

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
Návrh výpočtového modelu  
kotveného střešního souvrství**

**Lukáš Kolouch  
2018**

**Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.**

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze 26.5.2018

.....

Lukáš Kolouch

### **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Pavlu Svobodovi, CSc., za odborné vedení, cenné rady a věcné připomínky při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval společnosti Stavebniny DEK a. s., výzkumnému centru a jejím odborným pracovníkům za jejich cenné rady při zpracování daného tématu a trpělivost při poskytování odborných konzultací.



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kolouch	Jméno: Lukáš	Osobní číslo: 423137
Zadávací katedra: Katedra technologie staveb		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz budov		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh výpočtového modelu kotveného střešního pláště	
Název bakalářské práce anglicky: Draft of a calculation model for fixed roofing	
Pokyny pro vypracování:	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Analýza kotvení asfaltových pásů.</li><li>- Analýza testování kvality provedení hydroizolačního souvrství.</li><li>- Experimentální část návrh výpočtového modelu pro stanovení přídržnosti kotevního systému.</li></ul>	
Seznam doporučené literatury:	
<ul style="list-style-type: none"><li>- ETAG 006</li><li>- ETA kotevních prvků</li><li>- Technické listy použitých asfaltových pásů a kotevních prvků</li><li>- Příslušné související normy</li></ul>	
Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.	
Datum zadání bakalářské práce: 5.3.2018	Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018
<i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

## **Anotace**

V této bakalářské práci se v teoretické části zabývám možnostmi stabilizace hydroizolační vrstvy z asfaltových pásů a druhy zkoušek kvality provedení. V experimentální části se zabývám experimentálním návrhem výpočtového modelu pro skladby ploché střechy s povlakovou hydroizolační vrstvou ze samolepících asfaltových pásů lepené k mechanicky kotvené tepelněizolační vrstvě z polystyrenu.

## **Klíčová slova**

Plochá střecha, asfaltový pás, stabilizace, mechanické kotvení, zatížení větrem, sání větru, výtažné zkoušky

## **Annotation**

In the theoretical part of this bachelor thesis I focus on possibilities of stabilization of the waterproofing layer made of asphalt bands and testing methods of execution quality. In the experimental part I deal with the experimental draft of a calculation model for composition of flat roofs with a waterproofing coating layer made of self-adhesive asphalt bands glued to a mechanically anchored thermal insulation layer of polystyrene.

## **Keywords**

Flat roof, asphalt belt, stabilization, mechanical anchoring, wind load, wind suction, exam tests

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
1.1	Historie asfaltových pásů.....	9
1.2	Cíle práce.....	9
<b>2</b>	<b>STABILIZACE ASFALTOVÝCH PÁSŮ</b> .....	<b>10</b>
2.1	Mechanické kotvení.....	10
2.2	Lepení.....	14
2.3	Natavení.....	15
2.4	Přetížení.....	15
<b>3</b>	<b>KONTROLA TĚSNOSTI HYDROIZOLAČNÍ VRSTVY</b> .....	<b>15</b>
3.1	Vizuální kontrola.....	16
3.2	Jiskrová zkouška.....	16
3.3	Zátopová zkouška.....	16
3.4	Podtlaková zkouška spojů .....	17
3.5	Přetlaková zkouška.....	17
3.6	Dýmová zkouška .....	17
3.7	Termografická defektoskopie.....	17
3.8	Impedanční defektoskopie.....	17
<b>4</b>	<b>ZATÍŽENÍ NA STŘEŠNÍ SOUVRSTVÍ</b> .....	<b>18</b>
4.1	Zatížení větrem.....	18
4.1.1	Výpočet dle ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1 – 4: Obecná zatížení – Zatížení větrem [2].....	18
4.2	Zatížení sněhem.....	21
<b>5</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST</b> .....	<b>22</b>
5.1	Analýza porušení skladby.....	23
5.2	Zkušební metoda .....	23
5.3	Postup zkoušek .....	23
5.4	Vyhodnocení.....	33
5.4.1	Vyhodnocení zkoušek s tloušťkou EPS 60mm.....	33
5.4.2	Vyhodnocení zkoušek s tloušťkou EPS 100mm.....	34
5.4.3	Vyhodnocení zkoušek s tloušťkou EPS 140mm.....	35

5.5 Výpočtový model .....	36
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>38</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>41</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>42</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>43</b>
<b>INTERNETOVÉ STRÁNKY.....</b>	<b>44</b>
<b>PŘÍLOHA A – DATA ZE ZKOUŠEK.....</b>	<b>45</b>



# 1 ÚVOD

## 1.1 Historie asfaltových pásů

První hydroizolační pásy, přesněji dehtové později asfaltové papírové lepenky se u nás začaly vyrábět už před sto padesáti lety. První výrobní závod byl v Bělé pod Bezdězem již v roce 1868. K výrobě pásů používali jako vstupní surovinu dehet a průkopníkem přechodu na vstupní surovinu asfalt byla firma Charvát z Doudleb nad Orlicí, která začala ve třicátých letech minulého století pracovat s asfaltem od americké firmy Vaccum oil Company. V dnešní době už výrobci hydroizolačních pásů dehet nepoužívají kvůli vysokému obsahu polyaromatických uhlovodíků.

První pásy se zesílenou povlakovou hmotou, které se nově aplikovaly natavováním, se začaly uplatňovat v polovině minulého století. Hlavní kvalitativní kroky kupředu byly díky vývoji nosných vložek, které se vyvíjely od papírových a hadrových lepenek až po dnešní nenasákavé nosné vložky. Podobně jako vývoj povlakové izolační vrstvy od dehtu přes asfalt, vesměs upravovaný oxidací, až po dnešní modifikované elastomery nebo plastomery, případně jejich kombinace. Vývojem prošly i povrchové úpravy a v neposlední řadě technologie zpracování.

## 1.2 Cíle práce

- Rešerše stabilizace asfaltových pásů
- Rešerše aplikace asfaltových pásů
- Rešerše testování kvality provedení hydroizolačního souvrství
- Návrh zkušebního modelu
- Vyhodnocení zkoušek
- Návrh výpočtového modelu kotveného střešního souvrství

## 2 STABILIZACE ASFALTOVÝCH PÁSŮ

Stabilizaci hydroizolační vrstvy z asfaltových pásů lze provést několika různými způsoby:

- Mechanické kotvení
- Lepení
- Natavení
- Přitížení

### 2.1 Mechanické kotvení

K mechanickému kotvení jsou vhodné oxidované či modifikované asfaltové pásy, s dostatečně pevnou výztužnou vložkou. Nejběžnější výztužná vložka bývá ze skleněné tkaniny obvykle s plošnou hmotností vložky 200 g/m<sup>2</sup>. Pro kotvení se rovněž také používají asfaltové pásy s vložkou z polyesterové rohože, nebo s vložkou speciální kombinovanou neboli kompozitní, z polyesterové rohože sprážené s výztužnými vlákny či skleněnou mřížkou. Nepřípustné a nespolehlivé je kotvení asfaltových pásů s vložkou ze skleněné rohože, a to pásů oxidačních i modifikovaných.

Pro mechanické kotvení se používají celokovové kotvy, nejčastěji jako šroub s podložkou kulatou nebo oválnou. Tyto kotvy se používají pro skladby s malou tloušťkou tepelné izolace obvykle do 60mm, nebo ve skladbách zcela bez tepelné izolace. Největší výhoda celokovových kotev je jejich tuhost v celé délce kotvy, hlavní využití je na šikmých plochách s větším sklonem. Tyto kotvy se ještě dělí podle podkladu, do kterého se kotví, na kotvy do betonu, lehčeného betonu, trapézového plechu, prkenného bednění nebo do desek na bázi dřeva.

Pro kotvení s větší tloušťkou tepelné izolace od 60 mm a víc se používají kotvy teleskopické, které se skládají z kovového šroubu, ten se volí stejně jako celokovové kotvy podle podkladu do kterého se fixuje, a z umělohmotného teleskopu. Teleskopické kotvy mají výhodu, že zamezují poškození hydroizolační vrstvy při našlápnutí na kotvu, protože se šroub může v trubici vertikálně volně pohybovat. Umělohmotné teleskopy se vyrábí v různých délkách od 30 mm až do délky 700 mm.

Kromě teleskopických a celokovových kotev se používají ještě různé speciální kotvy, například do hliníkových trapézových plechů nebo kotvení přes násypy.

U dvouvrstvého hydroizolačního souvrství se vždy kotví podkladní asfaltový pás. Tento asfaltový pás musí mít nosnou výztužnou vložku vhodnou pro mechanické kotvení. Vrchní pás, obvykle s ochranným hrubozrnným posypem, se plnoplošně natavuje na spodní mechanicky kotvený pás.

Samotné realizaci pokládky kotveného podkladního pásu předchází provedení tahových zkoušek pro zjištění únosnosti podkladu. U podkladů z trapézového plechu lze vycházet z přesných charakteristických vlastností daného ocelového plechu. Na základě tahových zkoušek, tloušťky tepelné izolace a použitých asfaltových pásů se navrhne typ kotevního prvku vyhovující jak z hlediska únosnosti podkladu, tak i z hlediska únosnosti asfaltového pásu na protržení kotvou. Zároveň se stanoví bezpečná hodnota výpočtového zatížení kotevního prvku, která je obvykle 0,4kN na kotvu. Nebo se použije hodnota návrhového zatížení na kotevní prvek dle ETAG 006 [1], pokud asfaltový pás a kotvy byly dle tohoto předpisu odzkoušeny. Poté se provede statický výpočet dle ČSN EN 1991-1-4 - Zatížení větrem [2], který stanoví počet kotev na 1 m<sup>2</sup> v jednotlivých oblastech ploché střechy: F, G, H, I. Pro větší sklon střechy než je 5° a tedy i jiné typy střech platí jiné rozdělení oblastí dle výše zmíněné normy ČSN EN 1991-1-4 – Zatížení větrem [2]. Podrobnější rozebrání v kapitole 3.1 Zatížení větrem.

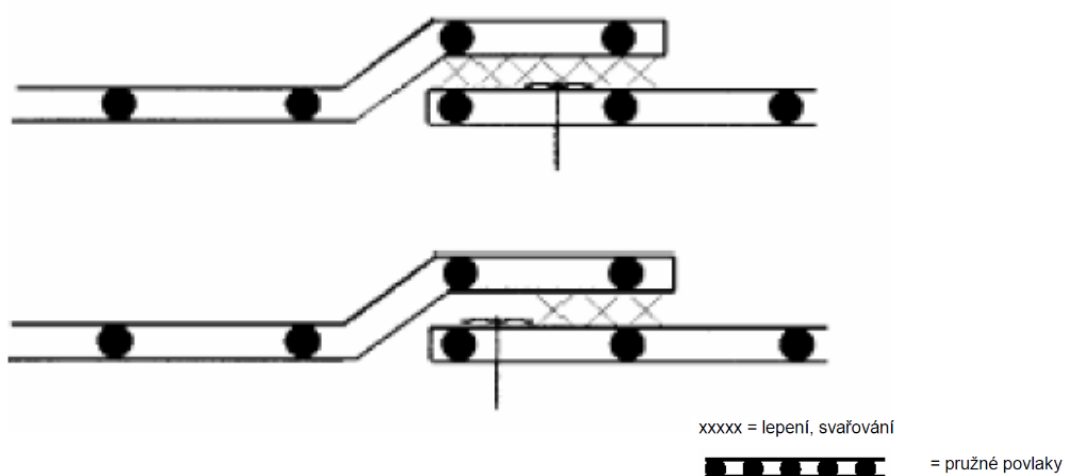
Pokládka kotveného podkladního pásu začíná jeho volným položením, vyrovnáním a vypnutím na podklad. Následně se provede jeho kotvení v přesazích, a to tak, aby okraj přítlačného talířku byl od okraje pásu minimálně 10 mm a současně byl překrývajícím pásem vytvořen minimálně 60 mm široký vodotěsný svar. Vzdálenost kotev v jedné řadě se stanoví z požadovaného počtu kotev na 1 m<sup>2</sup>. Zároveň by neměla být vzdálenost menší než 150 mm. Pokud se požadovaný počet nevejde do přesahů pásů, je nutno kotvit v ploše pásu. Většinou to bývá v polovině nebo dokonce i ve třetinách. V takovém případě se musí každá taková kotva v ploše překrýt vodotěsnou záplatou minimálně 200 x 200 mm, nebo pruhem pásu šířky minimálně 200 mm.

Na takto kotvený spodní asfaltový pás se celoplošně nataví druhý asfaltový pás opatřený na horním povrchu ochranným břídlíčným posypem a na spodní straně

spalitelnou PE fólií. Kladení druhého pásu se provádí stejným směrem jako první asfaltový pás. Druhá vrstva pásů musí být posunuta vůči sobě, tak aby spoje nebyly nad sebou. Tvoří-li hydroizolaci dva pásy, posunou se vůči sobě o polovinu šířky. Pásky se kladou na vazbu, tak aby čelní spoje byly vystřídány a styk bočního spoje měl tvar T.

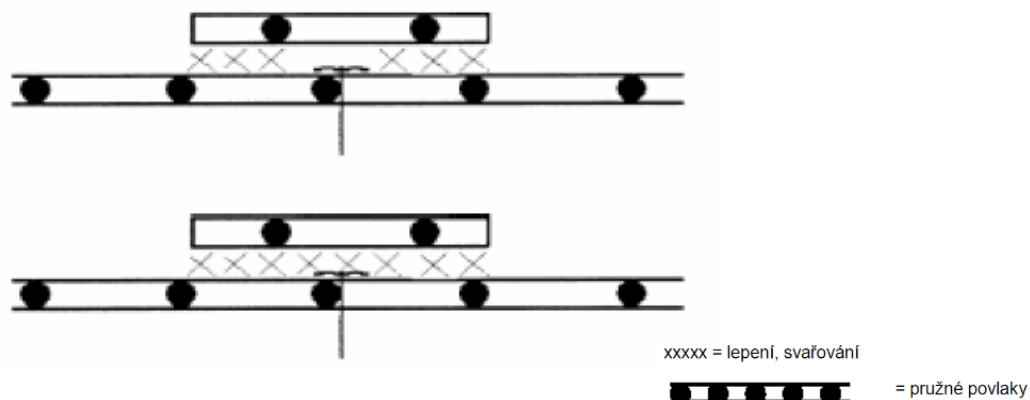
Druhy mechanického kotvení:

a) Kotvení v přesazích hydroizolace



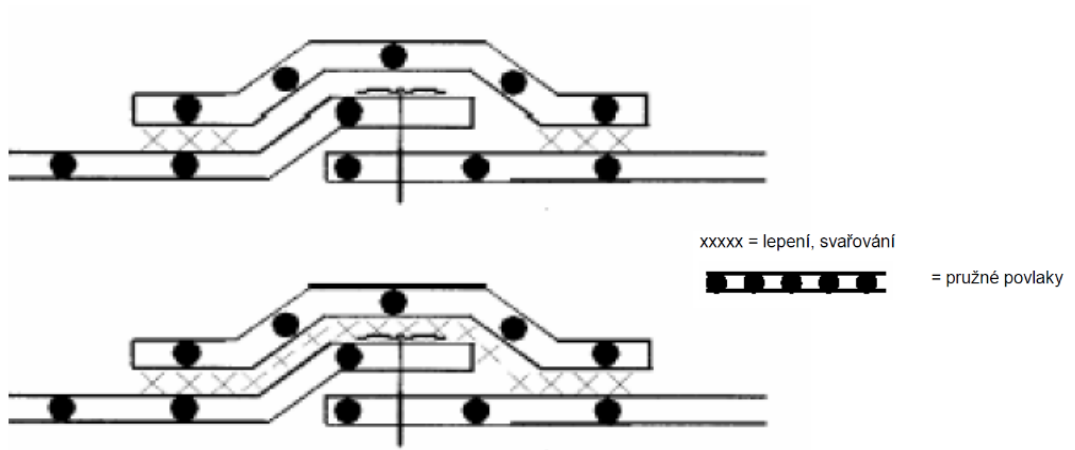
Obrázek 1 - Kotvení v přesazích [1]

b) Jednotlivé kotvení nezávislé na přesazích



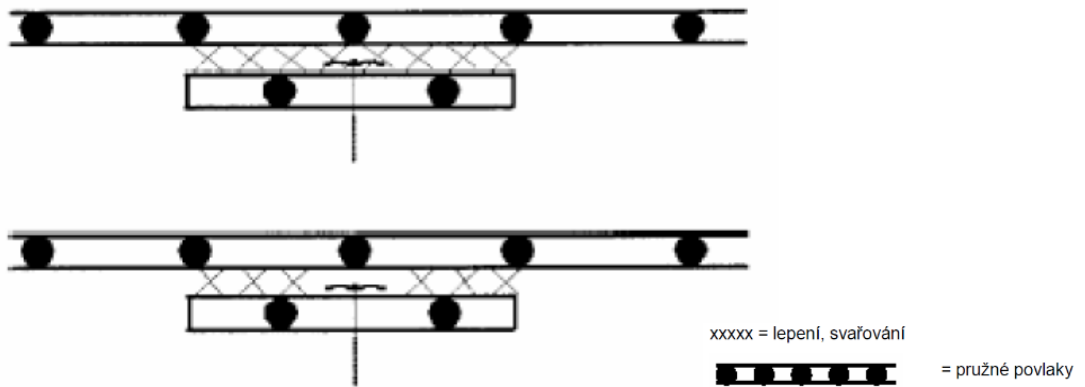
Obrázek 2 - Kotvení nezávislé na přesazích [1]

c) Zakrytá ukotvení v přesazích hydroizolace



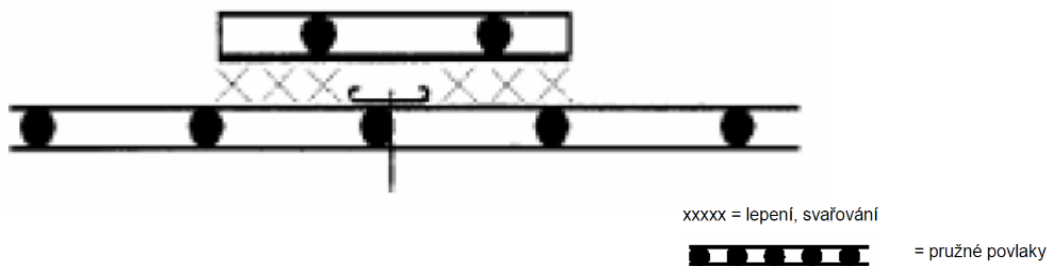
Obrázek 3 - Zakrytá ukotvení v přesazích hydroizolace [1]

d) Kotvení na spodní straně hydroizolace



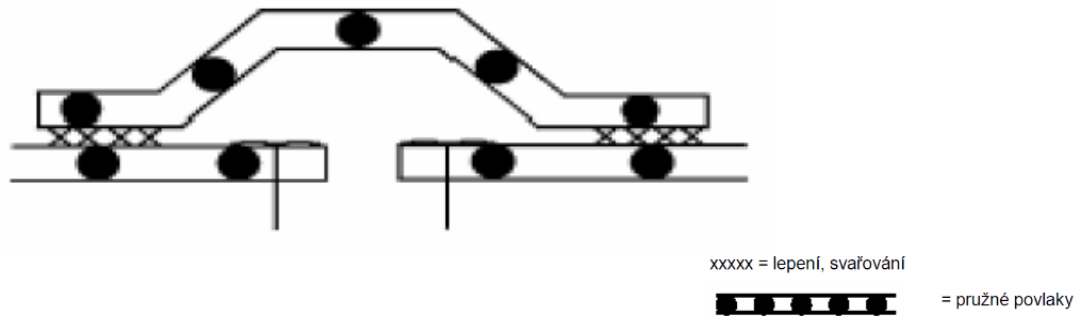
Obrázek 4 - Kotvení na spodní straně [1]

e) Liniové kotevní lišty



Obrázek 5 - Liniové kotevní lišty [1]

## f) Překrytá kotvení ve švech



Obrázek 6 - Překrytá kotvení ve švech [1]

Výhodou mechanicky kotvených asfaltových pásů je, že jedním postupem lze fixovat celou skladbu střechy a kotvení lze provádět i za zhoršených povětrnostních podmínek. Lokální fixace vyhovuje dilatačním pohybům podkladu i vrstvám střešního pláště.

## 2.2 Lepení

Pro lepení se používají speciální asfaltové pásy, které jsou na spodním povrchu opatřeny ochranou snímatelnou fólií, a na horním povrchu je spalitelná PE fólie. Tyto pásy lze aplikovat přímo na vrstvu z tepelné izolace (např. EPS, PIR, PUR), která musí být dostatečně připevněná k podkladu. Při aplikaci na silikátový podklad, dřevěné bednění nebo trapézový plech, musí být podklad opatřen asfaltovým nátěrem. Spoje podkladu se mohou přelepit např. malířskou páskou tak, aby nedošlo k přilepení v bezprostřední blízkosti spoje. To samé platí i pro dilatační spáry a trhliny v silikátovém podkladu. Aplikace probíhá sejmutím spodní silikonové fólie a následným přitlačením asfaltového pásu k podkladu. K plné aktivaci samolepícího asfaltového pásu je nutné prohřátí (např. natavením druhého asfaltového pásu, nahřátí horkým vzduchem, ...)

Výhodou samolepících asfaltových pásů je aplikace bez použití plamene. Tím dochází k urychlení realizace celé skladby a lze je použít i u objektů, konstrukcí a vrstev, kde nelze použít natavení pásu pomocí plamene.

## 2.3 Natavení

Pro natavování se používají asfaltové pásy, které jsou na spodním povrchu opatřeny separační PE fólií. Na horním povrchu jsou opatřeny ochranným břidličným posypem nebo jemným separačním posypem.

Natavování se aplikuje na silikátový podklad opatřený asfaltovým nátěrem nebo na již připevněný asfaltový pás. Aplikace probíhá za pomoci hořáku při teplotě okolo 100°C, ta je však závislá na počasí a okolních podmínkách. Natavení je možné dle místa a vhodnosti spojení s podkladem jako bodové natavení nebo celoplošné natavení. Bodové natavení se používá, když je dovolený dilatační posun. Bodové natavení probíhá natavením pěti bodů do metru čtverečního o velikosti kruhu cca 100 mm. Celoplošné natavení se používá, když asfalt spolupůsobí s podkladem např. při opracování detailů, hydroizolační souvrství z více vrstev, k tepelné izolaci z pěnoskla.

## 2.4 Přítížení

Přítížení asfaltových pásů se používá u provozních střech nebo u spodních staveb. Pro stabilizaci přítížením se používají těžké materiály (prané říční kamenivo, substrát vegetačního souvrství, dlaždice na podložkách, betonová vrstva). Hydroizolační vrstva z asfaltových pásů může být i provozně kotvena, spoje asfaltových pásů se musí kvalitně spojit ve spojích, aby bylo dosaženo voděnepropustnosti hydroizolační vrstvy. Při použití ve skladbě terasy s dlažbou na terče se pod terče musí dát přířez asfaltového pásu, aby se zamezilo poškození hydroizolační vrstvy. Ve skladbě přítížené vegetačním substrátem nebo tam, kde je riziko vzniku nebo průniku vegetace k asfaltovým pásům, musí být použit horní asfaltový pás s aditivou proti prorůstání kořínků, aby bylo zabráněno porušení hydroizolačního souvrství.

## 3 KONTROLA TĚSNOSTI HYDROIZOLAČNÍ VRSTVY

Kontrola těsnosti se provádí v průběhu realizace a po dokončení hydroizolací. Je nutné kontrolovat, zda nedošlo k poškození nechráněné hydroizolační vrstvy jinými stavebními procesy (např. pohybem osob v nevhodné obuvi, pojezdem mechanizace nebo skladováním materiálu, ...). Pro prokázání kvality provedení a vodotěsnosti hydroizolační vrstvy se provádějí staveništní zkoušky. Provedení

kontroly je důležité zejména v případech, kdy bude hydroizolace zakryta dalšími vrstvami.

### **3.1 Vizuální kontrola**

Vizuálně se kontroluje spojitost hydroizolace a to, zda rozsah a dimenze hydroizolačního souvrství odpovídá projektu a požadavkům.

### **3.2 Jiskrová zkouška**

Jiskrová zkouška je druhá nejčastěji využívaná zkouška. Při této zkoušce se využívá tzv. poroskopu s napětím mezi 5 kV až 40 kV. Elektroda je tažena po povrchu hydroizolace rychlostí cca 10 m/min. V místě defektu hydroizolace přeskakují mezi elektrodou a podkladem jiskry, ty jsou viditelné a slyšitelné. Měření se nedá použít na nevodivém a suchém podkladu. Dále se měření nesmí provádět ve vlhkém prostředí, za mlhy či deště. Rozsah teplot při provádění zkoušky je 0 – 35°C. Zkouškou lze odhalit pouze lokální defekty přímo pod taženou elektrodou, to znamená, že na velkých střeších je kontrola velmi náročná na postup a preciznost provádění.

### **3.3 Zátopová zkouška**

Zátopová zkouška je nejpoužívanějším testem pro zjištění vodotěsnosti hydroizolační vrstvy. Zpravidla se provádí po rozsektorování zkoušené plochy hydroizolační vrstvy. Poté nastává cílené a řízené zaplavování jednotlivých sektorů nad nejvyšší úroveň hydroizolační vrstvy. Doba trvání zkoušky pro dostatečnou průkaznost je 48 hodin. Ukončení je možné i dříve po prvních průsacích. V odůvodněných případech se doporučuje vodu obarvit pro snadnější identifikaci přítoků.

Tento typ zkoušky má však mnohá úskalí. Především při zaplavení vrstev pod hydroizolační vrstvou může dojít v tepelných izolacích k degradaci jejich vlastností. Další problém může být ze strany statiky, kdy je zpravidla nutné vyžadovat vyjádření zodpovědného statika s ohledem na únosnost podkladních konstrukcí.

Ke každé zátopové zkoušce se provádí protokol, kde jsou zaznamenány informace o objektu, o typu povlakové izolace, údaje o výšce hladiny zátopové vody, nákres zkoušeného sektoru, datum a čas provádění zkoušky, klimatické podmínky a závěr s vyhodnocením zkoušky.



### **3.4 Podtlaková zkouška spojů**

Tato zkouška se provádí především u povlakových krytin ze syntetických fólií. K této zkoušce se využívá průhledný podtlakový zvon, ke kterému je připojena vývěva, se kterou se vytváří podtlak 0,02 MPa. Na zkoušenou plochu se nanese mýdlová voda, na takto namydlenou plochu se přikládá zvon a při defektu se na povrchu vytváří bublinky. Tato zkouška je velmi pracná a na velkých střeších prakticky nevyužitelná.

### **3.5 Přetlaková zkouška**

Tato zkouška se používá jen u povlakových krytin ze syntetických fólií a to v případě tzv. dvoustopých svárů. K této zkoušce se využívají napichovací duté jehly s kompresorem a s manometrickým měření. Defekt lze předpokládat při poklesu tlaku vyšším jak 10%. Zkouška nedává žádné relevantní výsledky pro plochu střešního pláště a zpravidla nelze používat na konstrukčních detailech, které bývají prováděné jednostopým ručním svárem.

### **3.6 Dýmová zkouška**

Dýmová zkouška je relativně nová metoda defektoskopie plochých střešních pláštů. Zkouška je založena na principu vhánění dýmu tlakem pod hydroizolaci. Používá se u fóliových hydroizolací a jednovrstvých kotvených asfaltových pásů. Pro průkaznost této zkoušky musí být těsný spodní plášť střechy. Zkouškou lze stanovit netěsnosti o velikosti 10 mm a větší. Dým je pod hydroizolaci vháněn při vnějších teplotách vyšší než 0 °C vháněn po dobu cca 15-25 minut. Po dosažení dostatečného tlaku dochází v případě netěsnosti k unikání barevného kouře.

### **3.7 Termografická defektoskopie**

Termografická defektoskopie využívá princip výrazného zvýšení prostupu tepla tepelnou izolací ve vlhkém stavu. Provádí se termografické snímkování a značení tzv. teplých ploch. Tuto metodu lze používat v zimním období v případě vytápěných prostor pod střešním pláštěm. Podmínkou pro provádění této zkoušky je, že povrch musí být bez sněhové nebo jiné pokrývky a zatěžovacích krycích vrstev.

### **3.8 Impedanční defektoskopie**

Tato zkouška je do budoucna nejperspektivnější. Zkouška je nedestruktivní a je založena na měření elektrické impedance ve vrstvách pod hlavní povlakovou

hydroizolací. Pro měření se používají příložené impedanční vlhkoměry. Impedancí se rozumí zdánlivý odpor vznikající při průchodu harmonického střídavého elektrického proudu dané frekvence.[17]

## 4 ZATÍŽENÍ NA STŘEŠNÍ SOUVRSTVÍ

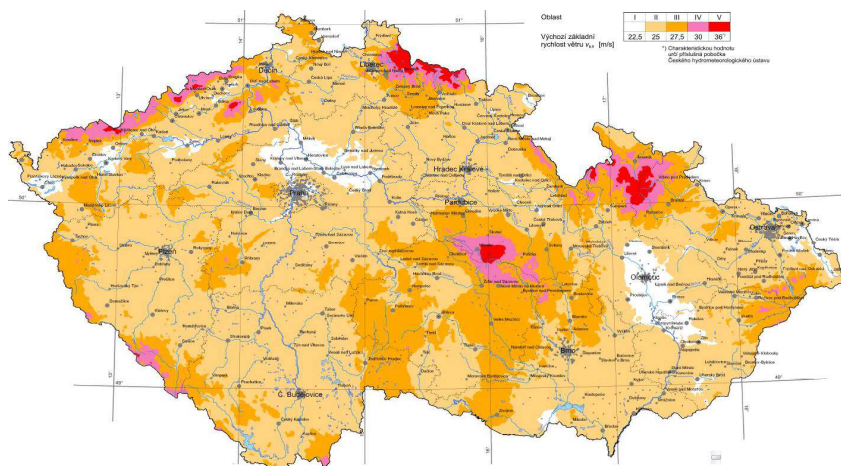
### 4.1 Zatížení větrem

Zatížení větrem je klimatické zatížení, které lze popsat jako tlaky nebo síly působící na vnější povrch střechy. Vzhledem k charakteru je zatížení od větru nejrozšířenější, které se vyskytuje po celém světě. Výpočet zatížení větrem se provádí podle normy ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1 – 4: Obecná zatížení – Zatížení větrem [2]. Zatížení od větru je závislé na tvaru, velikosti, výšce, způsobu ukončení okraje a dynamických vlastnostech konstrukce. Další důležitou složkou pro výpočet je okolí objektu (orografie terénu, vzdálenosti okolních budov, ...) a geografické umístění objektu (větrná oblast, nadmořská výška, ...). Ploché střechy pro výpočet zatížení větrem jsou definovány do sklonu 5°. Výsledné oblasti se dělí na rohové, okrajové a vnitřní viz obrázek 11.

#### 4.1.1 Výpočet dle ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1 – 4: Obecná zatížení – Zatížení větrem [2]

Pro výpočet je nutné znát rozměry objektu - délku, šířku, výšku a zakončení střechy (atika, ostrá hrana, zakřivené hrany, ...).

Dalším krokem je správné zvolení větrné oblasti podle umístění objektu a tím pádem zvolení referenční rychlosti větru. Česká republika je rozdělena do pěti větrných oblastí.



Obrázek 7 - Mapa větrných oblastí ČR [2]

Dále se zvolí kategorie terénu dle umístění a okolních podmínek. V této normě jsou definovány čtyři kategorie.

Kategorie terénu	z <sub>0</sub> [m]	z <sub>min</sub> [m]
0 Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenosti jsou větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami, nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10
POZNÁMKA Kategorie terénu jsou zobrazeny v A.1.		

Obrázek 8 - Kategorie terénu [2]

**Charakteristický maximální dynamický tlak** se spočte dle vzorce:

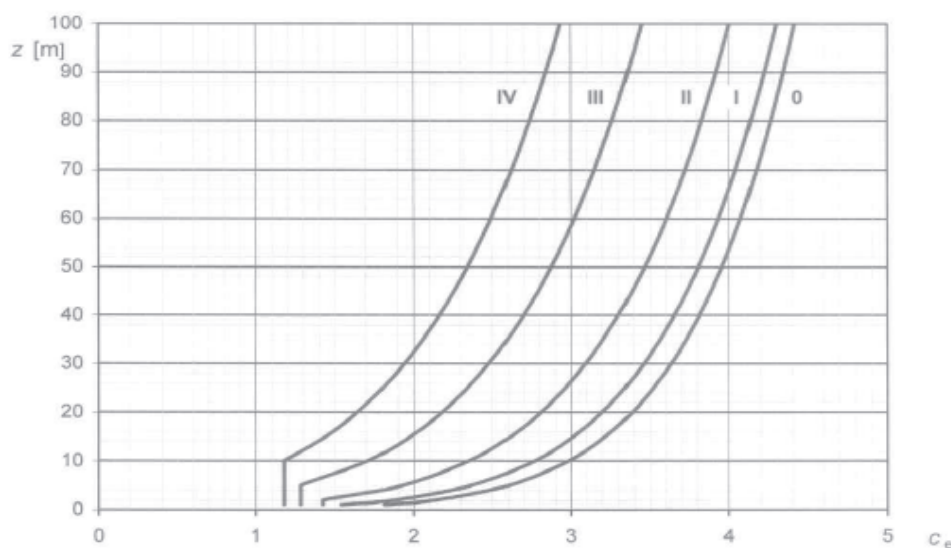
$$q_p(z) = c_e(z) * q_b$$

$c_e(z)$  – součinitel expozice, odečet z grafu viz Obrázek 9, na základě výšky objektu a kategorie terénu

$$q_b - \text{základní tlak větru ze vztahu } q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

$\rho$  – měrná hmotnost vzduchu závislá na nadmořské výšce

$v_b$  – základní rychlost větru vypočítaná kategorie terénu, směru větru a ročním obdobím



Obrázek 9 - Graf součinitele expozice  $c_e(z)$  [2]

**Tlak větru na vnější povrchy** se spočte dle vzorce:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$q_p(z_e)$  – maximální dynamický tlak

$z_e$  – referenční výška pro vnější tlak

$c_{pe}$  – Součinitel vnějšího tlaku

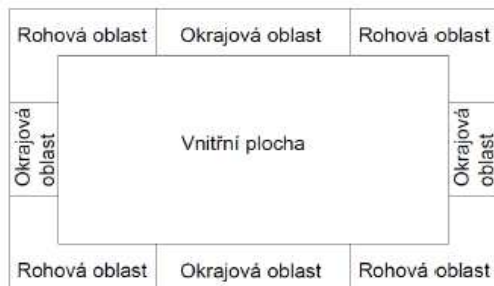
Typ střechy		Oblasti							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Ostré hrany		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
S atikou	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
Zakřivené hrany	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2	-0,2
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2	-0,2
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2	-0,2
Mansardové hrany	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2	-0,2
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2	-0,2
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	-0,2

**POZNÁMKY**

- Pro střechy s atikou nebo se zakřivenými okraji lze použít lineární interpolaci pro mezilehlé hodnoty  $h_p/h$  a  $r/h$ .
- Pro střechy s mansardovými okraji lze použít lineární interpolaci mezi hodnotami  $\alpha = 30^\circ, 45^\circ$  a  $\alpha = 60^\circ$ . Pro  $\alpha > 60^\circ$  se lineárně interpoluje mezi hodnotami pro  $\alpha = 60^\circ$  a hodnotami pro ploché střechy s ostrými hranami.
- V oblasti I, kde jsou dány kladné a záporné hodnoty, mají být uváženy obě hodnoty
- Pro mansardové hrany samotné jsou součinitele vnějšího tlaku uvedeny v tabulce 7.4a „Součinitele vnějšího tlaku pro sedlové střechy: směr větru  $0^\circ$ “, oblast F a G, v závislosti na úhlu sklonu mansardového okraje.
- Pro samotné zakřivené hrany se součinitele vnějšího tlaku stanovují lineární interpolací podél křivky mezi hodnotami na stěně a na střeše.
- Pro mansardové okraje s horizontálním rozměrem menším než  $e/10$  mají být použity hodnoty pro ostré hrany. Velikost  $e$  je definována na obrázku 7.6.

Obrázek 10 - Tabulka součinitelů vnějších tlaků na ploché střechy [2]

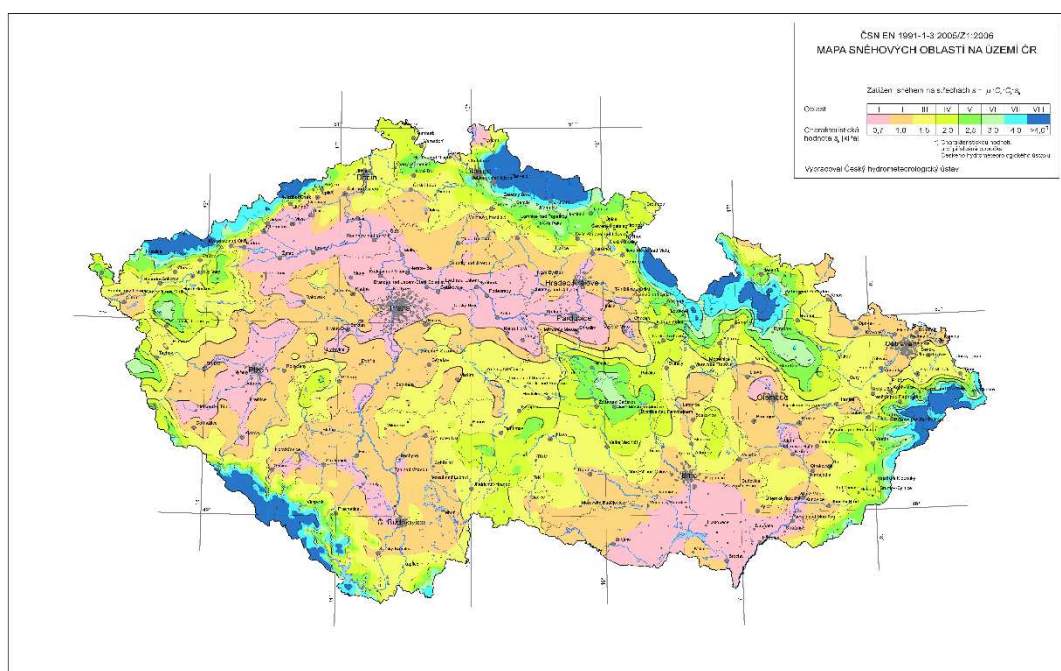
**Oblasti:** F – Rohová oblast, G – Okrajová oblast, H a I – Vnitřní plocha.



Obrázek 11 - Schéma výsledného vykreslení oblastí

## 4.2 Zatížení sněhem

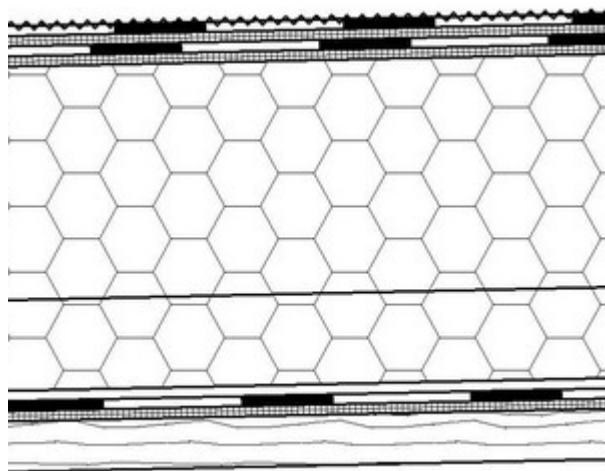
Výpočet zatížení sněhem provádíme dle normy ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem [3]. Česká republika, je rozdělena do osmi sněhových oblastí viz obrázek 12. Zatížení od sněhu ovlivňuje například tvar střechy, povrch střechy, teplotní ohřev střechy, zatížení na zachytávače sněhu, překážky a návěje.



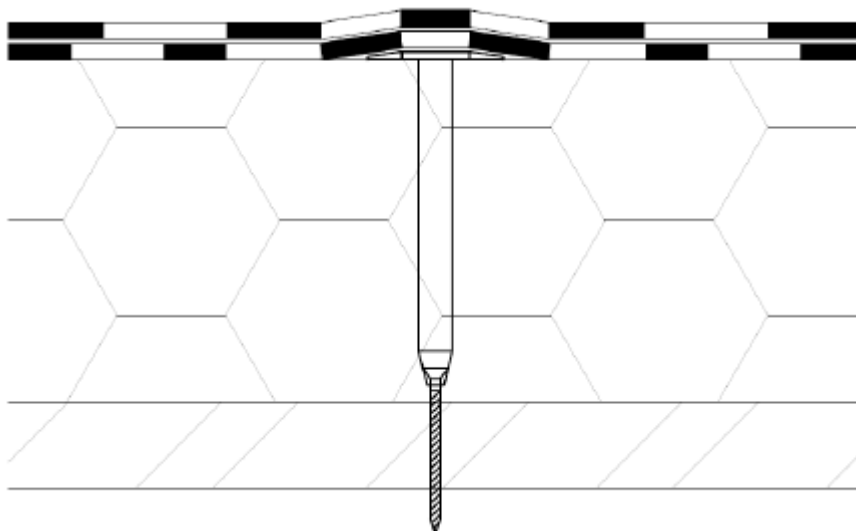
Obrázek 12 - Mapa sněhových oblastí ČR [3]

## 5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V této části se zabývám zkoušením odolnosti hydroizolační vrstvy z asfaltových pásů proti účinkům sání větru s následným návrhem výpočtového modelu. Pro zkoušení jsem zvolil jednoplášťovou nepochozí střechu s klasickým pořadím vrstev s různými tloušťkami a pevnostmi tepelné izolace viz Obrázek 13. Jako kotvení tohoto systému jsem zvolil mechanické kotvení tepelného izolantu viz Obrázek 14.



Obrázek 13 - Skladba jednoplášťové střechy s klasickým pořadím vrstev [13]



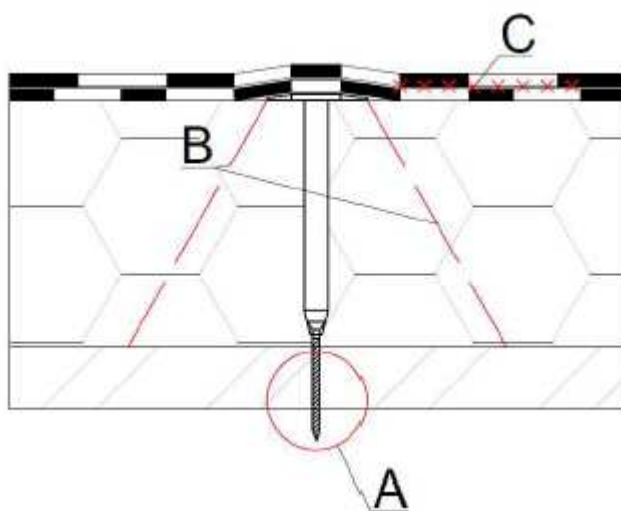
Obrázek 14 - Kotvení tepelné izolace [11]

Experimentální část probíhala v laboratořích společnosti DEK a. s. – Tiskařská 10/257, Praha 10. Veškeré zkoušky probíhaly při shodných okolních podmínkách teplota  $21 \pm 3$  °C a relativní vlhkost  $50 \pm 5\%$ .

## 5.1 Analýza porušení skladby

Při provádění výtahových zkoušek předpokládám, že porušení zkoušeného vzorku bude jedna z následujících variant:

- A. Porušení vytržením z nosného podkladu
- B. Porušení v tepelném izolantu
- C. Porušení svaru asphaltových pásů
- D. Materiálové porušení, porušení kotevního prvku, porušení asphaltového pásu



Obrázek 15 - Schéma možného porušení [11]

## 5.2 Zkušební metoda

Jako zkušební metodu jsem zvolil statické zatěžování skladby. Jedná se o základní mechanické zatěžování tělesa. Zkušební těleso je lineárně zatěžováno až do jeho porušení. V mém případě se jedná o zkoušku tahem.

## 5.3 Postup zkoušek

Použité materiály:

- Dřevoštěpková OSB deska 22 mm (2500x1250 mm) rovná hrana
- Expandovaný polystyren s pevností v tlaku 100 a 150 kPa při 10% stlačení
- Kotevní šroub do dřeva, pozinkovaná ocel
- Teleskopická podložka plastová (Teleskop), délky 45, 85 a 125 mm



- Samolepící SBS modifikovaný asfaltový pás, výztužná vložka ze skleněné tkaniny ( $200\text{g/m}^2$ ), horní povrch se spalitelnou PE fólií
- SBS modifikovaný asfaltový pás, břídlíčnatý posyp, výztužná polyesterová rohož vyztužená skleněnými vlákny ( $190\text{g/m}^2$ )

Použité nářadí a stroje:

- Měřicí a značkovací pomůcky (metr, tužka, ...)
- Izolačerský nůž
- Izolačerská špachtle
- Hořák s PB lahví
- Přítlačný ocelový válec na přesahy
- Akumulátorová vrtačka + bity
- Kotoučová ruční pila
- Strunová řezačka polystyrenu
- Měřicí přístroj - Zwick 1445



Obrázek 16 - Metr, izolačerský nůž [13]



Obrázek 17 - Izolačerská špachtle [13]

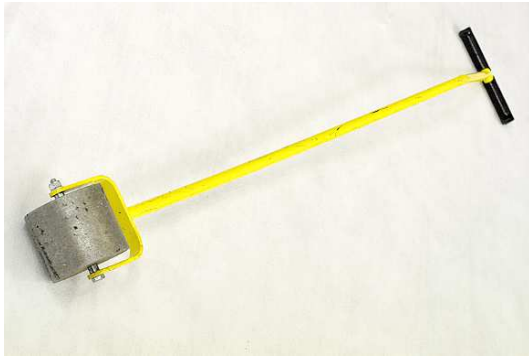


Obrázek 18 – Hořák [13]



Obrázek 19 - PB láhev [13]





Obrázek 20 – Přítlačný válec [13]

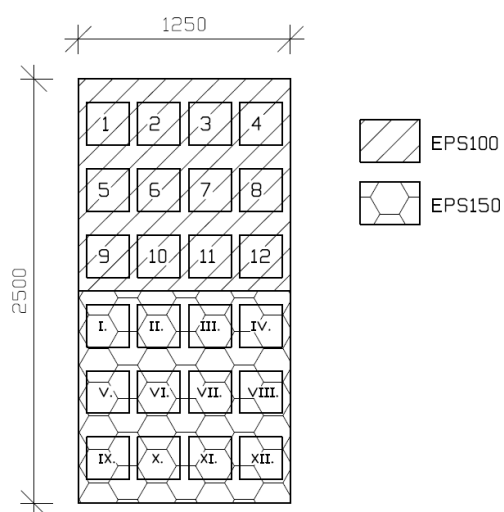


Obrázek 21 – Strunová řezačka polystyrenu [12]

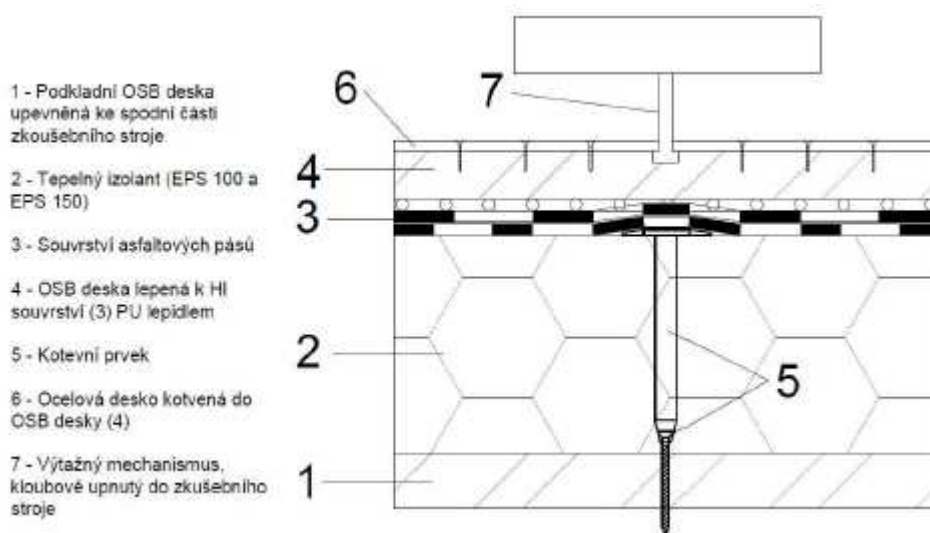


Obrázek 22 - Zkušební stroj Zwick 1445

Modely pro zkoušení jsem zvolil na základě inspirace v Diplomové práci Ing. Ondřeje Plíhala [8], kde jsou zkušební vzorky odebrány z provedeného modelu o velikosti 2,5 x 1,25 m viz Obrázek 23. Na obrázku 24 je znázorněné schéma zkušebního vzorku pro odtrhovou zkoušku.



Obrázek 23 - Schéma modelu a rozdělení vzorků



Obrázek 24 - Schéma modelu odtrhových zkoušek [11]

Jako první jsem si rozměřil na podkladní OSB desku rozmístění zkušebních vzorků o rozměru 250 x 250 mm. Po vytvoření jednotlivých dílců z polystyrenu jsem je postupně vkládal do předem připraveného rastru.



*Obrázek 25 - Rozkreslení rastru na OSB desky*

Dalším krokem bylo vyskládání mezer mezi zkušebními vzorky, aby byla vytvořena souvislá vrstva tepelné izolace, na kterou bude možné položit samolepící asfaltový pás. Po uceleném seskládání jsem provedl kotvení jednotlivých vzorků pomocí jedné kotvy, která byla umístěna uprostřed zkušebního vzorku.



*Obrázek 26 - Vyskládání zkušebních vzorků*

Na takto připravenou plochu jsem položil samolepící SBS modifikovaný asfaltový pás. Následně jsem pomocí PB láhve a hořáku celoplošně natavil druhou vrstvu modifikovaného SBS asfaltového pásu s břidličnatým posypem. Touto



aplikací došlo k plné aktivaci spodního samolepícího pásu. Přesahy byly zvoleny dle montážního návodu [6] 100 mm.



*Obrázek 27 - Kotvené vzorky, aplikace samolepícího pásu*



*Obrázek 28 - Výsledný model po aplikaci SBS modifikovaného asfaltového pásu s břidličnatým posypem*

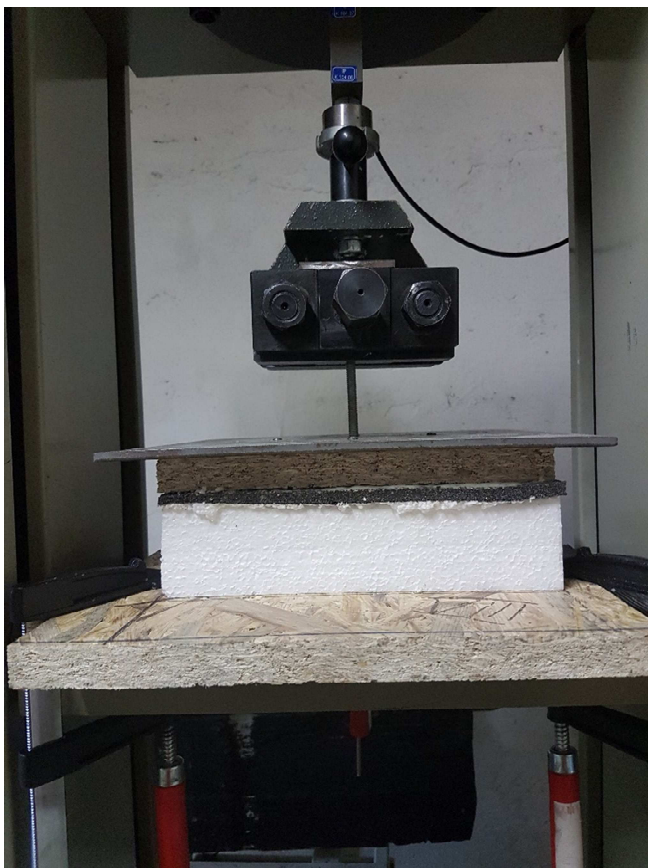
Realizovaný model jsem postupně rozřezal na zkušební vzorky. U každého vzorku jsem prováděl vizuální kontrolu kvality povedení. Pouze u dvou vzorků, které byly u kraje modelu se objevily vady na polystyrenu v důsledku kontaktu s plamenem nebo příliš dlouhého vaření nad daným vzorkem. Ostatní vzorky byly v pořádku.



*Obrázek 29 - Postupné rozřezávání na zkušební vzorky*

Po rozřezání na jednotlivé zkušební vzorky jsem na každý vzorek nalepil za pomoci lepidla PUK OSB desku, která bude sloužit pro připevnění horní části zkušebního stroje. Pro úplné dolehnutí horní ocelové desky bylo zapotřebí uprostřed vytvořit zádlab. K takto připraveným vzorkům jsem postupně za pomoci vrutů připevňoval ocelovou desku a prováděl odtrhové zkoušky. Sledoval a zaznamenával jsem posun, maximální sílu a typ porušení vzorku. Veškeré hodnoty jsem písemně a graficky zaznamenával a jsou k nahlédnutí v Příloze A.





*Obrázek 30 - Uchycení testovaného vzorku*



*Obrázek 31 - Pohled na porušený vzorek*



*Obrázek 32 - Porušení vzorku s tl. EPS 60mm*



*Obrázek 33 - Porušení vzorku s tl. EPS 100mm*



*Obrázek 34 - Porušení vzorku s tl. EPS 140mm*



## 5.4 Vyhodnocení

### 5.4.1 Vyhodnocení zkoušek s tloušťkou EPS 60mm

Tloušťka EPS 60mm				
Pořadové číslo	Označení vzorku	Typ polystyrenu	Maximální síla [N]	Typ porušení
1	1.	EPS100	866,1	B
2	2.	EPS100	959,7	B
3	3.	EPS100	875,2	B
4	4.	EPS100	750,6	B
5	5.	EPS100	718,1	B
6	6.	EPS100	881,5	B
7	7.	EPS100	679,2	B
8	8.	EPS100	726,4	B
9	9.	EPS100	643,1	B
10	10.	EPS100	802,2	B
11	11.	EPS100	646,7	B
12	12.	EPS100	889,9	B
13	I.	EPS150	1125,1	B
14	II.	EPS150	995,0	B
15	III.	EPS150	870,4	B
16	IV.	EPS150	910,1	B
17	V.	EPS150	1049,0	B
18	VI.	EPS150	986,7	B
19	VII.	EPS150	1166,8	B
20	VIII.	EPS150	1001,8	B
21	IX.	EPS150	966,4	B
22	X.	EPS150	1191,0	B
23	XI.	EPS150	730,4	B
24	XII.	EPS150	1032,3	B

Tabulka 1 - Výsledky odtrhových zkoušek tloušťky EPS 60mm

Průměrná hodnota maximální síly u EPS100 je **786,6 N** a u EPS150 je to hodnota **1002,1 N**. Dle podobných průběhu grafů je patrné, že realizace i zkoušení probíhalo stejnoměrně. Veškeré grafy jsou obsaženy v příloze A. Každý vzorek se dle očekávání porušil v tepelné izolaci a to pod úhlem 30 - 45°.

## 5.4.2 Vyhodnocení zkoušek s tloušťkou EPS 100mm

Tloušťka EPS 100mm				
Pořadové číslo	Označení vzorku	Typ polystyrenu	Maximální síla [N]	Typ porušení
25	1.	EPS100	874,8	C
26	2.	EPS100	705,8	C
27	3.	EPS100	1133,1	B
28	4.	EPS100	1056,9	B
29	5.	EPS100	1089,8	B
30	6.	EPS100	1221,9	B
31	7.	EPS100	1217,2	B
32	8.	EPS100	1164,0	B
33	9.	EPS100	1105,7	B
34	10.	EPS100	1082,7	B
35	11.	EPS100	1068,8	B
36	12.	EPS100	1108,1	B
37	I.	EPS150	1301,7	B
38	II.	EPS150	1260,4	B
39	III.	EPS150	1499,7	B
40	IV.	EPS150	1298,9	B
41	V.	EPS150	1283,0	B
42	VI.	EPS150	1253,3	B
43	VII.	EPS150	1241,0	B
44	VIII.	EPS150	1621,1	B
45	IX.	EPS150	1447,7	B
46	X.	EPS150	1232,3	B
47	XI.	EPS150	1356,8	B
48	XII.	EPS150	1258,4	B

Tabulka 2 - Výsledky odtrhových zkoušek tloušťky EPS 100mm

Průměrná hodnota maximální síly u EPS100 je **1069,1 N** a u EPS150 je to hodnota **1337,9 N**. Dle podobných průběhu grafů je patrné, že realizace i zkoušení probíhalo stejnoměrně. Veškeré grafy jsou obsaženy v příloze A. Vzorky 27 - 48 se dle očekávání porušily v tepelné izolaci a to pod úhlem 30 - 45°. První dva vzorky 25 a 26 se porušily ve spoji tepelné izolace a asfaltového pásu. Příčina tohoto porušení je delší vaření asfaltového pásu nad danými vzorky nebo kontakt plamene s polystyrenem.

### 5.4.3 Vyhodnocení zkoušek s tloušťkou EPS 140mm

Tloušťka EPS 140mm				
Pořadové číslo	Označení vzorku	Typ polystyrenu	Maximální síla [N]	Typ porušení
49	1.	EPS100	1210,4	B
50	2.	EPS100	1476,6	B
51	3.	EPS100	1060,1	B
52	4.	EPS100	1109,3	B
53	5.	EPS100	1207,3	B
54	6.	EPS100	1366,8	B
55	7.	EPS100	1107,7	B
56	8.	EPS100	1138,6	B
57	9.	EPS100	1103,3	B
58	10.	EPS100	1350,5	B
59	11.	EPS100	1292,2	B
60	12.	EPS100	1127,9	B
61	I.	EPS150	1327,5	B
62	II.	EPS150	1394,1	B
63	III.	EPS150	1328,7	B
64	IV.	EPS150	1327,1	B
65	V.	EPS150	1456,8	B
66	VI.	EPS150	1511,2	B
67	VII.	EPS150	1239,4	B
68	VIII.	EPS150	1366,8	B
69	IX.	EPS150	1385,8	A
70	X.	EPS150	1424,3	B
71	XI.	EPS150	1425,1	B
72	XII.	EPS150	1325,9	B

Tabulka 3 - Výsledky odtrhových zkoušek tloušťky EPS 140mm

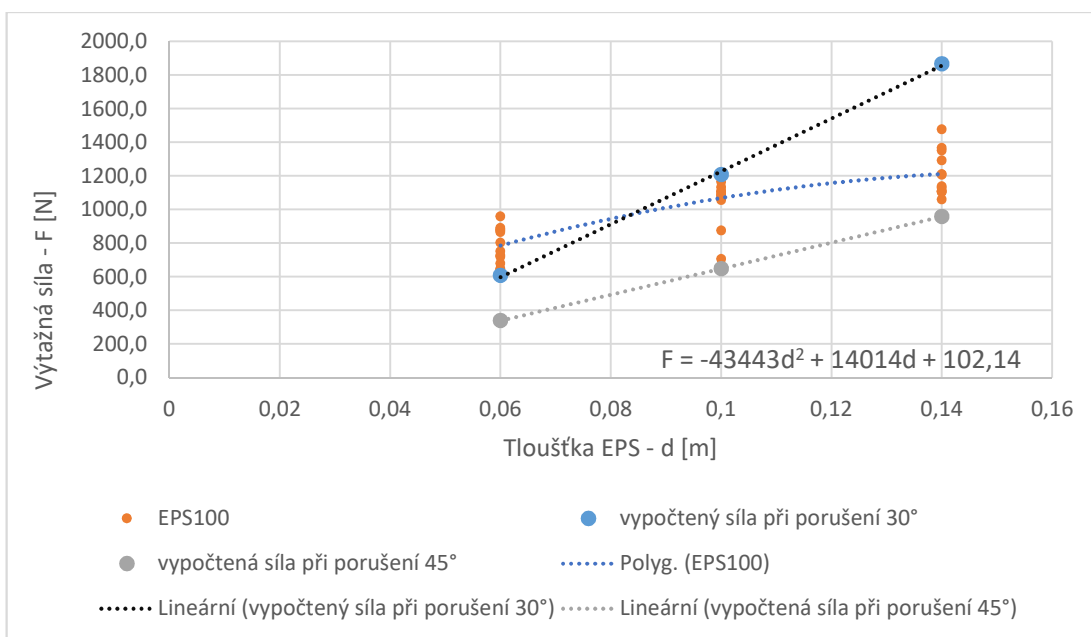
Průměrná hodnota maximální síly u EPS100 je **1212,6 N** a u EPS150 je to hodnota **1376,1 N**. Dle podobných průběhu grafů je patrné, že realizace i zkoušení probíhalo stejnoměrně. Veškeré grafy jsou obsaženy v příloze A. Kromě vzorku č. 69 se všechny dle očekávání porušily v tepelné izolaci a to protažením kotvy a následným vytržením kužele. Vzorek č. 69 se porušil vytržením kotevního prvku z podkladní OSB desky.

## 5.5 Výpočtový model

Na základě mých získaných hodnot a průběhů porušení jsem určil výpočtový model. Výpočtový model byl navržen na průměrné hodnoty. Na vytvoření výpočtového modelu jsem použil polynomickou spojnicí druhého stupně.

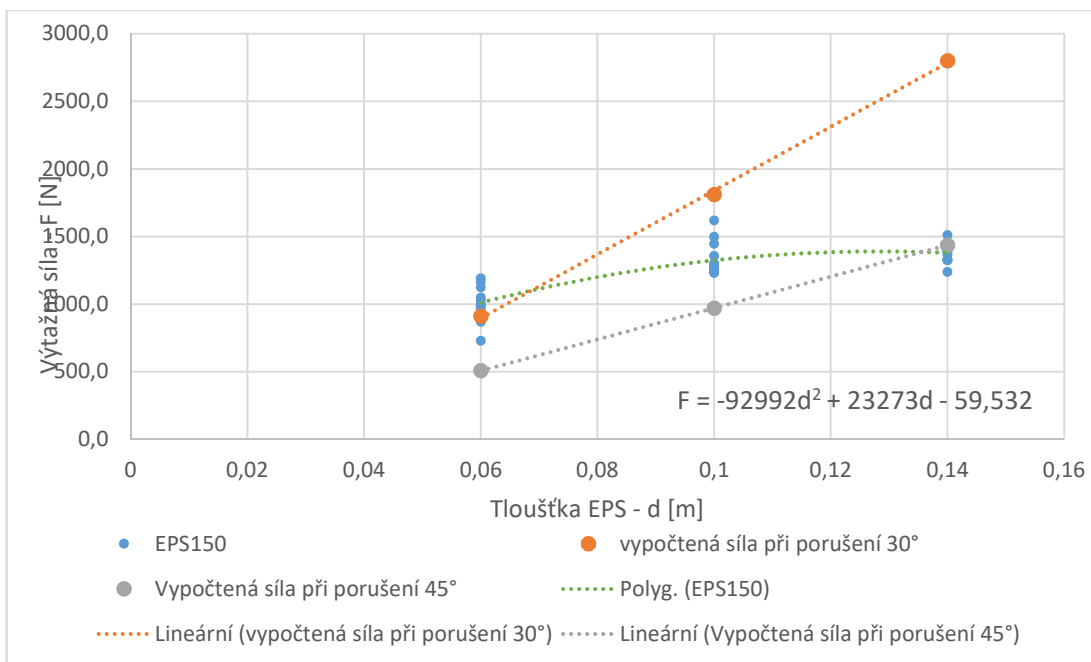
Při návrhu jsem vytvořil dvě rovnice, přitom jedna byla pro pevnost polystyrenu 100kPa a druhá pro pevnost 150kPa. Po zpětné kontrole polynomické rovnice jsem zjistil, že při dosazení tloušťek polystyrenu hodnoty odpovídaly mým získaným hodnotám. Při dosazení větších tloušťek polystyrenu jsem narazil na problém, že vycházely záporné hodnoty únosností. Důvod takovýchto výsledků je nedostatečná zásoba dat, kdy by bylo zapotřebí rozšířit data o další tloušťky polystyrenu.

Graf s rovnicí pro pevnost polystyrenu 100kPa:



Obrázek 35 - Graf s rovnicemi pro pevnost polystyrenu 100kPa

Graf s rovnicí pro pevnost polystyrenu 150kPa:



Obrázek 36 - Graf s rovnicemi pro pevnost polystyrenu 150kPa

Dle přiložených grafů je vidět, že u tloušťky polystyrenu 60 mm je mnou naměřená únosnost větší než výpočtová teoretická únosnost v rozmezí porušení pod úhlem 30-45°. U tlouštěk 100 a 140 mm je únosnost v rozmezí vypočtené teoretické pevnosti. Výjimku tvoří tloušťka polystyrenu 140mm v pevnosti 150kPa kde průměrná hodnota síly mnou změřená na vzorcích je menší než vypočtená teoretická síla. Důsledek tohoto výsledku je malá tuhost hlavy plastového teleskopu.

## ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se zabýval rešerší v oblasti plochých střech s povlakovou hydroizolací z asfaltových pásů a historií výroby asfaltových pásů v České republice. V dnešní době existuje velké množství jak výrobních závodů, tak i druhů asfaltových pásů s různými modifikacemi a úpravami. Každý pás je vhodný na jiné použití a to jak z hlediska aplikace tak i umístění ve skladbě. Proto se musí volit nejvhodnější pás dle doporučení výrobce, aby byla zajištěna správná funkčnost asfaltového pásu.

Zaměřil jsem se na druhy stabilizace a aplikace asfaltových pásů, kdy jsem rozebral jednotlivé druhy stabilizace a jejich výhody a nevýhody v rámci aplikace. V neposlední řadě jsem se zabýval zkouškami na kvalitu provedení hydroizolačního souvrství z asfaltových pásů. Zkoušek je několik typů od jednoduché vizuální kontroly až po specifické zkoušky pomocí přístrojů. Nejnovější a nejvíce perspektivní je právě impedanční defektoskopie, která je založena na měření elektrické impedance. Výsledkem této zkoušky je vlhkostní mapa zkoušeného objektu, díky které se dají určit oblasti s největším výskytem vlhkosti.

V experimentální části jsem prováděl odtrhové zkoušky na mnou vytvořené skladbě střešního pláště v malém měřítku. Provedl jsem tři modely střešního souvrství, kdy každý model měl jinou tloušťku tepelné izolace. Model střešní skladby byl tvořen z OSB desky, na které byl položen a mechanicky přikotven polystyren pomocí teleskopu a šroubu. Hydroizolační vrstvu tvořily dva modifikované SBS asfaltové pásy, kdy první pás byl pomocí samolepící vrstvy nalepen přímo na polystyren a druhý se následně celoplošně natavil na předchozí pás. Při této aplikaci vrchního pásu došlo k plné aktivaci samolepícího pásu. Při realizaci těchto modelů je potřeba dbát všech pokynů pro aplikaci dle předpisů od výrobce. Při kotvení polystyrenu je nutné dbát na správné utáhnutí, aby se teleskop příliš nezatlačil do polystyrenu. U natavování asfaltových pásů se musí dbát na ochranu polystyrenu před spálením. Pro použití PUK lepidla je potřeba dodržet správné dávkování, aplikace na čistý a suchý podklad a nechat lepidlo dostatečně vytvrdnout, aby nebyly ovlivněny výsledky zkoušek.

Z vytvořených modelů jsem udělal vzorky o rozměru 250 x 250 mm a ty jsem postupně odtrhával a zaznamenával hodnoty průběhu deformace až do úplného

porušení. Ze zaznamenaných dat jsem po vytvoření průměrných hodnot vytvořil polynomickou rovnici druhého stupně, díky které je možné po dosazení tloušťky polystyrenu spočítat maximální sílu kterou skladba s danou tloušťkou polystyrenu dokáže přenést. Kvůli malému množství zkoušených vzorků s různou tloušťkou polystyrenu nelze tyto rovnice použít pro větší tloušťky polystyrenu než je zkoušených 140mm. Dle průběhů které jsem zaznamenal a vypočetl, jsem došel k závěru, že únosnost skladby se dá zvětšit použitím teleskopů s větším průměrem a pevností hlavy. Toto zvyšování únosností lze provádět pouze do té míry, kterou dokáže přenést zbytek souvrství.

**Další vývoj:**

- Rozšíření databáze odtrhových zkoušek o další tloušťky polystyrenu pro vylepšení a zpřesnění výpočtového modelu, aby bylo možné použít pro výpočet únosnosti jakýchkoliv tloušťek polystyrenu.
- Použití tepelné izolace ve více vrstvách, aby byla simulována reálná situace.
- Použití teleskopů s větší plochou hlavy – pro zvětšení únosnosti celé skladby.



## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek 1 - Kotvení v přesazích [1]
- Obrázek 2 - Kotvení nezávislé na přesazích [1]
- Obrázek 3 - Zakrytá ukotvení v přesazích hydroizolace [1]
- Obrázek 4 - Kotvení na spodní straně [1]
- Obrázek 5 - Liniové kotevní lišty [1]
- Obrázek 6 - Překryté kotvení ve švech [1]
- Obrázek 7 - Mapa větrných oblastí ČR [2]
- Obrázek 8 - Kategorie terénu [2]
- Obrázek 9 - Graf součinitele expozice  $ce(Z)$  [2]
- Obrázek 10 - Tabulka součinitelů vnějších tlaků na ploché střechy [2]
- Obrázek 11 - Schéma výsledného vykreslení oblastí
- Obrázek 12 - Mapa sněhových oblastí ČR [3]
- Obrázek 13 - Skladba jednoplášťové střechy s klasickým pořadím vrstev [13]
- Obrázek 14 - Kotvení tepelné izolace [11]
- Obrázek 15 - Schéma možného porušení [11]
- Obrázek 16 - Metr, izolačnický nůž [13]
- Obrázek 17 – Izolačnická špachtle [13]
- Obrázek 18 – Hořák [13]
- Obrázek 19 - PB láhev [13]
- Obrázek 20 – Přítlačný válec [13]
- Obrázek 21 – Strunová řezačka polystyrenu [12]
- Obrázek 22 - Zkušební stroj Zwick 1445
- Obrázek 23 - Schéma modelu a rozdělení vzorků
- Obrázek 24 - Schéma modelu odtrhových zkoušek [11]
- Obrázek 25 - Rozkreslení rastru na OSB desky
- Obrázek 26 - Vyskládání zkušebních vzorků
- Obrázek 27 - Kotvené vzorky, aplikace samolepícího pásu
- Obrázek 28 - Výsledný model po aplikaci SBS modifikovaného asfaltového pásu s  
břidličnatým posypem
- Obrázek 29 - Postupné rozřezávání na zkušební vzorky
- Obrázek 30 - Uchycení testovaného vzorku
- Obrázek 31 - Pohled na porušený vzorek

Obrázek 32 - Porušení vzorku s tl. EPS 60mm

Obrázek 33 - Porušení vzorku s tl. EPS 100mm

Obrázek 34 - Porušení vzorku s tl. EPS 140mm

Obrázek 35 - Graf s rovnicemi pro pevnost polystyrenu 100kPa

Obrázek 36 - Graf s rovnicemi pro pevnost polystyrenu 150kPa

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 - Výsledky odtrhových zkoušek tloušťky EPS 60mm

Tabulka 2 - Výsledky odtrhových zkoušek tloušťky EPS 100mm

Tabulka 3 - Výsledky odtrhových zkoušek tloušťky EPS 140mm

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

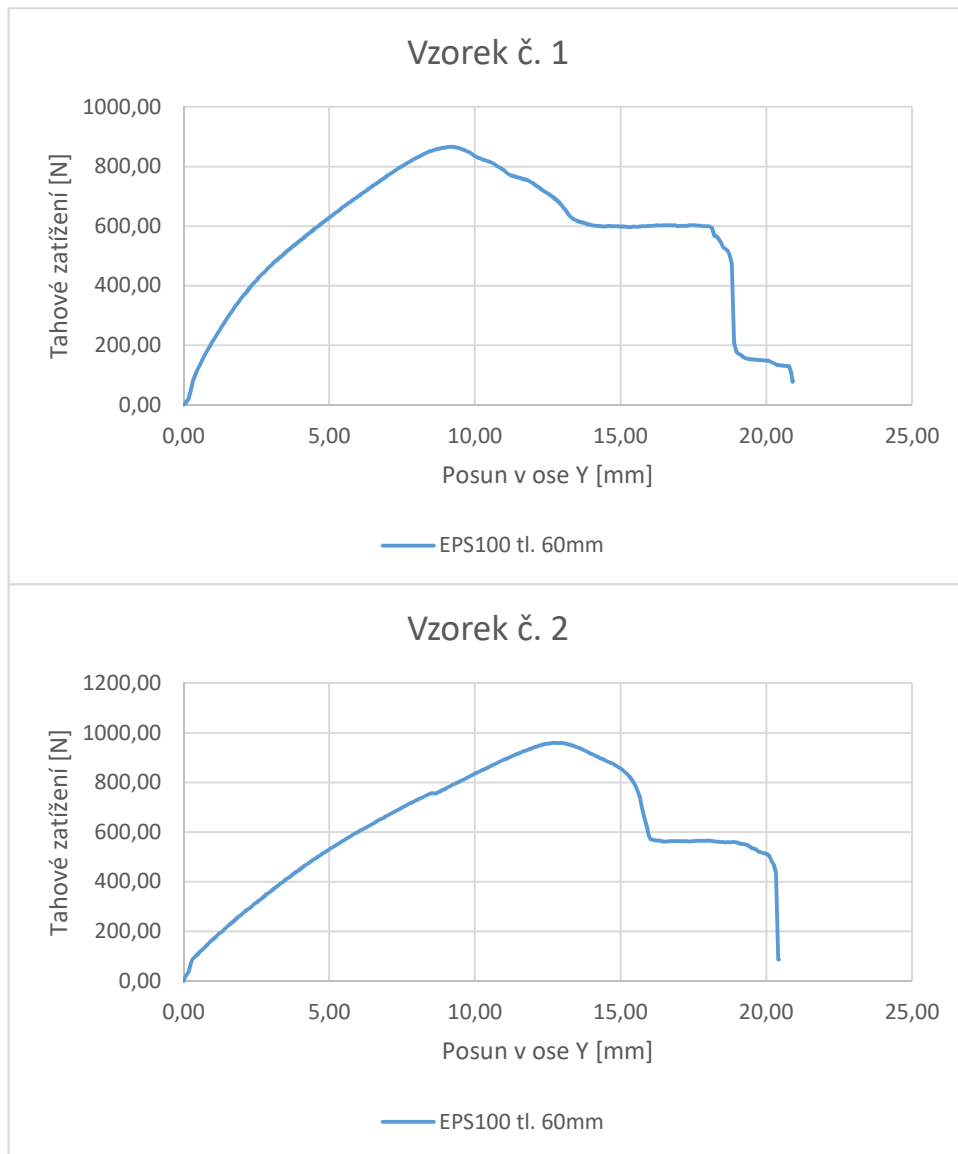
- [1] **ETAG 006** Řídící pokyn pro evropská technická schválení – Systémy pro mechanicky kotvených pružných střešních hydroizolačních povlaků, Brusel: Evropská organizace pro technická schválení – EOTA, 03/2000 v novelizovaném znění z 11/2012.
- [2] **ČSN EN 1991-1-4** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Vydání: 2007, Třídící znak: 730035.
- [3] **ČSN EN 1991-1-3** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Vydání: 2005, Třídící znak: 730035.
- [4] **ETAG 004** Řídící pokyn pro evropská technická schválení – Vnější kontaktní tepelně izolační systémy s omítkou, Brusel: Evropská organizace pro technická schválení – EOTA, 03/2000 v novelizovaném znění z 02/2013.
- [5] Pravidla pro navrhování a provádění střech - Praha : Cech klempířů, pokrývačů a tesařů ČR, 2014
- [6] **Stavebniny DEK – Asfaltové pásy – Montážní návod.** Kolektiv pracovníků ATELIERU DEK. Vydání. Leden 2017.
- [7] **TECHNICKÁ PRAVIDLA SVAP 01:** Asfaltové pásy pro Použití v ČR – Požadavky, Svaz výrobců asfaltových pásů v ČR, Vydání: 07/2013
- [8] Technické listy asfaltových pásů
- [9] Technické listy materiálů použité při zkoušení
- [10] Technické listy polystyrenů
- [11] Diplomová práce: Analýza odolnosti mechanicky kotveného hydroizolačního souvrství z asfaltových pásů proti sání větru, Autor: Bc. Ondřej Plíhal, Vydání: 2018

## INTERNETOVÉ STRÁNKY

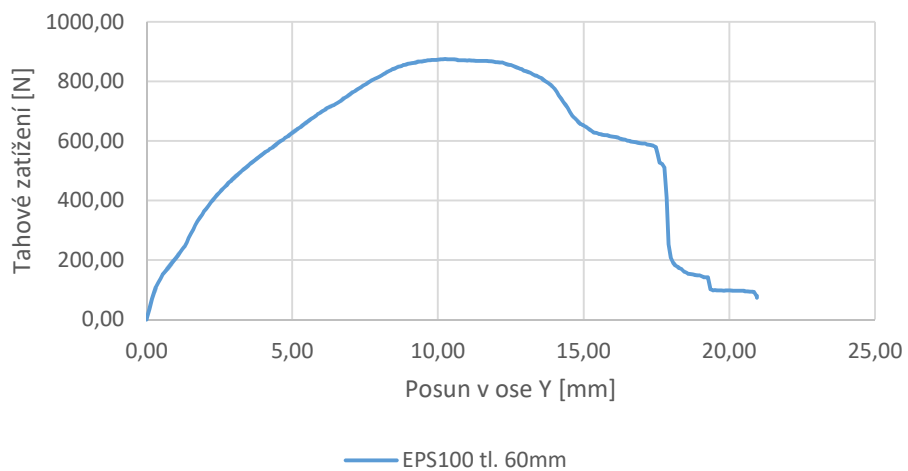
- [12] <http://www.dek.cz/>
- [13] <http://www.svaz-ap.cz/>
- [14] <http://www.dekpartner.cz/>
- [15] <http://www.tzb-info.cz/>
- [16] <http://www.google.com/>
- [17] <http://www.cs.wikipedia.org/wiki>
- [18] <http://www.awal.cz/>
- [19] <http://www.kotevnitechnika.cz/>

## PŘÍLOHA A – DATA ZE ZKOUŠEK

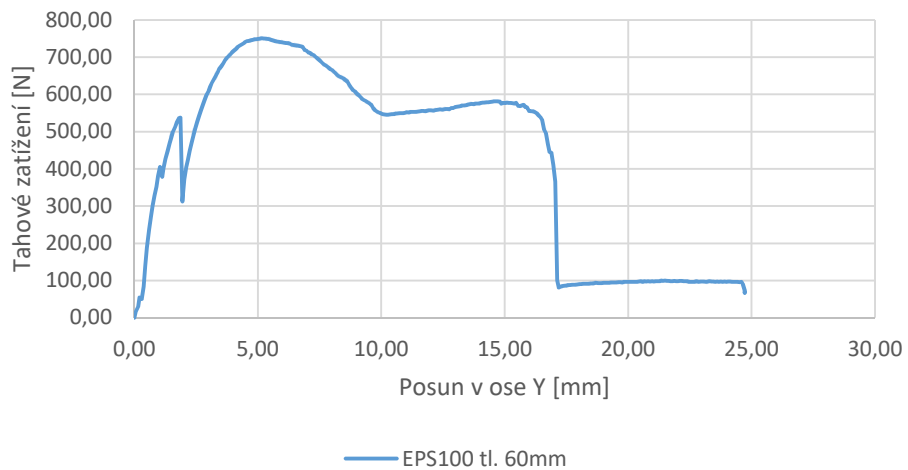
Zde jsou veškerá data ze zkoušek Kapitoly 5.2.2



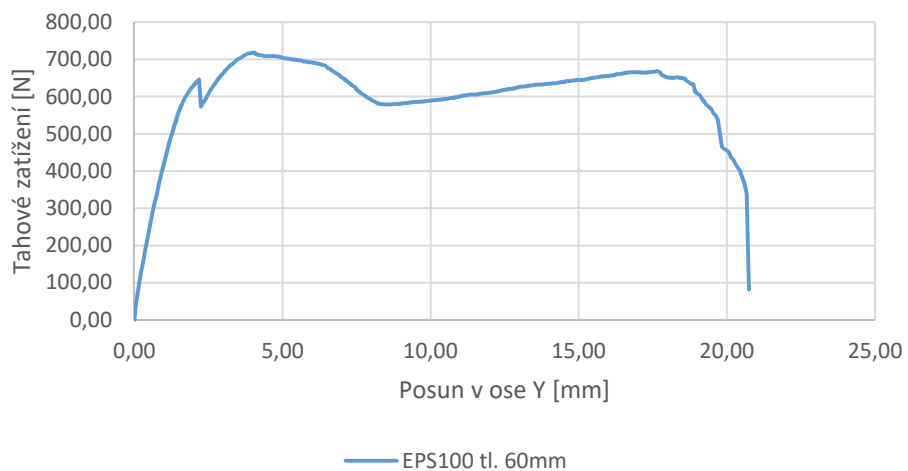
Vzorek č. 3



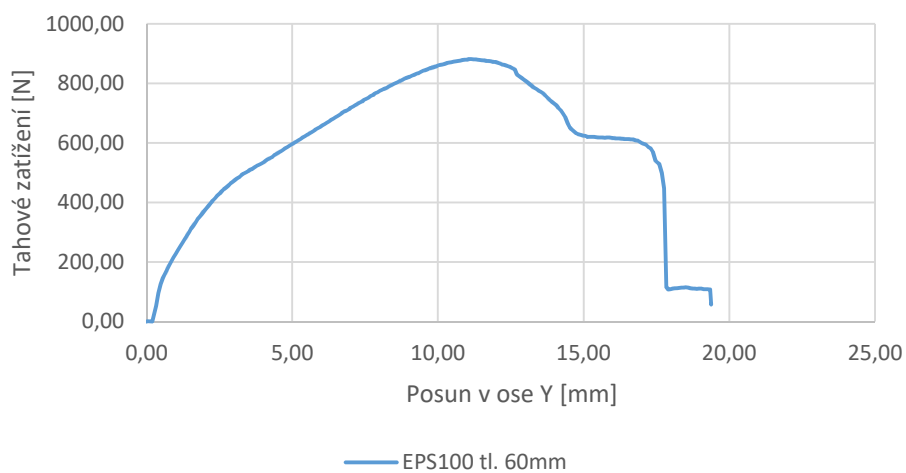
Vzorek č. 4



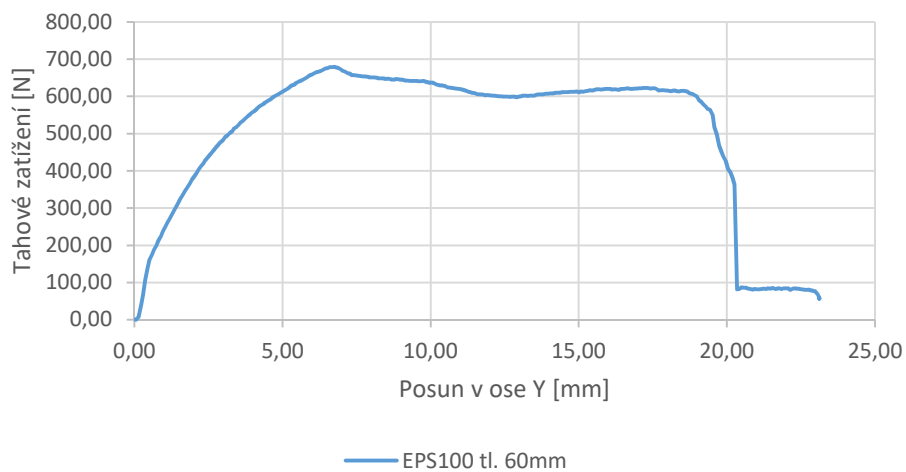
Vzorek č. 5



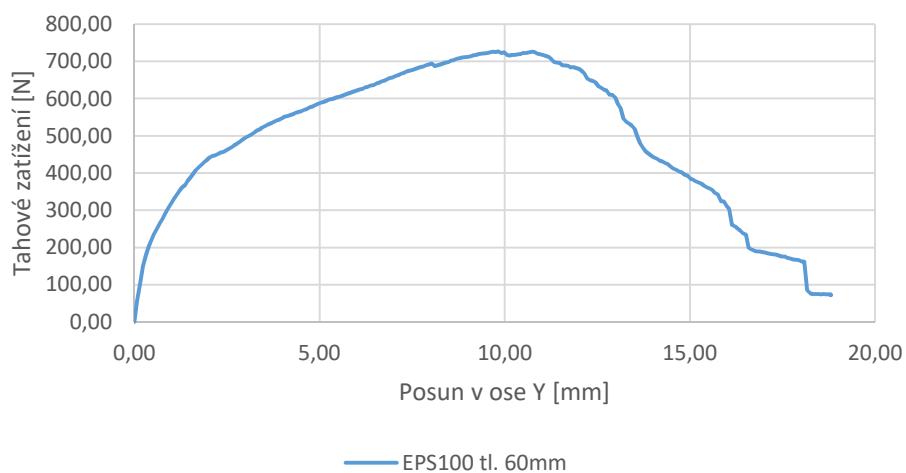
Vzorek č. 6



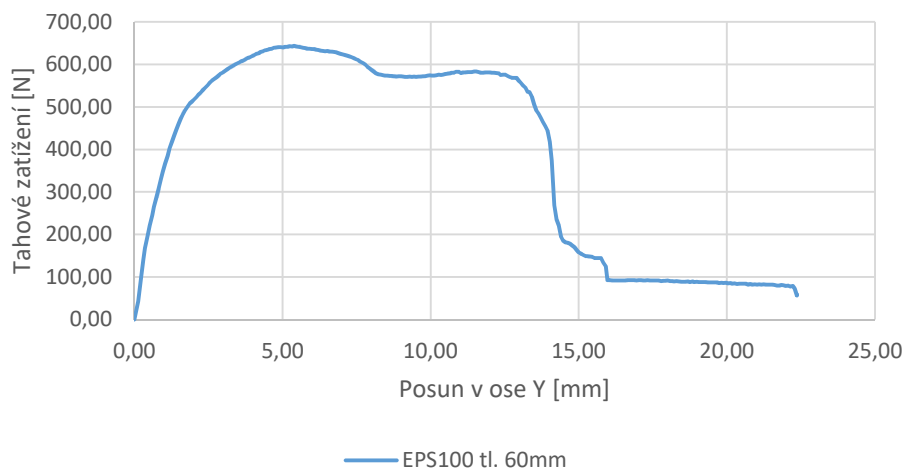
Vzorek č. 7



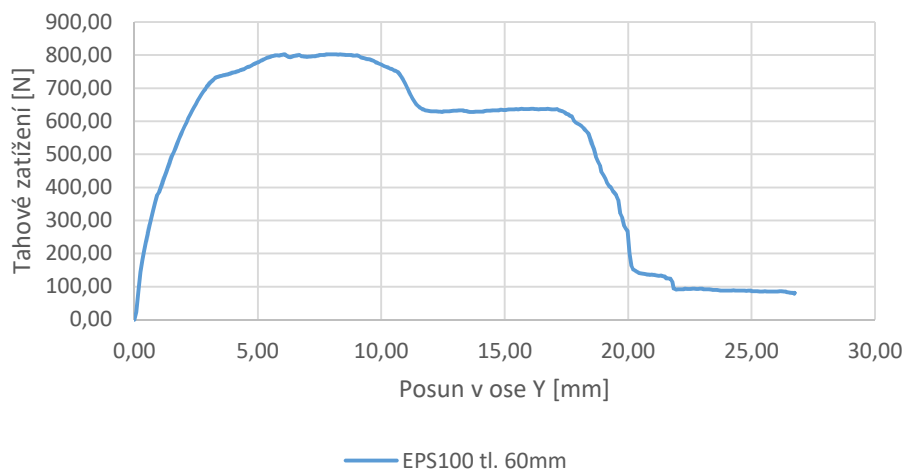
Vzorek č. 8



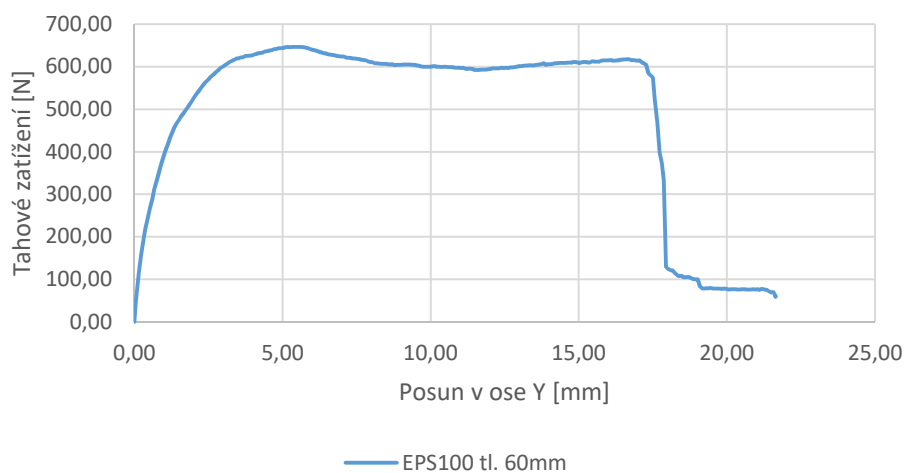
Vzorek č. 9



Vzorek č. 10

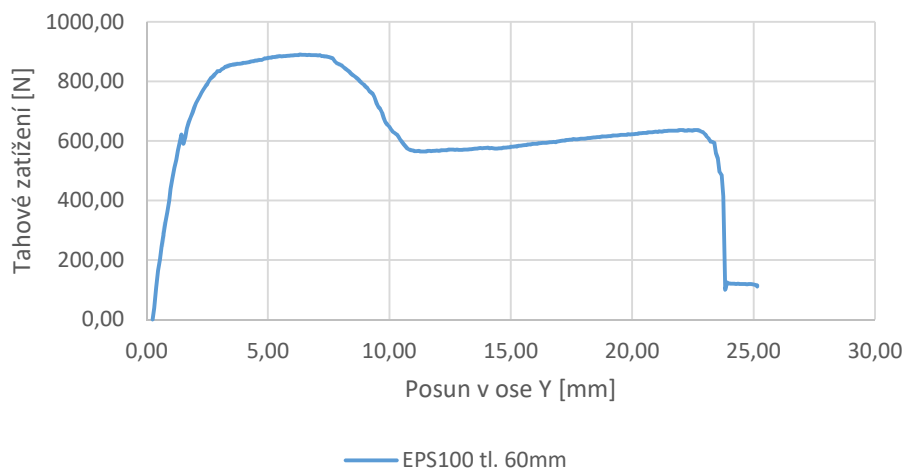


Vzorek č. 11

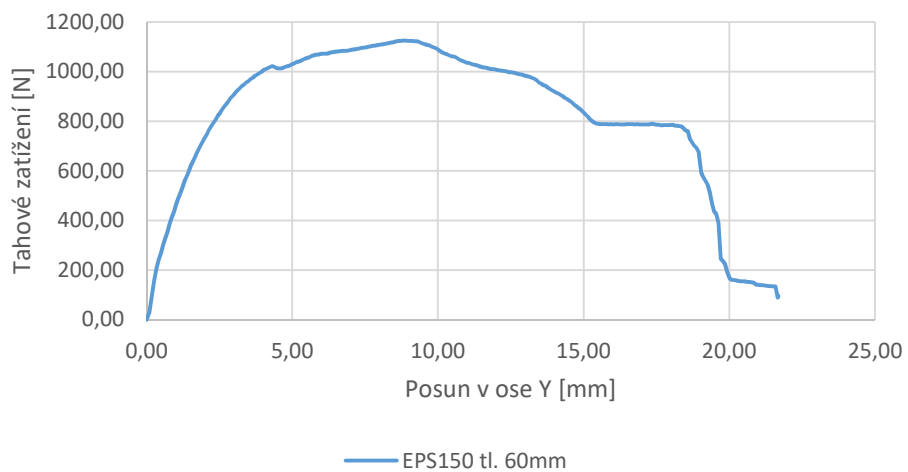




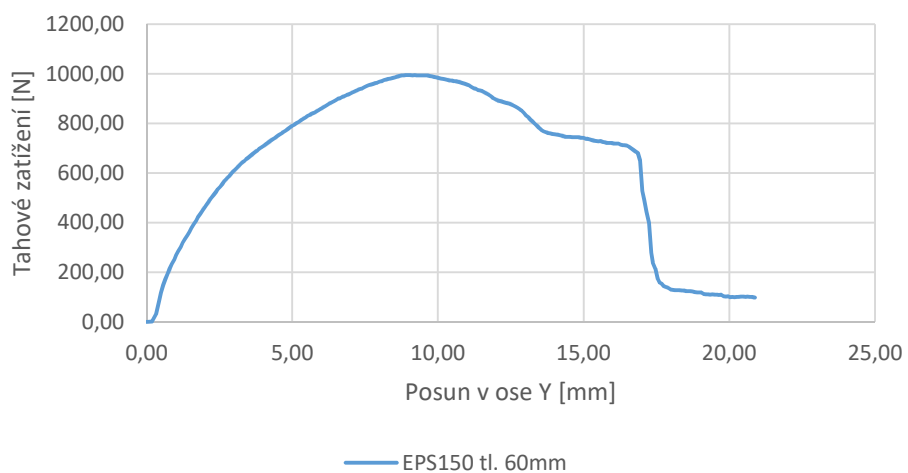
Vzorek č. 12



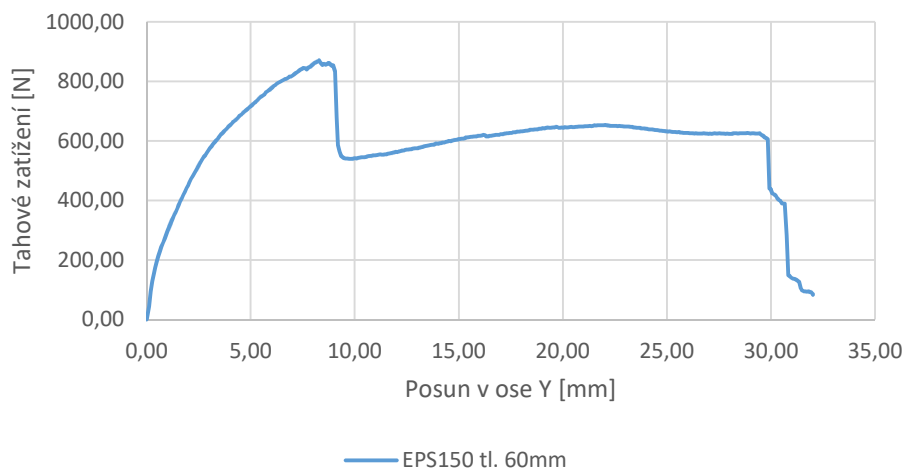
Vzorek I.



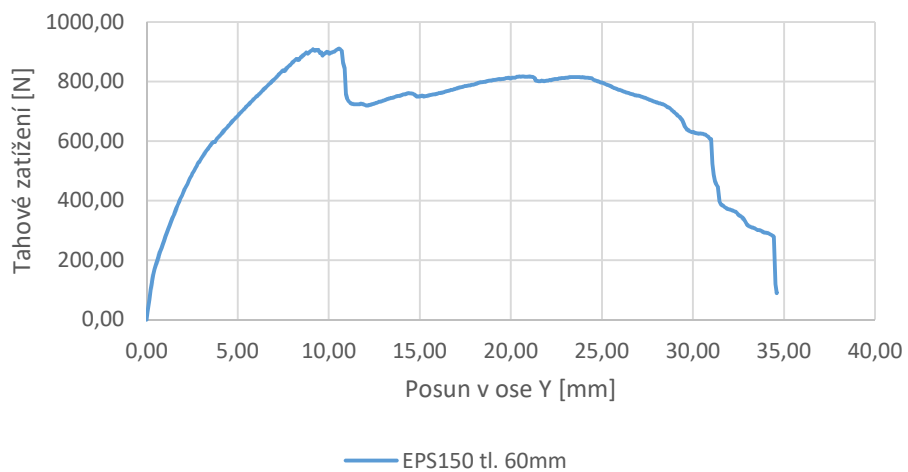
Vzorek II.



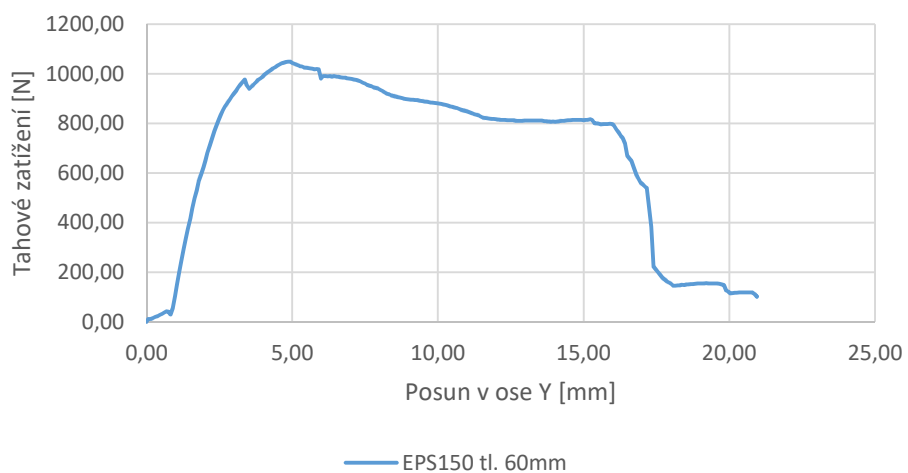
Vzorek III.



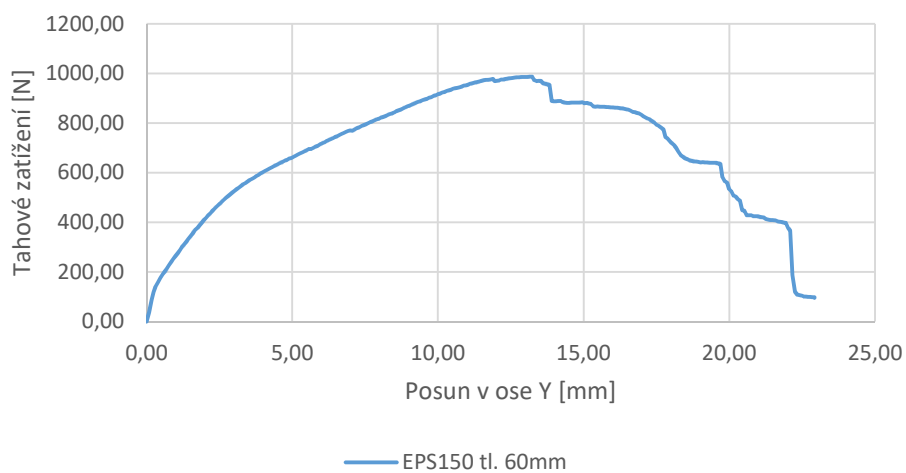
Vzorek IV.



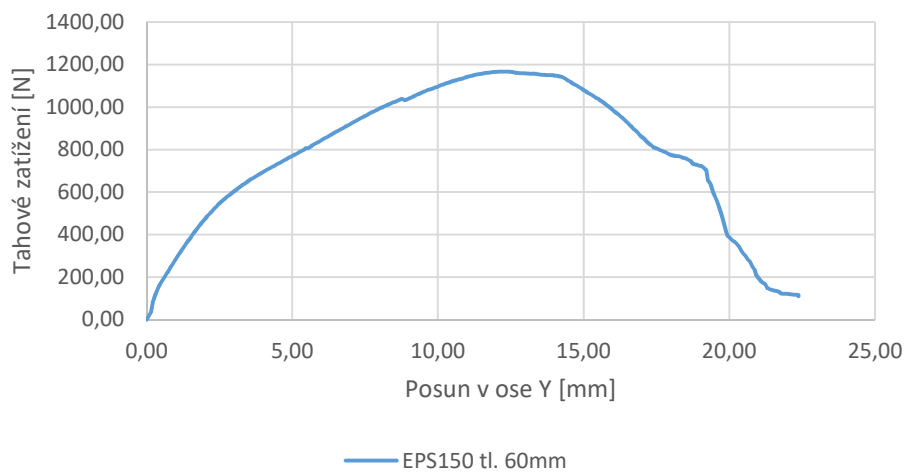
Vzorek V.



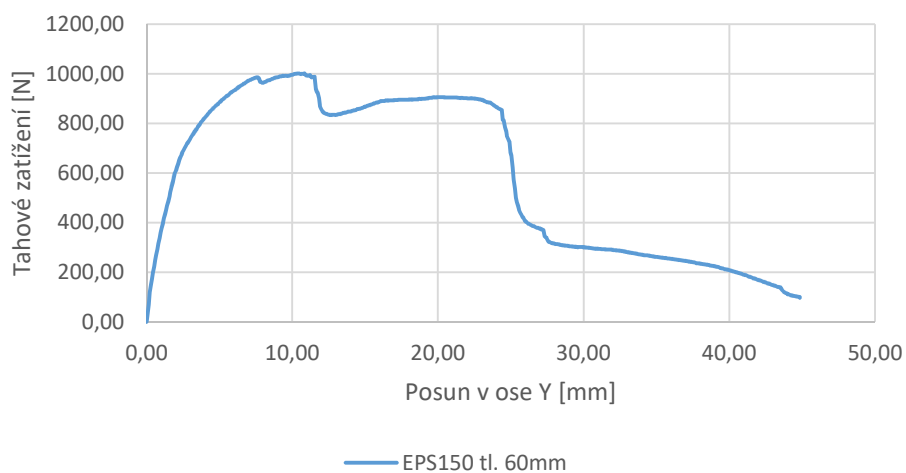
Vzorek VI.



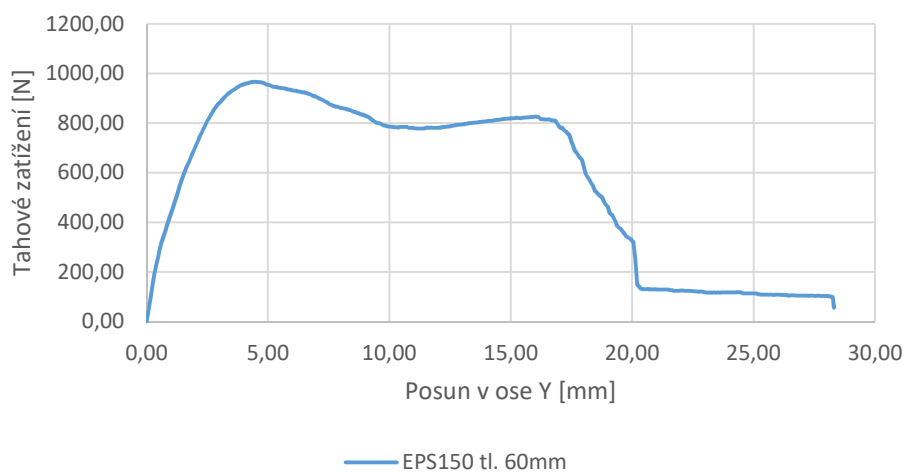
Vzorek VII.



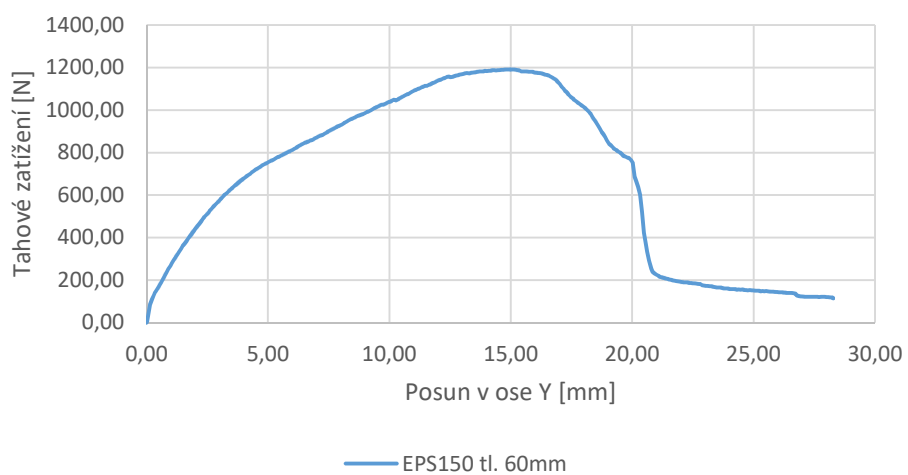
Vzorek VIII.



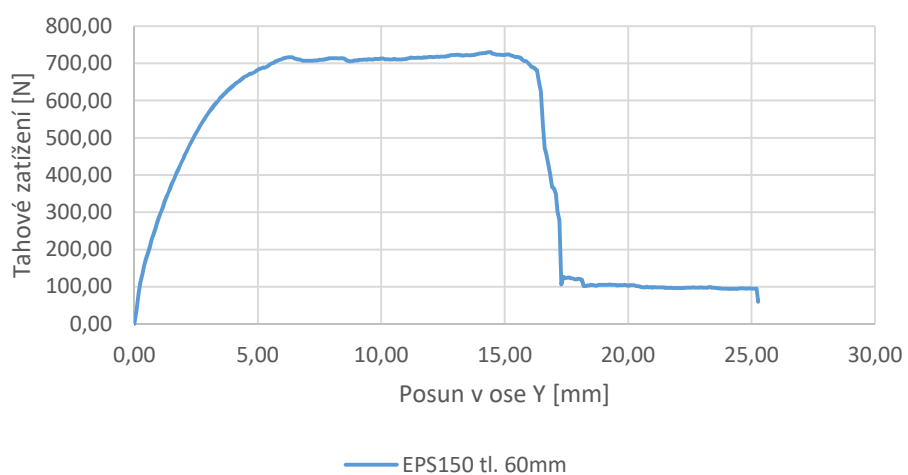
Vzorek IX.



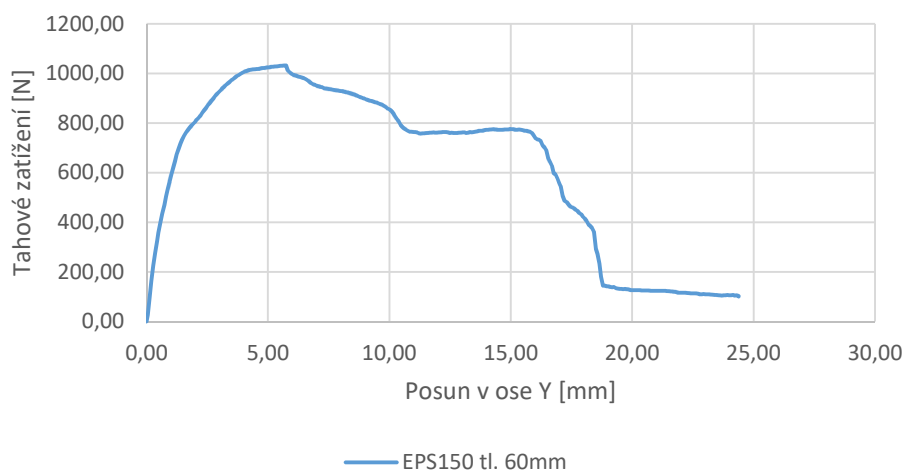
Vzorek X.



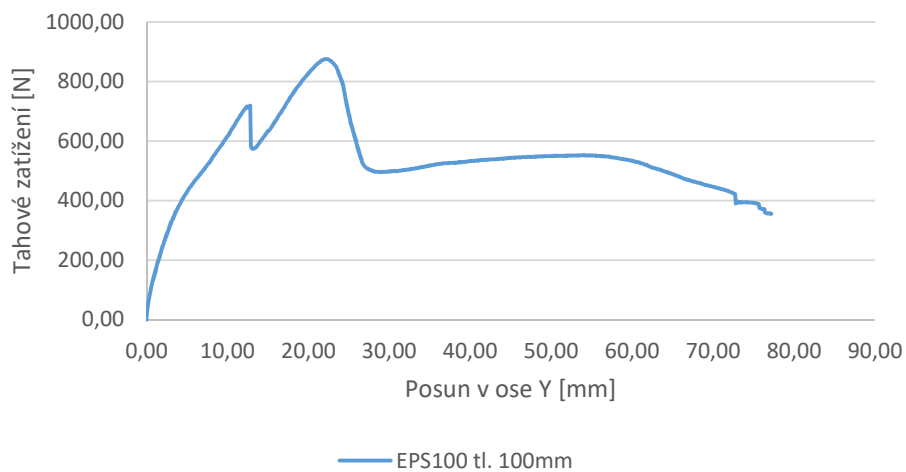
Vzorek XI.



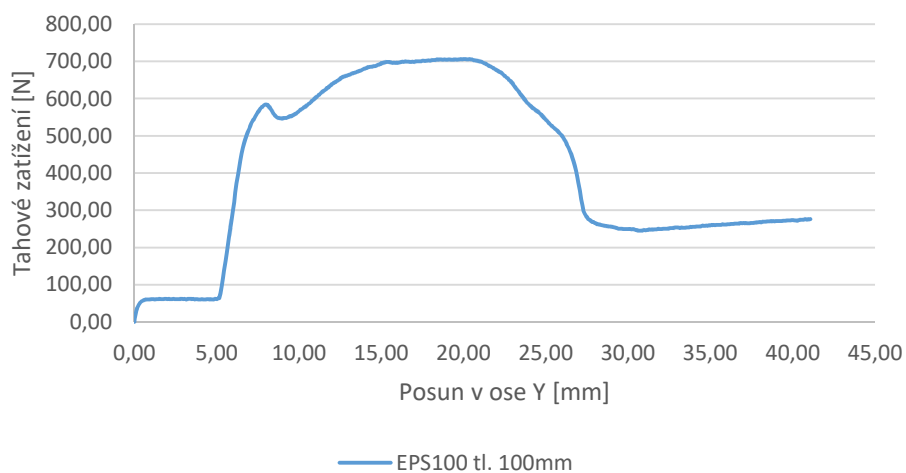
Vzorek XII.



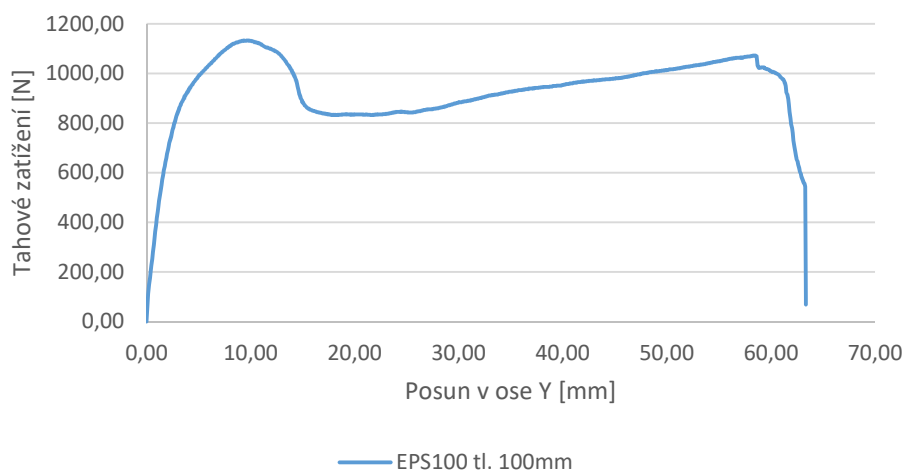
Vzorek 1



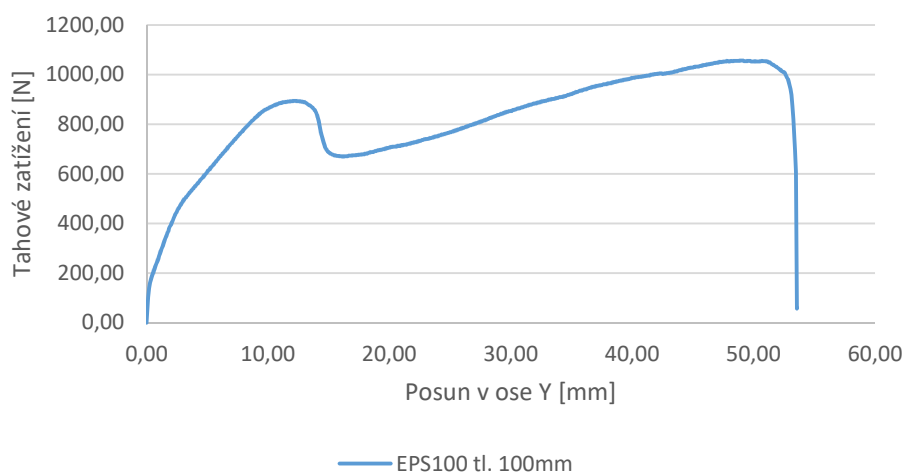
Vzorek 2



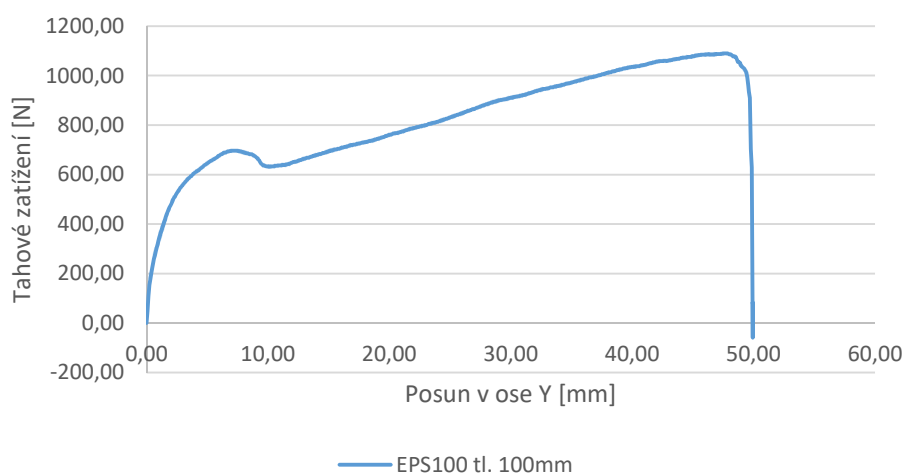
### Vzorek 3

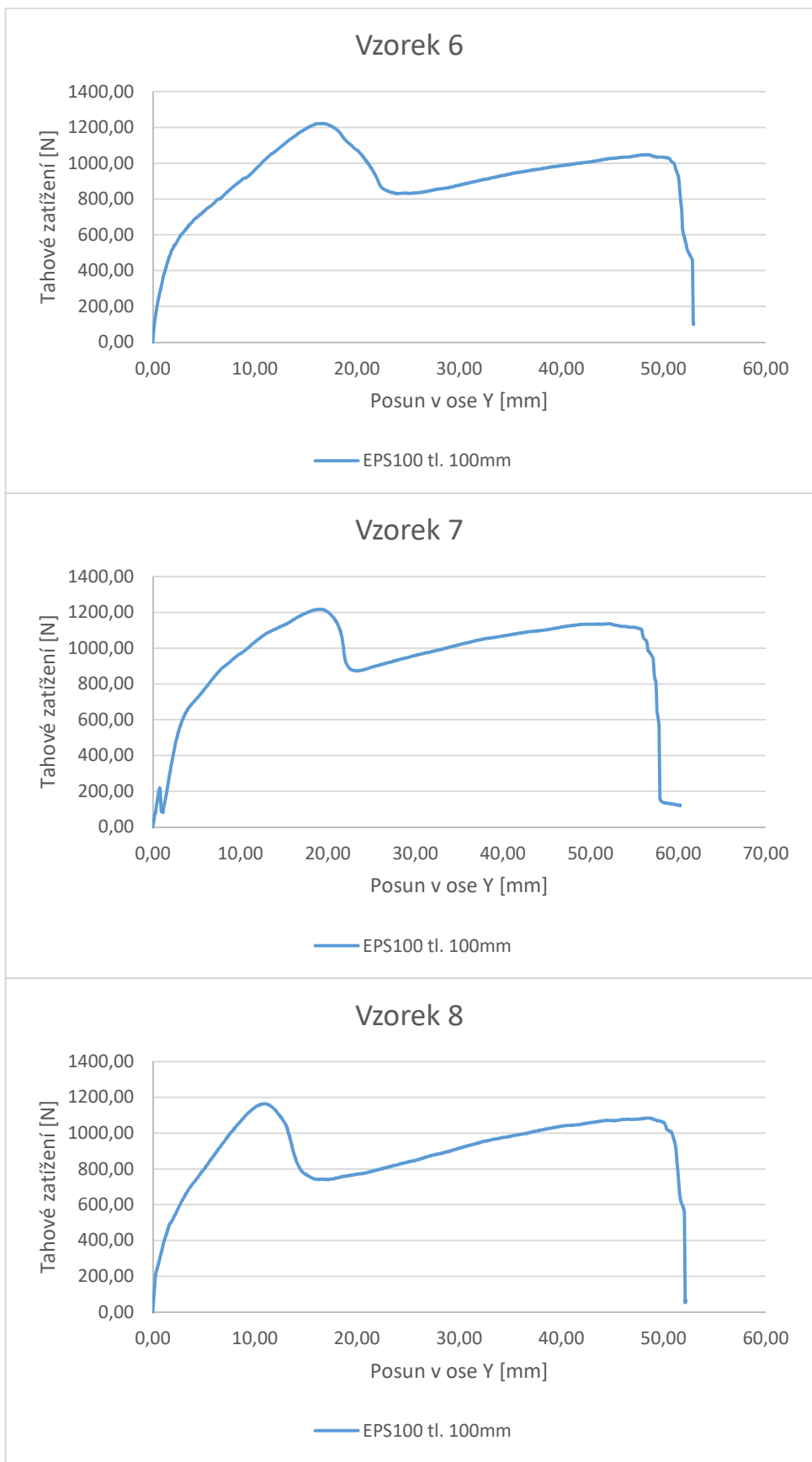


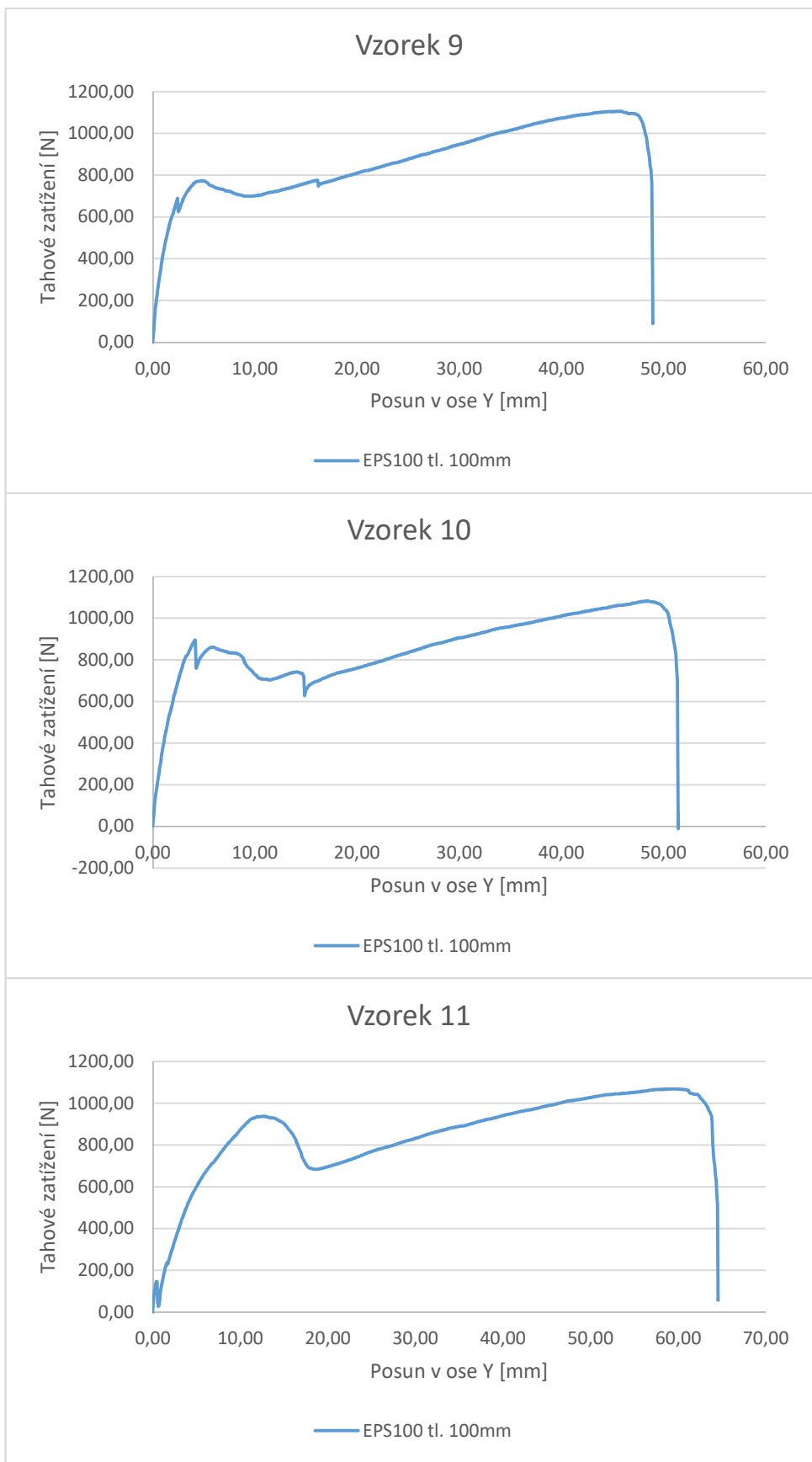
### Vzorek 4



### Vzorek 5

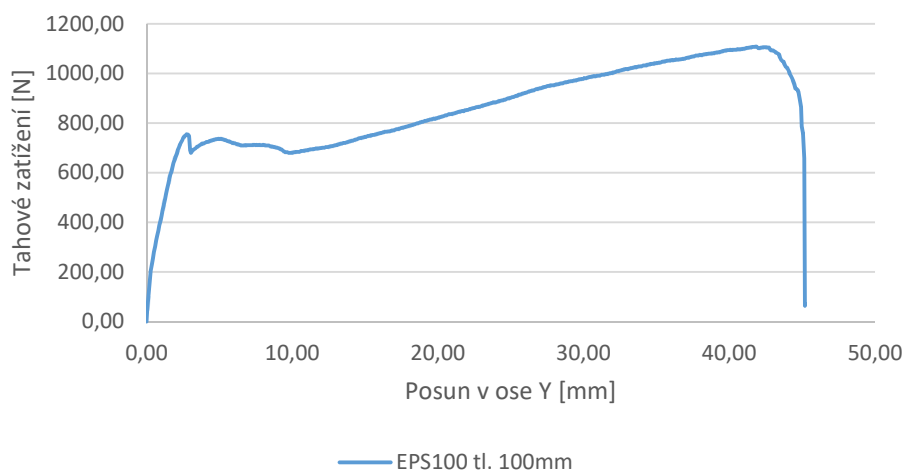




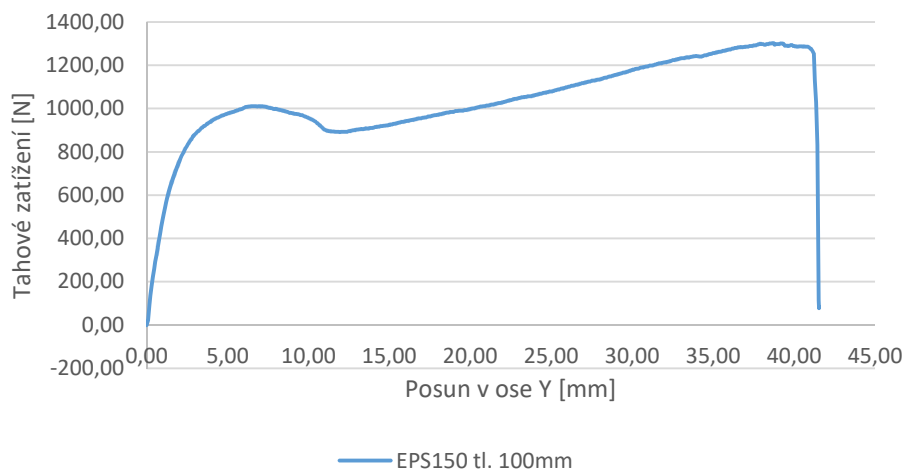




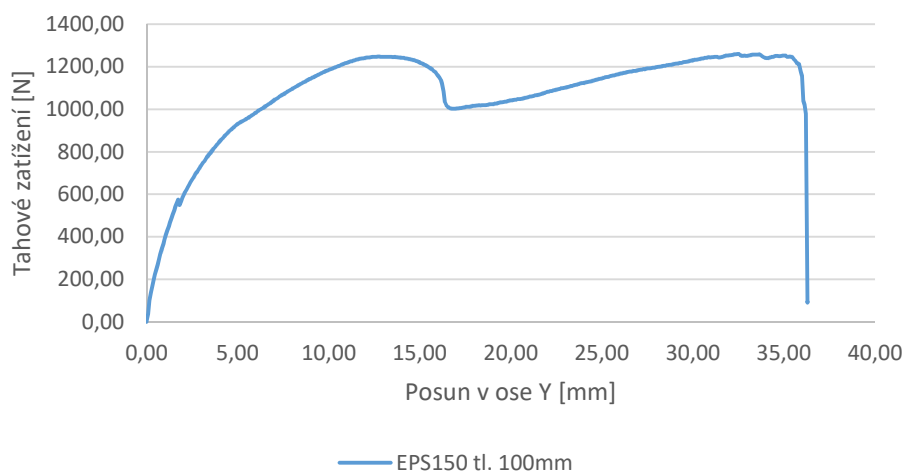
### Vzorek 12



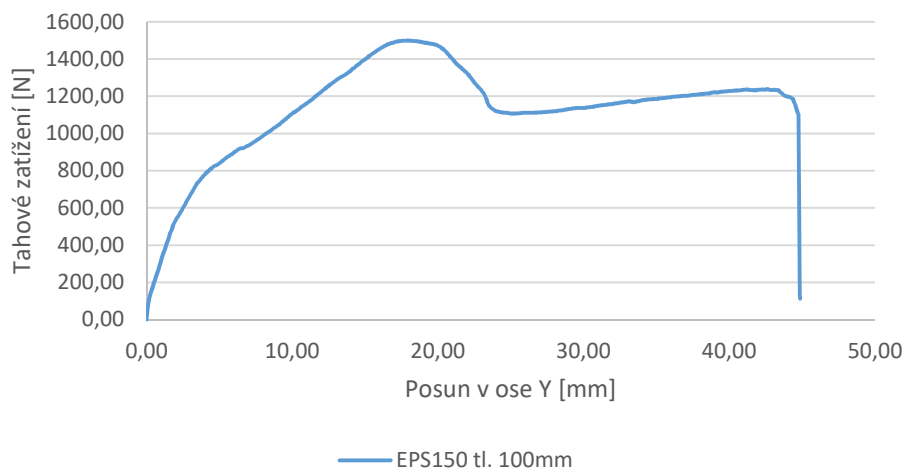
### Vzorek I.



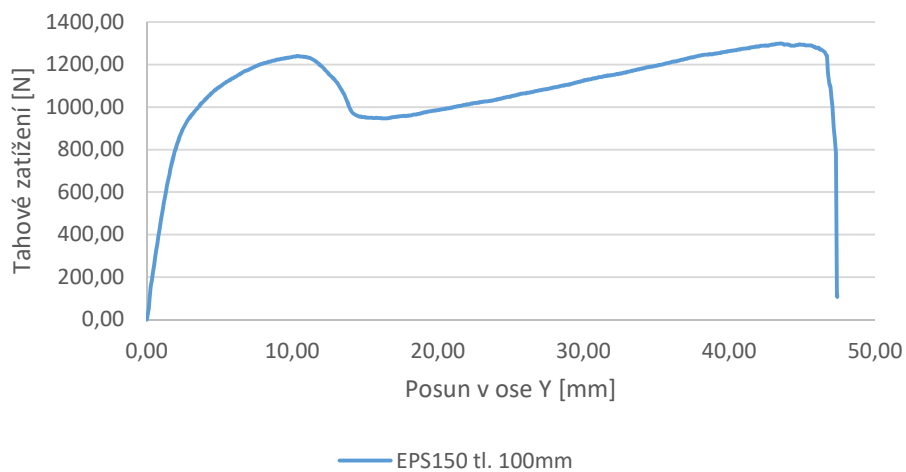
### Vzorek II.



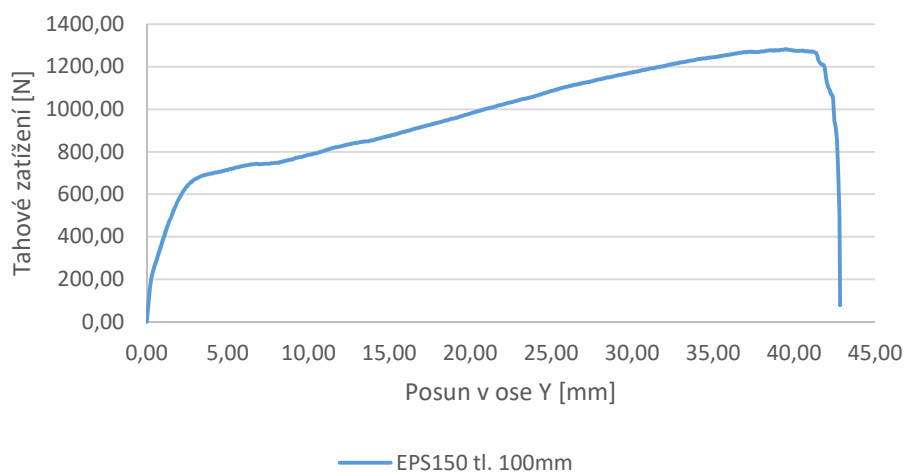
Vzorek II.



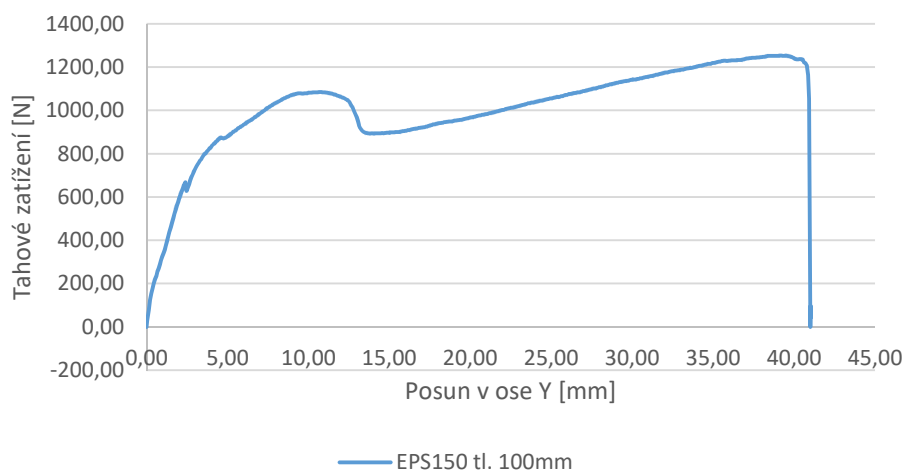
Vzorek IV.



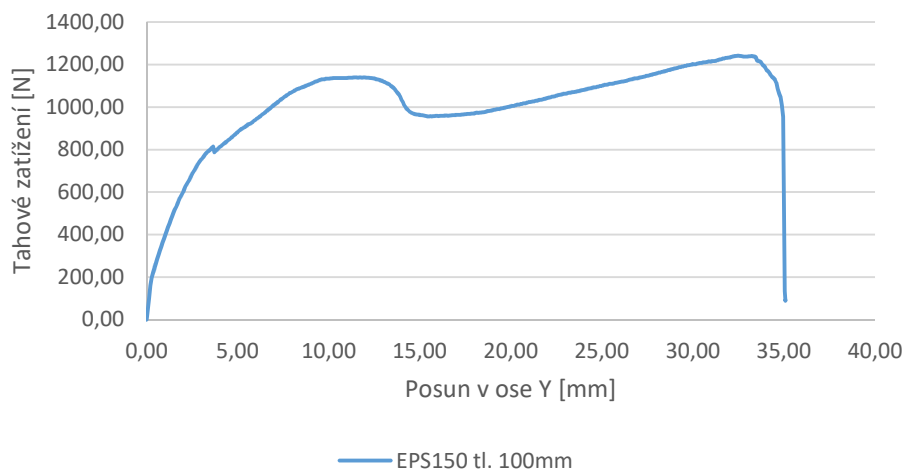
Vzorek V.



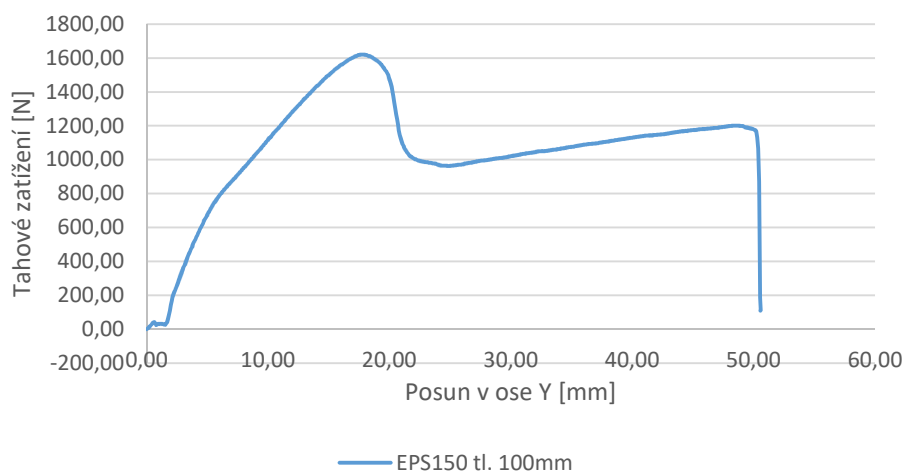
### Vzorek VI.



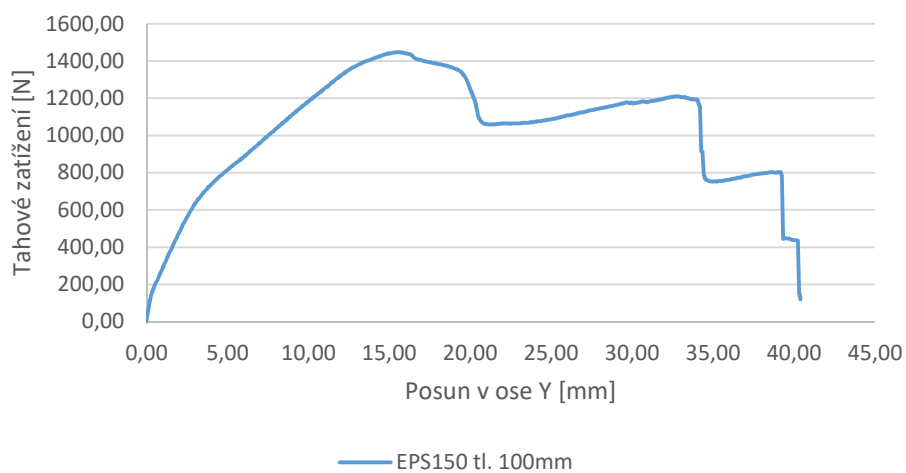
### Vzorek VII.



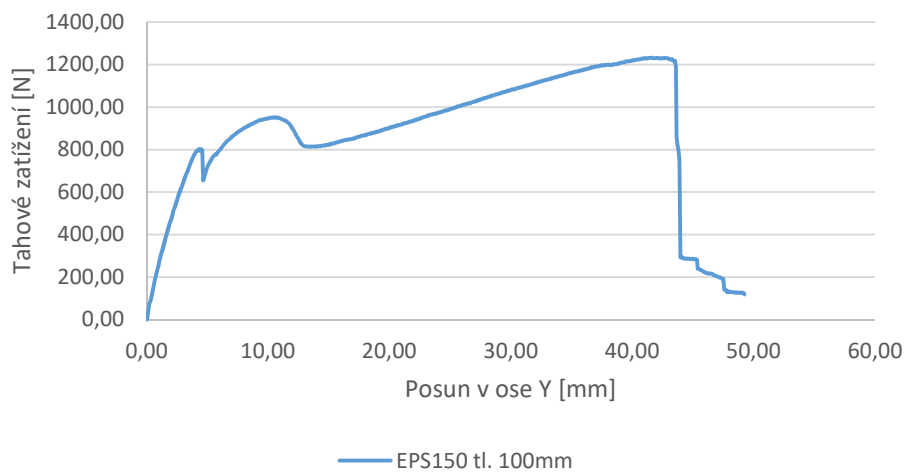
### Vzorek VIII.



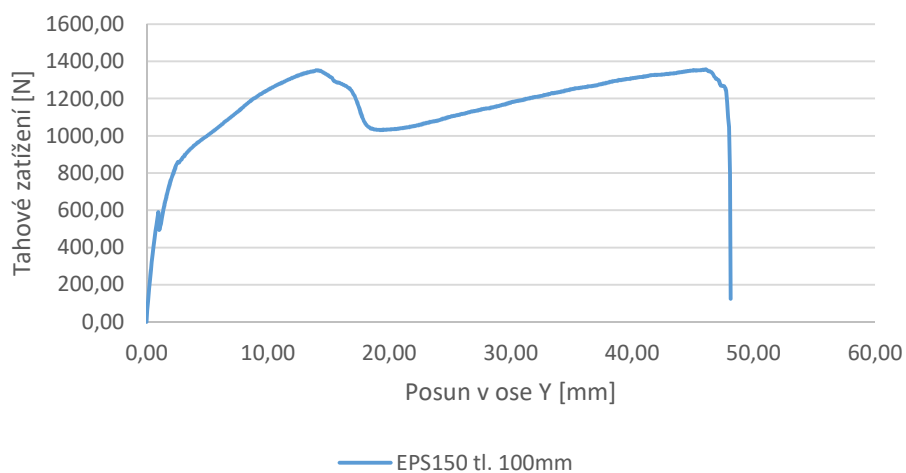
Vzorek IX.



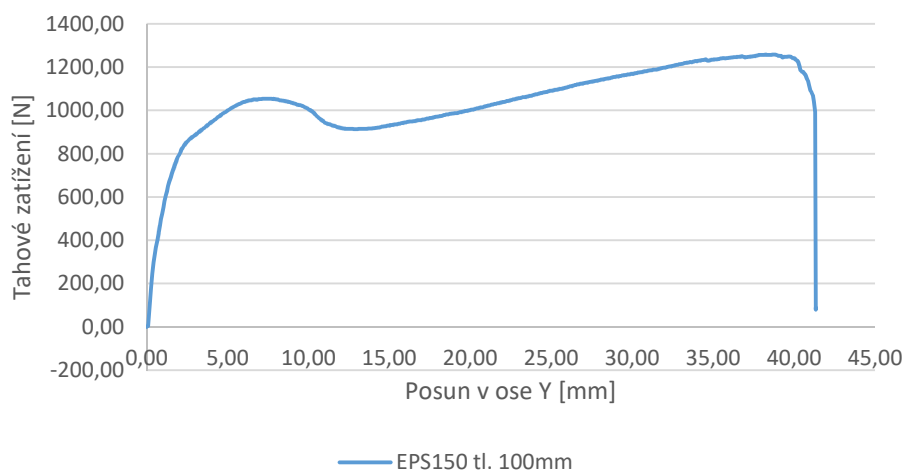
Vzorek X.



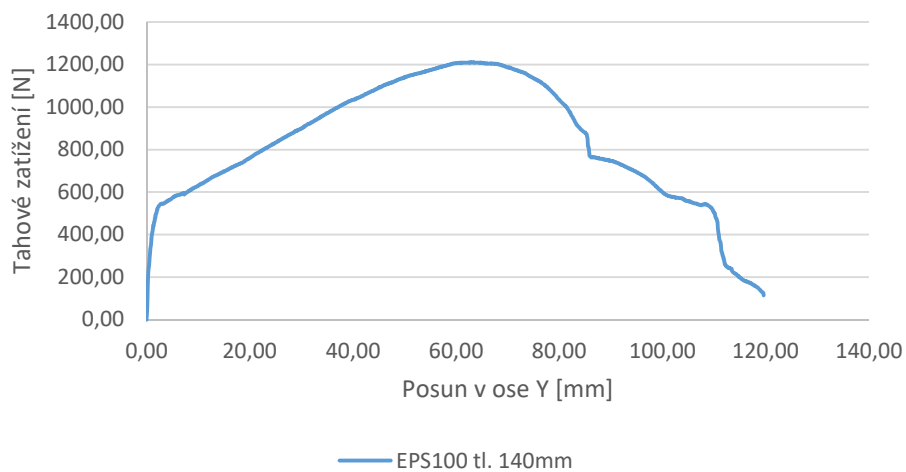
Vzorek XI.



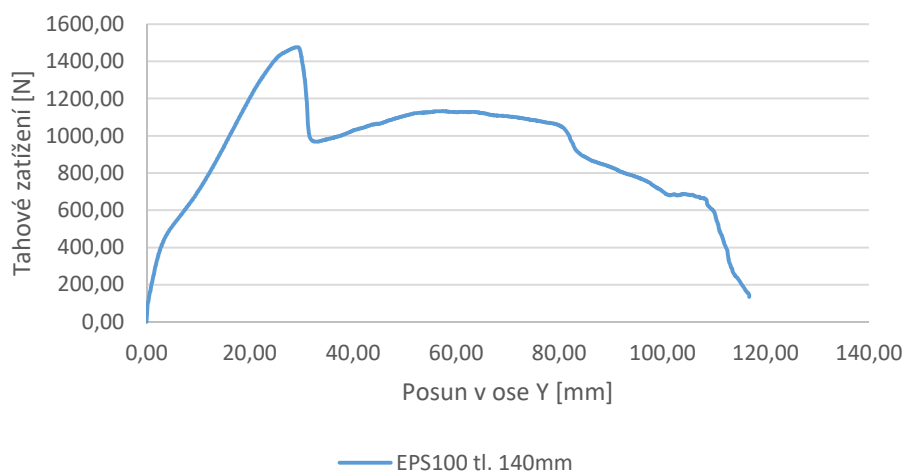
Vzorek XII.



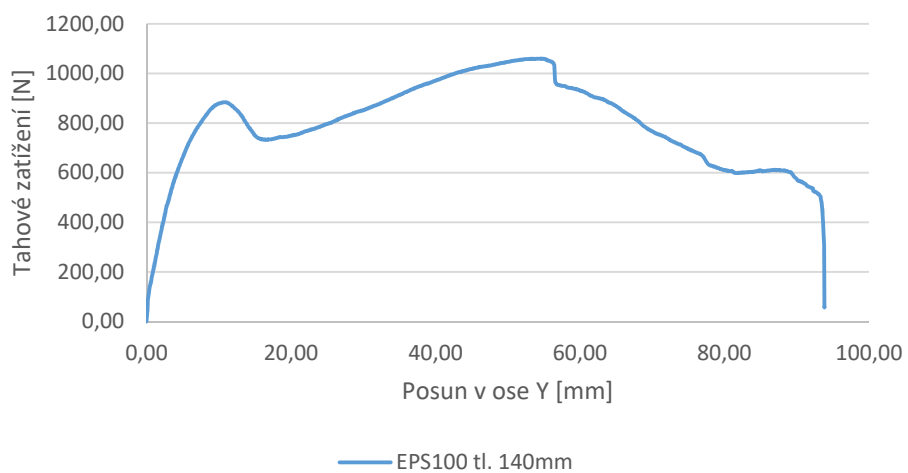
Vzorek 1



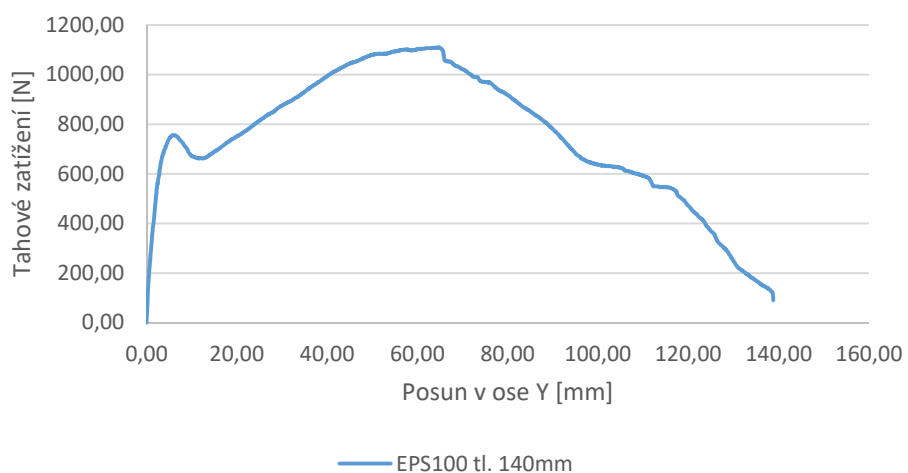
Vzorek 2



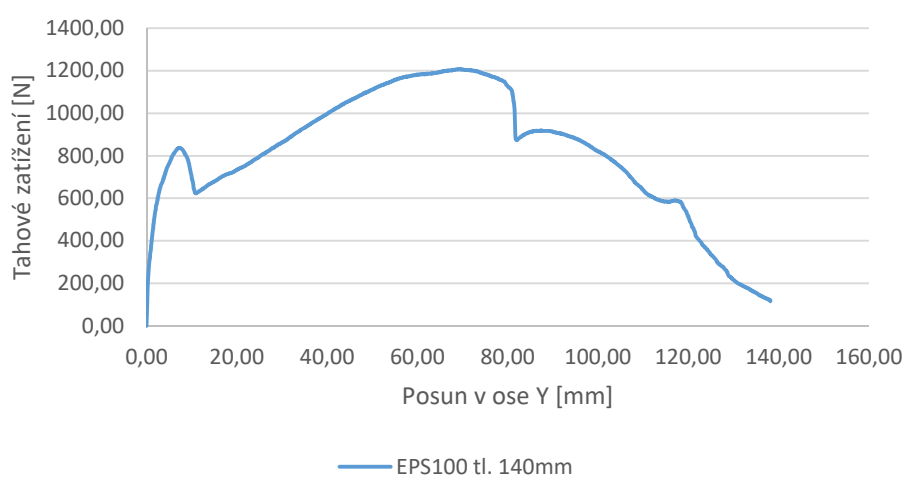
### Vzorek 3



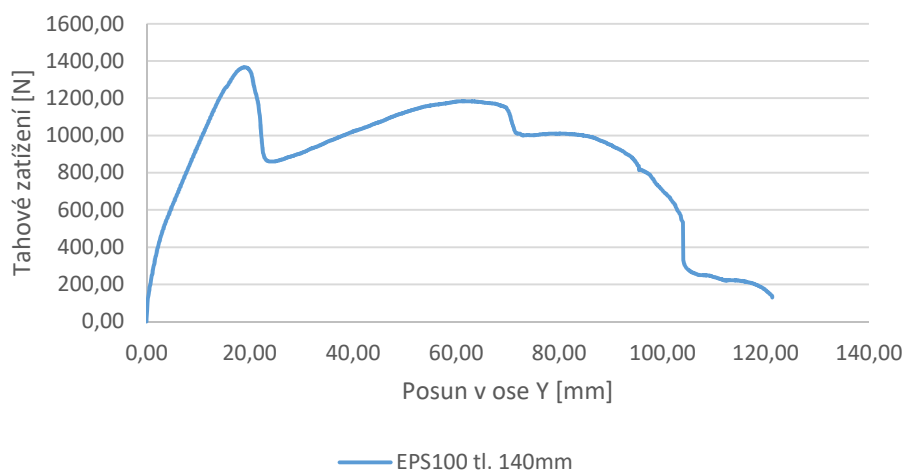
### Vzorek 4



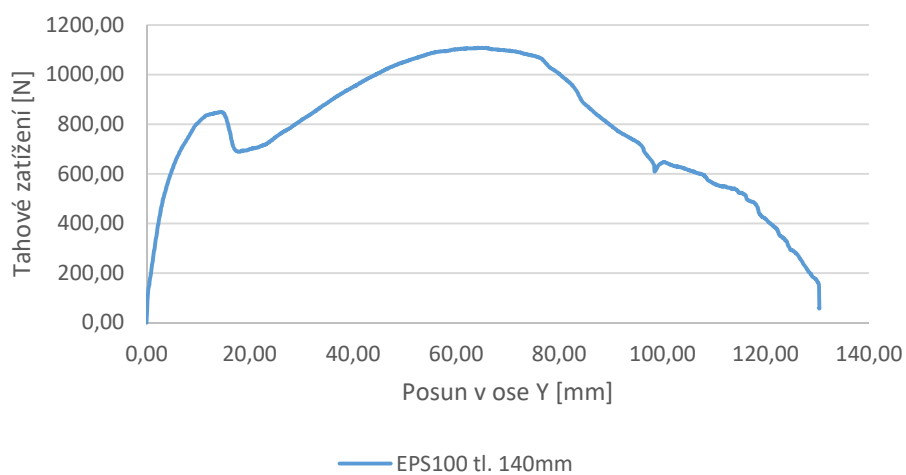
### Vzorek 5



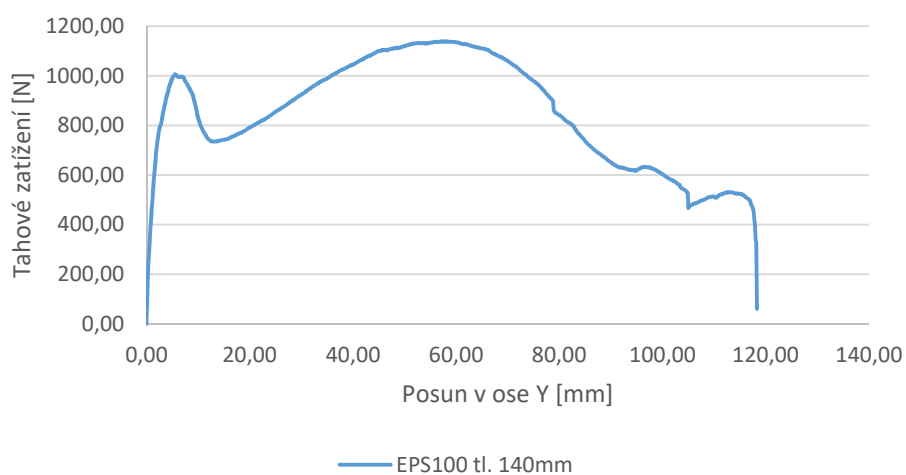
### Vzorek 6

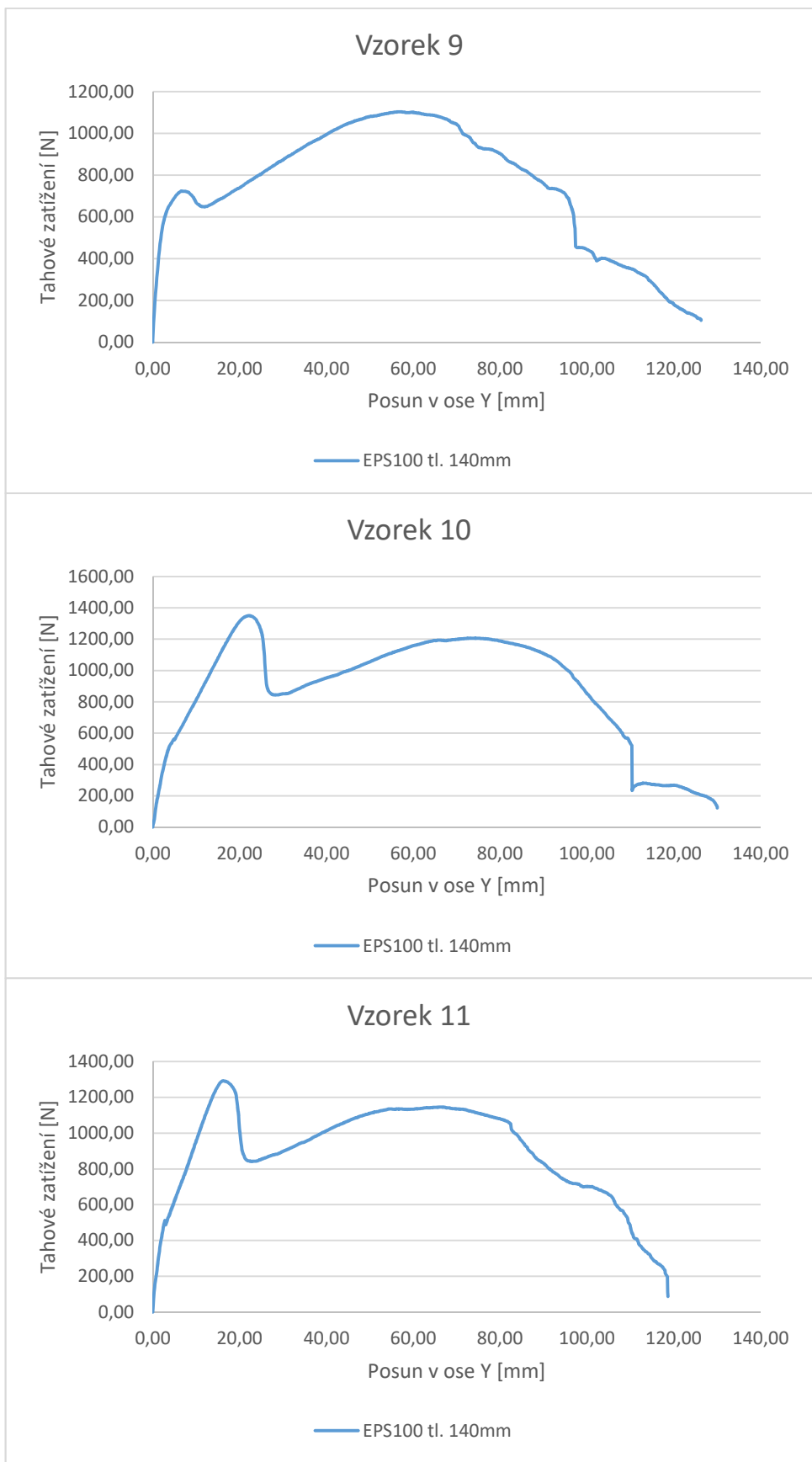


### Vzorek 7

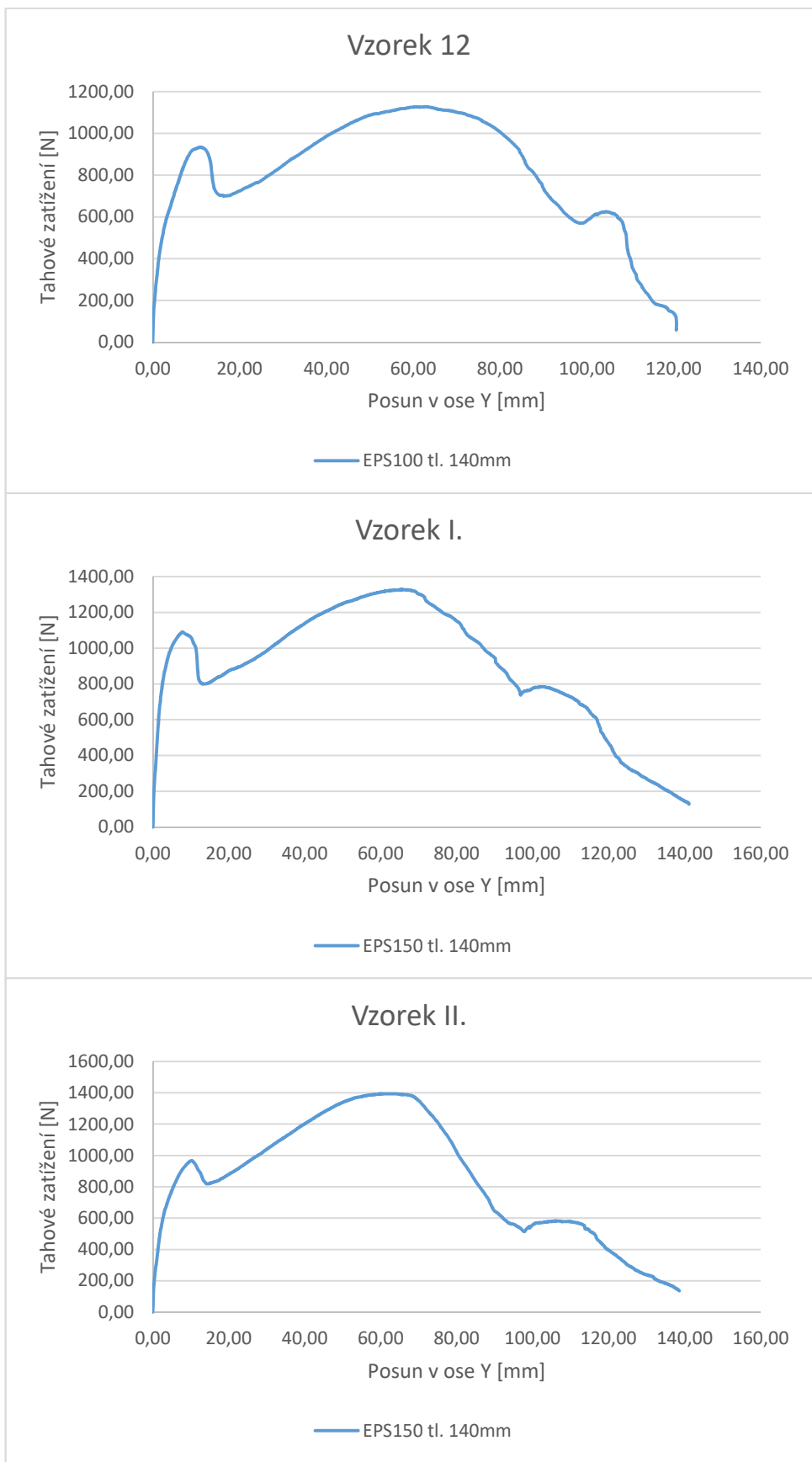


### Vzorek 8

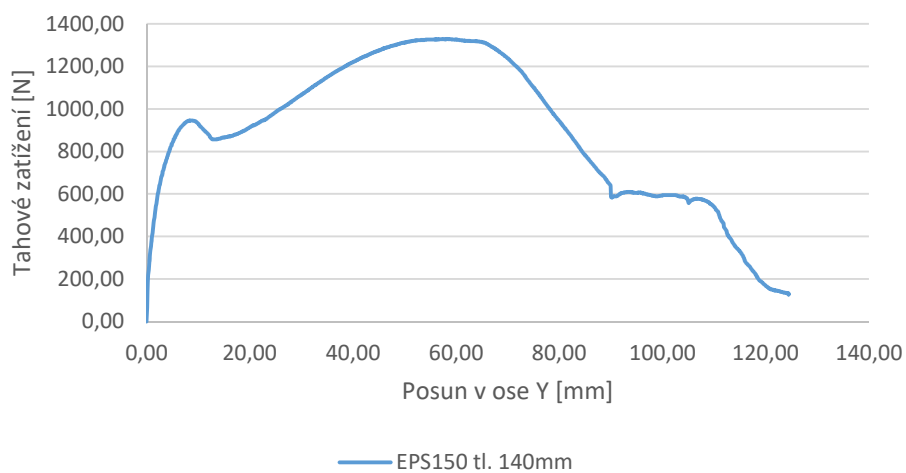




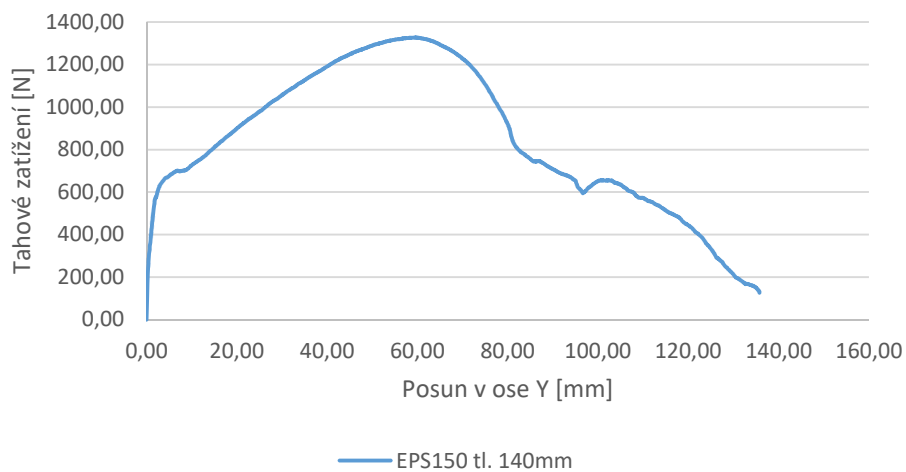




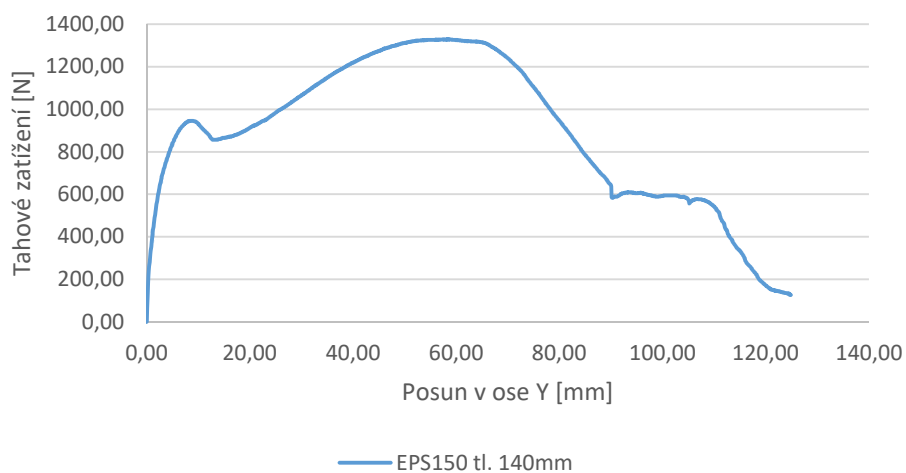
Vzorek III.



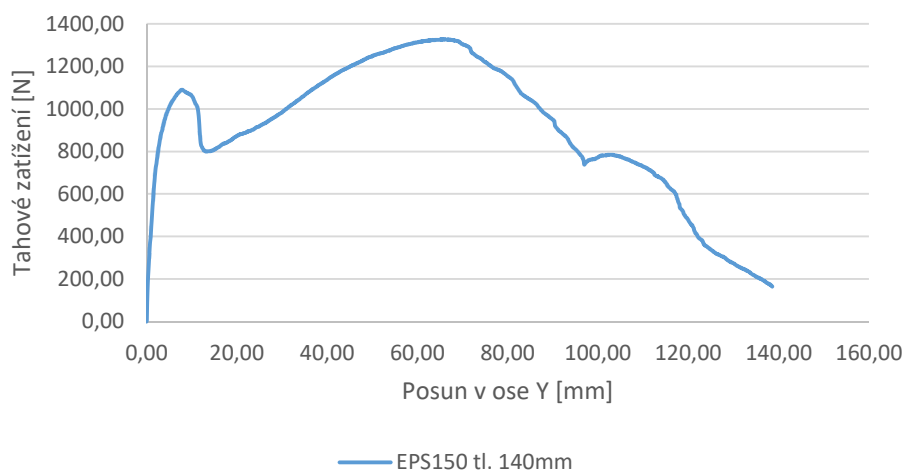
Vzorek IV.



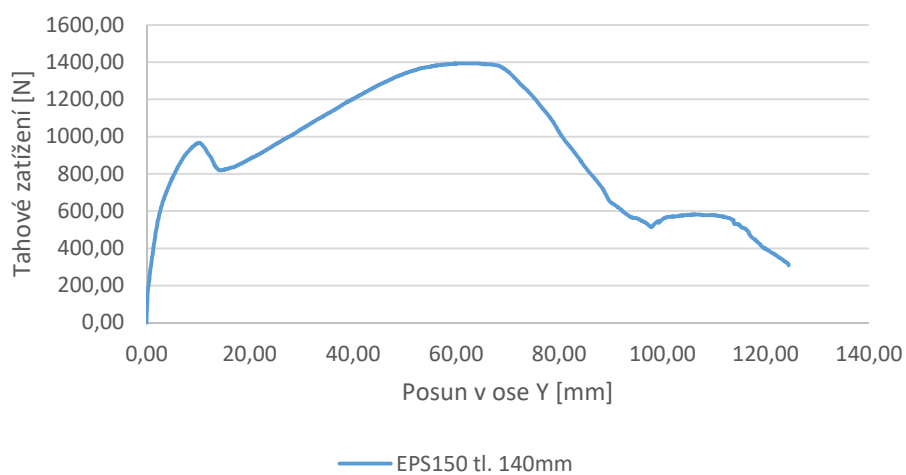
Vzorek V.



Vzorek VI.



Vzorek VII.



Vzorek VIII.

