

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky



Diplomová práce

Analýza mechanických vlastností hydroizolačních fólií

Autor práce: Bc. Tereza Pelcová

Vedoucí práce: Ing. Petr Kessler, Ph.D.

Akademický rok: 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Tereza PELCOVÁ**
Osobní číslo: **A21N0100P**
Studijní program: **N0732P260002 Stavební inženýrství – Moderní budovy**
Specializace: **Navrhování a provádění budov**
Téma práce: **Analýza mechanických vlastností hydroizolačních folií**
Zadávací katedra: **Katedra mechaniky**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte textové části dle zadání práce s obecným popisem a rozbořem povlakových krytin se zaříděním do základních skupin a jejich vhodnosti či nevhodnosti použití do konstrukčních systémů střešních souvrství.
2. Zpracujte a připravte vzorkovací sady dle ČSN na testování materiálových charakteristik povlakových krytin a to v sadách dle vzorků na dané testovací zařízení jako experimentální část práce.
3. Zpracujte a vyhodnoťte testovací vzorky pomocí zařídění do základních tabulek vhodnosti a vyhodnoťte.

Rozsah diplomové práce: **úvodní část 50 – 60 stran A4**
Rozsah grafických prací: **práce se skládá z grafů, schémat, textových částí a exp. části**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. ČSN EN 1990 – Zásady navrhování stavebních konstrukcí
2. ČSN EN 1991 – Zatížení stavebních konstrukcí
3. ČSN 73 06 07 – Skládané vod. konstrukce
4. ČSN 73 1901 – Navrhování střech, ČSN P 73 0600 – Hydroizolace staveb
5. Frick / Knoll – Stavební konstrukce I. a II. JAGA 2005

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Kesi, Ph.D.**
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **26. října 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **31. května 2023**



Doc. Ing. Miloš Železný, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.
vedoucí katedry

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Analýza mechanických vlastností hydroizolačních fólií“ vypracovala samostatně, pod vedením pana Ing. Petra Kesla, Ph.D., a že jsem veškeré použité zdroje jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Plzni, dne 31. 5. 2023

.....

Bc. Tereza Pelcová

Poděkování

Tímto bych ráda vyjádřila své poděkování vedoucímu této diplomové práce, panu Ing. Petru Keslovi, Ph.D., za jeho ochotu, trpělivost a čas poskytnutý během konzultací k této diplomové práci. Velké díky patří také Ing. Tomáši Zieglerovi ze společnosti DEK, a.s. za poskytnutí materiálů nutných pro provedení experimentální části této diplomové práce. Nesmím opomenout Ing. Jana Krystka, Ph.D., za jeho ochotu, užitečné rady a věnovaný čas při samotném experimentu.

Také bych chtěla poděkovat své rodině, která mi umožnila studovat na vysoké škole a vždy mi poskytovala podporu a byla mi maximální oporou během studia.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá ověřením materiálových vlastností hydroizolačních fólií. Teoretická část je rozdělena na dvě hlavní skupiny, a to jsou hydroizolační fólie a asfaltové pásy. Teoretická část je zaměřena na popis, rozdělení, výrobu a použití asfaltových pásů. V této části byl prostor také věnován srovnání těmto dvěma typům hydroizolací střech. Dále je v teoretické části popsána anizotropie materiálu, nové trendy v hydroizolacích střech a metoda SBRA, která je dále využívána v praktické části této diplomové práce.

Praktická část této diplomové práce je zaměřena na testování vzorků hydroizolační fólie pomocí tahové zkoušky za různých teplot a s různými typy trhlin. Cílem této diplomové práce je nejen ověření pevnosti tohoto materiálu, kterou udává výrobce, ale také porovnání, jaký vliv má na pevnost teplota a typ porušení vzorku. Vzorky byly zkoumány za třech různých teplot - $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Typy trhlin byly celkem čtyři – bez trhliny, trhlina pod úhlem 30° , trhlina pod úhlem 45° a trhlina od úhlem 90° . Dále byl proveden experiment, zda směr vláken má vliv na pevnost vzorku. Byly testovány dvě skupiny vzorků, ve dvou směrech vláken. A poslední část experimentu byla zkouška pevnosti spoje, který byl proveden pomocí horkovzdušné pistole.

Výsledky z experimentů jsou zpracované ve formě grafů a tabulek a následně byly vyhodnoceny pomocí pravděpodobnostní metody SBRA. Veškeré hodnoty z experimentu samotného se nacházejí v přílohové části této diplomové práce. Z experimentu vyplývá, že průměrná hodnota pevnosti v tahu u vzorků bez trhliny, které byly zkoušeny za pokojové teploty $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ vykazují vyšší pevnost, než je deklarována výrobcem. Obecně se dá říct pro tento experiment, že s vyšší teplotou pevnost vzorků v tahu klesá a s nižší teplotou naopak klesá. Z výsledků je patrné, že na pevnost má vliv orientace trhliny.

Klíčová slova:

Hydroizolační fólie, Dekplan 76 S, tahová zkouška, vzorek, trhliny, anizotropie, statistika, metoda SBRA, lepení fólie

Abstract

This thesis deals with the verification of the material properties of waterproofing foils. The theoretical part is divided into two main groups, namely waterproofing films and asphalt strips. The theoretical part is focused on the description, distribution, production and use of asphalt strips. In this section, space was also devoted to a comparison of these two types of roof waterproofing. Furthermore, the theoretical part describes material anisotropy, new trends in waterproofing roofs and the SBRA method, which is further used in the practical part of this thesis.

The practical part of the study involves conducting a tensile test on waterproofing foil samples at different temperatures and with different types of cracks. The objective is to not only validate the strength of the material as indicated by the manufacturer but also to assess the impact of temperature and the type of failure on its strength. The samples were tested at three different temperatures (-25°C , $+22^{\circ}\text{C}$, and $+65^{\circ}\text{C}$) and with four types of cracks - no crack, a crack at an angle of 30° , a crack at an angle of 45° , and a crack from an angle of 90° . An experiment was also conducted to determine the effect of the fiber direction on the strength of the sample, and the joint strength was evaluated using a heat gun.

The results, presented in graphs and tables, were analyzed using the SBRA statistical method. The experiments reveal that the samples without a crack, tested at a room temperature of 22°C , show higher tensile strength than that declared by the manufacturer. It was observed that the tensile strength of the samples decreases with increasing temperature and vice versa. Furthermore, the orientation of the crack has an impact on the strength of the sample.

Keywords:

Waterproofing film, Dekplan 76 S, tensile test, sample, cracks, anisotropy, statistics, SBRA method, gluing waterproofing film

Obsah

Úvod	17
Cíle této diplomové práce	17
TEORETICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE	18
1. Hydroizolace plochých střech	18
2. Hydroizolační asfaltové pásy	20
2.1 Provádění pokládky hydroizolačních asfaltových pásů	23
3. Hydroizolační fólie	28
3.1 Termoplasty	28
3.2 Elastomery	29
3.3 Termoplastické elastomery	30
3.1 Technologie pokládky hydroizolačních fólií	31
4. Srovnání	34
5. Výroba	36
6. Historie hydroizolací střech v České republice	37
7. Poruchy a vady	38
7.1 Hydroizolační fólie	38
7.2 Asfaltové pásy	38
8. Nové trendy v hydroizolacích střech	41
9. Anizotropie materiálu	42
10. Posuzování spolehlivosti metodou SBRA	43
PRAKTICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE	46
11. Zkušební vzorky	46
12. Provedení experimentu	51
10.1 Testování vzorků při teplotě $RT = 22^{\circ}C$	52
10.2 Testování vzorků při teplotě $M25 = -25^{\circ}C$	55
10.3 Testování vzorků při teplotě $65 = 65^{\circ}C$	55
11. Výsledky z měření	56
12. Posudek spolehlivosti pravděpodobnostní metodou SBRA	66

13	Závěr	69
	Citovaná literatura	71
	PŘÍLOHOVÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE	75

Seznam obrázků

Obrázek 1- Hydroizolace střechy halového objektu [1].....	18
Obrázek 2 - Louže na střeše [3].....	19
Obrázek 3 – Skladba vrstev jednoho z typů hydroizolačního asfaltového pásu [5].....	20
Obrázek 4 - Kladení asfaltových pásů [10]	24
Obrázek 5 - Natavování asfaltového pásu [11]	25
Obrázek 6 - Lepidlo na asfaltové pásy [12].....	26
Obrázek 7 - kotvení asfaltového pásu [14].....	27
Obrázek 8 - Svařování hydroizolační fólie [19].....	32
Obrázek 9 - Prasklina v hydroizolační fólii [25]	38
Obrázek 10 - Separace vrstvy asfaltového pásu [27]	39
Obrázek 11 - Vypouklina v asfaltovém pásu [28].....	40
Obrázek 12 - Princip posouzení spolehlivosti metodou SBRA.....	43
Obrázek 13 - Fólie DEKPLAN 76 S, která byla používána pro experiment.....	46
Obrázek 14 - Typy trhlin	48
Obrázek 15 - Příprava vzorků.....	49
Obrázek 16 - Digitální posuvné měřítko, které bylo využíváno při měření rozměrů vzorků	50
Obrázek 17 - Zwick/Roell Z050.....	51
Obrázek 18 - Sekvence snímků pořízených při zkoušce vzorku PT_S_45_RT_06.....	53
Obrázek 19 - Sekvence snímků pořízených při zkoušce vzorku PT_S_90_RT_05.....	54
Obrázek 20 - porušení vzorku ve spoji.....	65
Obrázek 21 - Horkovzdušná pistole použitá při lepení zkušebních vzorků	66
Obrázek 22 - Vzorky PT_S_RT část 1 po vykonání tahové zkoušky	91
Obrázek 23 - Vzorky PT_S_RT část 2 po vykonání tahové zkoušky	91
Obrázek 24 - Vzorky PT_S_90_RT část 1 po vykonání tahové zkoušky	92
Obrázek 25 - Vzorky PT_S_90_RT část 2 po vykonání tahové zkoušky	92
Obrázek 26 - Vzorky PT_S_30_RT část 1 po vykonání tahové zkoušky	93
Obrázek 27 - Vzorky PT_S_30_RT část 2 po vykonání tahové zkoušky	93
Obrázek 28 - Vzorky PT_S_45_RT část 1 po vykonání tahové zkoušky	94
Obrázek 29 - Vzorky PT_S_45_RT část 1 po vykonání tahové zkoušky	94
Obrázek 30 - Vzorky PT_S_M25 část 1 po vykonání tahové zkoušky.....	95
Obrázek 31 - Vzorky PT_S_M25 část 2 po vykonání tahové zkoušky.....	95
Obrázek 32 - Vzorky PT_S_30_M25 část 1 po vykonání tahové zkoušky.....	96
Obrázek 33 - Vzorky PT_S_30_M25 část 2 po vykonání tahové zkoušky.....	96
Obrázek 34 - Vzorky PT_S_45_M25 část 1 po vykonání tahové zkoušky.....	97
Obrázek 35 - Vzorky PT_S_45_M25 část 2 po vykonání tahové zkoušky.....	97

Obrázek 36 - Vzorky PT_S_90_M25 část 1 po vykonání tahové zkoušky	98
Obrázek 37 - Vzorky PT_S_90_M25 část 2 po vykonání tahové zkoušky	98
Obrázek 38 - Vzorky PT_S_65 část 1 po vykonání tahové zkoušky	99
Obrázek 39 - Vzorky PT_S_65 část 2 po vykonání tahové zkoušky	99
Obrázek 40 - Vzorky PT_S_30_65 část 1 po vykonání tahové zkoušky	100
Obrázek 41 - Vzorky PT_S_30_65 část 2 po vykonání tahové zkoušky	100
Obrázek 42 - Vzorky PT_S_45_65 část 1 po vykonání tahové zkoušky	101
Obrázek 43 - Vzorky PT_S_45_65 část 2 po vykonání tahové zkoušky	101
Obrázek 44 - Vzorky PT_S_90_65 část 2 po vykonání tahové zkoušky	102
Obrázek 45 - Vzorky PT_S_90_65 část 2 po vykonání tahové zkoušky	102
Obrázek 46 - Vzorky PT_S_S1_RT část 1 po vykonání tahové zkoušky	103
Obrázek 47 - Obrázek 42 - Vzorky PT_S_S1_RT část 2 po vykonání tahové zkoušky ...	103
Obrázek 48 - Obrázek 42 - Vzorky PT_S_S2_RT část 1 po vykonání tahové zkoušky ...	104
Obrázek 49 - Obrázek 42 - Vzorky PT_S_S2_RT část 2 po vykonání tahové zkoušky ...	104
Obrázek 50 - Spojené vzorky 65 část 1 po vykonání tahové zkoušky	105
Obrázek 51 - Spojené vzorky část 2 po vykonání tahové zkoušky	105
Obrázek 52 - Zadání do výpočtového programu Anthill pro vzorky PT_S_RT	106
Obrázek 53 - Vyhodnocení z programu Anthill pro vzorky PT_S_RT	107
Obrázek 54 - Zadání do programu Anthill pro vzorky PT_S_90_RT	108
Obrázek 55 - Vyhodnocení z programu Anthill pro vzorky PT_S_90_RT	109

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Vliv druhu trhlin na pevnost	64
Tabulka 2 – Tahové síly - porovnání výsledků z měření a metody SBRA u vzorků S_PT_RT	66
Tabulka 3 – Pevnost vzorků - porovnání výsledků z měření a metody SBRA u vzorků S_PT_RT	67
Tabulka 4 – Modul pružnosti - porovnání výsledků měření a metody SBRA u vzorků S_PT_RT	67
Tabulka 5 - Tahové síly - porovnání výsledků z měření a metody SBRA u vzorků S_PT_90_RT	67
Tabulka 6 - Pevnost vzorků - porovnání výsledků z měření a metody SBRA u vzorků S_PT_90_RT	67
Tabulka 7 - Modul pružnosti - porovnání výsledků měření a metody SBRA u vzorků S_PT_90_RT	68
Tabulka 8 - Geometrie vzorků PT_S_RT	75
Tabulka 9 - Geometrie vzorků PT_S_90_RT	75
Tabulka 10 - Geometrie vzorků PT_S_45_RT	76
Tabulka 11 - Geometrie vzorků PT_S_30_RT	76
Tabulka 12 - Geometrie vzorků PT_S_M25	77
Tabulka 13 - Geometrie vzorků PT_S_30_M25	77
Tabulka 14 - Geometrie vzorků PT_S_45_M25	78
Tabulka 15 - Geometrie vzorků PT_S_90_M25	78
Tabulka 16 - geometrie vzorků PT_S_65	79
Tabulka 17 - geometrie vzorků PT_S_30_65	79
Tabulka 18 - Geometrie vzorků PT_S_45_65	80
Tabulka 19 - Geometrie vzorků PT_S_90_65	80
Tabulka 20 - Geometrie vzorků PT_S_S1_RT	81
Tabulka 21 - Geometrie vzorků PT_S_S2_RT	81
Tabulka 22 - Geometrie spojovaných vzorků	82
Tabulka 23 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_RT	83
Tabulka 24 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_30_RT	83
Tabulka 25 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_45_RT	84
Tabulka 26 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_90_RT	84

Tabulka 27 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_M25.....	85
Tabulka 28 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_30_M25.....	85
Tabulka 29 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_45_M25.....	86
Tabulka 30 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_90_M25.....	86
Tabulka 31 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_65_M25.....	87
Tabulka 32 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_30_65.....	87
Tabulka 33 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_45_65.....	88
Tabulka 34 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_90_65.....	88
Tabulka 35 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_S1_RT.....	89
Tabulka 36 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_S1_RT.....	89
Tabulka 37 - Hodnoty maximálních sil a napětí spojovaných vzorků zjištěných při experimentu.....	90

Seznam grafů

Graf 1 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_RT	56
Graf 2 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_30_RT	57
Graf 3 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_45_RT	57
Graf 4 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_90_RT	58
Graf 5 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_M25	58
Graf 6 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_30_M25	59
Graf 7 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_45_M25	59
Graf 8 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_90_M25	60
Graf 9 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_65	60
Graf 10 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_30_65	61
Graf 11 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_45_65	61
Graf 12 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_90_65	62
Graf 13 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro spojené vzorky	62
Graf 14 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky se směrem 1	63
Graf 15 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky se směrem 2	63
Graf 16 - Graf závislosti napětí a prodloužení – porovnání obou směrů	64

Seznam zkratek a jednotek

°C	stupně celsia
APP	ataktický polypropylen
Atd.	a tak dále,
CR	polychloropénový kaučuk
CSPE	chlórsulfonovaný polyetylén
ECB	etylén-copolymer-bitumen
EPDM	etylén-propylén-dien-monomer
EPM	etylén-propylén-monomer
IIR	izoprén-izobutylový kaučuk
kg/m ²	kilogram na metr čtvereční
mm	milimetr
MPa	megapascal; jednotka pevnosti
mPVC	měkčený polyvinyl chlorid
N	newton; jednotka únosnosti
Např.	na příklad
PE	polyetylén
PEC	polyetylén chlorid
PIB	polyizobutylen
PO	polyolefín
POCB	polyolefín-copolymer-bitumen
SBRA	simulation-based Reliability Assessment
SIS	styrén-izoprén-styrén
SBS	styren-butadien-styren
Tzn.	to znamená
UV	ultrafialové záření
VAE	vynil-acetát-rtylén

Seznam příloh

Příloha A: Rozměry jednotlivých vzorků

Příloha B: Únosnost a pevnost vzorků

Příloha C: Fotodokumentace vzorků

Příloha D: Výpočet pravděpodobnostní metodou SBRA

Úvod

V dnešní době existuje celá řada jak typů, tak samotných výrobků, které lze použít při provádění hydroizolace střechy. Bohužel se lze setkat s velkým množstvím poruch a vad, které mohou být způsobené například špatně zvoleným materiálem, nedodržením technologických postupů při realizaci samotné, nebo nedostatečnou informací o výrobku samotném. Proto je velmi důležité dbát zvýšené pozornosti při návrhu, ale také při realizaci. Více než polovina poruch objektů, je způsobena poruchou hydroizolační vrstvy, což z ní dělá nejčastější poruchu pozemních staveb.

Cíle této diplomové práce

Cílem práce je experimentálně zjistit, zda hodnoty pevnosti v tahu deklarované výrobcem jsou odpovídající a jak velký vliv na pevnost v tahu mají trhliny. Dále je cílem zjistit jaký vliv má na vlastnosti teplota, teploty jsou vybrány takové, s kterými se v České republice lze setkat $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$. V průběhu měření bylo zjištěno, že vybraný materiál vykazuje poměrně výraznou anizotropii, takže dalším cíle bylo ověření anizotropie u tohoto materiálu. A poslední bod této diplomové práce je ověření kvality spojů.

TEORETICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

1. Hydroizolace plochých střech

Hydroizolace je typ izolace, která zabraňuje průniku vody do objektu, a tedy tvorby plísní. Hydroizolace je vrstva materiálu, která je tvořena neprodyšnými materiály. Vzhledem k tomu, že na ploché střeše se může držet sníh, nebo voda, je hydroizolační vrstva nejdůležitějším prvkem ploché střechy. Povlakové krytiny na plochých střechách (Obrázek 1) dnes představují jeden z tradičně používaných materiálů. Celkově lze říct, že hydroizolace ploché střechy je klíčovým faktorem pro zajištění vodotěsnosti střechy, pokud je použit kvalitní materiál a provedení je realizováno odborníkem, minimalizují se poruchy. Lze je rozdělit na dvě základní kategorie, které budou podrobněji rozebrány na následujících stránkách:

- Materiály na bázi asfaltu
- Materiály na bázi umělých hmot



Obrázek 1- Hydroizolace střechy halového objektu [1]

Minimální sklony plochých střech jsou důležitým faktorem při navrhování a realizaci střešního pláště. Správný sklon pomáhá předcházet hromadění vody a zabezpečuje odvodnění střechy. V závislosti na použitém materiálu a klimatických podmínkách se doporučený minimální sklon může lišit. Obecně platí, že pro ploché střechy by měl být minimální sklon alespoň 1-2 %. Nicméně, pro některé materiály jako jsou asfaltové pásy nebo PVC folie, může být doporučený minimální sklon až 3 %.

Při navrhování a konstrukci ploché střechy je třeba brát v úvahu také další faktory jako je výška budovy, klimatické podmínky, množství srážek a další faktory, které mohou ovlivnit odvodnění střechy. Je důležité, aby minimální sklon střechy byl v souladu s doporučenými hodnotami pro použitý materiál a aby byla střecha navržena a postavena tak, aby splňovala všechny potřebné požadavky na odvodnění a ochranu proti vodě. Pokud jsou spády ploché střechy příliš nízké, může dojít ke vzniku tzv. stojaté vody (Obrázek 2), která může způsobit degradaci hydroizolace a zvýšit riziko průsaku vody. Navíc stojatá voda může vést k tvorbě řasy a mechu, což může být nebezpečné pro bezpečné pohyby na střeše. [2]



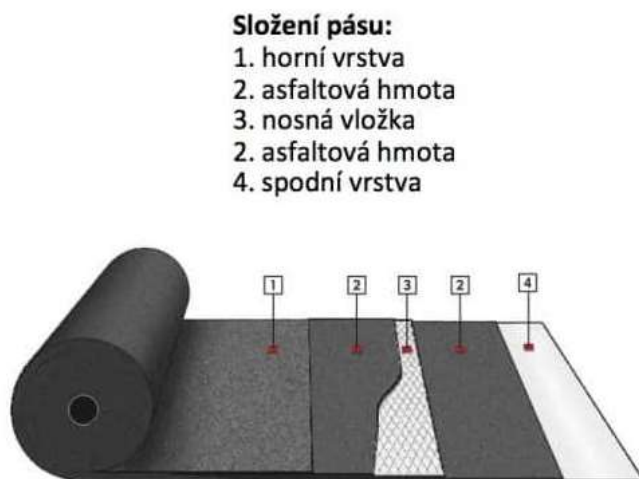
Obrázek 2 - Louže na střeše [3]

2. Hydroizolační asfaltové pásy

Materiály na bázi asfaltu neboli asfaltové hydroizolační pásy jsou hydroizolační materiál, který se používá již řadu let a pomáhá k dlouhé životnosti a odolnosti budov proti vnějším vlivům. Asfalt je materiál, který je mimořádně stabilní po dlouhá léta. Ve srovnání s dříve používaným dehtem, který je karcinogenní je minimálně zátěž a riziko pro lidstvo. Asfaltové pásy se dělí podle tloušťky a daly by se rozdělit následujícím způsobem:

- Asfaltový pás typu A – tloušťka do 1 mm
- Asfaltový pás typu R – tloušťka do 2,5 mm
- Asfaltový pás typu S – tloušťka 4 až 5 mm [4]

Klasický asfaltový pás se skládá z několika vrstev, každá vrstva má svou vlastnost, kterou je tento materiál definován. Jednotlivé vrstvy jsou lze vidět na Obrázku 3.



Obrázek 3 – Skladba vrstev jednoho z typů hydroizolačního asfaltového pásu [5]

Povlaková hydroizolační vrstva střechy by měla splňovat následující body:

- Musí být vodotěsná
- Musí být nepropustná pro srážkovou vodu
- Minimální sklon je $1^\circ = 1,75 \%$
- Upevňuje se k podkladu buď:
 - Celoplošně
 - Bodově
 - Stabilizační vrstvou
- Hydroizolace zelených střech musejí být odolné vůči prorůstání kořenů rostlin [6]

Nosná vložka

Nosná vložka asfaltového pásu je jedním z klíčových prvků hydroizolace střech. Tato vrstva poskytuje pevný základ pro další vrstvy, které tvoří hydroizolační systém. Nosná vložka může být vyrobena z různých materiálů, jako jsou skelná vlákna, textilie, papírové lepenky nebo kombinace některých těchto materiálů.

Důležitým faktorem pro nosnou vložku je její pevnost a odolnost vůči roztržení. Nosná vrstva musí být schopna odolat jakékoliv zátěži, které mohou hydroizolační vrstvy během svého životnosti vydržet, jako jsou například pohyby a vibrace střechy, změny teploty a povětrnostní vlivy.

Dalším faktorem, který je třeba zvážit při výběru nosné vložky, je schopnost absorbovat asfalt a udržet ho na místě během procesu výroby asfaltového pásu. To pomáhá zajistit, že vrstvy asfaltu jsou rovnoměrně rozloženy, a tvoří pevnou a spolehlivou hydroizolační vrstvu.

Dělení nosných vložek je následující:

- Podle materiálu:
 - Skelná tkanina
 - Skelné rouno
 - Polyesterové rouno
 - Polyesterová tkanina
 - Kombinované vložky
 - Spřažené vložky

Obecně lze říci, že u skelné tkaniny nebo skelného rouna není do materiálu vnášeno tak velké předpětí, proto je s nimi jednodušší manipulace. V porovnání s PES vložkami jsou stabilnější.

Kombinované nosné vložky se používá v moderních asfaltových pásích, protože poskytuje lepší pevnost, elasticitu a odolnost vůči působení vody a vlhkosti. Kombinovaná nosná vložka je složena z několika vrstev. Základní vrstva se skládá z filcu nebo vláken, které jsou spojeny polymerními vlákny. Tyto vlákna zajišťují pevnost a elasticitu nosné vložky. Dále se na tuto vrstvu nanese další vrstvy polymerních vláken, které slouží k zesílení a zlepšení pevnosti vložky. Nakonec se celá nosná vložka impregnuje asfaltem, aby se zajistila odolnost proti vodě a vlhkosti. Při pokládce asfaltového pásu s kombinovanou nosnou vložkou je důležité dodržovat správnou technologii pokládky. Pás musí být položen na čistý a suchý povrch, aby se zajistila dobrá adheze mezi povrchem a asfaltovým pásem. Dále je důležité zajistit rovnoměrné rozložení nosné vložky a správnou překryvnost jednotlivých

pásů. Pouze správně pokládaný asfaltový pás s kombinovanou nosnou vložkou zajistí kvalitní hydroizolaci ploché střechy.

Spřažená nosná vložka se používá u asfaltových pásů. Je to kombinace dvou různých materiálů. Často to bývá skelného rouna a polyesterové netkané textilie, které jsou vzájemně propojeny. Skelné rouno dodává pevnost a stabilitu, zatímco polyesterová textilie zajišťuje flexibilitu a snadnou manipulaci. Spojením těchto dvou materiálů do jedné spřažené nosné vložky vzniká materiál, který je pevný, odolný vůči trhání a snadno se instaluje. Vzhledem k výhodám, které spřažená nosná vložka poskytuje, je často používána u asfaltových pásů při konstrukci hydroizolačních střech. Díky své pevnosti a stabilitě může být použita jako nosná vrstva pro další vrstvy hydroizolace a krytiny. [7]

Krycí asfaltová vrstva

Krycí asfaltová vrstva je jednou z důležitých složek asfaltových pásů. Asfalty se vyrábějí destilací ropy, surový ropný asfalt je označován jako primární asfalt. V další fázi se do primárního asfaltu vhání kyslík vzniká oxidovaný asfalt. A v poslední fázi se do této směsi přidávají modifikátory a vzniká modifikovaný asfalt. Ten se dále dělí podle způsobu modifikace na: [4]

- Modifikovaný APP
- Modifikovaný SBS
- Modifikace směsi SBS-SIS-SEBS

Po modifikaci APP materiál vykazuje následující vlastnosti. Především se jedná o výbornou odolnost vůči UV záření, dobrou zpracovatelnost materiálu, odolnost vůči vysokým teplotám, materiál není elastický, oproti jiným modifikacím je tužší. Nedoporučuje se kombinovat s jinými modifikacemi.

Pro modifikaci SBS jsou charakteristické následující vlastnosti, materiál není tak odolný proti UV záření, materiál má elastický charakter, snadněji se zpracovává za nižších teplot, má možnost samolepicích nebo snadno tavících úprav spodního límce, některé typy modifikace SBS mají možnost svařování horkým vzduchem, lze tyto modifikace kombinovat s jinými modifikacemi. Ale mají menší odolnost proti bodovému zatížení. U třetí kategorie se lze setkat s dlouhodobější pružností, vyšší tepelnou stabilitou a omezeným procesem stárnutí.

Nutné je také alespoň okrajově zmínit plniva do asfaltů. Plniva jsou látky, které se přidávají do asfaltů za účelem zlepšení jejich vlastností. Mezi nejčastěji používaná plniva do asfaltů patří minerální plniva (např. křemičitý písek, kalcit, šterk), recyklovaný asfaltový materiál, skelná vlákna, plastická plniva (např. polymerové modifikátory) a další.

Přidávání plniv do asfaltu může zlepšit několik jeho vlastností, jako například:

- zvýšení odolnosti vůči otěru a opotřebení
- zlepšení chemické odolnosti vůči agresivním látkám (např. kyselinám)
- zlepšení voděodolnosti
- zlepšení odolnosti vůči teplotním vlivům (např. snížení sklonu k tvorbě trhlin při změně teploty) [8]

2.1 Provádění pokládky hydroizolačních asfaltových pásů

Existuje pět bodů, které je nutné dodržovat při kladení hydroizolačních asfaltových pásů:

- Teplota a povětrnostní podmínky
- Požadavky na podklad
- Příprava podkladu
- Kladení a natavování pásů
- Ochrana hydroizolační vrstvy

Teplota vzduchu při pokládce by neměla být nižší než následující hodnoty. U modifikovaného asfaltu je to hodnota +5 °C, u oxidovaného asfaltu je tato hodnota +10 °C, a teplota povrchu by neměla překonat +50 °C, při pokládce nesmí pršet ani sněžit a nesmí být ani jinovatka, mlha, námraza nebo silný vítr.

Co se týče požadavku na podklad, tak podkladem může být beton, betonová mazanina, cementový potěr, dřevěné bednění. Plech, tepelně izolační desky z minerálních vláken, polystyrenu nebo pěnoskla.

Příprava podkladu je velice důležitý bod před pokládkou samotnou. Penetrace se doporučuje u silikátových podkladů. Penetrační lak je nanášen pomocí asfaltérského kartáče nebo válečku. Po zaschnutí laku je doporučena technologická pauza 24 hodin.

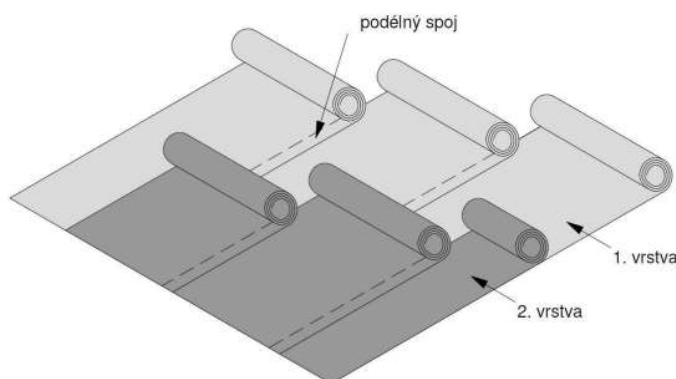
Pokládka asfaltových pásů má následující zásady:

1. Příprava povrchu: Před pokládkou asfaltových pásů musí být povrch pevný, suchý, čistý a hladký. Musí se odstranit veškeré nečistoty, jako jsou například prach, oleje nebo jiné mastnoty.
2. Nastavení teploty: Pro pokládku asfaltových pásů je nutné mít vhodnou teplotu materiálu. Pokud jsou asfaltové pásy příliš chladné nebo příliš horké, mohou se poškodit nebo se mohou špatně spojit s povrchem.
3. Správná šířka: Asfaltové pásy musí být pokládány ve správné šířce a délce, aby se minimalizovaly spoje. Pokud jsou spoje příliš časté, mohou se v nich hromadit nečistoty a vlhkost, což může vést k poškození hydroizolace.

4. Správný způsob pokládky: Asfaltové pásy musí být pokládány pečlivě a správným způsobem. Musí se dodržet předepsaný způsob překrývání pásů a upevňování okrajů.
5. Stlačení a zhutnění: Po položení asfaltového pásu je nutné ho důkladně stlačit a zhutnit, aby se zajistila jeho pevnost a stabilita. To se obvykle provádí pomocí válečku nebo stroje na zhutnění. [6]

Natavování

Před samotným natavováním je vhodné podklad penetrovat vhodným asfaltovým penetračním nátěrem, tak aby se dosáhlo lesklého povrchu. Je nutné dbát na to, aby natavování probíhalo za vhodných klimatických podmínek, a aby k tomu byly použity vhodné nástroje, především hořák o správné délce. Je nutné, aby natavování prováděla proškolená osoba, tak aby nedošlo k žádnému poškození, nebo zranění. Je nutné dodržovat příčné přesahy minimálně 12 cm, podélné přesahy minimálně 8 cm a spoje neorientovat proti vodě (Obrázek 4).



Obrázek 4 - Kladení asfaltových pásů [10]

Natavování asfaltového pásu (Obrázek 5) je jedním z postupů, které se používají při provádění hydroizolace střech. Jedná se o proces, při kterém se asfaltový pás pomocí hořáku zahřeje na určitou teplotu, a následně se přitlačí k podkladu, čímž se vytvoří těsná a nepropustná spojovací linie.

Při natavování je důležité dbát na správnou teplotu hořáku, aby nedošlo k poškození asfaltového pásu. Též je nutné zajistit rovnoměrné přitlačení k podkladu, aby byla zajištěna těsnost a pevnost spoje. Proto se často používají speciální stroje pro natavování, které umožňují přesné nastavení teploty a tlaku. Při natavování asfaltového pásu je nutné zajistit, aby byl povrch podkladu hladký a bez prachu, neboť tyto faktory by mohly negativně ovlivnit adhezi mezi asfaltovým pásem a podkladem. Před samotným natavováním se tedy provádí přípravné práce, jako je například čištění podkladu a odstraňování nečistot.

Natavování je velmi důležitým krokem při aplikaci asfaltového pásu a ovlivňuje kvalitu a životnost hydroizolační vrstvy. Pokud není provedeno správně, může dojít k propouštění vlhkosti, což může způsobit poškození

Dalším důležitým faktorem je časování natavování. Asfaltový pás se totiž nesmí přehřát, aby nedošlo k jeho poškození, ale zároveň se musí natavit dostatečně, aby byla zajištěna těsnost a pevnost spoje. Proto se provádí testování a nastavování správné teploty hořáku a sleduje se proces natavování. Proces natavování asfaltového pásu se dnes provádí s využitím moderních technologií, jako jsou například automatické natavovací stroje, které umožňují velmi přesné nastavení teploty a tlaku a zajišťují tak vysokou kvalitu spoje.

Celkově je natavování asfaltového pásu důležitým procesem při realizaci hydroizolace střech a zásadně ovlivňuje kvalitu a životnost hydroizolační vrstvy. Proto je nutné, aby bylo prováděno odborně a s důrazem na správné techniky a postupy. [11]



Obrázek 5 - Natavování asfaltového pásu [11]

Lepení

Lepení asfaltového pásu (Obrázek 4) se obvykle provádí jako součást procesu pokládky asfaltového povrchu silnice, parkoviště nebo jiného pozemního komunikace. Následuje základní postup:

1. Příprava povrchu: Před lepením asfaltového pásu je třeba připravit povrch, aby byl hladký a čistý. To zahrnuje odstranění jakéhokoli prachu, nečistot nebo zbytků asfaltu, které by mohly ovlivnit adhezi nového pásu. V případě, že na povrchu jsou hlubší poškození, musí být před pokládkou asfaltového pásu opraveny.

2. Aplikace lepidla: Poté, co je povrch připraven, je na něj nanášeno lepidlo (Obrázek 6). Lepidlo bývá obvykle v podobě horkého asfaltu, který se nanáší pomocí speciálního stroje s válcovým válcem. Lepidlo se musí nanášet rovnoměrně a ve správném množství, aby byla zajištěna dobrá adheze nového pásu.



Obrázek 6 - Lepidlo na asfaltové pásy [12]

3. Pokládka asfaltového pásu: Jakmile je lepidlo aplikováno, může být na něj položen asfaltový pás. Ten se následně válcuje, aby se dosáhlo rovnoměrného spojení mezi novým a starým povrchem.

4. Finální úpravy: Po položení asfaltového pásu jsou prováděny finální úpravy. Ty zahrnují například přizpůsobení výšky nového pásu okolnímu povrchu nebo zakončení hran asfaltového povrchu.

Celý proces lepení asfaltového pásu vyžaduje zkušenosti a odborné znalosti, aby byla zajištěna kvalitní a trvanlivá adheze mezi novým a starým povrchem. Proto se doporučuje, aby byl tento proces prováděn profesionálními firmami s potřebným vybavením a zkušenostmi. [12]

Kotvení

Kotvení asfaltového pásu (Obrázek 7) se používá při pokládání nového asfaltového povrchu na starý, již existující povrch. Následuje základní postup, jak se to dělá:

1. Příprava povrchu: Stejně jako u lepení asfaltového pásu, je důležité připravit povrch tak, aby byl hladký, čistý a suchý. Je také třeba zkontrolovat, zda je starý povrch stabilní a vhodný k použití jako podklad pro nový asfaltový povrch.

2. Aplikace lepidla: Na připravený povrch se nanese horký asfaltový lepidlo v podobě "tríscky". Toto lepidlo slouží jako kotva, která drží nový asfaltový pás na starém povrchu.

3. Položení asfaltového pásu: Po aplikaci lepidla se položí nový asfaltový pás, a rovná se do požadované výšky a úrovně. Při pokládce nového asfaltu je důležité zajistit správnou hustotu a tloušťku, aby byl povrch trvanlivý a bez trhlin.

4. Kotvení: Po položení nového pásu se na něj umístí těžká válce, které vytvářejí tlak a pomáhají lepidlu se spojit se starým povrchem. Tento proces se obvykle opakuje vícekrát, aby bylo zajištěno pevné kotvení nového pásu.

5. Finální úpravy: Po kotvení nového pásu se provádějí finální úpravy, jako je například ořezání přebytečného asfaltu nebo úprava hran povrchu.

Proces kotvení asfaltového pásu vyžaduje zkušenosti a odborné znalosti, aby byla zajištěna pevná a trvanlivá adheze mezi starým a novým povrchem. Proto se doporučuje, aby byl tento proces prováděn profesionálními firmami s potřebným vybavením a zkušenostmi. [13]



Obrázek 7 - kotvení asfaltového pásu [14]

3. Hydroizolační fólie

Hydroizolační fólie se používají stejně jako asfaltové pásy k vytvoření hydroizolační vrstvy spodní stavby nebo střechy. Nejčastěji se lze setkat s rozdělením do tří kategorií:

- Termoplasty
- Elastomery
- Termoplastické elastomery

3.1 Termoplasty

Termoplasty jsou typem plastů, které se vyznačují tím, že se mohou měnit z pevného stavu do měkkého stavu při zahřátí a poté opět ztuhnout do pevného stavu při ochlazení. Tento proces se nazývá termoplastické zpracování. Vzhledem k této vlastnosti se termoplasty dají snadno formovat a recyklovat. Termoplasty jsou vyráběny polymerací, což je chemická reakce, při které se malé molekuly (monomery) spojují do větších řetězců (polymerů). Existuje mnoho druhů termoplastů s různými vlastnostmi, jako jsou pevnost, pružnost, odolnost proti teplu a chemikáliím, transparentnost, barva a tak dále.

Tyto materiály jsou specifické tím, že vlivem horka se aktivuje jejich povrch, a to spočívá v jeho změknutí. Toto je používáno při pokládce, kdy se přesahy nahřejí a přitisknou se k sobě a tím dojde k jejich vzájemnému spojení, tento proces se označuje jako horkovzdušné svařování. PVC folie jsou v hydroizolacích střech velmi běžně používané a jsou k dispozici v různých tloušťkách a barvách. Tyto fólie jsou dobře známé pro svou odolnost vůči UV záření a chemikáliím a jsou velmi odolné vůči průrazům. Jsou také schopné odolávat extrémním teplotním rozdílům, což znamená, že jsou vhodné pro použití v různých klimatických podmínkách.

Při použití termoplastických hydroizolačních fólií je důležité zajistit správnou instalaci, aby se minimalizovala možnost průniku vody a prodloužila životnost hydroizolace. Pro správnou instalaci je třeba zajistit, aby byly folie správně spojeny a připojeny ke stavební konstrukci. Dále je důležité dodržovat pokyny výrobce a správné postupy pro instalaci.

Typy termoplastických hydroizolačních fólií:

- mPVC – měkčené PVC
- VAE (EVA) – vinyl-acetát-etylén
- PEC – polyetylén chlorid
- PO – polyolefín
- POCB – polyolefín-copolymer-bitumen
- ECB – etylén-copolymer-bitumen

Měkčené PVC

Měkčené PVC je polymerní materiál, který se často používá jako hydroizolační fólie pro střechy. Měkčené PVC se vyrábí z tvrdého PVC, který se pomocí přísad zpracovává do podoby měkčeného materiálu, který je elastický a snadno se přizpůsobí různým povrchům. Je používáno pro střechy mají výborné vlastnosti jako vysokou odolnost vůči UV záření, povětrnostním vlivům a chemikáliím. Jsou také odolné vůči mechanickému poškození a mají dlouhou životnost. Měkčené PVC fólie se aplikují na střechu pomocí lepidla nebo mechanickými prostředky jako jsou hmoždinky nebo šrouby. Fólie se překládají a spojují pomocí speciálních prvků, aby byla zajištěna vodotěsnost střechy. Tento typ fólie je velmi populární volbou pro hydroizolaci střech, protože jsou odolné, snadno se instalují a mají dlouhou životnost. Jsou také ekologickou volbou, protože mohou být recyklovány a použity znovu.

Vinyl-acetát-etylén

Vinyl-acetát-etylén (VAE) je polymerní materiál, který se často používá jako hydroizolace pro střechy. Jedná se o syntetickou pryskyřici, která se vyrábí z ethylenu, vinylacetátu a dalších přísad. VAE hydroizolace střech mají výborné vlastnosti jako vysokou odolnost vůči UV záření, počasí, chemikáliím a mechanickému poškození. Jsou také velmi elastické a dokážou se přizpůsobit pohybu střešní konstrukce bez toho, aby se trhaly nebo praskaly.

Tato hydroizolace střech se aplikují na střechu pomocí lepidla nebo mechanickými prostředky jako jsou hmoždinky nebo šrouby. Fólie se překládají a spojují pomocí speciálních prvků, aby byla zajištěna vodotěsnost střechy. VAE je populární volbou pro hydroizolaci střech, protože jsou odolné, snadno se instalují a mají dlouhou životnost. Jsou také ekologickou volbou, protože mohou být recyklovány a použity znovu.

Polyetylén chlorid

Jsou snášitelné s asfalty i polystyrenovými tepelnými izolacemi. Opět můžou být nevyztužené, nebo vyztužené mřížkou. Tyto fólie se nesmí lepit lepidly, je povoleno přesahy spojovat pouze horkovzdušným svařováním. [15]

3.2 Elastomery

Elastomery jsou polymerní materiály, které mají elastické vlastnosti a jsou často používány jako hydroizolační fólie pro střechy. Tyto materiály jsou vyrobeny z různých syntetických gum a jsou velmi flexibilní, odolné vůči povětrnostním podmínkám a mají vynikající hydroizolační vlastnosti. Elastomery se obvykle instalují pomocí lepidla nebo tepelného spojování a jsou ideální pro použití na střechách s nízkým sklonem a střechách s

komplikovanou geometrií. Tyto materiály jsou také velmi trvanlivé a mají dlouhou životnost, což je dělá vynikající volbou pro komerční i bytové střechy.

Typy elastomerů:

- EPDM – etylén-propylén-dien-monomer
- PIB – polyizobutylén
- CR – polycloropénový kaučuk
- IIR – izoprén-izobutylový kaučuk

Etylén-propylén-dien-monomer

Jsou odolné proti UV záření. Tento typ fólií není vyztužený, jedná se o velmi tenké fólie, kde se jejich tloušťka pohybuje od 1,1 do 1,5 milimetru, proto můžou být náchylnější k mechanickému poškození. Není příliš prostupná pro vodní páru, její difuzní odpor se pohybuje kolem 60 000.

Polyizobutylén

Polyizobutylénová (PIB) hydroizolační vrstva se obvykle aplikuje v roli nebo v pásu a může být instalována pomocí různých technik, včetně natavování a lepení. PIB hydroizolační vrstvy jsou obvykle velmi elastické a dokážou odolávat vysokým teplotám a extrémním podmínkám, což z nich dělá vhodnou volbu pro hydroizolaci střech v náročných prostředích.

V porovnání s jinými hydroizolačními materiály, jako jsou PVC nebo EPDM, má PIB několik výhod. Jednou z nejvýznamnějších výhod PIB hydroizolace je jeho vysoká elasticita, což znamená, že se dokáže přizpůsobit pohybu stavební konstrukce, aniž by došlo k prasknutí nebo trhlinám v hydroizolační vrstvě. Díky tomu se PIB hydroizolace používá zejména u střech s vysokým stupněm pohybu, jako jsou například střechy na betonových konstrukcích. Další výhodou PIB hydroizolace je jeho vysoká chemická odolnost. Tento materiál je odolný proti různým chemikáliím, včetně kyselin a zásad, což z něj dělá vhodnou volbu pro střechy v průmyslových prostorách nebo tam, kde je vysoké množství znečištění. PIB hydroizolační vrstva také nabízí dobrou odolnost proti UV záření a vysokou stálost barev, což z ní dělá vhodnou volbu pro střechy s vysokým stupněm expozice na sluneční záření.

3.3 Termoplastické elastomery

Tyto fólie přebírají výhody jak z termoplastických fólií, tak z elastomerů. Jedná se především o vratný efekt od elastomerů a o možnost svařování horkovzdušně od termoplastických fólií.

Dělí se na dvě kategorie:

- CSPE – chlór-sulfonovaný polyetylén
- EPM – etylén-propylén-monomer

Rozdíl mezi těmito typy je v tom, že chlór-sulfonový polyetylén je vyztužen PES mřížkou a etylén-propylén-monomer je nevyztužený. [16]

3.1 Technologie pokládky hydroizolačních fólií

Kladení fólií je velmi důležité pro následnou funkčnost, měly by být dodržovány určitá pravidla a doporučení.

- Příprava podkladu: Podklad musí být pevný, hladký a suchý. Pokud je to nutné, musí být podklad vyrovnán a případné nerovnosti odstraněny.
- Výběr správného typu fólie: Hydroizolační fólie musí být vybrána podle druhu a velikosti stavby, klimatických podmínek a požadované úrovně ochrany. Je důležité zvolit fólii s vhodnou pevností a vodotěsností.
- Kladení fólie: Fólii se kladou na připravený podklad a jsou připevněny pomocí lepicích pásů nebo fixačních hmoždinek. Je důležité dbát na to, aby fólie nebyla příliš natažená ani pokroucená, aby nedošlo k prasknutí.
- Spojování fólií: Pokud jsou potřebné spoje mezi dvěma foliemi, musí být zajištěno, že jsou pevné a vodotěsné. K tomu lze použít speciální lepicí pásy, případně tepelné svařování.
- Ochrana hydroizolace: Po kladení hydroizolační fólie je třeba zajistit její ochranu proti poškození během dalších prací na stavbě. Na hydroizolaci je tedy vhodné pokládat další vrstvu ochranného materiálu, jako jsou například tepelně izolační desky.
- Kontrola kvality: Po dokončení kladení hydroizolace je důležité provést kontrolu kvality, aby bylo zajištěno, že byla správně nanášena a že je plně funkční. [17]

Svařování

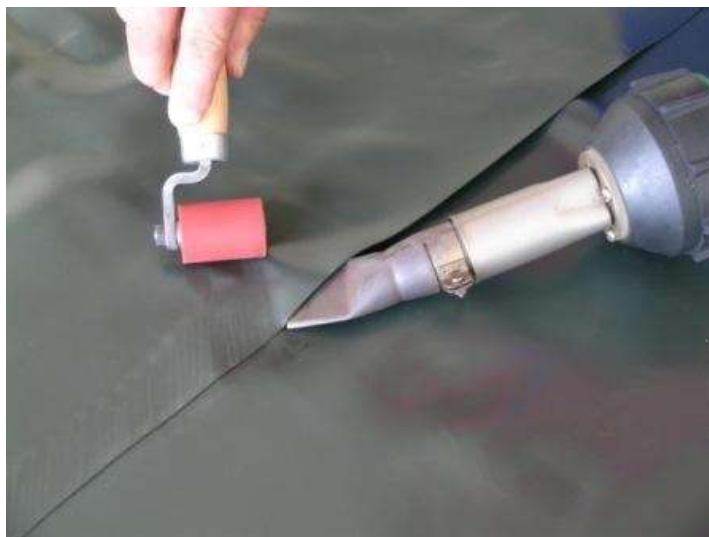
Svařování hydroizolačních fólií (Obrázek 8) se provádí za účelem spojování jednotlivých dílů fólií do větších celků a také pro vytváření těsných spojů, které zajistí, že hydroizolace bude plnit svůj účel. Existuje několik různých způsobů svařování hydroizolačních fólií, z nichž nejběžnější jsou:

1. Horkovzdušné svařování - tento proces spočívá v tom, že se používá horkovzdušná pistole k ohřevu fólie a následnému spojení dvou vrstev. Tento způsob svařování se často používá u PVC hydroizolačních fólií.

2. Extruzní svařování - tento proces spočívá v tom, že se používá extruzní svařovací stroj, který ohřívá fólii na vyšší teploty a následně spojuje dvě vrstvy fólie. Tento způsob svařování se používá u mnoha druhů hydroizolačních fólií.

3. Svařování pomocí rozpouštědel - tento proces spočívá v tom, že se používají rozpouštědla k rozpouštění fólie na místech, kde se mají spojit. Poté se spojené oblasti stáhnou k sobě, aby se vytvořil těsný spoj.

Při svařování hydroizolačních fólií je důležité dodržovat všechny potřebné bezpečnostní postupy, jako je používání ochranných brýlí a rukavic, aby se minimalizovaly rizika způsobená horkým nástrojem nebo rozpouštědly. [18]



Obrázek 8 - Svařování hydroizolační fólie [19]

Mechanické kotvení

Mechanické kotvení hydroizolačních fólií se používá pro připevnění fólií ke střešnímu povrchu nebo ke stěnám. Tento proces spočívá v použití speciálních hmoždinek nebo šroubů k upevnění fólie k podkladu.

Při mechanickém kotvení hydroizolačních fólií je důležité mít na paměti několik faktorů, jako je správná volba typu a velikosti hmoždinek nebo šroubů v závislosti na typu podkladu a tloušťce hydroizolační fólie. Je také důležité, aby byly kotvy správně umístěny a vybaveny vhodnými podložkami, aby byla zajištěna optimální pevnost a těsnost spojů.

Mechanické kotvení se obvykle používá jako doplněk k jiným metodám upevňování hydroizolačních fólií, jako je lepení nebo svařování. V kombinaci s těmito metodami lze dosáhnout velmi spolehlivé a trvanlivé hydroizolace, která zajistí ochranu střechy nebo stěn proti vodě a vlhkosti.

Je důležité zajistit, aby byly všechny procesy instalace hydroizolace prováděny správným způsobem a v souladu s pokyny výrobce, aby se minimalizovaly rizika poškození hydroizolační fólie a zajištěna optimální ochrana před vlhkostí. [20]

Lepení

Lepení hydroizolačních fólií je jednou z nejčastějších metod používaných při instalaci hydroizolace na střeších, stěnách a dalších površích, které potřebují být chráněny proti vodě a vlhkosti. Tento proces spočívá v aplikaci lepidla na povrch hydroizolační fólie a následné připevnění fólie k podkladu.

Existují různé typy lepidel, které se používají pro lepení hydroizolačních fólií, včetně tekutých lepidel, disperzních lepidel a lepicích pásků. Výběr správného typu lepidla závisí na konkrétních potřebách a požadavcích projektu, jako je typ povrchu, podmínky aplikace a podobně.

Při lepení hydroizolačních fólií je důležité dodržovat správnou techniku a postup, aby byla zajištěna optimální adheze fólie k podkladu a minimalizovaly se rizika poškození fólie. Mezi důležité faktory, které je třeba mít na paměti, patří například:

- Důkladné přípravy podkladu, jako je odstranění nečistot, prachu a olejů, které mohou ovlivnit adhezi lepidla k povrchu.
- Správného množství lepidla aplikovaného na fólii a na podkladu, aby se minimalizovalo přebytečné lepidlo, které může vést k vytváření nevzhledných hrbolů nebo běhounů.
- Dostatečné času pro sušení a tvrdnutí lepidla, aby byla zajištěna pevná adheze fólie k podkladu.

Lepení hydroizolačních fólií je velmi důležitou součástí procesu instalace hydroizolace a mělo by být prováděno pouze kvalifikovanými profesionály s potřebnými zkušenostmi a know-how. [21]

4. Srovnání

V tomto bodě budou srovnány hydroizolační fólie a asfaltové pásy a budou popsány jejich výhody a nevýhody. První bod srovnání je tloušťka obou materiálů. Hydroizolační fólie má oproti asfaltovým pásům podstatně nižší tloušťku, pohybuje se kolem jednoho až dvou milimetrů, oproti tomu asfaltové pásy jsou tlusté přibližně čtyři až pět milimetrů, což je více než dvojnásobek. Další porovnatelná charakteristika může být plošná hmotnost, hydroizolační fólie jsou podstatně lehčí v porovnání s hydroizolačními asfaltovými pásy, jejich hmotnost se běžně pohybuje v rozmezí od 1,8 až do 2 kg/m², oproti tomu mají asfaltové pásy 3x vyšší plošnou hmotnost.

Z neměřitelných vlastností může být vyzdvížena ve prospěch hydroizolačních fólií snadnější manipulace při práci, hlavně protože asfaltové pásy jsou těžší a je s nimi celkově problematictější manipulace při práci. S tím samozřejmě souvisí i fakt, že hydroizolační fólie stačí pokládat v jedné vrstvě, oproti tomu pokládka asfaltových pásů se provádí standardně ve dvou vrstvách. Jedním z největších rozdílů mezi asfaltovými pásy a hydroizolačními fóliemi je jejich schopnost přenášet pohyb. Pokud jsou asfaltové pásy položeny na místě, kde se může objevit pohyb způsobený například změnou teploty, dochází k jejich natahování a následnému vytváření trhlin. Na druhou stranu jsou fólie více elastické a pružné, takže dokážou přenést určitý pohyb bez poškození. Tato vlastnost je zejména u střech velmi důležitá, kde je vystavení pohybům způsobeným změnami teplot vysoké. Montáž asfaltových pásů a hydroizolačních fólií střech se v mnoha ohledech liší. V případě asfaltových pásů je potřeba provést pečlivou přípravu podkladu, který by měl být suchý, hladký a bez prachu, neboť jakýkoliv nedostatek by mohl vést k narušení spojení mezi pásy a podkladem. Následuje rozbalení pásů, jejich přiložení a vyrovnání tak, aby byly rovnoběžné s okrajem střechy. Pásy se následně spalují pomocí hořáku tak, aby byly pevně spojeny s podkladem a s ostatními pásy. Tato práce vyžaduje zkušenosti a odbornou zručnost, neboť je důležité dosáhnout správné teploty spálení, aby byl výsledný spoj pevný a vodotěsný. Na druhé straně, montáž hydroizolačních fólií střech je obvykle snazší. Fólie se rovněž položí na připravený a vyrovnaný podklad, ale tentokrát není třeba ohřívání pomocí hořáku. Fólie se připevňuje k podkladu pomocí speciálního lepidla, nebo se přímo natahuje na střešní konstrukci a upevňuje pomocí mechanických kotev. Tato práce je obecně méně náročná a lze ji provést s menším rizikem poškození materiálu. Dalším rozdílem mezi montáží asfaltových pásů a hydroizolačních fólií je možnost použití doplňků a detailů. U asfaltových pásů je nutné věnovat zvýšenou pozornost detailům, jako jsou například okraje, komíny nebo další průchody. Tyto detaily je třeba zvlášť ošetřit a vytvořit kvalitní spoj s hlavním povrchem střechy. Na druhé straně, u hydroizolačních fólií střech je v nabídce široké spektrum doplňků a detailů, které lze snadno použít pro dokonalé utěsnění

jakéhokoliv průchodu střechou. Závěrem lze říci, že výběr mezi asfaltovými pásy a hydroizolačními fóliemi závisí na mnoha faktorech, jako je například konstrukce střechy, nároky na odolnost. [21]

5. Výroba

Asfaltový pás se vyrábí z asfaltové směsi, která se skládá z různých materiálů, jako jsou kameniva, písky, drcený kámen a asfaltový pojivo.

Výroba asfaltového pásu začíná vytvořením směsi, která se obvykle provádí v míchacím zařízení. Kameniva a písky se nejprve odvázejí do míchacího zařízení, kde se spolu s asfaltovým pojivem a dalšími přísadami míchají, aby vytvořily homogenní směs. Tato směs se následně přepraví na staveniště, kde se vyleje na připravený povrch.

Před vylitím směsi se povrch musí připravit, což obvykle zahrnuje odstranění starého asfaltu a úpravu podloží. Poté se směs vyleje na povrch a pomocí strojů se upraví na požadovanou tloušťku a hladkost. Po vytvoření asfaltového pásu se nechá zchladnout a ztuhnout, aby se zajistila jeho pevnost a trvanlivost.

Celý proces výroby asfaltového pásu je poměrně složitý a vyžaduje speciální stroje a zařízení. Nicméně, díky moderním technologiím je výroba asfaltových pásů velmi efektivní a umožňuje rychlé pokládání nových vozovek nebo opravy stávajících. [22]

Hydroizolační fólie jsou obvykle vyráběny z polymerů, jako je polyetylén (PE), polyvinylchlorid (PVC) nebo ethylen-vinylacetát (EVA). Výroba hydroizolační fólie zahrnuje několik kroků:

1. Výroba granulí: Polymerové granule jsou vyráběny pomocí polymerizačních reakcí nebo extruze. Granule jsou obvykle připraveny ve velkých množstvích a jsou uloženy do skladovacích nádob pro pozdější použití.
2. Výroba fólie: Polymerové granule se poté zahřejí a tavenina se vytlačí pomocí extruderu. Extrudovaná tavenina se následně ochlazuje a tvaruje do požadovaného tvaru, tj. hydroizolační fólie.
3. Povrchová úprava: Hydroizolační fólie může být potažena různými materiály pro zlepšení vlastností, jako je odolnost vůči UV záření, odolnost vůči poškrábání, odolnost vůči chemikáliím a podobně. Fólie může být také potištěna pro estetický vzhled nebo k identifikaci.
4. Balení: Hotové hydroizolační fólie se balí do rolí pro snadné skladování a přepravu. Role mohou být různých šířek a délek, aby vyhovovaly potřebám různých aplikací.

6. Historie hydroizolací střech v České republice

Samotná hydroizolace střech má velmi dlouhou historii, sahající až do starověku. V antických civilizacích se používaly různé materiály, jako například hlína, kámen nebo dřevo, které byly aplikovány na střechy tak, aby byly vodotěsné.

V České republice se hydroizolace střech stala důležitým tématem zejména v průběhu 20. století, kdy se začaly stavět moderní stavební objekty, jako jsou panelové domy, obchodní centra, továrny a další. Tyto nové budovy potřebovaly kvalitní hydroizolaci střech, aby byly chráněny před deštěm a dalšími povětrnostními vlivy.

V té době byl nejčastěji používaný materiál pro hydroizolaci střech eternit, který byl výborný voděodolný materiál a měl dlouhou životnost. Avšak později se ukázalo, že eternit obsahuje azbest, který je nebezpečný pro lidské zdraví, a tak bylo nutné hledat nové alternativy.

Po roce 1989 se v České republice začaly vyrábět nové typy hydroizolací, jako jsou asfaltové pásy, střešní fólie a další moderní materiály, které měly lepší vlastnosti voděodolnosti a zároveň byly šetrnější k životnímu prostředí. Tyto materiály se postupně staly standardem pro hydroizolaci střech v České republice.

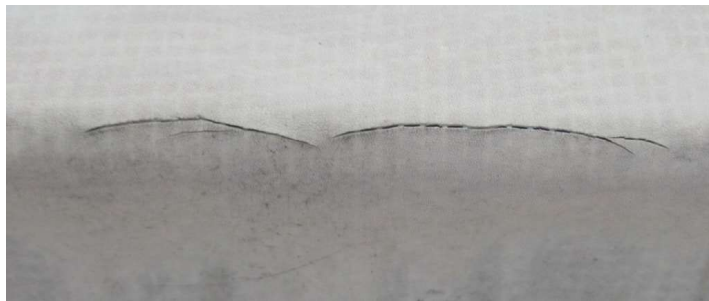
V posledních letech se však objevují nové technologie, které umožňují ještě lepší hydroizolaci střech. Jednou z těchto technologií je nanotechnologie, která umožňuje vytvořit vrstvu hydrofobních částic na povrchu střešní krytiny, čímž se zlepší její voděodolnost. Další nové technologie zahrnují například aplikaci hydroizolačních pěn nebo speciálních tmelů a nátěrů.

Celkově lze tedy říci, že v České republice se hydroizolace střech stala důležitým tématem v průběhu 20. století a od té doby se výrazně rozvinula. Je třeba zdůraznit, že hydroizolace střech není pouze otázkou výběru vhodného materiálu, ale také kvalitního provedení. Kvalitní hydroizolace musí být instalována podle správného postupu, který zahrnuje pečlivou přípravu povrchu, správné řešení detailů a využití správných technik a materiálů. Pouze v takovém případě může být zajištěna dlouhodobá trvanlivost hydroizolace a bezproblémové fungování střechy. [23] [24]

7. Poruchy a vady

7.1 Hydroizolační fólie

Poruchy a vady hydroizolačních fólií mohou mít různé příčiny a důsledky. Některé z nejčastějších poruch hydroizolačních fólií jsou praskliny (Obrázek 9), propadliny, odtržení nebo škrábance. Tyto vady mohou být způsobeny nesprávnou instalací, použitím nevhodných materiálů nebo nadměrným namáháním. Například při instalaci hydroizolační fólie může dojít k jejímu poškození ostrými předměty nebo k protržení fólie na nerovném a správně neočištěném povrchu. Pokud je fólie nadměrně namáhána může dojít k jejímu prasknutí. Další problémy mohou vznikat, pokud se použije kombinace materiálů, která se nesnese, to může vést k chemickým reakcím a následně k narušení hydroizolační fólie.



Obrázek 9 - Prasklina v hydroizolační fólii [25]

Další kategorie jsou poruchy a vady, které vznikají při nesprávné údržbě. Například pokud se na fólii nahromadí velké množství nečistot může dojít k tvorbě propadlin a tím může být narušena celistvost hydroizolační fólie. Proto je velmi důležité, aby hydroizolace byla čištěna pravidelně a aby byla udržována v dobrém stavu. Dalším bodem může být poškození vlivem přírodních vlivů, mohou mezi ně patřit vysoké teploty, vystavení UV záření, vlhkost nebo mráz. Proto je důležité navrhnou správný typ fólie.

Dalším typem je mechanické poškození z výroby. Mechanické poškození může mít celou řadu příčin, nejčastěji se lze setkat se znečištěním z výrobní linky, které může mít za následek porušení celistvosti nebo rovnoměrnosti posypu. Všechny tyto výrobky prochází ještě před opuštěním výroby finální kontrolou, takže by se na většinu těchto vad mělo přijít a výrobky by měly být staženy. [26]

7.2 Asfaltové pásy

Co se týče asfaltových pásů, tak u nich může dojít také k celé vadě poruch a vad. Podobně jako u hydroizolačních fólií u nich mohou vznikat trhliny v důsledku křehkosti materiálu.

Bývá to jedna z nejčastějších příčin porušení asfaltového pásu. Nejčastěji jsou tyto poruchy způsobené UV zářením, teplotními změnami, nebo například stárnutím a s tím spojenou degradací materiálu. Křehkost může mít za následek praskání, popřípadě lámaní materiálu a vzniklými trhlinami může docházet k úniku vody.

Další poruchou může je separace (Obrázek 10). Při tomto procesu se asfaltová vrstva odděluje od podkladového materiálu. Tato porucha nejčastěji vzniká v důsledku nesprávné přípravy podkladu, špatné aplikace asfaltového pásu nebo pokud podklad není dostatečně zpevněn. Velmi podobnou vadou je delaminace, při nichž se jednotlivé vrstvy asfaltového pásu oddělují od sebe. Může být způsobena špatnou instalací, působením vlhkosti nebo působením extrémních teplot. Pokud se tento problém objeví, měl by být co nejdříve odstraněn, tak aby nedocházelo k dalšímu šíření této poruchy. Tomuto problému se dá předcházet zajištěním kvalitní instalace a dále pravidelnou a pečlivou údržbou.



Obrázek 10 - Separace vrstvy asfaltového pásu [27]

Prolisy vznikají na asfaltovém pásu v místech, která jsou příliš tenká nebo mají nedostatečnou pevnost. Tato oslabená místa se mohou propadnout pod tíhou třeba osob nebo materiálu.

Adheze se vyskytuje, pokud asfaltový pás nedrží správně na podkladové vrstvě materiálu. Nejčastěji tato porucha vzniká v důsledku špatně připraveného podkladu nebo špatnou aplikací asfaltového pásu.

Kontaminace je další porucha asfaltového pásu, se kterou se lze setkat. Kontaminace může mít za následek degradaci asfaltového pojiva, a to může vést ke ztrátě jeho pevnosti.

Asfaltový pás může být kontaminován například chemickými reakcemi s okolními materiály, oxidací nebo kontaktem s ropnými povrchy.

Poruchy a vady, kterou vzniknou při výrobě se samozřejmě týkají i asfaltových pásů (Obrázek 11). Lze se u nich setkat s tzv. plešatěním asfaltových pásů. Plešatění je termín používaný pro popis jevu, kdy se na povrchu asfaltových pásů projevují oblasti, kde chybí kamenivo a asfalt. Tyto oblasti vypadají jako holá místa nebo "plešiny". Plešatění může být způsobeno různými faktory, včetně nekvalitního zpracování při instalaci, špatné kvality asfaltové směsi, nesprávného skladování nebo vystavení vlivům počasí. Plešatění může být velmi problematické v hydroizolacích střech, protože tyto oblasti mohou snadno propouštět vodu. To může vést k vodním záplavám v budově a poškození konstrukce střechy. Pokud je plešatění způsobeno nesprávnou instalací, může být nezbytné odstranit a nahradit poškozený asfaltový pás. Prevence plešatění zahrnuje správnou instalaci asfaltových pásů a jejich pravidelnou údržbu. Je důležité zajistit, aby byla asfaltová směs kvalitní a aby byla instalována v souladu s výrobními pokyny. Pokud se objeví plešatění, je důležité rychle jednat a zabránit tak dalšímu poškození střechy. [26] [27]



Obrázek 11 - Vypouklina v asfaltovém pásu [28]

8. Nové trendy v hydroizolacích střech

Vzhledem k rychle se měnícím podmínkám v oblasti stavebnictví a zvyšujícímu se významu udržitelného rozvoje, se očekává, že budoucnost hydroizolací střech bude velmi zajímavá. Většina stavebních firem se bude více zaměřovat na inovativní a udržitelné materiály, které nabízejí vysokou kvalitu, dlouhou životnost a sníženou náročnost na údržbu. Jedním z trendů, který se v této oblasti rozvíjí, je využití recyklovaných materiálů pro výrobu hydroizolačních vrstev. Například recyklovaná guma z pneumatik může být použita jako základ pro výrobu elastomerních hydroizolací. Dalším trendem je využití nových technologií, jako jsou nanotechnologie, pro výrobu hydroizolací s vylepšenými vlastnostmi. V budoucnu se také očekává větší důraz na snížení nákladů na výrobu a instalaci hydroizolací. Jedním z možných řešení může být použití materiálů, které jsou snadno a rychle aplikovatelné, například pomocí spreje nebo roztoku. Takové materiály by také měly vynikající vlastnosti jako vodotěsnost a odolnost proti poškození.

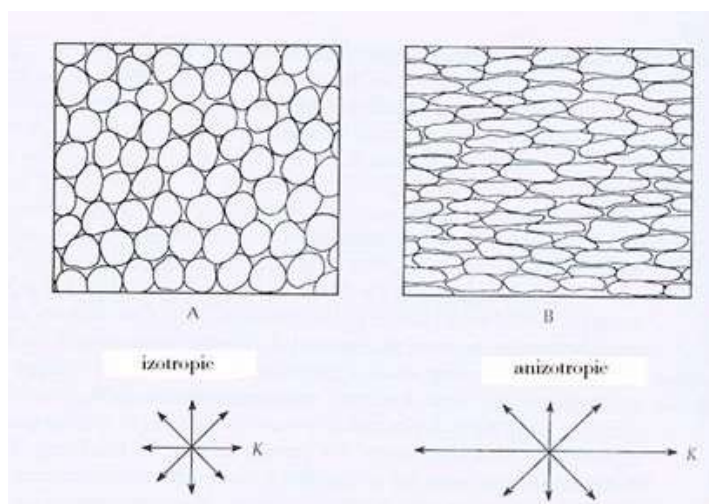
V budoucnosti se také očekává zvyšování využívání obnovitelných zdrojů energie, jako jsou solární panely a zelené střechy. Hydroizolace budou muset být navrženy tak, aby umožnily snadnou instalaci a údržbu těchto technologií (Obrázek 12). Vzhledem k rostoucímu významu ekologického stavebnictví a snižování emisí skleníkových plynů se také očekává, že se v budoucnu bude více používat hydroizolací, které jsou biologicky odbouratelné a šetrné k životnímu prostředí. Zkrátka, budoucnost hydroizolací střech bude určitě plná inovativních materiálů a technologií, které budou nabízet vysokou kvalitu, dlouhou životnost a sníženou náročnost na údržbu. Tyto trendy se budou přizpůsobovat rychle se měnícím potřebám stavebnictví. [29] [30]



Obrázek 12 - systém detekce zatékání do plochých střech [29]

9. Anizotropie materiálu

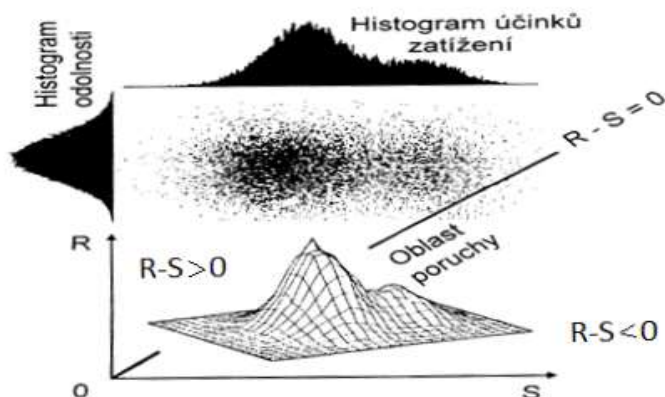
Anizotropie materiálu (Obrázek 13) znamená, že jeho vlastnosti se liší v různých směrech. To znamená, že materiál má různou odezvu na vnější síly, tepelné vlastnosti a elektrickou vodivost v různých směrech. Anizotropie je důležitým faktorem při návrhu a výrobě materiálů a konstrukcí. Materiály mohou být anizotropní z mnoha důvodů, například kvůli jejich krystalové struktuře, orientaci molekul nebo vláken v materiálu, nebo kvůli vnitřnímu napětí. Anizotropie může být pozorována v mnoha materiálech, jako jsou dřevo, minerály, kovy, polymery nebo dokonce v biologických materiálech. V tomto případě se jedná o závislost fyzikálních a mechanických vlastností vzhledem ke směru výroby fólie. Základními třemi směry v prostoru jsou směry, které se označují jako x, y a z. Anizotropie u hydroizolačních fólií vzniká tím, že nelze využít fólii v obou směrech, a právě proto tento materiál vykazuje v jednom směru lepší výsledky, než ve směru druhém. [31]



Obrázek 13 - Anizotropie materiálu [32]

10. Posuzování spolehlivosti metodou SBRA

Metoda SBRA je metoda pravděpodobnostní (Obrázek 14), umožňuje přímé určení, jak je pravděpodobné, že konstrukce bude porušena. V tomto případě se jedná o použití této metody ve stavitelství, ale lze jí použít v celé řadě jiných odvětvích výzkumu, může se jednat například o oblast financí, nebo také medicíny. Celá pravděpodobnostní metoda SBRA je postavena na teorii mezních stavů. Přesnost měření také ovlivňuje spolehlivost výsledků. Spolehlivost je vyjádřena jako porovnání výstupní pravděpodobnosti poruchy $P_f(i)$ s návrhovou pravděpodobností $P_d(i)$ uvedenou v normách.



Obrázek 12 - Princip posouzení spolehlivosti metodou SBRA

Na svislé ose se nacházejí hodnoty odolnosti, a na vodorovné ose hodnoty účinků zatížení. Přímka dělí oblast všech realizací pomocí funkce spolehlivosti na oblast realizací vyhovujících návrhovým kritériím ($R - S > 0$) a na oblast poruchy ($R - S < 0$).

Simulace metodou SBRA

Jedná se o experiment prováděný na modelu. Provádí se, protože reálná konstrukce může být příliš velká nebo naopak malá nebo protože použití simulace je jediné nožné řešení, protože by reálná konstrukce mohla být nenávratně poškozena.

Náhodná proměnná se vyznačuje tím, že u ní nejsou známe veškeré důvody její proměnlivosti a nelze ji přesně předvídat. Lze se setkat se dvěma typy náhodných proměnných. První je zcela chaotická, nedá se vůbec předpovídat její chování. Druhý typ používají výzkumníci, jedná se o proměnnou, u které je variabilita uskutečněna v definovatelných mezích a je tedy možné s ní pracovat podle zákonů pravděpodobnosti a statistiky.

Pokud je sestavován pravděpodobnostní model je nutné definovat vstupní náhodné proměnné včetně jejich mezí.

Přímá metoda Monte Carlo

Metoda Monte Carlo spočívá v generování náhodných čísel (např. náhodné výběry atd.) a využití těchto čísel k výpočtu pravděpodobností a statistických odhadů. V pravděpodobnostní metodě sběru dat se metoda Monte Carlo používá k simulaci výsledků náhodného výběru. Tím se poté odhaduje pravděpodobnost výskytu určitého jevu v celé populaci. Metoda Monte Carlo tedy umožňuje přibližné výpočty, i když exaktní výpočet není možný.

Koncepce spolehlivosti podle metody SBRA

Koncept spolehlivosti v pravděpodobnostní metodě sběru dat se týká míry, jakou můžeme spoléhat na výsledky získané prostřednictvím náhodného výběru. Spolehlivost zahrnuje měření a vyhodnocení chyb, které mohou být způsobeny náhodnými procesy výběru. Existují různé faktory, které ovlivňují spolehlivost výsledků z pravděpodobnostního výzkumu, jako je velikost vzorku, způsob výběru vzorku, přesnost měření a další. Velikost vzorku je jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují spolehlivost výsledků. Obecně platí, že čím větší je vzorek, tím větší je pravděpodobnost, že výsledky z něj budou reprezentativní pro celou populaci. Dalším faktorem ovlivňujícím spolehlivost je způsob výběru vzorku. Náhodný výběr umožňuje získání reprezentativního vzorku, zatímco nenáhodný výběr může vést k zkreslení výsledků. Přesnost měření také ovlivňuje spolehlivost výsledků. Pokud jsou měření přesná, je vyšší pravděpodobnost, že výsledky budou správně.

Posuzování konstrukcí pomocí metody SBRA vychází z teorie mezních stavů. Pracuje se s dvěma mezními stavy:

Mezní stav únosnosti: Tento stav se týká schopnosti nosné konstrukce odolat zatížení vlivem váhy konstrukce a užitečného zatížení, jako jsou například lidé, nábytek, stroje apod. Mezní stav únosnosti zahrnuje také otázky stability a pružnosti konstrukce.

Mezní stav použitelnosti: Tento stav se týká schopnosti budovy nebo konstrukce plnit svou zamýšlenou funkci, jako je například obyvatelnost, použitelnost, účelnost, komfort apod. Mezní stav použitelnosti zahrnuje také otázky vlivu prostředí na budovu, jako jsou například teplota, vlhkost, vibrace, hluk apod.

Návrhová životnost konstrukce je období, během kterého se požaduje plnění navržených kritérií. Rozlišuje se 5 kategorií návrhové životnosti. První jsou dočasné konstrukce, u těch se předpokládá, že návrhová životnost bude 10 let. Druhá kategorie jsou vyměnitelné části

konstrukcí, u těch se předpokládá jejich životnost od 10 do 25 let. Do třetí kategorie patří zemědělské a podobné konstrukce, kde se jejich životnost předpokládá mezi 25 a 30 lety. U monumentálních staveb, které patří do kategorie 4 se předpokládá životnost kolem 50 let. A poslední kategorií jsou mostní a jiné inženýrské stavby a ta je předpoklad 100 let.

Definují se tři třídy důsledku CC1, CC2 a CC3 a k nim jsou přiřazeny třídy spolehlivosti RC1, RC2 a RC3, ty se liší úrovní spolehlivosti, která je vyjádřena před hodnotu P_{fd} , nebo také přes index spolehlivosti β_d . [33]

PRAKTICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

11. Zkušební vzorky

V první řadě je důležité zmínit, že tato diplomová práce rozšiřuje diplomovou práci Ing. Zuzany Grossové z roku 2021. Proto byl pro experiment zvolen stejný materiál, který byl použit na předchozí diplomovou práci - DEKPLAN 76 S (Obrázek 15), který je vyroben z měkčeného PVC a má tloušťku 1,5 mm a je vyztužen polyesterovou vložkou. Tato fólie slouží primárně k izolaci plochých střech, dá se použít také u střech šikmých a strmých. V tomto experimentu byly použity dvě role této hydroizolační fólie. První se použila na většinu testovacích vzorků, kromě vzorků na testování anizotropie materiálu. U těchto vzorků se přistoupilo k použití další role, aby bylo zaručen správný směr vyříznutí a aby byly vzorky z co nejvíce podobné části fólie.

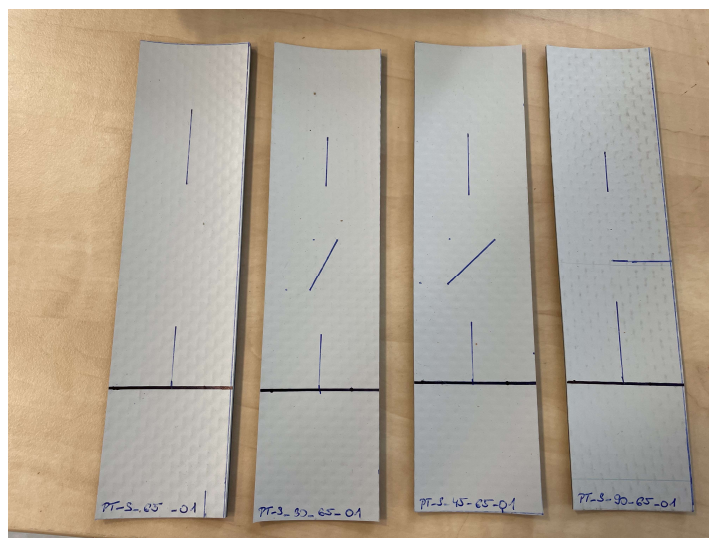


Obrázek 13 - Fólie DEKPLAN 76 S, která byla používána pro experiment

Z této hydroizolační fólie bylo připraveno celkem 164 vzorků o rozměrech 20,5 x 5 cm. 120 testovacích vzorků bylo zkoumáno ve 3 skupinách. Skupiny se rozlišovaly podle teplot, při kterých byly vzorky testovány – +22 °C, -25 °C a +65 °C. Dále pro každou teplotu byly vzorky rozdělené podle trhlin na další 4 skupiny – vzorky bez trhliny, trhlina pod úhlem 30°, trhlina pod úhlem 45° a trhlina pod úhlem 90° (Obr.16). V další skupině byly vždy 2 vzorky spojeny pomocí horkovzdušné pistole, tak aby se při experimentu vyzkoušela pevnost spoje. A posledních 20 vzorků bylo rozděleno na dvě skupiny, kdy se zkoumalo, zda má směr vliv na pevnost v tlaku. Zda je tento materiál anizotropní či izotropní.

Rozdělení vzorků

- Teplota +65 °C – označeno jako „65“
 - Vzorek bez trhliny
 - Vzorek s trhlinou pod úhlem 30°
 - Vzorek s trhlinou pod úhlem 45°
 - Vzorek s trhlinou pod úhlem 90°
- Teplota -25 °C – označeno jako „M25“
 - Vzorek bez trhliny
 - Vzorek s trhlinou pod úhlem 30°
 - Vzorek s trhlinou pod úhlem 45°
 - Vzorek s trhlinou pod úhlem 90°
- Teplota +22 °C – označeno jako „RT“
 - Vzorek bez trhliny
 - Vzorek s trhlinou pod úhlem 30°
 - Vzorek s trhlinou pod úhlem 45°
 - Vzorek s trhlinou pod úhlem 90°
 - Spojený vzorek
 - Vzorek směr 1
 - Vzorek směr 2



Obrázek 14 - Typy trhlin

Příprava zkušebních vzorků

Zkoušené vzorky byly nařezány do velikosti 20,5 x 5 cm (Obr. 17), od spodního okraje byla vyznačena čára 5 cm, která sloužila pro správné uchycení testovaného vzorku do čelistí zkušebního stroje, dále byla vyznačena osa vzorku, pro lepší manipulaci při uchycování do zkušebního stroje. Příprava trhlin probíhala v první řadě vyměřením přesné pozice trhliny přímo na testovaný vzorek a následným opatrným naříznutím horní vrstvy (světlé) fólie pomocí odlamovacího nože, nesmělo však dojít k protržení spodnější polyesterové vložky (tmavá vrstva), takový vzorek by nemohl být testován, protože by jeho výsledek by zkresloval celkové posuzování celé série vzorků. Z tohoto důvodu byly testovací vzorky ještě před samotným experimentem kontrolovány, zda nedošlo k jejich narušení při přípravě trhlin. Přesto bylo pár narušených vzorků odzkoušeno, ale vykazovaly úplně odlišné hodnoty, než ostatní vzorky v sérii a proto byly z následného vyhodnocování vyřazeny a nahrazeny vzorky nepoškozenými.

Označení vzorků

Každý vzorek, který byl testován byl označen, pomocí předem určeného klíče. Postup označování vzorků bude vysvětlen na následujícím označení jednoho ze vzorků.

PT_S_M25_05

PT – iniciály autora této práce – Pelcová Tereza

S – typ fólie – Sika

M25 – teplota, při které byl vzorek zkoumán (M25 = -25°C, RT = 22°C, 65 = 65°C)

05 = pořadové číslo v sérii vzorků

Dále se lze setkat s označení S1 a S2 u dvou sérií vzorků, k tomuto značení bylo přistoupeno, při zkoumání anizotropie zkoumané fólie – znamená to tedy směr 1 a směr 2.

A spojované vzorky pomocí horkovzdušné pistole byly označeny písmeny abecedy od A do L, tak aby byly od ostatních vzorků úplně odděleny.



Obrázek 15 - Příprava vzorků

Při provádění experimentu při teplotě +22 °C byly vzorky uloženy v konstantní teplotě minimálně jeden den před započítáním experimentu samotného. Vzorky, které byly testovány za teplot +65 °C a -25 °C byly v těchto teplotách uloženy minimálně dvě hodiny před začátkem zkoušky samotné. Ještě před experimentem samotným se každý jednotlivý vzorek změřil, šířka i tloušťka se měřila ve třech různých místech vzorku. Bylo použito posuvné měřítko (Obrázek 16). Geometrické rozměry jsou důležité pro vyhodnocování výsledků a následné porovnávání pomocí pravděpodobností metody SBRA. Tabulky s rozměry jednotlivých vzorků jsou uvedeny v příloze A.



Obrázek 16 - Digitální posuvné měřítko, které bylo využíváno při měření rozměrů vzorků

12. Provedení experimentu

Pro uskutečnění experimentu byl použit trhací stroj Zwick/Roell Z050 (Obr. 19). Tento stroj se nachází v budově NTIS – Nové technologie pro informační společnost Západočeské univerzity v prvním nadzemním podlaží. Před experimentem byl zkušební stroj nastaven následovně: vzdálenost mezi upínacími čelistmi byla nastavena na hodnotu $l_j = 100$ mm a rychlost zatěžování vzorku byla předem nastavena na hodnotu $v = 10$ mm/min. Předpětí bylo uvažováno ve hodnotě 5 N.

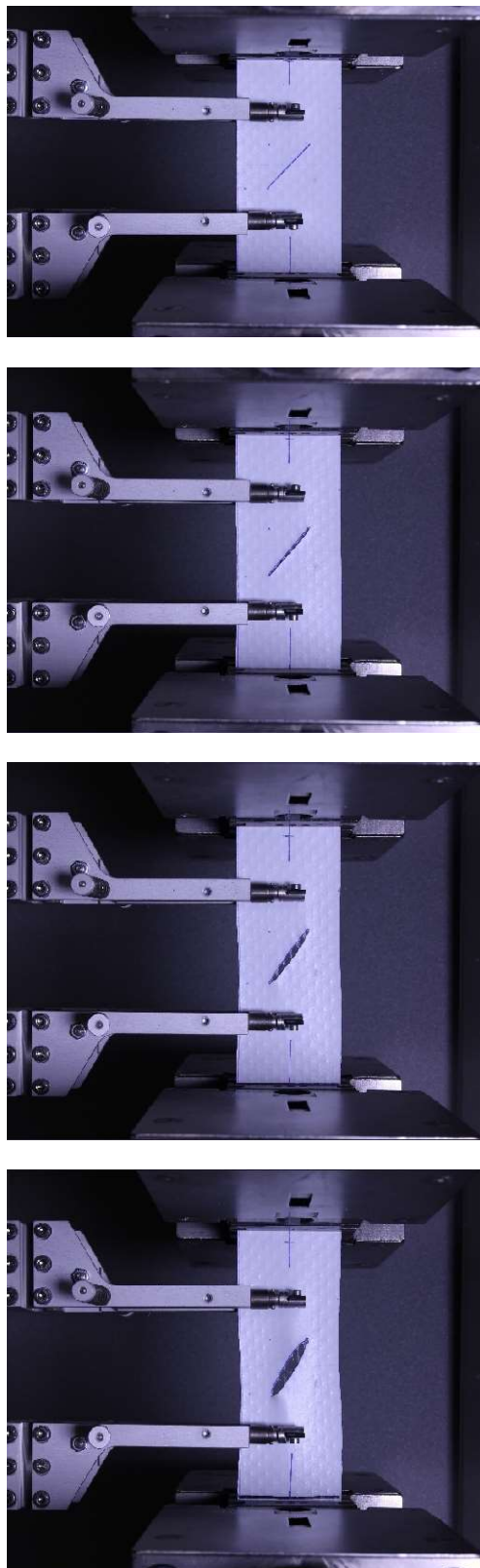
Prvním úkolem bylo zjištění pevnosti v tahu vzorků a následné porovnání s vlastnostmi, které jsou uváděny v technickém listu výrobku, jednalo se pouze o testování vzorků za pokojové teploty a bez trhlin. Následně bylo zkoumáno, jak se mění tato hodnota v důsledku teploty a různých trhlin. Teploty byly vybrány, tak aby se s nimi dalo v České republice setkat. Zkoušení bylo rozděleno do tří částí podle teplot, za jakých byly vzorky zkoumány a stejně budou rozděleny i kapitoly této diplomové práce.



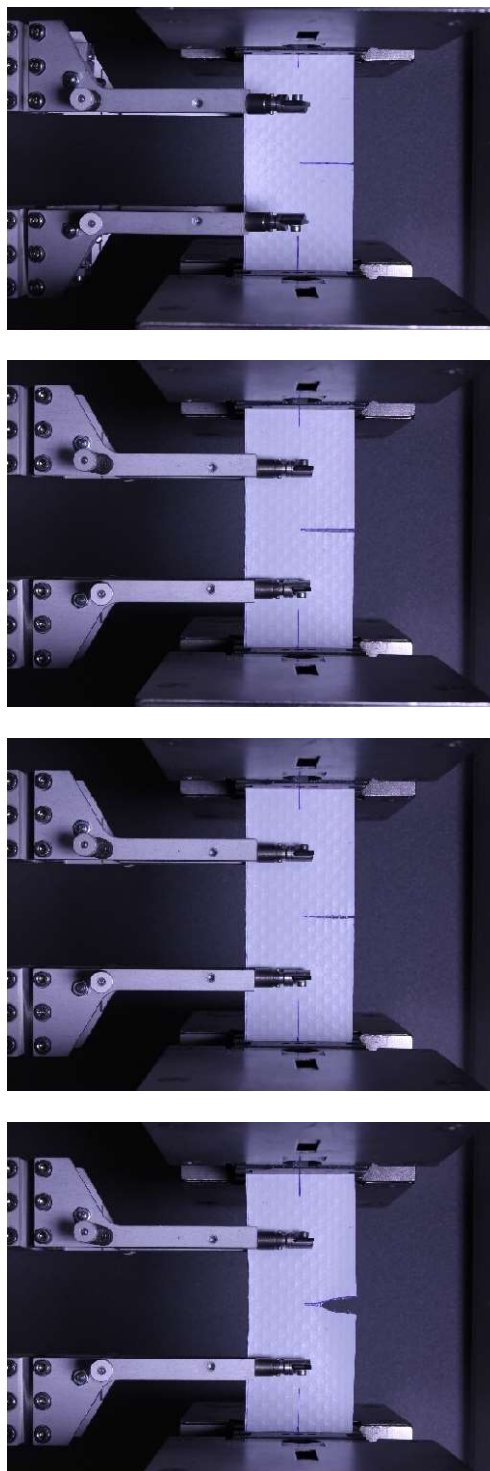
Obrázek 17 - Zwick/Roell Z050

10.1 Testování vzorků při teplotě $RT = 22^{\circ}C$

Testovací vzorek ze sady PT_S_RT, případně PT_S_S1_RT, PT_S_S2_RT nebo spojované vzorky označené písmeny A-L, byl uchycen do upínacích čelistí testovacího stroje. Tak aby nedocházelo k vlnění vzorku uchyceného v čelistích došlo k jeho předeprnutí, poté začalo samotné měření a zaznamenávání výsledků do programu v počítači. Během měření byly zaznamenávány hodnoty síly F [N] a prodloužení Δl [mm], které bylo měřeno pomocí jednoosého extenzometru. Napětí σ [MPa] bylo dopočítáno až následně. Na následující sérii obrázků (Obrázek 18) lze vidět sekvenci snímků z tahové zkoušky. Jedná se fotky, které byly pořízeny během zkoušky, při testování vzorků PT_S_45_RT_06 a PT_S_90_RT_05. Tyto snímky mohli vzniknout pouze při zkouškách probíhajících za pokojové teploty, protože u zkoušení za teplot $+65$ a $-25^{\circ}C$ je použita teplotní komora, kvůli které nejsou vzorky tak snadno přístupné a není prostor na fotoaparát.



Obrázek 18 - Sekvence snímků pořízených při zkoušce vzorku PT_S_45_RT_06



Obrázek 19 - Sekvence snímků pořízených při zkoušce vzorku PT_S_90_RT_05

10.2 Testování vzorků při teplotě $M25 = -25^{\circ}\text{C}$

V této části experimentu byly zkoušeny vzorky PT_S_M25. Vzorek byl upevněn do čelistí testovacího stroje stejným způsobem jako při zkoušení za pokojové teploty, ale navíc byla použita ještě termokomora a nádoba s tekutým dusíkem, která byla na termokomoru připojena, tak aby došlo k ochlazení vzorků až na teplotu -25°C . Testování vzorků za této teploty byla simulována teplota, které můžou být hydroizolace vystaveny v zimním prostředí na území České republiky. Jak již bylo zmíněno v odstavci výše, nelze současně použít termokomoru a fotoaparát zároveň.

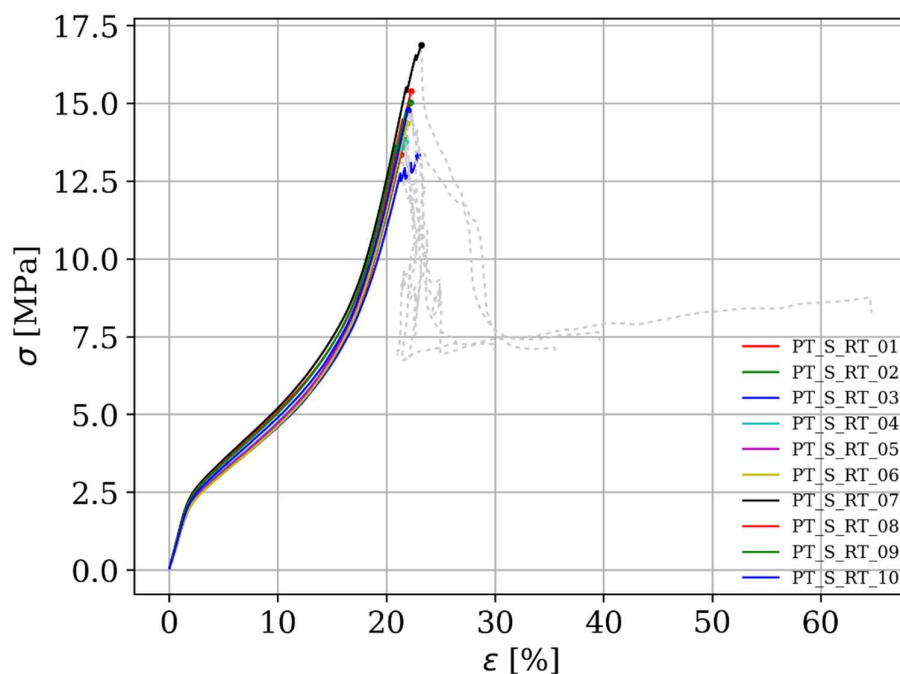
10.3 Testování vzorků při teplotě $65 = 65^{\circ}\text{C}$

A ve třetí skupině vzorků byla opět využita termokomora, tak jako tomu bylo v předchozí případě, ale vzorky byly ohřívány na teplotu $+65^{\circ}\text{C}$. Průběh zkoušení byl shodný s předchozími případy.

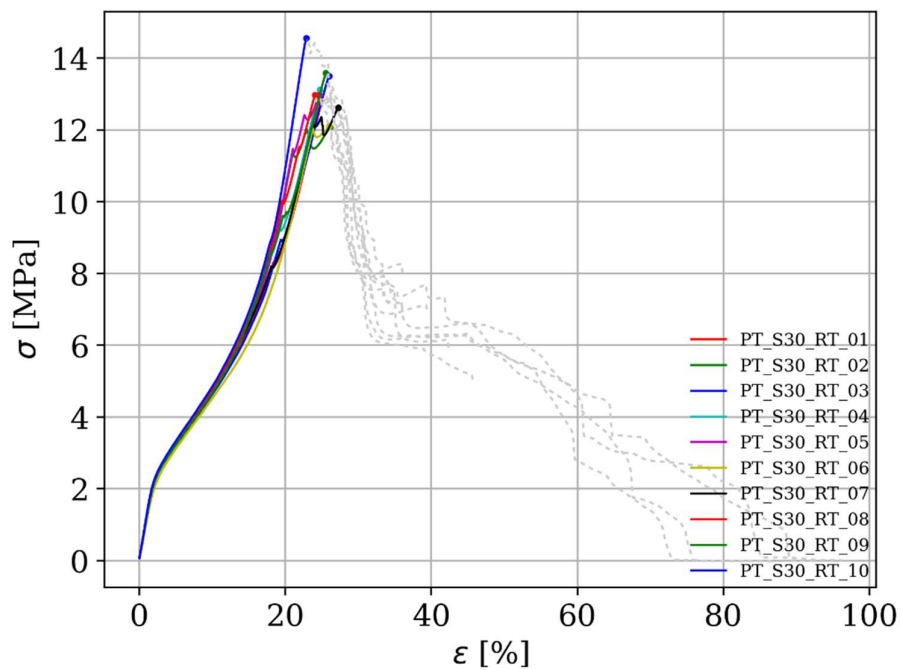
11 Výsledky z měření

Z provedeného experimentu vyplývá, že při nižších teplotách vykazovaly zkoušené vzorky vyšší pevnost bez ohledu na trhliny. Obecně platí, že čím nižší teplota, tím vyšší pevnost. Grafy znázorňující závislost napětí na deformaci, lze vidět na následujících grafech. Napětí je vztahováno ke klidovému průřezu A_0 .

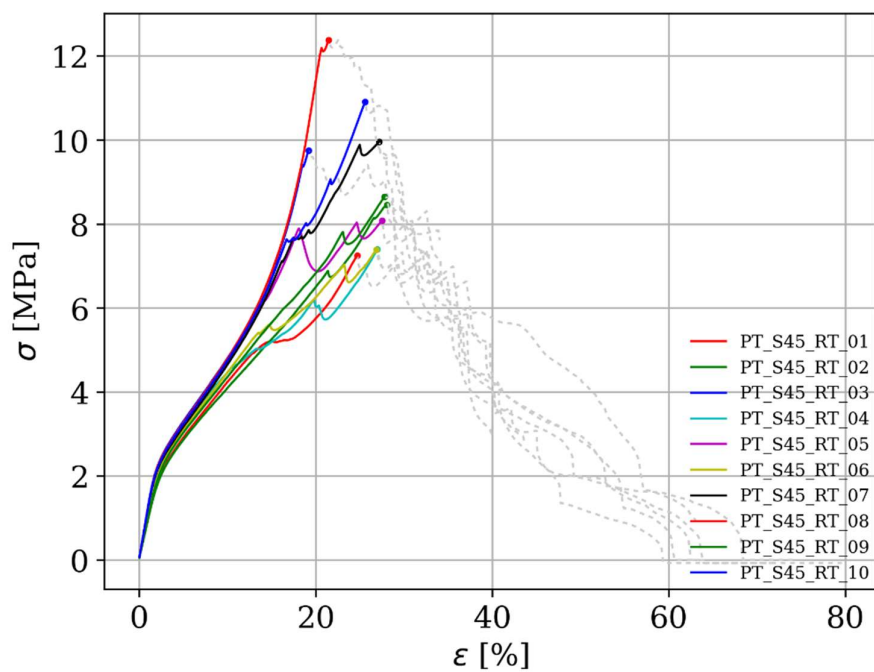
Co se týče vzorků bez trhlin zkoušených za normální teploty tak podélnou tahovou sílu 1100 N /50 mm splňují pouze dva vzorky. Při pokusu ale bylo zjištěno, že materiál vykazuje jiné vlastnosti v jiných směrech, proto bylo ještě připraveno 10 vzorků z dvou směrů a ty byly následně porovnány, lze vidět, že vlastnosti se poměrně liší a jeden směr vykazuje výrazně lepší výsledky, než směr druhý. Pokud jsou zohledněny výsledky ze zkoušky ze směru, který vykazoval lepší hodnoty, tak platí, že všechny tyto vzorky hodnotu 1100 N/50 mm překonaly.



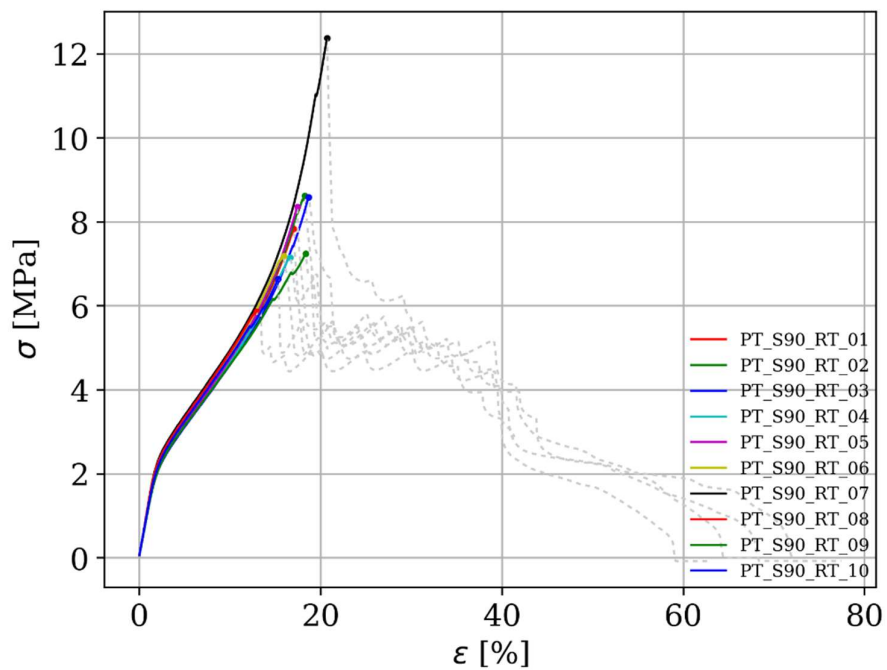
Graf 1 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_RT



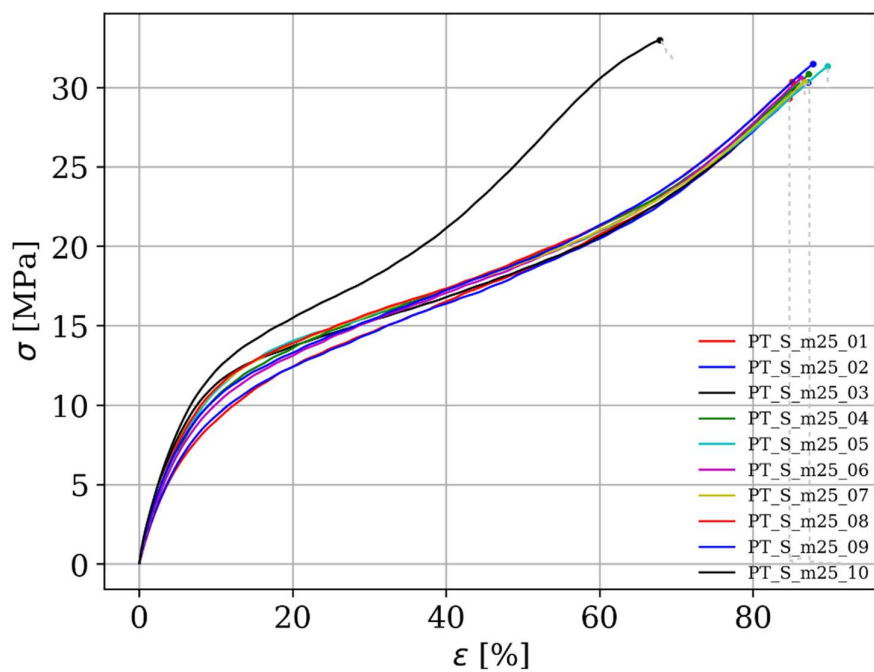
Graf 2 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_30_RT



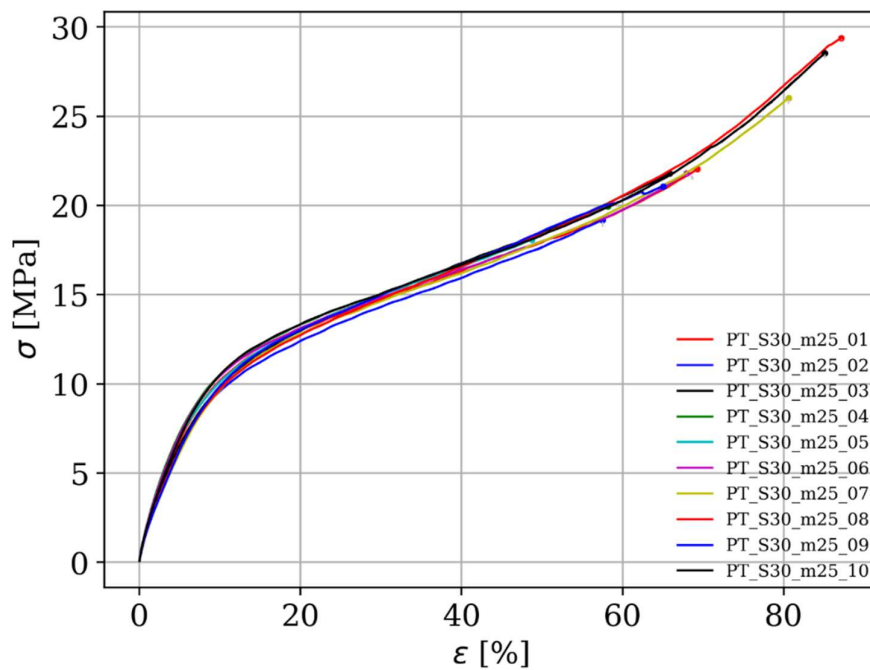
Graf 3 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_45_RT



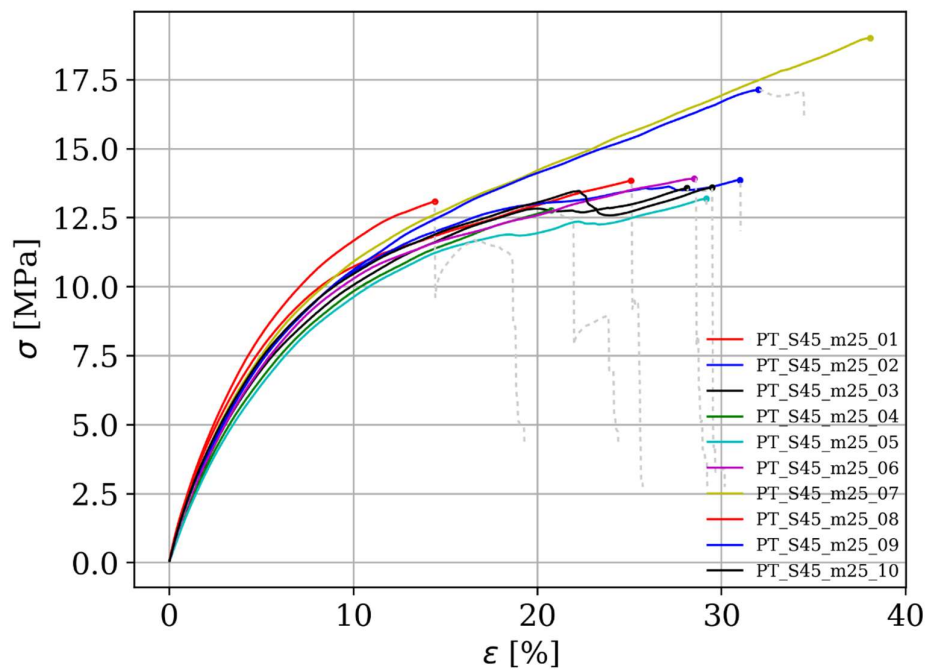
Graf 4 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_90_RT



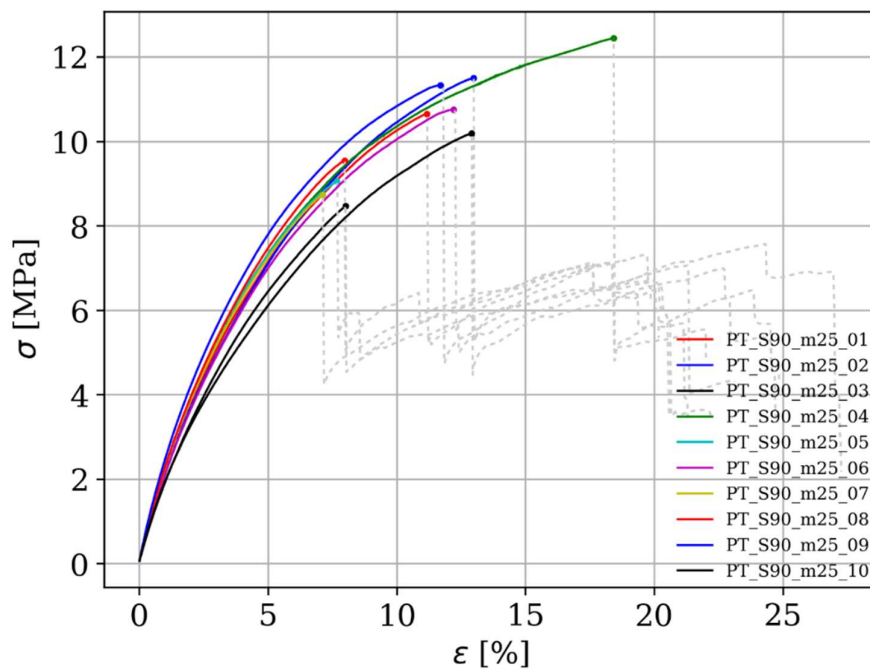
Graf 5 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_M25



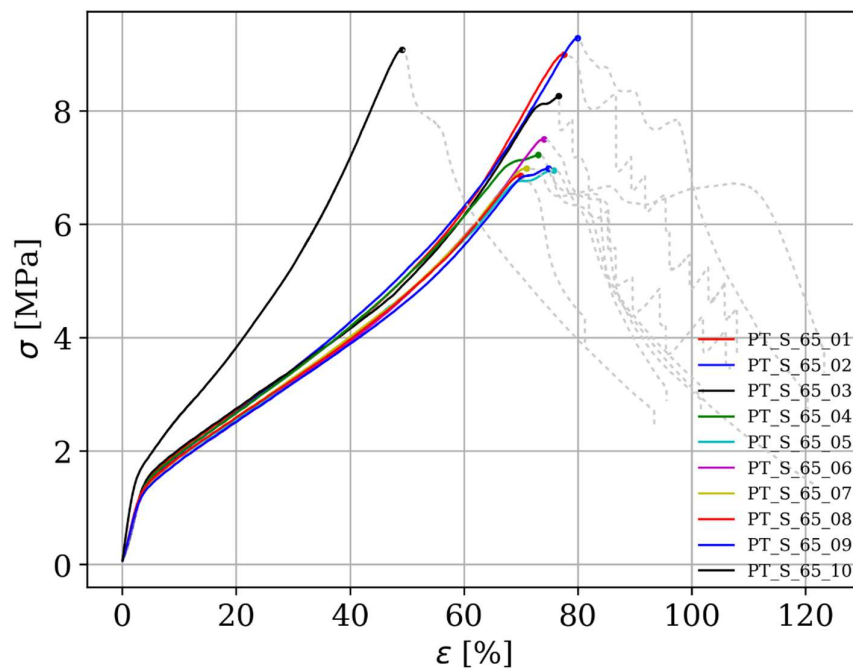
Graf 6 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_30_M25



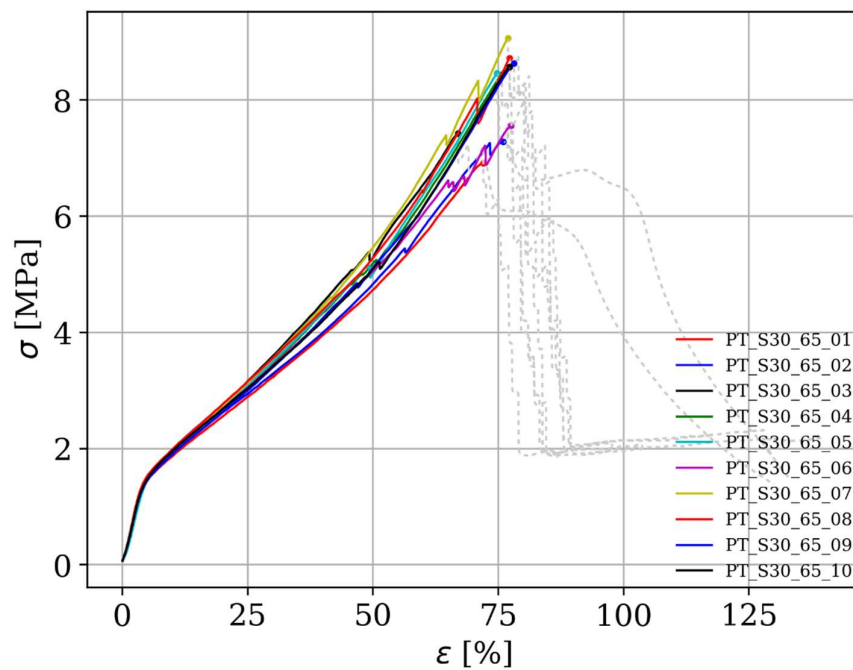
Graf 7 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_45_M25



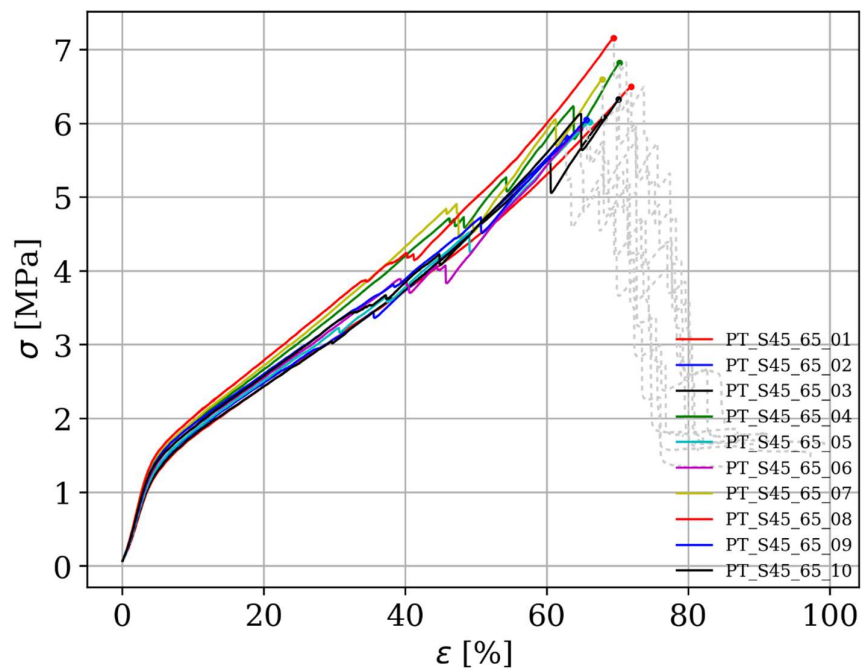
Graf 8 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_90_M25



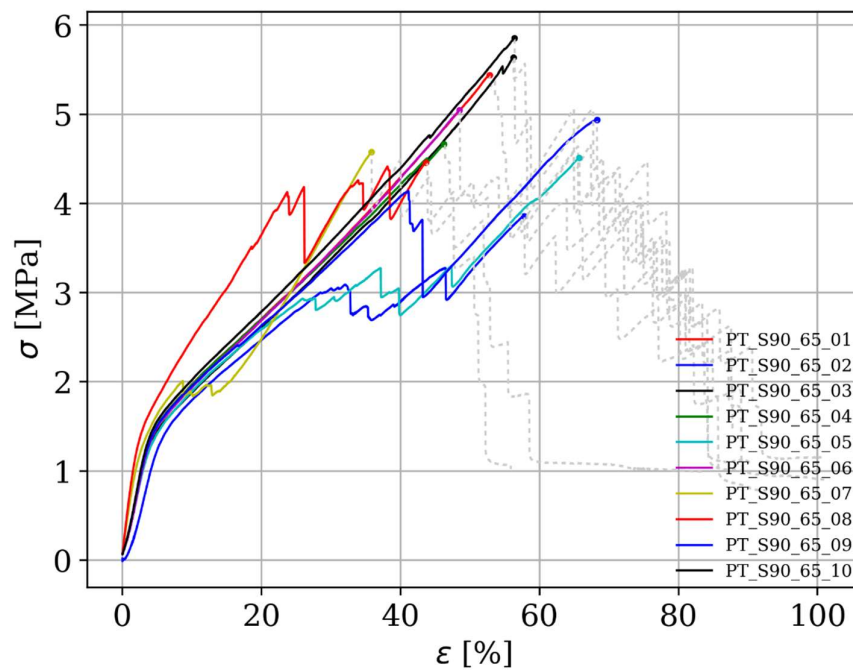
Graf 9 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_65



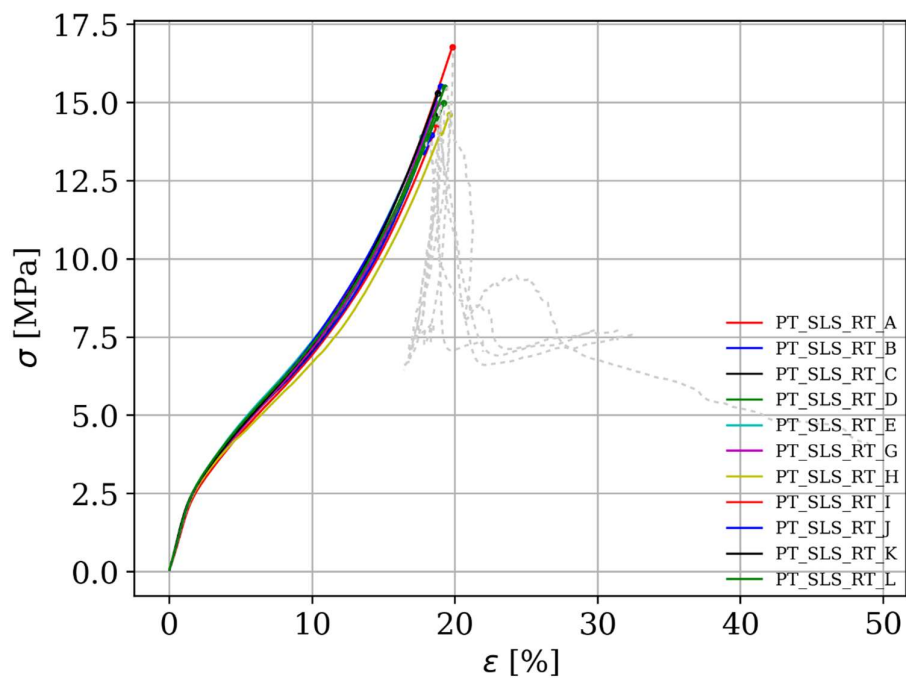
Graf 10 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_30_65



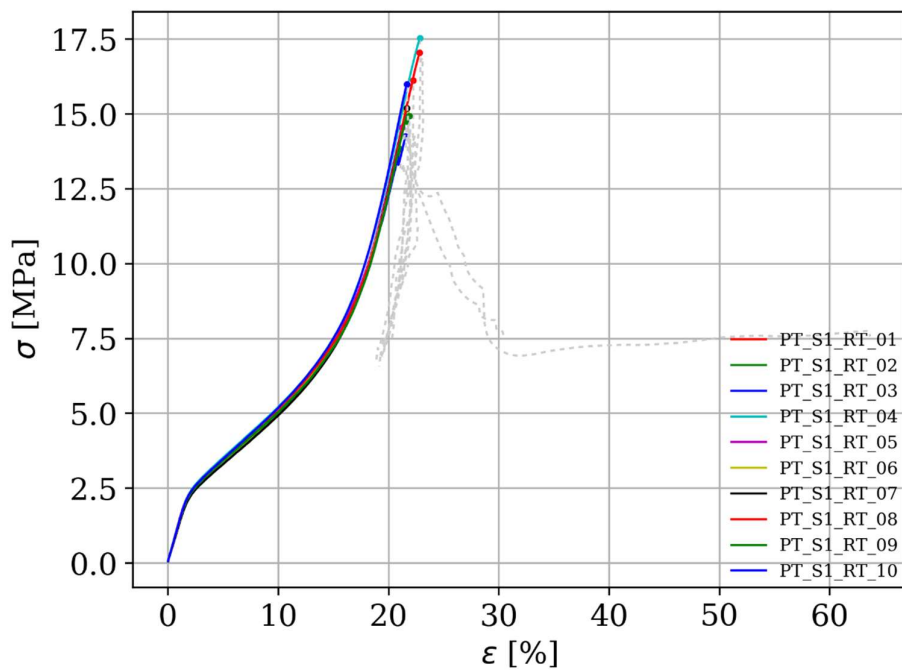
Graf 11 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_45_65



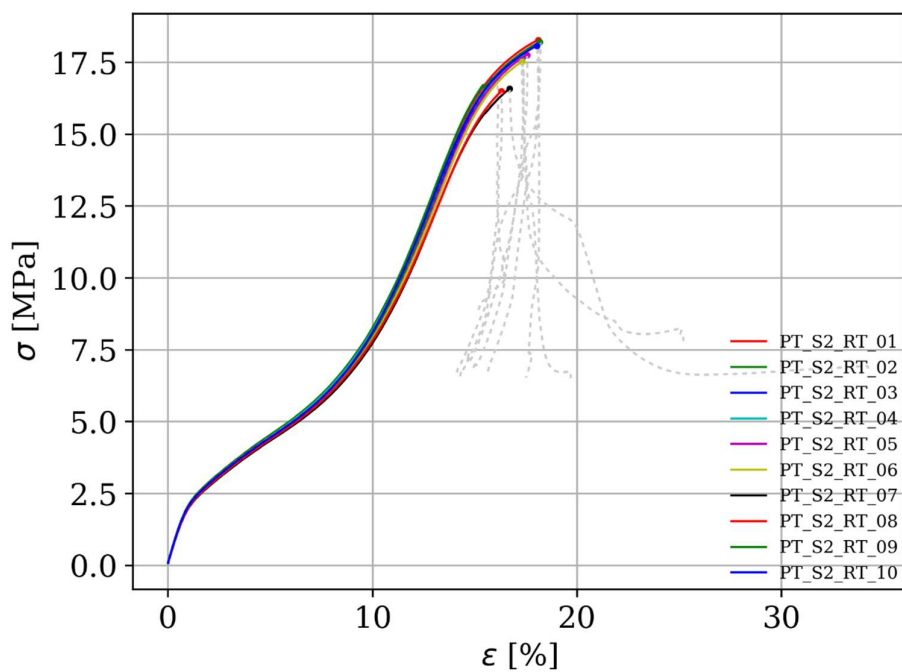
Graf 12 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky PT_S_90_65



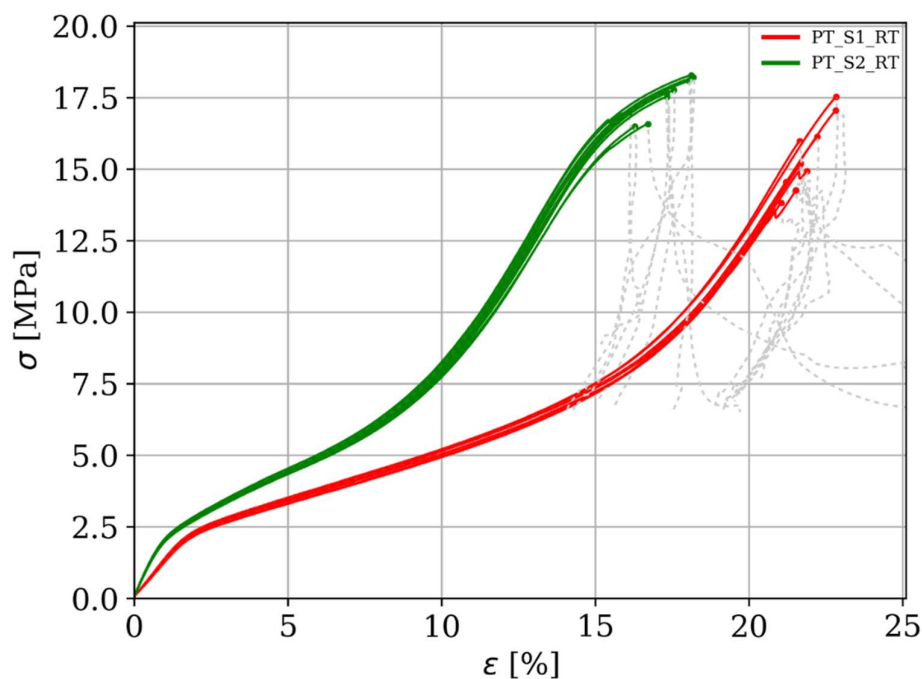
Graf 13 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro spojené vzorky



Graf 14 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky se směrem 1



Graf 15 - Graf závislosti napětí a prodloužení pro vzorky se směrem 2



Graf 16 - Graf závislosti napětí a prodloužení – porovnání obou směrů

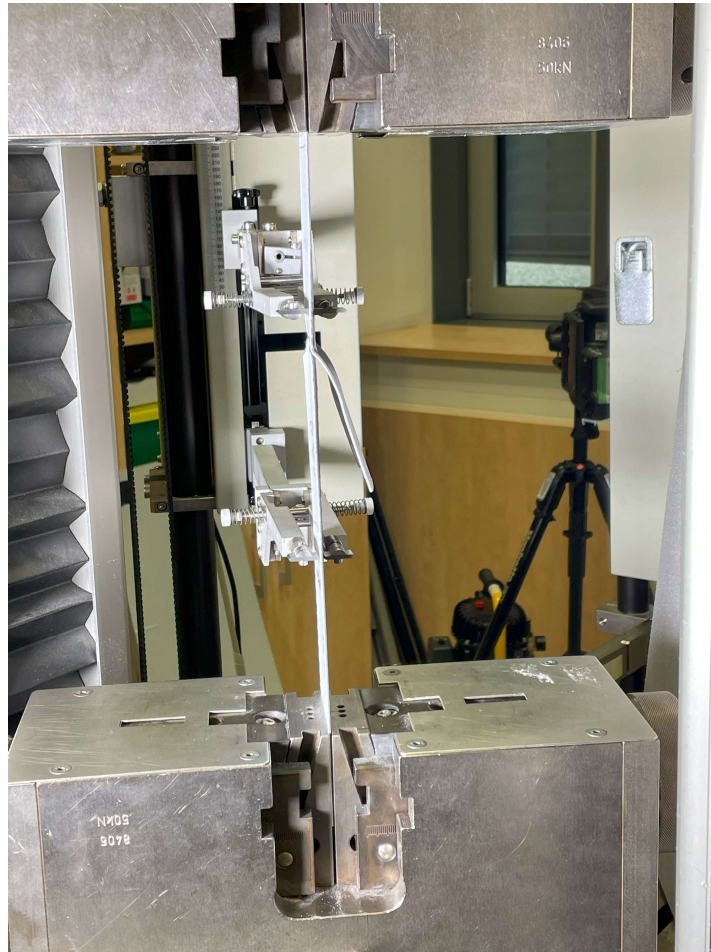
Tabulka 1 - Vliv druhu trhlin na pevnost

Typ trhliny	M25 – F [N]	RT – F [N]	65 – F [N]
Bez trhliny	2223,2	1056,6	562,5
30	1496,3	943,6	588,1
45	1043,3	654,7	458,3
90	743,9	579,4	355,0

Z tabulky 1 vyplývá, že nejvyšší pevnost mají vzorky bez trhlin, nejnižší pevnost naopak vykazovaly vzorky v trhlínou pod úhlem 90°. Dále je zajímavé, že čím je teplota nižší, tím mají trhliny větší vliv na pevnost, u teploty -25 °C klesá pevnost rychleji než ostatních skupin.

Spojované vzorky

Vzorky byly spojovány pomocí horkovzdušné pistole. Nejprve při teplotě 400 °C, ty se však při tahové zkoušce odlepily ve spoji (Obrázek 20).



Obrázek 20 - porušení vzorku ve spoji

Následně byla vyzkoušena teplota svařování 500 °C, takto byly spojeny vzorky A-L, z těchto vzorků došlo k porušení mimo lepený spoj, takže lze říct, že tento spoj byl dostatečně kvalitní. Samozřejmě platí, že spojování hydroizolačních materiálů by měla být prováděno zaškolenými pracovníky za pomoci předem stanovených technologických postupů a za přípustných klimatických podmínek. Technologické postupy pokládky, jsou rozepsány v teoretické části této diplomové práce.



Obrázek 21 - Horkovzdušná pistole použitá při lepení zkušebních vzorků

12 Posudek spolehlivosti pravděpodobnostní metodou SBRA

Výsledky z měření byly přidány k výsledkům z měření Ing. Zuzany Grossové, která vyhodnocovala vzorky v roce 2021. Vzorky byly porovnány pomocí pravděpodobnostní metody SBRA. Porovnávány byly střední hodnoty u vzorků S_RT, které byly doplněny o vzorky S_PT_RT a vzorky S_90_RT, které byly doplněny o vzorky S_PT_RT. Tahové síly jsou označeny jako SRTPx, modul pružnosti je označen jako ES. Všechny hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 2-7. Výsledky z programu Anthill jsou uvedeny v příloze této práce.

Tabulka 2 – Tahové síly - porovnání výsledků z měření a metody SBRA u vzorků S_PT_RT

Tahová síla z experimentu [N]		Vyhodnocení metodou SBRA		
		SRTS1	SRTS2	SRTS3
1122,75	MIN	1066,61	1066,61	1066,61
	STŘED	1122,75	1122,75	1122,75
	MAX	1178,89	1178,89	1178,89

Tabulka 3 – Pevnost vzorků - porovnání výsledků z měření a metody SBRA u vzorků S_PT_RT

Pevnost z experimentu [N]		Vyhodnocení metodou SBRA		
		SRTP1	SRTP2	SRTP3
15,50	MIN	14,74	14,73	14,88
	STŘED	15,50	15,59	15,50
	MAX	16,25	17,05	16,12

Tabulka 4 – Modul pružnosti - porovnání výsledků měření a metody SBRA u vzorků S_PT_RT

Modul pružnosti z experimentu [N]		Vyhodnocení metodou SBRA
		ES
0,23	MIN	0,23
	STŘED	0,23
	MAX	0,23

Tabulka 5 - Tahové síly - porovnání výsledků z měření a metody SBRA u vzorků S_PT_90_RT

Tahová síla z experimentu [N]		Vyhodnocení metodou SBRA		
		SRTS1	SRTS2	SRTS3
700,87	MIN	665,83	665,83	665,84
	STŘED	700,87	700,87	700,87
	MAX	735,92	735,92	735,92

Tabulka 6 - Pevnost vzorků - porovnání výsledků z měření a metody SBRA u vzorků S_PT_90_RT

Pevnost z experimentu [N]		Vyhodnocení metodou SBRA		
		SRTP1	SRTP2	SRTP3
9,63	MIN	9,14	9,14	9,24
	STŘED	9,62	9,87	9,63
	MAX	10,11	10,59	10,02

Tabulka 7 - Modul pružnosti - porovnání výsledků měření a metody SBRA u vzorků S_PT_90_RT

Modul pružnosti z experimentu [N]		Vyhodnocení metodou SBRA
		ES
0,22	MIN	0,22
	STŘED	0,22
	MAX	0,23

Z porovnání výsledků a experimentu a výpočtem pravděpodobnostní metodou SBRA vyplývá, že hodnoty sobě odpovídají. Vzhledem k tomu, že se hodnoty sobě rovnají se dá říct, že experiment i následné posuzování pravděpodobnostní metodou SBRA proběhlo v pořádku a nedošlo k závažné chybě, jak při experimentu, tak při zadávání hodnot do programu Anthill.

13 Závěr

Tato diplomová práce se dá rozdělit na dvě hlavní části. První je teoretická část, ve které byl kladen důraz na seznámení se s hydroizolacemi střech – hydroizolační fólie a hydroizolační asfaltové pásy. Byly vždy popsány jednotlivé druhy, výroba, vlastnosti a použití. Velký důraz byl kladen na podmínky pokládky a na samotnou realizaci, protože podrobné seznámení se správnými technologickými postupy a základními vlastnostmi materiálu, se kterým je pracováno může zabránit tvorbě poruch. Jedna kapitola byla věnována srovnání výhod a nevýhod asfaltových pásů a hydroizolačních fólií. V teorii jsou věnované samostatné kapitoly problematice anizotropie materiálu a pravděpodobnostní metodě SBRA, kterou byla porovnána jedna část výsledků této diplomové práce.

Pro experimentální část byly vyřezány zkušební vzorky z fólie Dekplan 76 S. Pro experiment byly vybrány tři různé teploty, které jsou pro území České republiky typické – $M25 = -25^{\circ}\text{C}$, $RT = 22^{\circ}\text{C}$ a $65 = +65^{\circ}\text{C}$, i s hodnotami -25°C a $+65^{\circ}\text{C}$ se na našem území lze setkat. Dále byly posuzovány čtyři druhy trhlin – vzorky bez trhliny, s trhlinou pod úhlem 30° , s trhlinou pod úhlem 45° a s trhlinou pod úhlem 90° . Dále byly zkoušeny spojované vzorky pomocí horkovzdušné pistole.

Pro tuto práci bylo vytyčeno několik dílčích bodů. Základem byla tahová zkouška, která byla provedena u všech vzorků, bez rozdílu následného posuzování. Prvním z nich bylo ověření hodnoty pevnosti v tahu, kterou udává výrobce v technickém listu. Hodnoty byly experimentálně změřeny a přidány k hodnotám Ing. Zuzany Grossové, která se ve své diplomové práci věnovala taktéž posuzování vlastností hydroizolačních fólií, následně byly všechny tyto vzorky vyhodnoceny pravděpodobnostní metodou SBRA, z vyhodnocení vyplývá, že vzorky splňují deklarovanou pevnost v tahu, která je 1100 N. Dalším bodem byla snaha o ověření anizotropie tohoto materiálu. Při provádění prvních vzorků bylo zjištěno, že tento materiál vykazuje anizotropní vlastnosti. Proto bylo přistoupeno k ověření této hypotézy dvěma sadami vzorků, jejichž směr vyříznutí byl na sebe kolmý. Po experimentu a srovnání lze říct, že tento materiál je izotropní – má tedy různé vlastnosti v různých směrech. A posledním dílčím bodem bylo ověření pevnosti spoje, který byl proveden pomocí horkovzdušné pistole. První série vzorků, která byla lepena za teploty 400°C vykazovala poškození přímo v lepeném spoji. Při zvýšení teploty na 500°C při lepení horkovzdušnou pistolí se vzorky porušili mimo místo spoje, tudíž lze říct, že tento bod lze také považovat za splněný.

Celkově lze říci, že tato diplomová práce se věnovala komplexně posuzování a následnému vyhodnocení materiálových vlastností hydroizolačních fólií, které se používají na

konstrukce střech. Nejednalo se pouze o posuzování únosnosti v tahu, ale celé řadě dalších vlastností. Veškeré cíle, které byly vytyčeny pro tuto diplomovou práci byly splněny.

Citovaná literatura

1. Portfolio. *AHF Stavby*. [Online] [Citace: 23. duben 2023.] <https://www.ahf.cz/portfolio/hydroizolace-ploche-strechy-haloveho-objektu/>.
2. SPÁDOVÁNÍ PLOCHÉ STŘECHY, DOPORUČENÉ SKLADBY. *Izolace-info*. [Online] 15. srpen 2016. [Citace: 14. květen 2023.] <https://www.isolace-info.cz/technicke-informace/zatepleni-strechy/20898-spadovani-ploche-strechy-doporucene-skladby-a.html#.ZGDhunZBxD9>.
3. Problémy na plochých střeších - louže, mech, květiny a stromy. *novinky.cz*. [Online] 9. říjen 2014. [Citace: 14. květen 2023.] <https://www.novinky.cz/clanek/bydleni-nemoci-nemovitosti-problemy-na-plochych-strechach-louze-mech-kvetiny-a-stromy-244011>.
4. Asfaltové pásy I: Dělení asfaltových pásů. *vyrobkyprostavbu.cz*. [Online] 14. květen 2014. [Citace: 25. únor 2023.] <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/asfaltove-pasy-i-deleni-asfaltovych-pasu/>.
5. Fatrafol 814. *fatrafol.cz*. [Online] [Citace: 25. únor 2023.] <https://www.fatrafol.cz/produkty/izolace-strechy/balkony-terasy/fatrafol-814/>.
6. Popis technologie k montáži asfaltových pásů AQUAIZOL®. *aquaizol.cz*. [Online] 14. prosinec 2014. [Citace: 25. únor 2023.] <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/asfaltove-pasy-vi-zasady-navrhu-a-kladeni-hydroizolacnich-vrstev-plochych-strech/>.
7. Asfaltové pásy III: Nosná vložka asfaltových pásů. *vyrobkyprostavbu.cz*. [Online] 14. červenec 2014. <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/asfaltove-pasy-iii-nosna-vlozka-asfaltovych-pasu/>.
8. Asfaltové pásy II: Druhy asfaltů . *vyrobkyprostavbu.cz*. [Online] 1. červen 2014. [Citace: 25. únor 2023.] <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/asfaltove-pasy-ii-druhy-asfaltu-oxidovane-modifikovane/>.
9. Obecný technologický postup pokládky natavitelných asfaltových pásů. *icopal.cz*. [Online] [Citace: 5. březen 2023.] https://www.icopal.cz/wp-content/uploads/files/systemova-reseni/ploche-strechy/navody/OTP%20nataviteln%C3%A9%20p%C3%A1sy_8_2019.pdf.
10. Svařování asfaltových pásů - Jak na správné natavování a pokládku? <https://www.isolinka.cz/svarovani-asfaltovych-pasu/>. [Online] [Citace: 5. březen 2023.] <https://www.isolinka.cz/svarovani-asfaltovych-pasu/>.

11. Jak lepit asfaltové pásy? *izolinka.cz*. [Online] 01. červen 2021. [Citace: 19. březen 2023.] <https://www.izolinka.cz/jak-lepit-asfaltove-pasy/>.
12. Obecný technologický postup pokládky mechaniky kotvených asfaltových pásů. *icopal.cz*. [Online] 01. leden 2022. [Citace: 19. březen 2023.] https://www.icopal.cz/wp-content/uploads/files/downloads/realizacni-firmy/OTP%20mechanicky%20kotven%C3%A9%20p%C3%A1sy_1_2022.pdf.
13. Nechvátal, Igor. MECHANICKÉ KOTVENÍ DVOUVRSTEVNÝCH STŘEŠNÍCH ASFALTOVÝCH HYDROIZOLACÍ. *svaz-ap.cz*. [Online] DEK a.s. [Citace: 19. březen 2023.] <https://svaz-ap.cz/content/mechanicke-kotven%C3%AD-dvouvrstevnych-stresnich-asfaltovych-hydroizolaci>.
14. Hydroizolační fólie II: Termoplastické fólie. *vyrobkyprostavbu.cz*. [Online] 4. leden 2015. [Citace: 5. březen 2023.] <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/hydroizolacni-folie-ii-termoplasticke-folie/>.
15. Hydroizolační fólie III: Elastomery a termoplastické elastomery. *vyrobkyprostavbu.cz*. [Online] 20. leden 2015. [Citace: 5. březen 2023.] <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/hydroizolacni-folie-iii-elastomery-a-termoplasticke-elastomery/>.
16. Hydroizolační fólie V: Zásady návrhu a kladení hydroizolačních vrstev plochých střech. *vyrobkyprostavbu.cz*. [Online] 19. březen 2015. [Citace: 5. březen 2023.] <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/hydroizolacni-folie-v-zasady-navrhu-a-kladeni-hydroizolacnich-vrstev-plochych-strech/>.
17. Ing. Marek Novotný, Ph.D. Svařování fóliových hydroizolací. *izolace.cz*. [Online] 05. červen 2019. [Citace: 19. březen 2023.] <https://www.izolace.cz/clanky/svarovani-foliovych-hydroizolaci-nebo-spise-signalny-obtizneho-svarovani/>.
18. Která hydroizolace skutečně nepropustí vodu? *ceskestavby.cz*. [Online] 31. leden 2013. [Citace: 19. březen 2023.] <https://www.ceskestavby.cz/clanky/ktera-hydroizolace-skutecne-nepropusti-vodu-21751.html>.
19. MECHANICKY KOTVENÁ STŘECHA. *fatrafol.cz*. [Online] [Citace: 19. březen 2023.] <https://www.fatrafol.cz/produkty/izolace-strechy/mechanicky-kotvena-strecha/>.
20. Jak lepit asfaltové pásy? Zvolte správný způsob s ohledem na typ pásu. *Izolinka.cz*. [Online] 01. červen 2021. [Citace: 08. květen 2023.] <https://www.izolinka.cz/jak-lepit-asfaltove-pasy/>.

21. Hydroizolační fólie I: Dělení hydroizolačních fólií. *vyrobkyprostavbu.cz*. [Online] 25. říjen 2014. [Citace: 5. březen 2023.] <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/hydroizolacni-folie-i-deleni-hydroizolacnich-folii/>.
22. Výroba asfaltových pásů a jejich vlastnosti. *stavebnictvi3000.cz*. [Online] 07. červenec 2005. <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vyroba-asfaltovych-pasu-a-jejich-vlastnosti>.
23. Historie a současnost hydroizolačních materiálů. *Silnice - železnice*. [Online] 17. červenec 2008. [Citace: 1. květen 2023.] <http://old.silnice-zeleznice.cz/clanek/historie-a-soucasnost-hydroizolacnich-materialu/>.
24. Historie izolací v Čechách a na Slovensku – asfaltové nátěry. *Izolace.cz*. [Online] 25. prosinec 2021. [Citace: 01. květen 2023.] <https://www.izolace.cz/clanky/historie-izolaci-v-cechach-a-na-slovensku/>.
25. Ing. Marek Novotný, Ph.D. Trhliny/praskliny fóliových izolací. *izolace.cz*. [Online] 11. květen 2021. [Citace: 19. březen 2023.] <https://www.izolace.cz/clanky/trhliny-praskliny-foliovych-izolaci/>.
26. Novotný, Marek. *Hydroizolace plochých střech: poruchy střešních pláštěů*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2014. ISBN 978-80-247-5002-6.
27. Delaminace asfaltových pásů v důsledku vadné výroby. *iMateriály*. [Online] 19. prosinec 2019. [Citace: 10. květen 2023.] https://www.imaterialy.cz/rubriky/poruchy/delaminace-asfaltovych-pasu-v-dusledku-vadne-vyroby_47586.html.
28. Poruchy kotvených střech 1. *imaterialy.cz*. [Online] 25. srpen 2017. [Citace: 19. březen 2023.] https://www.imaterialy.cz/rubriky/poruchy/poruchy-kotvenych-strech-1-dvacet-let-zkusenosti-omyly-a-mytu_44974.html.
29. Borecký, Ing. Zdeněk. SFS HUM- ID . *izolace.cz*. [Online] 10. prosinec 2019. [Citace: 08. květen 2023.] <https://www.izolace.cz/clanky/sfs-hum-id-system-detekce-zatekani-plochych-strech/>.
30. Detaily plochých střech německého výrobce a nové trendy v navrhování střech. *izolace.cz*. [Online] 13. duben 2021. [Citace: 08. květen 2023.] <https://www.izolace.cz/clanky/detaily-plochych-strech-nemeckeho-vyrobce-a-nove-trendy-v-navrhovani-strech/>.
31. Erik Tempelman. Material Anisotropy. *Machining technology for Composite Materials*. 2023.

32. slideplayer.cz. *Anizotropie*. [Online] [Citace: 5. březen 2023.]
<https://slideplayer.cz/slide/3210412/>.

33. Ph.D., Ing. Petr Kessler. Posuzování spolehlivosti konstrukcí simulační technikou.
Disertační práce. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2018.

PŘÍLOHOVÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

PŘÍLOHA A: ROZMĚRY JEDNOTLIVÝCH VZORKŮ

Tabulka 2 - Geometrie vzorků PT S RT

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_RT_01	49,90	50,33	50,73	50,32	1,45
PT_S_RT_02	50,23	50,36	50,38	50,32	1,45
PT_S_RT_03	50,13	49,95	50,12	50,07	1,45
PT_S_RT_04	50,44	50,74	50,52	50,57	1,45
PT_S_RT_05	50,21	49,89	50,27	50,12	1,45
PT_S_RT_06	50,23	50,42	49,90	50,18	1,45
PT_S_RT_07	50,28	50,14	50,05	50,16	1,45
PT_S_RT_08	49,95	50,33	50,04	50,11	1,45
PT_S_RT_09	50,33	50,18	50,08	50,20	1,45
PT_S_RT_10	49,97	49,50	50,07	49,85	1,45

Tabulka 3 - Geometrie vzorků PT S 90 RT

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_90_RT_01	49,90	49,71	50,05	49,89	1,45
PT_S_90_RT_02	50,05	50,30	50,01	50,12	1,45
PT_S_90_RT_03	50,28	50,32	49,83	50,14	1,45
PT_S_90_RT_04	49,87	49,96	50,06	49,96	1,45
PT_S_90_RT_05	50,02	50,05	49,94	50,00	1,45
PT_S_90_RT_06	50,07	50,20	50,14	50,14	1,45
PT_S_90_RT_07	49,82	49,87	49,95	49,88	1,45
PT_S_90_RT_08	50,25	50,48	50,23	50,32	1,45
PT_S_90_RT_09	50,20	50,00	50,10	50,10	1,45
PT_S_90_RT_10	49,95	50,20	50,14	50,10	1,45

Tabulka 4 - Geometrie vzorků PT S 45 RT

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_45_RT_01	49,66	50,12	50,23	50,00	1,45
PT_S_45_RT_02	50,34	49,90	50,65	50,30	1,45
PT_S_45_RT_03	49,79	49,79	50,06	49,88	1,45
PT_S_45_RT_04	50,16	50,01	50,21	50,13	1,45
PT_S_45_RT_05	49,93	49,81	49,72	49,82	1,45
PT_S_45_RT_06	49,80	49,80	49,87	49,82	1,45
PT_S_45_RT_07	49,76	49,66	49,52	49,65	1,45
PT_S_45_RT_08	49,80	49,85	49,88	49,84	1,45
PT_S_45_RT_09	50,46	50,35	50,11	50,31	1,45
PT_S_45_RT_10	50,26	50,37	50,42	50,35	1,45

Tabulka 5 - Geometrie vzorků PT S 30 RT

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_30_RT_01	49,91	49,82	49,98	49,90	1,45
PT_S_30_RT_02	50,33	50,39	50,08	50,27	1,45
PT_S_30_RT_03	49,88	49,82	49,77	49,82	1,45
PT_S_30_RT_04	49,87	49,51	49,53	49,64	1,45
PT_S_30_RT_05	50,00	49,87	50,32	50,06	1,45
PT_S_30_RT_06	50,06	50,15	50,21	50,14	1,45
PT_S_30_RT_07	50,00	50,01	50,17	50,06	1,45
PT_S_30_RT_08	50,02	49,92	50,03	49,99	1,45
PT_S_30_RT_09	49,90	50,09	49,96	49,98	1,45
PT_S_30_RT_10	50,30	49,85	49,62	49,92	1,45

Tabulka 6 - Geometrie vzorků PT S M25

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_M25_01	49,94	50,03	49,82	49,93	1,45
PT_S_M25_02	50,45	50,41	50,23	50,36	1,45
PT_S_M25_03	49,72	49,68	49,63	49,68	1,45
PT_S_M25_04	49,87	49,90	49,72	49,83	1,45
PT_S_M25_05	50,29	50,09	50,14	50,17	1,45
PT_S_M25_06	49,69	49,73	49,69	49,70	1,45
PT_S_M25_07	49,73	49,99	50,22	49,98	1,45
PT_S_M25_08	49,76	49,75	49,83	49,78	1,45
PT_S_M25_09	49,86	50,20	50,08	50,05	1,45
PT_S_M25_10	49,86	49,78	49,72	49,79	1,45

Tabulka 7 - Geometrie vzorků PT S 30 M25

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_30_M25_01	50,13	49,81	50,01	49,98	1,45
PT_S_30_M25_02	49,86	49,84	49,90	49,87	1,45
PT_S_30_M25_03	50,21	50,11	50,31	50,21	1,45
PT_S_30_M25_04	49,80	50,10	49,86	49,92	1,45
PT_S_30_M25_05	50,39	50,38	50,24	50,34	1,45
PT_S_30_M25_06	50,09	50,05	49,93	50,02	1,45
PT_S_30_M25_07	50,33	50,33	50,43	50,36	1,45
PT_S_30_M25_08	49,82	49,91	49,83	49,85	1,45
PT_S_30_M25_09	50,28	50,10	50,30	50,23	1,45
PT_S_30_M25_10	49,77	49,90	49,98	49,88	1,45

Tabulka 8 - Geometrie vzorků PT S 45 M25

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_45_M25_01	50,20	50,14	50,10	50,15	1,45
PT_S_45_M25_02	49,78	49,73	50,22	49,91	1,45
PT_S_45_M25_03	49,87	49,71	59,06	52,88	1,45
PT_S_45_M25_04	50,16	49,83	49,78	49,92	1,45
PT_S_45_M25_05	50,08	50,19	50,27	50,18	1,45
PT_S_45_M25_06	49,82	49,83	50,00	49,88	1,45
PT_S_45_M25_07	49,84	49,85	49,96	49,88	1,45
PT_S_45_M25_08	50,17	49,93	49,89	50,00	1,45
PT_S_45_M25_09	50,01	49,97	50,00	49,99	1,45
PT_S_45_M25_10	50,12	50,02	49,99	50,04	1,45

Tabulka 9 - Geometrie vzorků PT S 90 M25

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_90_M25_01	50,30	20,23	20,17	30,23	1,45
PT_S_90_M25_02	50,01	49,81	50,14	49,99	1,45
PT_S_90_M25_03	49,82	49,73	49,83	49,79	1,45
PT_S_90_M25_04	49,74	49,78	49,83	49,78	1,45
PT_S_90_M25_05	49,91	50,01	49,95	49,96	1,45
PT_S_90_M25_06	50,10	50,13	50,24	50,16	1,45
PT_S_90_M25_07	49,89	49,83	49,72	49,81	1,45
PT_S_90_M25_08	50,36	50,33	49,98	50,22	1,45
PT_S_90_M25_09	49,89	49,84	49,98	49,90	1,45
PT_S_90_M25_10	50,15	49,79	49,99	49,98	1,45

Tabulka 10 - geometrie vzorků PT S 65

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_65_01	49,95	50,02	50,02	50,00	1,45
PT_S_65_02	49,78	49,92	49,95	49,88	1,45
PT_S_65_03	49,72	49,83	49,97	49,84	1,45
PT_S_65_04	50,20	50,23	50,05	50,16	1,45
PT_S_65_05	49,71	50,10	49,96	49,92	1,45
PT_S_65_06	49,93	50,03	49,97	49,98	1,45
PT_S_65_07	49,98	50,10	49,03	49,70	1,45
PT_S_65_08	49,85	49,70	50,04	49,86	1,45
PT_S_65_09	49,78	49,83	49,91	49,84	1,45
PT_S_65_10	49,80	49,88	50,02	49,90	1,45

Tabulka 11 - geometrie vzorků PT S 30 65

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_30_65_01	50,08	49,99	49,92	50,00	1,45
PT_S_30_65_02	50,29	50,31	50,25	50,28	1,45
PT_S_30_65_03	50,02	50,05	50,10	50,06	1,45
PT_S_30_65_04	49,78	49,93	49,86	49,86	1,45
PT_S_30_65_05	50,33	50,21	50,11	50,22	1,45
PT_S_30_65_06	49,94	50,10	49,95	50,00	1,45
PT_S_30_65_07	50,15	50,06	50,25	50,15	1,45
PT_S_30_65_08	50,35	50,23	50,40	50,33	1,45
PT_S_30_65_09	49,90	59,93	50,01	53,28	1,45
PT_S_30_65_10	49,68	49,87	49,88	49,81	1,45

Tabulka 12 - Geometrie vzorků PT S 45 65

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_45_65_01	49,85	49,88	49,83	49,85	1,45
PT_S_45_65_02	50,24	50,18	50,13	50,18	1,45
PT_S_45_65_03	49,83	49,81	49,78	49,81	1,45
PT_S_45_65_04	50,21	50,38	50,33	50,31	1,45
PT_S_45_65_05	49,96	50,02	50,05	50,01	1,45
PT_S_45_65_06	50,24	50,08	50,21	50,18	1,45
PT_S_45_65_07	49,63	49,83	49,76	49,74	1,45
PT_S_45_65_08	49,85	49,83	49,87	49,85	1,45
PT_S_45_65_09	49,75	49,85	49,84	49,81	1,45
PT_S_45_65_10	49,85	50,21	50,02	50,03	1,45

Tabulka 13 - Geometrie vzorků PT S 90 65

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_90_65_01	50,13	50,28	50,38	50,26	1,45
PT_S_90_65_02	49,94	50,13	50,02	50,03	1,45
PT_S_90_65_03	50,08	50,21	50,17	50,15	1,45
PT_S_90_65_04	50,23	50,36	50,32	50,30	1,45
PT_S_90_65_05	49,80	49,98	50,01	49,93	1,45
PT_S_90_65_06	49,78	49,83	49,91	49,84	1,45
PT_S_90_65_07	50,05	50,12	50,01	50,06	1,45
PT_S_90_65_08	50,14	50,02	49,98	50,05	1,45
PT_S_90_65_09	49,73	50,13	49,82	49,89	1,45
PT_S_90_65_10	49,89	50,01	50,12	50,01	1,45

Tabulka 14 - Geometrie vzorků PT S S1 RT

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_S1_RT_01	47,74	49,88	49,85	49,16	1,45
PT_S_S1_RT_02	50,04	49,75	49,70	49,83	1,45
PT_S_S1_RT_03	49,82	49,71	49,66	49,73	1,45
PT_S_S1_RT_04	50,03	50,09	49,72	49,95	1,45
PT_S_S1_RT_05	49,88	50,02	50,00	49,97	1,45
PT_S_S1_RT_06	49,96	50,02	50,03	50,00	1,45
PT_S_S1_RT_07	49,96	49,91	49,75	49,87	1,45
PT_S_S1_RT_08	49,65	50,08	49,87	49,87	1,45
PT_S_S1_RT_09	49,81	49,73	49,82	49,79	1,45
PT_S_S1_RT_10	49,60	49,62	49,83	49,68	1,45

Tabulka 15 - Geometrie vzorků PT S S2 RT

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
PT_S_S2_RT_01	49,83	49,91	50,06	49,93	1,45
PT_S_S2_RT_02	50,32	50,26	50,30	50,29	1,45
PT_S_S2_RT_03	50,35	50,21	50,14	50,23	1,45
PT_S_S2_RT_04	50,16	50,10	50,13	50,13	1,45
PT_S_S2_RT_05	49,69	49,83	49,74	49,75	1,45
PT_S_S2_RT_06	49,81	49,69	49,63	49,71	1,45
PT_S_S2_RT_07	49,95	49,72	49,83	49,83	1,45
PT_S_S2_RT_08	49,81	49,67	50,12	49,87	1,45
PT_S_S2_RT_09	50,18	50,27	50,06	50,17	1,45
PT_S_S2_RT_10	50,18	50,26	50,20	50,21	1,45

Tabulka 16 - Geometrie spojovaných vzorků

Označení	b1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b [mm]	h [mm]
A	50,02	49,88	50,15	50,02	1,45
B	49,75	50,18	50,06	50,00	1,45
C	50,42	49,83	50,07	50,11	1,45
D	50,10	40,79	50,36	47,08	1,45
E	50,11	49,50	49,71	49,77	1,45
F	50,02	50,58	49,51	50,04	1,45
G	50,05	49,96	50,11	50,04	1,45
H	50,44	50,29	50,09	50,27	1,45
I	49,95	50,51	49,92	50,13	1,45
J	49,72	49,60	49,64	49,65	1,45
K	49,91	49,92	50,41	50,08	1,45
L	50,22	50,10	50,28	50,20	1,45

PŘÍLOHA B: Únosnost a pevnost vzorků

Tabulka 17 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT S RT

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_RT_01	974	13,4
PT_S_RT_02	1017	13,9
PT_S_RT_03	967	13,3
PT_S_RT_04	1009	13,8
PT_S_RT_05	1044	14,4
PT_S_RT_06	1045	14,4
PT_S_RT_07	1222	16,9
PT_S_RT_08	1126	15,4
PT_S_RT_09	1094	15
PT_S_RT_10	1068	14,8
PRŮMĚR	1056,6	14,53

Tabulka 18 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT S 30 RT

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_30_RT_01	926	12,8
PT_S_30_RT_02	880	12,1
PT_S_30_RT_03	974	13,5
PT_S_30_RT_04	944	13,1
PT_S_30_RT_05	941	13,0
PT_S_30_RT_06	880	12,1
PT_S_30_RT_07	915	12,6
PT_S_30_RT_08	940	13,0
PT_S_30_RT_09	983	13,6
PT_S_30_RT_10	1053	14,6
PRŮMĚR	943,6	13,04

Tabulka 19 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT S 45 RT

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_45_RT_01	526	7,3
PT_S_45_RT_02	617	8,5
PT_S_45_RT_03	705	9,8
PT_S_45_RT_04	538	7,4
PT_S_45_RT_05	584	8,1
PT_S_45_RT_06	533	7,4
PT_S_45_RT_07	717	10,0
PT_S_45_RT_08	899	12,4
PT_S_45_RT_09	631	8,7
PT_S_45_RT_10	797	10,9
PRŮMĚR	654,7	9,05

Tabulka 20 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT S 90 RT

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_90_RT_01	567	7,8
PT_S_90_RT_02	626	8,6
PT_S_90_RT_03	624	8,6
PT_S_90_RT_04	518	7,2
PT_S_90_RT_05	606	8,4
PT_S_90_RT_06	522	7,2
PT_S_90_RT_07	895	12,4
PT_S_90_RT_08	428	5,9
PT_S_90_RT_09	526	7,2
PT_S_90_RT_10	482	6,9
PRŮMĚR	579,4	8,02

Tabulka 21 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_M25

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_M25_01	2123	29,3
PT_S_M25_02	2214	30,3
PT_S_M25_03	2148	29,8
PT_S_M25_04	2227	30,8
PT_S_M25_05	2279	31,3
PT_S_M25_06	2202	30,6
PT_S_M25_07	2200	30,4
PT_S_M25_08	2190	30,4
PT_S_M25_09	2284	31,5
PT_S_M25_10	2365	33,0
PRŮMĚR	2223,2	30,74

Tabulka 22 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT_S_30_M25

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_30_M25_01	1597	22,0
PT_S_30_M25_02	1387	19,2
PT_S_30_M25_03	15,87	21,8
PT_S_30_M25_04	1444	20,0
PT_S_30_M25_05	1320	18,1
PT_S_30_M25_06	1580	21,8
PT_S_30_M25_07	1899	26,0
PT_S_30_M25_08	2123	29,4
PT_S_30_M25_09	1534	21,1
PT_S_30_M25_10	2063	28,5
PRŮMĚR	1496,29	22,79

Tabulka 23 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT S 45 M25

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_45_M25_01	1006	13,8
PT_S_45_M25_02	1003	13,9
PT_S_45_M25_03	982	13,6
PT_S_45_M25_04	924	12,8
PT_S_45_M25_05	959	13,2
PT_S_45_M25_06	1006	13,9
PT_S_45_M25_07	1375	19,0
PT_S_45_M25_08	949	13,1
PT_S_45_M25_09	1242	17,1
PT_S_45_M25_10	987	13,6
PRŮMĚR	1043,3	14,4

Tabulka 24 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT S 90 M25

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_90_M25_01	776	10,7
PT_S_90_M25_02	834	11,5
PT_S_90_M25_03	611	8,5
PT_S_90_M25_04	898	12,4
PT_S_90_M25_05	656	9,1
PT_S_90_M25_06	782	10,8
PT_S_90_M25_07	630	8,7
PT_S_90_M25_08	695	9,5
PT_S_90_M25_09	819	11,3
PT_S_90_M25_10	738	10,2
PRŮMĚR	743,9	10,27

Tabulka 25 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT S 65 M25

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_65_01	625	9,0
PT_S_65_02	671	9,3
PT_S_65_03	597	8,3
PT_S_65_04	525	7,2
PT_S_65_05	503	7,0
PT_S_65_06	543	7,5
PT_S_65_07	503	7,0
PT_S_65_08	496	6,9
PT_S_65_09	505	7,0
PT_S_65_10	657	9,1
PRŮMĚR	562,5	7,83

Tabulka 26 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT S 30 65

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S30_65_01	501	6,9
PT_S30_65_02	530	7,3
PT_S30_65_03	540	7,4
PT_S30_65_04	609	8,4
PT_S30_65_05	616	8,5
PT_S30_65_06	547	7,6
PT_S30_65_07	659	9,1
PT_S30_65_08	636	8,7
PT_S30_65_09	624	8,6
PT_S30_65_10	619	8,6
PRŮMĚR	588,1	8,11

Tabulka 27 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT S 45 65

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_45_65_01	469	6,5
PT_S_45_65_02	423	5,8
PT_S_45_65_03	438	6,1
PT_S_45_65_04	497	6,8
PT_S_45_65_05	436	6,0
PT_S_45_65_06	433	5,9
PT_S_45_65_07	475	6,6
PT_S_45_65_08	517	7,2
PT_S_45_65_09	436	6,0
PT_S_45_65_10	459	6,3
PRŮMĚR	458,3	6,32

Tabulka 28 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT S 90 65

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_90_65_01	396	5,4
PT_S_90_65_02	279	3,9
PT_S_90_65_03	409	5,6
PT_S_90_65_04	340	4,7
PT_S_90_65_05	326	4,5
PT_S_90_65_06	364	5,0
PT_S_90_65_07	332	4,6
PT_S_90_65_08	323	4,5
PT_S_90_65_09	357	4,9
PT_S_90_65_10	424	5,9
PRŮMĚR	355	4,9

Tabulka 29 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT S S1 RT

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_S1_RT_01	1165	16,1
PT_S_S1_RT_02	999	13,8
PT_S_S1_RT_03	1028	14,3
PT_S_S1_RT_04	1269	17,5
PT_S_S1_RT_05	1054	14,6
PT_S_S1_RT_06	1094	15,1
PT_S_S1_RT_07	1098	15,2
PT_S_S1_RT_08	1232	17,0
PT_S_S1_RT_09	1078	14,9
PT_S_S1_RT_10	1151	16,0
PRŮMĚR	1116,8	14,45

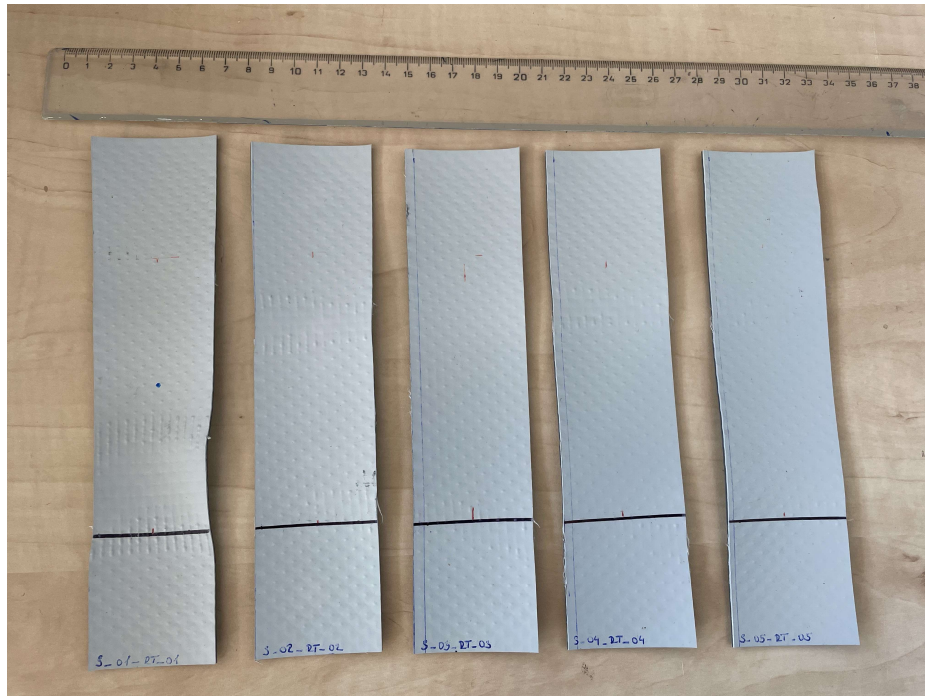
Tabulka 30 - Hodnoty maximálních sil a napětí zjištěných při experimentu - vzorky PT S S2 RT

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
PT_S_S2_RT_01	1322	18,3
PT_S_S2_RT_02	1238	17,0
PT_S_S2_RT_03	1286	17,7
PT_S_S2_RT_04	1286	17,7
PT_S_S2_RT_05	1281	17,8
PT_S_S2_RT_06	1263	17,5
PT_S_S2_RT_07	1198	16,6
PT_S_S2_RT_08	1192	16,5
PT_S_S2_RT_09	1324	18,2
PT_S_S2_RT_10	1316	18,1
PRŮMĚR	1270,6	17,54

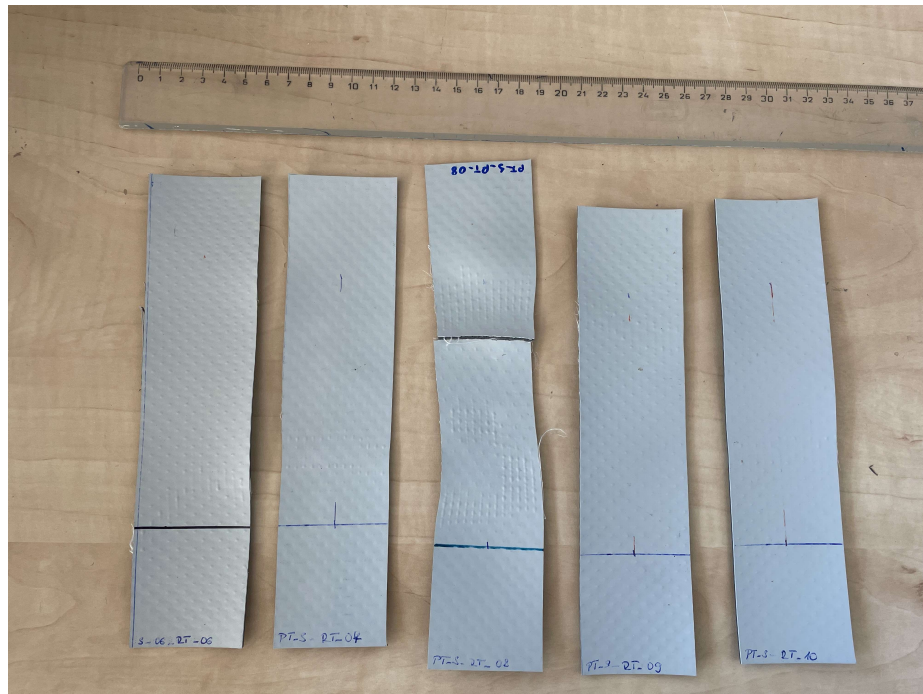
Tabulka 31 - Hodnoty maximálních sil a napětí spojovaných vzorků zjištěných při experimentu

Vzorek	Únosnost [N]	Pevnost [MPa]
A	1033	14,2
B	1011	14,0
C	1060	14,6
D	1087	15,0
E	1002	13,9
F	1083	14,9
G	1086	15,0
H	1065	14,6
I	1219	16,8
J	1117	15,5
K	1110	15,3
L	1126	15,5
PRŮMĚR	1083,25	14,94

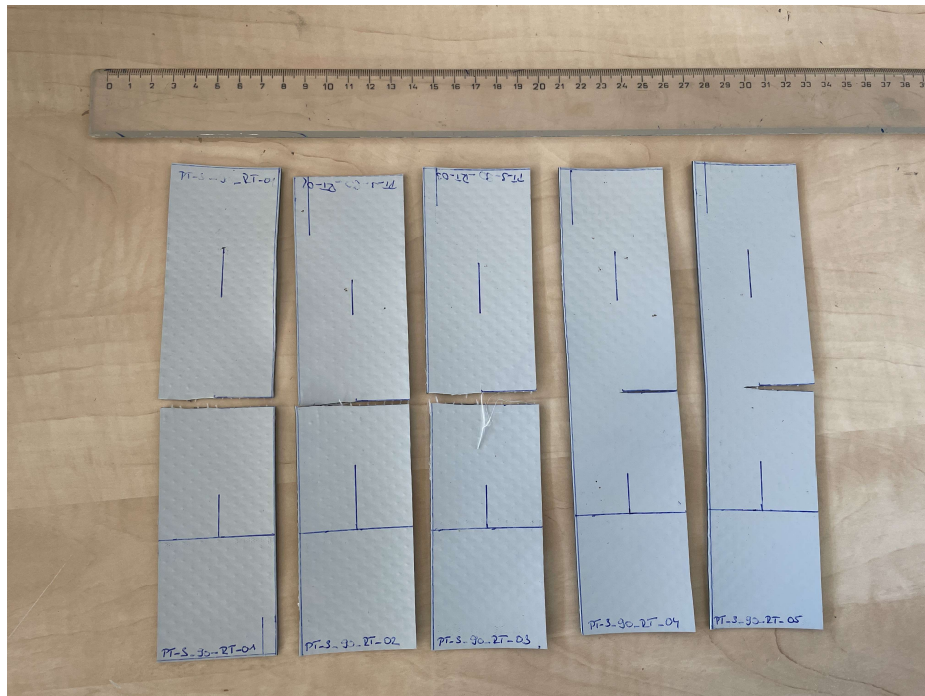
PŘÍLOHA C: Fotodokumentace vzorků



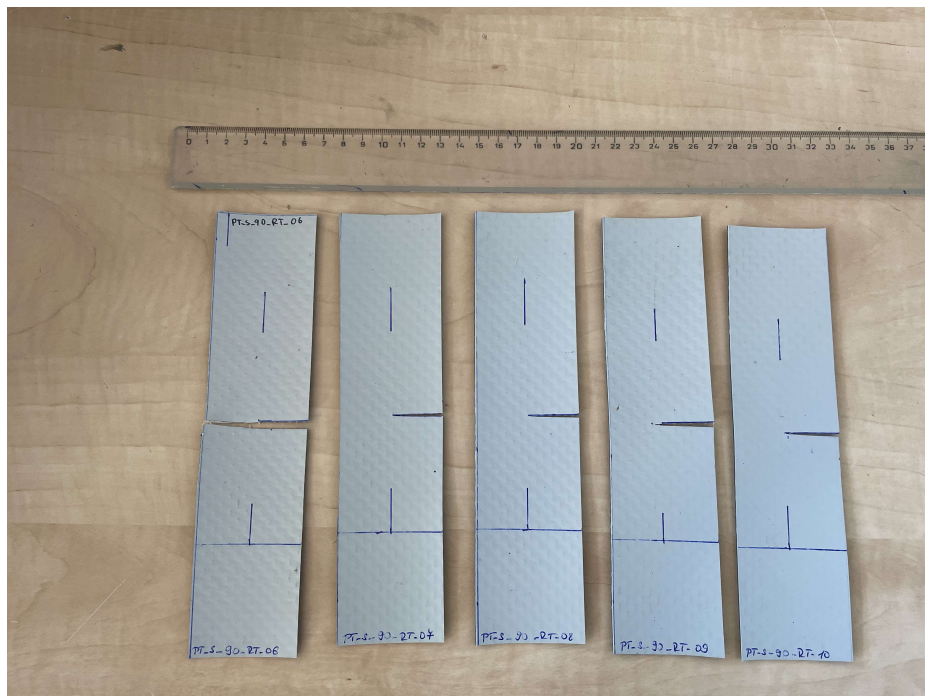
Obrázek 22 - Vzorky PT_S_RT část 1 po vykonání tahové zkoušky



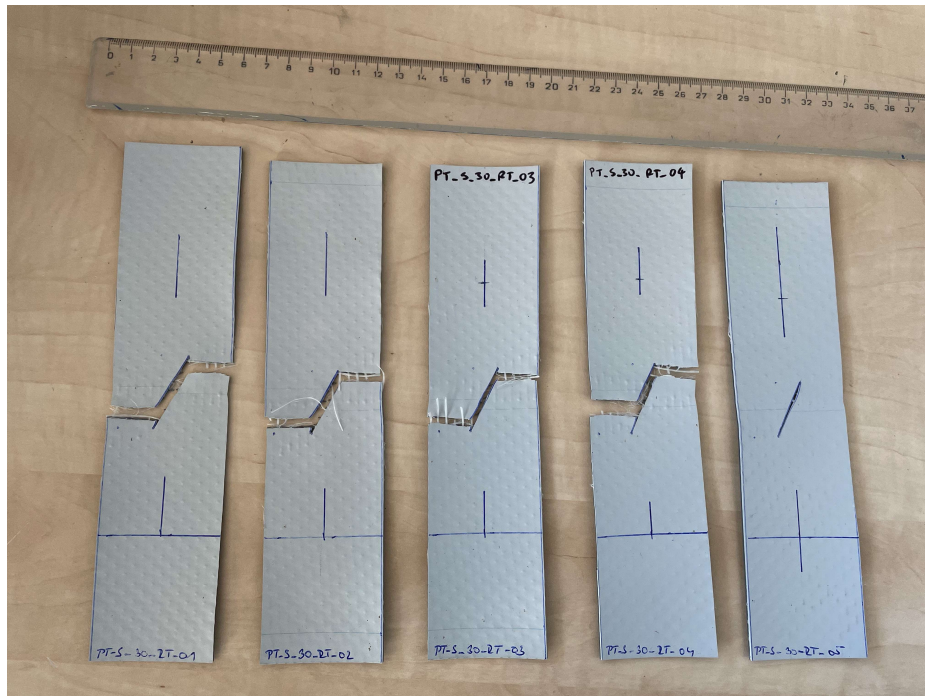
Obrázek 23 - Vzorky PT_S_RT část 2 po vykonání tahové zkoušky



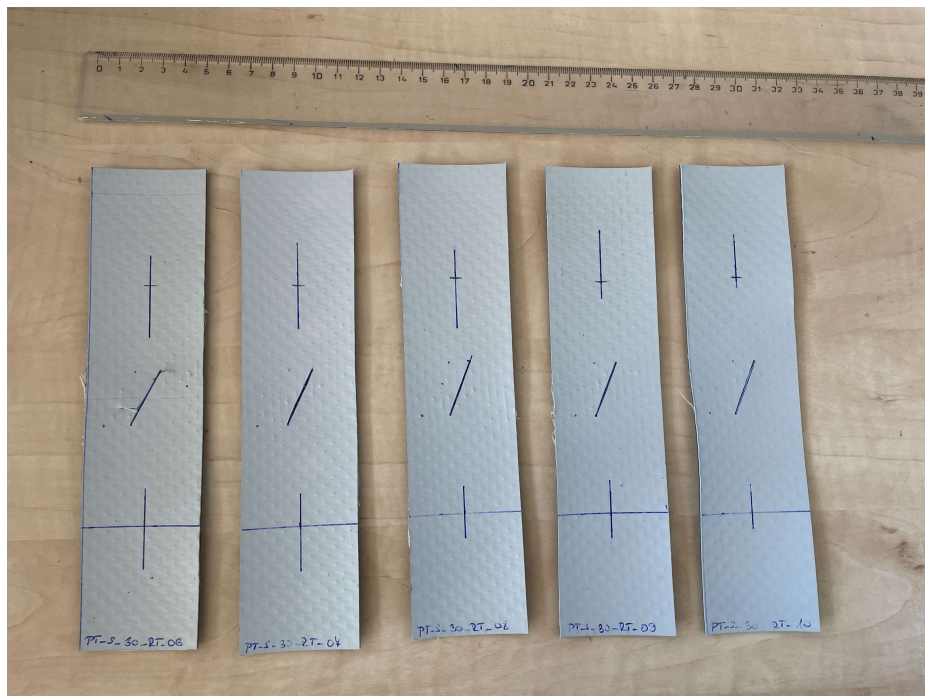
Obrázek 24 - Vzorky PT_S_90_RT část 1 po vykonání tahové zkoušky



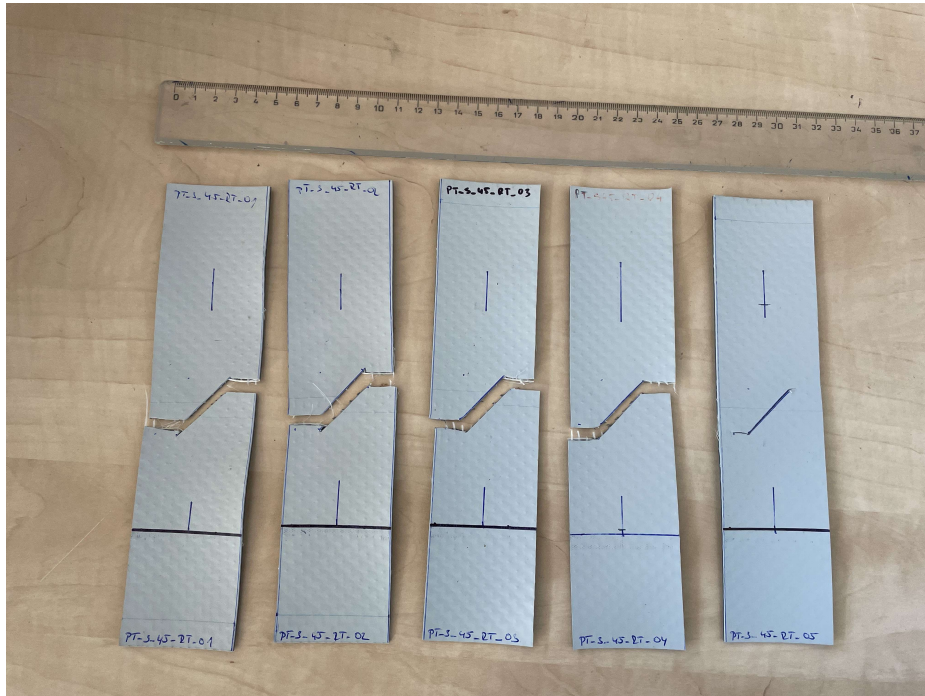
Obrázek 25 - Vzorky PT_S_90_RT část 2 po vykonání tahové zkoušky



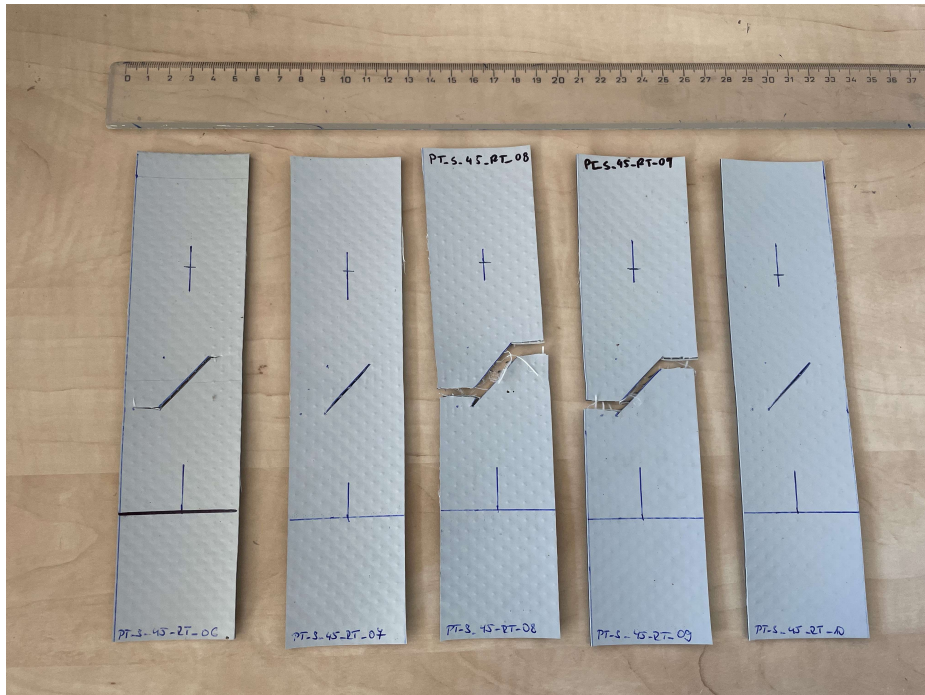
Obrázek 26 - Vzorky PT_S_30_RT část 1 po vykonání tahové zkoušky



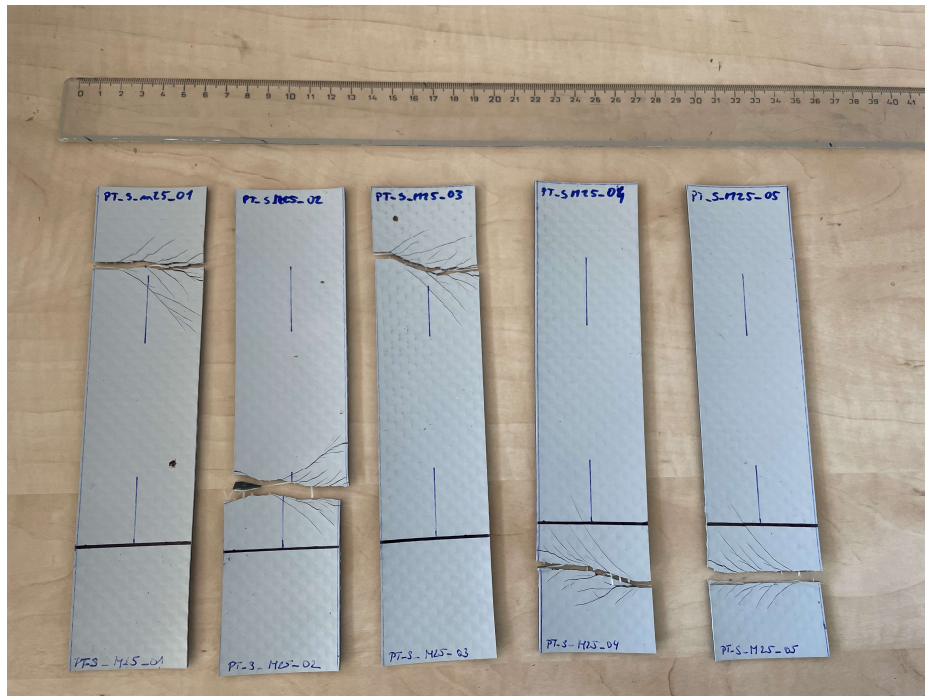
Obrázek 27 - Vzorky PT_S_30_RT část 2 po vykonání tahové zkoušky



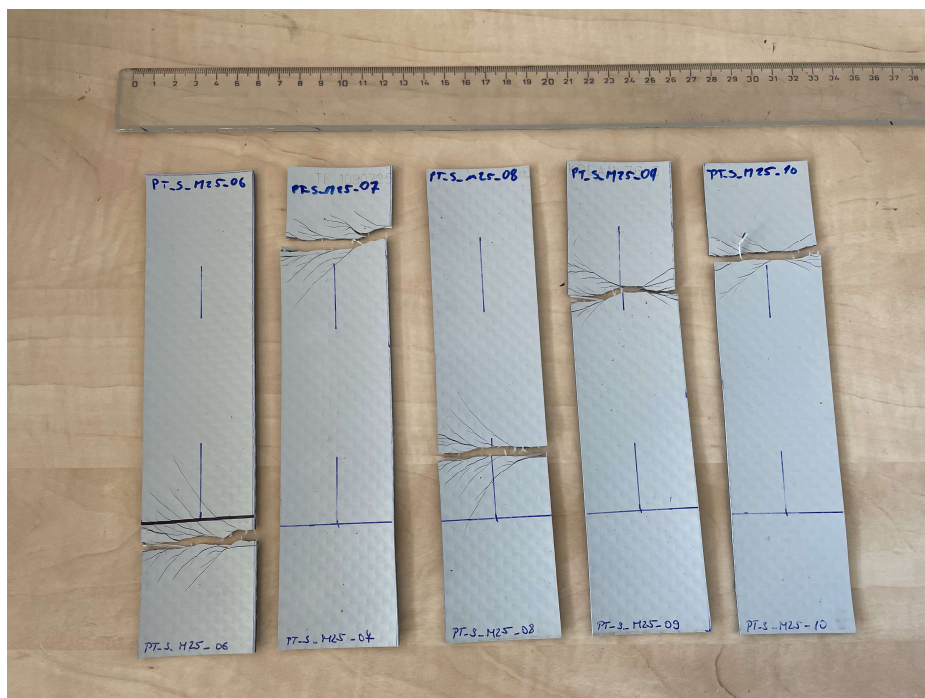
Obrázek 28 - Vzorky PT_S_45_RT část I po vykonání tahové zkoušky



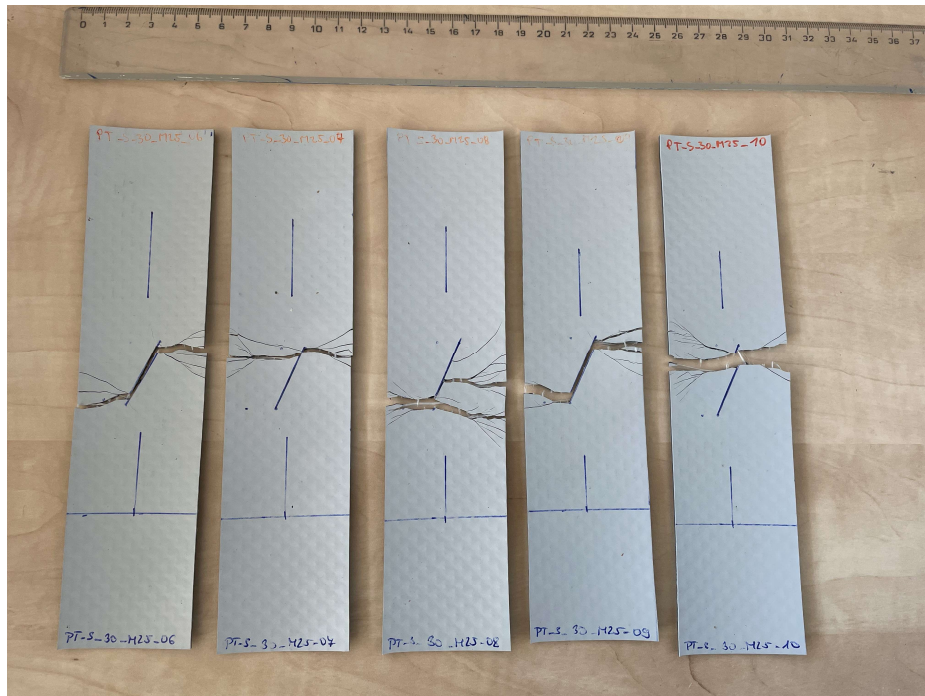
Obrázek 29 - Vzorky PT_S_45_RT část I po vykonání tahové zkoušky



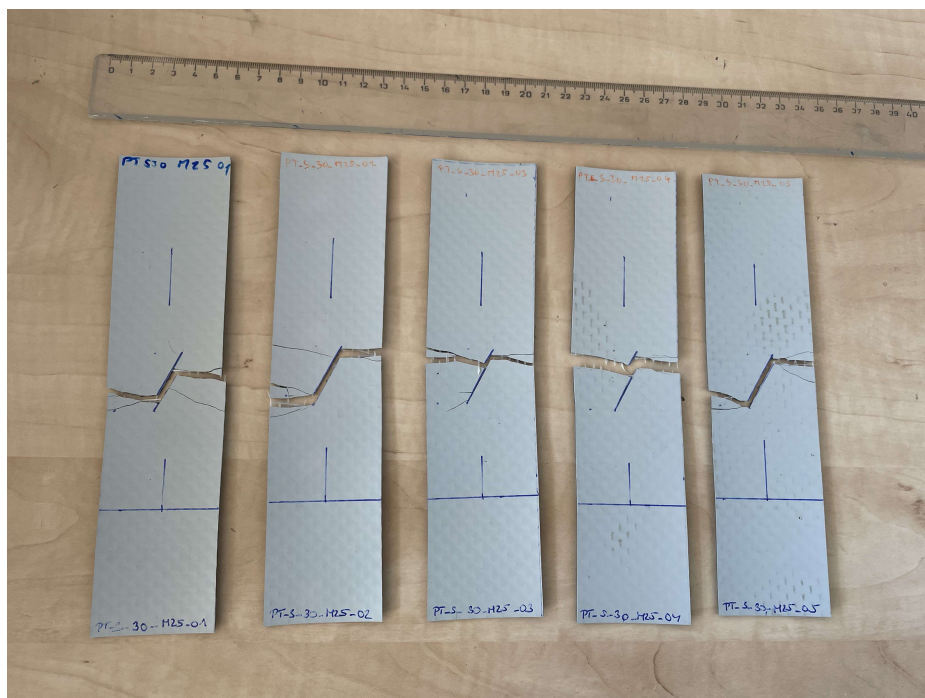
Obrázek 30 - Vzorky PT_S_M25 část 1 po vykonání tahové zkoušky



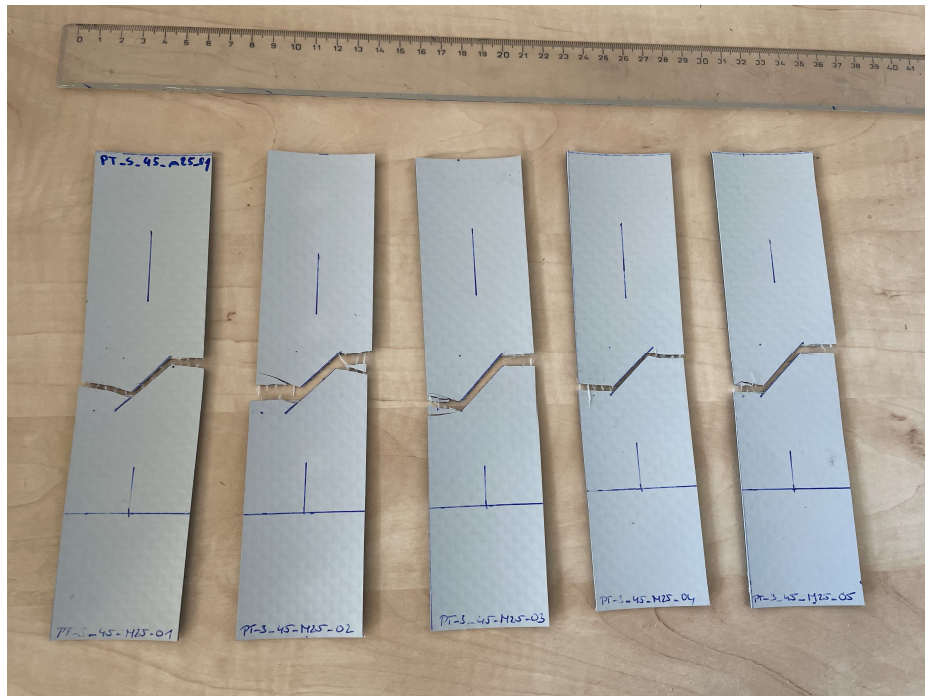
Obrázek 31 - Vzorky PT_S_M25 část 2 po vykonání tahové zkoušky



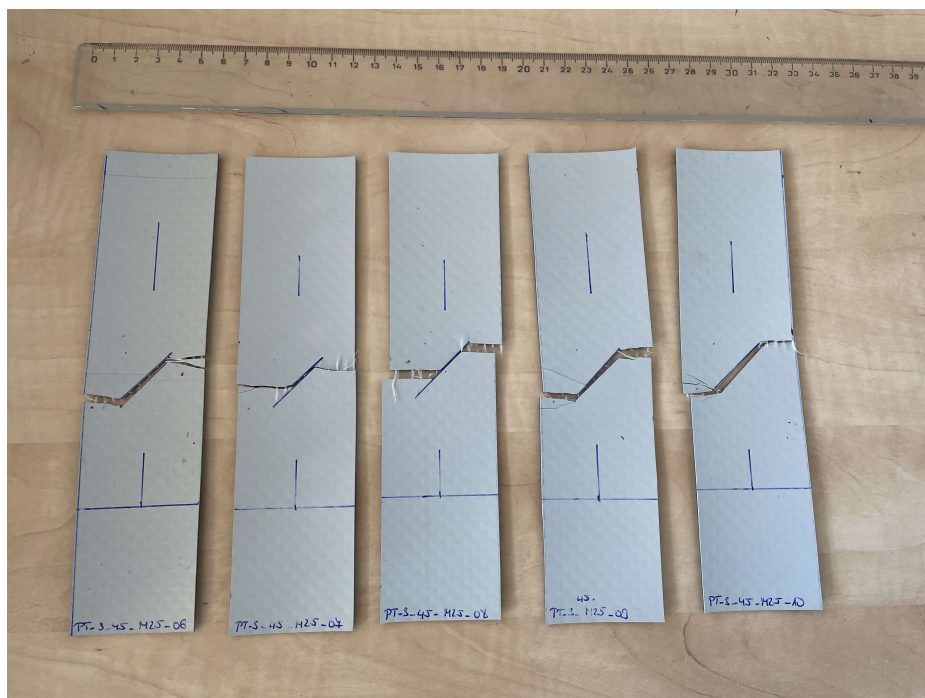
Obrázek 32 - Vzorky PT_S_30_M25 část 1 po vykonání tahové zkoušky



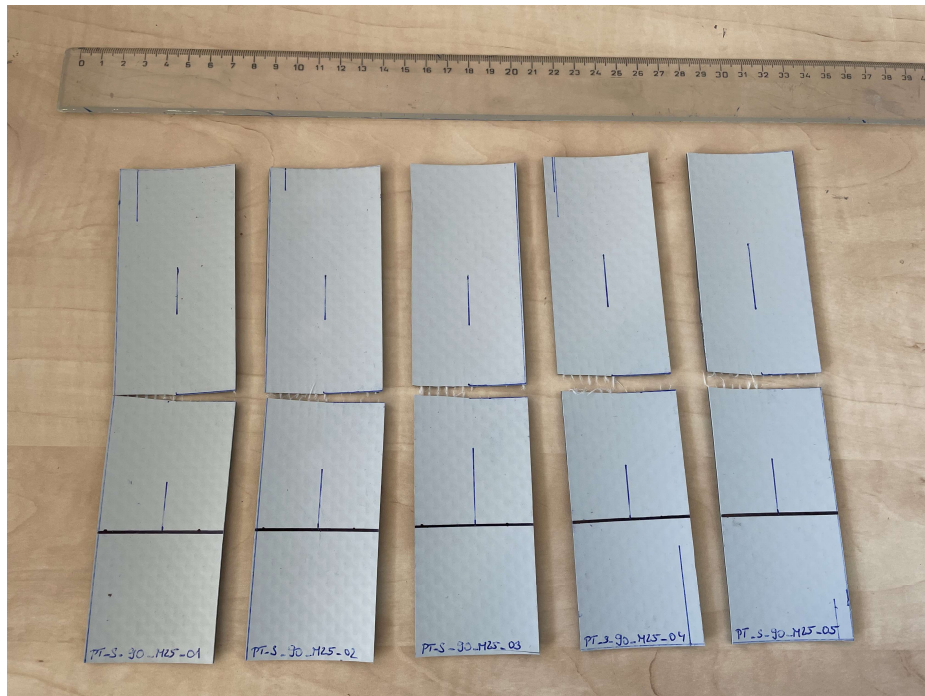
Obrázek 33 - Vzorky PT_S_30_M25 část 2 po vykonání tahové zkoušky



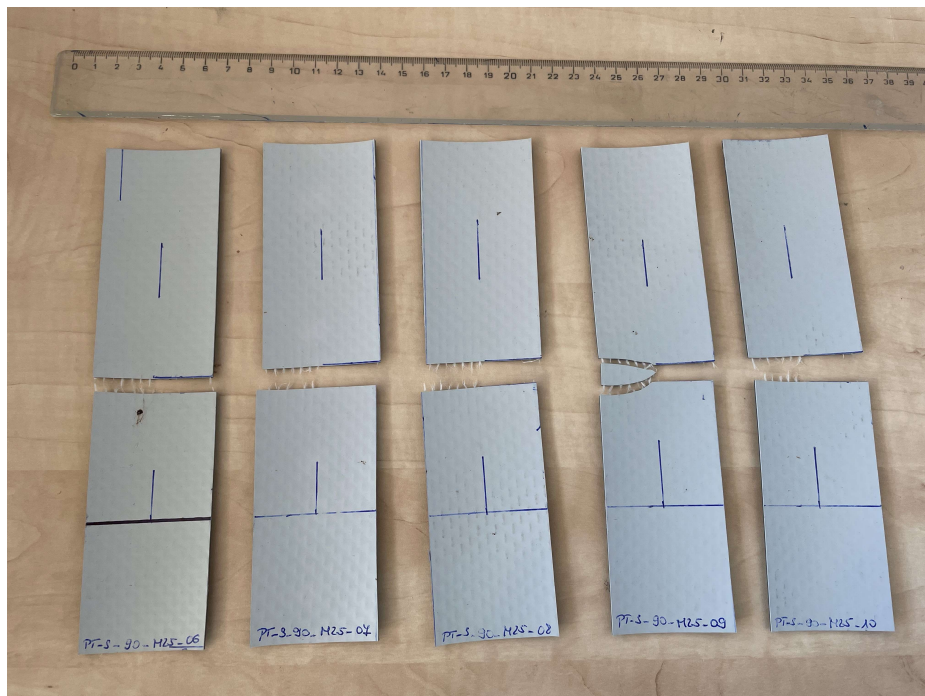
Obrázek 34 - Vzorky PT_S_45_M25 část 1 po vykonání tahové zkoušky



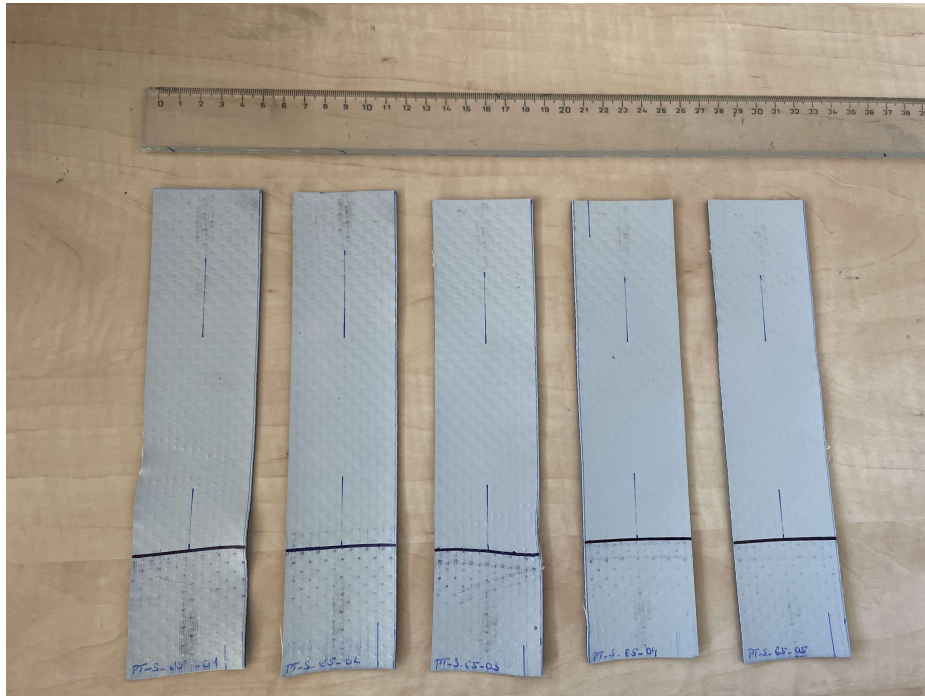
Obrázek 35 - Vzorky PT_S_45_M25 část 2 po vykonání tahové zkoušky



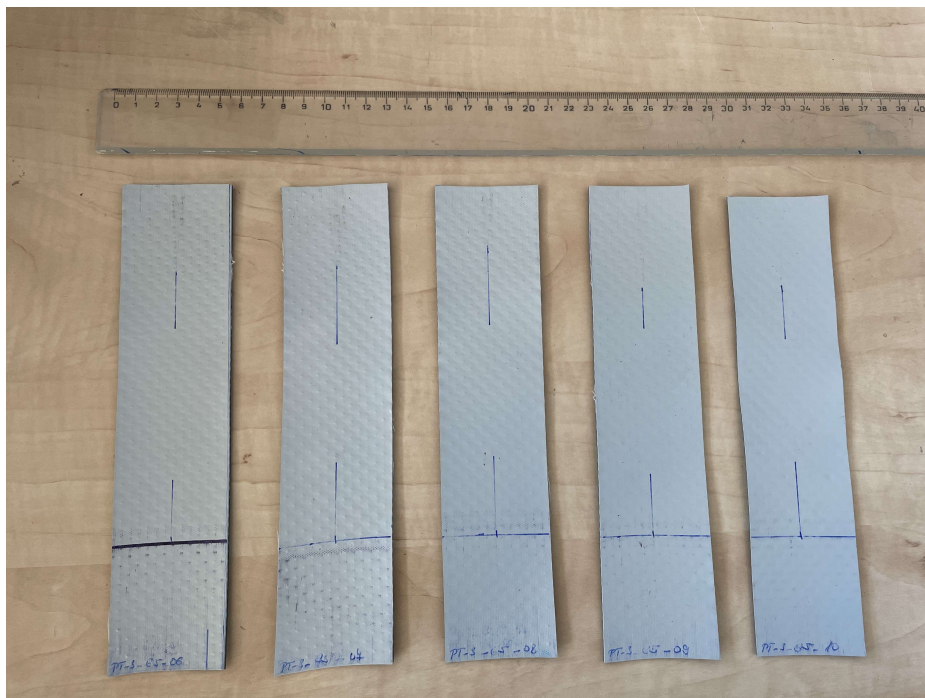
Obrázek 36 - Vzorky PT_S_90_M25 část 1 po vykonání tahové zkoušky



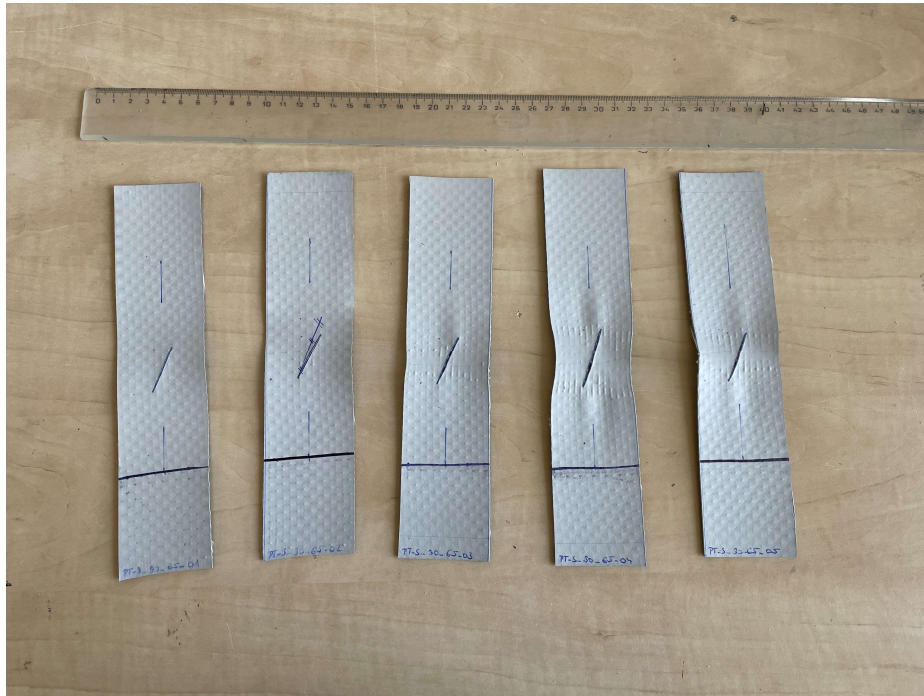
Obrázek 37 - Vzorky PT_S_90_M25 část 2 po vykonání tahové zkoušky



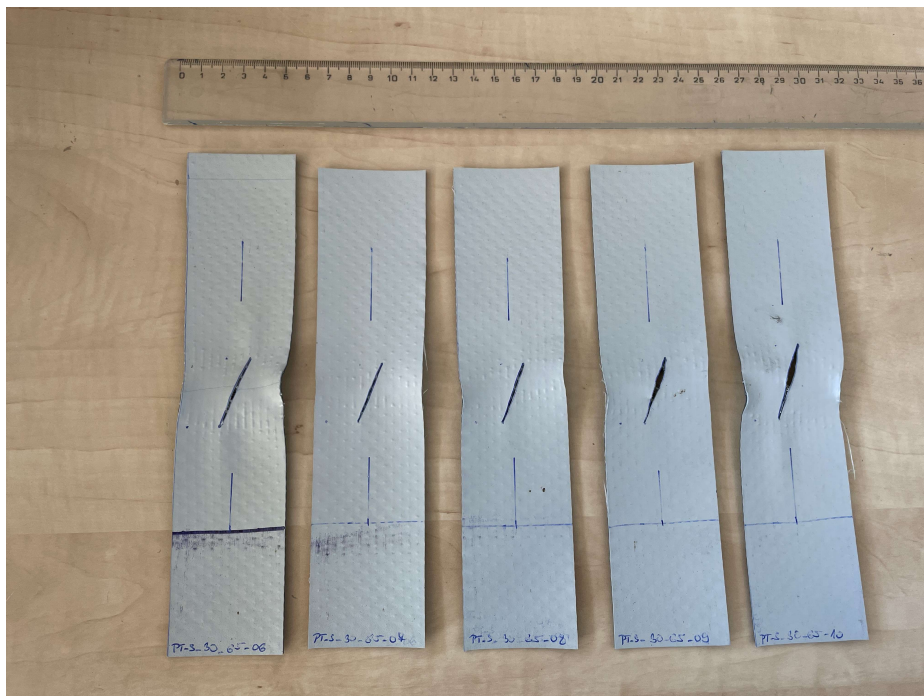
Obrázek 38 - Vzorky PT_S_65 část 1 po vykonání tahové zkoušky



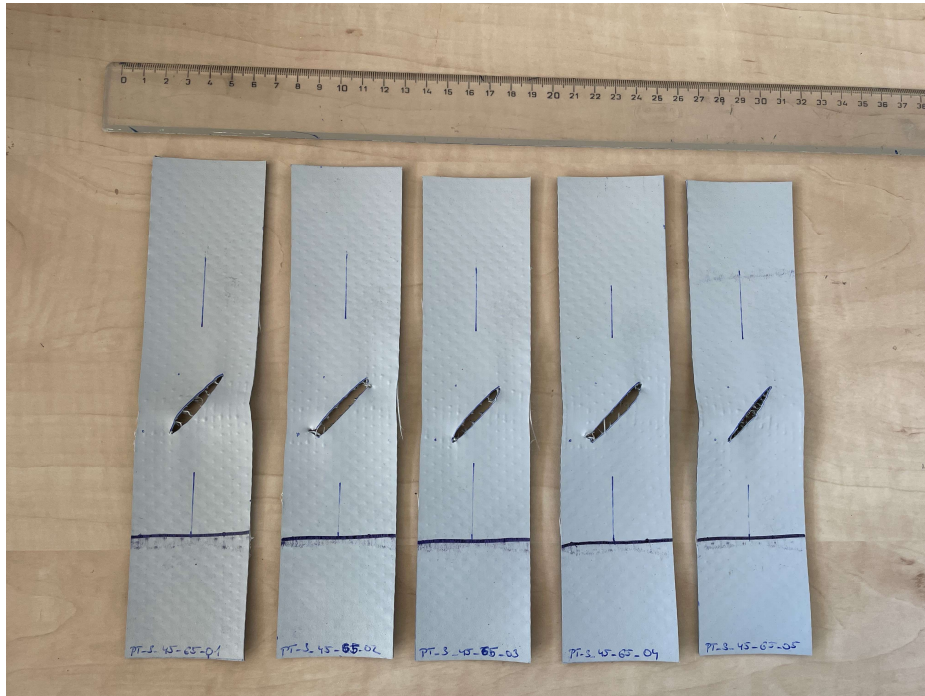
Obrázek 39 - Vzorky PT_S_65 část 2 po vykonání tahové zkoušky



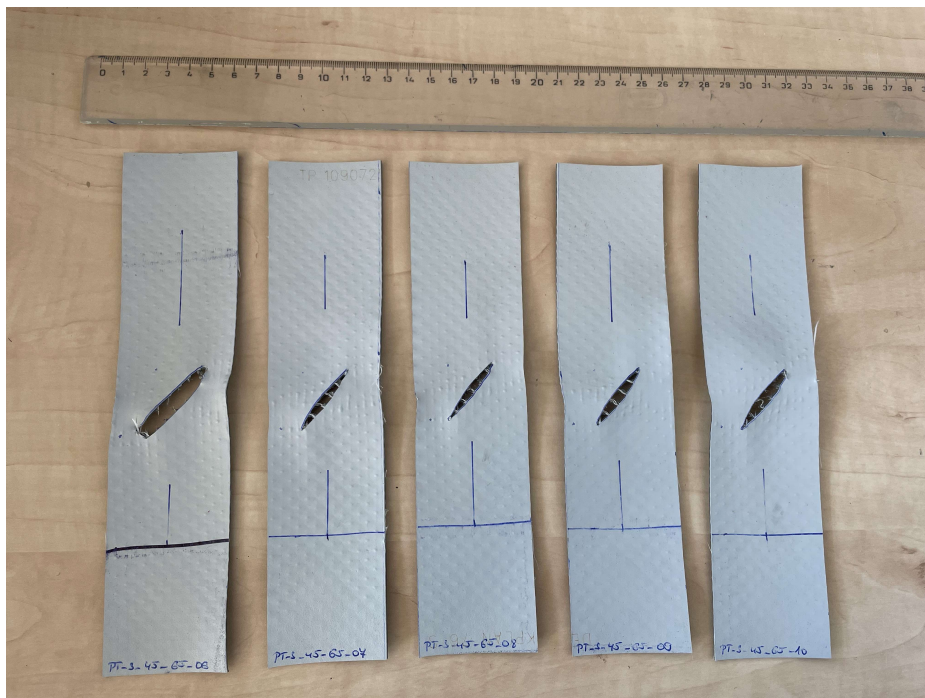
Obrázek 40 - Vzorčky PT_S_30_65 část 1 po vykonání tahové zkoušky



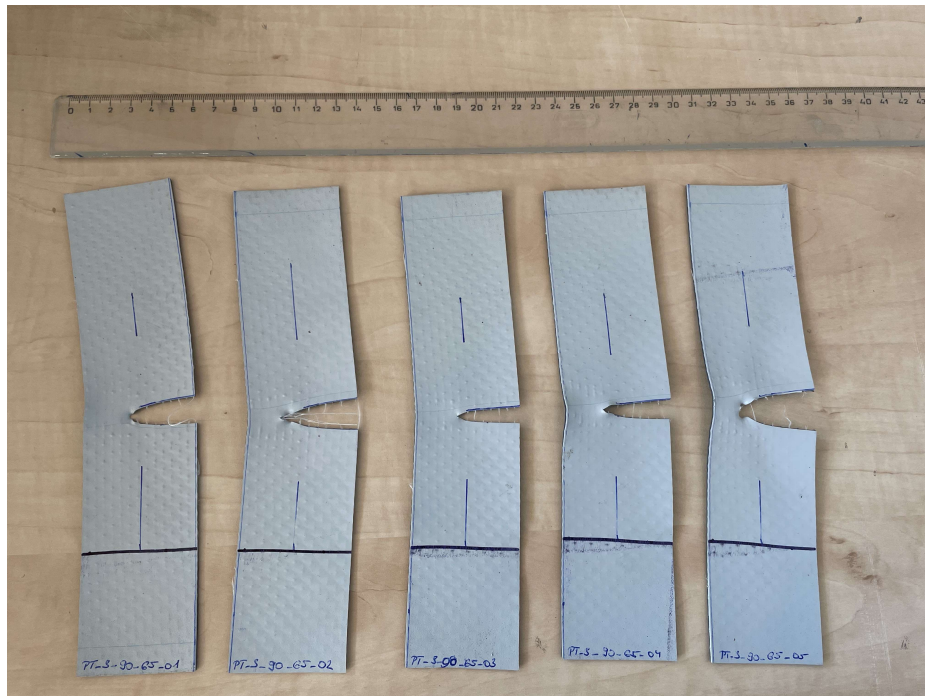
Obrázek 41 - Vzorčky PT_S_30_65 část 2 po vykonání tahové zkoušky



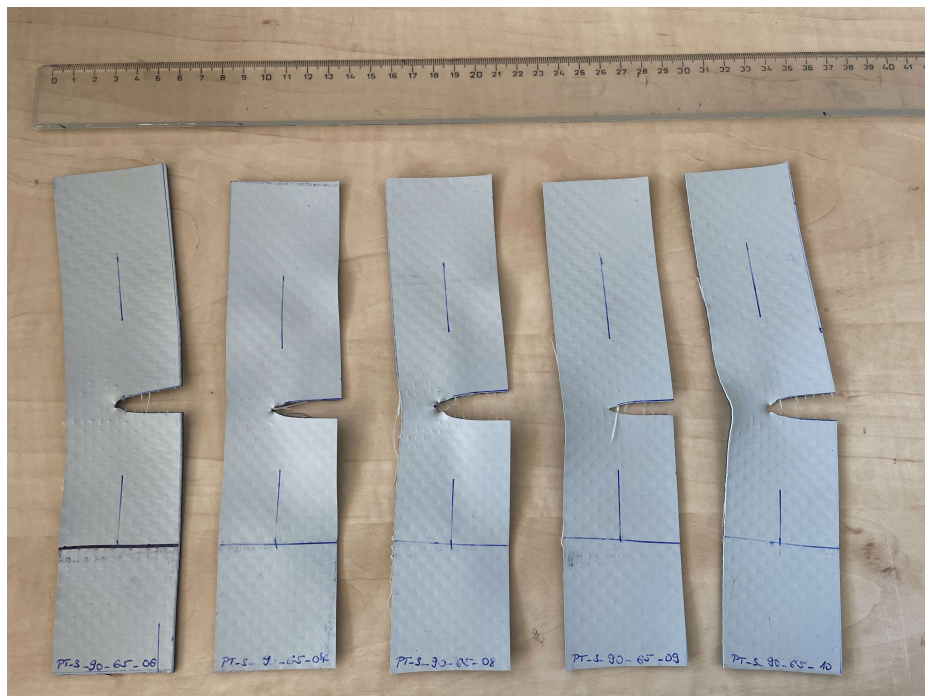
Obrázek 42 - Vzorky PT_S_45_65 část 1 po vykonání tahové zkoušky



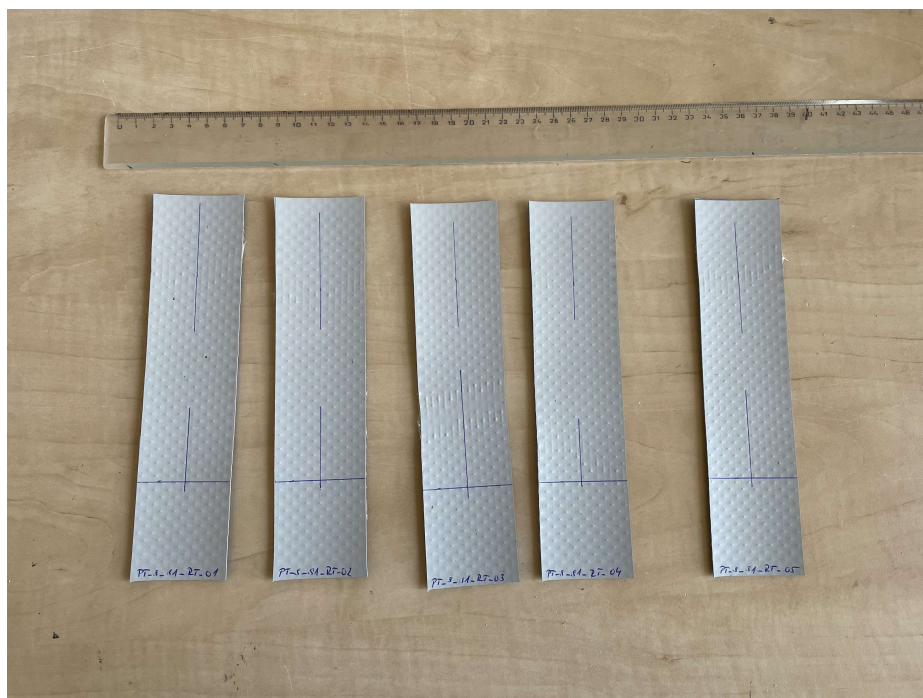
Obrázek 43 - Vzorky PT_S_45_65 část 2 po vykonání tahové zkoušky



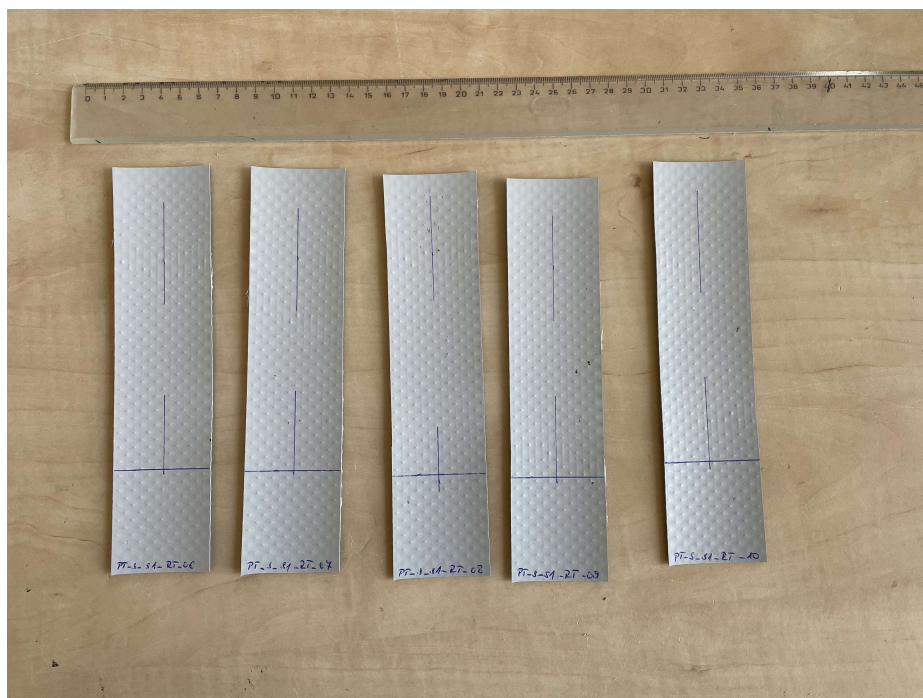
Obrázek 44 - Vzorky PT_S_90_65 část 2 po vykonání tahové zkoušky



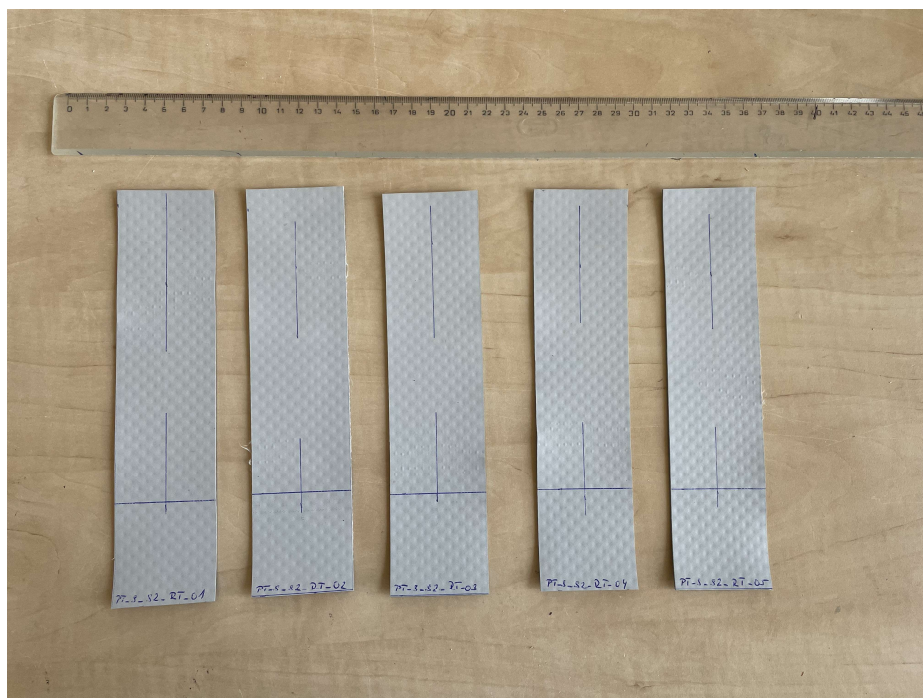
Obrázek 45 - Vzorky PT_S_90_65 část 2 po vykonání tahové zkoušky



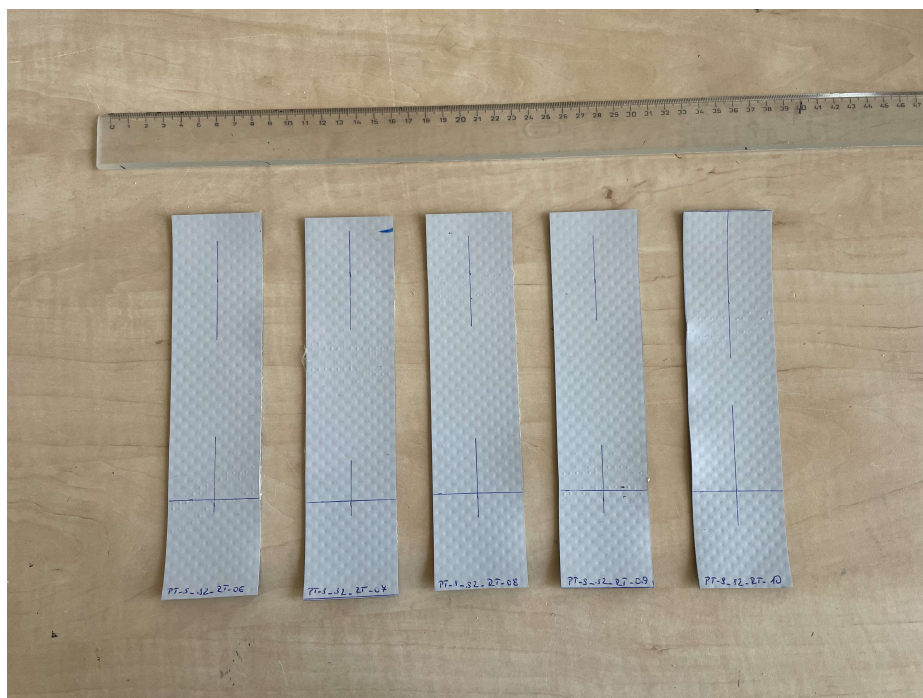
Obrázek 46 - Vzorky PT_S_SI_RT část 1 po vykonání tahové zkoušky



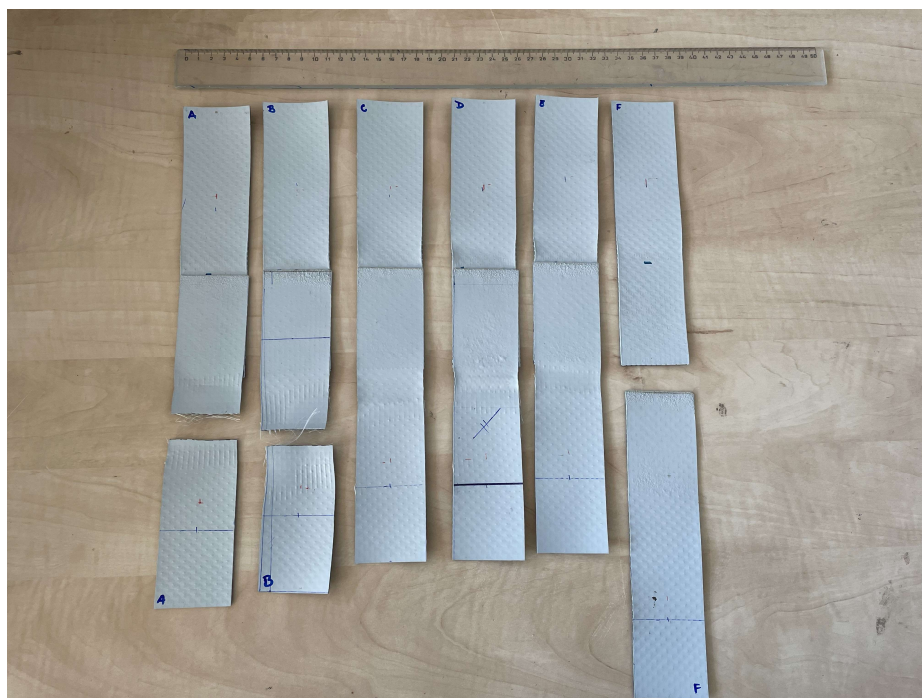
Obrázek 47 - Obrázek 42 - Vzorky PT_S_SI_RT část 2 po vykonání tahové zkoušky



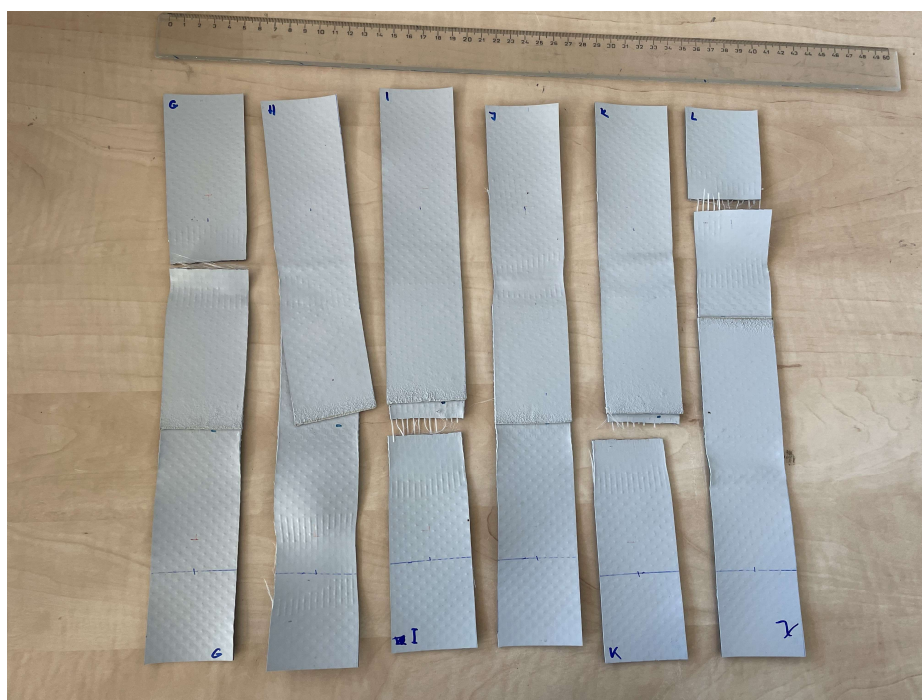
Obrázek 48 - Obrázek 42 - Vzorky PT_S_S2_RT část 1 po vykonání tahové zkoušky



Obrázek 49 - Obrázek 42 - Vzorky PT_S_S2_RT část 2 po vykonání tahové zkoušky



Obrázek 50 - Spojené vzorky 65 část 1 po vykonání tahové zkoušky



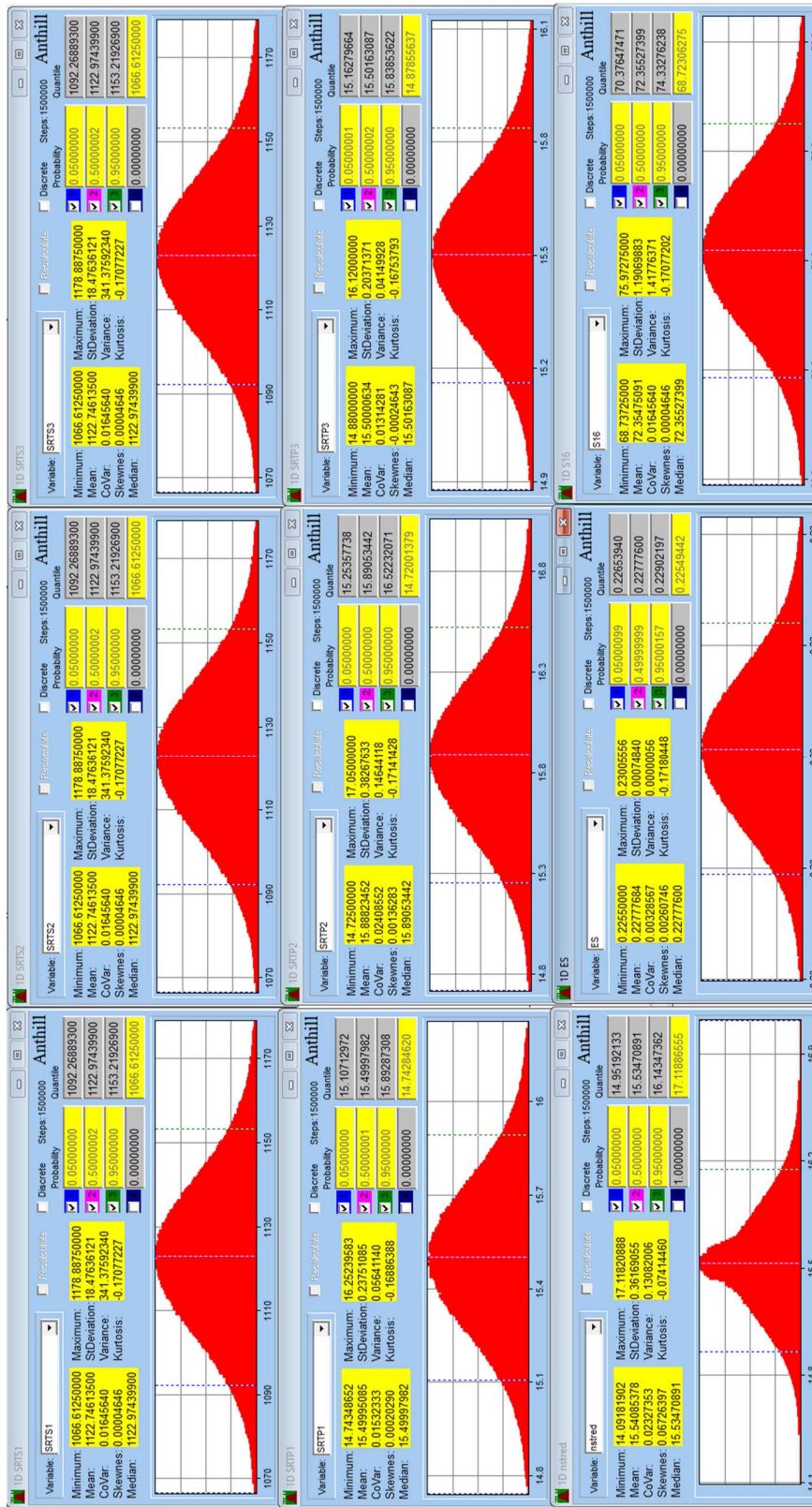
Obrázek 51 - Spojené vzorky část 2 po vykonání tahové zkoušky

PŘÍLOHA D: Výpočet pravděpodobnostní metodou SBRA

The screenshot displays the Anthill software interface. The main window shows a list of variables categorized into 'input variables' and 'evaluated variables'. The 'input variables' list includes parameters like F2, F3, F4, F5, F6, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, E, Fvar1, Fvar2, F7, F8, F9, F10, F11, F12, F13, F14, F15, F16, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, SRT3, SRT2, SRT1, SRT4, SRT5, SRT6, SRT7, SRT8, SRT9, SRT10, SRT11, SRT12, SRT13, SRT14, SRT15, SRT16, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, PM7, PM8, PM9, PM10, PM11, PM12, PM13, PM14, PM15, and PM16. The 'evaluated variables' list includes PM2, PM3, PM4, PM5, PM6, SRTP1, SRTP2, SRTP3, ES, S1, S2, S3, S4, S5, S6, n2, n3, n4, n5, n6, n7, n8, n9, n10, n11, n12, n13, n14, n15, n16, n17, n18, n19, n20, n21, n22, n23, n24, n25, n26, n27, n28, n29, n30, n31, n32, n33, n34, n35, n36, n37, n38, n39, n40, n41, n42, n43, n44, n45, n46, n47, n48, n49, n50, n51, n52, n53, n54, n55, n56, n57, n58, n59, n60, n61, n62, n63, n64, n65, n66, n67, n68, n69, n70, n71, n72, n73, n74, n75, n76, n77, n78, n79, n80, n81, n82, n83, n84, n85, n86, n87, n88, n89, n90, n91, n92, n93, n94, n95, n96, n97, n98, n99, n100, n101, n102, n103, n104, n105, n106, n107, n108, n109, n110, n111, n112, n113, n114, n115, n116, n117, n118, n119, n120, n121, n122, n123, n124, n125, n126, n127, n128, n129, n130, n131, n132, n133, n134, n135, n136, n137, n138, n139, n140, n141, n142, n143, n144, n145, n146, n147, n148, n149, n150, n151, n152, n153, n154, n155, n156, n157, n158, n159, n160, n161, n162, n163, n164, n165, n166, n167, n168, n169, n170, n171, n172, n173, n174, n175, n176, n177, n178, n179, n180, n181, n182, n183, n184, n185, n186, n187, n188, n189, n190, n191, n192, n193, n194, n195, n196, n197, n198, n199, n200, n201, n202, n203, n204, n205, n206, n207, n208, n209, n210, n211, n212, n213, n214, n215, n216, n217, n218, n219, n220, n221, n222, n223, n224, n225, n226, n227, n228, n229, n230, n231, n232, n233, n234, n235, n236, n237, n238, n239, n240, n241, n242, n243, n244, n245, n246, n247, n248, n249, n250, n251, n252, n253, n254, n255, n256, n257, n258, n259, n260, n261, n262, n263, n264, n265, n266, n267, n268, n269, n270, n271, n272, n273, n274, n275, n276, n277, n278, n279, n280, n281, n282, n283, n284, n285, n286, n287, n288, n289, n290, n291, n292, n293, n294, n295, n296, n297, n298, n299, n300, n301, n302, n303, n304, n305, n306, n307, n308, n309, n310, n311, n312, n313, n314, n315, n316, n317, n318, n319, n320, n321, n322, n323, n324, n325, n326, n327, n328, n329, n330, n331, n332, n333, n334, n335, n336, n337, n338, n339, n340, n341, n342, n343, n344, n345, n346, n347, n348, n349, n350, n351, n352, n353, n354, n355, n356, n357, n358, n359, n360, n361, n362, n363, n364, n365, n366, n367, n368, n369, n370, n371, n372, n373, n374, n375, n376, n377, n378, n379, n380, n381, n382, n383, n384, n385, n386, n387, n388, n389, n390, n391, n392, n393, n394, n395, n396, n397, n398, n399, n400, n401, n402, n403, n404, n405, n406, n407, n408, n409, n410, n411, n412, n413, n414, n415, n416, n417, n418, n419, n420, n421, n422, n423, n424, n425, n426, n427, n428, n429, n430, n431, n432, n433, n434, n435, n436, n437, n438, n439, n440, n441, n442, n443, n444, n445, n446, n447, n448, n449, n450, n451, n452, n453, n454, n455, n456, n457, n458, n459, n460, n461, n462, n463, n464, n465, n466, n467, n468, n469, n470, n471, n472, n473, n474, n475, n476, n477, n478, n479, n480, n481, n482, n483, n484, n485, n486, n487, n488, n489, n490, n491, n492, n493, n494, n495, n496, n497, n498, n499, n500, n501, n502, n503, n504, n505, n506, n507, n508, n509, n510, n511, n512, n513, n514, n515, n516, n517, n518, n519, n520, n521, n522, n523, n524, n525, n526, n527, n528, n529, n530, n531, n532, n533, n534, n535, n536, n537, n538, n539, n540, n541, n542, n543, n544, n545, n546, n547, n548, n549, n550, n551, n552, n553, n554, n555, n556, n557, n558, n559, n560, n561, n562, n563, n564, n565, n566, n567, n568, n569, n570, n571, n572, n573, n574, n575, n576, n577, n578, n579, n580, n581, n582, n583, n584, n585, n586, n587, n588, n589, n590, n591, n592, n593, n594, n595, n596, n597, n598, n599, n600, n601, n602, n603, n604, n605, n606, n607, n608, n609, n610, n611, n612, n613, n614, n615, n616, n617, n618, n619, n620, n621, n622, n623, n624, n625, n626, n627, n628, n629, n630, n631, n632, n633, n634, n635, n636, n637, n638, n639, n640, n641, n642, n643, n644, n645, n646, n647, n648, n649, n650, n651, n652, n653, n654, n655, n656, n657, n658, n659, n660, n661, n662, n663, n664, n665, n666, n667, n668, n669, n670, n671, n672, n673, n674, n675, n676, n677, n678, n679, n680, n681, n682, n683, n684, n685, n686, n687, n688, n689, n690, n691, n692, n693, n694, n695, n696, n697, n698, n699, n700, n701, n702, n703, n704, n705, n706, n707, n708, n709, n710, n711, n712, n713, n714, n715, n716, n717, n718, n719, n720, n721, n722, n723, n724, n725, n726, n727, n728, n729, n730, n731, n732, n733, n734, n735, n736, n737, n738, n739, n740, n741, n742, n743, n744, n745, n746, n747, n748, n749, n750, n751, n752, n753, n754, n755, n756, n757, n758, n759, n760, n761, n762, n763, n764, n765, n766, n767, n768, n769, n770, n771, n772, n773, n774, n775, n776, n777, n778, n779, n780, n781, n782, n783, n784, n785, n786, n787, n788, n789, n790, n791, n792, n793, n794, n795, n796, n797, n798, n799, n800, n801, n802, n803, n804, n805, n806, n807, n808, n809, n810, n811, n812, n813, n814, n815, n816, n817, n818, n819, n820, n821, n822, n823, n824, n825, n826, n827, n828, n829, n830, n831, n832, n833, n834, n835, n836, n837, n838, n839, n840, n841, n842, n843, n844, n845, n846, n847, n848, n849, n850, n851, n852, n853, n854, n855, n856, n857, n858, n859, n860, n861, n862, n863, n864, n865, n866, n867, n868, n869, n870, n871, n872, n873, n874, n875, n876, n877, n878, n879, n880, n881, n882, n883, n884, n885, n886, n887, n888, n889, n890, n891, n892, n893, n894, n895, n896, n897, n898, n899, n900, n901, n902, n903, n904, n905, n906, n907, n908, n909, n910, n911, n912, n913, n914, n915, n916, n917, n918, n919, n920, n921, n922, n923, n924, n925, n926, n927, n928, n929, n930, n931, n932, n933, n934, n935, n936, n937, n938, n939, n940, n941, n942, n943, n944, n945, n946, n947, n948, n949, n950, n951, n952, n953, n954, n955, n956, n957, n958, n959, n960, n961, n962, n963, n964, n965, n966, n967, n968, n969, n970, n971, n972, n973, n974, n975, n976, n977, n978, n979, n980, n981, n982, n983, n984, n985, n986, n987, n988, n989, n990, n991, n992, n993, n994, n995, n996, n997, n998, n999, n1000.

The 'Parameters' dialog box is open, showing the 'Anthill' window. It displays the 'Probability' distribution for 'SRT2' and 'SRT3'. The 'Probability' distribution for 'SRT2' has a mean of 1091.92941200 and a variance of 1122.55487000. The 'Probability' distribution for 'SRT3' has a mean of 1152.89321300 and a variance of 1122.55487000. The 'Probability' distribution for 'SRT4' has a mean of 1152.89321300 and a variance of 1122.55487000.

Obrázek 52 - Zadání do výpočtového programu Anthill pro vzorky PT_S_RT

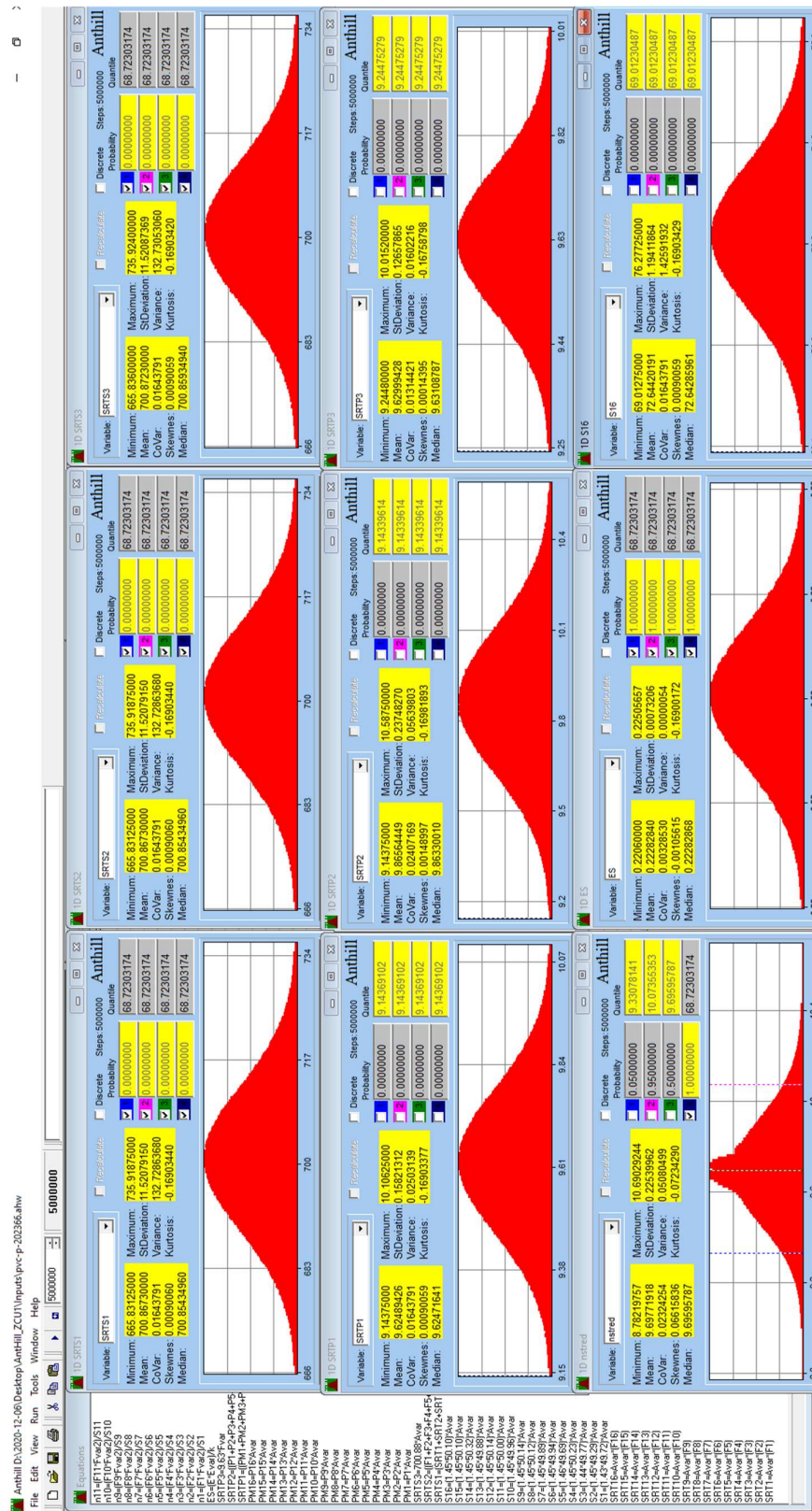


Obrázek 53 - Vyhodnocení z programu Anthill pro vzorky PT_S_RT

The screenshot displays the Anhill software interface. The main window shows a list of equations for variables S1 through S10, PM1 through PM11, and SRT1 through SRT16. The equations are complex mathematical expressions involving various input variables and constants. The 'Equations' window title is 'Anhill.DA.2020-12-06\Desktop\AntHill_ZCU\Inputs\pvc-p-202366.ahw'. The 'Variables' window is open, showing a table with columns for 'Variable', 'Type', 'Parameters', 'Comment', 'Activity', and 'Discrete'.

Variable	Type	Parameters	Comment	Activity	Discrete
SRT151	Constant	Min=0.590000000 Max=1.050000000	Histogram - gauss	Histogram	No
SRT152	Constant	Value=584	šala z šs N	Histogram	No
SRT153	Constant	Value=583		Histogram	No
PM1	Constant	Value=756		Histogram	No
PM2	Constant	Value=945		Histogram	No
PM3	Constant	Value=877		Histogram	No
PM4	Constant	Value=915		Histogram	No
PM5	Constant	Value=13.2		Histogram	No
PM6	Constant	Value=10.3		Histogram	No
SRT1P1	Constant	Value=12.7		Histogram	No
SRT1P2	Constant	Value=12		Histogram	No
SRT1P3	Constant	Value=12.4		Histogram	No
ES	Constant	Value=12.4		Histogram	No
S1	Constant	Min=0.590000000 Max=1.040000000		Histogram	No
n1	Constant	Min=0.590000000 Max=1.010000000		Histogram	No
S2	Constant	Value=0.2206		Histogram	No
S3	Constant	Min=0.590000000 Max=1.100000000		Histogram	No
S4	Constant	Value=0.99		Histogram	No
S5	Constant	Min=0.590000000 Max=1.050000000		Histogram	No
S6	Constant	Value=557		Histogram	No
n2	Constant	Value=624		Histogram	No
n3	Constant	Value=518		Histogram	No
n4	Constant	Value=606		Histogram	No
r5	Constant	Value=522		Histogram	No
r6	Constant	Value=685		Histogram	No
netted	Constant	Value=428		Histogram	No
SRT7	Constant	Value=526		Histogram	No
SRT8	Constant	Value=432		Histogram	No
SRT9	Constant	Value=78		Histogram	No
SRT10	Constant	Value=86		Histogram	No
SRT11	Constant	Value=86		Histogram	No
SRT12	Constant	Value=7.2		Histogram	No
SRT13	Constant	Value=84		Histogram	No
SRT14	Constant	Value=7.2		Histogram	No
SRT15	Constant	Value=12.4		Histogram	No
SRT16	Constant	Value=5.9		Histogram	No
S7	Constant	Value=7.2		Histogram	No
S8	Constant	Value=6.9		Histogram	No
S9	Constant	Value=6.9		Histogram	No
S10	Constant	Value=6.9		Histogram	No
S11	Constant	Value=6.9		Histogram	No
S12	Constant	Value=6.9		Histogram	No
S13	Constant	Value=6.9		Histogram	No
S14	Constant	Value=6.9		Histogram	No
S15	Constant	Value=6.9		Histogram	No
S16	Constant	Value=6.9		Histogram	No
PM7	Constant	Value=6.9		Histogram	No
PM8	Constant	Value=6.9		Histogram	No
PM9	Constant	Value=6.9		Histogram	No
PM10	Constant	Value=6.9		Histogram	No
PM11	Constant	Value=6.9		Histogram	No

Obrázek 54 - Zadání do programu Anhill pro vzorky PT_S_90_RT



Obrázek 55 - Vyhodnocení z programu Anthill pro vzorky PT_S_90_RT