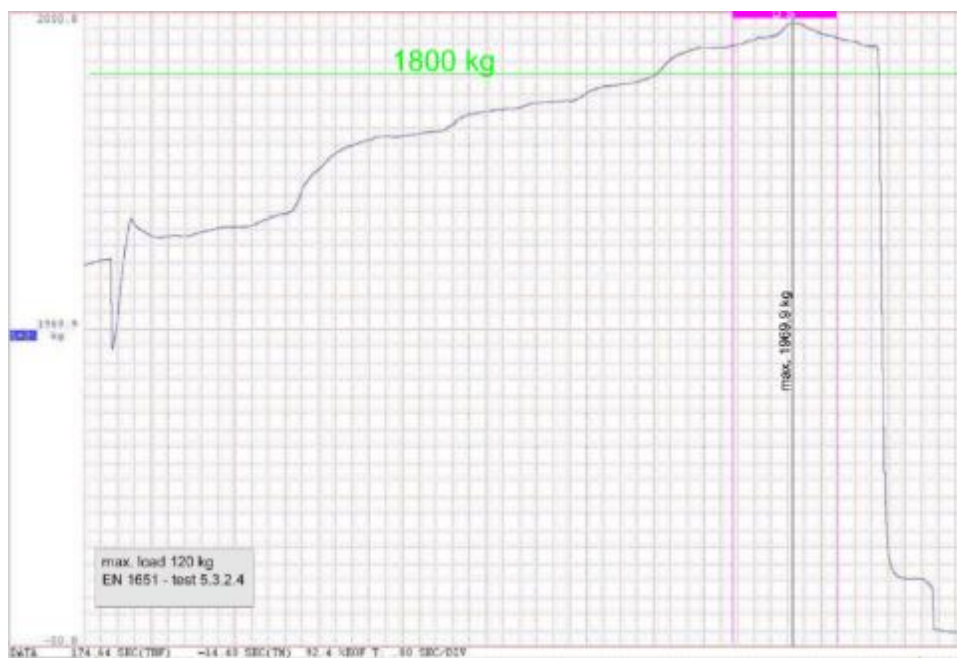
Obrázek 22 - Naměřené hodnoty zkoušky 5.3.2.3 levá strana

Čtvrtá zkouška 5.3.2.4 prokazuje pevnost uchycení záložního padáku. Figurína se posadí a upne k postroji a zakotví ve dvou bodech (bod 7 a 8 na obr. 23) a působí se silou 15 000 N souměrně po dobu 5 s do obou míst pro upevnění záložního padáku (bod 1 a 2 na obr.23). Průběh čtvrté zkoušky (viz obr.24) je zaznamenáván v grafu (viz obr.25).



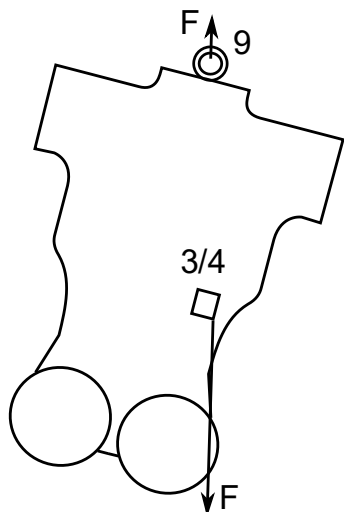
Obrázek 23 - Upevnění postroje při zkoušce 5.3.2.4

Obrázek 24 - Fyzický průběh testu 5.3.2.4



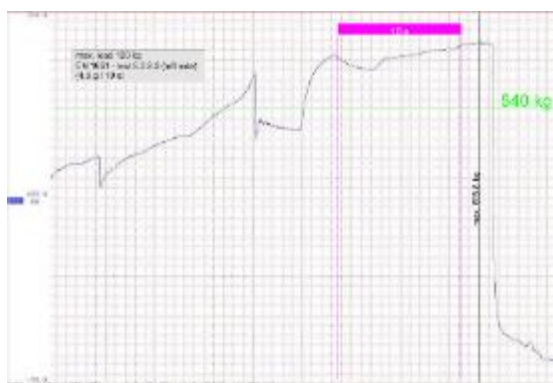
Obrázek 25 - Naměřené hodnoty zkoušky 5.3.2.4

Pátá zkouška simuluje síly při vleku sedačky navijákem. Působí se symetricky do bodů pro upevnění postroje k vlečnému lanu proti bodů pro uchycení k nosným popruhům. Vyvíjí se síla nejméně 5000 N po dobu 10 vteřin. Tato zkouška se neprovádí u sedaček pro motorové padákové kluzáky.



Obrázek 26 - Upevnění postroje u zkoušky 5.3.2.6

Obrázek 27- Fyzický průběh testu 5.3.2.6



Obrázek 28 - Naměřené hodnoty zkoušky 5.3.2.6

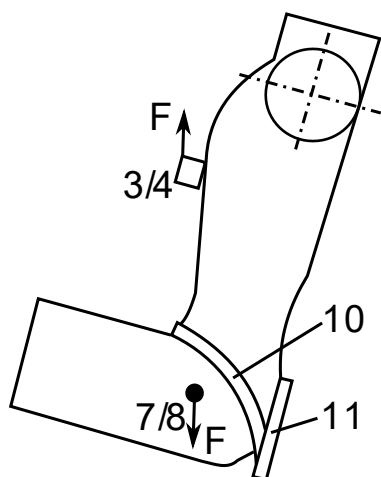


Obrázek 29 - Naměřené hodnoty zkoušky 5.3.2.6

Zkouška šestá 5.3.2.6 se opět provádí na levou a pravou stranu zvlášť. Simuluje možnost, že pilot dopadne např. na strom, je zavěšen vzhůru nohama pouze za jednu karabinu a i v této situaci musí být garantována pevnost. Figurína se posadí a upne k postroji a zakotví v šíji (bod 9 na obr. 26) a působí se silou 4 500 N po dobu 10 s na každý bod pro upevnění postroje k nosnému popruhu padákového kluzáku (bod 3 nebo 4 na obr. 26). Průběh testu (viz obr.27) je zaznamenán v grafu (viz. obr.28, 29).

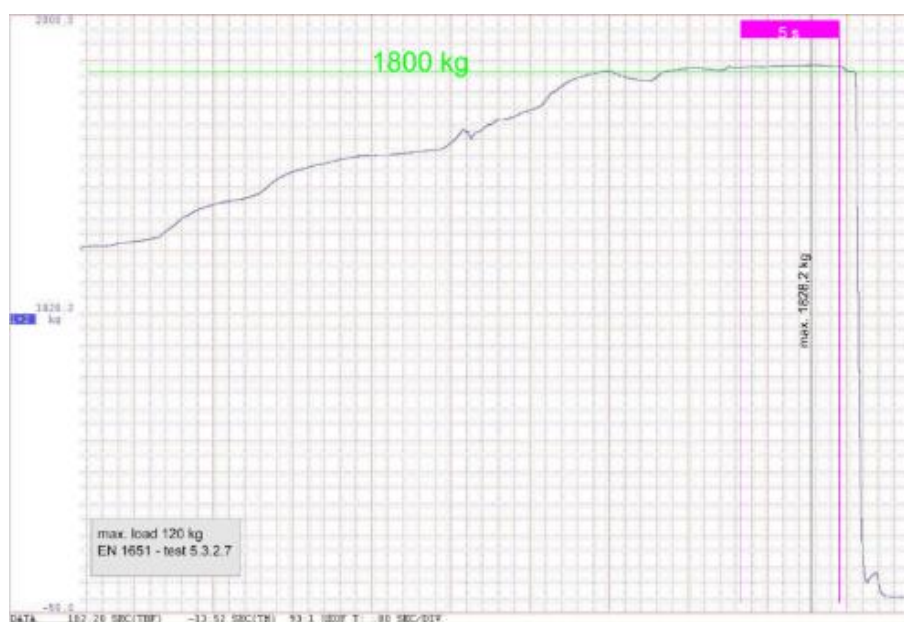
Poslední, sedmá zkouška 5.3.2.7 vnáší do postroje zatížení, jaká jsou u normálního symetrického zavěšení v obou hlavních popruzích, avšak figurína je zavěšena v nožních

popruzích a sedátko je zasunuté za figurínou. V průběhu zkoušky dochází průběžně k destrukci sedátka a tím také k protahování hlavních popruhů. Figurína se posadí a upne k postroji tak, že popruhy na nohy převezmou veškerou zátěž a ukotví se ve dvou bodech (bod 7 a 8 na obr. 30) a působí se silou 15 000 N po dobu 5 s (obr. 32) souměrně do dvou bodů pro upevnění postroje k nosným popruhům padákového kluzáku (bod 3 a 4 na obr. 30).



Obrázek 30 - Upevnění postroje při testu 5.3.2.7

Obrázek 31 - Reálný průběh testu 5.3.2.7



Obrázek 32 - Naměřené hodnoty zkoušky 5.3.2.7

3. Faktory ovlivňující vlastnosti spoje

Použitý materiál a parametry spojování jsou faktory, které ovlivní mechanicko-fyzikální vlastnosti spojů při jejich vytváření. Pevnost švu závisí nejen na samotné pevnosti šitého materiálu, ale i na jeho odolnosti proti opotřebení, respektive sklonu k poškození, které může nastat při technologickém zpracování. Určující je vazba, tloušťka, hustota, plošná hmotnost, povrchová úprava. Při zpracování je důležitá odolnost díla proti poškození způsobenému průpichem jehly. Tento faktor lze ovlivnit výběrem vhodného hrotu jehly a důslednou kontrolou, zda jehla není poškozena. Tuhost materiálu ovlivňuje velikost tření nitě o materiál při tvorbě stehu a tím ovlivňuje namáhání nitě na oděr a snížení její pevnosti. Tloušťka materiálu ovlivňuje počet opakovaných průchodů nitě skrz dílo a tím ztrátu pevnosti nitě. Čím vyšší je tloušťka spojovaných vrstev, tím vyšší je spotřeba nitě na steh, tím se snižuje počet průchodů nitě materiálem a též opotřebení nitě. (13) Také napětí nitě má rozhodující vliv na pevnost spoje a prodloužení švu. Pokud je nit příliš těsná ve švu, je přirozené prodloužení odebráno, což má za následek předčasné selhání nitě. To platí zejména v případech, kdy jsou oděvy vystaveny procesu následného praní. (14)

Přibližná pevnost švu může být dle autora článku o pevnosti švu, Joyankara Mojumdera z Dhaky, vypočítána pomocí vzorce:

Pro vázaný steh

$$F_{\text{š}} = SPI \times STS \times 1.5 \quad 3.1$$

Pro řetízkový steh

$$F_{\text{š}} = SPI \times STS \times 1.7 \quad 3.2$$

Kde : $F_{\text{š}}$ = pevnost švu [g]

SPI – počet stehů [inch]

STS – pevnost nitě (14)

Použitý materiál a parametry spojování jsou faktory, které ovlivní mechanicko-fyzikální vlastnosti spojů při jejich vytváření. Způsob namáhání ovlivňuje vlastnosti spoje při užívání výrobků.

Tabulka 1 - Výchet vlivů na základní mechanicko-fyzikální vlastnosti (13)

	Vliv na příčnou pevnost	Vliv na podélnou
Šitá textilie	<ul style="list-style-type: none"> • Pevnost šitého materiálu • Odolnost proti poškození (šitím, užíváním, údržbou) • Dostava, vazba (vliv na opotřebení nitě) • Tloušťka materiálu 	<ul style="list-style-type: none"> • Roztažnost šitého materiálu • Tloušťka šitého materiálu (vliv na spotřebu nitě) • Stlačitelnost šitého materiálu
Šicí nit	<ul style="list-style-type: none"> • Pevnost niti ve smyčce • Odolnost proti opotřebení (šitím, údržbou) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tažnost šicí nitě • Pružnost šicí nitě
Druh švu	<ul style="list-style-type: none"> • Počet a prostorové uspořádání vrstev • Počet nosných stehových řádků 	<ul style="list-style-type: none"> • V závislosti na deformačních vlastnostech materiálu
Druh stehu	<ul style="list-style-type: none"> • Počet vazných bodů • Umístění vazných bodů • Počet průchodů nitě materiálem 	<ul style="list-style-type: none"> • Uložení nití ve spoji (vázané stehy s přesunutými vaznými body) • Zásoba nitě ve spoji
Hustota stehů	<ul style="list-style-type: none"> • Počet vazných bodů • Počet průchodů nitě materiálem • Intenzita poškození materiálu 	<ul style="list-style-type: none"> • Spotřeba nití ve stehu (nebezpeční poškození materiálu)
Směr šití	<ul style="list-style-type: none"> • Směr švu vůči struktuře materiálu 	<ul style="list-style-type: none"> • V závislosti na deformačních vlastnostech materiálu
Podmínky při tvorbě švu	<ul style="list-style-type: none"> • Šířka švu 	<ul style="list-style-type: none"> • Napětí nití (spotřeba nití ve stehu)
Velikost a směr působící síly	<ul style="list-style-type: none"> • Kolmo ke švu • Pod úhlem vůči struktuře 	<ul style="list-style-type: none"> • Ve směru švu • Pod úhlem vůči struktuře
Doba a způsob působení síly	<ul style="list-style-type: none"> • Relaxace • Jednorázově x cyklicky 	<ul style="list-style-type: none"> • Creep • Jednorázově x cyklicky
Rychlost změny velikosti síly	<ul style="list-style-type: none"> • Vysoké rychlosti – vyšší hodnoty napětí 	<ul style="list-style-type: none"> • Vysoké rychlosti – nižší hodnoty protažení

Pro teoretické stanovení příčné pevnosti šitého spoje lze použít vzorec:

$$F_{\text{š}} = 2 \times 10^{-5} \times (h \times b + 10) \times F_n \times F_{nkp} \times F_{n\text{š}} \times \alpha \quad 3.3$$

$$F_{\text{š}} = 2 \times 10^{-5} \times (23 \times b + 10) \times 103,6 \times F_{nkp} \times F_{n\text{š}} \times 2,99 \quad 3.4$$

kde: $F_{\text{š}}$pevnost švu [N]

F_npevnost nitě v tahu [N]

F_{nkp} ...poměrná pevnost ve smyčce [% z výchozí pevnosti nitě v tahu]

$F_{n\text{š}}$...poměrná pevnost nitě po šití [% z výchozí pevnosti nitě v tahu]

hhustota stehu [cm^{-1}]

bšířka vzorku (délka švu) [mm]

αkoeficient švu (13)

Dle práce Ivany Dosedělové (13) byly sérií experimentů stanoveny (simulací mechanického namáhání vytypovaných spojů normovanou metodou (15)) hodnoty pevnosti vytypovaných spojů a stanovena přibližná hodnota koeficientu α pro nejužívanější druhy švů a stehů.

Tabulka 2 - Výsledky průměrných naměřených hodnot příčné pevnosti spojů a odpovídajících koeficientů švu α (13)

sledovaný vliv	druh švu	druh stehu	F_s [N]	α
druh stehu	Jednořádkový hřbetový 1.01.01	301	212,3	1,00
	Jednořádkový hřbetový 1.01.01	101	169,6	0,80
	Jednořádkový hřbetový 1.01.01	304	219,1	1,03
	Jednořádkový hřbetový 1.01.01	401	253,5	1,19
druh švu	Jednořádkový hřbetový 1.01.01	301	212,3	1,00
	Jednořádkový přeplátovaný 2.01.01	301	219,6	1,03
	Jednořádkový hřbetový 1.01.01	301	255,1	1,20
počet stehových řádků	Jednořádkový přeplátovaný 2.01.01	301	219,6	1,03
	dvouřádkový přeplátovaný 2.01.03 (4mm)	301	423,4	1,99
	třířádkový přeplátovaný 2.01.07 (4+4mm)	301	633,9	2,99
počet st.řádků v závislosti na druhu švu	dvouřádkový hřbetový 1.01.03 (4mm)	301	256,0	1,21
	dvouřádkový přeplátovaný 2.01.03 (4mm)	301	423,4	1,99
	dvouřádkový zakládáný 2.04.03 (4mm)	301	466,3	2,20
vzdálenost stehových řádků	dvouřádkový zakládáný 2.04.03 (4mm)	301	466,3	2,20
	dvouřádkový zakládáný 2.04.03 (8mm)	301	476,5	2,25
	dvouřádkový zakládáný 2.04.03 (12mm)	301	487,4	2,30

Tento způsob výpočtu pevnosti švu však nelze aplikovat na spojování popruhů. Standardní šitý spoj dvounitným vázaným stehem obvykle spojuje textilie k sobě v délce i několika desítek centimetrů. Ovšem u úzkého popruhu musí být stehy rozmístěny s co možná největším využitím plochy spojovaného materiálu.

4. Experimentální část

Z popisu způsobu testování postrojů je zřejmé, že sešití musí být provedeno tak, aby odolalo nárokům při zatížení na figuríně až 15 000 N. Toto zatížení je rozloženo mezi více spojů, ale opakující se pod různými úhly a v různých místech uchycení bez jakékoliv známky poškození po ukončení procesu.

Firma SKY Paragliders má k dispozici stejné zařízení, které je používáno při certifikaci v akreditované zkušebně (viz obrázek 12), takže s vysokou pravděpodobností samotná certifikace probíhá bez problémů. Ovšem při vývoji nové sedačky, kdy je změněna konstrukce popruhových částí, je vyhotoven kus a teprve při simulaci testování se zjišťuje, zda popruhová část pevnostní nároky vydrží nebo ne. V případě že ne, provádí se analýza, která část spoje byla slabým článkem spoje a upravuje se způsob sešití. Za předpokladu, že by bylo možno předběžně predikovat aspoň přibližnou pevnost tvarového sešití popruhů, by se mohla firma při vývoji zabývat funkční a vizuální stránkou postroje a ušetřit náklady na výrobu kusů, kdy až teprve po odšití vzorků celého základního postroje je zjištěno, že tyto vzorky vysoké nároky na pevnost nesplňují.

V reálném procesu výroby je třeba také řešit otázky opravitelnosti. A to z různých důvodů: chyba ve výrobě, když zákazník pošle postroj k opravě... Ve chvíli, kdy bude pevnostní šev vypárán a na stejném místě ušitý znovu, o kolik % se pevnost změní narušením šitého materiálu páráním a druhým, či třetím šitím.

Experimentální část byla zaměřena na stanovení:

- Návrhu metodiky testování pevnostních švů
- Pevnosti švu popruhů s různým tvarovým prošitím
- Pevnosti švu popruhů po opětovném tvarovém prošití po prvním a druhém vypárání – simulace opravitelnosti švu
- Ověření pevnosti postroje s opakovaným tvarovým prošitím na figuríně

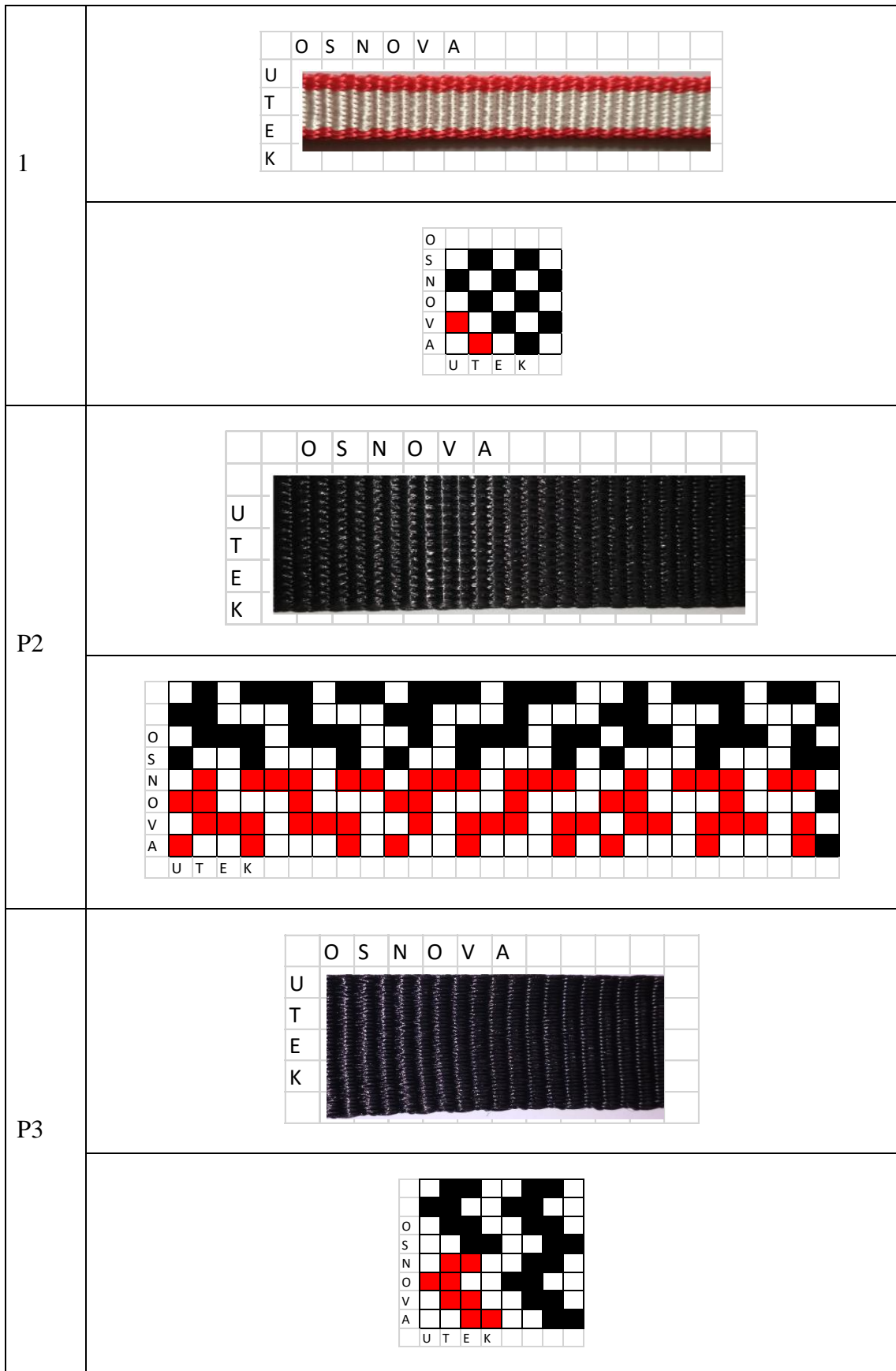
4.1 Charakteristika použitých popruhů a šicí nitě

K testování byly použity 3 popruhy různé šířky od různých výrobců. První popruh (P1) - široký 12 mm - od firmy Lemfeld. Je to česká firma navazující na rodinnou tradici sahající do počátků 20.století. V sortimentu mají kromě stuh či pruženek také pevnostní popruhy s nosností od 100 kg až do 25 tun. (16). Druhý (P2) - v šíři 25 mm - a třetí popruh (P3) – široký 28 mm - od firmy Mouka Tišnov, s.r.o. Tato firma je přímým pokračovatelem manufaktury, kterou založil František Mouka v Tišnově v roce 1842. (17)

Tabulka 3 – technická data použitých popruhů

Popruh	Materiálové složení [%]	Šíře [mm]	Tloušťka [mm]	Délková hmotnost [g/m]	Pevnost [N]	Dostava osnovy [p. nití/cm]	Dostava útku [p. nití/cm]	Tažnost [%]	Vazba
P1	Supratene/PAD/PES 57,3/42,5/0,2	12 ± 1	2 ± 0,2	17,0	11 000	51,7	19	-	plátnová
P2	PES 100	25 ± 1	1,3 ± 0,1	28,0	10 500	71,2	16	28	kombinovaná
P3	PES 100	28 ± 1	2,1 ± 0,2	38,7	18 000	100,7	11	35	hrotový kepr

Charakteristika, náhled a vazba použitých popruhů je uveden v tab.3 a obr.33.




Obrázek 33 – náhled použitých popruhů

Pro sešití popruhů byla použita trojmo skaná polyamidová šicí nit o jemnosti 170 tex s označením STRONGBOND 20, výrobce Amann. Pro bližší charakteristiku šicí nitě byla dále zjištěna jemnosti šicí nitě dle normy ISO Din EN ISO 2060, pevnost a tažnost šicí nitě dle normy ISO Din EN ISO 2062. Charakteristika a náhled šicí nitě je uvedena v tabulce 4, obr.34.

Tabulka 4 – technická data použité nitě

	Materiálové složení [%]	Jemnost [tex]	Zákrut směr	Pevnost [N]	Tažnost [%]
N1	Polyamid 6.6	56,6 x 3	Z	101	23



Obrázek 34 - náhled použité nitě

Pro sešití popruhů byl použit průmyslový šicí stroj, automat PLK-G-2008H (viz obr.35). Jednalo se o šicí stroj s vázaným stehem třídy 300 a možností naprogramovat rovný steh třídy 301 i klikatý steh třídy 304. Automat je vybaven tepelným odštíhem nitě a systémem chlazení jehly vzduchem. Pro sešití byla použita jehla GROZ – BECKERT (viz.obr.36 a 37) systému DY x 3 a jemnosti 180/24Nm, s hrotem R. Rychlost šití byla nastavena na 400 otáček za minutu. Využitelná šicí plocha stroje je 200 mm x 80 mm, délku stehu je možno nastavit od 0,1– 20 mm.



Obrázek 35 – automat PLK-G-2008H



Obrázek 36 - balení použité jehly

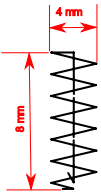
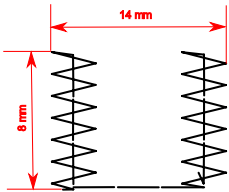
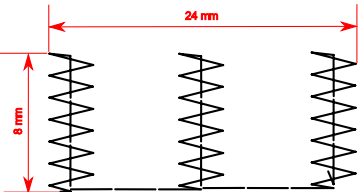
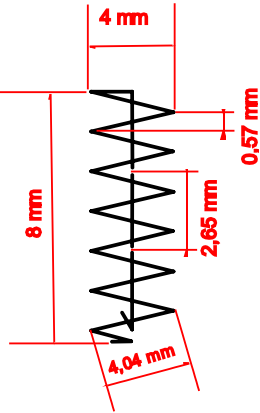


Obrázek 37 - použitá jehla

4.2 Návrh metodiky testování pevnosti prošití popruhů

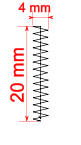
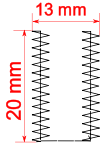
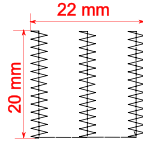
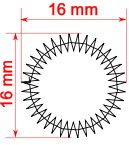
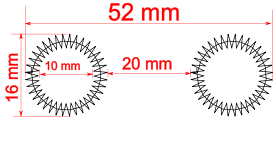
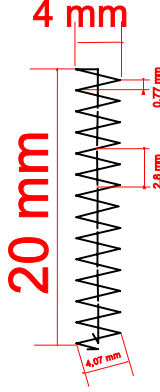
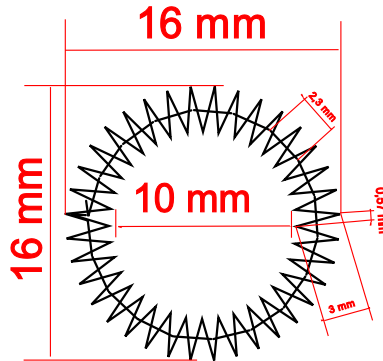
Tvar sešití popruhů se lišil dle šířky popruhu. Jak ukazuje tabulka 5, u popruhu P1 (šířky 12 mm) byla použita celkem 3 tvarová prošití. Popruhy byly sešité vázaným klikatým stehem třídy 304 pomocí 19 – 59 stehů. „Tvar 1“ byl ušit na ploše 8 x 4 mm, „tvar 2“ na ploše 8 x 14 mm a „tvar 3“ na ploše 8 x 24 mm. Rozměr byl přizpůsoben šíři popruhu, přičemž byla ponechána rezerva 2 mm z každé strany okraje popruhu. Nejdříve je provedeno pevnostní prošití dvounitným vázaným stehem třídy 301 a následně je přes toto prošití zhotoven klikatý steh, díky kterému dosahuje prošití vyšší pevnosti.

Tabulka 5 – Varianty tvarového šití pro popruh P1, šířky 12 mm

	Tvar 1	Tvar 2	Tvar 3
Náhled tvarového prošití			
Rozměr [mm]	8 x 4	8 x 14	8 x 24
Počet stehů ve švu	19	39	59
Charakteristika stehu			
Hustota prošití [stehů/cm]	17,54		


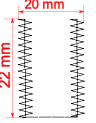
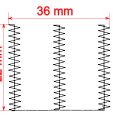
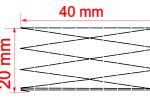
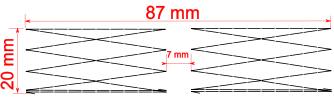
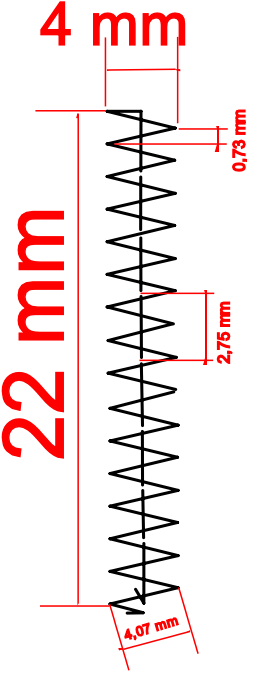
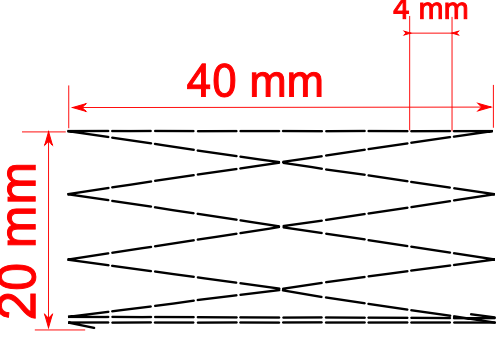
Druhý popruh P2, šířky 25 mm byl sešitý celkem 5 variantami tvarového šití, náhled a technický popis je v tabulce 6. Tvary 1-3 se shodovali s předchozím popruhem, avšak počet stehů se lišil s ohledem na větší šíři spojovaného materiálu. Celkem bylo u prvních třech tvarů 37 - 113 stehů a byli ušity na ploše 20 x 4 mm, 20 x 16 mm a 20 x 34 mm. Navíc byly zhotoveny tvary 4 a 5, kdy bylo sešití ve tvaru jednoho a dvou kruhů s vnitřním průměrem 10 mm a vnějším průměrem 16 mm. U tvaru 5 byla vzdálenost těchto kruhů od sebe 20 mm. Jednotlivé kruhy měli 93 stehů a byly ušity na ploše 16 x 16 mm a 16 x 52 mm. I u všech těchto švů bylo nejdřív provedeno pevnostní šití dvounitným vázaným stehem třídy 301, následně přes toto prošití bylo provedeno prošití klikatým stehem třídy 304, kdy je opět využito prošití do větší plochy pro zvýšení pevnosti spoje.

Tabulka 6 – Varianty tvarového šití pro popruh P2, šířky 25 mm

	Tvar 1	Tvar 2	Tvar 3	Tvar 4	Tvar 5
Náhled tvarového prošití					
Rozměr [mm]	20 x 4	20 x 16	20 x 34	16 x 16	16 x 52
Počet stehů ve švu	37	75	113	93	186
Charakteristika stehu					
Hustota prošití [stehů/cm]		12,99			17,54

Třetí popruh P3, šířky 28 mm, byl sešitý pěti tvary. Tvary 1 – 3 se opět podobali tvarům u prvních dvou popruhů, pouze rozměr byl upraven na jinou šíři. Tvar 4 má obdélníkový tvar s plošným prošitím dvounitným vázaným stehem třídy 301, tentokrát bez použití klikatého stehu třídy 304. Tvar 5 je obdobný jako tvar 4, prošití je provedeno dvakrát.

Tabulka 7 – Varianty tvarového šití pro popruh P3, šířky 28 mm

	Tvar 1	Tvar 2	Tvar 3	Tvar 4	Tvar 5
Náhled tvarového prošití					
Rozměr [mm]	22 x 4	22 x 20	22 x 36	20 x 40	20 x 87
Počet stehů ve švu	42	86	130	92	184
Charakteristika stehu					
Hustota prošití [stehů/cm]		13,7			2,5

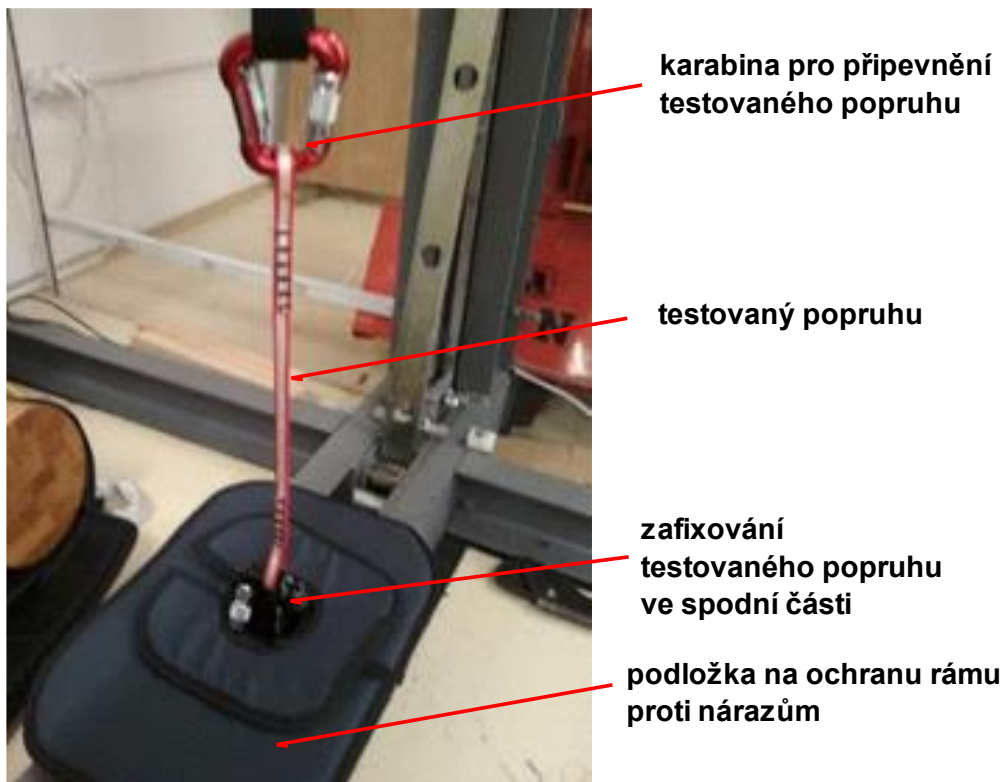
Pro funkčnost i následnou opravu popruhů je důležitá také pevnost sešití nejenom nového popruhu, ale také pevnost po opravě spoje, resp. po jeho vypárání a opětovném sešití. Proto byly vytvořené spoje popruhů testovány:

- A. po prvním sešití
- B. po jednom vypárání a následném druhém sešití
- C. po dvou vypáráních a následném třetím sešití

Pro testování pevnosti tvarového spojení popruhů bylo použito hydraulické zkušební zařízení (viz obr. 37) vyrobené na zakázku dle požadavků normy ČSN EN 1651, kde se síla vnesená do vzorku měří pomocí tenzometru ZFA firmy Scaime (technické parametry tenzometru viz příloha) a je prostřednictvím PC v závislosti na čase vynesena do grafu. Toto zařízení pracuje na principu měření síly, která musí být vynaložena k destrukci upnutého vzorku. Princip testování postroje s figurínou byl popsán v kapitole 2.1. Testované popruhy s pevnostním prošitím byly v testovacím zařízení upnuty bez využití figuríny a to způsobem viz obr. 38 a 39.

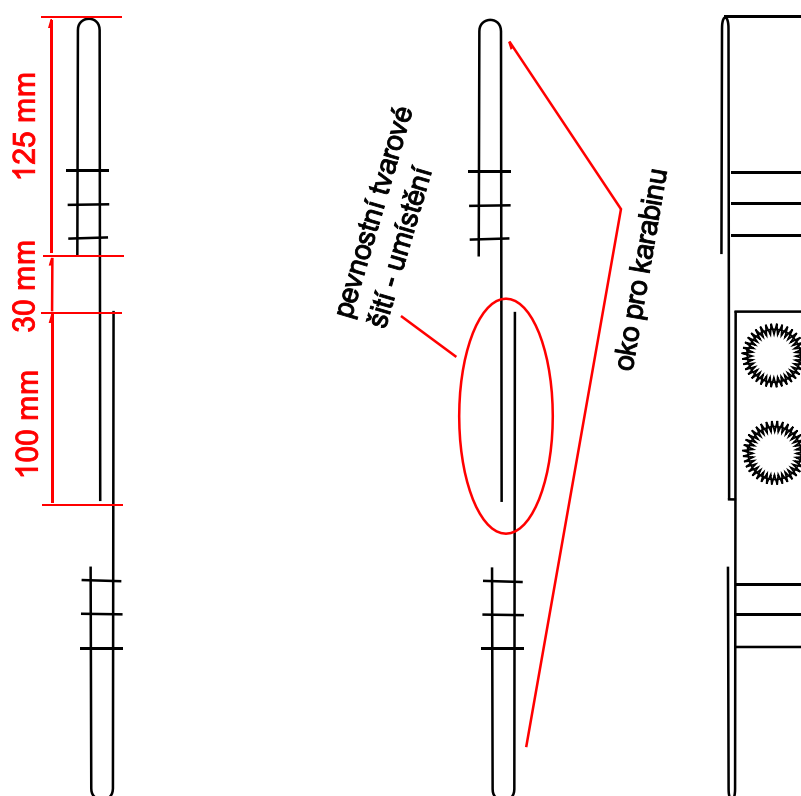


Obrázek 38 – Zařízení použité k testování pevnosti popruhů



Obrázek 39 - Přichycení popruhů pomocí karabin

Pro upnutí popruhů do testovacího zařízení bylo potřeba popruhy speciálně sešít. Způsob sešití popruhů ukazuje obrázek 40 a 41. Rozměry a přeložení popruhů přes sebe lze vidět na obrázku 40. Obrázek 41 znázorňuje umístění tvarového šití a oko určené k přichycení popruhu k testovacímu přístroji pomocí karabin (viz obr.39).



Obrázek 40 - Způsob poskládání popruhů určených k testování

Obrázek 41 – Umístění karabin a pevnostního prošití

Příprava vzorků:

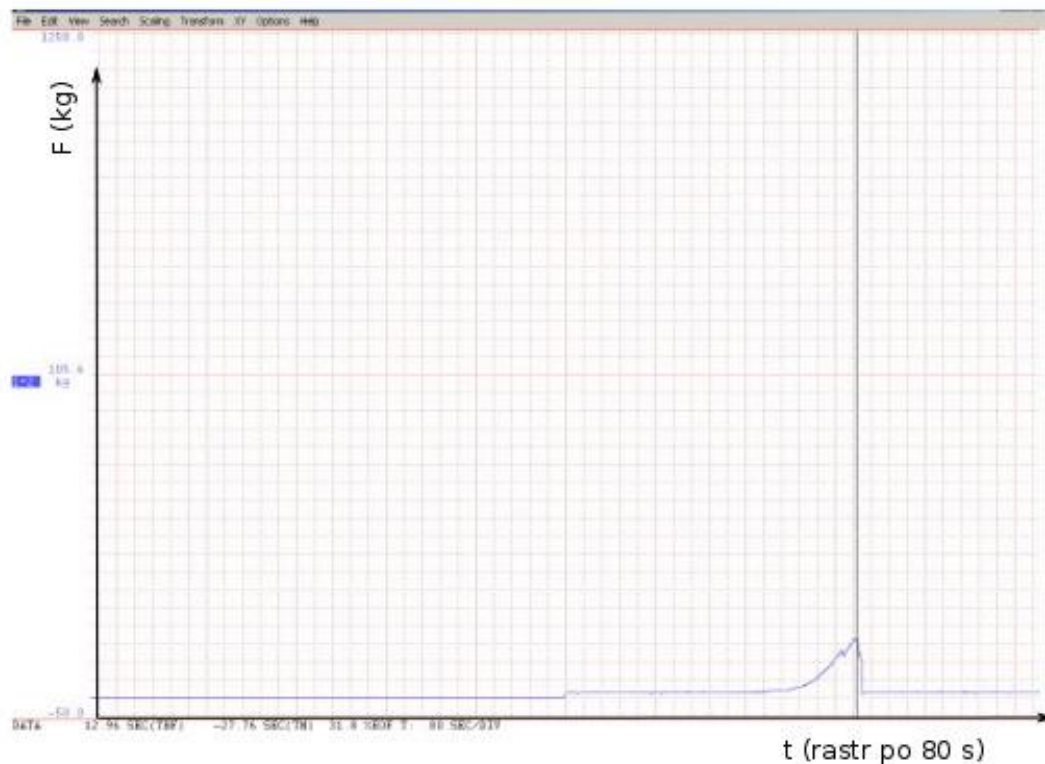
1. Pro každý vzorek byly připraveny 2 ks dílčích popruhů s vytvořeným okem pro karabinu. Tímto způsobem byly připraveny vzorky od každého typu popruhu (P1, P2 a P3). Z popruhu P1 je připraveno 18 jednotlivých kusů, z popruhu P2 a P3 30 jednotlivých kusů.
2. Vždy 2 ks takto připravených popruhů jsou na sebe položeny až ke značce (překrytí 100 mm), a přeplátovaným švem sešity tvarovým šitím popsáním v tabulce 5, 6 a 7.
3. Každá z variant pevnostního švu je aplikována třikrát
4. Jeden kus od každého typu byl odložen – test, kdy je měřena pevnost „A“
5. U dalších dvou kusů byly pevnostní švy pečlivě vypárány bez narušení vazby popruhu. Poté byly pevnostní švy znovu ušity ve stejném místě. Opět byl jeden kus od každé varianty odložen k testování – měření pevnosti „B“
6. U posledních kusů z každé trojice bylo opakováno pečlivé vypárávání a ušití pevnostního švu. Tyto byly připraveny k testování pevnosti „C“

Průběh testu:

1. Do předem připravených ok byly připevněny karabiny
2. Jedna karabina byla zafixována bez možnosti posunutí ve spodní části zařízení
3. Druhá karabina byla připevněna k vrchní části zařízení (viz obr.38 a 39)
4. Testovací přístroj byl zapnut a zkontrolováno propojení s PC
5. Pomocí hydrauliky je vrchní část zařízení posunována směrem nahoru, tím dochází k napínání vzorku směrem k čidlu (viz obr. 38), které měří použitou sílu. Čidlo je propojeno se softwarem v počítači, kde je průběh testu graficky zaznamenáván
6. V napínání vzorku bylo pokračováno až do chvíle přetrhu vzorku. Poté byl vzorek odepnut ze zařízení, záznam uložen a pokračovalo se s dalším vzorkem

Z důvodu objektivity celého měření byl celý tento proces opakován pětkrát a pro hodnocení závěrů byly použity průměrné hodnoty.

Po provedení testů byly výsledky všech vzorků graficky zaznamenány. Software vyhodnocuje výsledky zatížení v jednotkách kg (viz obr.42). Grafy z průběhu měření viz příloha č.3 a naměřené hodnoty viz příloha 4.



Obrázek 42 - Grafický záznam testu

Výsledné hodnoty byly přepočítány pomocí vzorce:

$$F = m \times g \quad 4.1$$

kde: F.....pevnost vzorku [N]

mzatížení vzorku [kg]

gtíhové zrychlení [m/s^2], pro výpočet byl použit koeficient 10

4.3 Vyhodnocení pevnosti sešití popruhů a vliv tvarového šití

Popsaný způsob testování byl aplikován pro každý typ popruhu a tvarové šití 5x. Z naměřených hodnot byl spočítán průměr, směrodatná odchylka a variační koeficient (viz příloha). Výsledné průměrné hodnoty pevnosti a počet stehů u jednotlivých švů pro popruh P1-3 jsou uvedeny v tabulce 8. Všechny hodnoty jsou po prvním sešití = pevnost A = spoj bez následného párání.

Podélná pevnost švů je závislá na tažnosti stehových řádků. Tato tažnost stehových řádků je závislá na tažnosti šicí nitě, druhu stehu, délce a počtu stehů, tloušťce a stlačitelnosti vrstev šitého materiálu a na podmínkách tvorby stehu. Při nižší tažnosti stehového řádku, než je tažnost plošné textilie, dochází k praskání švu dříve než porušení plošné textilie. U příčného namáhání je způsobeno poškození nití v celé šířce textilie. Výsledkem zkoušky příčného namáhání je vyhodnocení účinnosti švu η_s [%]. (18)

Tabulka 8 – Naměřené referenční hodnoty popruhu – nesešitý vzorek

	Pevnost nesešitého vzorku [N]
P1	9 150
P2	9 474
P3	10 400

S ohledem na použití různých vzorků popruhů a různého tvarového šití, byla vypočítána účinnost švu pomocí vzorce:


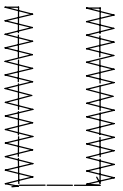
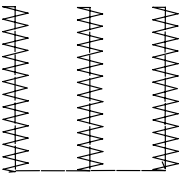
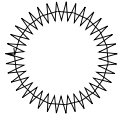

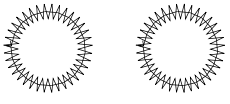

$$\eta_s = \frac{F_{SV}}{F_{NV}} \times 100 \quad 4.2$$

kde: η_súčinnost švu [%]

F_{SV}pevnost sešitého vzorku [N]

F_{NV} pevnost nesešitého vzorku [N]

Tabulka 9 – Výstupní hodnoty pevnosti švu pro popruh P1 – P3 – varianta A

	Náhled tvarového šití	Typ popruhu	Počet stehů	Pevnost švu [N]	Účinnost švu [%]
Tvar 1		P1	19	1 055	11,53
		P2	37	3 262	34,43
		P3	42	3 435	24,53
Tvar 2		P1	39	2 559	27,96
		P2	75	4 927	52,00
		P3	86	5 641	40,29
Tvar 3		P1	59	4 118	45,01
		P2	113	7 447	78,60
		P3	130	7 924	56,60
Tvar 4		P2	93	6 039	63,74
		P3	92	5 518	39,41
Tvar 5		P2	186	9 237	97,49
		P3	184	10 503	75,02

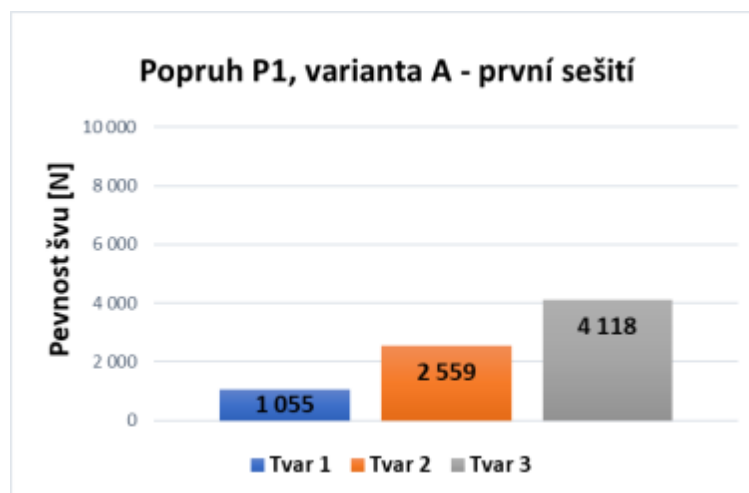
V tabulce 9 lze porovnat účinnost švu jednotlivých tvarových spojení. Nejvýraznější rozdíl je vidět u tvaru 5, kde na spoj u P2 bylo použito 186 stehů a účinnost švu byla

97,49 %, oproti tomu na spoj u P3 bylo použito 184 stehů a účinnost švu byla v tomto případě pouze 75,02 %.

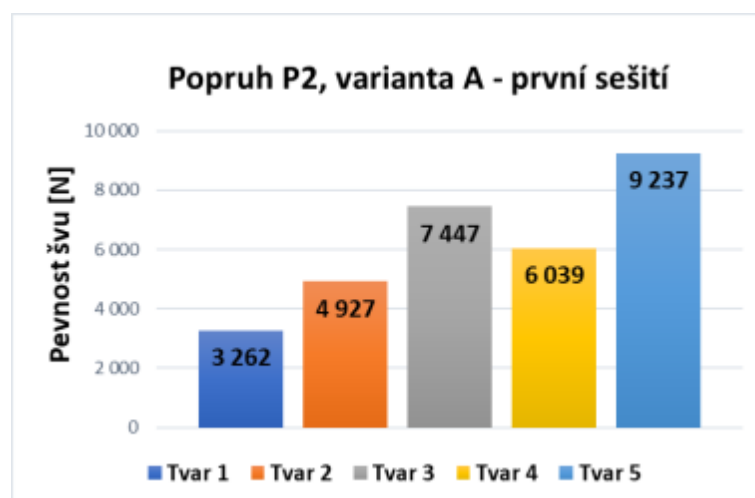
4.3.1 Vliv tvarového šití na pevnost sešití popruhů pro postroje

Výsledky měření ukazují značný vliv způsobu prošití spoje na jeho následnou pevnost. V případě klikatého stehu třídy 304, kdy u všech typů popruhů bylo u tvaru 1-3 využito jedno tvarové šití, které bylo vždy násobeno: tvar 1- jedenkrát, tvar 2- dvakrát a tvar 3 - třikrát, pevnost prošití u P1 se zvyšovala u tvaru 2 téměř 2,5-krát, u tvaru 3 téměř 4x (viz obr.43). U popruhu P2 byl tento nárůst méně strmý, u tvaru 2 - 1,5-krát a tvaru 3 přibližně 2x (viz obr.44). U popruhu P3 je nárůst obdobný jako P2 (viz obr.45).

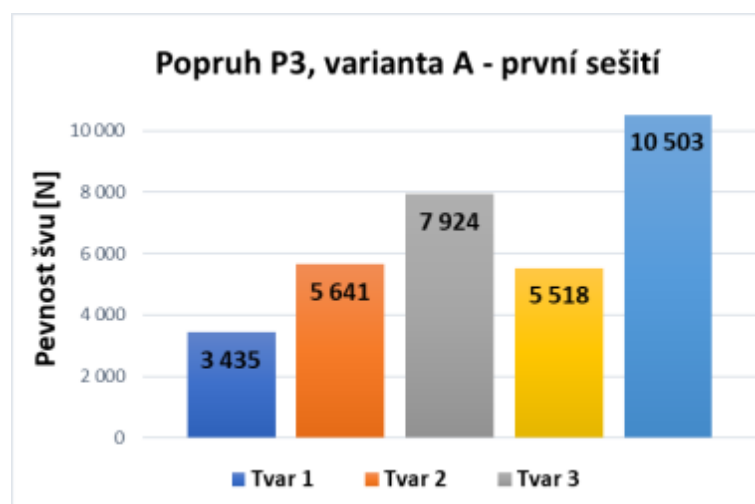
U popruhu P2 byl tvar prošití 4 a 5 zvolen kruhový, steh třídy 304. Tvar 4 měl pevnost nižší než tvar 3, ovšem tvar 5 dosahuje pevnosti nejvyšší (obr. 44). Je patrné, že pevnost spoje je závislá na počtu použitých stehů, což je přehledně zobrazeno v tabulce 9. Stejný poznatek vyplývá i z tvarového prošití popruhu P3. Zde byl na tvarové prošití použit steh třídy 301 a i zde je viditelná závislost počtu stehů na pevnost spoje (tabulka 9).



Obrázek 43 - Průměrné naměřené hodnoty pevnosti švu u popruhu P1 (12 mm), varianta A – po prvním sešití



Obrázek 44 - Průměrné naměřené hodnoty pevnosti švu u popruhu P2 (25 mm), varianta A – po prvním sešití



Obrázek 45 - Průměrné naměřené hodnoty pevnosti švu u popruhu P3 (28 mm), varianta A – po prvním sešití

Po provedení testů byly všechny vzorky důkladně prozkoumány a bylo zjištěno, že u varianty A, tedy při prvním prošití bez následného páření, u většiny z nich došlo k destrukci šicího materiálu (viz tabulka 10). Ukázalo se, že u vzorků na popruhu P2 byl tvar 3 a 5 natolik účinný, že spoj tahové namáhání vydržel, ale došlo k destrukci šicího materiálu (viz obr.46 a 47).



Obrázek 46 – Destructive test of strap P2 after the test, shape 3, front view

Obrázek 47 - Destructive test of strap P2 after the test, shape 3, back view

U popruhu P2 a P3 mělo prošití tvaru 4 téměř stejný počet stehů (93 a 92, viz tabulka 8), ale u P2 byl použit tvar kruhu a u P3 tvar mřížky. Pevnost švu byla prokazatelně vyšší u popruhu P2 (obr.44, 45). U tvaru 5, který byl v obou případech (P2 a P3) dvakrát zopakovaný tvar 4, nebyla u popruhu P2 pevnost spoje vyšší než u popruhu P3. Lze předpokládat, že při použití popruhu s vyššími pevnostními parametry, by i v tomto případě použitý šev ve tvaru kruhu dosahoval vyšší pevnosti než tvar mřížky.

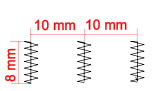
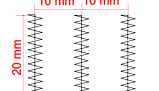
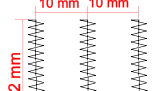
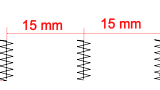
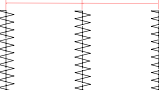

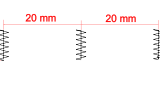


Tabulka 10 – Přehled destrukce materiálů u jednotlivých tvarových prošití, varianta A, první sešití bez následného páření

Destructive test of used materials			
	P1	P2	P3
<u>Tvar 1</u>	nit	nit	nit
<u>Tvar 2</u>	nit	nit	nit
<u>Tvar 3</u>	nit	popruh	nit
<u>Tvar 4</u>		nit	nit
<u>Tvar 5</u>		popruh	nit

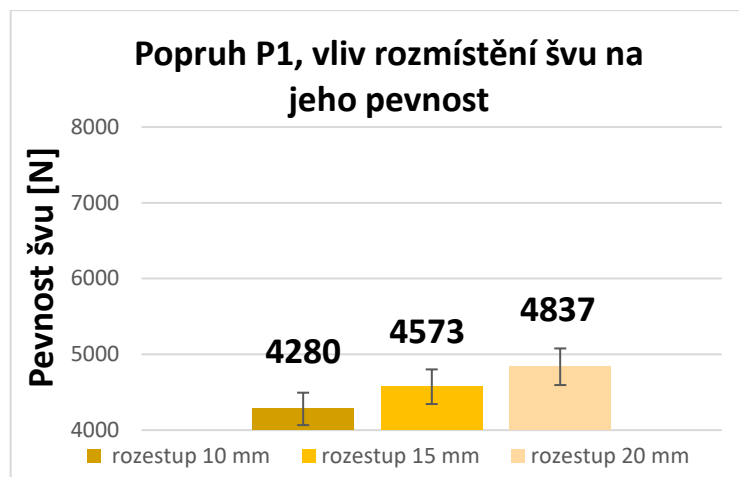
4.3.2 Influence of stitching distance on joint strength

With regard to the fact that shapes 1, 2 and 3 were identical in all tested straps P1, P2 and P3, but the distances between individual joint strengths were not the same, further testing was carried out with the aim of determining the influence of these distances.

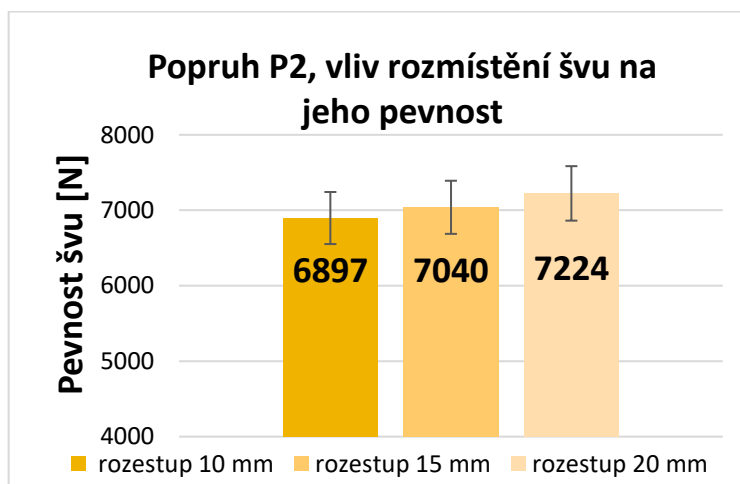
Tabulka 11 – Varianty tvarového šití zaměřené na analýzu vzdálenosti rozestupu

	P1		P2		P3	
	Náhled tvarového šití	Pevnost švu [N]	Náhled tvarového šití	Pevnost švu [N]	Náhled tvarového šití	Pevnost švu [N]
Rozestup 10 mm		4280		6897		7769
Rozestup 15 mm		4573		7040		7804
Rozestup 20 mm		4837		7224		7854

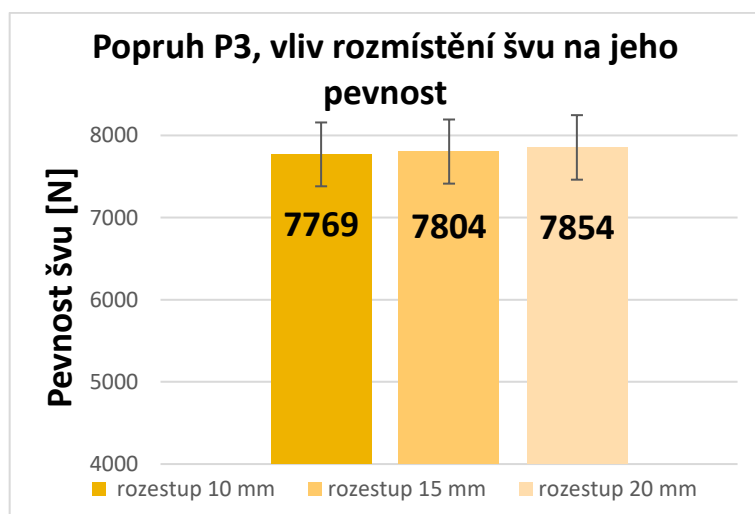
Byly použity švy stejných parametrů jako u dříve popsaného testování. Pouze rozestupy se změnila a to tak, že byl použit pouze tvar 3, se třemi prošitími třídy 304, a tyto prošití byly provedeny ve vzdálenosti 10 mm, 15 mm a 20 mm, a to u všech třech typů popruhů. Náhled pevnostního švu a naměřené průměrné hodnoty pevnosti jsou vyobrazeny v tabulce 11. Statistická data viz příloha.



Obrázek 48 - Porovnání pevnosti švu naměřené na popruhu P1 (12 mm) při aplikaci odlišných vzdáleností mezi pevnostním prošíáním



Obrázek 49 - Porovnání pevnosti švu naměřené na popruhu P2 (25 mm) při aplikaci odlišných vzdáleností mezi pevnostním prošíáním



Obrázek 50 - Porovnání pevnosti švu naměřené na popruhu P3 (28 mm) při aplikaci odlišných vzdáleností mezi pevnostním prošíáním


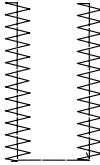
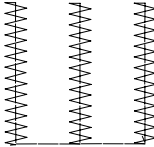

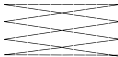
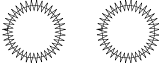

U všech testovaných švů byla s větší vzdáleností rozestupu naměřena větší pevnost. Nejvíce patrné je to u popruhu P1 s nejmenší šířkou, a to 12 mm. Zde došlo při rozestupu 15 mm ke zvýšení pevnosti o 6,8 % a při rozestupu 20 mm o 13 % oproti původnímu rozestupu 10 mm. U popruhu P2 došlo ke zvýšení pevnosti o 2,1 % u rozestupu 15 mm a o 4,7 % u rozestupu 20 %. U popruhu P3 došlo také k navýšení pevnosti švu, tentokrát u rozestupu 15 mm o 0,4 % a u rozestupu 20 mm o 1,1 %.

Analýza testovaných popruhů prokázala, že u vzorků P1 a P3 došlo vždy k destrukci nitě, u vzorků P2 došlo v 35 % případů k destrukci popruhu.

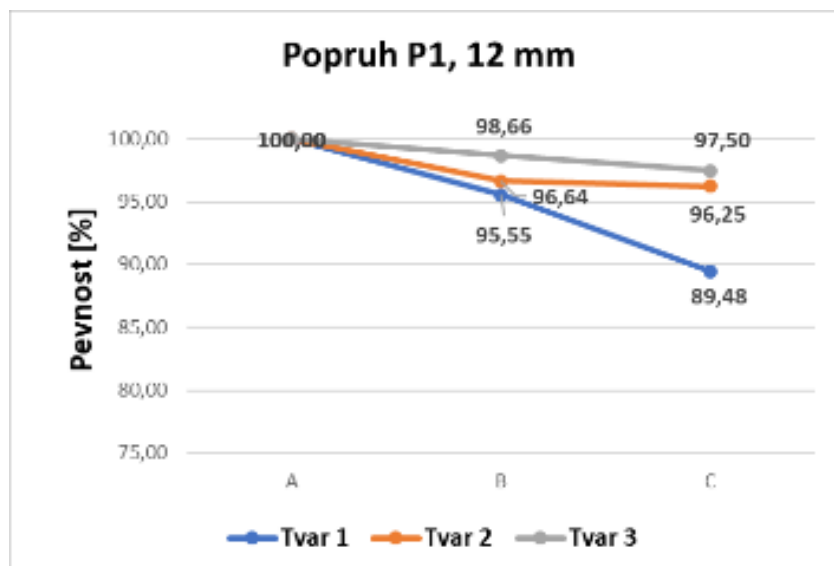
4.3.3 Vliv opakované opravy na pevnost sešití popruhů pro stroje

S opakovaným páráním a šitím odolnost a pevnost spoje klesá, jak ukazuje tabulka 12. Toto je patrné napříč všemi typy popruhů i všemi variantami tvarového pevnostního šití. Po prvním vypárání a ušití tvarového švu (varianta B) klesá pevnost o téměř 2 - 12,78 % z původní hodnoty pevnosti švu varianty A. Po druhém vypárání a následném opakovaném šití (varianta C) byla největší ztráta pevnosti o 16,42 %. Naměřené průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12 – Pevnost švu varianty A, B, C

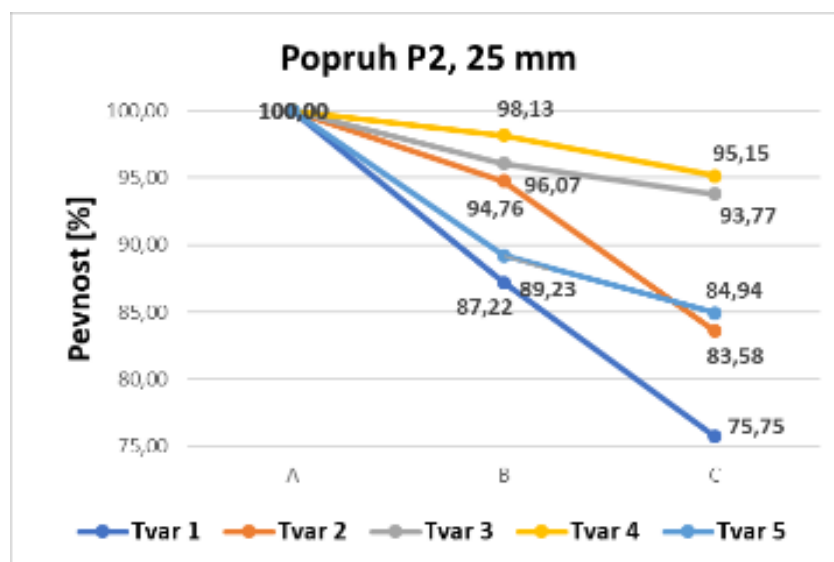
	Náhled tvarového šití	Typ popruhu	Pevnost švu [N]		
			Varianta A	Varianta B	Varianta C
Tvar 1		P1	1 055	1 008	943
		P2	3 262	2 845	2 471
		P3	3 435	3 328	2 959
Tvar 2		P1	2 559	2 473	2 463
		P2	4 927	4 669	4 118
		P3	5 641	5 067	4 814
Tvar 3		P1	4 118	4 063	4 015
		P2	7 447	7 154	6 983
		P3	7 924	7 420	7 153
Tvar 4		P2	6 039	5 926	5 746
		P3	5 518	5 318	4 945
Tvar 5		P2	9 237	8 358	7 846
		P3	10 503	10 044	9 835

Poznámka: varianta A – první sešití, varianta B – tvarové sešití, následné vypárání a opakované tvarové sešití ve stejném místě, varianta C – dvojí tvarové sešití a vypárání a následné třetí sešití ve stejném místě



Obrázek 51 – Ztráta pevnosti švu vlivem páření a opakovaného šití, varianta A, B, C u popruhu P1

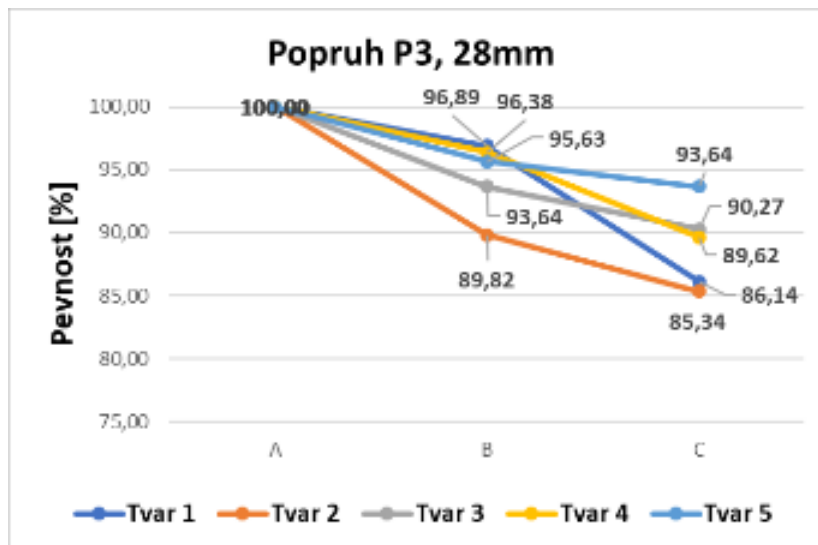
Pevnost sešití popruhu P1, širokého 12 mm, byl otestován u varianty A, B a C. U všech variant došlo k prokazatelnému snížení pevnosti. Nejvýrazněji u tvaru 1, varianta B o 4,45 % a varianta C o 10,52 %. U tvaru 2 došlo ke snížení pevnosti švu o 3,36 % a u varianty C o 3,75 %. K nejmenšímu snížení pevnosti švu došlo u tvaru 3 a to o 1,34 % a 2,5 %.



Obrázek 52 - Ztráta pevnosti švu vlivem páření a opakovaného šití, varianta A, B, C u popruhu P2

Výsledky testů pevnosti švu popruhu P2, širokého 25 mm, měly obdobný charakter – ztráta pevnosti švu po jeho páření a následném sešití je opět prokazatelná. U tvaru 1 byla naměřena největší ztráta. Varianta B měl ztrátu pevnosti švu o 12,78 %, varianta C téměř

25 %. Nejmenší ztráta u tohoto typu popruhu byla zaznamenána u tvaru 4. Po prvním vypárání a opětovném sešití byla ztráta 1,87 %, po opakovaném páření a sešití pak 4,85 %.



Obrázek 53 - Ztráta pevnosti švu vlivem páření a opakovaného šití, varianta A, B, C u popruhu P3

Popruhu P3, široký 28 mm, měl naměřené hodnoty tvaru 1, 4 a 5 varianty B téměř shodné, u všech došlo k přibližné 4 % - ní ztrátě pevnosti švu. Nejvýraznější oslabení se projevilo u tvaru 2. Varianta B o 10,18 %, varianta C téměř 15 %.

Destrukce použitých materiálů			
-	Popruh P1		
	A	B	C
<u>Tvar 1</u>	nit	nit	nit
<u>Tvar 2</u>	nit	nit	nit
<u>Tvar 3</u>	nit	nit	nit

Destrukce použitých materiálů			
-	Popruh P2		
	A	B	C
<u>Tvar 1</u>	nit	nit	nit
<u>Tvar 2</u>	nit	popruh	popruh
<u>Tvar 3</u>	popruh	popruh	popruh
<u>Tvar 4</u>	nit	nit	popruh
<u>Tvar 5</u>	popruh	popruh	popruh

Destrukce použitých materiálů			
-	Popruh P3		
	A	B	C
<u>Tvar 1</u>	nit	nit	nit
<u>Tvar 2</u>	nit	nit	nit
<u>Tvar 3</u>	nit	nit	nit
<u>Tvar 4</u>	nit	nit	nit
<u>Tvar 5</u>	nit	nit	nit

Páráním a následným opakovaným šitím došlo ke ztrátě pevnosti popruhu. Tato skutečnost je patrná zejména u popruhu P2, kde došlo k totální deformaci popruhu v 60 % případů testovaných vzorků, zejména u tvaru 2, 3 a 5 (obr. 54, 55). Oproti tomu u popruhu P3 nenastala úplná deformace v žádném z případů. Jedná se o materiál s nejvyšší pevností. U tvarového prošití 4 a 5 byl použit steh třídy 301. Hustota stehu byla menší, tudíž byl šitý materiál nejméně znehodnocen páráním a následným opakovaným prošitím. (obr. 55)



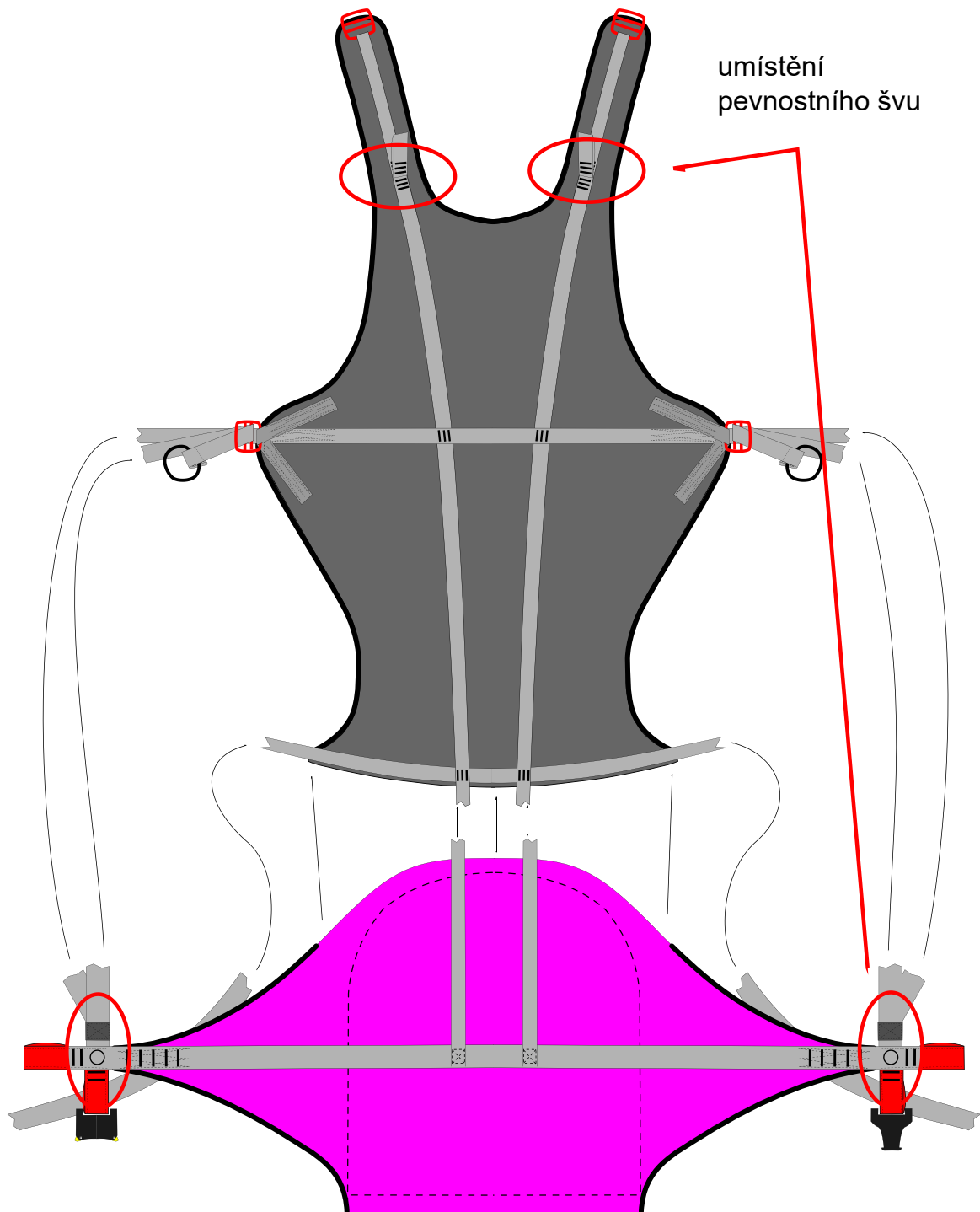
Obrázek 54 - Popruh po deformaci P2, tvar 4. Destrukce šitého materiálu.



Obrázek 55 - Popruh po deformaci P3, tvar 5. Destrukce šitého materiálu.

4.3.4 Ověření výsledků praktickým pokusem

V praxi se na pevnostní švy, které jsou namáhány při testování postroje na figuríně, běžně používá šev popruhu P2, tvar 4. Pevnost tohoto spoje je 6 039 N. Tuto skutečnost je možno využít při vývoji nového postroje a ověřování spoje s novými popruhy odlišných parametrů. S vysokou pravděpodobností lze předpokládat, že pokud bude mít pevnostní šev libovolného tvaru a počtu stehů pevnost 6 039 N, proběhne test nového postroje s kladným výsledkem certifikace.



Obrázek 56 - Náhled popruhové části postroje

Na základě tohoto výsledku byla provedena ověřovací zkouška. Dle výsledků z praktického testu bylo zjištěno, že u popruhu P2 měl tvar 3 i po dvojitým vypárání a následném ušití švu, pevnost 6 983 N. Tento typ švu byl vybrán na ověření získaných poznatků. Na postroji byl aplikován tento šev na určená místa (obr.56) a proběhl test na figuríně, který simuloval certifikační test. Ověření praktickým pokusem dokázalo, že daný pevnostní spoj je dostačující.

Diskuze výsledků

Dosažené výsledky předložené diplomové práce odpovídají třem stanoveným cílům.

Byla navržena metodika testování pevnosti švu na speciálním testovacím zařízení primárně určeném pro testování postrojů pro paragliding.

Byl hodnocen vliv tvarového šití na následnou pevnost švu použitým při spojení dvou popruhů. Soubor testovaných vzorků umožnil stanovit vliv vybraných parametrů (počet použitých stehů, vzdálenost mezi jednotlivými pevnostními švy, tvar pevnostního švu) na výslednou hodnotu pevnosti švu.

Byl hodnocen vliv opakované opravy na kvalitu pevnostního švu u paraglidingového postroje.

1. Návrh metodiky testování pevností švů popruhů

Tato práce vznikala ve spolupráci s konkrétní českou firmou zabývající se výrobou produktů pro paragliding, která má k dispozici speciální testovací zařízení stejné, jako se používá při certifikaci postrojů pro paragliding. Byla navržena metodika testování pevností švů popruhů tak, aby mohl být využit tento přístroj a aby mohl být test opakovatelný za stejných podmínek i v budoucí praxi této firmy. Byla stanovena optimální referenční pevnost švu o hodnotě 6 039 N. Bylo ověřeno, že když je použit šev o této pevnosti na postroji v místě, kterým je spojen pilot s křídlem nebo záložním padákem, toto vysoce zatěžované místo při provádění testů na testovacím zařízení vydrží tahové namáhání nutné k provedení všech testů nutných k certifikaci výrobku. Díky tomuto stanovení hodnoty pevnosti a navržené metodice testování lze v budoucnu při vývoji nového postroje značně omezit náklady na vývoj. Při testování neověřeného popruhu lze zkoumat a analyzovat pouze samotný spoj. Teprve až poté, kdy bude srovnatelná pevnost švu s referenčním vzorkem, lze vyrobit celý postroj. Vývoj nového výrobku je finančně velmi nákladný, jak z hlediska spotřeby materiálu, tak z hlediska náročného technologického zpracování. V praxi se nejednou stalo, že celá sedačka byla vyhotovena a následně bylo třeba vzorovat nový kus z důvodu destrukce švů při ověřovacích testech. Za použití této metodiky bude vývoj nového produktu časově i finančně méně náročný.

2. Hodnocení vlivu tvarového šití na následnou pevnost švu

Pro zhodnocení pevnosti švu byly na testování použity popruhy různých šířek i materiálového složení. Jedinou konstantou u všech vzorků byl použitý šicí materiál. Výsledky pevnostních testů odpovídaly předpokladu, že s narůstajícím počtem stehů se zvyšovala pevnost spoje. U popruhu šířky 12 mm byl pevnostní rozdíl švu mezi jednotlivými tvary nejvýraznější. Tvar 1 měl naměřenou hodnotu pevnosti švu 1055 N. Přestože byl tvar 2 prostým dvojnásobkem tvaru 1, byla u něj naměřena hodnota 2559 N. Stejně tak tomu bylo u tvaru 3. Jeho pevnost nebyla 3165 N (trojnásobek pevnosti švu tvaru 1), ale dosáhla pevnosti švu 4118 N. Experiment odhalil, že tento výsledek nastal vlivem malé využitelné šíře šitého materiálu, bylo možno použít při tomto typu švu pouze malý počet stehů, a to byl nejvýraznější důvod, proč byly výsledky pevnosti švu u tvaru 1 tak nízké. U popruhu P2 a P3, byla využitelná šíře pro šití větší a výsledky byly jiné. Na rozdíl od výše popsané skutečnosti u popruhu P1, kdy se pevnost švu zvyšovala s vyšším koeficientem, než byl násobek počtu stehů, tak u popruhu P2 a P3 toto zvyšování pevnosti švu nebylo tak strmé. Z toho plyne, že šíře materiálu, respektive využitá plocha pro aplikaci tvarového šití, má velmi výrazný vliv na následnou pevnost švu.

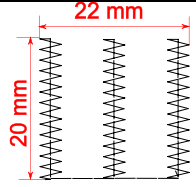
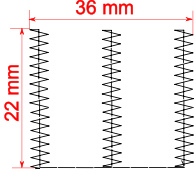
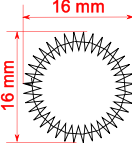
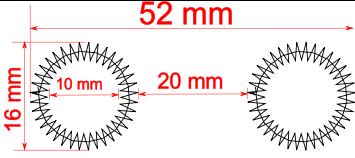
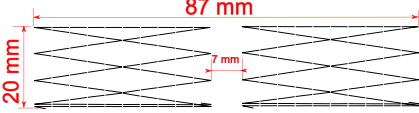
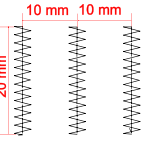
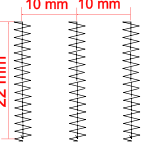
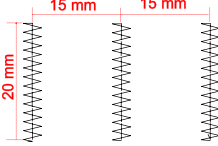
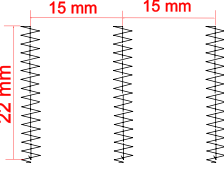
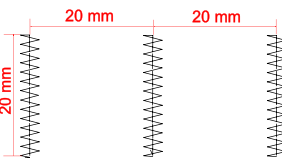
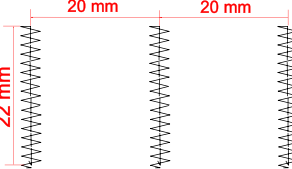
Při analýze účinnosti švu byla zaznamenána nejvyšší u popruhu P2 tvar 5. Jedná se o šev šitý klikatým stehem třídy 304 do tvaru kruhu. Bylo by zajímavé testovat jiné tvary ve tvaru různých variant oblouků za použití stehu třídy 304.

Nabízí se otázka, zda u klikatého stehu třídy 304 má vliv na pevnost spoje i šíře švu, nejen počet stehů a vzdálenost. V budoucnu by se to dalo otestovat opětovným použitím tvaru 3 s rozpětím mezi jednotlivými pevnostními švy 20 mm, ale pokaždé použít jinou šířku stehu.

Bylo vyhodnoceno, že pouze u popruhu P2 docházelo k destrukci samotného popruhu. Porovnáním technické dokumentace od výrobce (viz příloha č 1) bylo zjištěno, že tento popruh má opravdu nejnižší garantovanou pevnost ze tří použitých testovaných materiálů. Zde se nabízí možnost použití jiného šicího materiálu (s vyšší pevností) u popruhu P1 a P3. V obou případech je vysoce pravděpodobné, že by byla účinnost švu vyšší než při již uskutečněných testech. Pro výrobce je to možná cesta, jak zvyšovat pevnost spoje.

Z již testovaných tvarů lze pro pevnostní šev v místě přichycení pilota ke křídlu doporučit tvary zobrazené v tabulce 13.

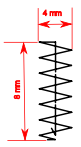
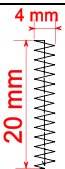

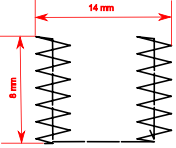
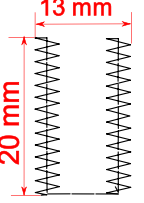
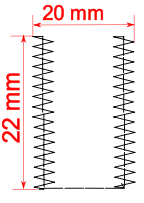
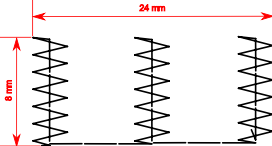
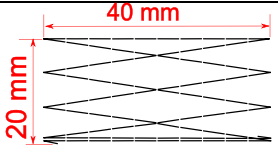
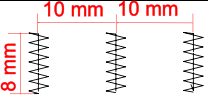
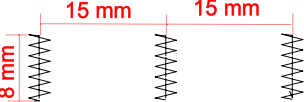
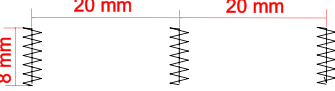
Tabulka 13 – Doporučené tvary pevnostního švu pro jednotlivé popruhy, které lze použít v místě, kde je pilot přichycen ke křídlu

	P1	P2	P3
Tvar 1	–	–	–
Tvar 2	–	–	–
Tvar 3	–		
Tvar 4	–		–
Tvar 5	–		
Rozestup 10 mm	–		
Rozestup 15 mm	–		
Rozestup 20 mm	–		

Je zřejmé, že z navržených možností tvarového šití není u popruhu P1 ani jedna varianta vhodná. Napříč všemi popruhy nebyl kladně zhodnocen tvar 1 a 2, jejich účinnost je příliš nízká.

V tabulce 14 jsou tvary s pevností nižší, než 6 039 N, tudíž tyto nelze doporučit pro využití na pevnostní švy v místě pro zavěšení pilota ke křídlu.

Tabulka 14 – Nedoporučené tvary pevnostního švu pro jednotlivé popruhy, pro použití v místě, kde je pilot přichycen ke křídlu

	P1	P2	P3
Tvar 1			
Tvar 2			
Tvar 3		-	-
Tvar 4	-	-	
Tvar 5	-	-	-
Rozestup 10 mm		-	-
Rozestup 15 mm		-	-
Rozestup 20 mm		-	-

U popruhu P1 nebyl kladně vyhodnocen ani jeden tvar, přestože parametry pevnosti popruhu jsou vysoké. Nepochybně by bylo efektivnější vyzkoušet u tohoto popruhu ještě jiné varianty tvarového šití.

3. Hodnocení vlivu opakované opravy na kvalitu pevnostního švu

Třetím cílem práce bylo ověření možností opravitelnosti postroje ať už v průběhu šicího procesu, kdy může nastat chyba vlivem lidského faktoru, tak možnost opravy, kdy si výrobek pošle zákazník na opravu s tím, že bude stále bezpečné ho používat během létání.

Hlavními faktory ovlivňujícími následnou pevnost švu je narušení vláken popruhu vlivem průchodu jehly a šicího materiálu opakovaně ve stejném místě a páření původního švu, kdy nelze 100 % zamezit destrukci všech vláken šitého materiálu. Pro vypárání původního švu bylo nutno použít nejen nůžky a pinzetu, ale také kleště pro vytahování původního šicího materiálu, čímž došlo k povolení vazby popruhu. Pevnostní testy byly vyhodnoceny a výrobcí bylo doporučeno, aby k opravám docházelo maximálně oprava s jedním vypáráním, další už doporučeno být nemůže, protože dochází ke ztrátě až o 15% z původní pevnosti, což je už příliš vysoké riziko.

Závěr

Cílem předložené diplomové práce byla analýza vlivu tvarového šití na kvalitu švů postroje a využití poznatků v praxi, při vývoji nového výrobku.

V teoretické části byly představeny jednotlivé části výstroje pro paragliding, s podrobnějším seznámením s postroji pro tento sport. Dále byl uveden postup při testování postrojů v certifikované zkušebně na speciálním testovacím zařízení.

Praktická část byla zaměřena na problematiku aplikace pevnostního švu v nejvíce namáhaných místech popruhové části postroje. Na testované vzorky byla ve všech případech použita stejná nit, proměnnou byl popruh a použitý tvarové prošití.

Závěry vyplývající z této práce jsou následující:

- S přibývajícím počtem stehů se zvyšuje pevnost švu
- Tvar, použitý na šev, ovlivňuje jeho pevnost. Při aplikaci stehu třídy 304 je při stejném počtu stehů pevnost švu vyšší. Pokud je steh třídy 304 ve tvaru kruhu, nebo oblouku dochází k destrukci spoje za použití vyšší síly
- Pokud to rozměr šité plochy umožňuje, je vhodné rozložit tvarové šití s větším rozstupem, testy prokázaly, že čím větší je vzdálenost mezi jednotlivými pevnostními švy, tím se odolnost zvyšuje
- Opakované prošití při opravách v provozu či poničení postroje je možné. Pevnost šitého materiálu se snižuje, proto doporučuji opakované prošití pouze po prvním páráni
- Při vývoji produktu, kdy je použit nový typ popruhu, lze před šitím celého postroje ušetřit nemalé finanční prostředky ověřením jednotlivých pevnostních švů v testovacím zařízení. Praktickým pokusem bylo ověřeno, že pokud bude pevnost jednotlivých pevnostních švů alespoň 6039 N, lze s vysokou pravděpodobností předpokládat, že po ušití kompletního výrobku, tento kus při certifikaci obstojí u všech náročných pevnostních testů

Bibliografie

1. Burkhardt, Sascha. *free.aero*. [pdf] 2018.
2. 7 Things You Didn't Know About Paragliding. *mentafloss*. [Online] [Citace: 19. 5 2019.] <http://mentafloss.com/article/18746/7-things-you-didnt-know-about-paragliding>.
3. Dvořák, Petr. *Paragliding manuál pro piloty padákových kluzáků*. místo neznámé : Svět křídel, 2003.
4. Burkhardt, Editor and director of the publication: Sascha. *free.aero, WORLDWIDE PARAGLIDING AND PARAMOTORING MAGAZINE*. [pdf] Saint Pierre dels Forcats : autor neznámý, 4/2016.
5. Klaus Hanke, Stefan Schen. *EVALUATING THE GEOMETRIC SHAPE OF A FLYING PARAGLIDER*. [pdf] Austria : University of Innsbruck, 2014.
6. Havel, Jakub. Zpravodajství. *pgweb*. [Online] 27. 2 2014. [Citace: 19. 5 2019.] <https://www.pgweb.cz/zpravodajstvi/clanek:CCC-aneb-na-cem-se-bude-zavodit-od-roku-2015>.
7. Fejt. PL2 POŽADAVKY LETOVÉ ZPŮSOBILOSTI SLZ PADÁKOVÉ KLUZÁKY. *LAA CZECH REPUBLIC*. [Online] 25. 5 2006. [Citace: 3. 8 2019.] http://www.laacr.cz/SiteCollectionDocuments/predpisy/PL2_2006.pdf.
8. základní škola Jaroměř, Na Ostrově. *www.zsostrov.cz*. [Online] 6 2016. [Citace: 15. 03 2019.] https://www.zsostrov.cz/site/assets/files/2751/77_cerven_2016.pdf.
9. department, Deutscher Hängegleiterverband e.V. in the DAeC – Technical. *Airworthiness requirements for hanggliders and paragliders* . [pdf] místo neznámé : LTF, 2009.
10. Kadlecová, Kristýna. *Nehodovost v paraglidingu*. [pdf] Praha : UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE, FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU, 2013.
11. Norma ČSN EN 1651. *Zařízení pro padákové létání - Postroje - Bezpečnostní požadavky a zkoušky konstrukce*. 2018.
12. *Jak se trhají sedačky*. Huml, Ing. Miroslav. 2/07, místo neznámé : Pilot LAA ČR, 2007.

13. Dosedělová, Ivana. Analýza vlastností spojů technických konfekcí s ohledem na způsob zatěžování. *Písemná práce k SDZ*. místo neznámé : Technická univerzita v Liberci - fakulta textilní.
14. Mojumder, Joyankar. How To Determine Seam Strength In Garments Industries. *Textile learner*. [Online] [Citace: 19. 5 2019.] <https://textilelearner.blogspot.com/2017/03/determine-seam-strength-apparel.html>.
15. Norma ČSN EN ISO 13935 - 1. *Textilie, tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků - Část 1: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Strib*. Praha : Český normalizační institut, 1999.
16. O společnosti. *lemfeld.cz*. [Online] [Citace: 15. 3 2019.] <http://lemfeld.cz/cs/>.
17. o společnosti. *Mouka*. [Online] [Citace: 15. 3 2019.] <https://www.mouka.cz/o-spolecnosti/>.
18. AMANN. *AMANN*. [Online] [Citace: 26. 5 2019.] <https://www.amann.cz/strongbond-robustni-nit-vyrobena-s105CZ>.
19. R., Sindel. Šicí nitě pro extrémně namáhané švy. místo neznámé : AMANN, 1998.
20. *mitsubishi sewing machine*. [Online] [Citace: 15. 3 2019.] http://www.mitsubishi-sewing-machines.com/medias/fichier/plkg2008h-instructionmanual-gb_1390318579457-pdf?INLINE=FALSE.
21. průmyslové šicí stroje. *aska*. [Online] [Citace: 15. 3 2019.] <https://www.aska.cz/prumyslove-sici-stroje/mitsubishi-plk-g2008h-prumyslovy-sici-automat.html>.
22. Norma ČSN EN 80 0890. *Stuhařské a prýmkařské výrobky. Metody zkoušení*. 05/1990.

Seznam příloh

Příloha 1: Vzorčky testovaných popruhů

Příloha 2: Technické parametry použitého senzoru v testovacím zařízení

Příloha 3: Výstupní grafy z testovacího zařízení

Příloha 4: Výsledky měření

Příloha 1: Vzorčky testovaných popruhů

P1

REFERENČNÍ ŠTÍTEK
1806123

Dodavatel: LEMPELD a syn, Vilémov, spol.s r.o. Břetnická 64 407 79 Mikulášovice IČO 413 276 16 DIČ CZ 413 276 16		Odběratel: Sky paragliders s.a. Okružní 39 739 11 Fydlant nad Ostravicí IČO 25307893 DIČ CZ 25307893	
Název: Popruh SupraTene – bílo červený		Šířka: 12 mm	
PARAMETR		PREDEPSANÁ HODNOTA	
Obsaha :	32 nití Supratene 1780 dleš/ 480 f		
Vázae :	20 nití PAD 940x2 dleš		
Útaš :	10 nití PAD 470 dleš		
Útaš :	9 x 2 / 1 cm PAD 940 dleš		
Zaštyl :	1 nit PES 167/1 dleš		
Šířka :	10mm +/- 1 mm		
Hmátno g vstrožku :	Cca 17 g / m +/- 2,5%		
Ířmořka :	2 mm +/- 0,2mm		
Návin :	0,9m / 1,20 m		
Pevořka při přetřu :	Min 11 kN		
POZNÁMKY DODAVATELE			
ČSN 80690			
PN 001/94			
POZNÁMKY ODBĚRATELE			
Zpracoval : Matějková A.			
Schválil :			
Datum : 05.09.2018		Datum :	
Přílohy :		Přílohy :	

P2

Referenční štítek

Výrobce: **MOUKA TIŠNOV s.r.o.**
Koráb 133, Tišnov, 666 01

IČ: 25502476
www.mouka.cz

Identifikační číslo popruhu:	366 028 025 962/01
------------------------------	--------------------

Ukazatel		Hodnota	
Šíře [mm]		25 + - 1,0	
Tloušťka [mm]		1,3 + - 0,1	
Hmotnost max. [g/m]		28,0	
Pevnost v tahu min. [N]		10 500	
Tažnost při této pevnosti max. [%]		28	
Tažnost při 30% pevnosti max. [%]		14	
Počet osnovních nití celkem		178	
Počet útků na 100 mm min.		80 x 2	
Materiál	Osnova [%]	Polyester	80,1 %
	Útek [%]	Polyester	18,5 %
	Háčkovací mat. [%]	Polyester	1,4 %
Háčkovací systém č.		V	
Ostatní údaje		Fixováno horkým vzduchem.	
Pro zkoušení platí		PN 99301, při běžných klimatických podmínkách	
Platnost do		31. 12. 2020	

Vydáno dne: 15. 4. 2015

Schválil: 
Ing. B. Hosnědlová
vedoucí technologie

P3

Referenční štítek

Výrobce: **MOUKA TIŠNOV, s.r.o.**
 Koráb 133, 666 01 Tišnov

IČ: 25502476
 www.mouka.cz

Identifikační číslo popruhu:	326 008 028 960/01
------------------------------	--------------------

<i>Ukazatel</i>	<i>Hodnota</i>
Šíře [mm]	28 + - 1,0
Tloušťka [mm]	2,1 + - 0,2
Hmotnost max. [g/m]	38,7
Pevnost v tahu min. [N]	18 000
Tažnost při této pevnosti max. [%]	35
Tažnost při 30% pevnosti max. [%]	17
Počet osnovních nití celkem	282
Počet útků na 100 mm min.	55 x 2
Materiál	Osnova [%] Polyester 89,8 %
	Útek [%] Polyester 9,5 %
	Háčkovací materiál [%] Polyester 0,7 %
Háčkovací systém č.	V
Ostatní údaje	
Pro zkoušení platí	PN 99 3 01, při běžných klimatických podmínkách
Platnost do	31. 12. 2020

Vydáno dne: 24. 4. 2015

Schválil: Ing. B. Hosnedlová
 vedoucí technologie

**Příloha 2: Technické parametry použitého senzoru v testovacím
zařízení**

Capteurs de Pesage - Traction-Compression
S-Beam Load Cells

ZFA

25 kg...5 t



- Construction en acier nickelé
- Erreur combinée : 0.03% de la pleine échelle
- Pour application de pesage et force en traction, compression ou traction/compression
- Protection IP65

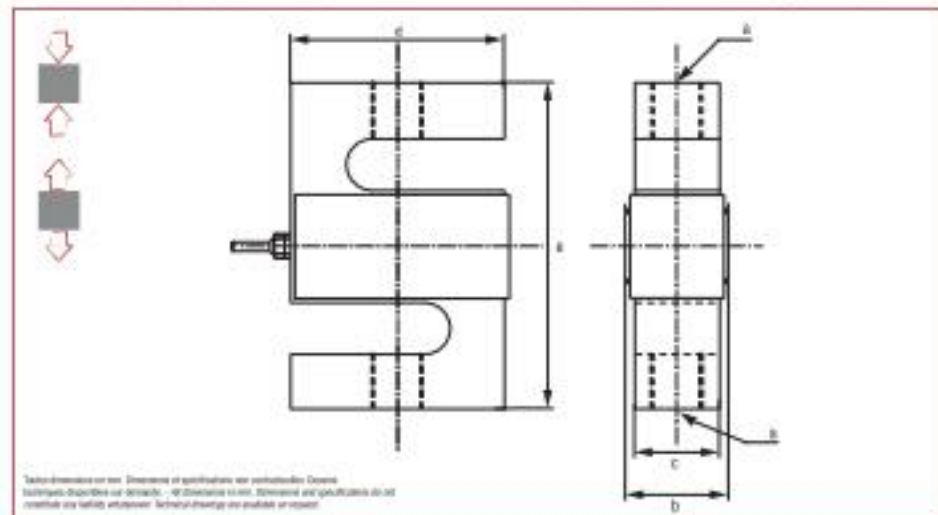
- Nickel plated steel construction
- Combined error: 0.03% full scale
- Dedicated to tension, compression or tension/compression weighing or force applications
- Protection level IP65

Câblage - Wiring

Tension - Traction	+ alim.	+ signal	- signal	- alim.
	+ exc1	+ signal	- signal	- exc1
	rouge	vert	blanc	noir
	red	green	white	black

Câblage - Wiring

Compression	+ alim.	+ signal	- signal	- alim.
	+ exc1	+ signal	- signal	- exc1
	rouge	bleu	vert	noir
	red	white	green	black



Modèle - Model		a	b	c	d	e	f	Poids Net - Net Weight [g]
25, 50	kg	M6 x 1,25	19,7	13	51	64	10,5	350
100, 200, 500	kg	M12 x 1,75	25,6	19	51	76	13,5	600
1	t	M12 x 1,75	-	25,4	54	76	13,5	750
2,5, 5	t	M18 x 1,50	-	25,4	76	106	21	1 500



ZFA
 25 kg...5 t

Capteurs de Pesage - Traction/Compression
S-Beam Load Cells
Caractéristiques - Specifications

MÉTROLOGIQUES		METROLOGICAL	
Capacité nominale (C _n)	Rated capacity (C _n)	25, 50, 100, 200, 500, 1 t, 2,5 t, 5 t	kg
Erreur combinée	Combined error	±0.03	%C _n
Effet de la temp. sur le zéro	Temperature effect on zero	±0.002	%C _n /°C
Effet de la temp. sur la sensibilité	Temperature effect on sensitivity	±0.002	%C _n /°C
Fluage (30 min.)	Creep error (30 min.)	±0.02	%C _n
MÉTROLOGIE LÉGALE OIML R60		LEGAL METROLOGY OIML R60	
Classe de précision	Accuracy class	-	
Capacité maximale (E _{max})	Maximum capacity (E _{max})	-	g
Nombre max. d'échelons (n _{max})	Max. number of LC intervals (n _{max})	-	d OIML
Échelon de vérification min. (e _{min})	Minimum verification interval (e _{min})	-	g
Z=E _{max} /(2xDR)	Z=E _{max} /(2xDR)	-	
ELECTRIQUES		ELECTRICAL	
Plage de tension d'alimentation	Nominal range of excitation voltage	1...15	V
Sensibilité nominale, à C _n	Rated output, at C _n	3 ±0.5%	mV/V
Plage de zéro initial	Zero balance	±2	%C _n
Résistance d'entrée/sortie	Input/output resistance	385 ±10 / 350 ±5	Ω
Résistance d'isolement	Insulation resistance	> 2 000	MΩ/50V
GÉNÉRALES		GENERAL	
Plage de temp. compensée	Compensated temperature range	-10...+50	°C
Plage de temp. de fonctionnement	Service temperature range	-20...+60	°C
Charge limite admissible	Safe load limit	120	%C _n
Charge ultime avant rupture	Ultimate overload	150	%C _n
Couple de serrage	Tightening torque	-	Nm
Degré de protection	Protection class	IP65	EN 60529
Matériau	Material	Acier nickelé - Nickel plated Steel	
Longueur du câble	Cable length	5	m

Options - Options

--	--	--

Accessoires - Accessories


Rotules - Rod end ball joints

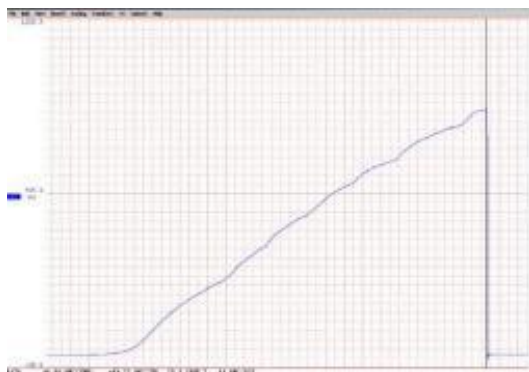

SCAIME
 L'INFINIMENT PRÉCIS INFINITE PRECISION

 BP501 - F 74105 Annemasse Cedex
 Tél. : (+33) 4 50 87 78 64
 Fax : (+33) 4 50 87 78 42
 Email : info@scaime.com

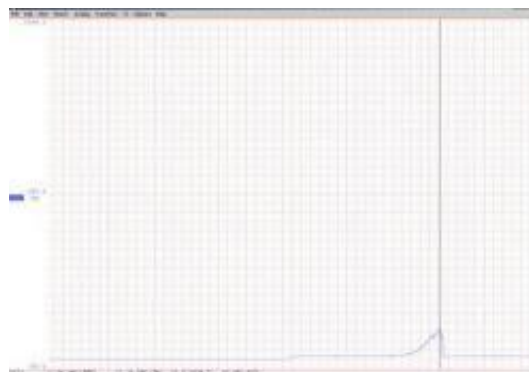
 Téléchargez tous nos
 documents sur :
 Download all our
 documents from:
www.scaime.com

Agent

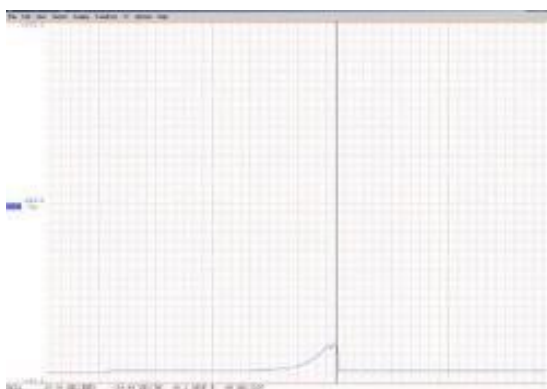
Příloha 3: Výstupní grafy z testovacího zařízení



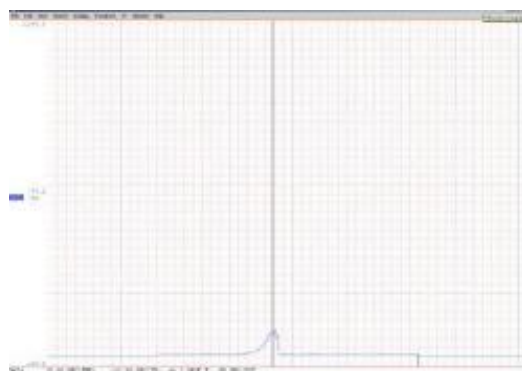
Graf 1 - P1, referenční, bez spoje



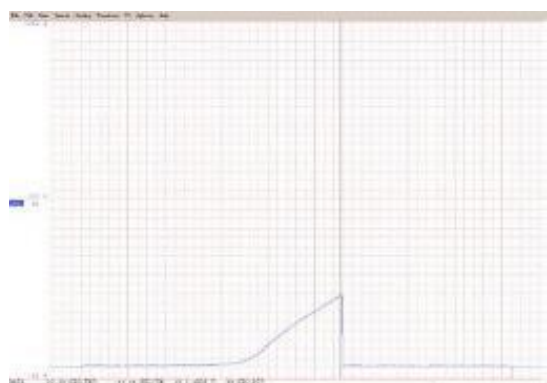
Graf 2 - P1, tvar 1, šev A



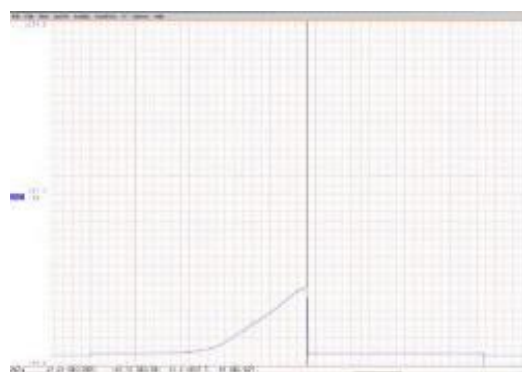
Graf 3 - P1, tvar 1, šev B



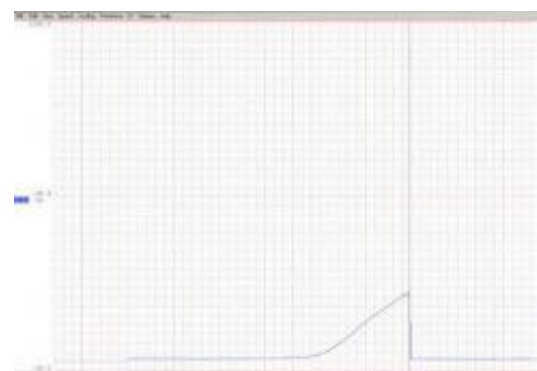
Graf 4 - P1, tvar 1, šev C



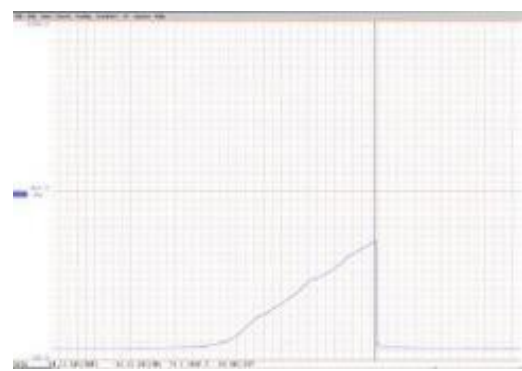
Graf 5 - P1, tvar 2, šev A



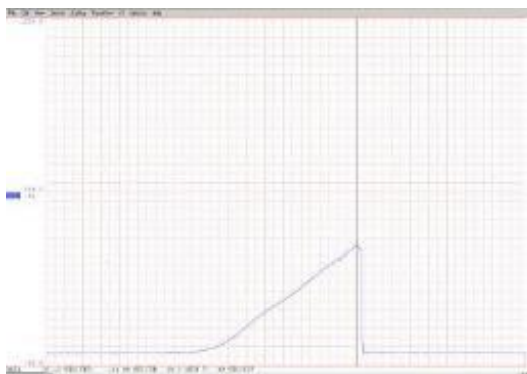
Graf 6 - P1, tvar 2, šev B



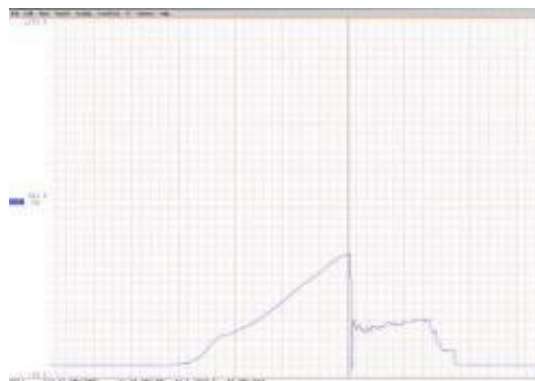
Graf 7 - P1, tvar 2, šev C



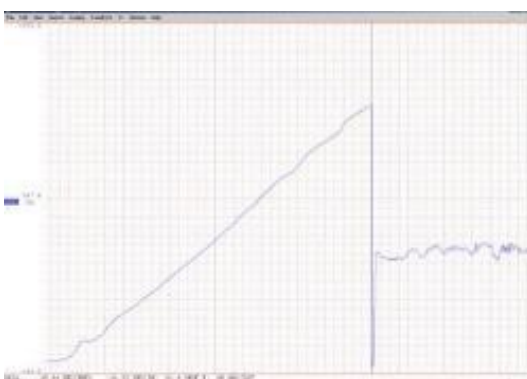
Graf 8 - P1, tvar 3, šev A



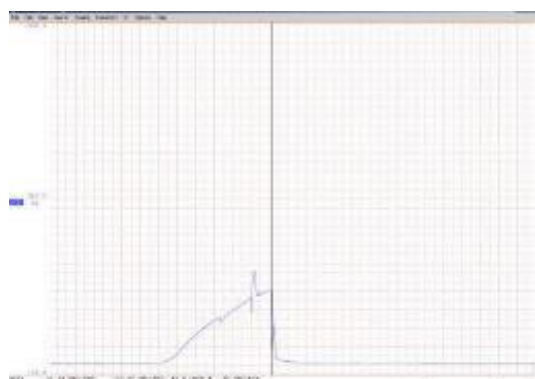
Graf 9 - P1, tvar 3, šev B



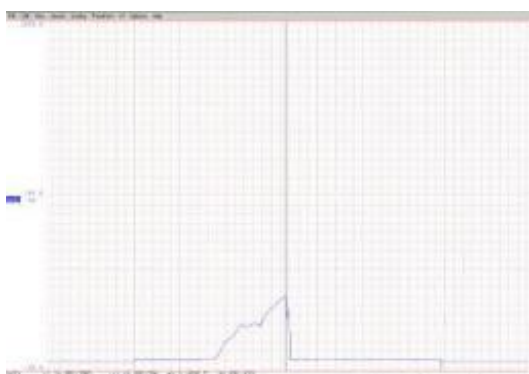
Graf 10 - P1, tvar 3, šev C



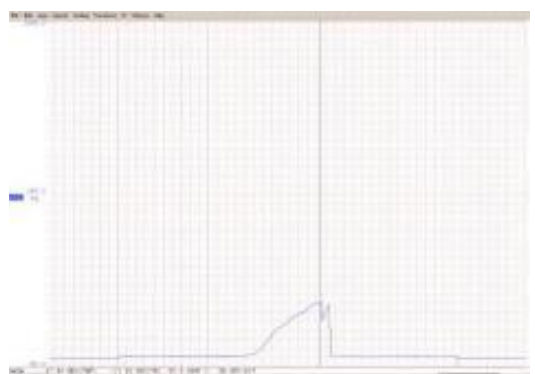
Graf 11 - P2, referenční, bez spoje



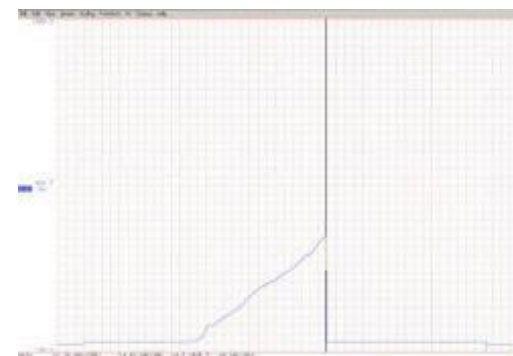
Graf 12 - P2, tvar 1, šev A



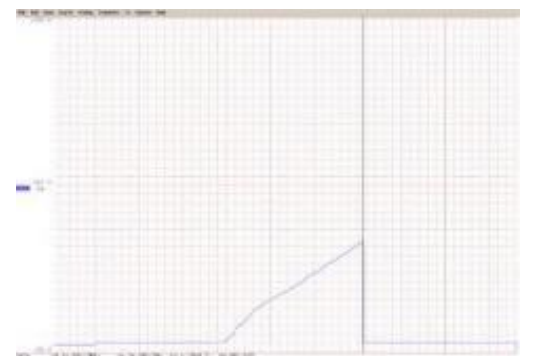
Graf 13 - P2, tvar 1, šev B



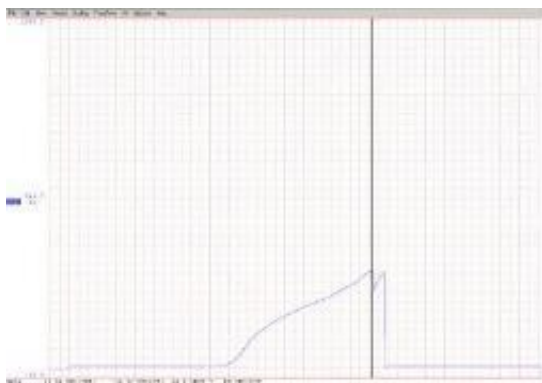
Graf 14 - P2, tvar 1, šev C



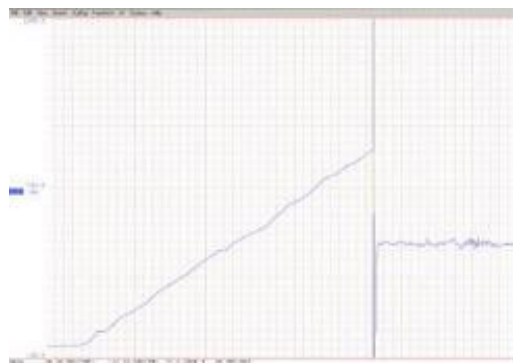
Graf 15 - P2, tvar 2, šev A



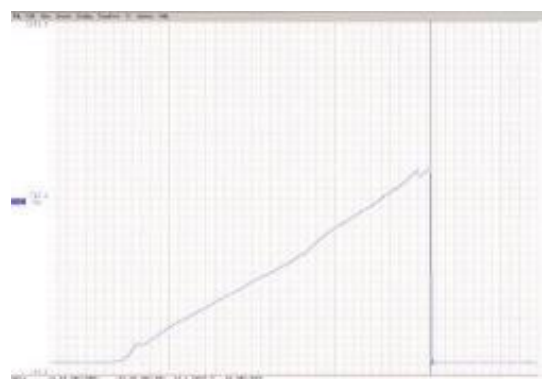
Graf 16 - P2, tvar 2, šev B



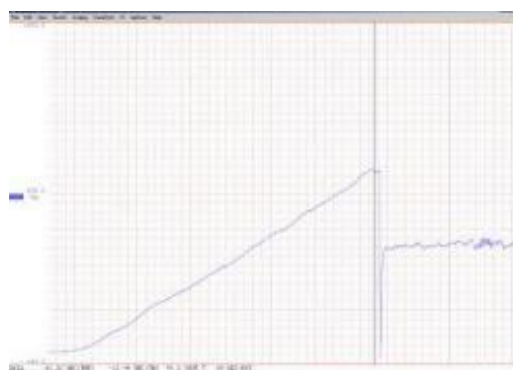
Graf 17 - P2, tvar 2, šev C



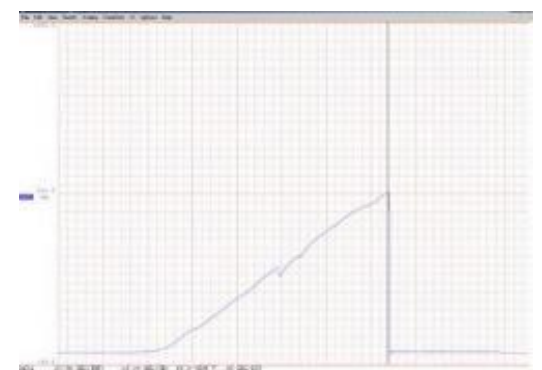
Graf 18 - P2, tvar 3, šev A



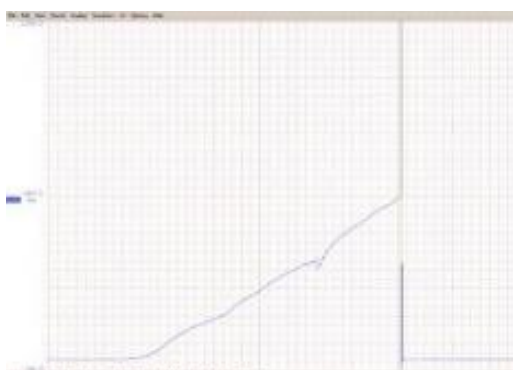
Graf 19 - P2, tvar 3, šev B



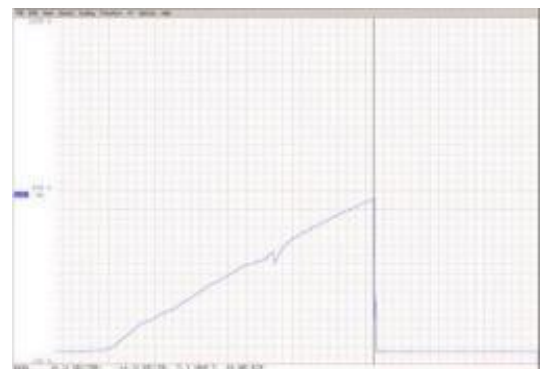
Graf 20 - P2, tvar 3, šev C



Graf 21 - P2, tvar 4, šev A



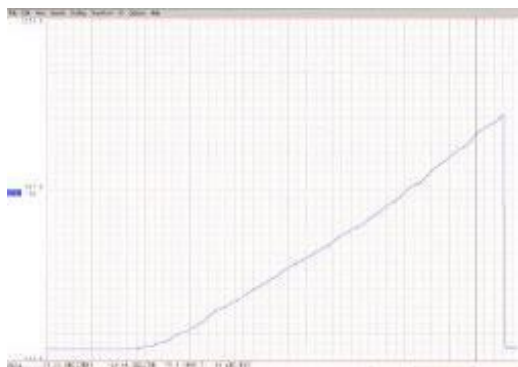
Graf 22 - P2, tvar 4, šev B



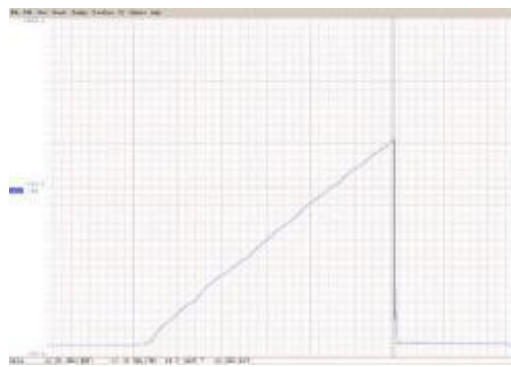
Graf 23 - P2, tvar 4, šev C



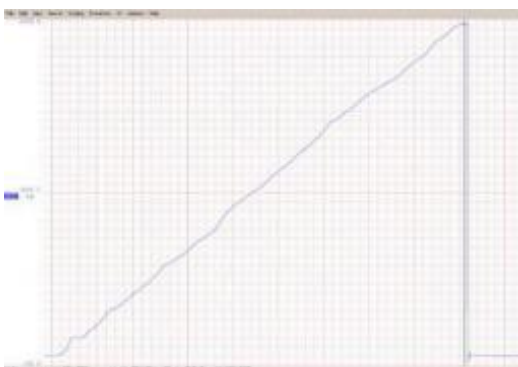
Graf 24 - P2, tvar 5, šev A



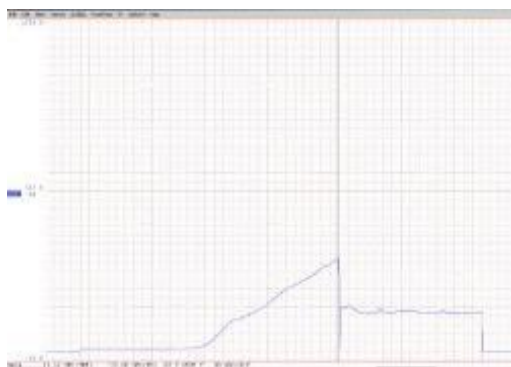
Graf 25 - P2, tvar 5, šev B



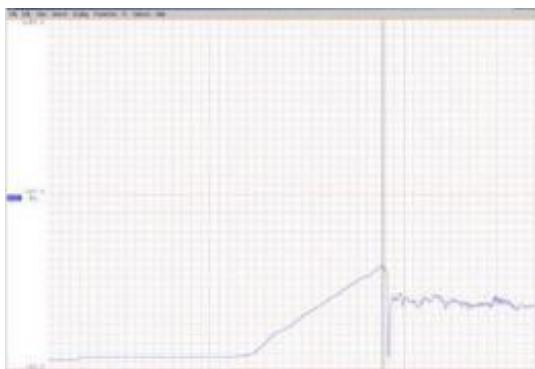
Graf 26 - P2, tvar 5, šev C



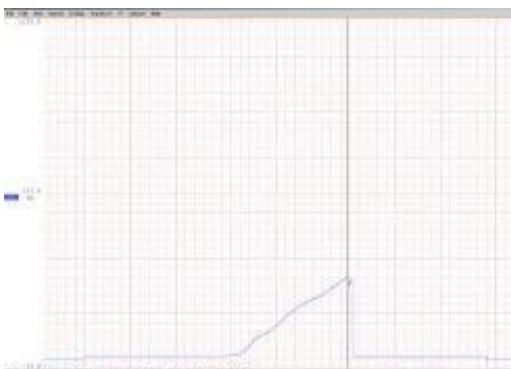
Graf 27 - P3, referenční, bez spoje



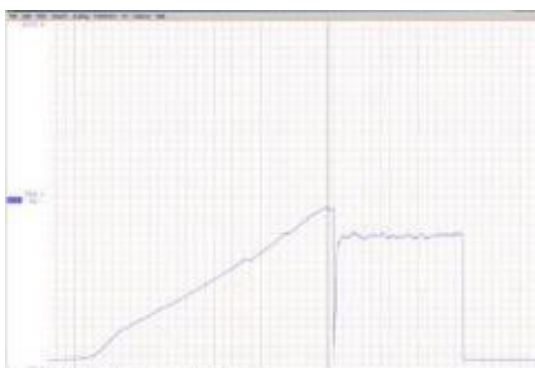
Graf 28 - P3, tvar 1, šev A



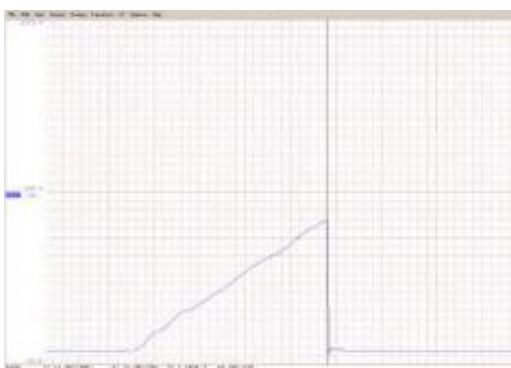
Graf 29 - P3, tvar 1, šev B



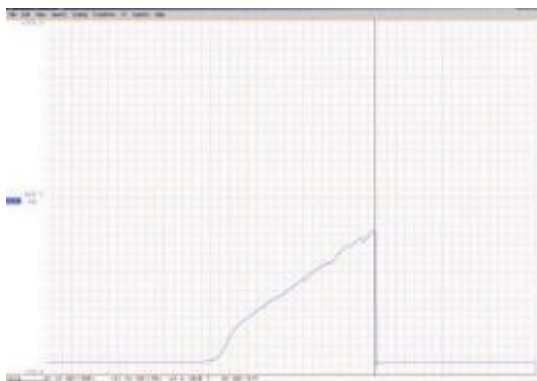
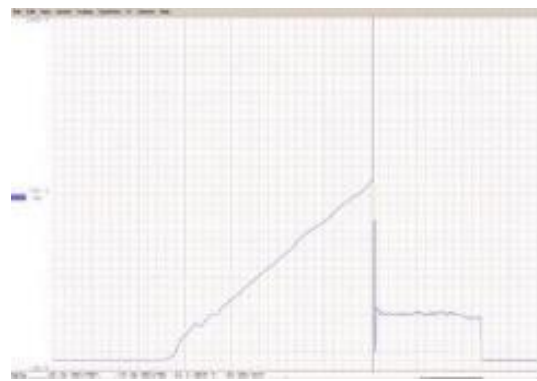
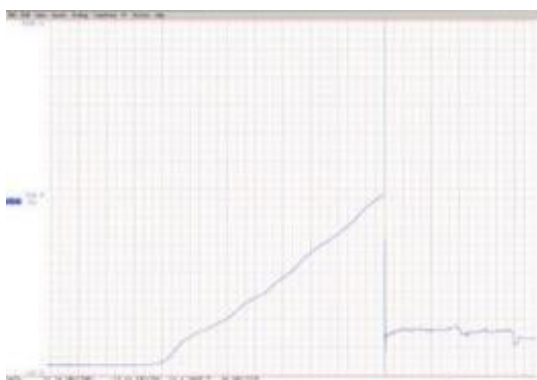
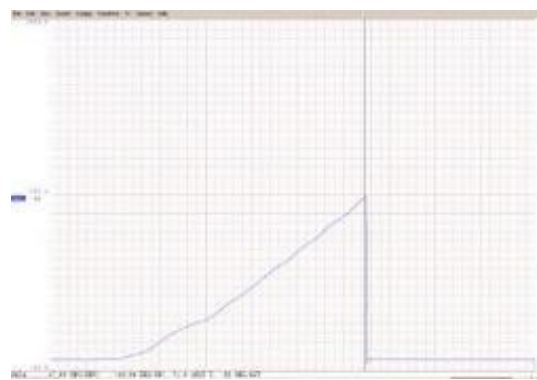
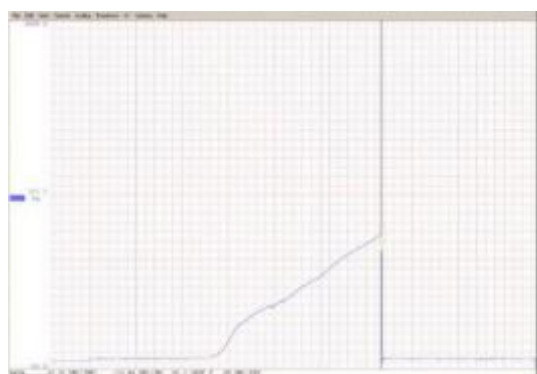
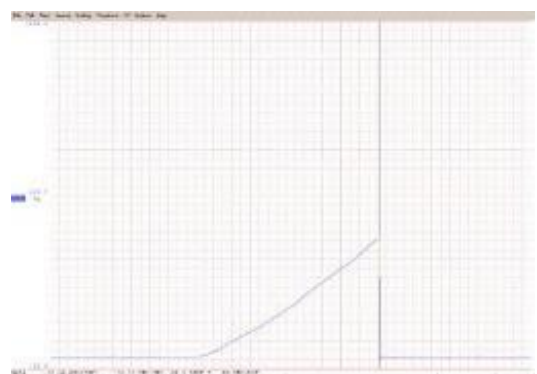
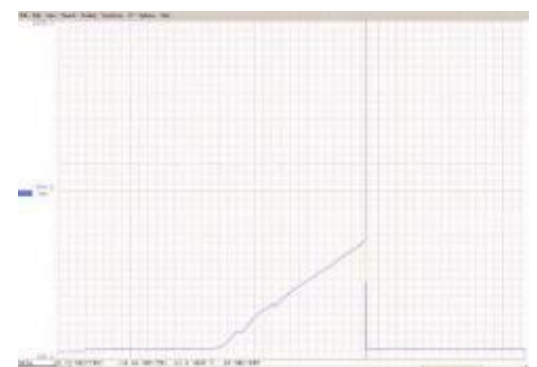
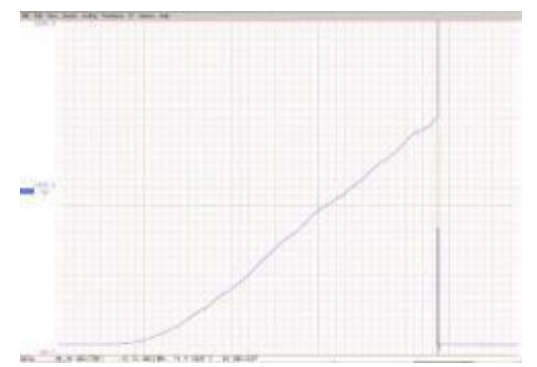
Graf 30 - P3, tvar 1, šev C

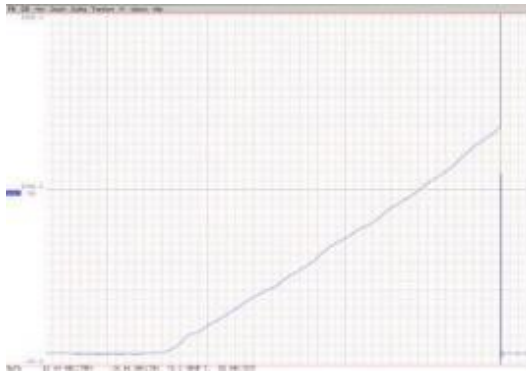


Graf 31 - P3, tvar 2, šev A

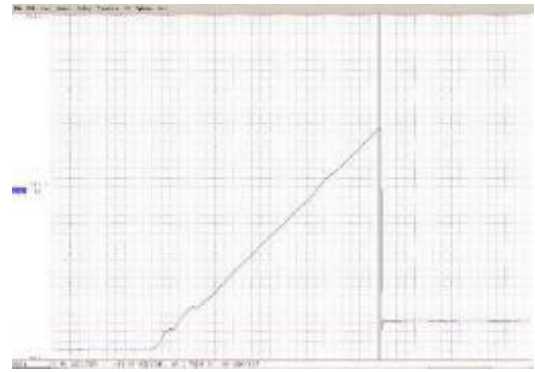


Graf 32 - P3, tvar 2, šev B

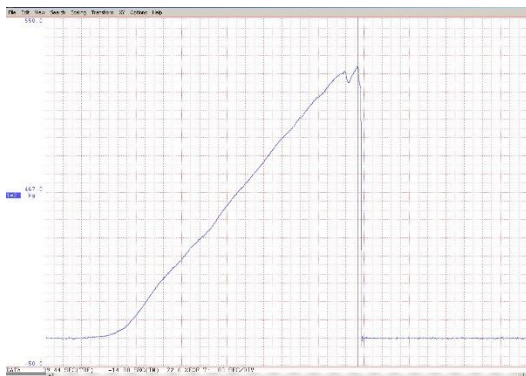
*Graf 33 - P3, tvar 2, šev C**Graf 34 - P3, tvar 3, šev A**Graf 35 - P3, tvar 3, šev B**Graf 36 - P3, tvar 3, šev C**Graf 37 - P3, tvar 4, šev A**Graf 38 - P3, tvar 4, šev B**Graf 39 - P3, tvar 4, šev C**Graf 40 - P3, tvar 5, šev A*



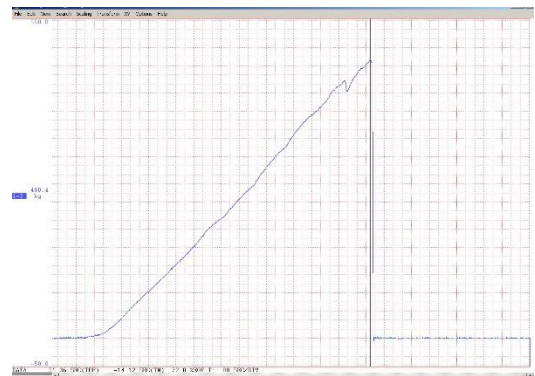
Graf 41 - P3, tvar 5, šev B



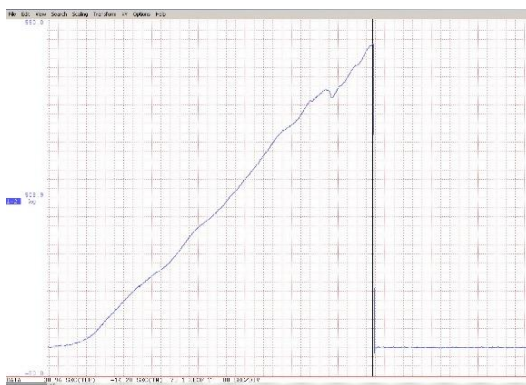
Graf 42 - P3, tvar 5, šev C



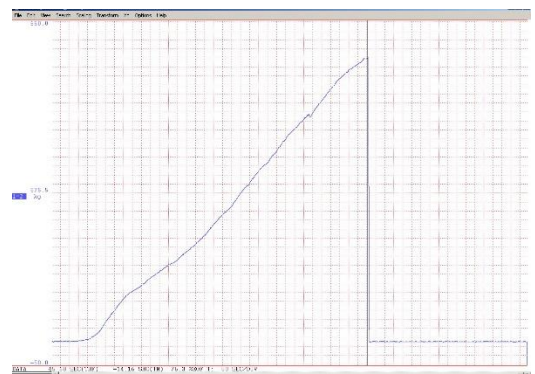
Graf 43 - P1, rozpětí 10 mm



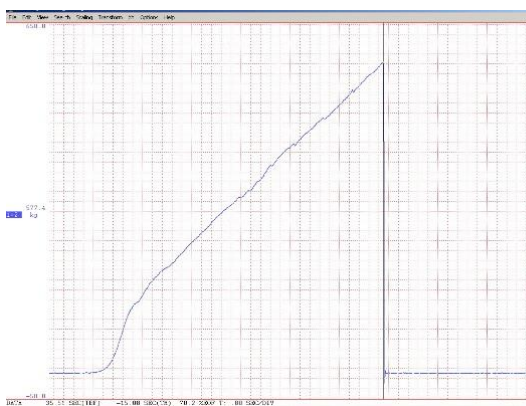
Graf 44 - P1, rozpětí 15 mm



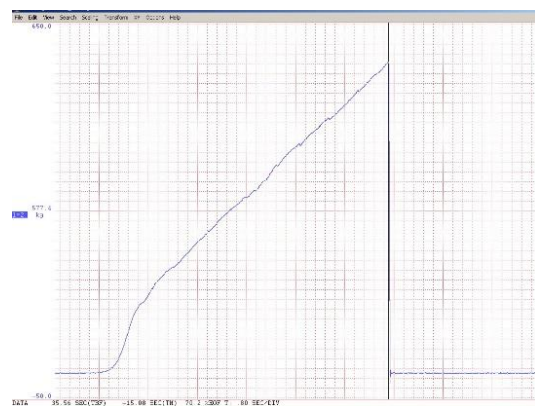
Graf 45 - P1, rozpětí 20 mm



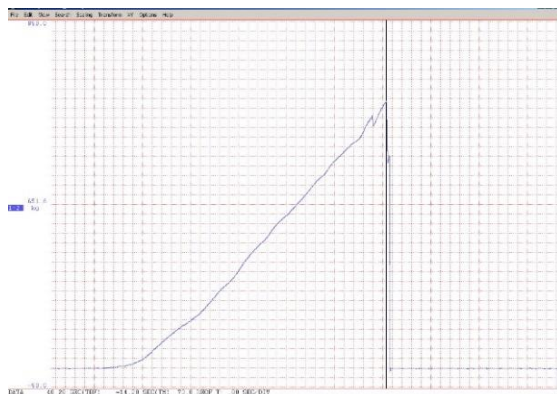
Graf 46 - P2, rozpětí 10 mm



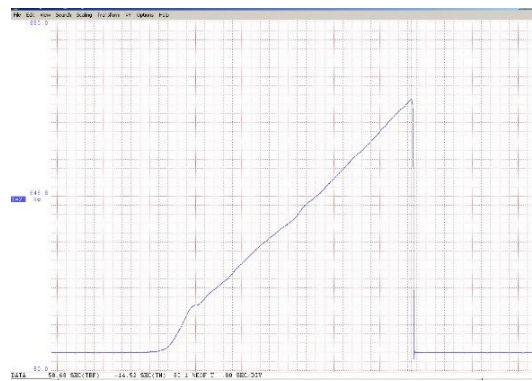
Graf 47 - P2, rozpětí 15 mm



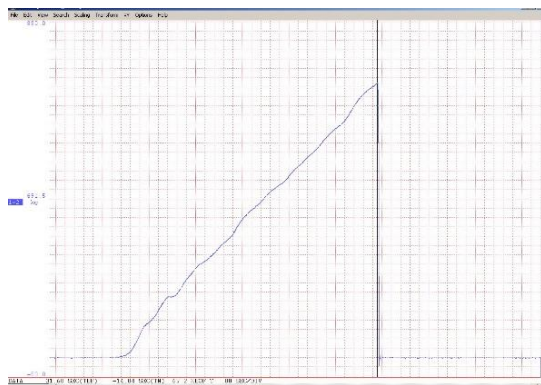
Graf 48 - P2, rozpětí 20 mm



Graf 49 - P3, rozpětí 10 mm



Graf 50 - P3, rozpětí 15 mm



Graf 51 - P3, rozpětí 20 mm

Příloha 4: Výsledky měření

Popruh P1									
Měření č.	Tvar 1			Tvar 2			Tvar 3		
	Pevnost [N]			Pevnost [N]			Pevnost [N]		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	1048	981	964	2561	2444	2521	4094	4032	4050
2	1056	1029	942	2559	2454	2475	4119	4110	4036
3	1069	1008	925	2498	2459	2446	4135	4062	4014
4	1067	1024	972	2568	2473	2409	4071	4072	3957
5	1035	998	912	2607	2537	2464	4172	4037	4017
průměr	1055	1008	943	2559	2473	2463	4118	4063	4015
směr.odch.	12,570	17,470	22,663	34,955	33,146	36,644	34,614	28,026	31,733
var.koef.	1,191	1,733	2,403	1,366	1,340	1,488	0,841	0,690	0,790

Popruh P2															
Měření č.	Tvar 1			Tvar 2			Tvar 3			Tvar 4			Tvar 5		
	Pevnost [N]			Pevnost [N]			Pevnost [N]			Pevnost [N]			Pevnost [N]		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	3237	2826	2489	4900	4684	4099	7412	7144	7012	6021	5921	5715	9224	8299	7836
2	3279	2865	2453	4936	4646	4119	7448	7178	6994	6040	6031	5763	9247	8076	7857
3	3285	2827	2473	4951	4670	4150	7482	7160	6965	6059	6015	5745	9264	8193	7821
4	3246	2864	2441	4921	4697	4131	7459	7153	6982	6057	5798	5756	9214	8314	7847
5	3263	2844	2500	4927	4650	4089	7434	7135	6960	6019	5867	5750	9236	8326	7869
průměr	3262	2845	2471	4927	4669	4118	7447	7154	6983	6039	5926	5746	9237	8242	7846
směr.odch.	18,44	17,01	21,88	16,86	19,49	21,89	23,51	14,66	19,05	17,02	88,13	16,53	17,48	95,34	16,59
var.koef.	0,565	0,598	0,885	0,342	0,417	0,532	0,316	0,205	0,273	0,282	1,487	0,288	0,189	1,157	0,211

Popruh P3															
Měření č.	Tvar 1			Tvar 2			Tvar 3			Tvar 4			Tvar 5		
	Pevnost [N]			Pevnost [N]			Pevnost [N]			Pevnost [N]			Pevnost [N]		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	3474	3387	2987	5641	5029	4789	7900	7389	7183	5539	5349	4951	10471	10017	9809
2	3427	3326	2936	5624	4994	4795	7946	7427	7134	5497	5317	4936	10524	10072	9847
3	3434	3216	2951	5649	5164	4829	7931	7431	7153	5527	5299	4927	10535	10045	9835
4	3414	3305	2964	5619	5134	4843	7923	7432	7146	5517	5319	4966	10484	10034	9861
5	3425	3405	2958	5671	5014	4813	7919	7419	7151	5510	5304	4946	10501	10051	9821
průměr	3435	3328	2959	5641	5067	4814	7924	7420	7153	5518	5318	4945	10503	10044	9835
směr.odch.	20,62	67,06	16,75	18,64	68,53	20,26	15,07	15,97	16,21	14,34	17,43	13,29	23,89	18,24	18,39
var.koef.	0,600	2,015	0,566	0,330	1,352	0,421	0,190	0,215	0,227	0,260	0,328	0,269	0,227	0,182	0,187

Měření č.	Popruh P1		
	Pevnost švu [N]		
	Rozestup 10 mm	Rozestup 15 mm	Rozestup 20 mm
1	4670	4804	5089
2	4528	5317	5441
3	4317	4911	3953
4	3864	3776	4934
5	4023	4057	4767
průměr [N]	4280	4573	4837
směr.odch. [N]	301,356	569,668	494,790
var.koef. [%]	7,040	12,457	10,230

Popruh P2		
Pevnost švu [N]		
Rozestup 10 mm	Rozestup 15 mm	Rozestup 20 mm
6088	6173	6639
7934	6850	8348
6834	5774	7745
5755	7356	5764
7876	7989	7623
6897	7040	7224
894,027	931,524	913,000
12,962	13,233	12,639

Popruh P3		
Pevnost švu [N]		
Rozestup 10 mm	Rozestup 15 mm	Rozestup 20 mm
8234	8839	8298
6516	8567	7368
7799	6468	6915
7950	7412	8745
8348	7732	7945
7769	7804	7854
656,526	848,191	650,725
8,450	10,860	8,285