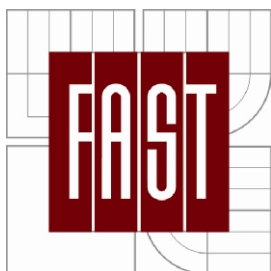


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF BUILDING STRUCTURES

# ADHEZE SPOJŮ ASFALTOVÝCH PÁSŮ MECHANICKY KOTVENÝCH

JOINTS' ADHESION OF MECHANICALLY FASTENED BITUMEN SHEETS

DISERTAČNÍ PRÁCE

Ph.D. THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. TOMÁŠ PETŘÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. KAREL ŠUHAJDA, Ph.D.

BRNO 2013

## **Bibliografická citace VŠKP**

PETŘÍČEK, Tomáš. *Adheze spojů asfaltových pásů mechanicky kotvených*. Brno, 2013. 176 s., 21 s. příl., příl. CD. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí práce Ing. Karel Šuhajda, Ph.D.

## Abstrakt v českém jazyce

Jednovrstvé mechanicky kotvené hydroizolační systémy z asfaltových pásů se uplatňují ve skladbách plochých střech. Zatímco u fóliových systémů je jednovrstvá aplikace standardním řešením, v technologii asfaltových pásů, s ohledem na mnohaletou historii využití asfaltových pásů ve stavebnictví, se stále jedná o relativní novinku.

Pro jednovrstvý mechanicky kotvený systém je klíčovou podmínkou především jeho vodotěsnost a zároveň spolehlivost vůči sání větru. Při dynamickém namáhání spojů hydroizolační vrstvy může dojít k poškození spojů, tím pádem ke ztrátě vodotěsnosti. Choulostivým místem je přítomnost kotevního prvku ve spojích, kde nedochází k vzájemnému spojení obou pásů a zároveň jsou zde zachyceny přenášeny účinky vyvolané sáním větru.

Pro ověření vlastností mechanicky kotvených hydroizolačních povlaků lze využít speciálních zkoušek simulujících reálné namáhání vlivem sání větru, nicméně provedení těchto zkoušek je finančně velmi nákladné. V rámci zpracování této práce bylo navrženo speciální zkušební zařízení, které umožňuje zkoušení segmentů skladby střešního pláště se zohledněním kotevního prvku a do jisté míry se přiblížit skutečnému namáhání na střeše.

Disertační práce si v první fázi klade za cíl najít možnost přesnějšího porovnání mechanicky kotvených hydroizolačních povlaků. Tak aby bylo možné předpokládat, do jaké míry je výsledná pevnost kotveného spoje závislá na parametrech asfaltového pásu – na kvalitě asfaltové hmoty, typu nosné vložky, tloušťce asfaltového pásu nebo šířce přesahu.

V další fázi byl výzkum zaměřen na to, do jaké míry je výsledná pevnost mechanicky kotveného spoje ovlivněna umístěním kotevního prvku v přesahu pásů. Ať už se jedná o nedodržení předepsané vzdálenosti od okraje kotveného asfaltového pásu, popř. nevhodnou geometrii kotevního prvku. Měření byla provedena pro variantu zateplené střechy, tak i střechy bez tepelně izolační vrstvy.

Výsledky experimentálního měření potvrdily prvotní předpoklady a blíže definují riziková řešení, se kterými je možné se setkat při realizaci. V závěru práce je uvedeno doporučení pro praxi a možnosti dalšího pokračování výzkumu této problematiky.

## **Abstract in English**

One-layer mechanical fastening waterproofing systems are often used within the compositions of flat roofs. Although in case of plastic based systems it is a common solution, for asphalt felts it handles about a relatively new approach, since the application of asphalt has a long history in the building industry.

There are some key factors which all of the one-layer mechanically fastening systems should meet, especially water-resistance and resistance against the suction of wind. The application of dynamic loads on the joints may damage the bonds, which may lead to leakage of water. In particular the most delicate locations are the anchoring points at places where the waterproofing sheets are not connected mutually and the wind is captured.

The characteristics of mechanically fastening waterproofing membranes may be verified by a specific test which is able to simulate the winds suction force, nonetheless it is quite expensive. Throughout the solution of the presented work an equipment was designed to observe the behaviour of roof compositions on smaller segments while taking into account the fastening elements, thus bringing the results closer to reality.

In the first phase the presented dissertation aims to look at the possibilities of comparison of mechanically fastening bitumen reinforced sheets in a way, that they would show the extent to which the joints depend on the parameters of bitumen sheet - like the quality of the bitumen mass, the type bearing linen, the thickness of the layer or just the width of strip overlap.

In the next phase the research was focused on the extent at which the strength of the resulting mechanically fastened joints is affected by the placement of fastenings elements within the strip overlap, including the possibilities when the distances from the edges of the bitumen strip cannot be maintained or because of improper geometry of fastening elements. The measurements were performed on both variants of flat roofs, thermally insulated and non-insulated ones.

The measurement did confirm the primary assumptions and further define the risk solution that can be encountered in the engineering practice. Throughout the conclusion it also gives some recommendations for practice and states some research topics into the future.

## **Klíčová slova**

plochá střecha, jednovrstvý hydroizolační systém, asfaltový pás, systém mechanického kotvení, kotva

## **Key words**

flat roof, one-layer waterproofing, bitumen sheet, mechanical fastening system, fastener



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svoji disertační práci na téma „Adheze spojů asfaltových pásů mechanicky kotvených“ zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje, ze kterých jsem čerpal.

V Brně, dne 28. 11. 2013

.....  
Ing. Tomáš Petříček

## Poděkování

V úvodu si dovolím poděkovat všem, kteří mně podporovali nebo jakkoliv pomáhali při zpracování této práce.

Bohužel už jen in memoriam děkuji Doc. Ing. Antonínu Fajkošovi, CSc., který mi představil problematiku střešních plášťů a nasměroval vývoj tohoto výzkumu. Nesmírně si vážím jeho cenných rad, odbornosti, profesionality a zároveň lidského přístupu, který jsem měl tu čest poznat během jeho vedení doktorského studia.

Zároveň děkuji svému školiteli Ing. Karlu Šuhajdovi, Ph.D. za pomoc, připomínky a v neposlední řadě i toleranci, které mi poskytl při dokončování disertační práce.

Velmi si cením a také děkuji panu Josefu Krupkovi a Ing. Janu Plachému, Ph.D. za podnětné rady a pomoc v jak v oblasti teoretické, tak i při vlastním praktickém měření. Za odborné připomínky a pomoc také děkuji Ing. Aleši Oškerovi a Ing. Antonínu Žákovi, Ph.D.

V neposlední řadě velké díky patří rodičům, rodině, manželce a všem přátelům či blízkým, kteří mě podporovali a neustálými dotazy připomínali termín odevzdání této práce.

Děkuji Vám!

# OBSAH

1	ÚVOD .....	10
2	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....	11
2.1	Obecný vývoj krytin z asfaltových pásů .....	11
2.2	Historie použití mechanicky kotvených povlakových hydroizolací v ČR .....	13
2.3	Mechanické kotvení hydroizolačních povlaků .....	14
2.4	Asfaltové pásy určené pro jednovrstvé systémy .....	15
2.4.1	<i>Základní požadavky</i> .....	15
2.4.2	<i>Návrh jednovrstvého systému z hlediska ČSN</i> .....	17
2.4.3	<i>Asfaltová hmota</i> .....	17
2.4.4	<i>Výztužná vložka</i> .....	21
2.4.5	<i>Povrchové úpravy</i> .....	27
2.4.6	<i>Přehled výrobků</i> .....	27
2.5	Kotevní prvky pro ploché střechy .....	31
2.5.1	<i>Konstrukce kotevního prvku</i> .....	31
2.5.2	<i>Antikorozní ochrana</i> .....	35
2.5.3	<i>Mechanické namáhání kotevního prvku</i> .....	36
2.5.4	<i>Zkoušení kotevních prvků</i> .....	38
2.6	Problematika mechanického kotvení .....	39
2.6.1	<i>Výtažné zkoušky</i> .....	39
2.6.2	<i>Kotevní prvky jako systémové tepelné mosty</i> .....	41
2.6.3	<i>Perforování parozábrany</i> .....	42
2.7	Chyby a poruchy jednovrstvých mechanicky kotvených asfaltových pásů .....	43
2.7.1	<i>Provedení spojů</i> .....	44
2.7.2	<i>Namáhání spojů vlivem smrštění pásů</i> .....	45
2.7.3	<i>Kotevní plán</i> .....	46
2.7.4	<i>Nevhodná aplikace kotevních prvků</i> .....	48
2.8	Zkoušení asfaltových pásů .....	49
2.8.1	<i>Pravidla a terminologie</i> .....	49
2.8.2	<i>Obecné zkoušky parametrů asfaltových pásů</i> .....	50
2.8.3	<i>Zkoušky spojů asfaltových pásů pro jednovrstvé mechanicky kotvené systémy dle ČSN 13707</i> .....	52
2.8.4	<i>Zkoušky jednovrstvých mechanicky kotvených systémů dle ETAG 006</i> .....	53
2.8.5	<i>Zkouška simulující reálné namáhání – SFS intec, Heerbrugg</i> .....	58
3	CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE .....	60
4	METODY ZPRACOVÁNÍ .....	61
5	TEORETICKÝ ZÁKLAD VÝZKUMU .....	62
5.1.1	<i>Faktory ovlivňující spoje asfaltových pásů</i> .....	62
5.1.2	<i>Namáhání mechanicky kotvených spojů</i> .....	62
5.1.3	<i>Numerická simulace</i> .....	66
6	NÁVRH ZKUŠEBNÍ METODIKY .....	68
6.1	Terminologie a základní informace .....	68

---

6.2	Příprava zkušebního zařízení.....	68
6.3	Definice okrajových podmínek měření.....	71
6.4	Způsob vyhodnocení výsledků experimentů.....	72
6.5	Příprava zkušebních těles.....	73
6.5.1	<i>Výběr zkušebních vzorků.....</i>	<i>73</i>
6.5.2	<i>Varianty zkušebních těles.....</i>	<i>75</i>
6.5.3	<i>Výroba zkušebních těles.....</i>	<i>77</i>
6.6	Průběh experimentálního měření.....	78
7	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	79
7.1	Porovnání parametrů asfaltových pásů.....	80
7.1.1	<i>Výsledky experimentálního měření jednotlivých vzorků.....</i>	<i>81</i>
7.1.2	<i>Vliv stupně modifikace.....</i>	<i>91</i>
7.1.3	<i>Vliv typu nosné vložky.....</i>	<i>92</i>
7.1.4	<i>Vliv délky spoje.....</i>	<i>94</i>
7.1.5	<i>Vliv tloušťky pásu.....</i>	<i>96</i>
7.1.6	<i>Dílčí závěr – porovnání parametrů asfaltových pásů.....</i>	<i>97</i>
7.2	Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba S1 (bez tepelně izolační vrstvy)... 99	
7.2.1	<i>Dílčí výsledky experimentálního měření – vzorek G.....</i>	<i>101</i>
7.2.2	<i>Dílčí výsledky měření – vzorek H.....</i>	<i>107</i>
7.2.3	<i>Dílčí závěr – různé umístění kotvy ve spoji, skladba S1.....</i>	<i>113</i>
7.3	Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba S2 (s tepelně izolační vrstvou)... 116	
7.3.1	<i>Dílčí výsledky měření – vzorek G.....</i>	<i>118</i>
7.3.2	<i>Dílčí výsledky měření – vzorek H.....</i>	<i>124</i>
7.3.3	<i>Dílčí závěr – různé umístění kotvy ve spoji, skladba S2.....</i>	<i>130</i>
7.4	Nestandardní aplikace.....	133
7.4.1	<i>Výrazné pootočení oválné přitlačné podložky.....</i>	<i>133</i>
7.4.2	<i>Kotvení pomocí hřebíků.....</i>	<i>136</i>
7.4.3	<i>Hydroizolační povlak z oxidovaného pásu se skleněnou rohoží.....</i>	<i>139</i>
7.5	Porovnání hydroizolačních povlaků na bázi mPVC.....	141
7.5.1	<i>Dílčí výsledky měření – vzorek FA.....</i>	<i>141</i>
7.5.2	<i>Dílčí výsledky měření – vzorek FB.....</i>	<i>145</i>
7.5.3	<i>Dílčí závěr experimentálního měření povlaků na bázi mPVC.....</i>	<i>149</i>
7.6	Porovnání experimentálního měření se zkouškou simulující reálné namáhání..... 151	
7.6.1	<i>Zkušební vzorek SZ1.....</i>	<i>152</i>
7.6.2	<i>Zkušební vzorek SZ2+SZ3.....</i>	<i>154</i>
7.6.3	<i>Dílčí závěr porovnání zkušebních metodik.....</i>	<i>156</i>
8	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ EXPERIMENTŮ.....	157
8.1	Porovnání parametrů asfaltových pásů.....	157
8.2	Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba bez tepelně izolační vrstvy.....	157
8.3	Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba s tepelně izolační vrstvou.....	158
8.4	Nestandardní aplikace.....	158
8.5	Porovnání hydroizolačních povlaků na bázi mPVC.....	158
8.6	Porovnání zkušebních metodik.....	159
9	ZÁVĚR.....	160

---

9.1	Hlavní výsledky disertační práce a doporučení pro praxi .....	160
9.2	Možnosti dalšího pokračování v dané problematice .....	161
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	162
10.1	Seznam publikovaných prací autora .....	162
10.2	Seznam použitých podkladů .....	165
10.2.1	<i>Použitá literatura</i> .....	165
10.2.2	<i>Použité normy</i> .....	166
10.2.3	<i>Použité podklady dostupné na internetu</i> .....	168
10.2.4	<i>Ostatní použité podklady</i> .....	170
10.2.5	<i>Fotodokumentace a grafické podklady</i> .....	170
10.3	Seznam obrázků .....	171
10.4	Seznam tabulek .....	175
10.5	Seznam použitých zkratk .....	176
11	PŘÍLOHA 1 – PODROBNÉ VÝSLEDKY .....	2
11.1	Porovnání různých pásů .....	2
11.2	Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba S1 (bez tepelně izolační vrstvy) .....	8
11.3	Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba S2 (s tepelně izolační vrstvou) .....	12
11.4	Vliv nestandardního kotvení .....	17
11.5	Porovnání hydroizolačních povlaků z mPVC .....	19
11.6	Porovnání výsledků se zkouškami simulující reálné namáhání .....	21

# 1 ÚVOD

Použití jednovrstvé mechanicky kotvené hydroizolace z asfaltového pásu představuje cenově výhodnou a progresivní metodu, která je však založena na vysoké technologické kázni. Proto pro ni platí přísné požadavky z hlediska aplikace systémů, technických parametrů samotného asfaltového pásu a prvků mechanického kotvení.

Výchozím předpisem pro návrh a posuzování jednovrstvých mechanicky kotvených systémů je Řídící pokyn pro evropská technická schválení ETAG 006 Systémy mechanicky kotvených pružných střešních hydroizolačních povlaků [14], který tento systém definuje jako sestavu z hydroizolačního povlaku spojeného s nosnou konstrukcí kotevními prvky přes případnou tepelněizolační vrstvu.

Kritickým místem hydroizolačních povlaků jsou vždy detaily, u jednovrstvých mechanicky kotvených systémů pak zejména spoje s umístěným kotevním prvkem. Z hlediska hydroizolační bezpečnosti a dlouhodobé spolehlivosti je zásadní nejen použití kvalitních materiálů, ale zejména zabudování v souladu s požadavky výrobců nebo dotčených předpisů.

Vlivem cenového tlaku na dodavatele stavebních prací a výrobce stavebních materiálů může docházet ke snižování kvality nebo parametrů dodávaných výrobků. V případě asfaltových pásů se jedná např. o snižování tloušťky asfaltových pásů, použití asfaltové hmoty s menším obsahem modifikátoru nebo nosné vložky s nižší gramáží. Použití různých levnějších „variant“ kotevních prvků je stálým prohřeškem dodavatelů a naštěstí není předmětem této práce...

Celková spolehlivost střešního pláště ovšem stejnou měrou závisí i na dodržení předepsané technologie provádění. Plnoplošné natavení spojů tak, aby byla zajištěna vodotěsnost a vzájemné spolupůsobení pásů, by snad již mělo být samozřejmostí. Zásadní je ale také správné umístění kotevního prvku v minimální předepsané vzdálenosti od okraje kotveného pásu.

Snahou této práce je, na základě výsledků měření, porovnat různé varianty jednovrstvých mechanicky kotvených hydroizolačních systémů z asfaltových pásů, kde proměnným faktorem bude typ asfaltového pásu nebo umístění kotevního prvku ve spoji. Výsledkem by měl být podklad pro výběr asfaltového pásu vhodného pro jednovrstvé mechanicky kotvené systémy a potvrzení striktního požadavku na předepsané umístění kotevního prvku ve spoji.

## **2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY**

### **2.1 Obecný vývoj krytin z asfaltových pásů**

Asfalt a výrobky na jeho bázi patří mezi jedny z nejstarších a nejrozšířenějších materiálů používaných jako hydroizolace ve stavebnictví, popř. i jiných odvětvích. Hydroizolační systémy, jejichž základem jsou právě asfaltové pásy nebo asfaltová hmota, prodělaly značný vývoj, a to zejména díky technickému pokroku a rozvoji chemického průmyslu. Tento rozmach sebou přinesl výrazné rozšíření nabídky hydroizolačních výrobků na bázi asfaltu spolu se zvýšením jejich kvality.

Od využití přírodního asfaltu ve starověku a následně středověku se jakýmsi „předchůdcem“ asfaltových hydroizolací staly nátěry na bázi kamenouhelného dehtu. Ačkoliv dehet, původně jako odpadní surovina plynáren a koksáren, byl objeven v roce 1681, s prvními předchůdci asfaltových pásů ve formě lepenkových archů impregnovaných v dehtu se setkáváme až kolem roku 1828. [10]

Období počátku asfaltových hydroizolací je logicky spojeno se začátkem masivní těžby ropy, tj. přibližně rok 1920, ačkoliv první ropný vrt byl proveden v USA v roce 1859. [10] Průmyslově získávaný asfalt jako zbytek frakční destilace ropy však neposkytoval potřebné parametry pro jeho využití ve stavebnictví. Základní úpravou vlastností surového asfaltu – oxidací – vzniká hmota vhodná pro hydroizolační systémy. V Evropě se oxidované asfalty začaly vyrábět na začátku 20. stol., v meziválečném období se již poměr výroby asfaltových a dehtových lepenek vyrovnává.

S rozmachem použití asfaltových hydroizolačních materiálů, příchodem nových konstrukčních řešení střech, a tím zvýšení nároků na kvalitu asfaltových pásů, rapidně narůstaly problémy s těmito izolacemi spojené. Odpovědí na tuto situaci byl požadavek na nutnou úpravu vlastností asfaltové hmoty.

V roce 1962 se v Itálii začaly zkoušet nové typy asfaltových pásů, u kterých byla do asfaltové hmoty přidávána polymerní modifikace na bázi ataktického polypropylenu (APP). V roce 1968 byla ve Francii vyvinuta další modifikace asfaltové hmoty na bázi styren-butadien-styren (SBS). [4]

V tomto období dochází k rychlému ústupu od dehtů – na území tehdejšího Československa se poslední dehtované lepenky vyráběly do konce 70. let 20. století, poté byla jejich výroba kvůli karcinogenním účinkům zakázána.

V současné době stále dochází k vývoji a úpravám asfaltové hmoty – kombinuje se použití obou výše zmíněných modifikací, optimalizují poměry jednotlivých složek

asfaltové směsi (plniva, modifikace, asfaltová hmota) s cílem dosáhnout vhodných (v některých případech alespoň dostatečných) parametrů s ohledem na finanční efektivitu výroby.

Základem asfaltového pásu samozřejmě není jen asfaltová hmota, ale samozřejmě také jeho nosná vložka, která může zásadně ovlivnit výsledné vlastnosti pásu. Už do hydroizolací tvořených asfaltovými či dehtovými nátěry se vkládaly lepenky, co by výztužná vložka. Jednalo se o vložky na bázi buničiny, později hadrové, strojní hadrové či papírové – nasákové materiály nedostatečných technických parametrů. V padesátých letech 19. stol. se jako nosná vložka do asfaltových pásů začala používat skleněná tkanina, s příchodem modifikovaných pásů se pak objevují i vložky na bázi syntetických vláken (PES).

Z hlediska materiálu jsou dnes nejvíce používané tyto druhy nosných vložek:

- skleněné vlákno ve formě rohože (rouna),
- skleněná tkanina (naprosto odlišné vlastnosti od skleněného rouna),
- syntetické nosné vložky zastoupeny polyesterovou rohoží,
- kovové nosné vložky (nejčastěji hliníkové).

Za jakéhosi prvního předchůdce hydroizolační vrstvy z asfaltových pásů můžeme považovat již zmiňované lepenky vkládané mezi vrstvy dehtových nebo asfaltových nátěrů; podkladem pro tuto vrstvu byla betonová mazanina nebo potěr. Skladba hydroizolační vrstvy korespondovala s tehdejší omezenou materiálovou základnou a prvotními teoretickými znalostmi problematiky.

Asfaltové nátěry s vloženými vrstvami lepenek postupně se nahrazovaly natavitelnými asfaltovými pásy s nasákovými (IPA) a později nenasákovými nosnými vložkami (Bitagit, Sklobit). Hydroizolační souvrství pak bylo tvořeno obvykle dvěma nebo třemi asfaltovými pásy. Přestože se jednalo, ve své době, o relativně kvalitní výrobky (o tom svědčí i fakt, že jsou vyráběny dodnes), tak natavování pásu však bylo novou, neznámou aplikací, která byla příčinou mnoha následných poruch. Trvanlivost hydroizolačního souvrství ovlivňoval i způsob ochrany proti UV spektru slunečního záření pomocí ochranných nátěrů s kratším intervalem obnovy.

Pokud se týká hydroizolací, pro drtivou většinu střeš se od 70. do 80. let téměř výhradně používaly natavitelné asfaltové pásy typu S z oxidovaných asfaltů. V té době již byly na některých střešách aplikovány asfaltové pásy s modifikovaným asfaltem (u nás nejčastěji modifikace SBS), které si, díky vyšší kvalitě hydroizolačního souvrství, našly na trhu místo. S oxidovanými asfaltovými pásy se však stále setkáváme, zejména u hydroizolačních vrstev s menším hydroizolačním namáháním, popř. u staveb s nižšími požadavky na vnitřní prostředí.

Dalším pozitivním krokem na vývojové cestě asfaltových pásů bylo používání hrubozrnného posypu jako náhrada za ochranné nátěry proti UV spektru slunečního záření. Dnes se však opět u některých výrobců můžeme s ochrannými nátěry



asfaltových pásů setkat – jedná se zejména o reflexní nátěr snižující teplotní namáhání krytiny.

Nyní se hydroizolační vrstva plochých střeš z asfaltových pásů vytváří jako souvrství dvou modifikovaných pásů typu S, popř. kombinace pásů typu R a S. Celková tloušťka hydroizolačního souvrství se pohybuje kolem 8 mm. Asfaltové pásy mohou být volně položeny, lepeny či natavovány nebo mechanicky kotveny. Podkladem pro ně mohou být betonové vrstvy, tepelná izolace s dostatečnou pevností, trapézové plechy, dřevo nebo desky na bázi dřeva apod. Specifickou aplikací jsou pak jednovrstvé hydroizolační systémy z asfaltových pásů, které se řídí přísnějšími pravidly jak z hlediska podmínek pokládky, tak i dodržování technologické kázně.

## **2.2 Historie použití mechanicky kotvených povlakových hydroizolací v ČR**

Systém mechanického kotvení je z hlediska stavební historie relativně novou technologií, přesto v současné době je mezi nejrozšířenější způsob stabilizace proti sání větrů. [9] První jednovrstvé mechanicky kotvené povlakové hydroizolace se ve světě objevují v letech 1975 – 1980. V České republice byl jednovrstvý mechanicky kotvený systém z asfaltových pásů na střeše většího rozsahu realizován poprvé v roce 1993 na střeše obchodního domu Náchod. Jednalo se o jednovrstvý pás Isola Mestertekk (Norsko), který byl kotven do betonového podkladu pomocí kotevních prvků SFS intec. [85] I po dvacetiletém fungování nejeví střeška známky porušení – viz Obr. 1 a Obr. 2.



Obr. 1: První mechanicky kotvená střeška [85]



Obr. 2: První mechanicky kotvená střeška [85]

Při příchodu nové technologie mechanického kotvení na obchodní trh přinášela většina výrobců hydroizolací kompletní technickou podporu a aplikační manuály pro zabudování jejich výrobků. Na začátku byl tedy poskytován kvalitní technický servis a spolu s určitým „respektem“ k nové technologii byly prováděny kvalitní realizace.

S rychlým rozmachem a zvyšující se poptávkou po mechanicky kotvených systémech nastává určitý zlom v kvalitě a dochází k prvním poruchám a haváriím. Tento stav, který stále ještě setrvává, má svoje hlavní příčiny v přibývajícím nekvalifikovaném pracovní síle, neznalosti a sílícím tlakům na cenu nebo termín během realizaci.

Ve stavební praxi to má za následek použití nekvalitních výrobků (ať už hydroizolačních povlaků nebo kotevních prvků - Obr. 3), porušení technologických zásad při provádění (Obr. 4), zabudování menšího počtu kotev, nerespektování kotevního plánu nebo jeho úplná absence.



Obr. 3: Použití fasádních hmoždinek při kotvení hydroizolační vrstvy [84]



Obr. 4: Kotvení fasádními hmoždinkami, navíc nevhodně umístěnými

## **2.3 Mechanické kotvení hydroizolačních povlaků**

Systém mechanického kotvení povlakových hydroizolací je progresivní metoda, jejíž návrh přináší řadu technologických výhod:

- rychlost aplikace a nižší závislost na klimatických podmínkách ve srovnání s lepením či natavováním pásů,
- efektivní a jednoduché vytvoření plnohodnotné expanzní vrstvy pod hydroizolační vrstvou,
- nižší riziko poškození pásu přepálením nosné vložky při jeho natavování,
- možnost dilatace vrstev umístěných pod kotvenou povlakovou hydroizolací.

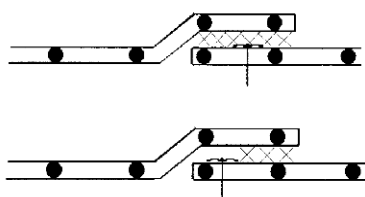
Řídící pokyn pro evropská technická schválení ETAG 006 [14] definuje sestavy mechanicky kotvených pružných střešních hydroizolačních povlaků jako systém, který se skládá z jedno- nebo vícevrstevných hydroizolačních povlaků spojených s nosnou konstrukcí bodovými nebo liniovými kotevními prvky. Nedílnou součástí systému může být i tepelněizolační vrstva.

Mezi hydroizolační povlaky plochých střech jsou uvažovány pouze systémy z pružných průmyslově vyráběných pásů a fólií zhotovených např. z polymerních, asfaltových nebo pryžových materiálů.

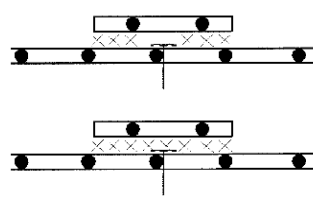
Sestavy sestávající z asfaltových povlaků na dřevěných konstrukcích kotvených lepenkovými hřebíky nejsou předmětem řídicího pokynu ETAG 006.

V řídicím pokynu ETAG 006 jsou uvedeny různé možnosti mechanického kotvení hydroizolace v podkladu. Některé z uvedených příkladů jsou spíše teoretické, v praxi se nejčastěji setkáváme se základními dvěma variantami:

- kotvení v přesazích (kotevní prvek umístěný při okraji pásu a překrytý spojem dalšího pásu – viz Obr. 5)
- kotvení v ploše (kotevní prvek umístěný kdekoliv v ploše hydroizolačního povlaku a následně překrytý vodotěsně napojeným přířezem – viz Obr. 6).



Obr. 5: Kotvení v přesazích povlaku [14]



Obr. 6: Kotvení v ploše povlaku [14]

Z hlediska silového namáhání je více kritická varianta kotvení v přesazích povlaku – účinky sání větru mohou vyvolat excentrické zatížení kotevního prvku a existuje zde riziko podvlečení dolního kotveného pásu pod přítlačnou podložkou kotevního prvku a tím selhání kotveného systému.

Spolehlivost kotveného systému závisí jak na kvalitě hydroizolační vrstvy, na konstrukčním řešení kotevního prvku, na podkladu, do kterého je kotveno, tak i na umístění kotevního prvku ve spoji.

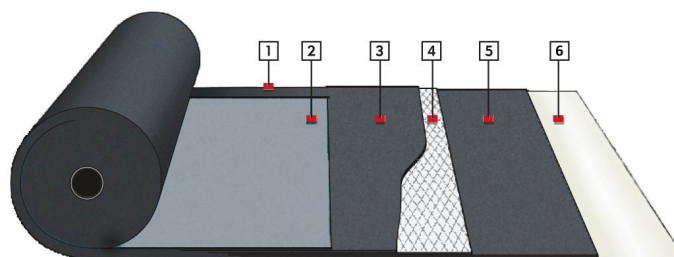
## **2.4 Asfaltové pásy určené pro jednovrstvé systémy**

### **2.4.1 Základní požadavky**

Jednovrstvé mechanicky kotvené systémy z asfaltovaných pásů se uplatňují ve skladbách jednoplášťových plochých střech, nejčastěji halových objektů, zejména pro jejich finanční výhodnost ve srovnání s hydroizolačním souvrstvím ze dvou asfaltových pásů.

Jednovrstvé hydroizolační systémy z asfaltových pásů jsou výsledkem dlouholetého vývoje – zatímco v minulosti se pro vytvoření hydroizolační vrstvy používaly oxidované asfaltové pásy vzájemně plnoplošně natavené ve dvou a více vrstvách, dnes můžeme hydroizolační povlak zajistit jedním speciálním asfaltovým pásem systémově

určeném k tomuto účelu. Samozřejmě na základě individuálního posouzení a v souladu s technologickým a montážním předpisem daného výrobce.



Obr. 7: Schéma asfaltového pásu: 1 - úprava okraje, 2 - vrchní povrchová úprava, 3 - vrchní asfaltová vrstva, 4 - nosná vložka s primární asfaltovou vrstvou (penetrována), 5 - spodní asfaltová vrstva, 6 - spodní povrchová úprava [80]

Použití jednovrstvého mechanicky kotveného systému představuje velmi rychlou a progresivní metodu, která je však založena na vysoké technologické kázni a použití kvalitních asfaltových pásů. Ta spočívá především v dodržení základních požadavků a předpisů stanovených nejen příslušnými normami ale také konkrétním výrobcem. Tyto požadavky se mohou pro jednotlivé výrobky lišit, ale ve většině případů platí následující pravidla:

- dodržení minimálního požadovaného sklonu střešního pláště (dle některých výrobců sklon min.  $3^\circ = 5,24\%$ ),
- použití vhodného typu asfaltovaného pásu:
  - Jedná se o asfaltové pásy typu S, jejichž tloušťka je minimálně 5,0 mm.
  - Asfaltová krycí hmota by měla být dostatečně kvalitní na to, aby byla nejen dobře svařitelná, ale i dlouhodobě flexibilní (ohebná, elastická). Nejčastěji jsou používány asfaltové pásy vyrobené z SBS modifikované asfaltové hmoty s vyšším podílem modifikátoru.
  - Vyztužení spřaženou nosnou vložkou z netkaného polyesterového rouna zpevněného skleněnými vlákny. Lze se však setkat i s pásy určenými pro jednovrstvé systémy, jejichž normou vložku tvoří pouze PES rouno.
- stabilizace proti sání větru zajištěna pouze mechanickým zakotvením hydroizolační vrstvy. S ohledem na riziko možného poškození nosné vložky popř. dotvarování nosné vložky z PES vláken není vhodné plnoplošné natavování pásu. Většina výrobců z hlediska hydroizolační bezpečnosti ani nepřipouští provozní či stabilizační vrstvy aplikované na jednovrstvý systém,
- předpokladem pro dlouhodobou funkčnost mechanicky kotveného systému je nutnost zpracování kotevního plánu před prováděním střechy – zohledňující podkladní konstrukci pro mechanické kotvení a použití správného typu kotevních prvků, jejich počet a rozmístění v rámci střechy,

- stejně tak je důležité dodržet podmínky pro umístění kotevních prvků ve spojích – dle většiny výrobců je nutné kotevní prvky osadit tak, aby okraj přítlačné podložky byl min. 10 mm, popř. 20 mm od okraje kotveného asfaltového pásu,
- dodržení minimální šířek podélných a příčných přesahů stanovených výrobcem (u podélného obvykle min. 120 mm – zohlednění kotevních prvků ve spoji, příčné přesahy v rozmezí 100 – 150 mm),
- plnoplošné natavení všech spojů je zcela zásadní pro hydroizolační schopnost systému a zároveň pro přenesení silových účinků sání větru.

### **2.4.2 Návrh jednovrstvého systému z hlediska ČSN**

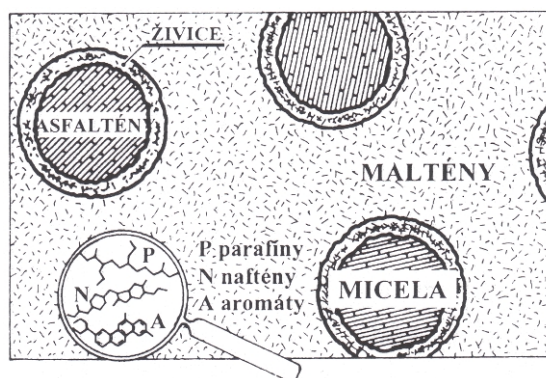
Návrh jednovrstvého asfaltového pásu je v souladu s normovými požadavky ČSN P 73 0606 Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace – Základní ustanovení [21], kde v Příloze C jsou uvedeny příklady složení povlakových hydroizolací v závislosti na hydrofyzikálním namáhání. Dle tohoto ustanovení je možné použít jeden kombinovaný asfaltový pás tl. 5 mm v prostředí srážkové vody stékající po povrchu povlakové krytiny, popř. vody prosakující ochrannými a provozními souvrstvími teras. Pro podmínky tlakové vody je nutné hydroizolační povlak vytvořit ze dvou asfaltových pásů typu S.

Z hlediska objektivit je nutné zmínit ustanovení uvedené v Příloze D již citované normy ČSN P 73 0606 [21], které uvádí faktory ovlivňující spolehlivost hydroizolačních vrstev. Podle tohoto ustanovení je spolehlivost povlakových hydroizolací vytvořených z většího počtu dokonale plnoplošně spojených vrstev hydroizolačně spolehlivější než povlaky jednovrstvé, a to zejména s ohledem na nedokonalé provedení spojů nebo rizika poškození vrstvy v průběhu výstavby. Ve stejném duchu hovoří i poznámka u článku Zásady navrhování a realizace povlakových hydroizolací v publikaci Základní pravidla pro návrh a realizaci plochých střech a hydroizolace spodní stavby, kterou vydal CKPT [7].

### **2.4.3 Asfaltová hmota**

Asfalt je přírodní hydroizolační materiál, jehož využití je známo již od starověku. Z chemického hlediska se asfalt skládá z velkého počtu uhlovodíků různých molárních hmotností a dalších prvků. Chemické složení asfaltů může být velmi rozdílné, závisí zejména na složení jeho prvotní suroviny – ropy, které se může velmi lišit.

Asfalt si můžeme představit jako koloidní roztok, který se skládá ze dvou základních skupin: první, olejovou složku tvoří maltény (parafíny, naftény, aromáty a živice), ve které je jemně rozptýlená druhá skupina – tuhá složka asfaltény – viz Obr. 8.



Obr. 8: Koloidní složení asfaltové hmoty [13]

Živice obklopují asfaltény dispergované v malténové směsi a formují se do útvarů tzv. micel. Konzistence asfaltové hmoty je pak závislá na velikosti micely. Tento koloidní roztok citlivě reaguje na teplotu a vzájemný poměr obou částí směsi ovlivňuje výsledné parametry asfaltu a jeho možnosti použití pro izolační materiály. [13]

Podle původu vzniku se asfalt dělí na přírodní a získané z ropy. Pro výrobu asfaltových pásů se však téměř výhradně používá asfalt vyráběný z ropy.

#### 2.4.3.1 Úpravy asfaltové hmoty

Základní surovinou, která se získá frakční destilací nebo extrakcí těžkých podílů ropy, je tzv. destilovaný asfalt (někdy též nazývaný jako primární). Vyznačuje se malým počtem asfalténů a zvýšeným obsahem malténů. Díky svým vlastnostem (nízký bod měknutí a vysoký bod lámavosti) není vhodný pro přímé použití ve stavebnictví, ale jako základní surovina pro další zpracování asfaltů.

Oxidovaný, neboli foukaný, asfalt se vyrábí z primárního asfaltu, do kterého je vhnán vzduch při teplotě 250 – 300 °C. Během oxidace dochází k chemickým reakcím, které mají za následek změnu struktury asfaltu. Aromatické složky malténů se postupně přeměňují na živice a dále na asfaltény, zvětšením jejich počtu v asfaltu dojde k vzájemnému zesíťování, které zabezpečí zvýšení bodu měknutí na teplotu kolem 80 °C. [13], [11]

Asfaltové pásy vyrobeny z oxidovaného asfaltu mají i při dodržení kvalitní výroby a aplikace relativně nízké technické parametry a malou životnost. Vylepšení vlastností asfaltové hmoty je možné přidáním určité přísady, které nazýváme modifikátory a takto upravené asfaltové pásy nazýváme modifikované asfaltové pásy. Za dobu vývoje modifikovaných asfaltových směsí se vyzkoušela celá řada různých typů modifikátorů, nicméně nejosvědčenější se jeví použití polymerních modifikátorů na bázi elastomerické nebo plastomerické. Mezi nejčastěji používané modifikátory na bázi elastomeru patří styren-butadien-styren (SBS), na bázi plastomeru to je ataktický polypropylén (APP).

Takto modifikované asfaltové pásy vynikají proti klasickým oxidovaným asfaltovým pásům mnohonásobně větší průtažností, vyšším bodem měknutí, nízkým



bodem lomu a vysokou mechanickou odolností při záporných teplotách – viz porovnání v Tabulka 1.

Tabulka 1: Základní fyzikální a mechanické vlastnosti nejčastěji používaných pásů [4], [76]

<b>Asfaltový pás</b>	<b>Ohebnost za nízkých teplot [°C]</b>	<b>Stálost za tepla [°C]</b>	<b>Bod měknutí asfalt. hmoty (KK) [°C]</b>
Oxidovaný	0	cca 70	+85 až +90
Modifikovaný APP	-5 až -15	+115 až +130	+135 až +155
Modifikovaný SBS	-15 až -25	+90 až +110	+110 až +120

Výsledné vlastnosti asfaltové hmoty jsou silně závislé na mnoha faktorech – především složení vlastní asfaltové hmoty (podíl jednotlivých složek v koloidní struktuře a jejich molekulová hmotnost), množství, typ přidaného modifikátoru a jeho dokonalé rozmíchání v asfaltové hmotě a v neposlední řadě také typ plniva. Kvalita rozmíchání modifikátoru je velmi zásadní a cílem míchání je vytvoření homogenní disperze – viz Obr. 9 až Obr. 12.

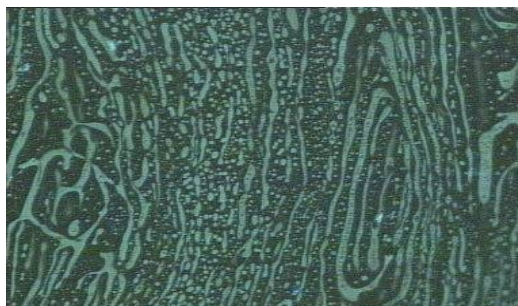
U jednovrstvých systémů, kdy vodotěsnost zajišťuje pouze jeden asfaltový pás, je logické, že pro výrobu těchto pásů by měl být používán pouze asfalt vysokých kvalit. Použití oxidovaného asfaltu je nevýhodné – technické parametry oxidovaných pásů, zejména ohebnost za nízkých teplot kolem cca 0°C a bod měknutí asfaltové hmoty cca 70-80°C, zdaleka nedostačují teplotnímu namáhání hydroizolační vrstvy na střeše. Pro výrobu pásů určených pro jednovrstvé systémy se nejčastěji používají asfaltové hmoty upravené přidáním modifikátoru na elastomeru SBS.

### ***Asfalty modifikované SBS***

Modifikátor SBS (styren-butadien-styren) patří do skupiny elastomerů a skládá se ze dvou vzájemně na sebe navázaných částí. První složkou je kaučukový butadien, který ovlivňuje chování asfaltu při nízkých teplotách. Druhou složkou modifikátoru je polystyren, který chemicky utváří strukturu asfaltové hmoty – zvyšuje bod měknutí a tuhost modifikované asfaltové hmoty při vyšších teplotách. SBS modifikovaný asfalt má výborné mechanické vlastnosti za běžných teplot, při vyšších teplotách (natavování asfaltu) měkne a vykazuje plastické chování a po ochlazení se mu vrací původní vlastnosti. [13] Pásky z SBS modifikovaného asfaltu vykazují, ve srovnání s modifikací APP, také lepší výsledky hodnot pevnosti ve spojích, a to i v souvislosti s procesem stárnutí. [11] Kombinace těchto vlastností předurčuje modifikované asfaltované pásy k širokému použití v oboru hydroizolací staveb, zvláště pak ve střešních konstrukcích.



Obr. 9: Velmi dobrá disperze SBS modifikátoru v asfaltové hmotě (100x zvětšeno) [79]



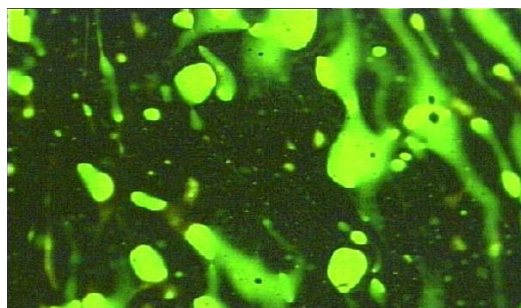
Obr. 10: Slabá disperze SBS modifikátoru v asfaltové hmotě (100x zvětšeno) [79]

### ***Asfalty modifikované APP***

První využití APP (ataktických polypropylenů) jako modifikátoru asfaltové hmoty se bylo vhodné jak z hlediska výsledných vlastností asfaltové hmoty, tak i využití APP jakožto odpadního produktu výroby izotaktického polypropylenu. V obecné terminologii se používá označení APP i pro další typy modifikátorů ze skupiny polyolefinů (jedná se především o PE, PP, EVA, APAO a další). Obecně lze konstatovat, že vzniklá asfaltová směs modifikovaná těmito polymery má plastický charakter. [73] Vývoj modifikace APP a její problematika je velmi podrobně popsána seriálem článku p. Bozděcha v časopise *Střechy, fasády, izolace*. [10]



Obr. 11: Vynikající disperze APP modifikátoru v asfaltové hmotě (100x zvětšeno) [79]



Obr. 12: Velmi špatná disperze APP modifikátoru v asfaltové hmotě (100x zvětšeno) [79]

Asfalty modifikované APP se vyznačují odolností proti vysokým teplotám, jejich elastické vlastnosti jsou přitom o něco horší, zejména při nízkých teplotách. Vyšší odolnost proti teplotní zátěži APP modifikovaných pásů se využívá při jejich aplikaci pod povrchové úpravy pokládané za horka – lité asfalt nebo asfaltový beton (střešní parkoviště, silniční mosty) nebo pro vytvoření hydroizolační vrstvy střeš ve slunnějších oblastech jižní Evropy. Některé typy APP modifikovaných pásů jsou odolné proti účinkům UV záření, což umožňuje jejich provedení bez hrubozrnného posypu.



Jedním z problémů, který se může objevit u APP modifikovaných asfaltových pásů, je ztráta pevnosti popř. delaminace ve spojích, zejména pak v kombinaci s pásy SBS modifikovanými nebo oxidovanými – podrobněji viz [10] a [73].

### ***Plniva***

Pro zlepšení některých vlastností se při výrobě do asfaltové hmoty přidávají plniva. V závislosti na použitém plnivu a složení asfaltové hmoty se mění především chování za vysokých teplot a stárnutí. V neposlední řadě přidání plniv také snižuje náklady na výrobu asfaltového pásu.

Mezi nejčastěji používaná plniva patří rozemletá břidlice, vápenná nebo čedičová moučka, popř. elektrárenský popílek. Obecně musí být plniva chemicky inertní k asfaltu i modifikátorům. Každé z plniv má svoji specifickou chemickou skladbu, strukturu a zrnitost. Velikost částic se pohybuje cca v intervale 0,02 mm – 0,2 mm. [13]

Plniva se přidávají v poměru 10% - 35% hmotnosti asfaltové směsi, v závislosti na složení pak dochází ke zvýšení bodu měknutí asfaltu o 5 - 20 °C. [13] Zároveň však jsou nepříznivě ovlivněny požadované vlastnosti asfaltové hmoty jako je odolnost za nízkých teplot, tažnost, tvárnost a zpracovatelnost.

## **2.4.4 Výztužná vložka**

### **2.4.4.1 Základní informace**

Asfaltové pásy určené pro vytvoření hydroizolační vrstvy střech jsou v drtivé většině vyztužené nosnou vložkou. Existují bezvložkové asfaltové pásy s extrémní průtažností až 1000%, ty se ale využívají při opracování detailů, nikoliv pro vytvoření hydroizolační vrstvy v ploše.

Nosná vložka v asfaltovém pásu zajišťuje pevnostní vlastnosti, objemovou stabilitu, tvoří základ asfaltového pásu při jeho výrobě a současně zachycuje a přenáší tahová napětí a redistribuuje namáhání při působení vnějších i vnitřních sil. Nosná vložka plní hlavně následující funkce:

- určuje pevnost a průtažnost pásu,
- ovlivňuje rozměrovou stálost při výrobě i vlastní pokládce,
- ovlivňuje způsob natavování pásu,
- ovlivňuje difúzní propustnost, protipožární vlastnosti pásu, popř. zvyšuje odolnost proti prorůstání kořenů,
- ovlivňuje trvanlivost asfaltového pásu.

Stejně jako asfaltová hmota, tak i výztužné vložky asfaltových pásů prošly vývojem a zdokonalováním svých vlastností. V současné době se při výrobě asfaltových pásů uplatňují následující nosné vložky:

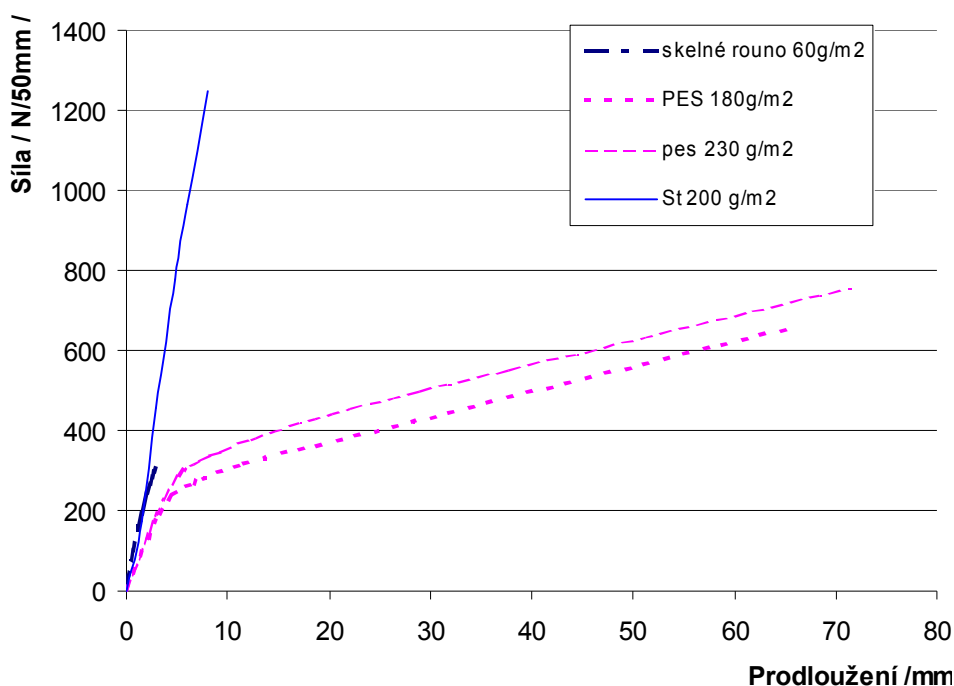
- hadrové (popř. celulózové, jutové, apod.),

- skleněná rohož,
- skleněná tkanina,
- polyesterové rohože,
- tenké fólie z kovu (nejčastěji Al, Cu),
- kombinované vložky,
- spřažené vložky (spolupůsobení dvou či více výše uvedených materiálů).

Použití asfaltových pásů s hadrovými, tedy nasákovými nosnými vložkami pro vytvoření hydroizolační vrstvy je nepřipustné. Podle ČSN P 73 0606 Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace – Základní ustanovení [21] musí výztužné vložky povlakových hydroizolací odolávat vlivům vody působící na hydroizolaci, což samozřejmě nasákové vložky nespĺňují.

Asfaltové pásy s nosnou vložkou z kovové fólie se ve skladbách plochých střech využívají pro vytvoření parotěsné vrstvy, jejich aplikace do hydroizolačního souvrství z důvodů nedostatečných pevnostních parametrů a vysoké hodnoty ekvivalentní difuzní tloušťky není vhodná.

Pro vytvoření hydroizolační vrstvy se používají nosné vložky na bázi skla (skleněná rohož, skleněná tkanina) a na bázi polyesteru.



Obr. 13: Porovnání pevností v tahu a prodloužení základních typů nosných vložek [11]

Výsledné mechanické a pevnostní charakteristiky nosné vložky závisejí na materiálové bázi vláken, jejich vzájemná orientace a podílu použitého pojiva pro jejich spojení. Orientační porovnání vlastností nosných vložek je uvedeno v Tabulka 2 a znázorněno v grafu na Obr. 13.

Tabulka 2: Orientační porovnání pevností a tažností nejčastěji používaných nosných vložek [11]

Typ nosné vložky	Gramáž	Pevnost		Tažnost	
	g/m <sup>2</sup>	podélný směr [kN.m <sup>-1</sup> ]	příčný směr [kN.m <sup>-1</sup> ]	podélný směr [%]	příčný směr [%]
Skelné rouno (Vlis)*	60-110	min. 3,6-8,6	min. 2,6-4,8	1,2-1,4	1,2-1,4
Skelná tkanina (rohož)**	152-200	min.18-21	min.20-24	2-3	2-3
PES rouno ***	120-250	8,6-19	4,6-14	20-35	23-37
Spřažená****	160-180	min. 9,6-11,3	min.6,8-8,1	min. 23	min. 25

\* Johns Manville, řada DH

\*\* Saint Gobain Vertrotex

\*\*\* Johns Manville, řada 032

\*\*\*\* Johns Manville, řada 054

#### 2.4.4.2 Nosné vložky na bázi skla

Obecné vlastnosti skleněných vláken lze definovat jejich vysokou pevností, odolností proti vysokým teplotám a odolností proti vlhkosti. Na druhou stranu skleněná vlákna vykazují jen minimální průtažnost. Je však nutné důsledně rozlišovat nosnou vložku ze skleněné tkaniny a ze skleněné rohože. Ačkoliv jsou obě na stejné materiálové bázi, jejich výsledné vlastnosti – zejména pevnosti – jsou výrazně odlišné.

Nosná vložka ze skleněné rohože (někdy nazývána sklorouno) je tvořena náhodně směrovanými skleněnými vlákny, které jsou vzájemně spojené pojivou - Obr. 14. Délka vláken je cca 10 – 70 mm. Díky svojí nízké gramáži vykazuje malé pevnosti v tahu a minimální průtažnost – viz Obr. 13 a Tabulka 2. Asfaltové pásy s touto nosnou vložkou proto nejsou vhodné pro vytvoření hydroizolační vrstvy, která je vystavená mechanickému nebo teplotnímu namáhání. Pro použití v mechanicky kotvených systémech jsou absolutně nevhodné.



Obr. 14: Nosná vložka ze sklené rohože

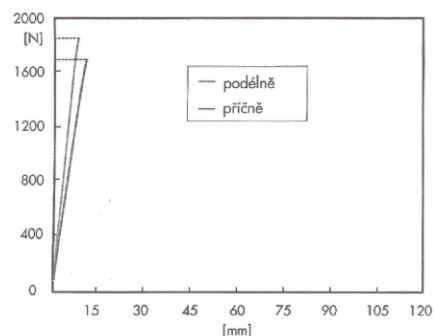
Skleněná tkanina je tvořena orientovanými vlákny skla, které jsou vzájemně protkány a spojeny pojivou - Obr. 15. Ve směru výroby nekonečného pásu vložky hovoříme o osnově, kolmo na ni nazýváme útek. Asfaltové pásy s nosnou vložkou ze skleněné tkaniny sice mají také poměrně nízkou tažnost, avšak velmi vysokou pevnost v tahu – viz Obr. 13, Obr. 16 a Tabulka 2. Z grafu průběh tahové je patrný lineární nárůst tahové síly při nízkém protažení zkušebního tělesa, při dosažení maximální hodnoty tahové síly dochází k přetržení.

Obrovskou výhodou nosných vložek na bázi skla je jejich tepelná stálost a plošná stabilita – samotné vložky nepodléhají rozměrovým změnám vlivem teploty, ale výrazně eliminují rozměrové změny krycí asfaltové hmoty.

Asfaltové pásy vyztužené skleněnou tkaninou se nejčastěji uplatňují jako první vrstva hydroizolačního souvrství – u mechanicky kotvených systémů se využívá vysoká pevnost těchto pásů. Zároveň, v případě souvrství natavovaných k podkladu, se využívá vyšší tepelná stálost spodního pásu s nosnou vložkou ze skleněné tkaniny – ten je totiž při realizaci vystaven vysokému teplotnímu namáhání hned dvakrát, a to při vlastní aplikaci spodního pásu a podruhé při plnoplošném natavování horního pásu souvrství.



Obr. 15: Nosná vložka ze skleněné tkaniny



Obr. 16: Průběh tahové zkoušky asfalt. pásu s nosnou vložkou ze skleněné tkaniny [3]

#### **2.4.4.3 Syntetické nosné vložky z polyesteru (PES)**

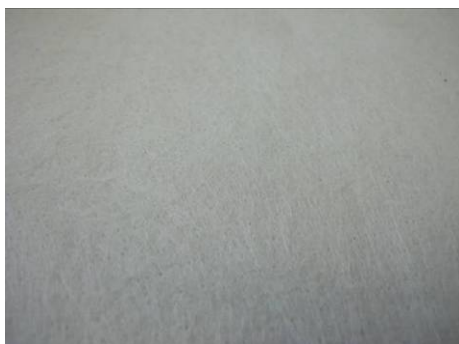
Nosné vložky na bázi PES se vyrábějí dvěma základními technologiemi – první je metoda spřádání nekonečného vlákna, které se následně propichuje a ztužuje pojivem (technologie Spunbond), popř. se vlákna se speciální úpravou povrchu spojují termicky. Druhou technologií je PES rohož z krátkých vláken – ta je vytvořena z více netkaných rohoží vyrobených z vláken délky několika centimetrů, jednotlivé rohože se vzájemně propichují a spojují pojivy. Rohože z krátkých vláken dosahují nižších mechanických parametrů ve srovnání se rohoží z dlouhých vláken shodné gramáže. [11]

Polyesterové nosné vložky dosahují vysokých pevností a zároveň velké průtažnosti pohybující se okolo 40% (Obr. 13 a Obr. 18). Při menších deformacích nosné vložky v řádech procent se navíc chovají elasticky. Struktura nosné vložky je schopna roznášet bodové zatížení do plochy a mají také vysokou odolnost proti cyklickému namáhání. [11] Díky těmto vlastnostem jsou využívány zejména u asfaltových pásů určených k mechanickému kotvení.

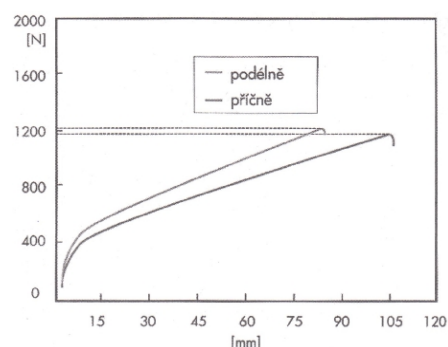
Nevýhodou nosných vložek na bázi PES je nízká odolnost proti vysokým teplotám – vlákna nesmí být vystavena teplotám přesahujícím 200°C. Při jejich aplikaci natavováním je nutné dodržovat technologickou kázeň a předejít poškození pásu, popř. propálení nosné vložky.

Asfaltové pásy s nosnou vložkou z PES rohože jsou také citlivé na vnesené předpětí při jejich výrobě a následně riziku jejich rozměrových změn (smrštění) v závislosti na teplotě. Vznik vnitřního pnutí v nosné vložce z PES rohože má svoji příčinu buď ve výrobě samotné nosné vložky, ale častěji je jeho důvodem proces výroby asfaltových

pásů, kdy dochází k tahovému nebo teplotnímu namáhání syntetických vláken (počáteční impregnace, popř. nanášení krycích asfaltových vrstev). Přestože se hodnoty smrštění pásů se pohybují řádově v desetinách procenta, celková zkrácení v případě pěti metrové role pásu pak může činit i několik centimetrů. To má za následek výrazné smykové namáhání příčných spojů, které nemusejí tomuto cyklickému namáhání odolat – podrobněji viz kapitola 2.7.2 Namáhání spojů vlivem smrštění pásů.



Obr. 17: Nosná vložka z PES rohože



Obr. 18: Průběh tahové zkoušky asfalt. pásu s nosnou vložkou z PES rohože 250 g/m<sup>2</sup> [3]

Na výsledné pevnostní charakteristiky u PES vložek má pozitivní vliv jejich vyšší gramáž – viz porovnání PES rohoží gramáže 170 g/m<sup>2</sup> a 200 g/m<sup>2</sup> na Obr. 13. Nicméně, obecné doporučení, že čím hmotnější nosná vložka, tím lepší výsledné vlastnosti asfaltového pásu [3], má svoje omezení. Nosné vložky vyšších gramáží sice zvyšují pevnostní parametry asfaltového pásu, ale přinášejí i negativní vlivy. S rostoucí gramáží (a tím i větší tloušťkou) nosné vložky se při zachování celkové tloušťky asfaltového pásu logicky zmenšuje tloušťka krycích asfaltových vrstev. A právě asfaltová hmota u pásů zaručuje jejich hydroizolační schopnost.

U pásů s vysokou gramáží PES rohože se setkáváme i s poruchami, kdy volná vlákna nosné vložky procházejí krycími asfaltovými hmotami až k povrchu asfaltového pásu. Tato vlákna představují v podstatě kapiláry, tedy transportní cestu pro vodu, která se tak dostávala do nosné vložky. Při jejím následném odpařování pak může docházet k poruchám pásu ve formě vzniku puchýřků na jeho povrchu.

Vložky s vysokou gramáží se při výrobě asfaltových pásů obtížně penetrují v celé svojí tloušťce a hrozí tak riziko delaminace asfaltového pásu.

#### **2.4.4.4 Spřažené nosné vložky**

Nosné vložky mohou být v asfaltovém pásu použity samostatně nebo v podobě kombinované nosné vložky (použití dvou nebo více vložek bez vzájemného spojení, nezávisle na sobě) nebo spřažené nosné vložky (použití dvou nebo více vložek vzájemně spojených, spřažených). [2]

V asfaltových pásách určených pro jednovrstvý mechanicky kotvený hydroizolační systém nejčastěji nachází uplatnění spřažená nosná vložka z polyesterové rohože

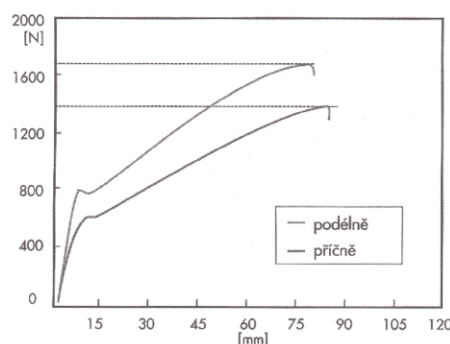
zesílené skleněnými vlákny (v jednom směru nebo obousměrné). Využívá se výhod obou materiálů – vysoká pevnost skleněných vláken s velkou tažností polyesteru.

Skleněná vlákna přenášejí velkou část zatížení působícího na asfaltový pás a snižují tak namáhání vláken PES rohože (napětí ve vláknech PES je pouze v rámci elastických deformací). [11] Tím je výrazným způsobem zvýšena životnost nosné vložky, tedy i asfaltového pásu a hydroizolační vrstvy z něj vytvořené. Tento princip namáhání je patrný z diagramu průběhu tahové zkoušky – viz Obr. 20. V oblasti prvního vrcholu křivky průběhu dochází k porušení pevné, ale málo tažné části vložky (skleněná vlákna), dochází k poklesu napětí a následně už je průběh grafu analogický jako u nezesílených nosných vložek z PES rohože.

Zásadní výhodou spřažených vložek je také jejich vyšší stabilita vůči rozměrovým změnám, zejména smršťování PES rohoží v důsledku vnitřního pnutí – viz kapitola 2.4.4.3 Syntetické nosné vložky z polyesteru (PES). Zatímco u nosných vložek z PES rohoží se rozměrové změny pohybují přibližně v rozmezí 0,5 – 3,0 %, u spřažených vložek (PES + oboustranně skleněné vlákno) tyto změny nepřekračují 0,5%. [11]



Obr. 19: Spřažená nosná vložka - PES rohož s obousměrným vyztužením skleněnými vlákny



Obr. 20: Průběh tahové zkoušky asfaltového pásu se spřaženou nosnou vložkou (trojkombinace) [3]

#### **2.4.4.5 Impregnace nosné vložky**

Pro výsledné vlastnosti asfaltového pásu, zejména dosažení vzájemného spolupůsobení nosné vložky s asfaltovou krycí hmotou, je důležitá impregnace nosné vložky. Ta probíhá na začátku výroby asfaltového pásu, kdy je vložka ponořena do asfaltu s nízkou viskozitou. Impregnace by měla zajistit, aby se všechna vlákna nosné vložky obalila asfaltovou hmotou, volná místa se vyplnila asfaltem a připravil se povrch pro nanášení krycí asfaltové hmoty.

Způsob impregnace nosné vložky může zásadním způsobem ovlivnit výslednou kvalitu asfaltového pásu. Při použití impregnačního asfaltu nižších kvalit ve srovnání s asfaltem krycích vrstev, může docházet k poruchám (např. sjíždění asfaltové hmoty u pásů aplikovaných na svislých plochách) v krajním případě až k delaminaci asfaltového pásu.



Pro zajištění maximální soudržnosti asfaltové hmoty s impregnovanou nosnou vložkou by impregnace měla být prováděna asfaltem obdobných parametrů, jako výsledná krycí asfaltová hmota – při výrobě SBS modifikovaných pásů nosné vložky impregnovat SBS modifikovanou asfaltovou hmotou.

V současné době ve snaze snížit náklady na výrobu je však většina asfaltových pásů impregnována oxidovanými asfalty, nezávisle na typu krycí asfaltové hmoty. Navíc v technických nebo produktových listech asfaltových pásů ani není přesněji specifikován typ asfaltové hmoty použité pro impregnaci nosné vložky.

### **2.4.5 Povrchové úpravy**

Asfaltové pásy určené pro jednovrstvé systémy jsou opatřeny standardními povrchovými úpravami – viz Obr. 7. Na spodním povrchu je základní úprava proti slepení pásu v roli, a sice spalná fólie, jemnozrný posyp nebo separační rouno. Horní povrch je opatřen hrubozrným posypem např. z břidličných šupin zajišťujícím ochranu proti účinkům UV spektra slunečního záření. Pro možnost kvalitního vzájemného natavení pásů je v místě podélných okrajů hrubozrný posyp vynechán a povrch je většinou kryt pouze spalnou fólií.

### **2.4.6 Přehled výrobků**

Níže je uveden výčet asfaltových pásů několika výrobců určených pro jednovrstvé mechanicky kotvené hydroizolační vrstvy včetně základních materiálových charakteristik. Údaje jsou čerpány z technických listů výrobků dostupných na internetových stránkách výrobce [55] - [71]. Informace u jednotlivých parametrů jsou záměrně uvedeny jako citace z technických listů, aby bylo patrné, jaké konkrétní údaje má k dispozici projektant nebo realizační firma.

Některé výrobky nesplňují požadavky normy ČSN P 73 0606 Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace – Základní ustanovení [20] z hlediska minimální tloušťky 5,0 mm. Zajímavé je také srovnání použitých asfaltových hmot, kdy hodnoty ohebnosti při nízké teplotě se pohybují v širokém intervalu -14°C až -36°C.

#### **1. ICOPAL – Siplast: PARAFOR SOLO GFX [55]**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -25 °C
- tloušťka pásu: 4,0 mm (3,8 mm)
- nosná vložka: netkané PES rouno, 180 g/m<sup>2</sup>
- velikost podélného přesahu: 120 mm
- vodící linky pro správné umístění kotev

## **2. ICOPAL: ELASTOBIT PV TOP FIX 52 [56]**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -25 °C
- tloušťka pásu: 5,2 mm (5,0 mm)
- nosná vložka: spřažená, PES rouno a skelná rohož, 180 g/m<sup>2</sup>
- velikost podélného přesahu: 120 mm
- pro jednovrstvý systém sklon min. 3%

## **3. ICOPAL: MONOLIGHT [57]**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -25 °C
- tloušťka pásu: 5,2 mm (5,0 mm)
- nosná vložka: kombinovaná, PES rouno a skelná rohož, 250 g/m<sup>2</sup>
- velikost podélného přesahu: 120 mm
- pro jednovrstvý systém sklon min. 3%

## **4. AXTER: FORCE 4000 FM [58], [59]**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -16 °C
- tloušťka pásu: 4,0 mm (4,4 mm)
- nosná vložka: PES rohož, 180 g/m<sup>2</sup> (PRV 180)
- velikost podélného přesahu: min. 90 mm

## **5. AXTER: EXCELFLEX [59]**

- asfaltová hmota: ALPA modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -14 °C
- tloušťka pásu: 3,4 mm
- nosná vložka: PES rohož, 180 g/m<sup>2</sup> (PR 180)
- velikost podélného přesahu: min. 120 mm

## **6. Bauder: BAUDER PRO F [60]**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -36 °C
- tloušťka pásu: 5,2 mm
- nosná vložka: speciální PES rohož (PYE KTP 5)
- velikost podélného přesahu: min. 120 mm
- pro jednovrstvý systém sklon min. 2%

## **7. VEDAG: VEDAPROOF F [61]**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -36 °C
- tloušťka pásu: 5,0 mm
- nosná vložka: kombinovaná, skleněná + PES rouno, 275 g/m<sup>2</sup>
- velikost podélného přesahu: 130 mm

## **8. BOERNER: SK Bit 1 Plus [62]**

- asfaltová hmota: plasto-elastomerická modifikovaná,
- ohebnost při nízké teplotě: -28/-33 °C
- tloušťka pásu: 5,0 mm
- nosná vložka: netkaný PES, 4-kombinovaná
- velikost podélného přesahu: min. 120 mm
- pro jednovrstvý systém sklon min. 2%



**9. BOERNER: POLY-ELAST 3K S5 [63]**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -30°C
- tloušťka pásu: 5,0 mm
- nosná vložka: 3K kombinovaná vložka, cca 200 g/m<sup>2</sup>
- velikost podélného přesahu: 120 mm

**10. BÜSSCHER & HOFFMANN: KVD E 55 K UNO [64]**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -20°C
- tloušťka pásu: 5,0 mm
- nosná vložka: kombinovaná
- velikost podélného přesahu: min. 140 mm

**11. INDEX: FLEXTER FLEX TESTUDO SPUNBOND POLYESTER [65]**

- asfaltová hmota: ECMB polymer-asfalt,
- ohebnost při nízké teplotě: -25°C
- tloušťka pásu: 4,0 mm
- nosná vložka: netkaný PES vyztužený skelnými vlákny

**12. INDEX: TESTUDO SPUNBOND POLYESTER 25 [66]**

- asfaltová hmota: elastoplastomeric polymer-bitumen
- ohebnost při nízké teplotě: -20°C
- tloušťka pásu: 4,0 mm
- nosná vložka: netkaný PES

**13. IMPER: PARAFLEX ARD/HS [67]**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -25°C
- tloušťka pásu: 4,0 mm + posyp
- nosná vložka: netkaný PES vyztužený minerálními vlákny
- velikost podélného přesahu: 100 mm

**14. IMPER: PARALON ARD/HS<sup>PLUS</sup> ST [69]**

- asfaltová hmota: PARALLOY (směs polymeru Metallocene rozptýlených v asfaltu)
- ohebnost při nízké teplotě: -20°C
- tloušťka pásu: 4,0 mm + posyp
- nosná vložka: netkané PES rouno vyztužené minerálními vlákny
- velikost podélného přesahu: 100 mm

**15. IMPER: PARAGUM ARD/HS ST [69]**

- asfaltová hmota: elastoplastomericky modifikovaný asfalt
- ohebnost při nízké teplotě: -15°C
- tloušťka pásu: 4,0 mm + posyp
- nosná vložka: netkané PES rouno vyztužené skelnými vlákny
- velikost podélného přesahu: 100 mm

**16. TECHNOKOL: Technoelast SOLO WP1**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -15°C
- tloušťka pásu: 4,0 mm + posyp

- nosná vložka: netkané PES rouno vyztužené skelnými vlákny
- velikost podélného přesahu: 100-120 mm

#### **17. PARABIT: PARAELAST SINGLE TOP PV+V S52 [70]**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -25°C
- tloušťka pásu: 5,2 mm
- nosná vložka: spřažená, PES rouno vyztužené skelnou mřížkou
- velikost podélného přesahu: 120 mm
- pro jednovrstvý systém sklon min. 3°, kotva 10 mm od okraje

#### **18. SOPREMA: SOPRAFIX UNILAY AR [71]**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -16°C (normová), -20°C (průměrná)
- tloušťka pásu: 4,7 mm (s posypem)
- nosná vložka: spřažená, PES rouno + sklo, 200 g/m<sup>2</sup>
- velikost podélného přesahu: 120 mm
- vodící linky pro správné umístění kotev

#### **19. DEKTRADE: ELASTEK 50 SOLO [72]**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -25°C
- tloušťka pásu: 5,3 mm
- nosná vložka: polyesterová rohož plošné hmotnosti 220 g/m<sup>2</sup>  
obousměrně vyztužená skleněnými vlákny
- velikost podélného přesahu: 120 mm
- pro jednovrstvý systém sklon min. 3°, kotevní prvky min. 20 mm od okraje

#### **20. DEHTOCHEMA BITUMAT: POLYELAST EXTRA MK5 DESIGN**

- asfaltová hmota: SBS modifikovaná
- ohebnost při nízké teplotě: -25°C
- tloušťka pásu: 5,0 mm
- nosná vložka: spřažená, PES rouno vyztužené  
skleněnými vlákny, 200 g/m<sup>2</sup>
- velikost podélného přesahu: 120 mm
- pro jednovrstvý systém sklon min. 3°, kotevní prvky min. 10 mm od okraje

## 2.5 Kotevní prvky pro ploché střechy

Kotevní prvek musí zaručovat optimální upevnění v určitém podkladu, nesmí docházet k jeho postupnému uvolňování nebo praskání v důsledku permanentní dynamické námahy vyvolané větrným sáním nebo korozním namáháním tohoto prvku.

Sortiment kotevních prvků umožňuje kotvit do celé řady podkladů:

- prkna, dřevotřísky, překližky a OSB desky,
- ocelový profilovaný plech,
- hliníkový profilovaný plech,
- betonové mazaniny,
- tenkostěnné železobetonové prvky,
- lehčené betony (obvykle s objemovou hmotností min. 1000 kg/m<sup>3</sup>),
- jiné podklady (cementotřískové podklady atd.)

### 2.5.1 Konstrukce kotevního prvku

Nejčastěji používané kotevní prvky se skládají ze dvou částí: první částí je kovový šroub sloužící k upevnění do podkladu, druhou nedílnou částí je buď kovová přitlačná podložka pro tvrdý (Obr. 21) či měkký podklad nebo plastový teleskop různých délek pro střešní pláště s tepelně izolační vrstvou (Obr. 22).

Podle podrobnější terminologie uvedené v řídicím pokynu pro evropská technická schválení ETAG 006 [14] může být kotevní prvek vyroben z podložky, kovové objímky a šroubu nebo z plastové podložky s objímkou a kovového dřívku



Obr. 21: Kotevní šroub do dřeva s kovovou přitlačnou podložkou pro tvrdý podklad



Obr. 22: Kotevní šroub do oceli s plastovým teleskopem

#### 2.5.1.1 Kotevní šroub

V závislosti na druhu podkladu, do kterého je kotvení prováděno se liší příslušný typ, materiál nebo geometrie kotevního šroubu. Kovové kotevní prvky jsou většinou vyrobeny z ušlechtilé uhlíkové oceli opatřené speciální antikorozií ochranou. Šrouby

určené do vlhkého (vnitřní relativní vlhkost >70%) nebo chemicky agresivního vnitřního prostředí (papírny, bazénové haly, chemické závody apod.) se vyrábějí z austenitické nerezové oceli. Soudržnost s podkladem je nejčastěji zajištěna prostřednictvím závitů na dřívku kotevního šroubu, popř. speciálním tvarováním dřívku (zatloukáací kotvy SPIKE - Obr. 26). Pro problémové podklady (hliníkový plech, vláknité desky, apod.) existují speciální kotevní prvky na principu nýtu (Obr. 27).

Podle typu konstrukce závitů lze kotevní šrouby rozdělit mezi dva druhy – závitotvorné a samovrtné.

U závitotvorných šroubů je nutné provádět předvrtání otvoru daného průměru, kde si pak kotevní šroub vytvoří při montáži závit. Z tohoto důvodu se závitotvorné šrouby používají většinou do masivních betonů nebo železobetonových prefabrikátů (Obr. 23).

U samovrtných šroubů je geometrie závitů navržena tak, aby nebylo nutné provádět předvrtání otvoru. Hrot takového kotevního prvku je zúžen (viz Obr. 24), popř. je na hrotu dřívku vytvořen tzv. „vrtáček“ (Obr. 25), který provede předvrtání potřebného otvoru přímo při šroubování kotevního prvku. Tyto šrouby se většinou používají pro mechanické kotvení do podkladů na bázi dřeva (prkenné bednění, OSB desky, překližka), ocelových trapézových plechů popř. pórobetonů.



Obr. 23: Závitotvorný šroub do betonu [81]



Obr. 24: Samovrtný šroub s konickým koncem dřívku [81]



Obr. 25: Samovrtný šroub s "vrtáčkem" [81]



Obr. 26: Zatloukáací kotva SPIKE [81]



Obr. 27: Speciální nýt do "problémových" podkladů [81]

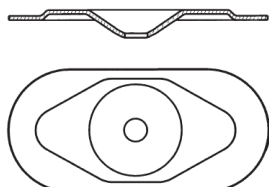
### **2.5.1.2 Příkladná podložka**

Kovové přítláčné podložky se ve většině případů vyrábějí z ocelového plechu a proti korozi se chrání speciální povrchovou úpravou na bázi hliník-zinek. Kovové přítláčné podložky jsou kruhové nebo lépe oválného tvaru tak, aby byla maximálně využita možná přítláčná plocha po obvodu této podložky.

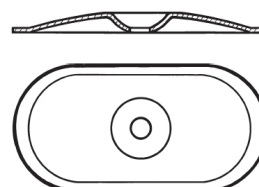
Přítláčné podložky se konstrukčně liší s ohledem na typ podkladu – měkký nebo tvrdý. Přítláčné podložky pro měkký podklad (Obr. 28) jsou určeny pro střechy, kde podkladem mechanicky kotvené hydroizolační vrstvy je tepelná izolace. Vydutá

konstrukce této podložky umožňuje zapuštění hlavy kotevního šroubu tak, aby se snížilo riziko možného poškození hydroizolační vrstvy.

Vypouklý tvar přítlačné podložky určené pro tvrdý podklad (Obr. 21 a Obr. 29) plní stejnou funkci – svým tvarem překrývá hlavu kotevního prvku a tím chrání hydroizolační vrstvu. Tuto podložky se používají např. u nezateplených jednoplášťových střech, popř. při kotvení povlakové hydroizolační vrstvy horního pláště dvouplášťových plochých střech.



Obr. 28: Přítlačná podložka pro měkký podklad [81]



Obr. 29: Přítlačná podložka pro tvrdý podklad [81]

### 2.5.1.3 Teleskop

Plastový teleskop je v podstatě plastový prvek složený s přítlačné podložky a objímky. Teleskopy umožňují použití kratšího kovového kotevního šroubu, čímž pozitivně přispívají ke snížení ceny kotevního systému, ale zejména k snížení vlivu těchto systémových tepelných mostů na celkový součinitel prostupu tepla střešní konstrukce. Teleskopy v kombinaci s kotevními šrouby mohou být použity ve skladbách plochých střech s tepelně izolační vrstvou obvyklé tloušťky cca 30 mm až 500 mm (Obr. 31). Výrobce SFS intec v sortimentu nabízí i teleskopy délky 705 mm.



Obr. 30: Příklady různý konstrukcí plastových teleskopů



Obr. 31: Plastové teleskopy dl. 400 mm

Plastové teleskopy mají integrovanou většinou kruhovou, popř. oválnou přítlačnou podložku – viz Obr. 30. Teleskopy jsou vyráběny z vysoce jakostního polypropylenu

(PP), polyamidu (PA) nebo polyetylen (PE). Někteří výrobci dodávají teleskopy vyráběné z polyamidu zesíleného skelnými vlákny.

### ***Základní vlastnosti polyetylen (PE)***

Polyetylen je semikrystalický<sup>1</sup> plast s nižší pevností a tuhostí ale s velkou houževnatostí. Z hlediska výroby se polyetyleny dělí na:

- s vysokotlakou polymerací – rozvětvený (LDPE) – měkký, krystalinita 60%
- PE s nízkotlakou polymerací – lineární (HDPE) – tvrdý, krystalinita až 80%

Z hlediska mechanických vlastností je hodnota modulu pružnosti v tahu  $E = 100 - 800$  MPa, teplota použití je  $80 - 100$  °C, objemová hmotnost  $\rho = 920 - 960$  kg/m<sup>3</sup>. Polyetylen je hořlavý, má nízkou odolnost proti UV záření a vlivům povětrnosti. Nenavlhá a má velmi dobrou chemickou odolnost proti kyselinám, zásadám a solným roztokům. Odolává alkoholům a rozpouštědlům, neodolává chlorovaným uhlovodíkům a částečně benzínu. Polyetylen lze modifikovat velkou řadou přísad, ovlivňující jeho výsledné vlastnosti. [78]

### ***Základní vlastnosti polypropylenu (PP)***

Polypropylen je semikrystalický (stupeň krystalinity cca. 50%), středně pevný, tuhý a houževnatý materiál.

Hodnota modulu pružnosti v tahu  $E = 1100 - 1600$  MPa (mechanickými vlastnostmi předčí PE). Rázová pevnost je dobrá, ale při teplotách pod 0 °C prudce klesá. Teplota použití je do 130 °C, objemová hmotnost  $\rho = 904 - 910$  kg/m<sup>3</sup>. Polypropylen neodolává povětrnosti, nenavlhá, jeho chemická odolnost je stejně dobrá jako u PE.

Polypropyleny rozdělujeme:

- izotaktický PP – čím vyšší podíl izotaktické složky (kolem 90- 95%), tím lepší konečné vlastnosti (vždy je malý podíl ataktické složky)
- ataktický PP – pružný, měkký, plastické tmely, jinak odpadový produkt
- syndiotaktický PP – vysoce průzračný, vyšší houževnatost, vysoká cena

Polypropylén má výhodnou kombinaci ceny a užitných vlastností a také jej lze modifikovat velkou řadou přísad. [78]

### ***Základní vlastnosti polyamidu (PA)***

Polyamid je semikrystalický (až 60%), vláknotvorný plast, tuhý pevný, tažný, s výraznou mezí kluzu, vysokou rázovou houževnatostí a dobrou odolností proti nárazu.

Vlastnosti polyamidů závisí na obsahu monomeru, vlhkosti a stupni krystalinity. Hodnota modulu pružnosti v tahu  $E = 600 - 1400$  MPa, trvalá teplotní odolnost je do 80 °C, objemová hmotnost  $\rho = 1050 - 1200$  kg/m<sup>3</sup>. Odolnost polyamidu proti UV

---

<sup>1</sup> Pozn.: Plast, který je tvořený směsí krystalického a amorfního stavu. Většina plastů je semikrystalická, krystalický obsah stanovuje fyzikální vlastnosti materiálu.

záření a vlivu povětrnosti je nižší. Odolává slabým zásadám, uhlovodíkům, rozpouštědlům, také tukům a olejům. Neodolává kyselinám, silným zásadám. [78]

Je hygroskopický, po vysušení ztrácí houževnatost a tažnost. Známe více druhů polyamidů:

- PA6 poly (6-hexanlaktam) - je houževnatý termoplast, tvořený lineárními makromolekulami s obsahem krystalického podílu v rozsahu 25 až 45 %,
- PA66 poly (hexamethylenadipamid) - oproti PA6 má asi o 20 % lepší mechanické vlastnosti a menší navlhavost,
- PA11 poly (11-aminoundekanamid),
- PA12 – ty tvoří přechod k polyolefinům.

## **2.5.2 Antikorozní ochrana**

Velmi důležitým požadavkem a zároveň ukazatelem kvality kotevnických prvků je jejich korozní odolnost. Ty jsou ve skladbě střešního pláště vystaveny změnám teplot, kondenzaci vodních par s možnou přítomností chemicky agresivních látek (např. z materiálu tepelné izolace nebo z vnitřního prostředí) a to vše v kombinaci s dynamickým namáháním vyvolaným sáním větru. Korozí napadený kotevní prvek může ztratit svoji funkčnost po krátké době i několika měsíců – viz Obr. 32. Trvanlivost kotevnických systémů však musí odpovídat předpokládané době funkce krytin. [21]



Obr. 32: Poškození kotevního prvku korozí [17]

Pro zjištění odolnosti kovových prvků proti korozi lze využít zkoušku korozní odolnosti dle Kesternicha odpovídající normě ČSN ISO 6988 Kovové a jiné anorganické povlaky – Zkouška oxidem siřičitým a povšechnou kondenzací vlhkosti [52]. Jedná se o extrémně agresivní test kde je kotevní prvek vystaven cyklickému namáhání v atmosféře s vysokým stupněm vlhkosti obsahujícím oxidy síry při zvýšené teplotě prostředí.

Dle ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení [19] lze za vyhovující považovat takové kotevní prvky, které bez známky koroze vyhoví 12 cyklům podle Kesternicha. Dle ETAG 006 [14] je nutné zkoušení odolnosti kovových kotevnických prvků proti korozi provést u všech kotevnických prvků s kovovými částmi, které nejsou

z austenitické nerezové oceli. Dle tohoto pokynu se kotevní prvky se podrobí 15 cyklům, při nichž jsou střídavě vystaveny působení vlhké atmosféry obsahující oxid siřičitý podle DIN 50018:1997 [54].

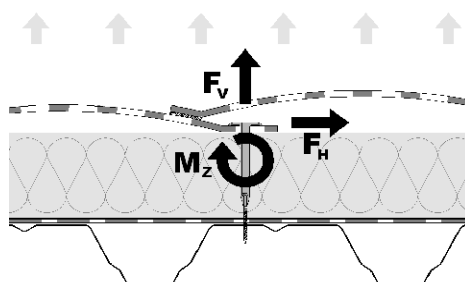
Kvalitní upevňovací prvky jsou vyráběny se speciální antikorozi úpravou, která zaručuje odolnost minimálně 15 Kesternichových cyklů. (Např. výrobce SFS intec tuto speciální ochranu označuje Durocoat, výrobce EJOT ji nazývá Climadur, a výrobce ETANCO pak Supracoat.) Běžný způsob ochrany kovových prvků např. galvanické zinkování má odolnost pouze 1 – 2 Kesternichovy cykly, žárové pozinkování zaručí odolnost jen 6 – 8 Kesternichových cyklů. [3] Bližší porovnání jednotlivých antikorozi ochrany je uvedeno v Tabulka 3.

Tabulka 3: Porovnání antikorozi ochrany kovových prvků [3], [76]

Druh antikorozi ochrany	Tloušťka antikorozi vrstvy [ $\mu\text{m}$ ]	Počet Kesternichových cyklů $\text{SO}_2$
Galvanické pozinkování	3 - 7	1
	10 - 15	2
Žárové zinkování	35 - 45	6 - 8
Speciální ochrana kotevních prvků		15 - 30
Kotevní prvky vyrobené z nerezové oceli		$\geq 30$

### 2.5.3 Mechanické namáhání kotevního prvku

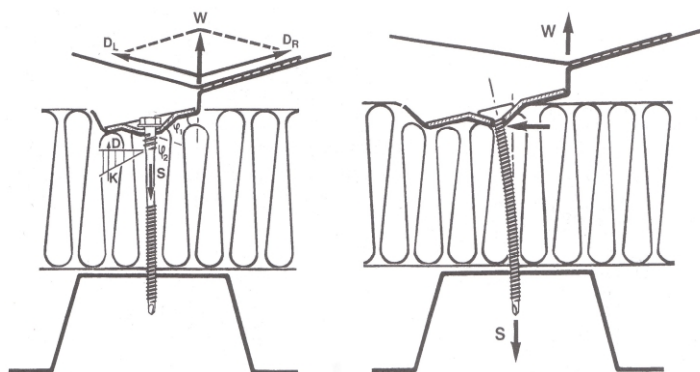
Vlivem účinků sání větru dochází k permanentní námaze hydroizolačního povlaku. V závislosti na intenzitě mohou účinky větru vyvolat kmitání mechanicky zakotvené hydroizolace, při vyšších rychlostech pak její vzdouvání a nadzvedávání. [3] Tyto dynamické síly jsou přenášeny kotvicími prvky do podkladní vrstvy střešního pláště. Výsledné namáhání kotevního prvku pak lze charakterizovat jako spolupůsobení tahové síly  $F_V$ , horizontální síly  $F_H$  a momentu  $M_Z$  – viz Obr. 33.



Obr. 33: Schéma namáhání kotevního prvku



Kotevní prvkem musí být konstruován taky, aby vlivem tohoto namáhání nemohlo dojít k jeho postupnému uvolňování z podkladu. Materiál pro výrobu kotevního prvku musí být dostatečně pevný a pružný, aby nedocházelo k plastickým deformacím. Kovové i plastové části kotevních prvků musejí odolat vysokým teplotám, kterým jsou vystaveny nejen během své životnosti, ale také během provádění hydroizolační vrstvy (natahování spojů). Zároveň nesmějí při nízkých teplotách křehnout nebo praskat.

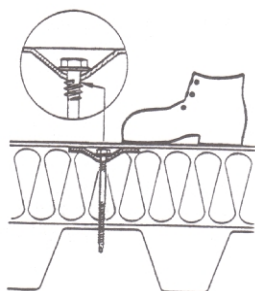


Obr. 34: Kloubové provedení styku podložky s kotevním šroubem [3]

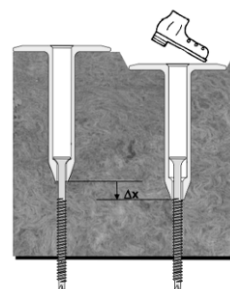
Důležitým detailem kotevních prvků s kovovou přitlačnou podložkou je také kloubové provedení styku podložky s kotevním šroubem – viz levá část Obr. 34. Toto místo by mělo umožňovat všestranně kývavý pohyb podložky. Kmitání hydroizolačního povlaku je přenášeno do podložky a díky kloubovému uložení nepůsobí plnou silou na kotevní šroub. V případě pevného spojení jsou však tyto síly přenášeny přímo do kotevního šroubu – viz pravá část Obr. 34. Vlivem zvýšeného namáhání pak může dojít k deformaci, prasknutí nebo uvolnění kotevního šroubu.

Všechny kotevní prvky musejí být navrženy tak, aby odolaly krátkodobému soustředěnému zatížení (např. při jejich sešlápnutí) a zároveň nezpůsobily poškození hydroizolačního povlaku. Týká se to zejména střešních pláštíků s tepelně izolační vrstvou o nedostatečné únosnosti. Přestože je předepsána minimální pevnost podkladu na 60 kPa [19], běžná hmotnost pracovníka může vyvolat deformace tepelně izolační vrstvy uvedené pevnostní třídy a nastává tak riziko perforování povlaku o dřík kotevního prvku. V případě kotevních šroubů s kotvovou přitlačnou podložkou je šroub opatřen závitem i těsně pod jeho hlavou, čímž fixuje podložku proti vertikálnímu pohybu (Obr. 35). Nehrozí tedy, aby v případě sešlápnutí podložky a deformace podkladu dřík kotevního šroubu „propíchl“ hydroizolační povlak.

Kotevní prvky s plastovými teleskopy mohou mít v místě styku s kotevním šroubem takové konstrukční řešení, které umožňuje částečný vertikální posun (Obr. 36). Při soustředěném zatížení je teleskop částečně zatlačen a kotevní prvek není namáhán vzpěrným tlakem.

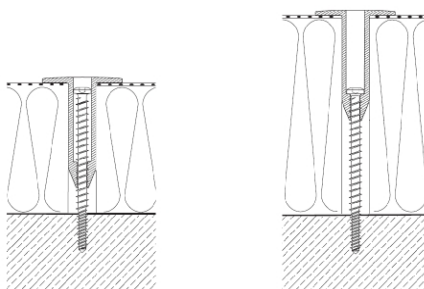


Obr. 35: Konstrukce kotevního prvku fixující pozici podložky [17]



Obr. 36: Konstrukce kotevního prvku umožňující vertikální posun [82]

Tuto variantu nelze využít i kotevních prvků pro střechy s měnící se tloušťkou tepelně izolační vrstvy (spádové klíny). Zde konstrukce šroubu se závitem po celé délce dřívku posun neumožňuje (Obr. 37), kotevní prvek tak musí být dostatečně odolný, aby soustřednému zatížení a vzpěrnému tlaku odolal, aniž by hrozila jeho deformace nebo poškození hydroizolační vrstvy.



Obr. 37: Kombinace stejného šroubu a teleskopu pro různé tloušťky tepelné izolace [81]

## 2.5.4 Zkoušení kotevních prvků

Řídící pokyn evropského technického schválení ETAG 006 [14] definuje pro kotevní prvky, jako jednu z částí sestavy mechanicky kotvených pružných střešních hydroizolačních povlaků, několik základních metod pro ověření jejich funkčnosti.

### *Zkouška osovým zatížením*

Touto zkouškou se stanoví osově porušení kotevního prvku při statickém zatížení bez ohledu na způsob porušení. Zkouška se provádí dle bodu D. 2.1 ETAG 006 [14].

### *Zkouška odolnosti proti uvolnění*

Tato zkušební metoda definuje podmínky pro zkoušení odolnosti proti uvolnění mechanických kotevních prvků. Zkouška se vztahuje na kotevní prvky určené k připevnění střešního hydroizolačního povlaku položeného přes izolaci ležící na galvanizovaném ocelovém plechu. U sestav, kde je náchylnost k uvolnění kotevního prvku známá (na základě existující zkoušky a/nebo zkušeností), není zkouška nutná. Při zkoušce se kompletovaný vzorek podrobí účinkům

střídavých zatížení simulujících účinek větru navozený vlněním pásu s cílem posoudit pravděpodobnost jeho uvolnění. Zkouška se provádí dle bodu D. 2.2 ETAG 006 [14].

### ***Mechanická odolnost/křehkost plastového kotevního prvku***

Tato metoda je určena pro zkoušku rázové odolnosti a křehkosti plastového kotevního prvku před a po stárnutí. Na horní okraj podložky se udeří padacím válcovým břemenem pod úhlem 45°. Úhlu nárazu se dosáhne umístěním kotevního prvku do speciální patky. Zkouška se provádí dle bodu D. 2.3 ETAG 006 [14].

### ***Zkoušení odolnosti kovových kotevních prvků proti korozi***

Zkouška popsaná v této kapitole se provádí s kotevními prvky obsahujícími kovové části, pokud nebyly zhotoveny z materiálů, u nichž se prokázalo, že jsou proti korozi odolné. Všechny kotevní prvky obsahující kovové součásti, které nejsou z austenitické korozivzdorné oceli, se musí podrobit této zkoušce. Korozní chování celkem s 10 kotevními prvky se stanoví zkouškou podle ISO 6988:1995 – Zkouška oxidem siřičitým s povšechnou kondenzací vlhkosti [52]. Zkouška se provádí v souladu s informacemi uvedenými v bodě D. 3.1 ETAG 006 [14].

### ***Zkoušení mechanické odolnosti plastových kotevních prvků po stárnutí vlivem tepla***

Plastové kotevní prvky se zkoušejí ve spoji kotevním prvkem instalovaným jako na střeše a dále se zkoušejí i samotné podložky, obojí po dobu 168 dní při  $70 \pm 2$  °C. Před a po stárnutí se podložky podrobí zkoušení popsanému v bodu D. 2.3 Mechanická odolnost/křehkost plastového kotevního prvku ETAG 006 [14]

## **2.6 Problematika mechanického kotvení**

### **2.6.1 Výtažné zkoušky**

Základním předpokladem použití mechanicky kotveného systému je dostatečně soudržný podklad, do kterého lze bezpečně zakotvit. Podkladem pro kotvení může být některá z konstrukčních vrstev nebo jiná pevná a stabilní součást střešního souvrství. V případě pochybnosti o kvalitě podkladu, zejména u stavebních úprav stávajících střech, je nutné provést výtažné zkoušky upevňovacích prvků (Obr. 38 a Obr. 39). Touto zkouškou je ověřena vhodnost podkladu pro mechanické upevnění a možnost užití konkrétního kotevního prvku.

Zkouška se provádí v souladu metodikou popsanou v ETAG 006 [14]. Tímto předpisem je četnost výtažných zkoušek nejednoznačně stanovena na minimálně šest vzorků na 5 000 m<sup>2</sup> střechy. Z praktického hlediska je šest vzorků nutným minimem pro jakoukoliv střechu a pro střešní plášť o ploše 5 000 m<sup>2</sup> je provedení šesti vzorků značně poddimenzované až rizikové. Výsledky z takové zkoušky nemusí odpovídat reálnému stavu a únosnosti vrstvy, do které je kotvení navrženo. Výtažné zkoušky je samozřejmě nutné provádět napříč střechou v různých oblastech, přičemž 50% zkoušek by mělo být provedeno na nárožích a okrajích střechy – v oblastech, kde jsou účinky sání větru největší.

Před provedením výtažné zkoušky je nutné odstranit všechny materiály, které by mohly výsledky zkoušky ovlivnit (např. hydroizolační povlak, tepelnou izolaci, apod.). Ne vždy je tento požadavek v praxi dodržen (viz Obr. 38), nicméně v případě kotevních prvků vyžadujících předvrtání otvorů je původní hydroizolační povlak v místě kotvení odstraněn během předvrtání a na zkoušený kotevní prvek má zanedbatelný vliv.

Pro výpočet návrhového zatížení v případě provedení výtažných zkoušek se použije následující vztah:

$$F_{adm,nc} = X \cdot v^{-1} \quad , \text{ kde}$$

$F_{adm}$  návrhové zatížení na kotevní prvek [N]

$X$  průměrná hodnota ze všech výtažných zkoušek [N]

$v$  součinitel bezpečnosti, závisící na druhu podkladu [-]

- ocelové střešní konstrukce: 2,0
- dřevěné a hliníkové střešní konstrukce: 2,5
- betonové střešní konstrukce: 3,0

Pro samotný návrh kotevního plánu se do výpočtu uvažuje nejnižší z hodnot získané ze zkoušky sání větru ve skutečném měřítku nebo v malém měřítku ( $W_{adm}$ ) a výtažné zkoušky ( $F_{adm}$ ).



Obr. 38: Provádění výtažných zkoušek in situ



Obr. 39: Výtažné zkoušky v laboratorních podmínkách

## 2.6.2 Kotevní prvky jako systémové tepelné mosty

Mechanické kotvení má kromě řady svých výhod také svoje nevýhody, a to zejména perforování parozábrany kotvicími prvky a bodové tepelné mosty v místě kotev.

Každý prvek, který prochází přes celou tloušťku tepelně izolační vrstvy ve skladbě střešního pláště a zároveň jeho tepelná vodivost je ve srovnání s tepelně izolačním materiálem v jeho okolí vyšší, představuje tepelný most. Tedy část stavební konstrukce, kde se její tepelný odpor místně významně mění. [28]

Na základě výzkumu této problematiky Ing. Heiz Wielandem [15] však celkový vliv kotevních prvků na výsledný tepelný odpor střešní konstrukce představuje snížení součinitele prostupu tepla pouze o cca 0,5% – 3,0%. Vše v závislosti na typu a materiálu kotevního prvku a tloušťce tepelně izolační vrstvy.

Pro představu jsou v Tabulka 4 uvedeny hodnoty snížení celkového součinitele prostupu tepla střechy vlivem kotevních prvků v porovnání s variantou, kde kotevní prvky nejsou uvažovány. Výzkum byl zaměřen na porovnání následujících variant kotevních prvků:

- Celokovový upevňovací prvek o průměru 4,8 mm, resp. s průměrem jádra 3,9 mm, a přítlačná talířová podložka z uhlíkové oceli.
- Kombinace plastového teleskopu z polyamidu s krátkým šroubem z uhlíkové oceli o průměru 4,8 mm, resp. s průměrem jádra 3,9 mm.
- Celokovový upevňovací prvek o průměru 4,8 mm, resp. s průměrem jádra 3,9 mm, z austenitické nerezové oceli a přítlačnou talířovou podložkou z uhlíkové oceli.

Tabulka 4: Porovnání vlivu kotevních prvků na snížení součinitele prostupu tepla U [15]

Hodnota U bez poruch [W/(m <sup>2</sup> · K)]		Tloušťka tepelné izolace [mm]											
		100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	
Počet upevňovacích prvků [m <sup>2</sup> ]	4	a	1,34%	1,43%	1,49%	1,55%	1,59%	1,64%	1,70%	1,77%	1,86%	1,98%	2,13%
		b	0,74%	0,77%	0,80%	0,82%	0,85%	0,89%	0,95%	1,03%	1,13%	1,26%	1,43%
		c	0,22%	0,25%	0,27%	0,30%	0,33%	0,36%	0,39%	0,43%	0,47%	0,51%	0,56%
	5	a	1,68%	1,78%	1,87%	1,93%	1,99%	2,06%	2,13%	2,22%	2,33%	2,48%	2,66%
		b	0,92%	0,97%	1,00%	1,03%	1,07%	1,12%	1,19%	1,28%	1,41%	1,58%	1,79%
		c	0,27%	0,31%	0,34%	0,38%	0,41%	0,45%	0,49%	0,54%	0,58%	0,64%	0,70%
	6	a	2,01%	2,14%	2,24%	2,32%	2,39%	2,47%	2,55%	2,66%	2,80%	2,97%	3,19%
		b	1,11%	1,16%	1,20%	1,24%	1,28%	1,34%	1,42%	1,54%	1,69%	1,89%	2,15%
		c	0,32%	0,37%	0,41%	0,45%	0,49%	0,54%	0,59%	0,64%	0,70%	0,77%	0,84%
	7	a	2,35%	2,50%	2,61%	2,71%	2,79%	2,88%	2,98%	3,10%	3,26%	3,47%	3,73%
		b	1,29%	1,35%	1,40%	1,44%	1,50%	1,57%	1,66%	1,80%	1,97%	2,21%	2,50%
		c	0,38%	0,43%	0,48%	0,53%	0,58%	0,63%	0,69%	0,75%	0,82%	0,89%	0,98%
8	a	2,68%	2,85%	2,99%	3,09%	3,19%	3,29%	3,40%	3,55%	3,73%	3,96%	4,26%	
	b	1,48%	1,55%	1,60%	1,65%	1,71%	1,79%	1,90%	2,05%	2,26%	2,52%	2,86%	
	c	0,43%	0,49%	0,55%	0,60%	0,66%	0,72%	0,79%	0,86%	0,94%	1,02%	1,12%	

S rostoucí tloušťkou tepelně izolační vrstvy vliv tepelně izolačních prvků mírně roste, ale stále se jedná v podstatě o zanedbatelné snížení ve srovnání např. s vlivem spárové netěsnosti při pokládce tepelně izolační vrstvy. [8] Přestože vliv tepelných kotevnických prvků může dojem masivních tepelných mostů (zvýšením povrchové teploty hydroizolační vrstvy – viz Obr. 40), skutečné snížení celkového součinitele prostupu tepla je minimální. V běžných podmínkách ani nedochází k takovému poklesu povrchových teplot kotevnických prvků v interiéru, aby na nich zapříčinil vznik kondenzátu. [15]



Obr. 40: Viditelné tepelné mosty v místě kotevnických prvků [84]



Obr. 41: Průnik kotevního prvku elastickým SBS modifikovaným pásem

### **2.6.3 Perforování parozábrany**

Mechanickým kotvením hydroizolační vrstvy do podkladní konstrukce, na které je zároveň provedena parotěsná vrstva, logicky dochází k jejímu perforování a tím i možnému snížení její účinnosti. Zásadní roli zde opět hraje typ kotevního prvku, způsob jeho aplikace a materiálové vlastnosti parozábrany.

Abychom vliv perforování na účinnost parotěsné vrstvy minimalizovali, nebo téměř eliminovali, je vhodné jako parotěsnou vrstvu navrhnout SBS modifikovaný asfaltový pás typu S. Pokud parozábranu tvoří pás tloušťky cca 4 mm vyrobený z dostatečně elastické asfaltové hmoty, tak v kombinaci se samovrtnými šrouby do dřevěného podkladu nebo trapézového plechu je účinnost zachována téměř v plném rozsahu. Prostup kotevního šroubu je v podstatě sám utěsněn díky elasticitě asfaltové hmoty - Obr. 41. V případě betonových podkladů a nutnosti předvrtávání otvorů pro kotevní prvky je nutné uvažovat s určitým snížením účinnosti parotěsné vrstvy. Pro běžné podmínky vnitřního prostředí většiny interiérů však toto snížení zásadně neovlivní požadovanou funkci a vlastnosti střešního pláště.

Nicméně i toto perforování asfaltového pásu a snížení parotěsných vlastností vrstvy je v podstatě zanedbatelné ve srovnání s variantou, kdy je parozábrana provedena z folie lehkého typu (nejčastěji PE fólie). Tyto fólie, díky svojí malé tloušťce obvykle 0,2 – 0,3 mm, mají nízkou odolnost proti mechanickému poškození a těsnost spojů je



závislá na použití lepicí pásky a kvalitním slepení. Takto provedená parotěsná vrstva je do skladby jednoplášťových střeš v podstatě rizikovým řešením.

Na druhou stranu, návrh mechanického kotvení u objektu s agresivním vnitřním prostředím (chemické závody, bazénové haly, apod.) je sice za určitých podmínek možný, ale obecně lze preferovat jiný způsob stabilizace střešního pláště, ideálně zvolit skladbu kompaktní střechy.

## **2.7 Chyby a poruchy jednovrstvých mechanicky kotvených asfaltových pásů**

Přestože u jednovrstvých mechanicky kotvených systémů může docházet k problémům s materiály jako takovými (tj. v ploše asfaltového pásu), tak obecně lze konstatovat, že z hlediska spolehlivosti je nutné se zaměřit na řešení detailů. U mechanicky kotvených systému pak zejména na odolnost a pevnost spojů.

Otázka kvality asfaltových pásů je spíše v rukou jejich výrobců a z hlediska návrhu nebo provedení ji můžeme ovlivnit v podstatě jen (ne)dodržením technologického předpisu pro provádění nebo skladování.

Typické stavební detaily střešního pláště u jednovrstvých systémů řešíme jako dvouvrstvé – v souladu s doporučením ČSN P 73 0606 [21], kdy se hydroizolační spolehlivost v místě detailů doporučuje zesílit přídatným pruhem asfaltového pásu.

U spojů jednovrstvých kotvených systémů je nutné zajistit jejich mechanickou odolnost a pevnost. Mechanicky kotvený spoje musí vykazovat dostatečnou odolnost proti dynamickým účinkům sání větru, kotevní prvek pak odolnost vůči teplotním změnám a korozi, a to minimálně po dobu životnosti střechy. [19]

Choulostivým místem těchto spojů je přítomnost kotevního prvku jako místa, kde nedochází k vzájemnému plnoplošnému natavení obou pásů a zároveň jsou v tomto místě „zachyceny“ silové účinky vyvolané sáním větru.

Pro jednovrstvý mechanicky kotvený systém je klíčovou podmínkou především jeho vodotěsnost a zároveň spolehlivost vůči sání větru. Obě podmínky jsou vzájemně provázané. Při dynamickém namáhání spojů hydroizolační vrstvy může dojít k poškození podélného spoje, tím pádem ke ztrátě vodotěsnosti a k zatékání. V tom případě pak střešní plášť přestává plnit svoji základní funkci, tj. hydroizolační schopnost.

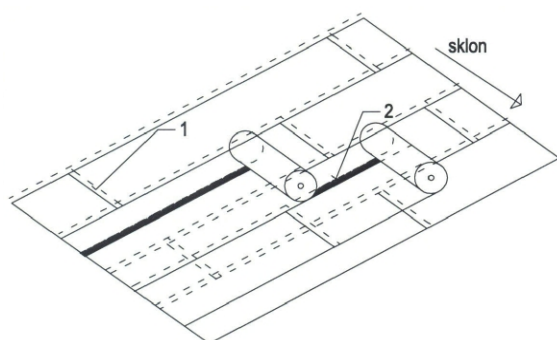
## 2.7.1 Provedení spojů

V současně platných normách týkajících se povlakových hydroizolací není velikost spojů nijak specifikována. Spojí se zabývá pouze ČSN EN 13707+A2. Hydroizolační pásy a fólie – Vyztužené asfaltové pásy pro hydroizolaci střeš – Definice a charakteristiky [22], stanovení min. délky spoje tu však není. V normě ČSN P 73 0606 Hydroizolace staveb - Povlakové hydroizolace - Základní ustanovení [21] je uvedeno, že pro povlakové hydroizolace se používají výrobky, u kterých výrobce uvádí rozsah jejich použití a všechny potřebné parametry i metody zkoušení. Velikost spojů je ponechána na výrobcí.

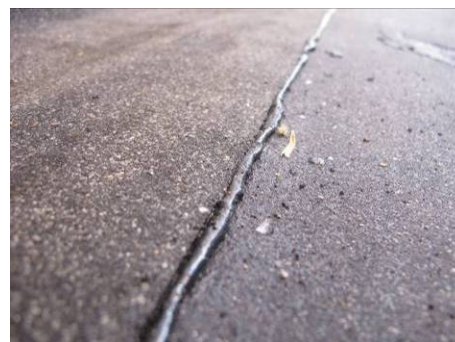
Spoje asfaltových pásů jsou řešeny také v publikaci Základní pravidla pro navrhování a realizaci plochých střeš a hydroizolace spodní stavby, které vydal Cech klempířů, pokrývačů a tesařů ČR [6]. Zde se uvádí: "Nestanoví-li výrobce jinak, pak se za minimální šíři vodotěsného spojení asfaltových hydroizolačních pásů v přesahu pokládá 80 mm, u plastových folií 40 mm. Za minimální úsek mezi okrajem talíře kotvy a okrajem hydroizolačního pásu se pokládá 40 mm..."

V současné době je otázka minimální šířky přesahů plně v kompetenci jejich výrobců. Šířka přesahu závisí zejména na způsobu aplikace asfaltového pásu (střešní plášť, spodní stavba, jednovrstvý nebo vícevrstvý systém), na přítomnosti kotevního prvku ve spoji, na úpravách povrchů asfaltového pásu, a na typu spoje - zda se jedná o přesahu podélný nebo příčný (Obr. 42). V případě podélného přesahu jednovrstvých mechanicky kotvených systému z asfaltových pásů je minimální šířka výrobcí stanovena obvykle 120 mm, výjimečně 100 mm. V příčném směru (čelní spoj) se šířka přesahu pohybuje od 100 mm – 150 mm.

Z hlediska hydroizolační bezpečnosti a zároveň funkčnosti systému mechanického kotvení je zcela zásadní plnoplošně natavení spoje asfaltových pásů v celé jeho délce. Jedním z ukazatelů dobře provedeného spoje může být návalek asfaltové hmoty, který je vytlačen při jeho natavování a následného přitlačení (viz Obr. 43). Přítomnost tohoto návalku automaticky nezaručuje plnoplošné natavení spoje v celé jeho délce, na druhou stranu jeho absence je jasným ukazatelem technologického pochybení.



Obr. 42: Spoje asfaltových pásů: 1 – příčný (čelní) spoj, 2 – podélný (boční) spoj [11]



Obr. 43: Návalek asfaltové hmoty při natavení spoje asfaltových pásů



U většiny pásů s hrubozrnným posypem je podélný napojovací pruh šířky proveden bez posypu (většinou kryt pouze spalnou fólií), čímž umožňuje dokonalé natavení sousedních pásů v přesahu. Někteří výrobci dokonce dělají i příčné okraje pásů bez hrubozrnného posypu, popř. u asfaltových pásů určených pro mechanické kotvení se na přesahy používá speciální fólie s pravidelně rastrovanou čarou vymezujících polohu a vzdálenost kotevního prvku - Obr. 51. Tato úprava snižuje riziko nevhodného umístění kotevního prvku a přispívá k vyšší technologické kázni, nicméně u většiny asfaltových pásů s ním nesetkáváme.

Pro samolepící spoje je povrch přesahů opatřen již ve výrobě speciální úpravou, která po stržení ochranné fólie umožňuje slepení pouze přitlačením bez použití plamene nebo horkovzdušných agregátů. Aplikace samolepících asfaltových pásů se řídí speciálními technologickými pokyny, pro jednovrstvé mechanicky kotvené systémy se samolepící pásy nepoužívají a přesahy se spojují výhradně plnoplošným natavením.

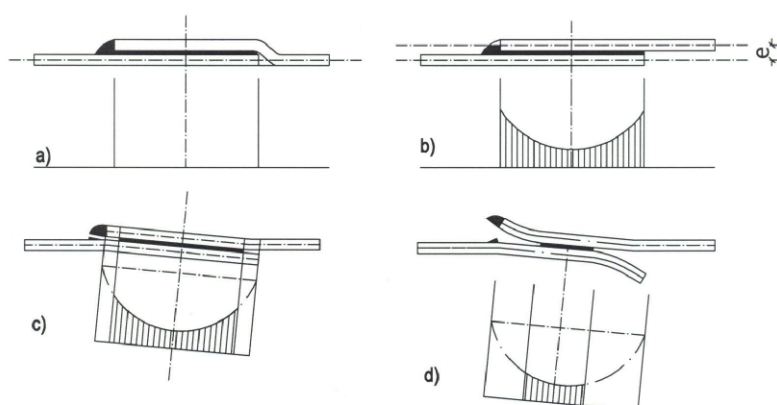
### **2.7.2 Namáhání spojů vlivem smrštění pásů**

Hydroizolační povlak na střešním plášti je od svého zabudování vystaven různým způsobům namáhání – velký rozsah působících teplot, UV spektrum slunečního záření, mechanické namáhání vlivem provozu apod.

V případě mechanicky kotvených asfaltových hydroizolačních povlaků, které nejsou plošně spojeny s podkladem, je nutné se zaměřit na účinky smykového namáhání vlivem rozměrových změn (např. nevhodnou vložkou – viz 2.4.4.3 Syntetické nosné vložky z polyesteru (PES)), sání větru nebo dilatačních pohybů podkladu.

Tyto účinky jsou v plné míře přenášeny do spojů. Vznik případných poruch spojů vlivem tohoto namáhání může mít rychlý nástup nebo se jedná o dlouhodobý proces, který kromě smykových sil podporuje i samotné stárnutí asfaltové hmoty. Vlivem stárnutí dochází k postupnému narušení vazeb v asfaltu, vzniku mikrotrhlin, což má za následek pronikání vlhkosti. Cyklické změny skupenství pak degradační proces podporují. [12]

Postupné rozvolňování spojů lze popsat do několika postupně navazujících fází. V počáteční fázi je minimální zatížení pásu, deformace je v podstatě nulová (Obr. 44 a)), po prvotním zatížení vlivem tahových sil dochází k narovnání pásu, a tím i ke vzniku excentricity (Obr. 44 b)). Po dalším zatížení se excentricity ztrácí, dochází k první deformaci – usmýknutí spoje v místě největšího napětí (Obr. 44 c)). Dalším namáháním dochází k postupnému procesu a až do středu spoje (Obr. 44 d)), výsledkem je rozpojení obou pásů.



Obr. 44: Schéma namáhání spoje asfaltových pásů [11]



Obr. 45: Usmýknutí příčných spojů na střeše

### 2.7.3 Kotevní plán

Předpokladem pro dlouhodobou funkčnost mechanicky kotveného systému je zpracování kotevního plánu, který jednoznačně definuje typ, počet a rozmístění kotevních prvků s ohledem na okrajové podmínky (rozměry střechy, výška objektu, okolní zástavba, větrná oblast, existence atiky, specifikace skladby apod.). Nesprávný návrh kotevních prvků může vyvolat lokální poruchy vodotěsnosti spojů, ale může skončit až totální havárií střešního pláště (viz Obr. 46 a Obr. 47). Je nutné si uvědomit, že systém mechanického kotvení musí přenést zatížení vyvolané sáním větru o hodnotě cca  $3,5 \text{ kN/m}^2$  [8], [77]. Pro jednovrstvý mechanicky kotvený systém je klíčovou podmínkou především jeho vodotěsnost a zároveň spolehlivost vůči sání větru. Obě podmínky jsou vzájemně provázané. Při dynamickém namáhání spojů hydroizolační vrstvy může dojít k poškození podélného spoje, tím pádem ke ztrátě vodotěsnosti.

Výpočet zatížení mechanicky kotvené povlakové hydroizolační vrstvy vyvolané sáním větru se provádí na základě závazných požadavků stanovených v systému nově zavedených Eurokódů ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem [26].

Dříve se stanovení zatížení a dimenzování stavebních prvků provádělo podle českých technických norem ČSN 73 0035 [27], jejich platnost je však již více než tři roky zrušena. Stejně tak není platný ani kotevní plán zpracovaný na základě zažitých empirických zásad stanovující počet kotevních prvků u nízkých objektů  $3-4-6 \text{ ks/m}^2$ , u vyšších  $3-6-9 \text{ ks/m}^2$  ve vnitřní-okrajové-rohové oblasti střechy. Přestože se toto pravidlo objevuje v celé řadě publikací, tak počet kotev stanovený tímto způsobem lze využít snad jen k orientačnímu ocenění zakázky, nikoliv jako statický návrh.

Zásadní změnu, kterou přechod z ČSN na Eurokódy přinesl, je odlišný způsob posuzování stavebních výrobků. V tomto případě se to týká kotevních prvků

a stanovení hodnoty jejich dovoleného zatížení v kombinaci s konkrétním hydroizolačním povlakem v použité sestavě mechanicky kotvené střechy. Tu dříve garantovali výrobci kotev a nijak v ní nebyla zohledněna odolnost kotevního prvků ve spojení s hydroizolačním povlakem různých kvalit [77].

Řídící pokyn evropského technického schválení ETAG006 [14] proto zavedl pojem systému sestávajícího z hydroizolační vrstvy spojené s nosnou konstrukcí kotevními prvky (tzv. sestava). Výsledkem zkoušek stanovených v ETAG 006 je poté vydání Evropského technického schválení ETA a tím schválení celé sestavy. Garantem hodnot dovolených zatížení hydroizolace v kombinaci s konkrétními kotevními prvky a podkladem nově garantuje většinou výrobce hydroizolační vrstvy, jako nositel příslušného schválení ETA. Popř. může být Evropské technické schválení vydáno samostatně pouze pro jednotlivé prvky sestavy s tím, že jsou obsaženy odkazy (podle názvu výrobků) na jiné specifikované prvky sestavy. [14]



Obr. 46: Selhání kotevního systému povlakové hydroizolační vrstvy [84]



Obr. 47: Selhání kotevního systému povlakové hydroizolační vrstvy [84]

Při samotné realizaci však je možné použít i jiné kotevní prvky nebo hydroizolační vrstvu, než ty, které byly odzkoušeny a schváleny v ETA (tzv. původní kombinace). Za přesně stanovených podmínek v ETAG 006 lze kotevní prvek nebo hydroizolační vrstvu zaměnit a příslušně upravenou hodnotu použít pro výpočet. [14] Podrobnější informace viz kapitola 2.8.4 Zkoušky jednovrstvých mechanicky kotvených systémů dle ETAG 006.

Zpracování kotevního plánu dle platných požadavků je poměrně komplikovanou záležitostí a výsledný počet kotevních prvků zásadní měrou závisí na výběru vhodné kombinace kotevního prvku a hydroizolačního povlaku. Předimenzování a vyšší počet kotevních prvků nemusí automaticky znamenat „bezpečnější“ variantu, protože s sebou přináší nutnost provedení více spojů na střešním plášti a tím vnáší riziko v podobě netěsného spoje. [77]

## 2.7.4 Nevhodná aplikace kotevních prvků

Častou chybou, se kterou se při provádění mechanicky kotvených hydroizolačních vrstev můžeme setkat, je nedotažení nebo přetažení kotevních prvků a déle pak jejich nevhodné umístění popř. nesprávná geometrie.

Přetažením kotevního prvku může dojít k deformaci hydroizolační vrstvy (vytvoření prohlubně v okolí kotvy) a tím i riziku neplnoplošného spojení asfaltových pásů v přesahu. Naopak nedotažením kotevního prvku není na kotvený pás vytvořen dostatečný přitlak a hrozí „proklouznutí“ spodního pásu pod přitlačnou podložkou kotevního prvku. Ani jedna z variant takto zakotveného spoje pak samozřejmě nedosahuje návrhových pevností uvažovaných ve statickém výpočtu.

V případě použití oválné roznášecí podložky, kdy s výhodou využíváme její větší obvod (a tím pádem i větší přitlačnou plochu), je aplikační chybou i pootočení této podložky, tedy její nesprávná geometrie – jak naznačuje Obr. 49. Nesprávně umístěné kotevní prvky nemusí dostatečně odolat silovým účinkům vyvolaným sání větru, popř. mohou nevhodně působit na hydroizolační povlak. Výsledkem je poškození spoje, ztráta hydroizolační funkce, v krajním případě i havárie střešního pláště.

Velmi častou chybou při provádění mechanicky kotvených hydroizolačních vrstev je nevhodné umístění kotevního prvků, a sice příliš blízko nebo naopak daleko od kraje kotveného pásu – viz Obr. 49. Správné umístění kotevního prvku v přesahu pásu je znázorněno na Obr. 48.

Aplikační manuály většiny výrobců asfaltových pásů, fólií nebo kotevních prvků předepisují umístění kotevního prvku ve spoji tak, aby mezi okrajem přitlačné podložky a okrajem kotveného pásů/fólie byla dodržena vzdálenost min. 10 mm (někteří výrobci dokonce uvádějí 20 mm) – viz schéma Obr. 50.



Obr. 48: Správné umístění kotevních prvků



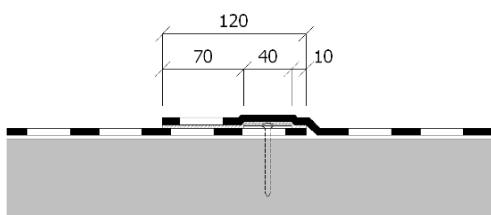
Obr. 49: Nepřípustné umístění kotevních prvků

Nedodržení předepsané minimální vzdálenosti přitlačné podložky od okraje kotveného asfaltového pásu či fólie je zásadním pochybením. Pokud je přitlačná podložka umístěna přímo u okraje pásu, pak není plně využita přitlačná síla po celém jejím obvodu a vlivem namáhání dochází k roztržení hydroizolačního povlaku o dřív

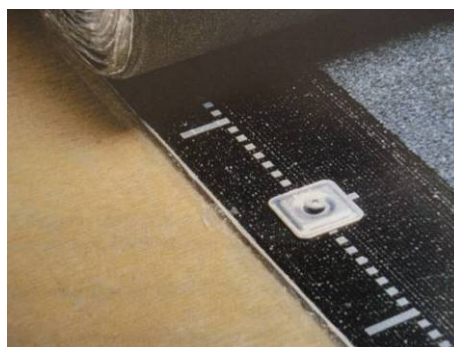
kotevního šroubu nebo teleskopu a podvlečení pásu pod přitlačnou podložkou. Výsledné pevnosti takto provedeného spoje pak mohou být výrazně nižší ve srovnání s variantou, kdy je dodržena minimální předepsaná vzdálenost přitlačné podložky od okraje asfaltového pásu a tím využita přitlačná síla po celém obvodu podložky.

Naopak, umístěním přitlačné podložky ve větší vzdálenosti od kraje kotveného pásu je zmenšen volný přesah za podložkou, kde dochází k plnoplošnému natavení obou pásů. Tím teoreticky může být negativně ovlivněna hydroizolační bezpečnost spoje.

Vhodným preventivním prvkem ulehčujícím provádění kotveného systému je vodící čára v přesahu asfaltového pásu, která přesně vymezuje vzdálenost kotevního prvku od okraje a také vzájemnou rozteč kotev (viz Obr. 51). S touto úpravou se ale u asfaltových pásů často nesetkáváme. V případě hydroizolačních fólií je toto značení běžné, nicméně automaticky nepředstavuje záruku kvalitního provedení.



Obr. 50: Schématické umístění kotevního prvku ve spoji pásů



Obr. 51: Vodící čára vymezující přesné umístění kotevního prvku ve spoji [4]

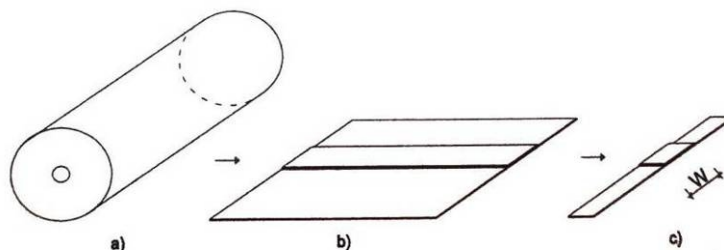
## **2.8 Zkoušení asfaltových pásů**

V evropské normě ČSN EN 13707 [22] jsou specifikovány charakteristiky vyztužených hydroizolačních asfaltových pásů určených pro hydroizolaci střech, ať už se jedná o vícevrstvé nebo jednovrstvé systémy stabilizované mechanickým kotvením nebo stabilizační vrstvou.

### **2.8.1 Pravidla a terminologie**

Provádění zkoušek asfaltových pásů předpokládá znalost terminologie a technologie odběru vzorku popsanych v ČSN EN 13416 [23]. Vzorek je myšlená role asfaltového pásu, zkušební vzorek je pak vyříznutá a připravená část tohoto pásu. Zkušební těleso jsou výřezy konkrétních požadovaných rozměrů provedených ze zkušební vzorku (viz Obr. 52).





Obr. 52: Terminologie – a) vzorek, b) zkušební vzorek, c) zkušební těleso, W – délka spoje [11]

## 2.8.2 Obecné zkoušky parametrů asfaltových pásů

V normě ČSN EN 13707 [22] jsou specifikovány charakteristiky vyztužených hydroizolačních asfaltových pásů určených pro hydroizolaci střech, základním požadavkem na výrobek je nepřítomnost zjevných vad stanovených dle ČSN EN 1850-1 [32].

Rozměry, tolerance i plošná hmotnost se řídí dvěma normami – délka, šířka a přímost se stanovují podle ČSN EN 1848-1 [30], kdy skutečné rozměry nesmějí být menší než mezní hodnoty stanovené výrobcem. Pokud je výrobek specifikován tloušťkou nebo plošnou hmotností pásu, obojí dle ČSN EN 1849-1 [31], tak výsledky měření této hodnoty musejí být v deklarované toleranci od hodnoty deklarované výrobcem.

Vodotěsnost pásů se stanovuje dle ČSN EN 1928 [33] při vodním tlaku 0,1 kPa a výsledek musí být vyhovující - při použití daného vodního tlaku není v průběhu celé zkoušky pozorován průsak. Platí pro asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech a specifikuje postupy pro stanovení vodotěsnosti výrobků.

Z hlediska požární bezpečnosti se sleduje chování při vnějším požáru dle ČSN EN 13501-5 [34] a reakce na oheň (zkouška výrobku) dle ČSN EN ISO 11925-2 [35].

Vodotěsnost po protažení při nízké teplotě se stanovuje podle ČSN EN 13897 [36] pouze pro mechanicky kotvené jednovrstvé systémy. Zkušební těleso se protáhne na stanovené protažení, následně se při laboratorní teplotě vakuově zkouší vodotěsnost.

Propustnost vodní páry se dle ČSN EN 13707 [22] stanovuje v nezbytných případech, zkouškou provedenou v souladu s ČSN EN 1931 [39]. Pokud faktor difuzního odporu  $\mu$  stanoven není, může se do výpočtu uvažovat s hodnotou od 20 000.

ČSN EN 12311-1 [40] stanovuje zkušební metodu pro zjištění tahových vlastností asfaltových pásů v příčném i podélném směru. Zkušební tělesa se upnou do čelistí trhačického stroje a natahují se při konstantní rychlosti oddalování upínacích čelistí. Zaznamenává se tahová síla a odpovídající protažení. Výsledky pro podélný i příčný směr musí být v deklarované toleranci od hodnoty deklarované výrobcem.

Norma ČSN EN 12691 Stanovení odolnosti proti nárazu [41] je určena pro stanovení perforace střešních hydroizolačních pásů nárazovým zatížením. Na horní povrch zkušební tělesa umístěného na tvrdém nebo měkkém podkladu se volným pádem pustí padací těleso s prorážecím nástrojem.

Podstatou zkoušky ČSN EN 12730 [42] pro stanovení odolnosti proti statickému zatížení je přenesení koncentrovaného zatížení na povrch pásu položený na poddajném nebo nepoddajném podkladu.

ČSN EN 12310-1 [43] stanovuje zkušební metodu pro zjištění odolnosti asfaltových pásů proti protrhávání dřikem hřebíku. Zkušební těleso se prorazí dřikem hřebíku, pomocí trhacího stroje je dále hřebík tažen rovinou pásu. Výsledkem je maximální síla zaznamenaná v průběhu zkoušky.

Odolnost proti prorůstání kořenů se stanovuje podle ČSN EN 13948 [44] pouze pro výrobky, které mají sloužit jako zábrana proti prorůstání a výsledek musí být vyhovující.

Rozměrová stálost se stanovuje podle ČSN EN 1107-1 [45] a musí být menší nebo rovna hodnotě stanovené výrobcem.

Tvarová stálost při cyklických změnách teplot se stanovuje podle ČSN EN 1108 [46], a to pouze pro pásy s povrchovou kovovou fólií.

ČSN EN 1109 [47] Ohebnost za nízkých teplot stanovuje zkušební metodu pro zjištění náchylnosti asfaltové hmoty k tvorbě trhlin při ohýbání pásu za předepsaných podmínek. Ohebnost za nízkých teplot je nejnižší teplota, při které nedojde u zkušebních těles asfaltových pásů ke vzniku trhlin.

Odolnost proti stékání při zvýšené teplotě se stanovuje podle ČSN EN 1110 [48] - je to vlastnost asfaltového pásu, kdy při jeho vertikálním zavěšení nedojde při stanovených teplotních podmínkách k posunu asfaltové krycí hmoty o více než 2 mm v porovnání s výztužnou vložkou.

Chování při umělém stárnutí se řídí požadavky ČSN EN 1296 [50] definující vystavení zkušebních těles vyšším teplotám po stanovenou dobu, popř. pak ČSN EN 1297 [51] pro umělé stárnutí dlouhodobou expozicí kombinací zvýšené teploty, UV záření a vody. Zkoušky při umělém stárnutí jsou pouze srovnávací a nemají přímou souvislost se skutečnou životností výrobku.

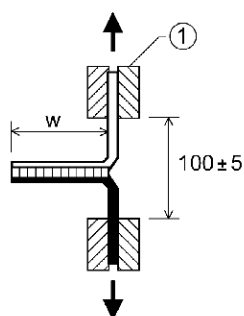
ČSN EN 12039 Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech - Stanovení přilnavosti posypu

Zkušební metoda pro zajištění přilnavosti posypu asfaltových pásů je definována dle ČSN EN 12039 [49]. Hmotnost posypu odstraněného kartáčováním (50 cyklů) se porovná s počáteční hmotností posypu.

### 2.8.3 Zkoušky spojů asfaltových pásů pro jednovrstvé mechanicky kotvené systémy dle ČSN 13707

Dle ČSN EN 13707 [22] je výrobce povinen deklarovat pevnost spoje pro jednovrstvé mechanicky kotvené systémy, konkrétně se jedná o prokázání dostatečné odolnosti na odlupování ve spojích a smykovou odolnost ve spojích.

Stanovení odolnosti proti odlupování ve spojích dle ČSN EN 12316-1 [37] určuje zkušební metodu pro zjištění odolnosti spojů dvou sousedních pásů proti odlupování. Zkušební vzorky pásů se spojí (nataví, přilepí) způsobem obvyklým při aplikaci tak, že nespojené části obou pásů zůstanou na jedné straně od spoje. Ze zkušebního vzorku se následně nařeže alespoň 5 zkušebních těles šířky 50 mm. Volnými konci se tělesa upnou do čelistí trhacího stroje a za rovnoměrně rostoucího zatížení se zaznamenává tahová síla až do úplného oddělení obou pásů ve spoji (viz Obr. 53 a Obr. 54). Výsledkem zkoušky je hodnota maximální odolnosti proti odlupování ve spojích nebo průměrná odolnost odlupování ve spojích (průměrná hodnota bez uvažování první a poslední čtvrtiny naměřených dat).



Obr. 53: Schéma zkoušky odolnosti proti odlupování ve spojích (1 – čelisti měřícího zařízení, W – délka spoje) [37]

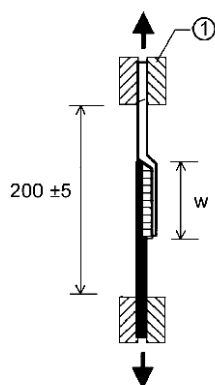


Obr. 54: Průběh zkoušky odolnosti proti odlupování ve spojích [79]

Zkušební metoda pro zjištění smykové odolnosti spojů dvou sousedních pásů se řídí podle ČSN EN 12317-1 [25]. Zkušební vzorky pásů se připraví tak, že nespojené části pásů jsou na opačných stranách od spoje. Ze zkušebního vzorku se následně nařeže alespoň 5 zkušebních těles šířky 50 mm. Volnými konci se tělesa upnou do čelistí trhacího stroje a za rovnoměrně rostoucího zatížení se zaznamenává tahová síla až do úplného porušení tělesa (viz Obr. 55 a Obr. 56).

Při hodnocení se vypočítá maximální síla smykové odolnosti ve spojích. Neplatné je měření, kdy se zkušební těleso vysune z čelistí o více jak 2 mm nebo dojde k jeho porušení v čelistech.





Obr. 55 Schéma zkoušky smykové odolnosti ve spojích (1 – čelisti měřícího zařízení, W – délka spoje) [25]



Obr. 56: Průběh zkoušky smykové odolnosti ve spojích [79]

Výše uvedené zkoušky jsou pouze porovnávací, na základě jejich výsledků můžeme porovnávat pevnosti spojů různých materiálů vystavených přesně definovanému namáhání. Nevypovídají však dostatečně o pevnosti spoje, který v reálu odolává kombinaci obou výše popsaných silových působení, navíc u mechanicky kotvených systémů zde nezanedbatelnou roli hraje přítomnost kotevního prvku ve spoji.

## 2.8.4 Zkoušky jednovrstvých mechanicky kotvených systémů dle ETAG 006

Koncepce zkoušek stanovené dle Řídícího pokynu pro evropská technická schválení ETAG 006 - Systémy mechanicky kotvených pružných střešních hydroizolačních povlaků rozlišuje dva typy zkoušek. Základní návrhové hodnoty jsou získány zkouškou ve skutečném měřítku, oproti doplňujícím zkouškám v malém měřítku, které vytvářejí základ pro možnou interpolaci a tím snižují nutný počet zkoušek ve skutečném měřítku.

### 2.8.4.1 Zkouška ve skutečném měřítku

Provedení zkoušky ve skutečném měřítku patří mezi metodu, která simuluje namáhání mechanicky kotveného střešního pláště účinky sání větru a dává tak téměř reálný obraz o chování střechy při tomto zatížení. Zkouška může být provedena v souladu s metodikou popsanou v pokynu ETAG 006 nebo podle ČSN EN 16002 [53], výsledky obou zkušebních metod jsou považovány za rovnocenné [14].

Při zkoušce ve skutečném měřítku je zkoušen výsek skladby ploché střechy – podkladní (nosná) vrstva, tepelná izolace, pokud je součástí systému, a mechanicky kotvená hydroizolační vrstva. Zkouška se provádí bez parotěsné vrstvy, její přítomnost by teoreticky mohla pozitivně ovlivnit výsledek zkoušky. Výsledky zkoušky jsou ale platné i pro případy, kdy v reálném stavu je parotěsná vrstva v systému obsažena.

Zkouška ve skutečném měřítku se provádí v tlakové komoře o dostatečných rozměrech, aby namáhání zkušebního tělesa bylo rovnoměrně rozděleno a výsledek zkoušky nebyl ovlivňován případnými deformacemi. Prostor mezi zkušebním tělesem a tlakovou komorou musí být vzduchotěsný.



Obr. 57: Zkouška ve skutečném měřítku [83]

Protože je provedení zkoušky ve skutečném měřítku finančně náročné, zkouší se, v souladu s podmínkami ETAG 006, většinou pouze omezený počet kombinací prvků (alespoň jedna) a při zkoušce je zkušeno jedno zkušební těleso. Reprezentativní kombinace hydroizolace, kotevních prvků, tepelné izolace a podkladu, která se má zkoušet, je stanovena ve spolupráci se žadatelem a je vybírána tak, aby byla dosažena potřebná charakteristická odolnost z kombinací uvedených ve schválení.

Podle zkušeností schvalovacího orgánu a zkušební laboratoře může být zkouška sání větru ve skutečném měřítku provedena rovněž na nejslabším kompletovaném systému, aby se stanovila nižší hranice interpolace.

Charakteristická odolnost ostatních kombinací se získá interpolací založené na výpočtu, je-li to možné, nebo zkouškou v malém měřítku – podrobněji viz kapitola 2.8.4.2 Zkoušení v malém měřítku. Extrapolovat výsledky zkoušky ve skutečném měřítku na vyšší hodnotu není z hlediska nejistého způsobu porušení možné. [14]

Podkladní vrstva zkušebního tělesa závisí na druhu kotevního prvku a požadavku žadatele, pokud žadatel konkrétní podklad nspecifikuje, použije se jeden z následujících:

- nevyztužený beton pevnostní třídy C25 podle ENV 206:1990-03 min. tl. 100 mm, (Jestliže existuje řada pevností betonu, má se zkoušet nejvíce kritický a zjištěná hodnota se má použít u ostatních druhů betonu.)
- překližovaná deska třídy 2 nebo 3 podle EN 636, se jmenovitou tloušťkou 19 mm,
- galvanizovaná ocel min. tl. 0,70 mm, značky min. S280 podle EN 10147, a zjištěná hodnota může platit pro všechny ocelové nosné konstrukce větší tloušťky nebo s vyšší pevností.

Zkoušku lze provést na jiném specifickém pokladu např. OSB deska nebo pórobeton, zjištěná hodnota pak může platit i pro ostatní pevnější podklady stejného druhu.

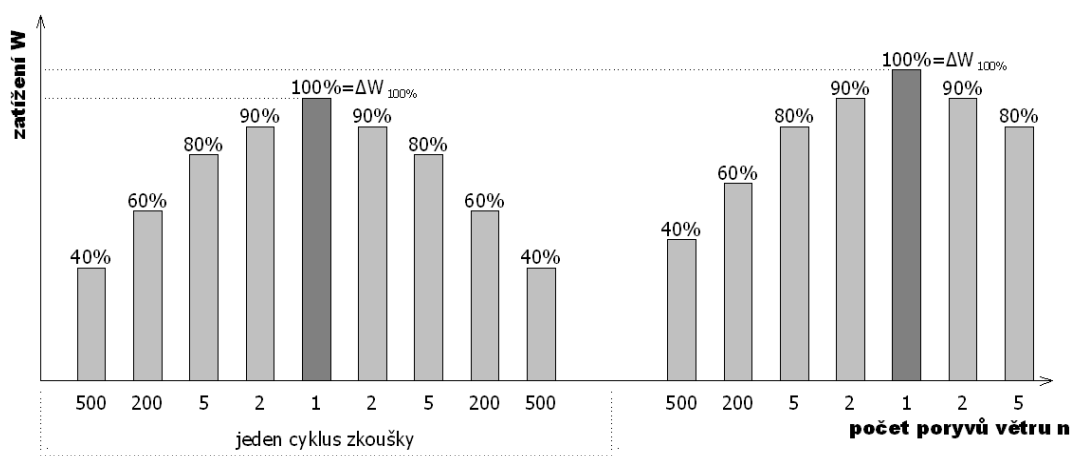
Pro materiál tepelně izolační vrstvy platí, že jeho pevnost při 10% stlačení musí být rovna nebo větší 60 kPa (platí pro homogenní materiály i vícevrstvé nebo kompozitní výrobky).

### **Zkušební těleso**

Zkušební těleso je výsek střešní konstrukce zahrnující sestavu mechanicky kotveného pružného střešního hydroizolačního povlaku. Zkoušky se mohou provádět na systémech různých rozměrů, preferován je zkušební systém standardních rozměrů, ten je přesně definován v ETAG 006 [14]. V rámci zkušebního tělesa jsou pásy hydroizolační vrstvy umístěny symetricky, bez ohledu na šířku pásů se třemi řadami kotevních prvků, přičemž střední řada musí probíhat středem komory.

V souladu s podmínkami ETAG 006 je možné zkoušku omezit pouze na jedno zkušební těleso.

Zkouška se provádí při  $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ . Zkušební těleso se v tlakové komoře symetricky upevní. Povlak se vzduchotěsně upne po okraji tlakové komory. Po připojení ventilátoru, regulačního a záznamového zařízení na tlakovou komoru je zkušební těleso vystaveno cyklům postupně se zvyšujících dynamických tlaků dle zatěžovacího schématu na Graf 1.



Graf 1: Proporcionalní sled zatížení sáním větru při zkoušce ve skutečném měřítku dle ETAG 006 [14]

Maxima předepsaného aplikovaného zatížení působící na těleso se musí dosáhnout v rozmezí 0,7 – 1,0 s od začátku zatěžování. Maximální zatížení působí po dobu min. 2,0 s a jednotlivá zatížení představující poryvy větru následují v max. intervalech 8,0 s po sobě. Zkouška se provádí s rostoucím maximálním zatížením na kotevní prvek  $\Delta W_{100\%}$  od minimální hodnoty 300 N a během jednotlivých cyklů se hodnota postupně zvyšuje v krocích po 100 N až do porušení zkušebního tělesa nebo na hranici možností zkušebního zařízení.

Maximální zatížení na kotevní prvek předcházející cyklu s porušením ( $W_{\text{test}}$ ) se vypočítá násobením účinné plochy a rozdílem naměřených tlaků laboratorního a sníženého v tlakové komoře. Poté se vypočítá hodnota opravného zatížení ( $W_{\text{corr}}$ ), což je vlastně původní hodnota  $W_{\text{test}}$  snižena vlivem uvážení opravných součinitelů (zohlednění rozdílné deformace krytiny při zkoušce s reálnou deformací na střeše, zohlednění rozměrů zkušební tělesa a vzdálenostech kotev).

Výsledná hodnota návrhového zatížení  $W_{\text{adm}}$  je dále ještě snížena bezpečnostním součinitelem  $\gamma_m = 1,5$ , který zohledňuje účinky materiálů a vadnou jakost instalace.

#### **2.8.4.2 Zkoušení v malém měřítku**

Cílem zkoušek v malém měřítku je snížit množství prováděných zkoušek ve skutečném měřítku a vytvořit základ pro interpolaci dalších kombinací systémů. Při použití zkoušek v malém měřítku je však nutné splnit určité požadavky stanovené metodikou ETAG 006:

- Pro použití výsledků zkoušky k výpočtu se uvažují hodnoty  $k$  menší než 1.
- Každá změna prvku sestavy je podmíněna použitím součinitele  $k$ . Další změny povedou k dalšímu použití hodnoty  $k$ .
- Dodatečná omezení pro použití zkoušek v malém měřítku musí být stanovena ve spolupráci zkušební laboratoře a schvalovacího orgánu a na základě jejich zkušeností.

Na základě charakteristické odolnosti sestavy stanovené zkouškou sání větru ve skutečném měřítku lze vypočítat charakteristickou odolnost ostatních kombinací pomocí následujícího vzorce:

$$w_{adm,nc} = k \cdot w_{adm,oc} \quad \text{kde}$$

$w_{adm,nc}$  dovozené (návrhové) zatížení na kotevní prvek v nové kombinaci [N]

$w_{adm,oc}$  dovozené (návrhové) zatížení na kotevní prvek v původní kombinaci (stanovené zkouškou sání větru ve skutečném měřítku) [N]

$k$  korelační součinitel mezi pevností nové kombinace a původní kombinace stanovené v obou případech zkouškou v malém měřítku [-]

Součinitel  $k$  nemůže být nikdy menší než 0,5 nebo větší než 1,0. Jestliže hodnota  $k$  je menší než 0,5, nelze použít koncepci malého měřítka a je nezbytná nová zkouška ve skutečném měřítku.

Metoda stanovení hodnoty korekčního součinitele  $k$  je založena na charakteristikách každého prvku odvozených buď ze zkoušení v malém měřítku, nebo získaných z dokumentace provázející označení CE výrobku.

V řídicím pokynu ETAG 006 jsou uvedeny čtyři možné změny sestavy, které mohou být pokryty zkouškami v malém měřítku:

### ***Změna hydroizolačního povlaku***

V řídicím pokynu jsou stanoveny podmínky s ohledem na konkrétní změny v hydroizolačním povlaku (změna materiálové báze, tloušťky, výztužné vložky). Koncept zkoušek v malém měřítku je možné použít pouze pro výrobky ze stejné materiálové skupiny a za předpokladů splnění stanovených poměrů původní a nové kombinace.

### ***Změna způsobu spojování***

Při změně způsobu spojení hydroizolačního povlaku je nutné provedení zkoušek:

- Odolnost proti odlupování

Zkoušení odolnosti proti odlupování ve spojích. Zkoušení povlaků tvořených asfaltovými pásy se provádí podle ČSN EN 12316-1 [37], podrobněji viz kapitola: 2.8.3 Zkoušky spojů asfaltových pásů pro jednovrstvé mechanicky kotvené systémy dle ČSN 13707.

- Odolnost proti protrhávání

Zkoušení povlaku, pokud jde o odolnost proti protrhávání (dřík hřebíku). Zkouška měří sílu potřebnou k trhání zkušební tělesa propíchnutého hřebíkem. Síla působí na výrobek v kolmém směru k ose hřebíku. U hydroizolačních povlaků z asfaltových pásů se zkouška provádí podle ČSN EN 12310-1 [43].

- Tahové vlastnosti

Stanovení tahových vlastností. Zkušební těleso je taženo při konstantním nárůstu protažení až do přetržení, během zkoušky se průběžně zaznamenává tahová síla a odpovídající změna délky zkušební tělesa. U hydroizolačních povlaků z asfaltových pásů se zkouška provádí podle EN 12311-1 [40].

### ***Změna podkladu***

Co se týče podkladní vrstvy, tak při záměně původního podkladu za nový, dosahující vyšších kvalit (větší pevnost, tloušťka nebo objemová hmotnost) než podklad použitý při zkoušce ve skutečném měřítku, není nová zkouška nutná. Hodnota stanovená zkouškou ve skutečném měřítku bude pak platit i pro tyto nové podklady (součinitel  $k=1$ ).

Stejný princip platí i pro změnu druhu podkladu za předpokladu, že návrhová odolnost kotevního prvku stanovená Zkouškou osovým zatížením v novém podkladu je větší nebo rovna hodnotě získané při zkoušce ve skutečném měřítku (součinitel  $k=1$ ).

### **Změna kotevních prvků**

Přehled zkoušek v malém měřítku při změně kotevních prvků je uveden v příloze D pokynu ETAG 006 a některé jsou také popsány v kapitole 2.5.4 Zkoušení kotevních prvků.

#### **2.8.5 Zkouška simulující reálné namáhání – SFS intec, Heerbrugg**

Zkouška odolnosti proti zatížení větrem se provádí na speciálním zkušebním zařízení společnost SFS intec ve švýcarském Heerbruggu. Zkušebním tělesem je výsek skutečné skladby střešního pláště – podkladní vrstvu tvoří trapézový plech tl. 0,75 mm, do kterého je přes tepelně izolační vrstvu mechanicky zakotvena povlaková hydroizolace.



Obr. 58: Zkušební zařízení SFS intec v Heerbruggu (foto: SFS intec)

Zkušební zařízení vyvinuté firmou SFS intec sestává z ocelového rámu, dvou hydraulických zdvihacích válců, dvou upevňovacích prvků pro uchycení konců hydroizolačního povlaku, středového prostoru pro uložení skladby střešního pláště a vlastních měřících zařízení (Obr. 58).

Zkoušený hydroizolační povlak je mechanicky zakotven do podkladu systémovými kotevními prvky umístěnými v jeho spoji a oba volné konce povlaku jsou upevněny k ocelovému rámu (Obr. 59). Zkoušený asfaltový pás je uchycen do podkladu pěti kotevními prvky (prostřední z pěti kotevních prvků je napojen na měřící zařízení). Pomocí dvojice hydraulických válců je zakotvený povlak vystaven cyklickému, postupně se zvyšujícímu namáhání, které simuluje sání větru (Obr. 60). Výsledkem zkoušky je experimentální stanovení hodnoty tahové síly, kterou bezpečně přeneše kotevní prvek těsně před porušením vodotěsnosti hydroizolačního povlaku, ale také hodnota tahové síly na kotevní prvek při selhání kotevního systému.



Obr. 59: Zkušební těleso před začátkem zkoušky [79]



Obr. 60: Zkušební těleso v průběhu zkoušky [79]

V souladu se směrnicí UEAtc [16] je přesně stanovena proměnlivá síla simulující zatížení sáním větru, které bude vystaveno zkušební těleso. Dále je stanoven přesný počet opakování namáhání pásu v každém zatěžovacím cyklu. Ke každému opakování je pak přiřazena síla, která má předem daný procentní podíl ze stanovené síly pro celý cyklus. Hydraulické zdvihadí válce postupně simulují namáhání jednovrstvého asfaltového pásu větrem v jednotlivých zatěžovacích cyklech, při kterých se přesně předepsaným způsobem postupně zvyšuje a po překročení maxima namáhání postupně snižuje zatěžovací stav.

Výsledkem zkoušky je maximální síla, které bylo dosaženo bezprostředně před porušením vodotěsnosti, resp. před porušením mechanicky kotveného pásu ve spoji.

### **3 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE**

Cílem disertační práce bylo zjistit objektivní skutečnosti, které jsou zaměřeny na problematiku jednovrstvých mechanicky kotvených hydroizolačních systémů z asfaltových pásů:

1. Vytvoření metodiky pro zjednodušené porovnání vlastností mechanicky kotvených hydroizolačních systémů vystavených statickému namáhání.
2. Na základě vytvořené metodiky stanovit, do jaké míry jsou výsledné vlastnosti mechanicky kotveného spoje závislé na parametrech asfaltového pásu, zejména:
  - 2.1. na kvalitě SBS modifikované asfaltové hmoty,
  - 2.2. na typu nosné vložky,
  - 2.3. na tloušťce asfaltového pásu,
  - 2.4. na šířce přesahu.
3. Zjistit, jakým způsobem ovlivňuje pevnost a spolehlivost spoje umístění kotevního prvku – nedodržení předepsané vzdálenosti od okraje kotveného asfaltového pásu, popř. nevhodná geometrie oválné přitlačné podložky.
4. Pro možnost komparace experimentálně ověřit mechanicky kotvené systémy s hydroizolačním povlakem na bázi fólie z mPVC.



## 4 METODY ZPRACOVÁNÍ

Metodiku zpracování disertační práce lze obecně rozdělit do následujících oblastí:

### ***Rešerše***

Shromáždění, analýza a shrnutí dosavadních poznatků z vybrané literatury a vytvoření přehledu o problematice. Tato činnost zahrnuje nejen studium literatury a dostupných informací, ale také účast na konferencích nebo seminářích a v neposlední řadě spojení s praxí.

### ***Teorie***

Teoretický rozbor všech faktorů, které mohou ovlivnit chování mechanicky kotveného spoje jednovrstvých asfaltových pásů – rozbor relevantních informací nutných k experimentální části výzkumu.

### ***Simulace***

Využití současného poznání a možností experimentální nebo numerické simulace pro vytvoření předpokladů a možnosti porovnání výsledků experimentální části.

### ***Experimentální část***

Návrh, vývoj a testování zkušebního zařízení. Výběr vhodných zkušebních těles, příprava zkušebních vzorků a provedení experimentálního měření.

### ***Výsledky***

Vyhodnocení dat a porovnání výsledků získaných z experimentálního měření.

### ***Doporučení***

Aplikace závěrů a doporučení pro praxi vč. možnosti dalšího zaměření výzkumu v této problematice.

## **5 TEORETICKÝ ZÁKLAD VÝZKUMU**

### **5.1.1 Faktory ovlivňující spoje asfaltových pásů**

Spoje pásů velice úzce souvisí s namáháním celého střešního pláště. Faktory, které ovlivňují spoje asfaltových pásů lze obecně rozdělit do dvou skupin – jako primární a sekundární vlivy.

Primární vlivy – původ namáhání ve výrobě nebo zabudování asfaltového pásu:

- technologie výroby (např. napětí vnesené do nosné vložky),
- materiál pásů (vzájemná slučitelnost a kompatibilita pásů),
- způsob uložení krytiny (volné položení, plnoplošné nebo bodové natavení k podkladu, lepení).

Během životnosti hydroizolačního souvrství jsou asfaltové pásy vystaveny různým typům sekundárního namáhání:

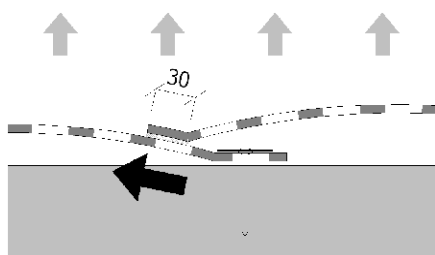
- dynamické účinky sání větru,
- působením vzduchu a světla (stárnutí asfaltové směsi),
- tepelné namáhání střešního pláště:
  - zatížení extrémními teplotními výkyvy,
  - cyklické teplotní zatížení – krátkodobé (den-noc) nebo dlouhodobé (léto-zima),
- koncept skladby střešního pláště (pořadí vrstev, krytí hydroizolační vrstvy),
- vliv druh podkladu (teplotní jímavost),
- typ povrchové úpravy pásu,
- voda:
  - zabudovaná – technologická vlhkost související s mokrým procesem,
  - zkondenzovaná – provozní vlhkost vznikající během užívání,
  - srážková vlhkost – působení atmosférická vody ve všech skupenstvích.
- UV spektrem slunečního záření.

### **5.1.2 Namáhání mechanicky kotvených spojů**

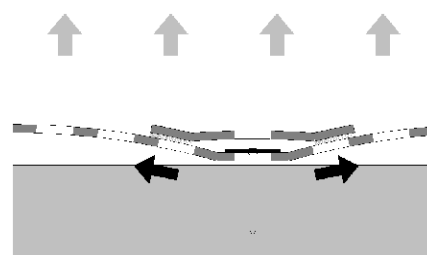
Dynamické účinky sání větru mohou vyvolat excentrické zatížení kotevního prvku umístěného v přesahu hydroizolačního povlaku. Existuje zde riziko podvlečení dolního

kotveného pásu pod přitlačnou podložkou kotevního prvku a tím selhání kotveného systému.

Tento vliv je markantní zejména u mechanicky kotvených systémů z fólií, kdy spojení dvou fólií je zcela mimo kotevní prvek a dochází k jeho jednostrannému namáhání (Obr. 61) ve srovnání s kotevním v ploše (Obr. 62). Výraznou roli zde hraje odolnosti hydroizolace proti odlupování ve spoji.

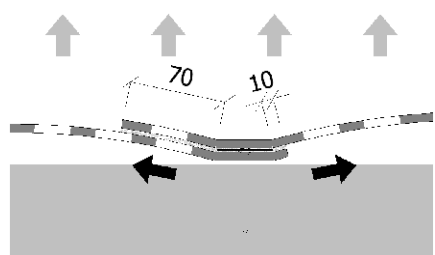


Obr. 61: Kotvení fólie v přesahu

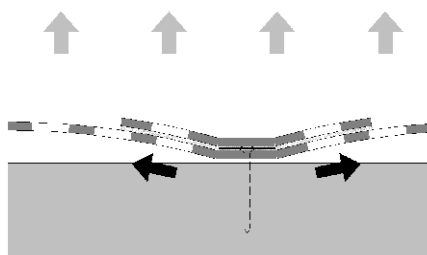


Obr. 62: Kotvení fólie v ploše povlaku

V případě kotvení asfaltových pásů ve spojích povlaku dochází k plnoplošnému natavení a spolupůsobení obou pásů v celé délce spoje. Kotevní prvek není vzhledem ke spoji umístěn centricky, ale ve vzdálenostech 10 mm (popř. 20 mm) od okraje spodního pásu (Obr. 63). Nicméně plnoplošné spojení obou pásů by mělo zajistit rovnoměrné namáhání kotevního prvku. Efektivita mechanicky kotveného spoje asfaltových pásů je v porovnání s fóliemi vyšší, ovšem za předpokladu správného umístění kotevního prvku ve spoji. U plnoplošného spojení pásů v přesahu se v různém poměru uplatňuje působení lineární smykové síly na odtržení v kombinaci s tangenciálními silami (odolnosti proti odlupování).



Obr. 63: Kotvení asfaltového pásu ve spoji

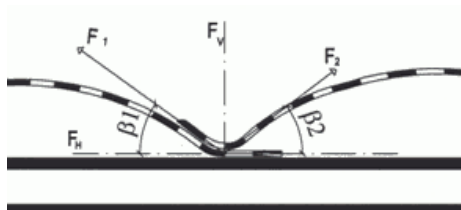


Obr. 64: Kotvení asfaltového pásu v ploše hydroizolačního povlaku

Spolehlivost kotveného systému tedy závisí jak na kvalitě hydroizolační vrstvy, na konstrukčním řešení kotevního prvku, na podkladu, do kterého je kotveno, tak i na umístění kotevního prvku ve spoji.

Dle ČSN EN 13707 [22] je výrobce povinen deklarovat pevnost spoje pro jednovrstvé mechanicky kotvené systémy, konkrétně se jedná o prokázání dostatečné odolnosti spoje proti tangenciálním silám (Stanovení odolnosti proti odlupování ve spojích dle ČSN EN 12316-1 [37]) a odolnost spoje namáhaného na smyk (Zkušební metoda pro zjištění smykové odolnosti spojů dvou sousedních pásů

se řídí podle ČSN EN 12317-1 [25]). Obě metody jsou podrobněji popsány v kapitole 2.8.3 Zkoušky spojů asfaltových pásů pro jednovrstvé mechanicky kotvené systémy dle ČSN 13707.



Obr. 65: Převažující tangenciální síly na odloupení [11]

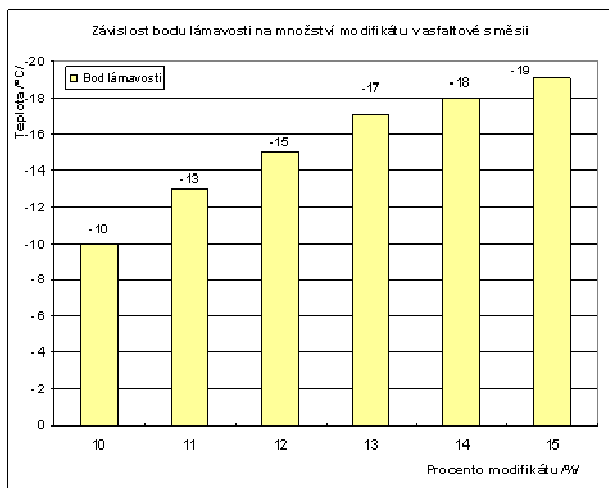


Obr. 66: Převažující lineární - smykové síly na odtržení [11]

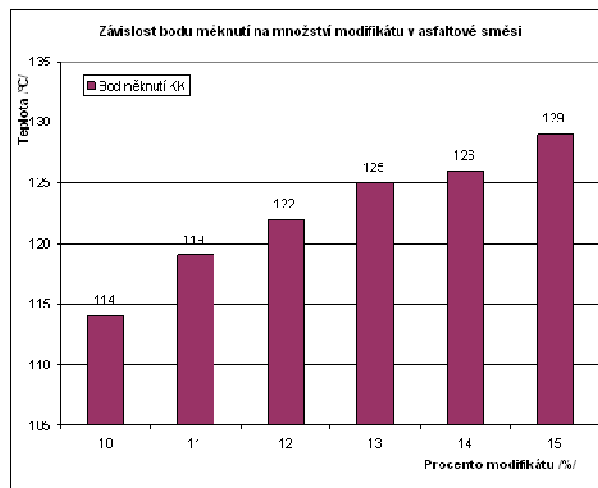
Spoj mechanicky kotveného asfaltového pásu odolává kombinaci obou uvedených způsobů namáhání. Se zvyšující se velikostí úhlu  $\beta$  (Obr. 65), se zvětšuje podíl namáhání spoje na odlupování a s minimální velikostí úhlu  $\beta$  (Obr. 66) roste na významu smyková síla na odtržení.

Nicméně obě výsledné hodnoty jsou pouze porovnávací a nezohledňují umístění kotevního prvku apod. Zejména zkouška odolnosti proti odlupování ve spojích vypovídá spíše o vlastnostech asfaltové hmoty, vlastnosti nosné vložky se při této zkoušce zásadně neprojeví.

Pro modifikované asfaltové hmoty je zásadní jejich nízkoteplotní a vysokoteplotní vlastnosti, které jsou závislé na mnoha faktorech – výsledné vlastnosti ovlivňuje složení primární asfaltové hmoty, množství, typ a složení modifikátoru a plniva. Naopak vzrůstající podíl plniv snižuje pružno-pevnostní vlastnosti. Závislost bodu lámavosti na množství modifikátoru v polymerasfaltové směsi je orientačně uvedeno na Obr. 67. Vysokoteplotní vlastnosti asfaltové směsi jsou ovlivněny především obsahem asfalténů, množstvím polymeru a molekulovou hmotností jednotlivých složek polymeru. Závislost bodu měknutí na množství modifikátoru v polymerasfaltové směsi je uveden na Obr. 68. V závislosti na druhu primárního asfaltu se bod měknutí zvyšuje o cca 80 °C. [11]

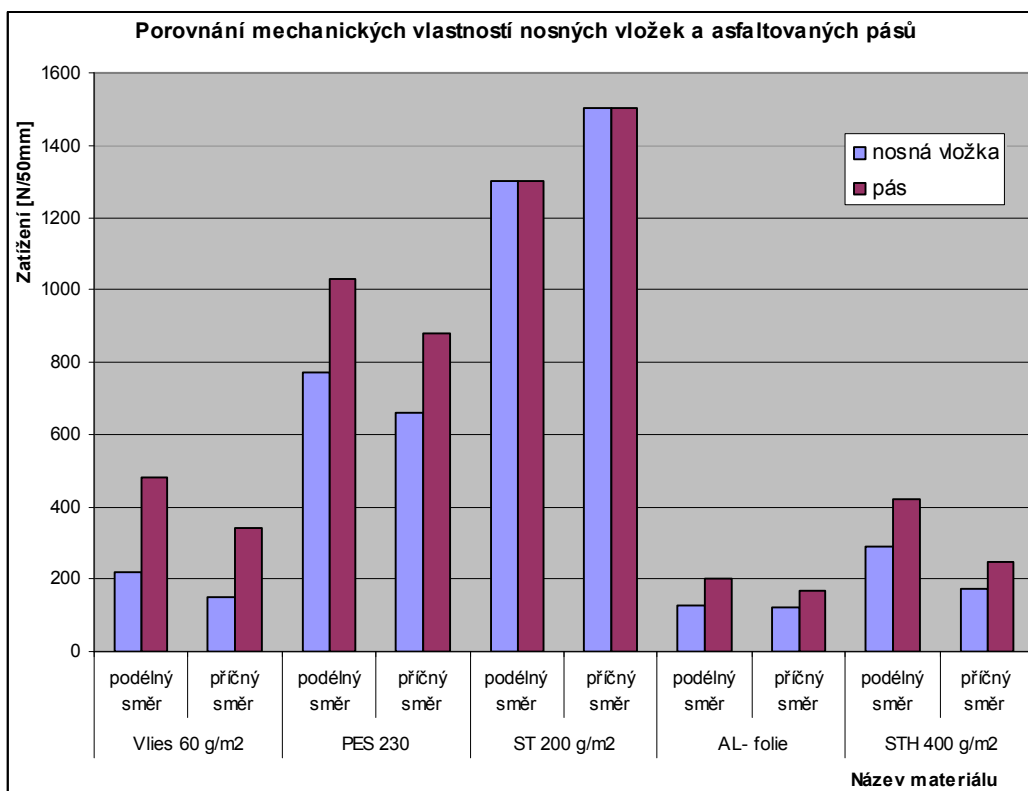


Obr. 67: Bod lámavosti polymerasfaltové směsi v závislosti na množství modifikátoru [11]



Obr. 68: Bod měknutí polymerasfaltové směsi v závislosti na množství modifikátoru [11]

Pro porovnání vlivu nosné vložky na celkové pevnostní parametry slouží jiné zkoušky popisující tahové vlastnosti: největší tahová síla a průtažnost udávaná v příčném a podélném směru. Pevnost v tahu polymer-asfaltové směsi je dána především typem, množstvím a rozmícháním modifikátoru a složením vlastního asfaltu.



Obr. 69: Porovnání mechanických vlastností nosných vložek a asfaltových pásů s příslušnou nosnou vložkou při teplotě +20 °C [11]

### 5.1.3 Numerická simulace

V současné době neexistuje žádný výpočtový způsob, kterým by bylo možné numericky stanovit pevnost nebo porušení spoje mechanicky kotveného hydroizolačního povlaku. Tato problematika je velmi složitá a je ovlivněna celou řadou faktorů, výčet základních vstupů, které by bylo nutné v numerické simulaci zohlednit:

- podklad – pevnostní charakteristiky podkladní vrstvy, možné deformace,
- kotevní prvek:
  - rozdílná geometrie, tvar a materiálové provedení kotevního prvku,
  - konstrukce složená ze dvou částí (šroub + přitlačná podložka nebo teleskop) odlišných technických parametrů a zohlednění spolupůsobení obou prvků,
- spoj – různá šířka přesahu, vzájemná soudržnost asfaltových hmot, popř. adheze asfaltu k materiálu přitlačné podložky kotevního prvku, umístění kotevního prvku v přesahu a přitlačná síla působící na dolní pás,
- hydroizolační povlak – parametry asfaltové hmoty, tloušťka krycích vrstev, různé povrchové úpravy pásu, nosná vložka (typ, tloušťka, případný způsob vyztužení, impregnace, umístění nosné vložky vzhledem k tloušťce pásu),
- geometrie spoje – tvar a řešení spoje a zejména měnící se tvar a rozměry vlivem účinků sání větru a průtažnosti hydroizolačního povlaku,
- stanovení dynamického namáhání simulující zatížení účinky sání větru.

Z hlediska platné legislativy se v současné době statické výpočty kotvení proti působení zatížení větrem (kotevní plány střech) provádějí podle požadavků ČSN, ustanovení Stavebního zákona, podle požadavků projektantů, výrobců hydroizolačních materiálů (uvádí se v Osvědčeních nebo Prohlášeních o vlastnostech a aplikačních předpisech), výrobců kotevních materiálů (uvádí se v Pokynech k aplikaci), podle pokynů investorů (zahraničních i tuzemských) a popř. i pojišťoven (uvádí se často v pojistných smlouvách). [77]

**Při návrhu kotveného systému se vychází z hodnot** uváděných v harmonizované technické specifikaci ETA, která byla vydána dodavateli kotevních prvků nebo hydroizolačních fólií **na základě provedených experimentálních zkoušek popsanych v Řídícím pokynu pro evropská technická schválení ETAG 006** Systémy mechanicky kotvených pružných střešních hydroizolačních povlaků [14]. Při návrhu jsou jako návrhové uvažovány hodnoty získané experimentálním měření (popř. jejich přepočet, ovšem pouze na nižší hodnoty). Podrobněji viz. 2.8.4 Zkoušky jednovrstvých mechanicky kotvených systémů dle ETAG 006.

V návrhu mohou figurovat hodnoty získané experimentálním měření in-situ v podobě výtazných zkoušek – podrobněji viz 2.6.1 Výtazné zkoušky.

Numerická simulace tedy neexistuje, je možné pouze porovnávat parametry jednotlivých prvků mechanicky kotveného systému, popř. návrhové hodnoty, které byly získány v rámci experimentální zkoušky simulující skutečné namáhání střechy účinky sání větru:

- zkouška ve skutečném měřítku dle ETAG 006,
- zkouška simulující reálné namáhání – SFS intec, Heerbrugg.

V závěru práce je proto uvedeno porovnání výsledků experimentů pomocí metodiky stanovené v této práci s experimentálním měřením dle metodiky SFS intec.

## 6 NÁVRH ZKUŠEBNÍ METODIKY

### 6.1 Terminologie a základní informace

Pro účely této práce platí následující terminologie:

<i>zkušební zařízení</i>	navržená kovová konstrukce upnutá do čelistí trhacího stroje umožňující použití zkušebních těles reprezentujících skladbu střešního pláště, podrobněji viz kapitola 6.2
<i>délka spoje</i>	synonymum pro obecněji používaný termín „šířka přesahu“, jeho hodnota určuje velikost přeložení dvou pásů v místě spoje; v textu záměrně odlišeno, aby nemohlo dojít k záměně např. s šířkou zkušebního tělesa.
<i>dolní pás</i>	část zkušebního tělesa reprezentující část spoje hydroizolačního povlaku, který je mechanicky zakotven do podkladní vrstvy
<i>horní pás</i>	část zkušebního tělesa reprezentující část spoje hydroizolačního povlaku, který je v místě přesahu plnoplošně nataven na dolním pásu s dodržáním předepsané délky spoje

Většina materiálu použitého pro výrobu zkušebních těles (asfaltové pásy, zkušební zařízení, OSB desky a tepelná izolace) byla hrazena z vnitřního grantu Fakulty stavební VUT v Brně pro rok 2008, projekt č. 123, kategorie A - věda a výzkum: Spoje jednovrstvých mechanicky kotvených hydroizolačních systémů z asfaltovaných pásů. Kotevní prvky, jako podporu tohoto výzkumu, dodala společnost SFS intec. Technické vybavení a ostatní náklady (AKU vrtačka, cestovné) bylo hrazeno z vlastních zdrojů.

### 6.2 Příprava zkušebního zařízení

V kapitole 2.8 jsou podrobně popsány zkušební metodiky, kterými výrobce musí deklarovat vhodnost daného asfaltového pásu pro určené použití. Pro jednovrstvé mechanicky kotvené asfaltové pásy je pak stěžejní prokázání dostatečné odolnosti spoje proti tangenciálním silám (zkouška na odlupování ve spojích) a odolnost spoje namáhaného na smyk (smykovou odolnost ve spojích). V části 2.5.4 jsou uvedeny způsoby zkoušení kotevních prvků dle metodiky stanovené ETAG 006 [14].

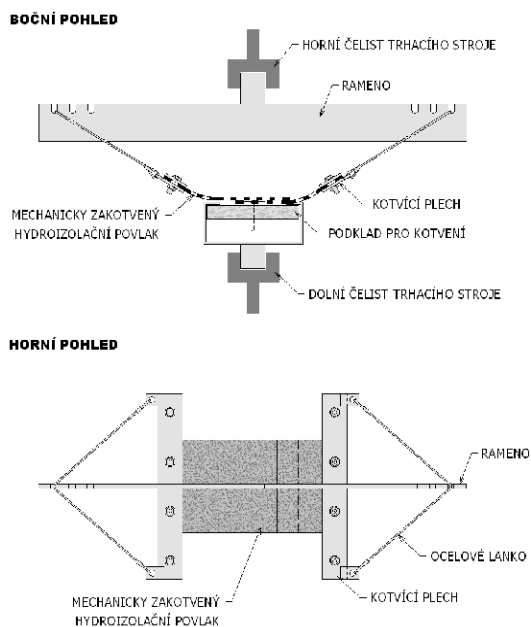


Výsledky výše popsaných zkoušek slouží pro vzájemné porovnání parametrů asfaltových pásů, svým charakterem však nezohledňují reálné namáhání mechanicky kotvené hydroizolační vrstvy na střeše nebo přítomnost kotevního prvku ve spoji.

Tyto podmínky lze simulovat zkušebními postupy popsanými v ETAG 006 Zkouška ve skutečném měřítku (podrobněji viz kapitola 2.8.4.1) nebo Zkouška simulující reálné namáhání – SFS intec, (podrobněji viz kapitola 2.8.5). Obě uvedené metody relevantně simulují namáhání mechanicky kotveného střešního pláště účinky sání větru a dávají tak obraz o chování hydroizolační vrstvy a kotevního prvku při definovaném zatížení.

Pro experimentální měření by tedy bylo ideální využít jednu z těchto zkoušek, tak aby zkušební těleso tvořil kompletní výsek mechanicky kotveného střešního pláště vystavený simulovanému dynamickému namáhání větrem. Provedení několika desítek, ne-li stovek experimentálních měření by ovšem bylo finančně tak náročné, že tato varianta nepřipadala v úvahu. (Náklady na zkoušku jednoho zkušebního tělesa ve zkušebním zařízení SFS intec v Heerbruggu se pohybují kolem částky cca 2.500,- Euro.)

V rámci přípravných prací bylo navrženo zkušební zařízení využívající standardní vybavení každé zkušebny – trhací stroj pro zjištění pevnosti v tahu (Obr. 71). Díky zkušebnímu zařízení je na trhacím stroji možné experimentálně měřit zkušební tělesa tvořené segmentem skladby ploché střechy a simulovat namáhání spoje hydroizolační vrstvy mechanicky kotvené k podkladu včetně případné tepelné izolační vrstvy.



Obr. 70: Schéma zkušebního zařízení



Obr. 71: Trhací stroj LABORTECH 2.050

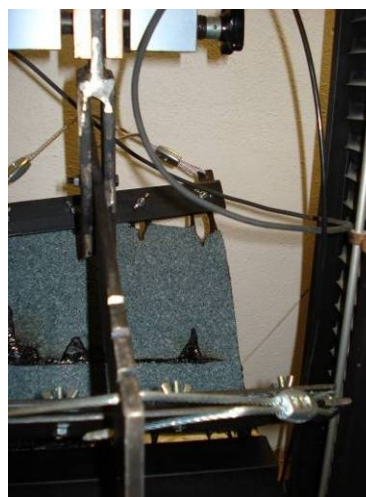
Na Obr. 70 je znázorněno schéma zkušebního zařízení, které se upne do běžného trhacího stroje pro zkoušení asfaltových pásů. Do horní čelisti trhacího stroje se vloží rameno, které přes ocelová lanka přenáší silové zatížení do kotevních plechů, v nichž

jsou upnuty konce zkoušeného asfaltového pásu. Ve spodní čelisti trhacího stroje se nachází podložka, do které se vloží podklad pro kotvení (např. OSB deska). K této podložce je pomocí standardního kotevního prvku ve spoji přikotven asfaltový pás. Vzdalováním čelistí trhacího stroje dochází k namáhání spoje a následně jeho porušení. Instalované zkušební zařízení vč. zkušebního tělesa je patrné na Obr. 76

V první fázi proběhlo „testování“ zkušebního zařízení s cílem upřesnit velikost zkušebního tělesa a ověřit reálný průběh namáhání. Zkušební zařízení bylo navrženo tak, aby mohly být zkoušena zkušební tělesa šířky 300 mm s umístění dvojice kotevních prvků ve spoji - Obr. 72. Při prvních zkouškách však pevnost takového zkušebního tělesa přesahovala možnosti trhacího stroje a zkouška končila vysunutím zkušebního zařízení z čelistí trhacího stroje nebo vytržením volných konců asfaltových pásů z kotvících plechů - Obr. 73.



Obr. 72: Příprava prvních zkušebních těles š. 300 mm



Obr. 73: Neúspěšná zkouška - vytržení volného konce pásu

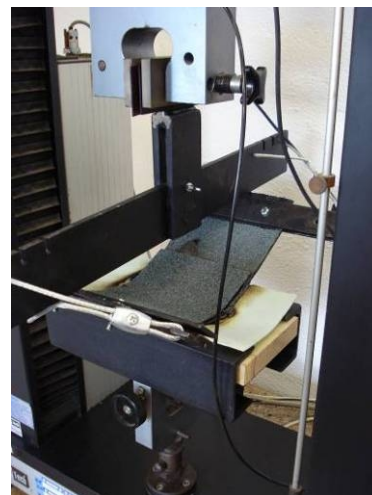
Na základě těchto zkušeností bylo zkušební těleso zmenšeno na šířku na 150 mm (Obr. 74), osazen pouze jeden kotvící prvek a z volných konců asfaltových pásů zkušebního vzorku byl odstraněn hrubozrný posyp, tak aby byla zajištěna větší soudržnost s kotvícími plechy (Obr. 75). Těmito úpravami byly nedostatky odstraněny a následně bylo provedeno několik úspěšných zkoušek (Obr. 76).



Obr. 74: Zmenšení rozměrů zkušebního tělesa



Obr. 75: Připravené zkušební těleso



Obr. 76: Průběh zkoušky

### 6.3 Definice okrajových podmínek měření

Měření probíhala v laboratořích společnosti DEHTOCHEMA BITUMAT, s.r.o. v Oslavanech a DEHTOCHEMA-TN a.s. Bělá pod Bezdězem. Pro měření byl využíván kalibrovaný trhací stroj LABORTECH 2.050 (Obr. 71), který dokáže vyvinout sílu 2 000 N. Trhací stroj byl napojen na stolní počítač a ovládán softwarem LABTEST v.2.59.1025 ([www.labortech.cz](http://www.labortech.cz)), který zaznamenává naměřené hodnoty.

Okrajové podmínky měření jsou stanoveny dle metodiky základních zkušebních norem pro jednovrstvé mechanicky kotvené systémy z asfaltových pásů - Stanovení odolnosti proti odlupování ve spojích dle ČSN EN 12316-1 [37] a Stanovení smykové odolnosti ve spojích dle ČSN EN 12317-1 [25].

Obě tyto normy předepisují provedení zkoušek na minimálně pěti zkušebních tělesech. Pro zvýšení přesnosti, vypovídající hodnoty a s ohledem na určitou rezervu byl počet zkušebních těles zdvojnásoben a pro každý zkušební vzorek bylo připraveno 10 zkušebních těles. V některých případech byl počet zkušebních těles snížen z důvodu neplatnosti měření, vždy však byl dodržen minimální počet pěti platných zkoušek.

Zkoušení probíhalo v podmínkách vnitřního prostředí laboratoří při teplotě  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$  a relativní vlhkosti  $(50\pm 20)\%$ . Zkušební tělesa byla před provedením vlastní zkoušky s dostatečným předstihem temperována v prostředí laboratoří.

Zkušební zařízení vč. zkušebního tělesa bylo upnuto do čelistí trhacího stroje tak, aby svislé osy všech prvků byly vyrovnány. Zkouška se prováděla při konstantním oddalování čelistí rychlostí  $(100\pm 10)$  mm za minutu.

Průběžně byla zaznamenávána tahová síla až do porušení tělesa a byl také přesně popsán způsob porušení a ukončení zkoušky. Výsledkem zkoušky je maximální síla zaznamenaná v průběhu zkoušky. Za neplatná byla uvažována taková měření, kdy:

- spoj obou pásů byl viditelně nekvalitně proveden (nedokonalé natavení),
- došlo k vytržení kotevního prvku z podkladní vrstvy před dosažením maximálního namáhání (nehomogenita OSB desky).

## 6.4 Způsob vyhodnocení výsledků experimentů

Výsledky byly vyhodnoceny shodnou metodikou jako základní zkušební normy určené pro jednovrstvé mechanicky kotvené systémy z asfaltových pásů - Stanovení smykové odolnosti ve spojích dle ČSN EN 12317-1 [25]. Pro každé zkušební těleso byla zaznamenaná hodnota maximální síly a následně pro každý zkušební vzorek byla z platných měření vypočítána průměrná hodnota (aritmetický průměr), stanovena směrodatná odchylka a variační koeficient.

Střední hodnota stanovená aritmetickým průměrem je definována součtem hodnot statistického souboru dělených jejich počtem:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Přestože je aritmetický průměr zřejmě nejčastěji používaný statistický pojem, jeho vypovídající hodnota nemusí být vždy dostatečná. Zejména v případech, kdy získáme shodný aritmetický průměr pro dvě výrazně odlišná rozdělení.

Proto je ve vyhodnocení uvedena také směrodatná odchylka, která vypovídá o tom, jak se hodnoty statistického souboru liší od střední hodnoty, resp. jak hustě jsou kolem této hodnoty seskupeny. Směrodatná odchylka je nejužívanější míra variability.

Je-li  $X$  náhodná veličina, pak vážený průměr jejích hodnot nazýváme střední hodnotou náhodné veličiny a označujeme ji  $E(X)$ . Jako číselnou charakteristiku používáme rozptyl či směrodatnou odchylku, pomocí které sledujeme, jak jsou hodnoty rozloženy kolem střední hodnoty. V rozptylu sledujeme rozložení kvadrátu odchylek od střední hodnoty. Skutečné odchylky od střední hodnoty zachycuje směrodatná odchylka, která je v měřítku a v jednotkách v jakých jsou hodnoty veličiny  $X$ .

Směrodatná odchylka, značená řeckým písmenem  $\sigma$ , se obvykle definuje jako odmocnina z rozptylu náhodné veličiny  $X$ , tzn.

$$\sigma = \sqrt{D(X)} = \sqrt{\text{var}(X)},$$

kde  $D(X)$  označuje rozptyl náhodné veličiny  $X$ . Směrodatnou odchylku  $\sigma$  lze vypočítat pomocí střední hodnoty  $E(X)$ :

$$\sigma = \sqrt{E((X - E(X))^2)} = \sqrt{E(X^2) - (E(X))^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2\right) - \bar{x}^2}$$

Variační koeficient  $v_x$  v podstatě charakterizuje přesnost měření a udává, z kolika procent se podílí směrodatná odchylka na aritmetickém průměru. Vypočítá se jako podíl směrodatné odchylky a aritmetického průměru, udává se v procentech:

$$v_x = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

## 6.5 Příprava zkušebních těles

### 6.5.1 Výběr zkušebních vzorků

Pro splnění cílů stanovených v této práci bylo vybráno několik vzorků asfaltových pásů, ze kterých byla následně připravena zkušební tělesa.

Pro objasnění otázky, do jaké míry ovlivňují parametry asfaltového pásu výsledné vlastnosti jeho spoje, bylo vybráno 9 zkušebních vzorků asfaltových pásů uvedených v Tabulka 5. Zkušební vzorky byly vybrány tak, aby bylo možné vzájemně porovnat vliv asfaltové hmoty a stupně její modifikace, tloušťky asfaltového pásu, vliv typu nosné vložky a délky spoje.

Tabulka 5: Celkový přehled a technická specifikace zkušebních vzorků z asfaltových pásů

A	asfaltová hmota: SBS modifikovaná ohebnost za nízkých teplot: -20 °C tloušťka pásu: 5,0 mm nosná vložka: PES 180 g/m <sup>2</sup> , podélně vyztužená skleněným vláknem šířka přesahu: 100 mm největší tahová síla: podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 700 (± 150) N/50mm tažnost: podélně i příčně: 50 (± 10) %
B	asfaltová hmota: SBS modifikovaná ohebnost za nízkých teplot: -25 °C tloušťka pásu: 5,2 mm nosná vložka: PES 180 g/m <sup>2</sup> , podélně vyztužená skleněným vláknem šířka přesahu: 100 mm největší tahová síla: podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 700 (± 150) N/50mm tažnost: podélně i příčně: 50 (± 10) %



C	asfaltová hmota: SBS modifikovaná ohebnost za nízkých teplot: -25 °C tloušťka pásu: 4,2 mm nosná vložka: PES 160 g/m <sup>2</sup> , podélně vyztužená skleněným vláknem šířka přesahu: 100 mm největší tahová síla: podélně: 750 (± 150) N/50mm, příčně: 550 (± 150) N/50mm tažnost: podélně i příčně: 45 (± 10) %
D	asfaltová hmota: SBS modifikovaná ohebnost za nízkých teplot: -20 °C tloušťka pásu: 5,2 mm nosná vložka: PES 180 g/m <sup>2</sup> , oboustranně vyztužená skleněným vláknem šířka přesahu: 120 mm největší tahová síla: podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm tažnost: podélně i příčně: 45 (± 10) %
E	asfaltová hmota: SBS modifikovaná ohebnost za nízkých teplot: -25 °C tloušťka pásu: 5,2 mm nosná vložka: PES 230 g/m <sup>2</sup> , nevyztužená šířka přesahu: 100 mm největší tahová síla: podélně: 950 (± 200) N/50mm, příčně: 850 (± 150) N/50mm tažnost: podélně i příčně: 50 (± 10) %
F	asfaltová hmota: SBS modifikovaná ohebnost za nízkých teplot: -25 °C tloušťka pásu: 5,2 mm nosná vložka: PES 180 g/m <sup>2</sup> , oboustranně vyztužená skleněným vláknem šířka přesahu: 100 mm největší tahová síla: podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm tažnost: podélně i příčně: 45 (± 10) %
G	asfaltová hmota: SBS modifikovaná ohebnost za nízkých teplot: -25 °C tloušťka pásu: 5,2 mm nosná vložka: PES 180 g/m <sup>2</sup> , oboustranně vyztužená skleněným vláknem šířka přesahu: 120 mm největší tahová síla: podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm tažnost: podélně i příčně: 45 (± 10) %
H	asfaltová hmota: SBS modifikovaná ohebnost za nízkých teplot: -25 °C tloušťka pásu: 5,2 mm nosná vložka: PES 230 g/m <sup>2</sup> , nevyztužená šířka přesahu: 100 mm největší tahová síla: podélně: 950 (± 200) N/50mm, příčně: 850 (± 150) N/50mm tažnost: podélně i příčně: 50 (± 10) %

OX	asfaltová hmota:	oxidovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	0 °C
	tloušťka pásu:	3,5 mm
	nosná vložka:	skleněná rohož
	šířka přesahu:	100 mm

Pro porovnání výsledků experimentálního měření jednovrstvých mechanicky kotvených asfaltových pásů s hydroizolačními systémy z fólií byly vybrány dvě varianty zkušebních vzorků fólie na bázi mPVC, které jsou systémově určeny pro mechanické kotvení.

Dle technického podkladu výrobců těchto fólií jsou pro mechanické kotvení určeny fólie mPVC s výztužnou vložkou z PES mřížky. Délka přesahu při mechanickém kotvení je 100 mm, přičemž minimální délka svařeného spoje je min. 30 mm. Jako zkušební vzorky byly vybrány nejběžněji používané tloušťky 1,2 mm a 1,5 mm.

Tabulka 6: Celkový přehled zkušebních vzorků z mPVC fólií

FA	hmota:	mPVC-P
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka:	1,2 mm
	nosná vložka:	PES mřížka
	šířka přesahu/svařený spoj:	100 mm / 30 mm
	největší tahová síla:	podélně: $\geq 1\ 000\ \text{N}/50\text{mm}$ , příčně: $\geq 950\ \text{N}/50\text{mm}$
	tažnost:	podélně i příčně: $\geq 15\ \%$
FB	hmota:	mPVC-P
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka:	1,5 mm
	nosná vložka:	PES mřížka
	šířka přesahu/svařený spoj:	100 mm / 30 mm
	pevnost v tahu:	podélně: $\geq 1\ 000\ \text{N}/50\text{mm}$ , příčně: $\geq 950\ \text{N}/50\text{mm}$
	tažnost:	podélně i příčně: $\geq 15\ \%$

## 6.5.2 Varianty zkušebních těles

Pro experimentální měření byly vybrány dva základní typy zkušebních těles, tak aby bylo možné porovnat pro oba typy kotevních prvků určených pro nezateplené střechy a střechy s tepelně izolační vrstvou.

První typ zkušebních těles charakterizuje nezateplenou plochou střechu, popř. horní plášť dvouplášťové ploché střechy a je označen S1 – viz Obr. 77.

Skladba zkušebního tělesa ve variantě S1:

- hydroizolační vrstva z asfaltového pásu (zkušební vzorky A až H, OX) mechanicky zakotvená kotevním prvkem SFS intec (šroub do dřeva „isofast IG-6,0x60“ dl. 60 mm v kombinaci s oválnou přítlačnou podložkou pro tvrdé podklady „IRD 82x40“ - Obr. 78),
- separační vrstva (lepenka A330, PES rohož),
- podkladní vrstva z OSB desky tl. 22 mm.



Obr. 77: Zkušební těleso se skladbou S1



Obr. 78: Kotevní prvek pro skladbu S1

Zkušební tělesa ve variantě S2 reprezentují zateplenou jednoplášťovou střechu s klasickým pořadím vrstev (Obr. 79). Skladba zkušebního tělesa ve variantě S2:

- hydroizolační vrstva z asfaltového pásu (zkušební vzorky G, H, FA, FB) mechanicky zakotvená kotevním prvkem SFS intec (šroub do dřeva dl. 100 mm v kombinaci s plastovým teleskopem z polypropylenu ISO-TAK s průměrem přítlačné podložky 40 mm - Obr. 80),
- separační vrstva (lepenka A330, PES rohož),
- tepelně izolační vrstva z polystyrenu EPS 100 S tl. 80mm,
- podkladní vrstva z OSB desky tl. 22 mm.



Obr. 79: Zkušební těleso se skladbou S2



Obr. 80: Kotevní prvek pro skladbu S2

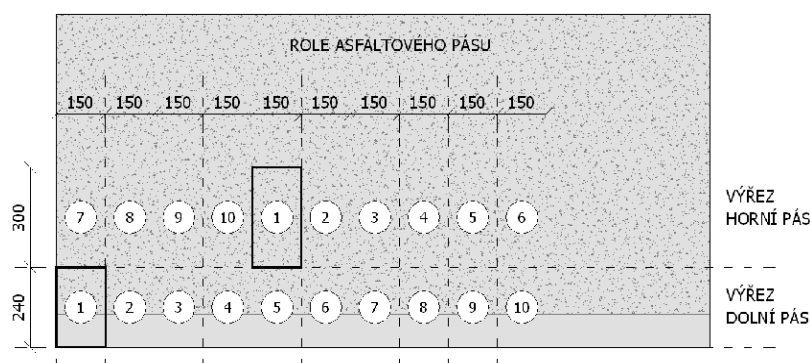


### 6.5.3 Výroba zkušebních těles

Prvním krokem při přípravě zkušebních těles bylo nařezání OSB desek, tepelné izolace z EPS a separačního pásu na požadované rozměry 150 x 150 mm. Ze zkušebních vzorků hydroizolačních povlaků byly nejdříve zhotoveny výřezy pásů příslušných rozměrů, tak aby mohl být proveden spoj. Výřezy pro dolní (mechanicky kotvený) pás spoje byly provedeny z okraje asfaltového pásu se speciální povrchovou úpravou ze spalitelné fólie pro podélný přesah. Výřezy pro horní pás byly provedeny z plochy zkušební vzorku.

Dolní pás byl zakotven do podkladu tak, aby kotevní prvek byl umístěn ve středu podkladní OSB desky a dodržena výrobcem hydroizolace udávaná vzdálenost kotevního prvku od okraje. Přes zakotvený dolní pás byl následně plnoplošně nataven horní pás a dodržena předepsaná délka spoje – 100 mm nebo 120 mm dle typu zkušební vzorku.

Při vytváření zkušebních těles byly pro hydroizolační vrstvu záměrně vybírány kombinace horního a dolního pásu dle schématu na Obr. 81 tak, aby výsledek zkoušky byl minimálně ovlivněn případnými imperfekcemi asfaltového pásu.



Obr. 81: Kombinace výřezů pro horní a dolní pás při přípravě zkušebních těles

Poslední úpravou zkušebních těles bylo odstranění hrubozrnného posypu v pruhu šířky cca 40 mm na obou volných koncích horního a dolního pásu, tak aby byla zajištěna větší soudržnost s kotvícími plechy (Obr. 75).

V rámci výzkumu bylo takto připraveno cca 290 ks zkušebních těles, což odpovídá zpracování cca 43 bm asfaltových pásů. Během přípravných prací byla průběžně pořizována fotodokumentace.

Pomůcky pro přípravu zkušebních těles:

- 2kg láhev PROPAN BUTAN + hořák,
- AKU vrtačka + sada bitů,
- digitální fotoaparát,
- svinovací metr.

## 6.6 Průběh experimentálního měření

Před zahájením vlastního experimentálního měření byly pomocí ovládacího softwaru LABTEST v.2.59.1025 nastaveny okrajové podmínky měření (podrobněji kapitola 6.3 Definice okrajových podmínek měření). Zkušební zařízení vč. zkušební tělesa bylo upnuto do čelistí trhacího stroje tak, aby svislé osy všech prvků byly vyrovnány.

Po vynulování měřících hodnot byla zkouška spuštěna a průběžně byla zaznamenávána tahová síla až do porušení tělesa a zároveň byl také přesně popsán způsob porušení nebo ukončení zkoušky. Podrobné výsledky jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v kapitole 11 Příloha 1 – Podrobné výsledky.

V průběhu zkoušky byla průběžně pořizována fotodokumentace nebo videozáznamy. Některé z výsledků měření byly z ovládacího softwaru exportovány do samostatných souborů ve formátu TXT a využity pro zpracování grafů.

Pomůcky použité v průběhu zkoušek:

- kalibrovaný trhací stroj LaborTech 2.050,
- stolní počítač s instalovaným softwarem LABTEST v.2.59.1025,
- AKU vrtačka + sada bitů,
- digitální fotoaparát,
- svinovací metr.

## 7 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část je rozdělena do několika samostatných kapitol zaměřených na konkrétní problematiku. Pro každou kapitolu jsou podrobně popsány výsledky experimentálního měření a uveden dílčí závěr.

1. Porovnání parametrů asfaltových pásů:
  - 1.1. vliv stupně modifikace,
  - 1.2. vliv typu nosné vložky,
  - 1.3. vliv délky spoje,
  - 1.4. vliv tloušťky pásu.
2. Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba bez tepelně izolační vrstvy.
3. Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba s tepelně izolační vrstvou.
4. Nestandardní aplikace:
  - 4.1. výrazné pootočení oválné přítlačné podložky,
  - 4.2. kotvení pomocí hřebíků,
  - 4.3. hydroizolační povlak z oxidovaného pásu se skleněnou rohoží.
5. Porovnání hydroizolačních povlaků na bázi mPVC.
6. Porovnání výsledků se zkouškami simulující reálné namáhání.

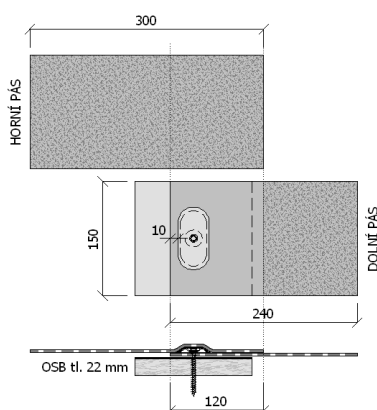
## 7.1 Porovnání parametrů asfaltových pásů

První část experimentálního výzkumu byla zaměřena na porovnání různých parametrů asfaltových pásů, tak aby bylo zjištěno, jak jsou vlastnosti mechanicky kotveného spoje hydroizolačního povlaku ovlivněny parametry asfaltového pásu. Bylo vybráno několik různých asfaltových pásů, které se vzájemně lišily:

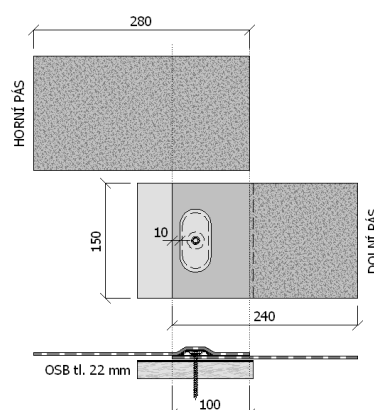
- různým stupněm modifikace asfaltové hmoty,
- různým typem nosné vložky,
- tloušťkou asfaltového pásu,
- různou šířkou přesahu.

Bylo vybráno 9 zkušebních vzorků asfaltových pásů uvedených v Tabulka 5. Zkušební tělesa byla připravena ve variantě skladby S1 – tedy obdoba nezateplené střechy s hydroizolačním povlakem mechanicky zakotveným na podklad z OSB desky tl. 22 mm. Jako kotevní prvek byl použit šroub do dřevěného podkladu s kovou oválnou podložkou na tvrdý podklad – specifikace viz 6.5.2 Varianty zkušebních těles.

Rozměry zkušebních těles se lišily v závislosti na výrobcem předepsané délce spoje pro jednotlivé zkušební vzorky – viz Obr. 82 a Obr. 83.



Obr. 82: Rozměry zkušebního tělesa s délkou spoje 120 mm



Obr. 83: Rozměry zkušebního tělesa s délkou spoje 100 mm

Kotevní prvek (resp. okraj přitlačné podložky) byl umístěn ve vzdálenosti 10 mm od okraje dolního asfaltového pásu, v souladu s předpisy většiny dodavatelů kotevních prvků nebo výrobců asfaltových pásů určených pro mechanické kotvení. Podélná osa oválné přitlačné podložky byla rovnoběžná s okrajem dolního pásu.

Záměrně byla zvolena oválná přitlačná podložka na tvrdý podklad, která díky svojí větší ploše zajišťuje lepší přitlak dolního pásu – porušení zkušebních těles pak bude více závislé na parametrech asfaltového pásu než na selhání kotevního prvku.

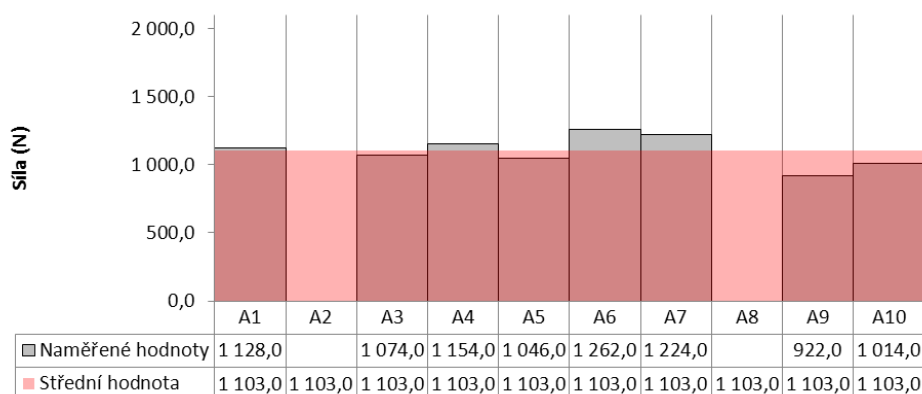
## 7.1.1 Výsledky experimentálního měření jednotlivých vzorků

### 7.1.1.1 Zkušební vzorek A

A	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-20 °C
	tloušťka pásu:	5,0 mm
	nosná vložka:	PES 180 g/m <sup>2</sup> , podélně vyztužená skleněným vláknem
	šířka přesahu:	100 mm
	největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 700 (± 150) N/50mm
	tažnost:	podélně i příčně: 50 (± 10) %

Výsledky experimentálního měření zkušební vzorku A:

- střední hodnota:	<b>1 103,0 N</b>
- směrodatná odchylka:	104,8 N
- variační koeficient:	<b>9,5%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 262,0 N
- minimální naměřená hodnota:	922,0 N



Obr. 84: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku A

Výsledná hodnota je určena z 8ks zkušebních těles. Dvě měření byla neplatná – u tělesa A2 došlo k vytržení z podkladu před dosažením maximální síly a v případě zkušební tělesa A8 byl nekvalitně nataven spoj.

Průběh deformace byl obdobný u všech vzorků. Během namáhání docházelo k výraznému rozlepení spoje – v několika případech došlo k úplnému rozlepení spoje, u zbývajících zkušebních těles byly spoje na konci zkoušky rozlepeny v rozsahu cca 80% - 95% (Obr. 85). Usmýknutí spoje bylo téměř nulové.

Přítlačná podložka byla vlivem zatížení mírně deformována, její okraj měl u většiny zkušebních těles stále dostatečný přítlak, aby udržel dolní pás na podkladu (Obr. 86). V několika případech došlo k roztržení dolního pásu o přítlačnou podložku a hydroizolační souvrství se tak kompletně oddělilo od podkladu.



Obr. 85: Výrazné rozlepení spoje u zkušební vzorku A



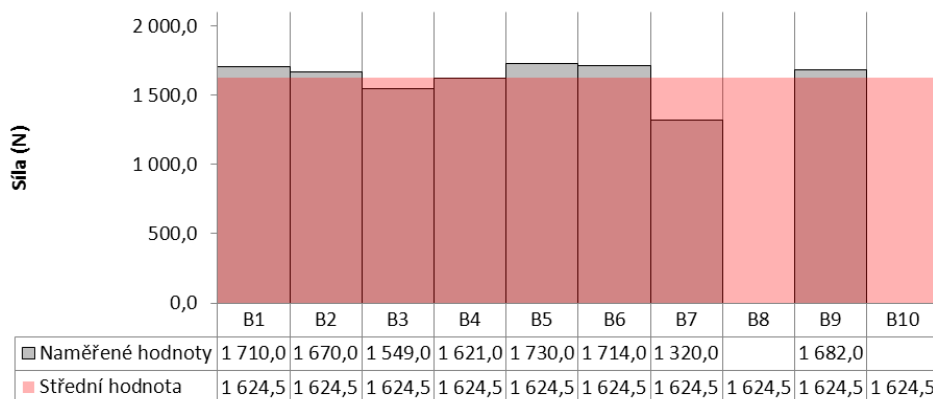
Obr. 86: Rozlepení spoje s mírnou deformací přítlačné podložky

### 7.1.1.2 Zkušební vzorek B

B	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka pásu:	5,2 mm
	nosná vložka:	PES 180 g/m <sup>2</sup> , podélně vyztužená skleněným vláknem
	šířka přesahu:	100 mm
	největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 700 (± 150) N/50mm
	tažnost:	podélně i příčně: 50 (± 10) %

Výsledky experimentálního měření zkušební vzorku B:

- střední hodnota:	<b>1 624,5 N</b>
- směrodatná odchylka:	127,6 N
- variační koeficient:	<b>7,9%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 730,0 N
- minimální naměřená hodnota:	1 320,0 N



Obr. 87: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku B

Výsledná hodnota je určena z 8ks zkušebních těles. Dvě měření (tělesa B8 a B10) byla neplatná, protože během namáhání došlo k destrukci podkladu, který byl atypicky tvořen dřevěným prknem tl. 24 mm, namísto OSB desky tl. 22 mm (Obr. 88).

Průběh deformace byl u všech vzorků podobný – během namáhání došlo k rozlepování spoje nejprve v okolí kotevního prvku. Na konci zkoušky byly spoje obou pásů odděleny v rozsahu cca 40% - 80% a bylo znatelné „usmýknutí“ spoje v rozsahu cca 10-20 mm. Ani u jednoho zkušebního tělesa však nedošlo k úplnému oddělení obou pásů.

Přítlačná podložka byla vlivem zatížení deformována, nicméně její okraj měl u většiny zkušebních těles stále dostatečný přítlak, aby udržel souvrství pásů na podkladu (Obr. 89).

V jednom případě (těleso B3) došlo k roztržení dolního pásu o dřík kotevního šroubu a následně k „podvlečení“ dolního pásu pod přítlačnou podložkou a hydroizolační souvrství se tak kompletně oddělilo od podkladu.



Obr. 88: Poškození podkladu



Obr. 89: Typické poškození spoje vzorku B

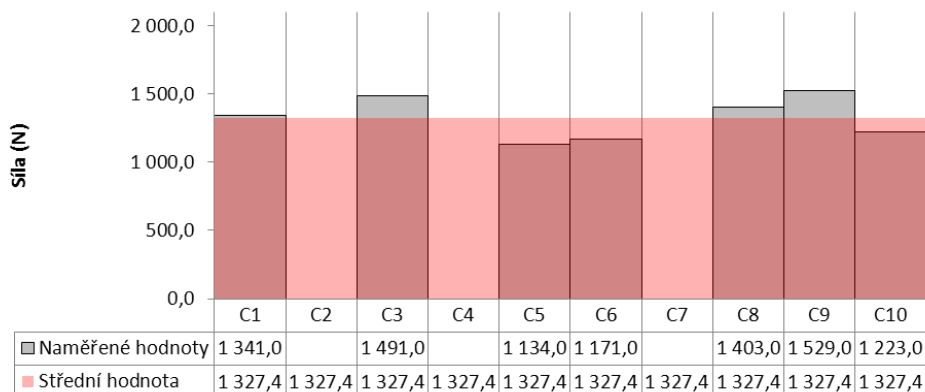
### 7.1.1.3 Zkušební vzorek C

C	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka pásu:	4,2 mm
	nosná vložka:	PES 160 g/m <sup>2</sup> , podélně vyztužená skleněným vláknem
	šířka přesahu:	100 mm
	největší tahová síla:	podélně: 750 (± 150) N/50mm, příčně: 550 (± 150) N/50mm
	tažnost:	podélně i příčně: 45 (± 10) %

Výsledky experimentálního měření zkušebního vzorku C:

- střední hodnota:	<b>1 327,4 N</b>
- směrodatná odchylka:	144,5 N
- variační koeficient:	<b>10,9%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 529,0 N
- minimální naměřená hodnota:	1 134,0 N





Obr. 90: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku C

Výsledná hodnota je určena ze 7ks zkušebních těles. Tři měření byla neplatná z důvodu nekvalitně nataveného spoje při přípravě zkušebního tělesa.

Průběh deformace byl u všech vzorků podobný – během namáhání došlo k rozlepování spoje nejprve v okolí kotevního prvku. Na konci zkoušky byly spoje obou pásů odděleny v rozsahu cca 40% - 90% a bylo znatelné „usmýknutí“ spoje v rozsahu do 10 mm.

Přítlačná podložka vlivem zatížení nebyla deformována (Obr. 91), u většiny zkušebních těles došlo k roztržení dolního pásu po obvodu přítlačné podložky a následně k „podvlečení“ dolního pásu pod přítlačnou podložkou a hydroizolační souvrství se tak kompletně oddělilo od podkladu.

V jednom případě (těleso C10) došlo k rozlepení celého spoje (Obr. 92); u zkušebního tělesa C1 bylo hydroizolační souvrství po překročení maximální síly vytrženo i s kotevním prvkem z podkladu.



Obr. 91: Poškození spoje bez deformace kotevního prvku



Obr. 92: Rozlepení spoje bez deformace kotevního prvku u vzorku C

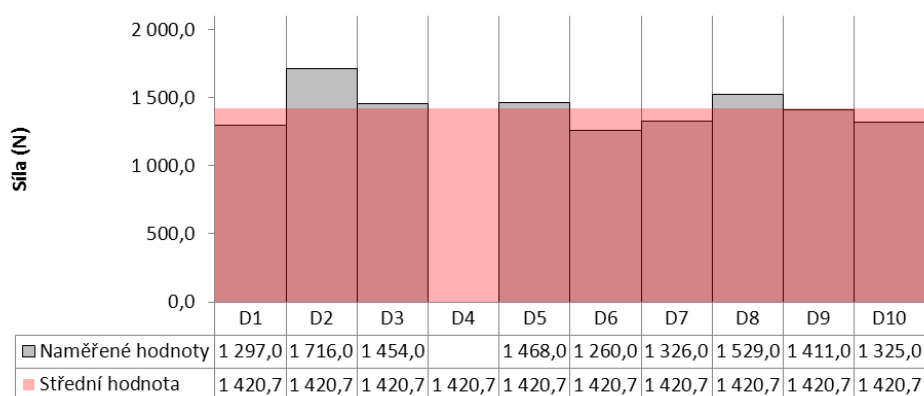


### 7.1.1.4 Zkušební vzorek D

D	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-20 °C
	tloušťka pásu:	5,2 mm
	nosná vložka:	PES 180 g/m <sup>2</sup> , oboustranně vyztužená skleněným vláknem
	šířka přesahu:	120 mm
	největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm
	tažnost:	podélně i příčně: 45 (± 10) %

Výsledky experimentálního měření zkušební vzorku D:

- střední hodnota:	<b>1 420,7 N</b>
- směrodatná odchylka:	134,0 N
- variační koeficient:	<b>9,4%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 716,0 N
- minimální naměřená hodnota:	1 260,0 N



Obr. 93: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku D

Výsledná hodnota je určena z 9 ks zkušebních těles. Jedno měření bylo neplatné z důvodu nekvalitně nataveného spoje při přípravě zkušební tělesa.

Průběh deformace byl u všech vzorků podobný – během namáhání došlo k rozlepování spoje nejprve v okolí kotevního prvku (Obr. 94). Nakonec zkoušky byly spoje obou pásů odděleny v rozsahu cca 50% - 80% a bylo znatelné „usmýknutí“ spoje v rozsahu do 10-20 mm (Obr. 95).

Přítlačná podložka vlivem zatížení nebyla deformována, u většiny zkušebních těles došlo k roztržení dolního pásu po obvodu přítlačné podložky a následně k „podvlečení“ dolního pásu pod přítlačnou podložkou a hydroizolační souvrství se tak kompletně oddělilo od podkladu.

V jednom případě (těleso D1) došlo k rozlepení celého spoje a u zkušební tělesa D2 došlo k rozlepení spoje z cca 40% a pevnost byla tak vysoká, že při dosažení maximální síly docházelo k prokluzu zkušební zařízení v čelistech trhačského stroje.



Obr. 94: Održení horního pásu od podložky kotevního prvku v počáteční fázi zkoušky tělesa D



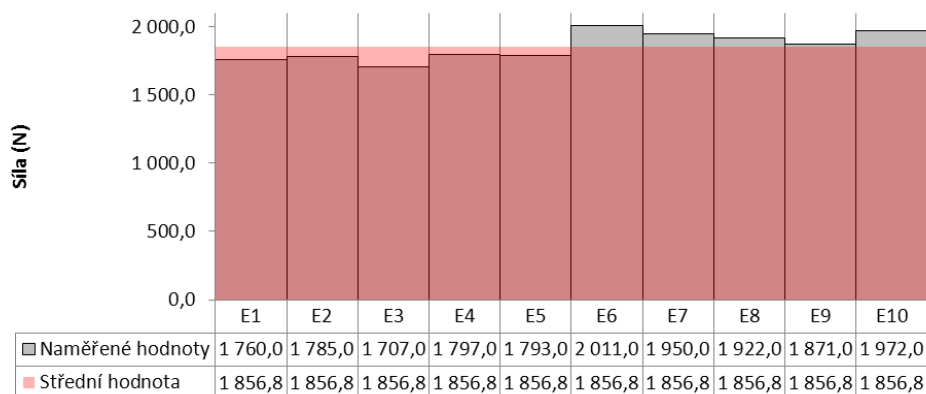
Obr. 95: Deformace přítlačné podložky a rozlepení větší části spoje

### 7.1.1.5 Zkušební vzorek E

E	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka pásu:	5,2 mm
	nosná vložka:	PES 230 g/m <sup>2</sup> , nevyztužená
	šířka přesahu:	100 mm
	největší tahová síla:	podélně: 950 (± 200) N/50mm, příčně: 850 (± 150) N/50mm
	tažnost:	podélně i příčně: 50 (± 10) %

Výsledky experimentálního měření zkušební vzorku E:

- střední hodnota:	<b>1 856,8 N</b>
- směrodatná odchylka:	97,4 N
- variační koeficient:	<b>5,2%</b>
- maximální naměřená hodnota:	2 011,0 N
- minimální naměřená hodnota:	1 707,0 N



Obr. 96: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku E

Výsledná hodnota je určena z 10ks zkušebních těles.

Průběh zkoušky byl u všech vzorků podobný – během namáhání došlo k rozlepování spoje pouze v okolí kotevního prvku (Obr. 94) v rozsahu do cca 30%, popř. k rozlepení spoje ani nedošlo. „Usmýknutí“ spoje bylo minimální, v rozsahu do 10 mm (Obr. 95).

Přítlačná podložka vlivem zatížení byla jen částečně deformována (ohnuta), u E6, E7 a E10 nebylo patrné poškození přítlačné podložky ani rozlepování spoje (Obr. 97).

Při natavování spoje asfaltová hmota vytekla na separační pás a v průběhu namáhání bylo patrné částečné spolupůsobení separačního pásu s hydroizolačním povlakem. Nicméně pevnost zkušebních těles hraničila s možnostmi trhacího stroje s maximálním vyvinutým tahem 2,0 kN, popř. docházelo k prokluzu zkušebního zařízení v čelistech trhacího stroje.



Obr. 97: Zkušební těleso E10 – při maximálním namáhání není patrné porušení spoje



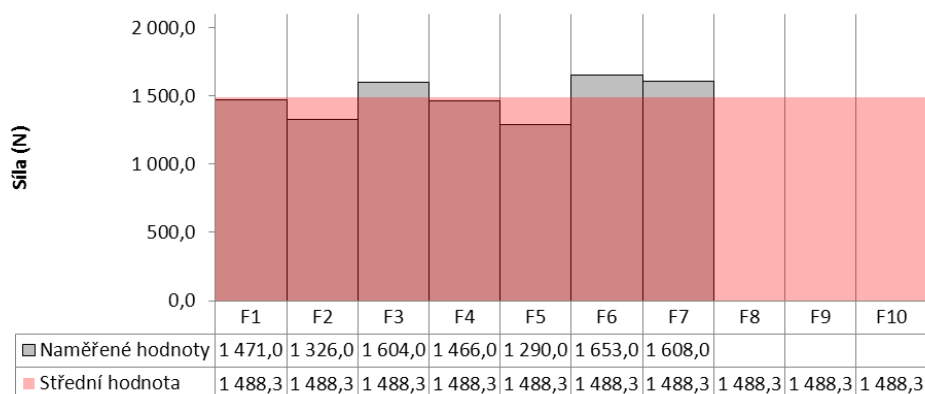
Obr. 98: Spolupůsobení separačního pásu s hydroizolačním povlakem

### 7.1.1.6 Zkušební vzorek F

F	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka pásu:	5,2 mm
	nosná vložka:	PES 180 g/m <sup>2</sup> , oboustranně vyztužená skleněným vláknem
	šířka přesahu:	100 mm
	největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm
	tažnost:	podélně i příčně: 45 (± 10) %

Výsledky experimentálního měření zkušebního vzorku F:

- střední hodnota:	<b>1 488,3 N</b>
- směrodatná odchylka:	131,6 N
- variační koeficient:	<b>8,8%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 653,0 N
- minimální naměřená hodnota:	1 290,0 N



Obr. 99: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku F

Výsledná hodnota je určena ze 7ks zkušebních těles. Tři měření byla neplatná z důvodu nekvalitně nataveného spoje při přípravě zkušebního tělesa.

Průběh deformace byl u všech vzorků podobný – během namáhání došlo k rozlepování spoje nejprve v okolí kotevního prvku. Nakonec zkoušky byly spoje obou pásů odděleny v rozsahu cca 50% výjimečně 80%.

Přítlačná podložka byla vlivem zatížení deformována (ohnuta), u většiny zkušebních těles došlo k roztržení dolního pásu o dřík kotevního šroubu a následně k „podvlečení“ dolního pásu pod přítlačnou podložkou a hydroizolační souvrství se tak kompletně oddělilo od podkladu.

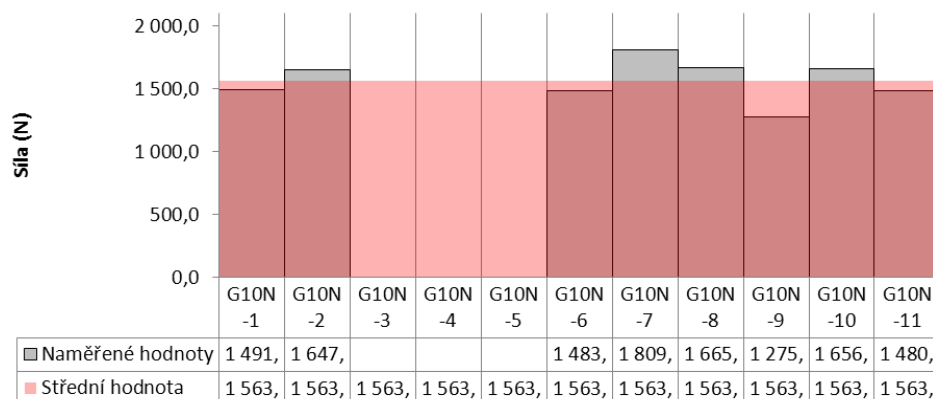
V jednom případě (těleso F2) došlo k rozlepení celého spoje.

### 7.1.1.7 Zkušební vzorek G (shodné označení s G10N)

G	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka pásu:	5,2 mm
	nosná vložka:	PES 180 g/m <sup>2</sup> , oboustranně vyztužená skleněným vláknem
	šířka přesahu:	120 mm
	největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm
	tažnost:	podélně i příčně: 45 (± 10) %

Výsledky experimentálního měření zkušebního vzorku G:

- střední hodnota:	<b>1 563,9 N</b>
- směrodatná odchylka:	153,2 N
- variační koeficient:	<b>9,8%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 809,2 N
- minimální naměřená hodnota:	1 275,6 N



Obr. 100: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G

Výsledná hodnota je určena ze 7ks zkušebních těles. Tři měření byla neplatná – jedno z důvodu vytržení kotevního prvku z podkladu (G10N-4) a zbývající dvě z důvodu prokluzu zkušebního zařízení z čelistí trhačího stroje.

Deformace jednotlivých vzorků se mírně lišily, nicméně průběh zkoušky byl podobný – během namáhání došlo k rozlepování spoje v okolí kotevního prvku a v rozsahu do cca 30% spoje (Obr. 101). Na zkušebních tělesech bylo znatelné „usmýknutí“ spoje v rozsahu do 10 – 20 mm.

Přítlačná podložka byla vlivem zatížení deformována (ohnuta), u většiny zkušebních těles došlo k roztržení dolního pásu podél obvodu přítlačné podložky a následně k „podvlečení“ dolního pásu pod přítlačnou podložkou. Hydroizolační souvrství se tak kompletně oddělilo od podkladu (Obr. 102).

V jednom případě (těleso G10N-7) došlo po dosažení maximální síly k vytržení souvrství vč. kotevního prvku z podkladu.



Obr. 101: Rozlepení spoje v okolí přítlačné podložky a počátek její deformace



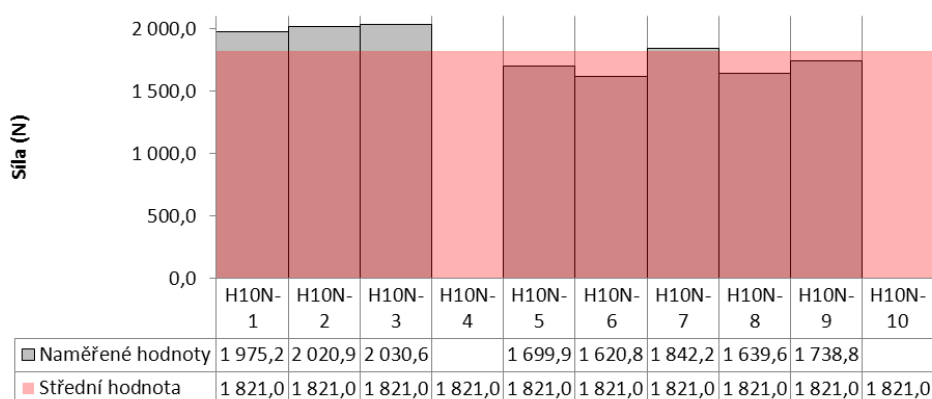
Obr. 102: Odtržení povlaku od podkladu a deformování podložky

### 7.1.1.8 Zkušební vzorek H (shodné označení s H10N)

H	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka pásu:	5,2 mm
	nosná vložka:	PES 230 g/m <sup>2</sup> , nevyztužená
	šířka přesahu:	100 mm
	největší tahová síla:	podélně: 950 (± 200) N/50mm, příčně: 850 (± 150) N/50mm
	tažnost:	podélně i příčně: 50 (± 10) %

Výsledky experimentálního měření zkušební vzorku H:

- střední hodnota:	<b>1 821,0 N</b>
- směrodatná odchylka:	159,1 N
- variační koeficient:	<b>8,7%</b>
- maximální naměřená hodnota:	2 030,6 N
- minimální naměřená hodnota:	1 620,8 N



Obr. 103: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H

Výsledná hodnota je určena z 8ks zkušebních těles. Jedno měření bylo neplatné (těleso H10N-10) z důvodu vytržení kotevního prvku z podkladu. Výsledek zkušební tělesa H10N-4 byl také neplatný z důvodu nekvalitně nataveného spoje při jeho přípravě.

Průběh zkoušky jednotlivých zkušebních těles byl před dosažením maximální síly různý – během namáhání došlo u některých těles k minimálnímu rozlepení spoje, u jiných těles byl spoj rozlepen v rozsahu cca 90%. „Usmýknutí“ spoje bylo minimální, v rozsahu do 10 mm.

Přítlačná podložka byla vlivem zatížení deformována (ohnuta). Asi u poloviny zkušebních těles došlo k roztržení dolního pásu podél obvodu přítlačné podložky kotevního prvku, následně k „podvlečení“ dolního pásu pod přítlačnou podložkou a oddělení hydroizolační souvrství od podkladu Obr. 104. U zbývajících těles k odtržení nedošlo – povlak byl spolu s kotevním prvkem vytržen z podkladu po dosažení maximální síly (Obr. 105). Pevnost některých zkušebních těles hraničila s možnostmi trhacího stroje s maximálním vyvinutým tahem 2,0 kN.





Obr. 104: Elastická deformace dolního pásu po přetrhnutí nosné vložky



Obr. 105: Vytržení kotevního prvku z podkladu

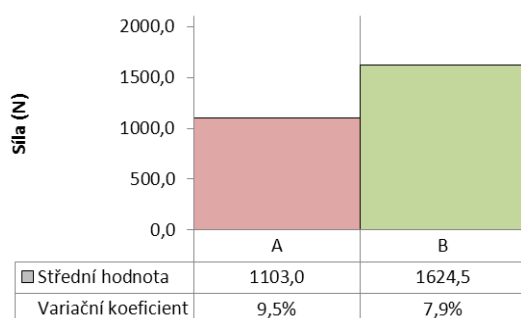
### 7.1.2 Vliv stupně modifikace

Pro posouzení vlivu stupně modifikace krycí asfaltové hmoty použité při výrobě asfaltového pásu byly vybrány výsledky zkušebních vzorků A, B a D, G. Pro porovnání byly vybrány zkušební vzorky, které se lišily pouze stupněm modifikace.

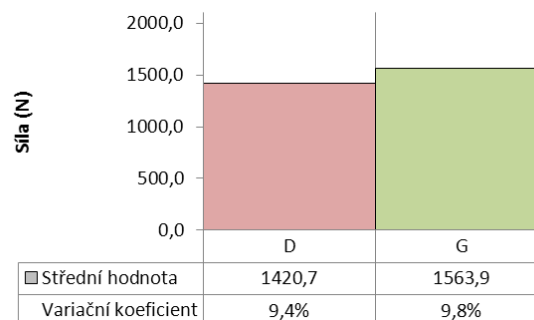
Tabulka 7: Porovnání vlivu stupně modifikace

zkušební vzorek:	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>G</b>
asfaltová hmota:	SBS modifikovaná			
ohebnost za nízkých teplot:	-20 °C	-25 °C	-20 °C	-25 °C
tloušťka pásu:	5,0 mm	5,2 mm	5,2 mm	5,2 mm
nosná vložka:	PES podélně vyztužený, 180 g/m <sup>2</sup>		PES oboustranně vyztužený, 180 g/m <sup>2</sup>	
šířka přesahu:	100 mm		120 mm	
největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm příčně: 700 (± 150) N/50mm		podélně: 900 (± 200) N/50mm příčně: 650 (± 150) N/50mm	
tažnost:	podélně i příčně: 50 (± 10) %		podélně i příčně: 45 (± 10) %	
střední hodnota:	<b>1 103,0 N</b>	<b>1 624,5 N</b>	<b>1 420,7 N</b>	<b>1 563,9 N</b>
směrodatná odch.:	104,8 N	127,6 N	134,0 N	153,2 N
variační koeficient:	9,5%	7,9%	9,4%	9,8%

Výsledky měření potvrdily předpoklad, že **asfaltové pásy s menším obsahem modifikátoru v asfaltové hmotě dosahují nižších pevností mechanicky kotveného spoje**. Zkušební vzorek A (SBS modifikovaný asfalt -20°C) dosahoval o cca 32% nižší hodnoty ve srovnání se vzorkem B (SBS modifikovaný asfalt -25°C). Vzorek D (SBS modifikovaný asfalt -20°C) dosahoval o cca 15% nižší hodnoty ve srovnání se vzorkem B (SBS modifikovaný asfalt -25°C).



Obr. 106: Porovnání vzorku A, B (spoj 100 mm)



Obr. 107: Porovnání vzorku D, G (spoj 120 mm)

Lze předpokládat, že výrazný rozdíl mezi vzorky A, B je pravděpodobně důsledkem menší délky spoje (100 mm) – namáhání je ve spoji přenášeno menší plochou a o to více je porušení spoje závislé na kvalitě asfaltové hmoty.

U zkušebních vzorků ze slaběji modifikovaných asfaltových pásů (vzorek A, D) docházelo během namáhání k rozlepování spoje ve větším rozsahu s porovnání s pásy s vyšším obsahem modifikátoru (vzorek B, G). U vzorku A (délka spoje 100 mm) docházelo k minimálnímu usmýknutí pásů ve spoji – na rozdíl od vzorků silněji modifikovaných (B) nebo s větší délkou spoje (D a G).

### 7.1.3 Vliv typu nosné vložky

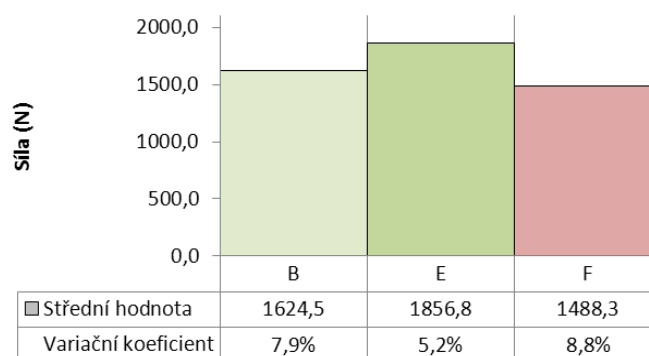
Pro posouzení vlivu typu nosné vložky asfaltového pásu byly vybrány výsledky zkušebních vzorků B, E a F.

Na základě výsledků experimentálního měření lze předpokládat, že **pevnost mechanicky kotveného spoje roste s gramáží PES rohože použité v nosné vložce asfaltového pásu**. Nejvyšších hodnot pevností dosahoval zkušební vzorek E (nevyztužená PES rohože, 230 g/m<sup>2</sup>), výsledky zkušebního vzorku B (PES rohože podélně vyztužené skleněným vláknem, 180 g/m<sup>2</sup>) byly o cca 13% nižší. Nejnižší pevnosti ukázal vzorek F (PES rohože oboustranně vyztužená skleněným vláknem, 180 g/m<sup>2</sup>), zde byly hodnoty o cca 20% nižší ve srovnání se zkušebním vzorkem E.



Tabulka 8: Porovnání vlivu nosné vložky

zkušební vzorek:	<b>B</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
asfaltová hmota:	SBS modifikovaná		
ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C		
tloušťka pásu:	5,2 mm		
nosná vložka:	PES podélně vyztužený, 180 g/m <sup>2</sup>	PES 230 g/m <sup>2</sup> , nevyztužená	PES oboustranně vyztužený, 180 g/m <sup>2</sup>
šířka přesahu:	100 mm		
největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 700 (± 150) N/50mm	podélně: 950 (± 200) N/50mm, příčně: 850 (± 150) N/50mm	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm
tažnost:	podélně i příčně: 50 (± 10) %	podélně i příčně: 50 (± 10) %	podélně i příčně: 45 (± 10) %
střední hodnota:	<b>1 624,5 N</b>	<b>1 856,8 N</b>	<b>1 488,3 N</b>
směrodatná odch.:	127,6 N	97,4 N	131,6 N
variační koeficient:	7,9%	5,2%	8,8%



Obr. 108: Porovnání vzorku B, E a F

U vzorků s nižší gramáží (B a F) docházelo k rozlepování spoje a zkouška byla u většiny zkušebních těles ukončena roztržením nosné vložky o podložku kotevního prvku a oddělením hydroizolačního souvrství od podkladu. Pevnost zkušebního vzorku E přesahovala možnosti zkušebního zařízení (max. tah 2 000 N), soudržnost spoje zkušebního vzorku E byla natolik velká, že u některých vzorků nedocházelo vůbec k rozlepení spoje.

Vyšší gramáž PES rohože zvyšuje odolnost asfaltového pásu proti jeho mechanickému poškození (roztržení o dřík nebo přitlačnou podložku kotevního prvku)

během namáhání. U spřažených nosných vložek je výrobcí uváděna celková gramáž, tedy PES rohož vč. výztužných skleněných vláken. V případě oboustranně vyztužené PES rohože je pak podíl skleněných vláken na celkové gramáži nosné vložky vyšší a tudíž gramáž vlastní PES rohože je nižší. To může být vysvětlení, proč asfaltový pás s podélně vyztuženou PES rohoží (vzorek B) dosahoval vyšších pevností než pás s PES rohoží vyztuženou v obou směrech (vzorek F).

Během namáhání asfaltových pásů vyztužených spřaženou nosnou vložkou nebylo při jeho přetržení znatelné postupné praskání jednotlivých skleněných vláken vyztužujících nosnou vložku. V případě spřažených nosných vložek parametry závisí na konkrétním typu – gramáž, rozmístění a spojení výztužných skleněných vláken se PES rohoží ovlivňují výsledné pevnosti a průtažnosti nosné vložky.

Výsledky tohoto porovnání je však nutné chápat v širším kontextu – na základě výše popsaného nelze preferovat použití asfaltových pásů s vložkami z nevyztužených PES rohoží vyšších gramáží. Použití spřažených nosných vložek v jednovrstvých mechanicky kotvených systémech přináší svoje nenahraditelné výhody – podrobněji viz kapitola 2.4.4 Výztužná vložka.

#### **7.1.4 Vliv délky spoje**

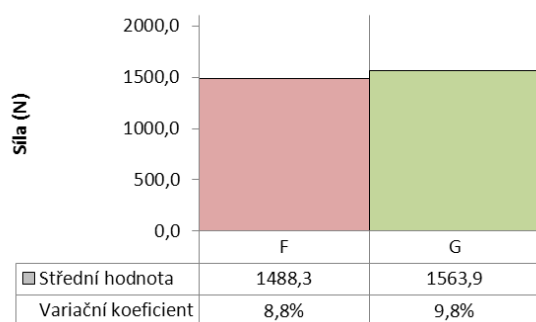
Pro posouzení vlivu délky spoje byly vybrány zkušební vzorky F, G a A, D.

Porovnáme-li výsledky měření vzorků F a G (Obr. 109), je patrný pouze malý rozdíl v dosažených pevnostech mechanicky kotvených spojů. Vzorek F s délkou spoje 100 mm vykazoval jen o 5% nižší hodnoty ve srovnání se vzorkem G (spoj 120 mm).

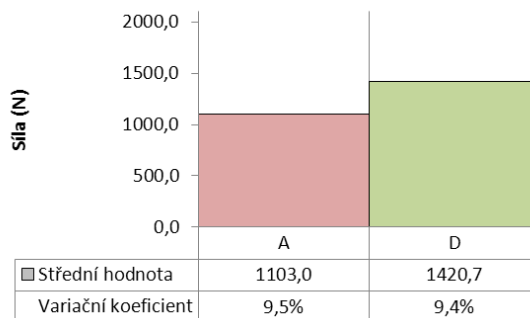
U asfaltových pásů s nižším stupněm modifikace (ohebnost za nízkých teplot -20°C) by tento rozdíl byl pravděpodobně již větší - Obr. 110. Toto porovnání není zcela směrodatné, protože parametry vzorků A a D se vzájemně lišily typem nosné vložky a celkovou tloušťkou pásu. Nicméně pevnost zkušebního vzorku A (spoj 100 mm) byla o cca 22% nižší než zkušebního vzorku D (spoj 120 mm).

Tabulka 9: Porovnání vlivu délky spoje

zkušební vzorek:	F	G	A	D
asfaltová hmota:	SBS modifikovaná			
ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C		-20 °C	
tloušťka pásu:	5,2 mm		5,0 mm	5,2 mm
nosná vložka:	PES oboustranně vyztužený, 180 g/m <sup>2</sup>		PES podélně vyztužený, 180 g/m <sup>2</sup>	PES oboustranně vyztužený, 180 g/m <sup>2</sup>
šířka přesahu:	100 mm	120 mm	100 mm	120 mm
největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm		podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 700 (± 150) N/50mm	
tažnost:	podélně i příčně: 45 (± 10) %		podélně i příčně: 50 (± 10) %	podélně i příčně: 45 (± 10) %
střední hodnota:	<b>1 488,3 N</b>	<b>1 563,9 N</b>	<b>1 103,0 N</b>	<b>1 420,7 N</b>
směrodatná odch.:	131,6 N	153,2 N	104,8 N	134,0 N
variační koeficient:	8,8%	9,8%	9,5%	9,4%



Obr. 109: Porovnání vzorku F a G (SBS modifikovaný asfalt, -25°C)



Obr. 110: Porovnání vzorku A a D (SBS modifikovaný asfalt, -20°C)

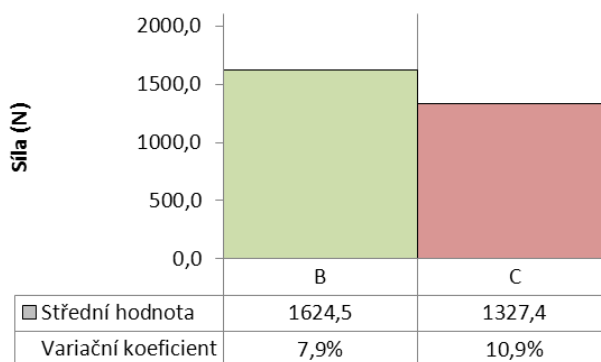
Na základě výsledků experimentů lze předpokládat, že u asfaltových pásů s vyšším stupněm modifikace nemá délka zásadní vliv na výslednou pevnost mechanicky kotveného spoje. U pásů s nižším stupněm modifikace je předpoklad, že výsledná pevnost závisí na délce spoje mnohem více.

### 7.1.5 Vliv tloušťky pásu

Pro posouzení vlivu tloušťky asfaltového pásu byly vybrány výsledky zkušebních vzorků B a C.

Tabulka 10: Porovnání vlivu tloušťky pásu

zkušební vzorek:	<b>B</b>	<b>C</b>
asfaltová hmota:	SBS modifikovaná	
ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C	
tloušťka pásu:	5,2 mm	4,2 mm
nosná vložka:	PES podélně vyztužený, 180 g/m <sup>2</sup>	PES podélně vyztužený, 160 g/m <sup>2</sup>
šířka přesahu:	100 mm	
největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 700 (± 150) N/50mm	podélně: 750 (± 150) N/50mm, příčně: 550 (± 150) N/50mm
tažnost:	podélně i příčně: 50 (± 10) %	podélně i příčně: 45 (± 10) %
střední hodnota:	<b>1 624,5 N</b>	<b>1 327,4 N</b>
směrodatná odch.:	127,6 N	144,5 N
variační koeficient:	7,9%	10,9%



Obr. 111: Porovnání vzorku B a C

Při porovnání naměřených hodnot je výsledná pevnost vzorku B (tl. 5,2 m) o cca 19% větší než u vzorku C (tl. 4,2 mm). Zkušební vzorek B je ale vyztužen vložkou vyšší gramáže, což výsledek ovlivňuje (viz kapitola 7.1.3 Vliv typu nosné vložky).

Výslednou tloušťku asfaltového pásu může ovlivnit i gramáž nosné vložky - nosné vložky vyšších gramáží mají zároveň i větší tloušťku. Při výrobě asfaltových pásů určité tloušťky jsou krycí asfaltové vrstvy menší než při použití nosných vložek nižších gramáží (a menších tlouštěk).

**Z výsledků experimentů nelze prokazatelně stanovit, do jaké míry tloušťka pásu ovlivňuje jeho výslednou pevnost.** Tloušťka asfaltového pásu souvisí také s gramáží nosné vložky, a ta výslednou pevnost zásadně ovlivňuje. Nicméně použití jednovrstvého asfaltového pásu tloušťky menší než 5 mm je z hlediska hydroizolační bezpečnosti rizikovým řešením, které je navíc i v rozporu s normovými požadavky ČSN P 73 0606 Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace – Základní ustanovení [21]. Z tohoto důvodu nebyl ani výzkum podrobněji na tuto problematiku zaměřen.

### 7.1.6 Dílčí závěr – porovnání parametrů asfaltových pásů

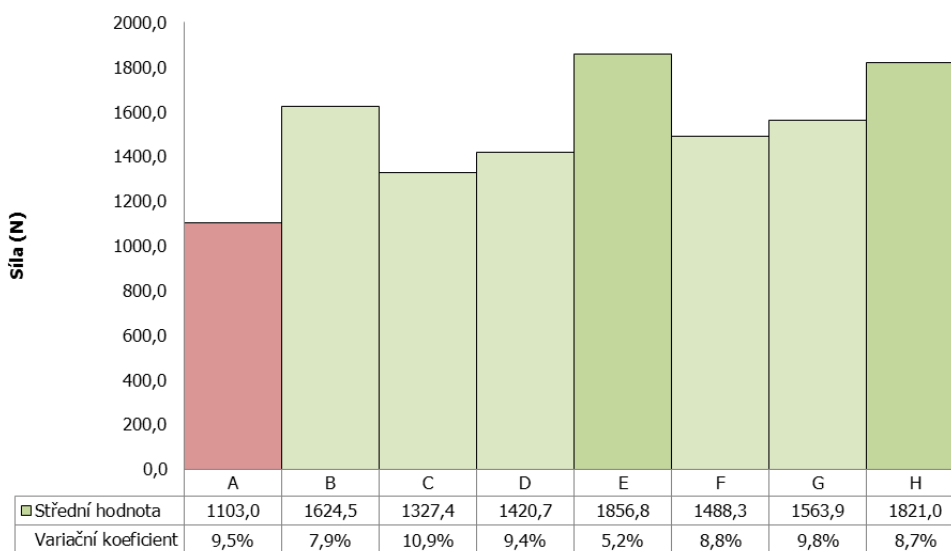
Na základě výsledků experimentálního měření a při vzájemném porovnání různých asfaltových pásů z hlediska jedné vybrané materiálové charakteristiky lze předpokládat následující skutečnosti:

- **Asfaltové pásy s větším obsahem modifikátoru v asfaltové hmotě dosahují vyšších pevností mechanicky kotveného spoje.** S vlivem stupněm modifikace samozřejmě úzce souvisí i délka spoje – pásy s délkou spoje 100 mm a vyšším obsahem modifikátoru mohou dosahovat vyšších pevností ve srovnání se slabě modifikovanými pásy a délkou spoje 120 mm.
- **Pevnost spoje mechanicky kotveného asfaltového pásu roste s gramáží PES rohože použité v nosné vložce asfaltového pásu.** U spřažených nosných vložek je celková gramáž snížena o hmotnost skleněných výztužných vláken, což se může snížit výsledné pevnosti ve srovnání s vložkou nevyztuženou. Použití spřažených nosných vložek v jednovrstvých mechanicky kotvených systémech ovšem přináší svoje nenahraditelné výhody.
- **U asfaltových pásů s vyšším stupněm modifikace má délka spoje nevýrazný vliv na výslednou pevnost mechanicky kotveného spoje.** U pásů s nižším stupněm modifikace je předpoklad, že výsledná pevnost závisí na délce spoje mnohem více.
- **Z výsledků nelze prokazatelně stanovit, do jaké míry tloušťka pásu ovlivňuje jeho výslednou pevnost.** Tloušťka asfaltového pásu souvisí nejen s tloušťkou krycích asfaltových vrstev pásu, ale také s gramáží nosné vložky, a ta výslednou pevnost zásadně ovlivňuje.

V grafu na Obr. 112 jsou porovnány všechny zkušební vzorky A – H, které byly v této části popsány. Nejvyšší pevností dosahovaly zkušební vzorky E a H, oba

SBS modifikované asfaltové pásy (-25°C), tl. 5,2 mm s nosnou vložkou z nevyztužené PES rohože 230 g/m<sup>2</sup> a délkou spoje 100 mm.

Nejnižších hodnot dosahoval vzorek A z SBS modifikovaného pásu (-20°C), tloušťky 5,0 mm, nosnou vložkou z podélně vyztužené PES rohože 180 g/m<sup>2</sup> a délkou spoje 100 mm.



Obr. 112: Celkové porovnání zkušebních vzorků asfaltových pásů

Uvedené výsledky experimentálního měření slouží pouze pro porovnání pásů, nikoliv jako návrhové hodnoty – zkušební tělesa nebyla vystavena dynamickému namáhání a tak způsob jejich porušení a dosažené pevnosti neodpovídají reálnému chování hydroizolační vrstvy na střeše. Nicméně výsledky experimentálního měření pomocí metodiky SFS intec s dynamicky namáhanými zkušebními tělesy ukazují podobný závěr. V kapitole 7.6 Porovnání experimentálního měření se zkouškou simulující reálné namáhání jsou popsány výsledky experimentálního měření dvou zkušebních vzorků z SBS modifikovaného asfaltového pásu (-25°C) s tloušťkou 5,2 mm.

První zkušební vzorek (SZ1) měl nosnou vložku z oboustranně vyztužené PES rohože (celková gramáž 180 g/m<sup>2</sup>) a délku spoje 120 mm – obdoba vzorku G.

Druhý zkušební vzorek SZ2 měl s nosnou vložkou z nevyztužené PES rohože 230 g/m<sup>2</sup> a délku spoje 100 mm – obdoba vzorku E nebo H.

Na základě zkušebních protokolů společnosti SFS intec byla pro vzorek SZ1 naměřena hodnota zatížení na upevňovací prvek před selháním systému 1 025,0 N [74] a v případě zkušebního vzorku SZ2 to bylo 1 148,0 N [75], tedy o cca 12% vyšší. Vyšších pevností bylo dosaženo u pásu s nosnou vložkou z nevyztužené PES rohože vyšší gramáže, i když šířka přesahu byla 100 mm.

Při experimentálním měření provedeném v rámci této práce je pevnost zkušebních vzorků z asfaltového pásu s nevyztuženou nosnou vložkou vyšší gramáže (vzorky E

nebo H) o cca 17% vyšší ve srovnání se zkušebním vzorkem z asfaltového pásu s vyztuženou vložkou 180 g/m<sup>2</sup> (vzorek G, Obr. 112).

**Výsledky obou zkušebních postupů jsou ve vzájemném souladu.**

## **7.2 Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba S1 (bez tepelně izolační vrstvy)**

Druhá část výzkumu byla zaměřena na porovnání vlivu umístění kotevního prvku ve spoji na jeho výslednou pevnost a spolehlivost. Zejména nedodržení předepsané vzdálenosti od okraje kotveného asfaltového pásu.

V první fázi bylo toto měření provedeno se zkušebními tělesy ve variantě skladby S1 – obdoba nezateplené střechy s hydroizolačním povlakem mechanicky zakotveným na podklad z OSB desky tl. 22 mm. Jako kotevní prvek byl použit šroub do dřevěného podkladu s kovou oválnou podložkou na tvrdý podklad – specifikace viz 6.5.2 Varianty zkušebních těles.

Pro každý zkušební vzorek byla vyrobeno 10 ks zkušebních těles. Rozměry zkušebních těles se lišily v závislosti na délce spoje (X) a umístění kotevního prvku – viz Tabulka 11.

Okraj přítláčné podložky kotevního prvku byl umístěn ve vzdálenosti 0 mm, 10 mm, 20 mm a 30 mm od okraje dolního asfaltového pásu. Podélná osa oválné přítláčné podložky byla rovnoběžná s okrajem dolního pásu.

Varianty různého umístění kotevního prvky byly experimentálně měřeny na dvou zkušebních vzorcích asfaltových pásů G a H. V obou případech se jedná o SBS modifikované pásy (-25 °C) tloušťky 5,2 mm. Vzorek G má nosnou vložku z vyztužené PES rohože 180 g/m<sup>2</sup> a délkou spoje 120 mm. Vzorek H má nosnou vložku z nevyztužené PES rohože 230 g/m<sup>2</sup> a délku spoje 100 mm (podrobnější specifikace viz Tabulka 5).

Tabulka 11: Specifikace rozměrů zkušebních těles, varianta S1

Zkušební vzorek G (délka spoje 120 mm)	X (mm)	Zkušební vzorek H (délka spoje 100 mm)
	0 mm	
	10 mm	
	20 mm	
	30 mm	



## 7.2.1 Dílčí výsledky experimentálního měření – vzorek G

G	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka pásu:	5,2 mm
	nosná vložka:	PES 180 g/m <sup>2</sup> , oboustranně vyztužená skleněným vláknem
	šířka přesahu:	120 mm
	největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm příčně: 650 (± 150) N/50mm
	tažnost:	podélně i příčně: 45 (± 10) %

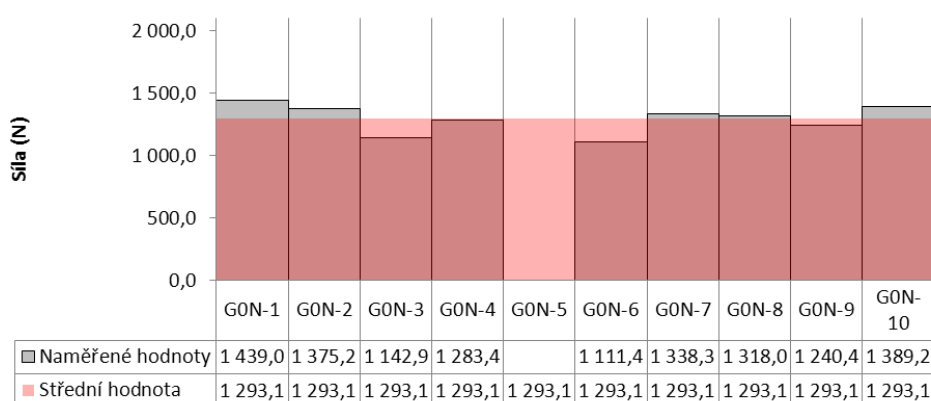
Pro rozlišení jednotlivých zkušebních těles bylo zavedeno následující označení zkušebního vzorku G ve variantě skladby S1 (N = nezateplená skladba S1, XX = pořadové číslo jednotlivých zkušebních těles):

- G0N-XX – kotevní prvek 0 mm od okraje
- G10N-XX – kotevní prvek 10 mm od okraje
- G20N-XX – kotevní prvek 20 mm od okraje
- G30N-XX – kotevní prvek 30 mm od okraje

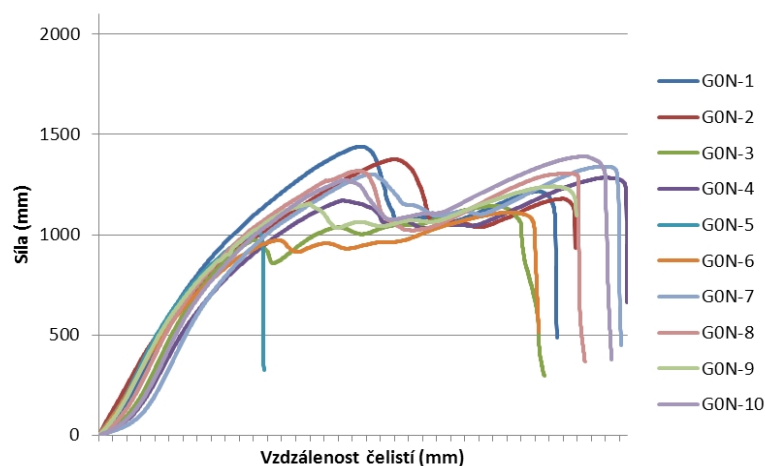
### 7.2.1.1 Zkušební vzorek G0N

Výsledky experimentálního měření zkušebního vzorku G0N:

- střední hodnota:	<b>1 293,1 N</b>
- směrodatná odchylka:	104,5 N
- variační koeficient:	<b>8,1%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 439,0 N
- minimální naměřená hodnota:	1 111,4 N



Obr. 113: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G0N



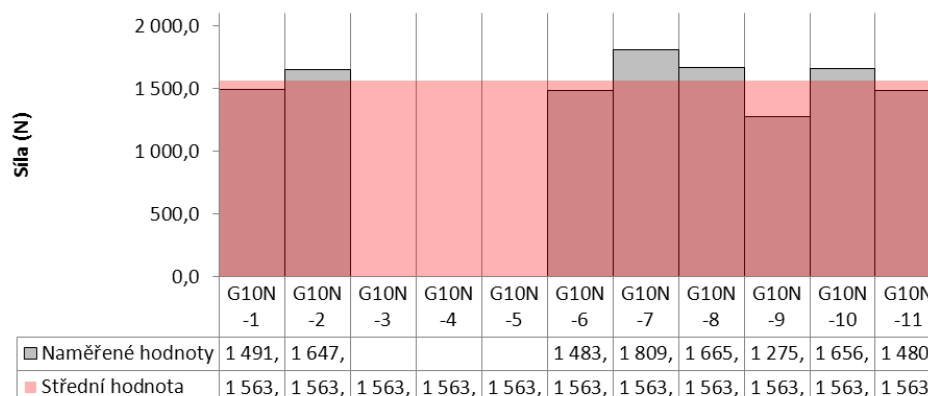
Obr. 114: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G0N

Průběh zkoušky byl u všech zkušebních těles velmi podobný – vlivem zatížení došlo k odlepení horního pásu od podložky a jejího okolí (pokles síly po dosažení prvního maxima – viz graf na Obr. 113). Vzrůstající zatížení vyvolalo deformaci podložky (nárůst síly v grafu) a tím zároveň pokles přítláčné síly na dolní pás. Následně došlo k roztržení dolního pásu o dřík kotevního prvku a k podvlečení hydroizolačního povlaku pod přítláčnou podložkou.

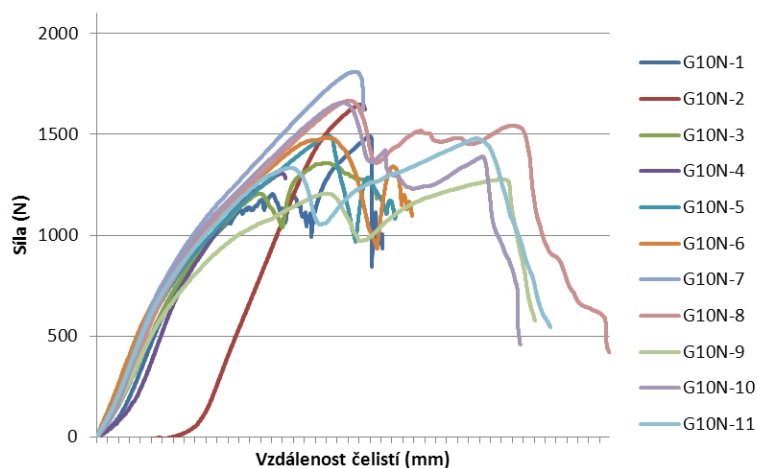
### 7.2.1.2 Zkušební vzorek G10N

Výsledky experimentálního měření zkušebního vzorku G10N:

- střední hodnota:	<b>1 563,9 N</b>
- směrodatná odchylka:	153,2 N
- variační koeficient:	<b>9,8%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 809,2 N
- minimální naměřená hodnota:	1 275,6 N



Obr. 115: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G10N



Obr. 116: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G10N

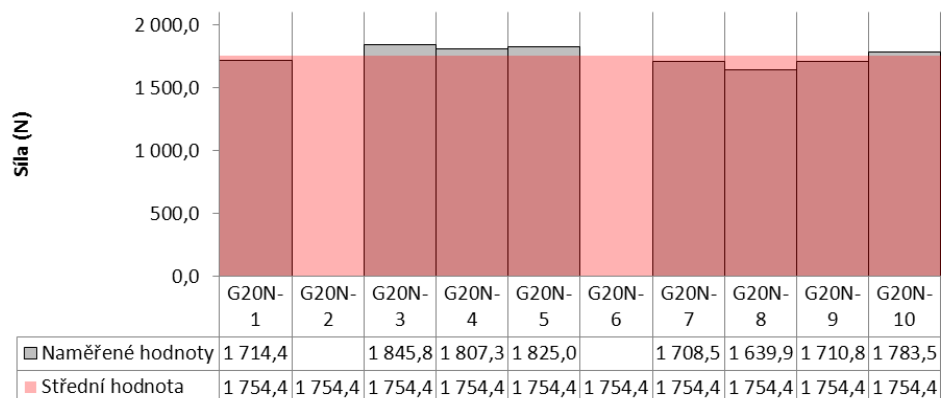
Deformace jednotlivých vzorků se mírně lišily, nicméně průběh zkoušky byl podobný – během namáhání došlo k rozlepování spoje v okolí kotevního prvku a v rozsahu do cca 30% spoje. Na zkušebních tělesech bylo znatelné „usmýknutí“ spoje v rozsahu do 10 – 20 mm.

Přítlačná podložka byla vlivem zatížení deformována (ohnuta), u většiny zkušebních těles došlo k roztržení dolního pásu podél obvodu přítlačné podložky a následně k „podvlečení“ dolního pásu pod přítlačnou podložkou. Hydroizolační souvrství se tak kompletně oddělilo od podkladu.

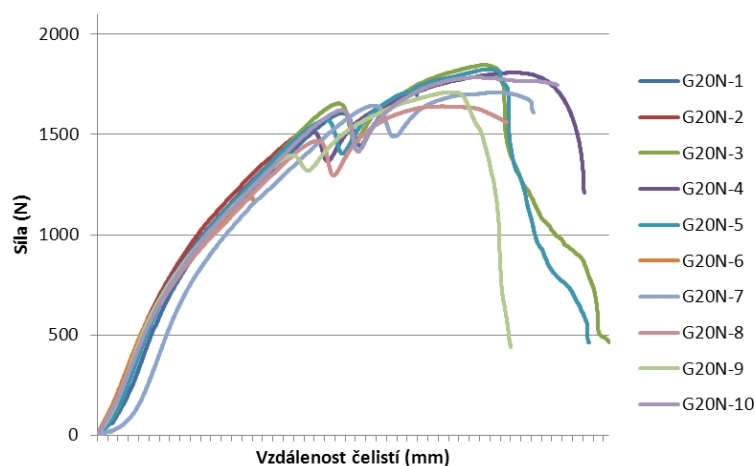
### 7.2.1.3 Zkušební vzorek G20N

Výsledky experimentálního měření zkušebního vzorku G20N:

- střední hodnota:	<b>1 754,4 N</b>
- směrodatná odchylka:	66,8 N
- variační koeficient:	<b>3,8%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 845,8 N
- minimální naměřená hodnota:	1 639,9 N



Obr. 117: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G20N



Obr. 118: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G20N

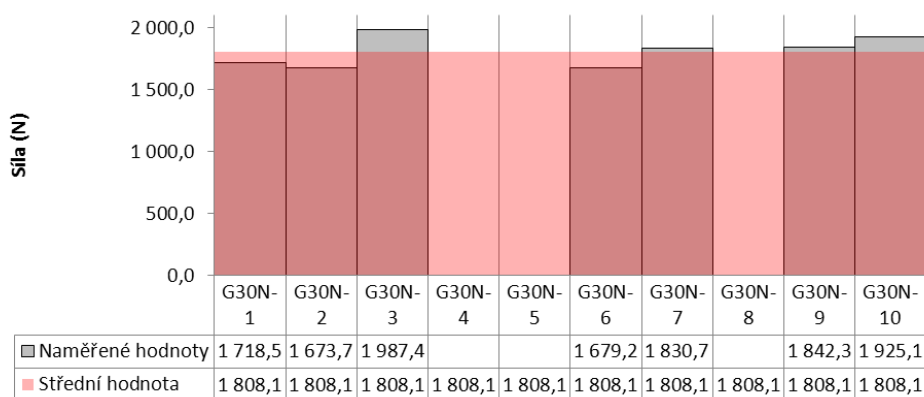
Průběh experimentů jednotlivých zkušebních těles byl velmi podobný - první vrchol v grafu na Obr. 118 značí moment, než se spoj začal rozlepovat v místě přitlačné podložky kotvy. Následuje nárůst síly do maxima, během kterého docházelo k deformaci přitlačné podložky.

K rozlepování spoje docházelo pouze minimálně, a to jen v okolí přitlačné podložky. Po odtržení horního pásu od podložky se přetrhla nosná vložka dolního pásu po obvodu podložky a tím došlo k oddělení celého souvrství od podkladu, popř. souvrství drželo jen na asfaltové hmotě. Ve spoji docházelo k celkovému usmýknutí o cca 10-20 mm.

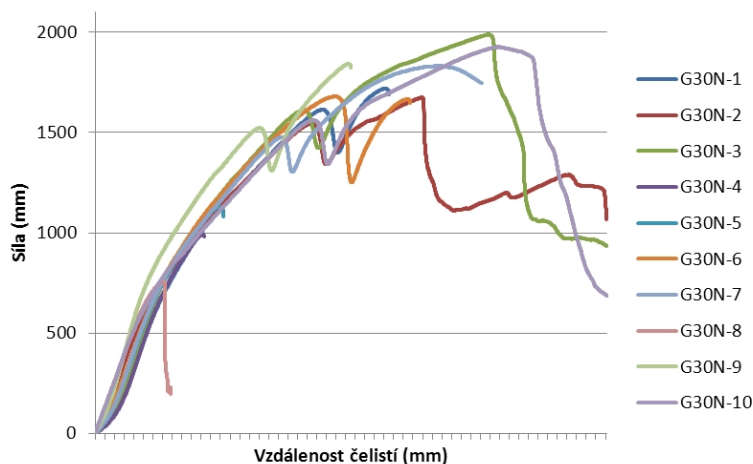
### 7.2.1.4 Zkušební vzorek G30N

Výsledky experimentálního měření zkušebního vzorku G30N:

- střední hodnota:	<b>1 808,1 N</b>
- směrodatná odchylka:	113,5 N
- variační koeficient:	<b>6,3%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 987,4 N
- minimální naměřená hodnota:	1 673,7 N



Obr. 119: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G30N



Obr. 120 Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G30N

Průběh zkoušky jednotlivých zkušebních těles byl obdobný jako u zkušebního vzorku G20N - první vrchol v grafu na Obr. 120 značí moment, než se začal spoj rozlepovat v místě přítláčné podložky kotvy. Následuje nárůst síly do maxima, během kterého docházelo k deformaci přítláčné podložky

K rozlepování spoje docházelo pouze minimálně, a to jen v okolí přítláčné podložky. Po odtržení horního pásu od podložky se přetrhla nosná vložka dolního pásu po obvodu podložky a tím došlo k oddělení celého souvrství od podkladu, popř. souvrství drželo jen na asfaltové hmotě. Ve spoji docházelo k celkovému usmýknutí o cca 10-20 mm.

### 7.2.1.5 Celkové porovnání jednotlivých variant vzorku G

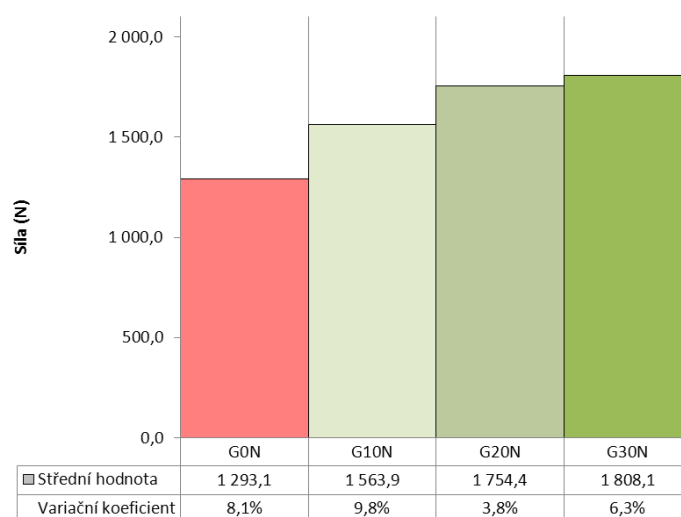
Z provedeného experimentálního měření jsou jasně patrné rozdíly mezi jednotlivými variantami umístění kotevního prvku ve spoji – viz Tabulka 12 a Obr. 121. Zásadní rozdíl cca 270 N je mezi variantou G0N (kotevní prvek 0 mm od okraje kotveného pásu) a G10N (kotevní prvek předepsaných 10 mm od okraje kotveného pásu).

Při zvýšení vzdálenosti kotevního prvku pevnost kotveného spoje narůstala – při zvýšení vzdálenosti kotevního prvku od okraje na 20 mm je rozdíl mezi variantou G0N a G20N již 460 N.

Během namáhání asfaltových pásů se spřaženou nosnou vložkou nebylo z průběhů grafů deformací znatelné postupné praskání jednotlivých skleněných vláken vyztužujících nosnou vložku. Pokles síly při porušení nemusí být natolik výrazný jako při deformaci kotevního prvku nebo rozlepení spoje dolního a horního pásu.

Tabulka 12: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku G, skladba S1

zkušební vzorek:	<b>G0N</b>	<b>G10N</b>	<b>G20N</b>	<b>G30N</b>
kotevní prvek od okraje pásu:	0 mm	10 mm	20 mm	30 mm
asfaltová hmota:	SBS modifikovaná			
ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C			
tloušťka pásu:	5,2 mm			
nosná vložka:	PES oboustranně vyztužený, 180 g/m <sup>2</sup>			
šířka přesahu:	120 mm			
největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm			
tažnost:	podélně i příčně: 45 (± 10) %			
střední hodnota:	<b>1 293,1 N</b>	<b>1 563,9 N</b>	<b>1 754,4 N</b>	<b>1 808,1 N</b>
směrodatná odch.:	104,5 N	153,2 N	66,8 N	113,5 N
variační koeficient:	8,1%	9,8%	3,8%	6,3%



Obr. 121: Celkové porovnání výsledků zkušební vzorku G, skladba S1

## 7.2.2 Dílčí výsledky měření – vzorek H

H	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka pásu:	5,2 mm
	nosná vložka:	PES 230 g/m <sup>2</sup> , nevyztužená
	šířka přesahu:	100 mm
	největší tahová síla:	podélně: 950 (± 200) N/50mm, příčně: 850 (± 150) N/50mm
	tažnost:	podélně i příčně: 50 (± 10) %

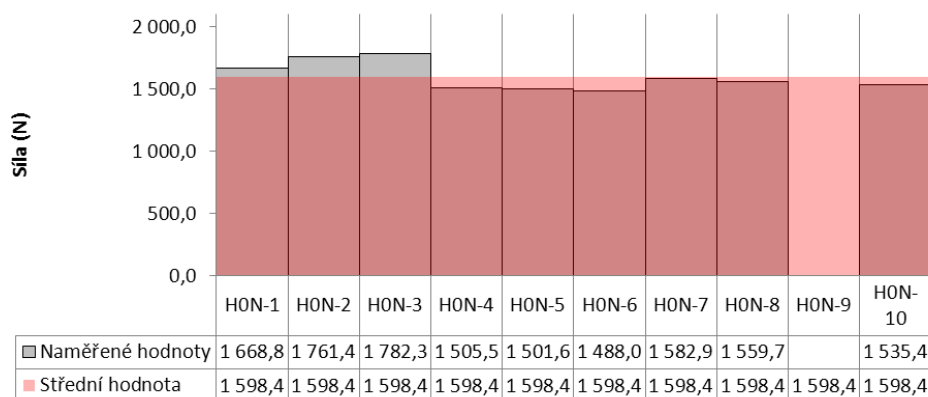
Pro rozlišení jednotlivých zkušebních těles bylo zavedeno následující označení zkušebního vzorku H ve variantě skladby S1 (N = nezateplená skladba S1, XX = pořadové číslo jednotlivých zkušebních těles):

- H0N-XX – kotevní prvek 0 mm od okraje
- H10N-XX – kotevní prvek 10 mm od okraje
- H20N-XX – kotevní prvek 20 mm od okraje
- H30N-XX – kotevní prvek 30 mm od okraje

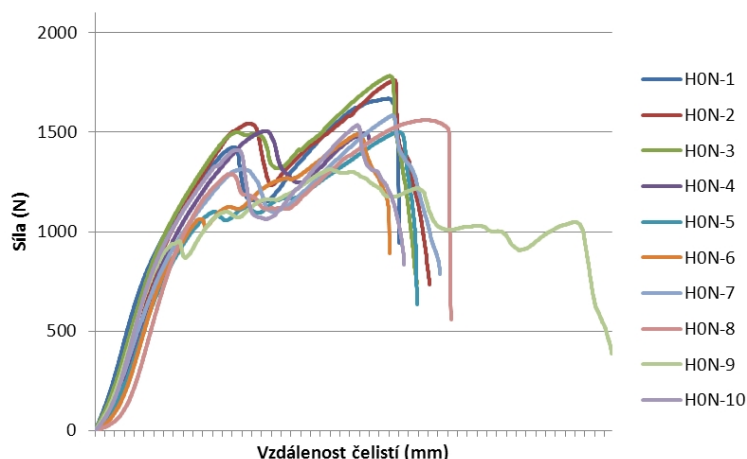
### 7.2.2.1 Zkušební vzorek H0N

Výsledky experimentálního měření zkušebního vzorku H0N:

- střední hodnota:	<b>1 598,4 N</b>
- směrodatná odchylka:	106,1 N
- variační koeficient:	<b>6,6%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 782,3 N
- minimální naměřená hodnota:	1 488,0 N



Obr. 122: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H0N



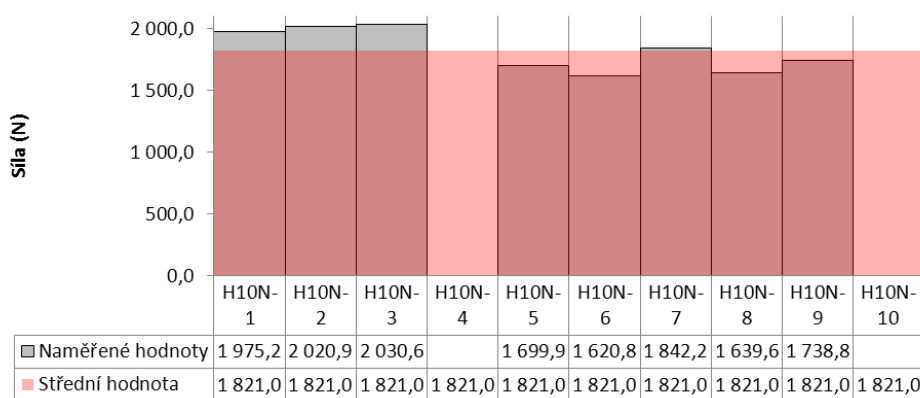
Obr. 123: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku HON

Průběh experimentálního měření byl u všech zkušebních těles velmi podobný – vlivem zatížení došlo k odlepení horního pásu od podložky a jejího okolí (pokles síly po dosažení prvního maxima – viz graf na Obr. 123). Vyrůstající zatížení vyvolalo deformaci podložky (nárůst síly v grafu) a tím zároveň poklesu přitlačné síly na dolní pás. Poté došlo k roztržení dolního pásu o dřík kotevního prvku, popř. po obvodu přitlačné podložky a k podvlečení hydroizolačního povlaku pod přitlačnou podložkou. „Usmýknutí“ spoje bylo minimální, v rozsahu do 10 mm.

### 7.2.2.2 Zkušební vzorek H10N

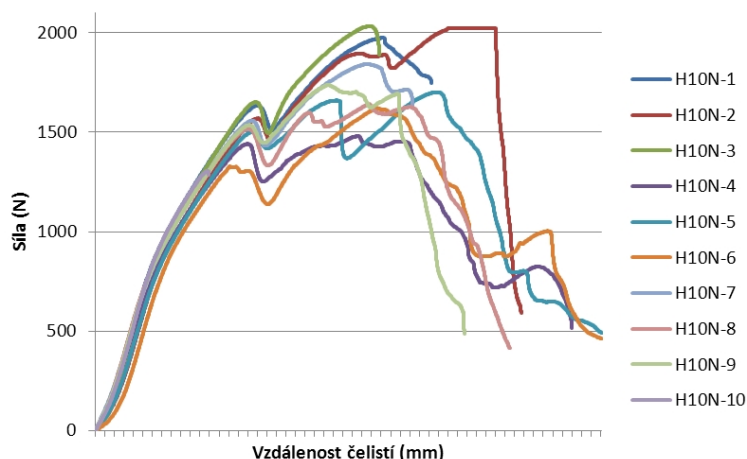
Výsledky experimentálního měření zkušebního vzorku H10N:

- střední hodnota: **1 821,0 N**
- směrodatná odchylka: 159,1 N
- variační koeficient: **8,7%**
- maximální naměřená hodnota: 2 030,6 N
- minimální naměřená hodnota: 1 620,8 N



Obr. 124: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H10N





Obr. 125: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H10N

Průběh experimentálního měření jednotlivých zkušebních těles byl před dosažením maximální síly různý – během namáhání došlo u některých těles k minimálnímu rozlepování spoje, u jiných těles byl spoj rozlepen v rozsahu cca 90%. „Usmýknutí“ spoje bylo minimální, v rozsahu do 10 mm.

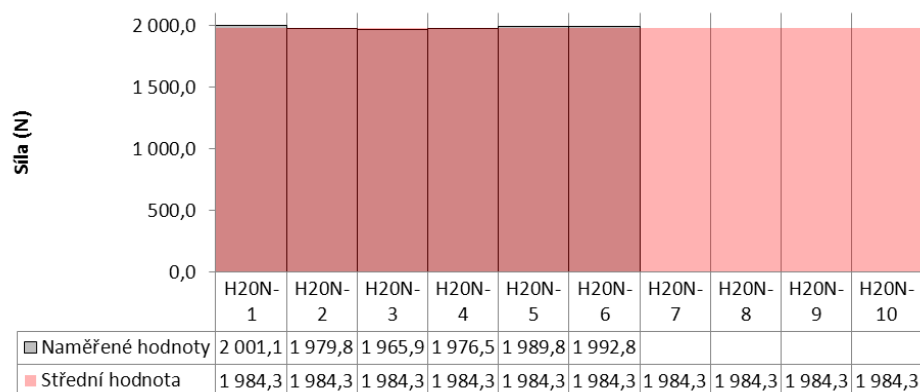
Přítlačná podložka byla vlivem zatížení deformována. Asi u poloviny zkušebních těles došlo k roztržení dolního pásu podél obvodu přítlačné podložky, následně k „podvlečení“ dolního pásu pod přítlačnou podložkou a oddělení hydroizolační souvrství od podkladu. U zbývajících těles k odtržení nedošlo – povlak byl spolu s kotevním prvkem vytržen z podkladu po dosažení maximální síly. Pevnost některých zkušebních těles hraničila s možnostmi trhačického stroje (H10N-2).

### 7.2.2.3 Zkušební vzorek H20N

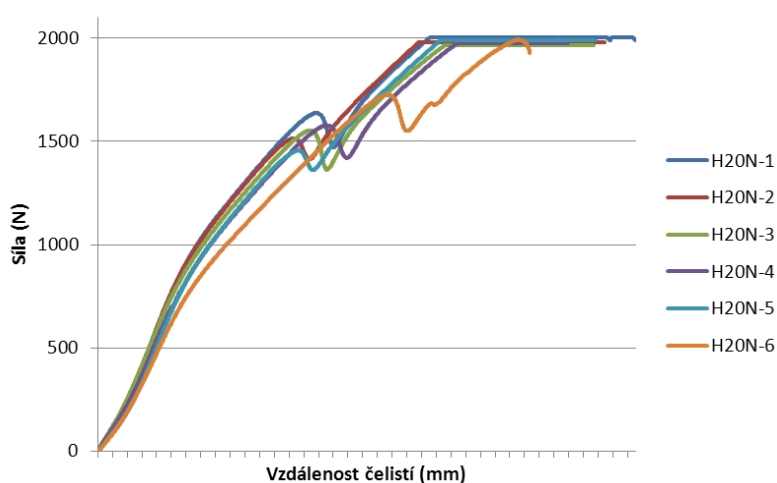
Výsledky experimentálního měření zkušebního vzorku H20N:

- střední hodnota:	<b>1 984,3 *)</b> N
- směrodatná odchylka:	11,6 N
- variační koeficient:	<b>0,6%</b>
- maximální naměřená hodnota:	2 001,1 N
- minimální naměřená hodnota:	1 965,9 N

\*) výsledná hodnota ovlivněna limity trhačického stroje



Obr. 126: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H20N



Obr. 127: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H20N

Průběh experimentu jednotlivých zkušebních těles byl v podstatě shodný - první vrchol v grafu na Obr. 127 značí moment, kdy se horní pás odtrhl od plochy přítlačné podložky a jejím blízkém okolí, pokles křivky odpovídá mírné deformaci podložky a následuje nárůst síly do maxima – které bylo limitováno možnostmi trhacího stroje – viz vrcholy křivek na grafu Obr. 127.

K rozlepování spoje docházelo pouze minimálně, a to jen v okolí přítlačné podložky. K odtržení hydroizolačního povlaku od podkladu nebo roztržení pásu o přítlačnou podložku nedocházelo. Ve spoji docházelo k celkovému usmýknutí o cca 10-20 mm.

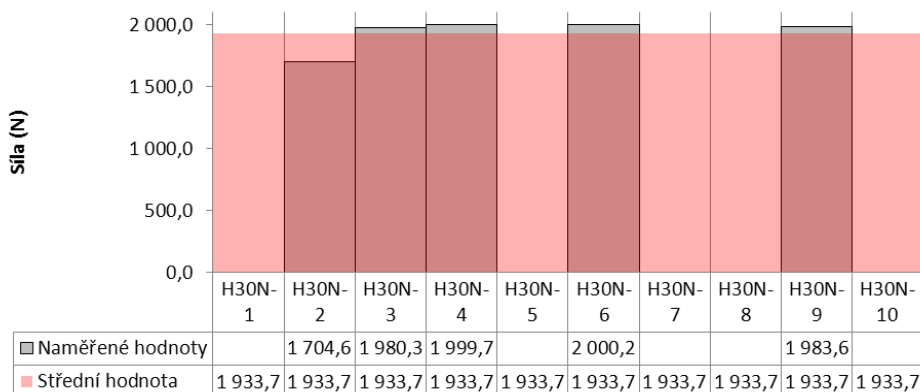
Z důvodu limitů trhacího stroje a dosažení shodných výsledků byla zkouška provedena jen na 6ks zkušebních těles. Výsledná hodnota je zkrácena nižším počtem platných zkoušek a nedostatečnou kapacitou trhacího stroje – viz průběhy namáhání Obr. 127. Rozhodujícím faktem je dosažení vyšší výsledné hodnoty pevnosti spoje ve srovnání se zkušebními vzorky H0N a H10N.

### 7.2.2.4 Zkušební vzorek H30N

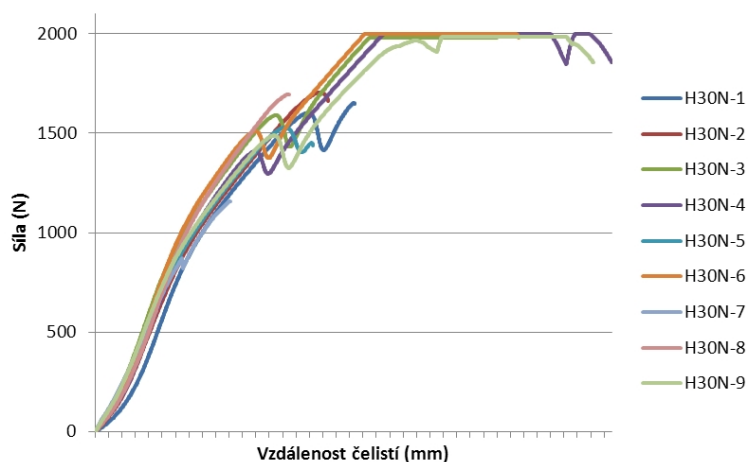
Výsledky experimentálního měření zkušební vzorku H30N:

- střední hodnota:	<b>1 933,7 *)</b> N
- směrodatná odchylka:	114,8 N
- variační koeficient:	<b>5,9%</b>
- maximální naměřená hodnota:	2 000,2 N
- minimální naměřená hodnota:	1 704,6 N

\*) výsledná hodnota ovlivněna limity trhacího stroje



Obr. 128: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H30N



Obr. 129: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H30N

Průběh experimentálního měření byl obdobný jako u varianty H20N. U spojů nedocházelo k rozlepování, ani odlepení od přitlačné podložky. Poklesy na grafech průběhů Obr. 129 odpovídají deformaci podložky a následuje nárůst síly do maxima, které bylo limitováno možnostmi trhacího stroje.

Výsledná hodnota byla určena na základě pouze 5ks platných zkoušek. Ve čtyřech případech došlo totiž k vytržení povlaku s kotevním prvkem z podkladu před dosažením maximální síly. Výsledná hodnota je zkrácena nižším počtem platných zkoušek a nedostatečnou kapacitou trhacího stroje. Rozhodujícím faktem je dosažení vyšší výsledné hodnoty pevnosti spoje ve srovnání se zkušebními vzorky H0N a H10N.

### 7.2.2.5 Celkové porovnání jednotlivých variant vzorku H

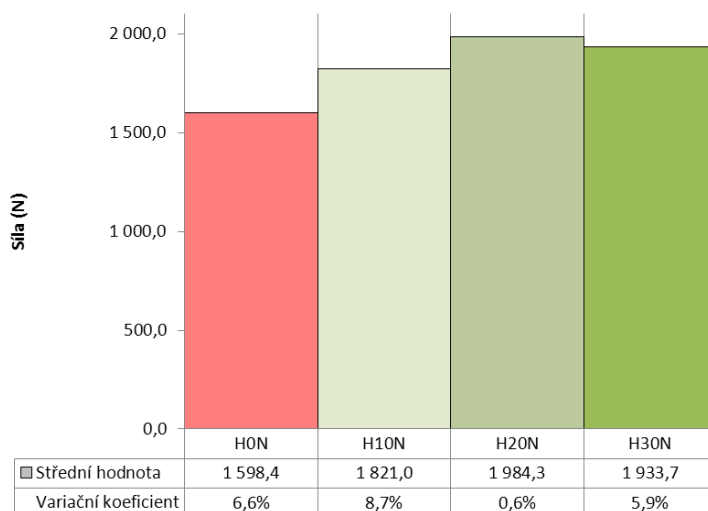
Z provedených experimentů jsou patrné rozdíly mezi jednotlivými variantami umístění kotevního prvku ve spoji – viz Tabulka 13 a Obr. 130. Stejně jako u zkušebního vzorku G, tak i vzorek H vykazoval znatelný rozdíl cca 220 N mezi variantou H0N (kotevní prvek 0 mm od okraje kotveného pásu) a H10N (kotevní prvek předepsaných 10 mm od okraje kotveného pásu).

Při zvýšení vzdálenosti kotevního prvku se pevnost kotveného spoje zvýšila – při vzdálenosti kotevního prvku od okraje na 20 mm je rozdíl mezi variantou G0N a G20N již 380 N.

Tabulka 13: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku H, skladba S1

zkušební vzorek:	<b>H0N</b>	<b>H10N</b>	<b>H20N</b>	<b>H30N</b>
kotevní prvek od okraje pásu:	0 mm	10 mm	20 mm	30 mm
asfaltová hmota:	SBS modifikovaná			
ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C			
tloušťka pásu:	5,2 mm			
nosná vložka:	PES 230 g/m <sup>2</sup> , nevyztužená			
šířka přesahu:	100 mm			
největší tahová síla:	podélně: 950 (± 200) N/50mm, příčně: 850 (± 150) N/50mm			
tažnost:	podélně i příčně: 50 (± 10) %			
střední hodnota:	<b>1 598,4 N</b>	<b>1 821,0 N</b>	<b>1 984,3 N *)</b>	<b>1 933,7 N *)</b>
směrodatná odch.:	106,1 N	159,1 N	11,6 N *)	114,8 N *)
variační koeficient:	6,6%	8,7%	0,6%	5,9%

Pozn.: \*) výsledná hodnota ovlivněna limity trhačím stroje



Obr. 130: Celkové porovnání výsledků zkušební vzorku H, skladba S1

### 7.2.3 Dílčí závěr – různé umístění kotvy ve spoji, skladba S1

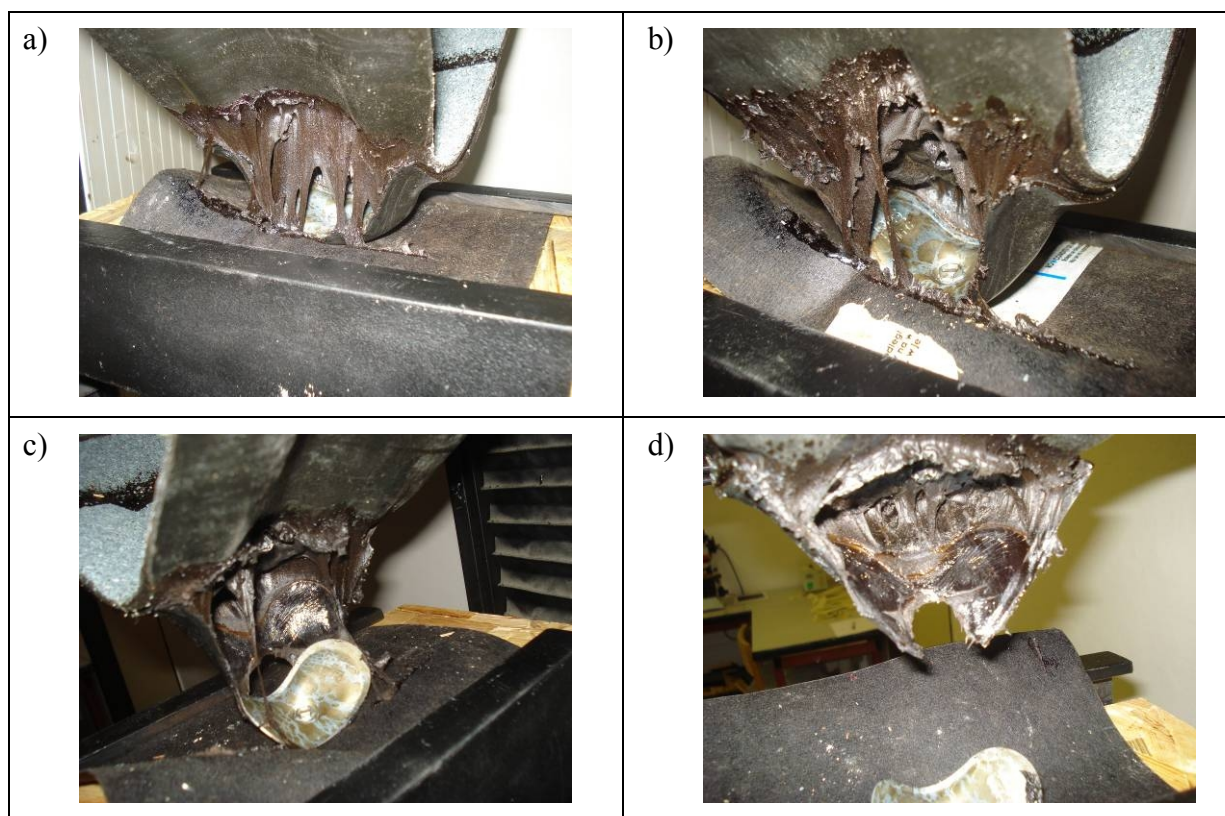
Výsledky na obou zkušebních vzorcích G a H potvrdily předpoklady měření – nedodržení předepsané vzdálenosti kotevního prvku od okraje pásu může výslednou pevnost spoje výrazně ovlivnit.

Na základě výsledků provedených experimentů lze konstatovat, že **přiblížením kotevního prvku k okraji kotveného pásu se pevnost spoje výrazně snižuje. Naopak změnou vzdálenosti kotevního prvku od okraje pásu z 10 mm na 20 mm bylo dosaženo nárůstu maximální síly.** Další zvyšování maximální síly při umístění kotevního prvku 30 mm od okraje pásu se nepodařilo prokázat.

U zkušebních těles, kde přítlačná podložka kotevního prvku byla umístěna zároveň s okrajem asfaltového pásu, docházelo k odlišnému způsobu deformace a výsledným výrazně nižším hodnotám ve srovnání s ostatními variantami umístění kotevního prvků.

Pokud je přítlačná podložka hned u okraje kotveného asfaltového pásu, není zajištěno spolupůsobení dolního a horního pásu ve spoji – horní pás je nataven pouze na plochu podložky a vlivem zatížení nejdříve nastává odlepení od této podložky – viz Tabulka 14 a). Při pokračujícím zatížení dochází k dalšímu rozlepování spoje a deformaci přítlačné podložky, čímž se zároveň sníží přítlačná plocha a síla, kterým kotevní prvek na dolní pás působí podložky – viz Tabulka 14 b), c). Po překročení maximální síly dochází k roztržení dolního pásu o dřík kotevního šroubu pod podložkou a k odtržení celého souvrství od podkladu podložky – viz Tabulka 14 d). Usmýknutí obou pásu ve spoji je vlivem tohoto namáhání minimální.

Tabulka 14: Typický průběh poškození zkušebních těles G0N a H0N



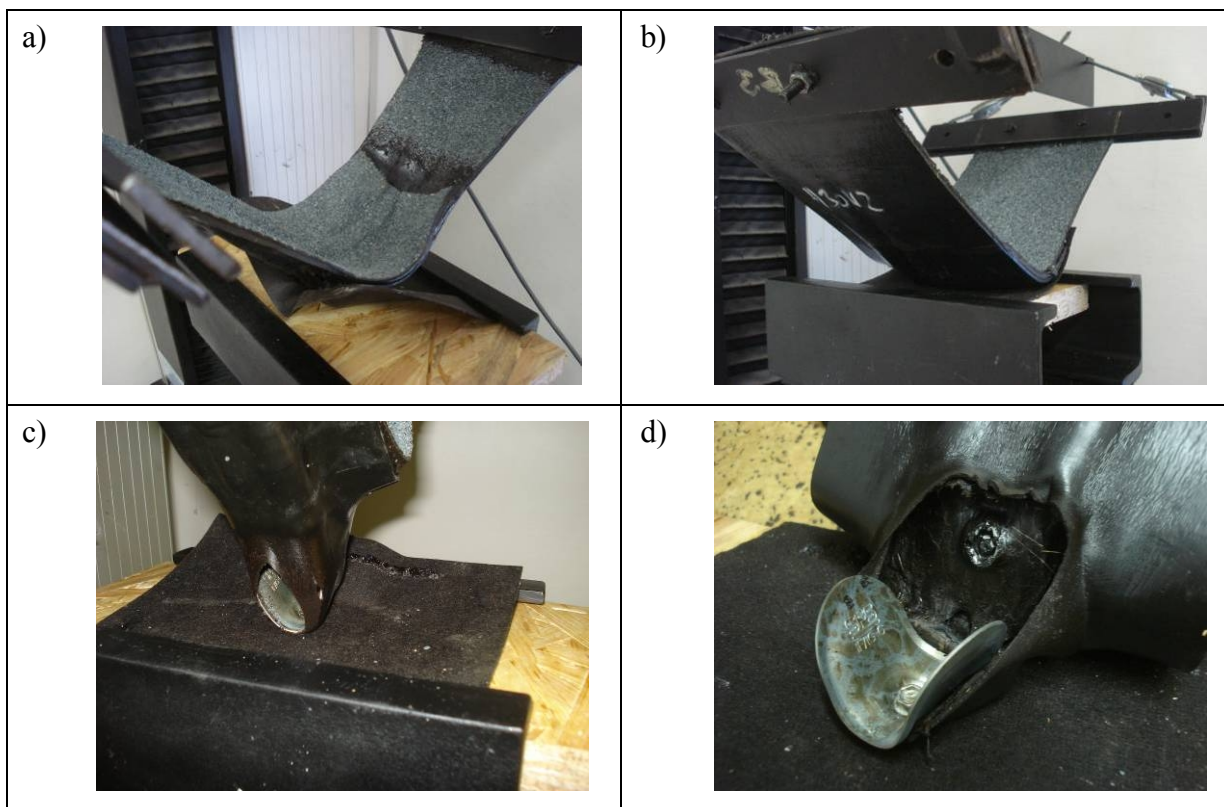
V případě umístění kotevního prvku do vzdálenosti 20 mm nebo 30 mm od okraje kotveného pásu je porušení spoje naprosto odlišné ve srovnání s výše popsány. U zkušebních těles G20N, H20N a G30N, H30N docházelo jen k minimálnímu rozlepování spoje – viz Tabulka 15 b). Více patrné však bylo vzájemné usmýknutí spoje, cca 10-20 mm –viz Tabulka 15 a).

Při experimentálním měření zkušebních těles G20N a G30N docházelo vlivem zatížení k roztržení nosné vložky po obvodu přitlačné podložky (Tabulka 15 c)) a tím k celkovému odtržení hydroizolačního povlaku od podkladu, popř. byl spoj s kotevním prvkem spojen jen díky elasticitě asfaltové hmoty a nepřenášel působící zatížení.

Zkušební tělesa H20N a H30N díky vyšší gramáži nosné vložky vykazovala vyšší pevnosti, než byly možnosti trhacího stroje a k roztržení nosné vložky během namáhání nedocházelo. Během zkoušky docházelo k vytržení kotevního prvku z podkladu před dosažením maximálního namáhání – čili neplatné měření. Výsledná hodnota je zkreslena nižším počtem platných zkoušek a nedostatečnou kapacitou trhacího stroje. Zásadním výsledkem měření je ovšem skutečnost, že výsledná síla je vyšší než u zkušebních vzorků H0N a H10N.



Tabulka 15: Typický průběh poškození zkušebních těles G20N a G30N



**Z experimentálních výsledků lze předpokládat, že maximální síla závisí na gramáži nosné vložky více než na délce spoje.** Vzorek H s nosnou vložku z nevyztužené PES rohože  $230 \text{ g/m}^2$  a délkou spoje  $100 \text{ mm}$  vykazoval ve všech případech vyšší pevnosti než vzorek G s nosnou vložku z vyztužené PES rohože  $180 \text{ g/m}^2$  a délkou spoje  $120 \text{ mm}$ . Zkušební tělesa pro vzorek H vykazovala vyšší pevnosti, než byly možnosti trhacího stroje.

### **7.3 Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba S2 (s tepelně izolační vrstvou)**

Třetí část výzkumu byla také zaměřena na porovnání vlivu umístění kotevního prvku ve spoji na jeho výslednou pevnost a spolehlivost. Stejně jako u nezateplené skladby S1, proběhlo měření shodné problematiky i na zkušebních tělesech ve variantě skladby S2 reprezentující zateplenou jednoplášťovou střechu s klasickým pořadím vrstev.

U těchto zkušebních těles byla hydroizolační vrstva z asfaltového pásu mechanicky zakotvená přes separační pás a tepelně izolační vrstvou z EPS 100 S tl. 80 mm do podkladní vrstvy z OSB desky tl. 22 mm. Jako kotevní prvek byl použit šroub do dřeva dl. 100 mm v kombinaci s plastovým teleskopem ISO-TAK s průměrem přítlačné podložky 40 mm – specifikace viz 6.5.2 Varianty zkušebních těles.

Zkušební tělesa byla provedena v počtu 10 ks pro každý zkušební vzorek. Rozměry zkušebních těles se lišily v závislosti na délce spoje (X) a umístění kotevního prvku – viz Tabulka 16.

Kotevní prvek (resp. okraj přítlačné podložky) byl umístěn ve vzdálenosti 0 mm, 10 mm, 20 mm a 30 mm od okraje kotveného asfaltového pásu.

Varianty různého umístění kotevního prvky byly zkoušeny na dvou zkušebních vzorcích asfaltových pásů G a H. V obou případech se jedná o SBS modifikované pásy (-25 °C) tloušťky 5,2 mm. Vzorek G má nosnou vložku z vyztužené PES rohože 180 g/m<sup>2</sup> a délkou spoje 120 mm. Vzorek H má nosnou vložku z nevyztužené PES rohože 230 g/m<sup>2</sup> a délku spoje 100 mm (podrobnější specifikace viz Tabulka 5).

Cílem této části měření byla odpověď, do jaké míry je porušení spoje jednovrstvého mechanicky kotveného asfaltového pásu závislé na umístění kotevního prvku ve spoji.



Tabulka 16: Specifikace rozměrů zkušebních těles, varianta S2

<p><b>Zkušební vzorek G (délka spoje 120 mm)</b></p>	<p><b>X (mm)</b></p>	<p><b>Zkušební vzorek H (délka spoje 100 mm)</b></p>
	<p>0 mm</p>	
	<p>10 mm</p>	
	<p>20 mm</p>	
	<p>30 mm</p>	

### 7.3.1 Dílčí výsledky měření – vzorek G

G	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka pásu:	5,2 mm
	nosná vložka:	PES 180 g/m <sup>2</sup> , oboustranně vyztužená skleněným vláknem
	šířka přesahu:	120 mm
	největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm
	tažnost:	podélně i příčně: 45 (± 10) %

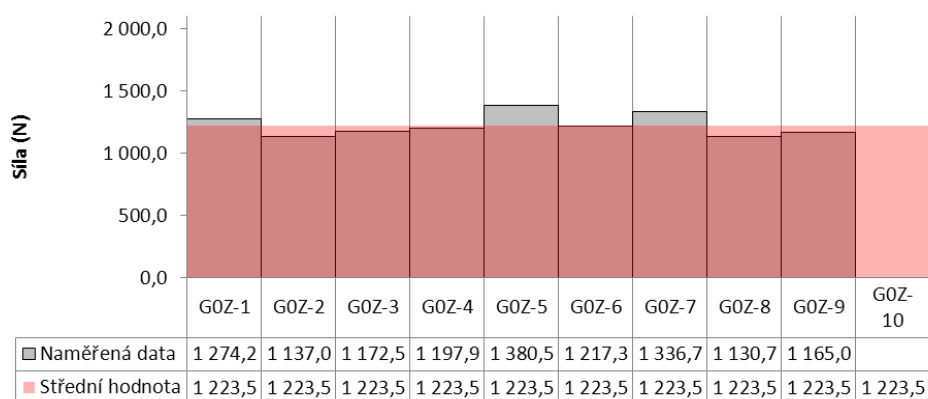
Pro rozlišení jednotlivých zkušebních těles bylo zavedeno následující označení zkušebního vzorku G ve variantě skladby S2 (Z = zateplená skladba S2, XX = pořadové číslo jednotlivých zkušebních těles):

- G0Z-XX – kotevní prvek 0 mm od okraje
- G10Z-XX – kotevní prvek 10 mm od okraje
- G20Z-XX – kotevní prvek 20 mm od okraje
- G30Z-XX – kotevní prvek 30 mm od okraje

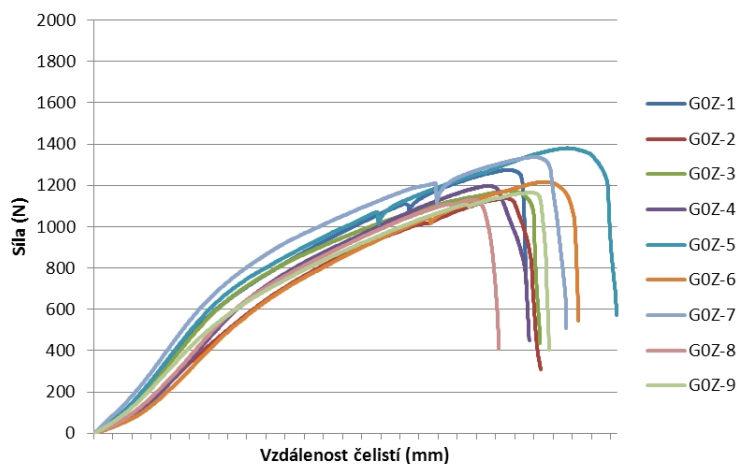
#### 7.3.1.1 Zkušební vzorek G0Z

Výsledky experimentálního měření zkušebního vzorku G0Z:

- střední hodnota:	<b>1 223,5 N</b>
- směrodatná odchylka:	83,6 N
- variační koeficient:	<b>6,8%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 380,5 N
- minimální naměřená hodnota:	1 130,7 N



Obr. 131: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G0Z



Obr. 132: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G0Z

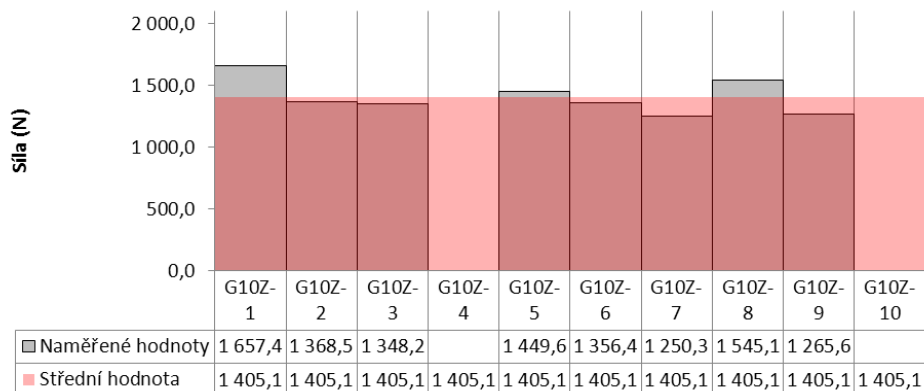
Průběh experimentálního měření byl u všech zkušebních těles v podstatě stejný – vlivem zatížení došlo k odlepení horního pásu od přitlačné podložky teleskopu. Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolního pásu o dřík teleskopu a k podvlečení hydroizolačního povlaku pod přitlačnou podložkou. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku.

Kotevní prvek jen ve dvou případech vykazoval známky deformace – mírné ohnutí přitlačné podložky teleskopu.

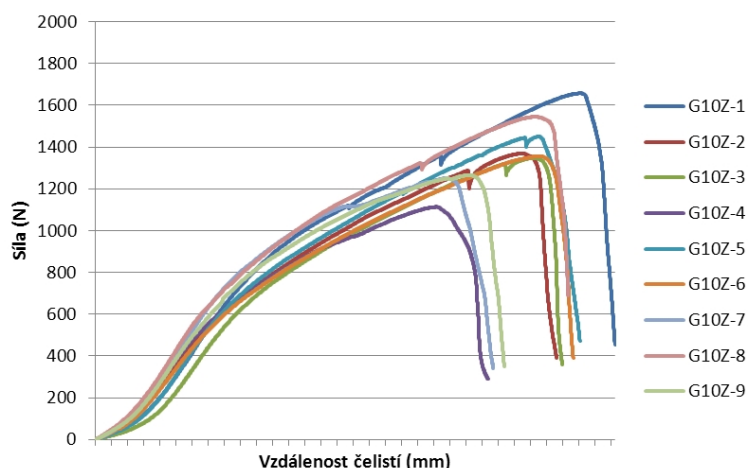
### 7.3.1.2 Zkušební vzorek G10Z

Výsledky experimentálního měření zkušebního vzorku G10Z:

- střední hodnota:	<b>1 405,1 N</b>
- směrodatná odchylka:	130,2 N
- variační koeficient:	<b>9,3%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 657,4 N
- minimální naměřená hodnota:	1 250,3 N



Obr. 133: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G10Z



Obr. 134: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G10Z

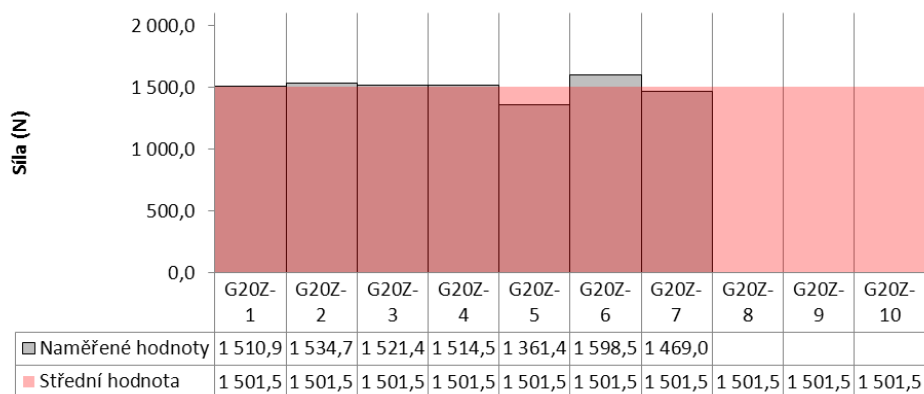
Průběh experimentů byl u všech zkušebních těles opět stejný – vlivem zatížení došlo k odlepení horního pásu pouze od přitlačné podložky teleskopu. Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolního pásu v místě kotevního prvku a k převlečení hydroizolačního povlaku přes přitlačnou podložku teleskopu. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku.

Kotevní prvek ve všech případech vykazoval známky deformace – mírné ohnutí přitlačné podložky teleskopu.

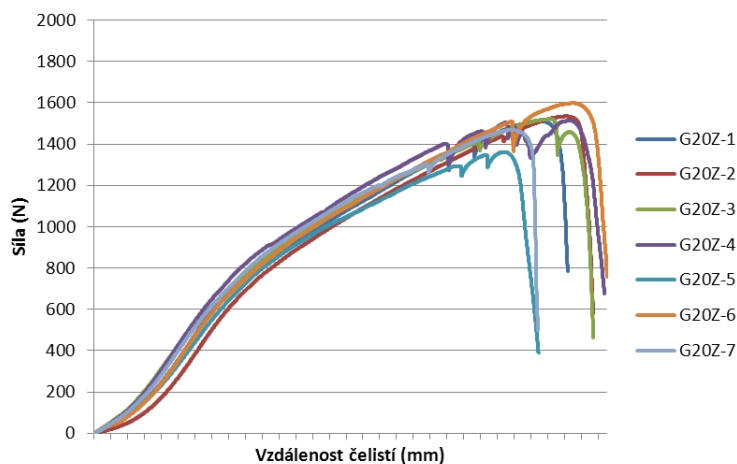
### 7.3.1.3 Zkušební vzorek G20Z

Výsledky měření zkušebního vzorku G20Z:

- střední hodnota:	<b>1 501,5 N</b>
- směrodatná odchylka:	67,5 N
- variační koeficient:	<b>4,5%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 598,5 N
- minimální naměřená hodnota:	1 361,4 N



Obr. 135: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G20Z



Obr. 136: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G20Z

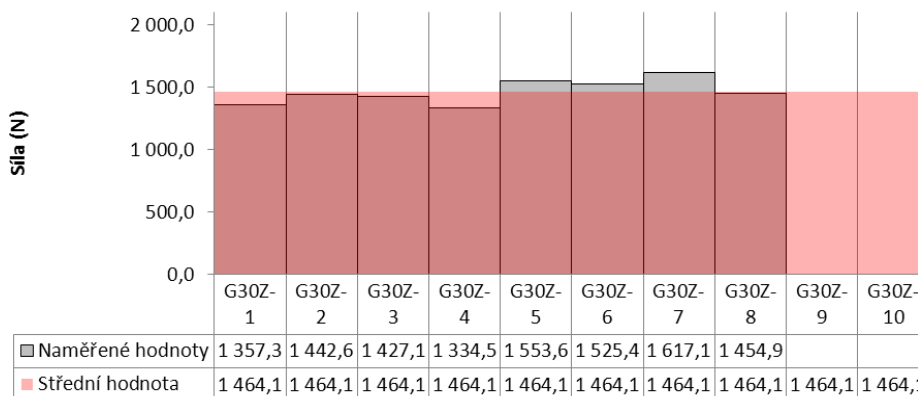
Průběh experimentálního měření byl u všech zkušebních těles opět stejný – vlivem zatížení došlo k odlepení horního pásu pouze od přítláčné podložky teleskopu a dále také v jejím okolí – celkově byl spoj rozlepen v rozsahu do 30%. Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolního pásu v místě kotevního prvku a k převlečení hydroizolačního povlaku přes přítláčnou podložku teleskopu. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku.

Kotevní prvek ve všech případech vykazoval známky deformace – mírné ohnutí přítláčné podložky teleskopu.

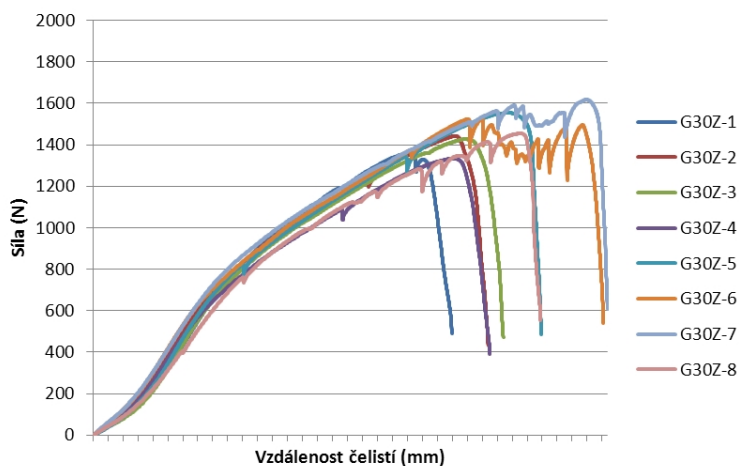
### 7.3.1.4 Zkušební vzorek G30Z

Výsledky měření zkušebního vzorku G30Z:

- střední hodnota:	<b>1 464,1 N</b>
- směrodatná odchylka:	90,3 N
- variační koeficient:	<b>6,2%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 617,1 N
- minimální naměřená hodnota:	1 334,5 N



Obr. 137: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G30Z



Obr. 138: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G30Z

Průběh experimentů byl u všech zkušebních těles stejný jako u vzorku G20Z – vlivem zatížení došlo k odlepení horního pásu pouze od přitlačné podložky teleskopu a dále také v jejím okolí – celkově byl spoj rozlepen v rozsahu do 30%. Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolního pásu v místě kotevního prvku a k převlečení hydroizolačního povlaku přes přitlačnou podložku teleskopu. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku.

Kotevní prvek ve všech případech vykazoval známky deformace – mírné ohnutí přitlačné podložky teleskopu.

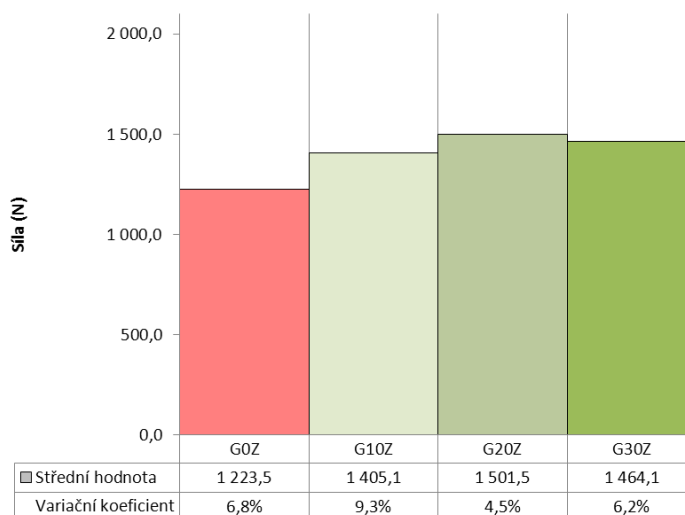
### 7.3.1.5 Celkové porovnání jednotlivých variant vzorku G

Z provedeného experimentálního měření jsou jasně patrné rozdíly mezi jednotlivými variantami umístění kotevního prvku ve spoji (viz Tabulka 17 a Obr. 139), zejména nárůst o cca 180 N mezi variantou G0Z (kotevní prvek 0 mm od okraje kotveného pásu) a G10Z (kotevní prvek předepsaných 10 mm od okraje kotveného pásu).

Při zvýšení vzdálenosti kotevního prvku pevnost kotveného spoje narůstala – při zvýšení vzdálenosti kotevního prvku od okraje na 20 mm je rozdíl mezi variantou G0Z a G20Z již cca 280 N.

Tabulka 17: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku G, skladba S2

zkušební vzorek:	<b>G0Z</b>	<b>G10Z</b>	<b>G20Z</b>	<b>G30Z</b>
kotevní prvek od okraje pásu:	0 mm	10 mm	20 mm	30 mm
asfaltová hmota:	SBS modifikovaná			
ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C			
tloušťka pásu:	5,2 mm			
nosná vložka:	PES oboustranně vyztužený, 180 g/m <sup>2</sup>			
šířka přesahu:	120 mm			
největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm			
tažnost:	podélně i příčně: 45 (± 10) %			
střední hodnota:	<b>1 223,5 N</b>	<b>1 405,1 N</b>	<b>1 501,5 N</b>	<b>1 464,1 N</b>
směrodatná odch.:	83,6 N	130,2 N	67,5 N	90,3 N
variační koeficient:	6,8%	9,3%	4,5%	6,2%



Obr. 139: Celkové porovnání výsledků zkušební vzorku G, skladba S2

## 7.3.2 Dílčí výsledky měření – vzorek H

H	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka pásu:	5,2 mm
	nosná vložka:	PES 230 g/m <sup>2</sup> , nevyztužená
	šířka přesahu:	100 mm
	největší tahová síla:	podélně: 950 (± 200) N/50mm, příčně: 850 (± 150) N/50mm
	tažnost:	podélně i příčně: 50 (± 10) %

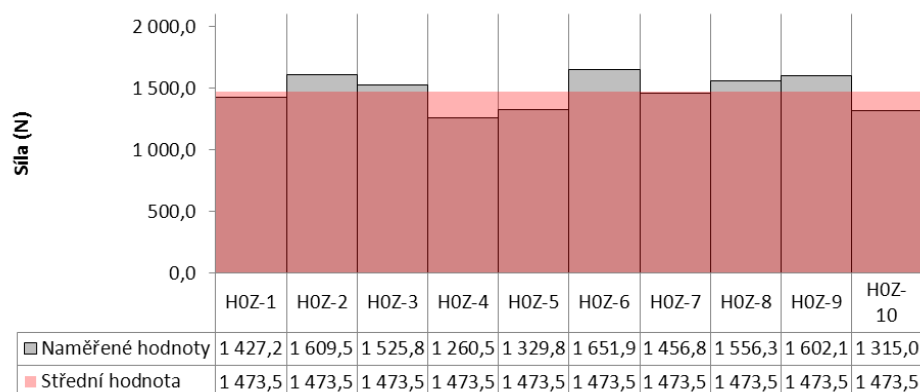
Pro rozlišení jednotlivých zkušebních těles bylo zavedeno následující označení zkušebního vzorku H ve variantě skladby S2 (Z = zateplená skladba S2, XX = pořadové číslo jednotlivých zkušebních těles):

- H0Z-XX – kotevní prvek 0 mm od okraje
- H10Z-XX – kotevní prvek 10 mm od okraje
- H20Z-XX – kotevní prvek 20 mm od okraje
- H30Z-XX – kotevní prvek 30 mm od okraje

### 7.3.2.1 Zkušební vzorek H0Z

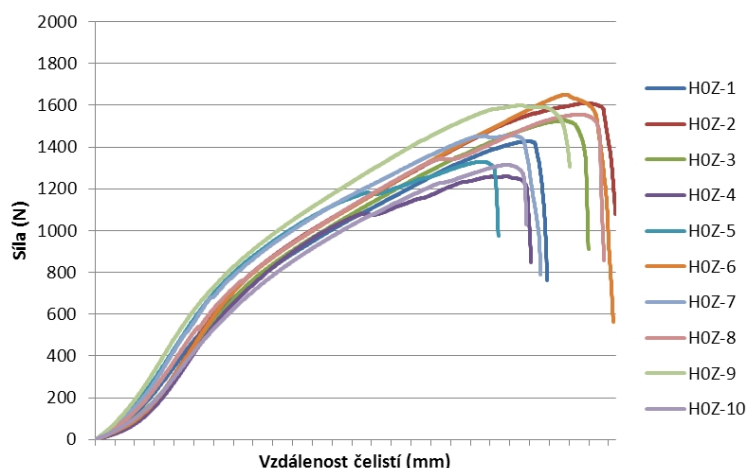
Výsledky měření zkušebního vzorku H0Z:

- střední hodnota:	<b>1 473,5 N</b>
- směrodatná odchylka:	130,4 N
- variační koeficient:	<b>8,8%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 651,9 N
- minimální naměřená hodnota:	1 260,5 N



Obr. 140: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H0Z





Obr. 141: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H0Z

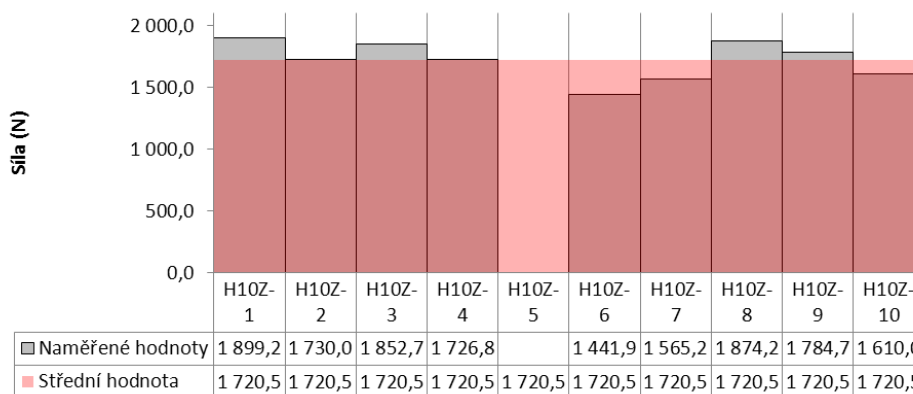
Průběh experimentů byl u všech zkušebních těles v podstatě stejný – vlivem zatížení došlo k odlepení horního pásu pouze od přítlačné podložky teleskopu a dále také v jejím okolí – celkově byl spoj rozlepen v rozsahu do 30%. Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolního pásu o dřík teleskopu a k podvlečení hydroizolačního povlaku pod přítlačnou podložkou. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku.

Kotevní prvek nevykazoval známky poškození.

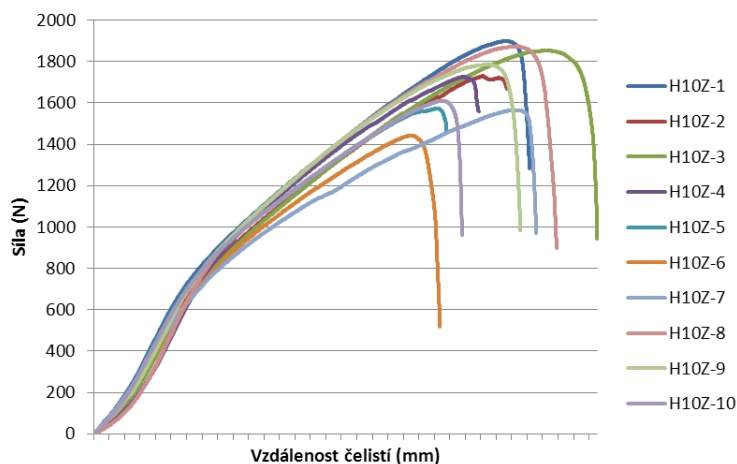
### 7.3.2.2 Zkušební vzorek H10Z

Výsledky měření zkušebního vzorku H10Z:

- střední hodnota:	<b>1 720,5 N</b>
- směrodatná odchylka:	145,8 N
- variační koeficient:	<b>8,5%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 899,2 N
- minimální naměřená hodnota:	1 441,9 N



Obr. 142: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H10Z



Obr. 143: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H10Z

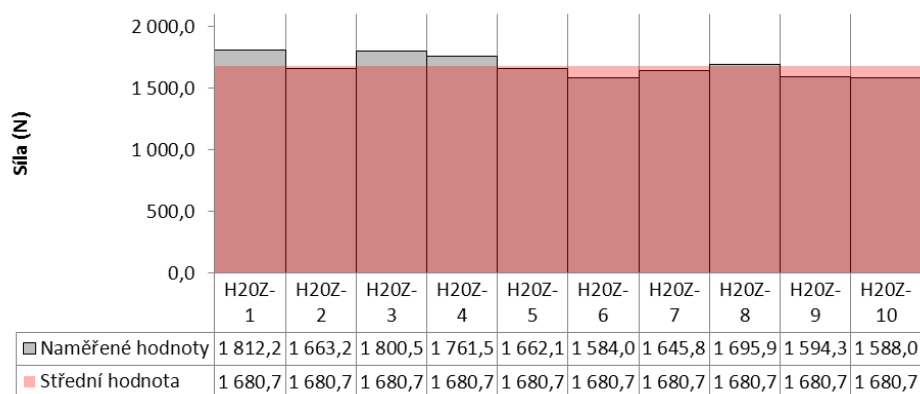
Průběh experimentálního měření byl u všech zkušebních těles opět stejný – vlivem zatížení došlo k odlepení horního pásu pouze od přitlačné podložky teleskopu. Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolního pásu v místě kotevního prvku a k převlečení hydroizolačního povlaku přes přitlačnou podložku teleskopu. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku.

Během namáhání docházelo k usmýknutí pásu ve spoji v rozsahu cca 10 mm. Kotevní prvek ve všech případech vykazoval známky deformace – mírné ohnutí přitlačné podložky teleskopu.

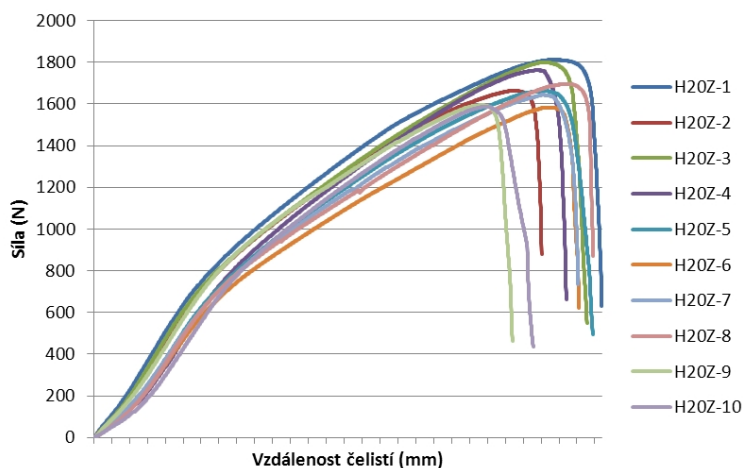
### 7.3.2.3 Zkušební vzorek H20Z

Výsledky měření zkušebního vzorku H20Z:

- střední hodnota:	<b>1 680,7 N</b>
- směrodatná odchylka:	81,0 N
- variační koeficient:	<b>4,8%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 812,2 N
- minimální naměřená hodnota:	1 584,0 N



Obr. 144: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H20Z



Obr. 145: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H20Z

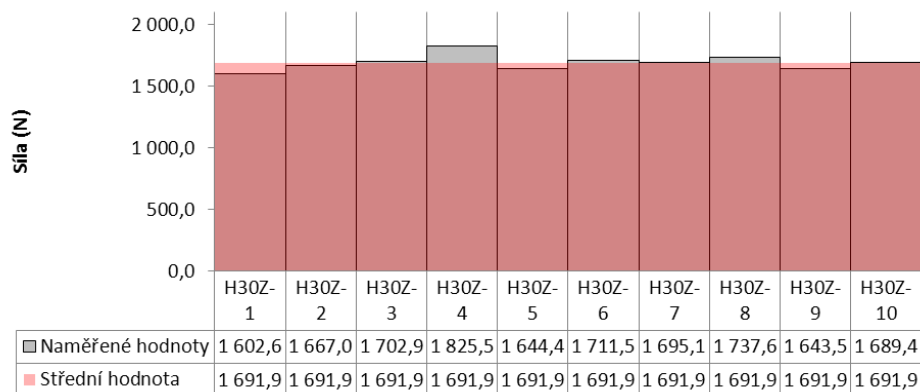
Průběh zkoušky byl u všech zkušebních těles opět stejný – vlivem zatížení došlo k odlepení horního pásu pouze od přitlačné podložky teleskopu a dále také v jejím okolí – celkově byl spoj rozlepen v rozsahu do 30%. Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolního pásu v místě kotevního prvku a k převlečení hydroizolačního povlaku přes přitlačnou podložku teleskopu. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku.

Během namáhání docházelo k usmýknutí pásu ve spoji v rozsahu cca 20 mm. Kotevní prvek ve všech případech vykazoval známky deformace – mírné ohnutí přitlačné podložky teleskopu.

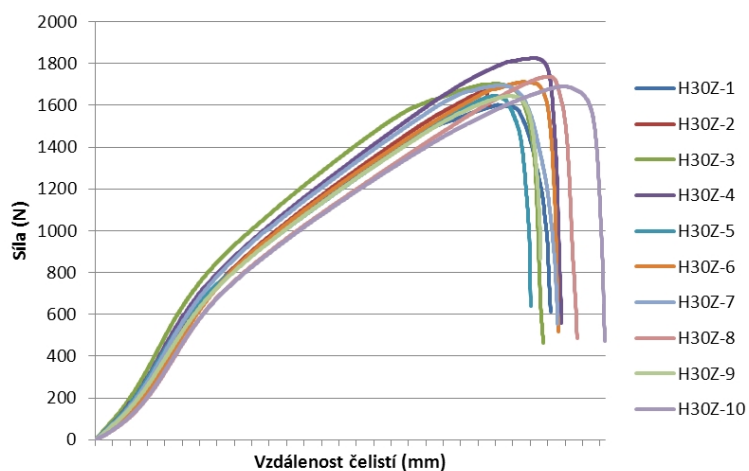
### 7.3.2.4 Zkušební vzorek H30Z

Výsledky měření zkušebního vzorku H30Z:

- střední hodnota:	<b>1 691,9 N</b>
- směrodatná odchylka:	58,0 N
- variační koeficient:	<b>3,4%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 825,5 N
- minimální naměřená hodnota:	1 602,6 N



Obr. 146: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H30Z



Obr. 147: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H30Z

Průběh experimentů byl u všech zkušebních těles obdobný jako u vzorku H20Z – vlivem zatížení došlo k odlepení horního pásu pouze od přitlačné podložky teleskopu a dále také v jejím okolí – celkově byl spoj rozlepen v rozsahu do 30%. Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolního pásu v místě kotevního prvku a k převlečení hydroizolačního povlaku přes přitlačnou podložku teleskopu. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku.

Během namáhání docházelo k usmýknutí pásu ve spoji v rozsahu cca 20 mm. Kotevní prvek ve všech případech vykazoval známky deformace – mírné ohnutí přitlačné podložky teleskopu.

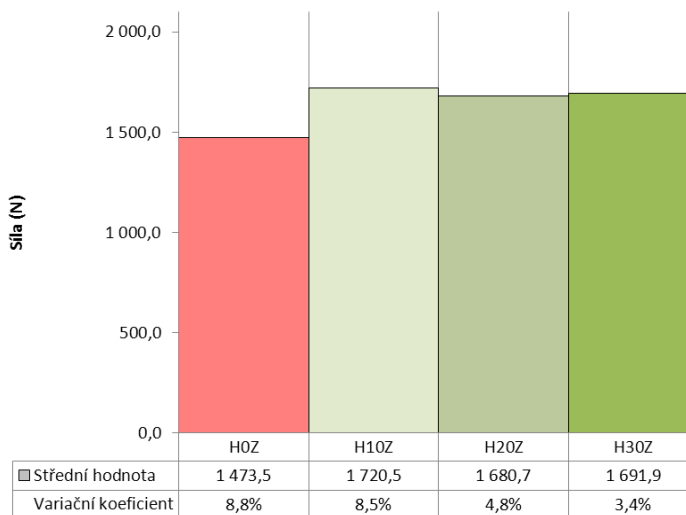
### 7.3.2.5 Celkové porovnání jednotlivých variant vzorku H

Z provedeného experimentálního měření jsou znatelné rozdíly mezi jednotlivými variantami umístění kotevního prvku ve spoji – viz Tabulka 18 a Obr. 148. Opět je patrný rozdíl cca 250 N mezi variantou H0Z (kotevní prvek 0 mm od okraje kotveného pásu) a H10Z (kotevní prvek předepsaných 10 mm od okraje kotveného pásu).

Při zvýšení vzdálenosti kotevního prvku na 20 mm nebo 30 mm pevnost kotveného spoje překvapivě mírně klesla o cca 30 – 40 N. Toto snížení však může mít příčinu v nepřesnostech měření nebo vyhodnocení.

Tabulka 18: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku H, skladba S2

zkušební vzorek:	<b>H0Z</b>	<b>H10Z</b>	<b>H20Z</b>	<b>H30Z</b>
kotevní prvek od okraje pásu:	0 mm	10 mm	20 mm	30 mm
asfaltová hmota:	SBS modifikovaná			
ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C			
tloušťka pásu:	5,2 mm			
nosná vložka:	PES 230 g/m <sup>2</sup> , nevyztužená			
šířka přesahu:	100 mm			
největší tahová síla:	podélně: 950 (± 200) N/50mm, příčně: 850 (± 150) N/50mm			
tažnost:	podélně i příčně: 50 (± 10) %			
střední hodnota:	<b>1 473,5 N</b>	<b>1 720,5 N</b>	<b>1 680,7 N</b>	<b>1 691,9 N</b>
směrodatná odch.:	130,4 N	145,8 N	81,0 N	58,0 N
variační koeficient:	8,8%	8,5%	4,8%	3,4%



Obr. 148: Celkové porovnání výsledků zkušební vzorku H, skladba S2

### 7.3.3 Dílčí závěr – různé umístění kotvy ve spoji, skladba S2

Ve srovnání s předchozím měřením nezateplené skladby S1, kdy byla využívána oválná přitlačná podložka, byly pro měření skladby S2 použity teleskopy s kulatou podložkou a menší přitlačnou plochou. Z tohoto důvodu jsou experimentálně získané hodnoty maximálních sil nižší.

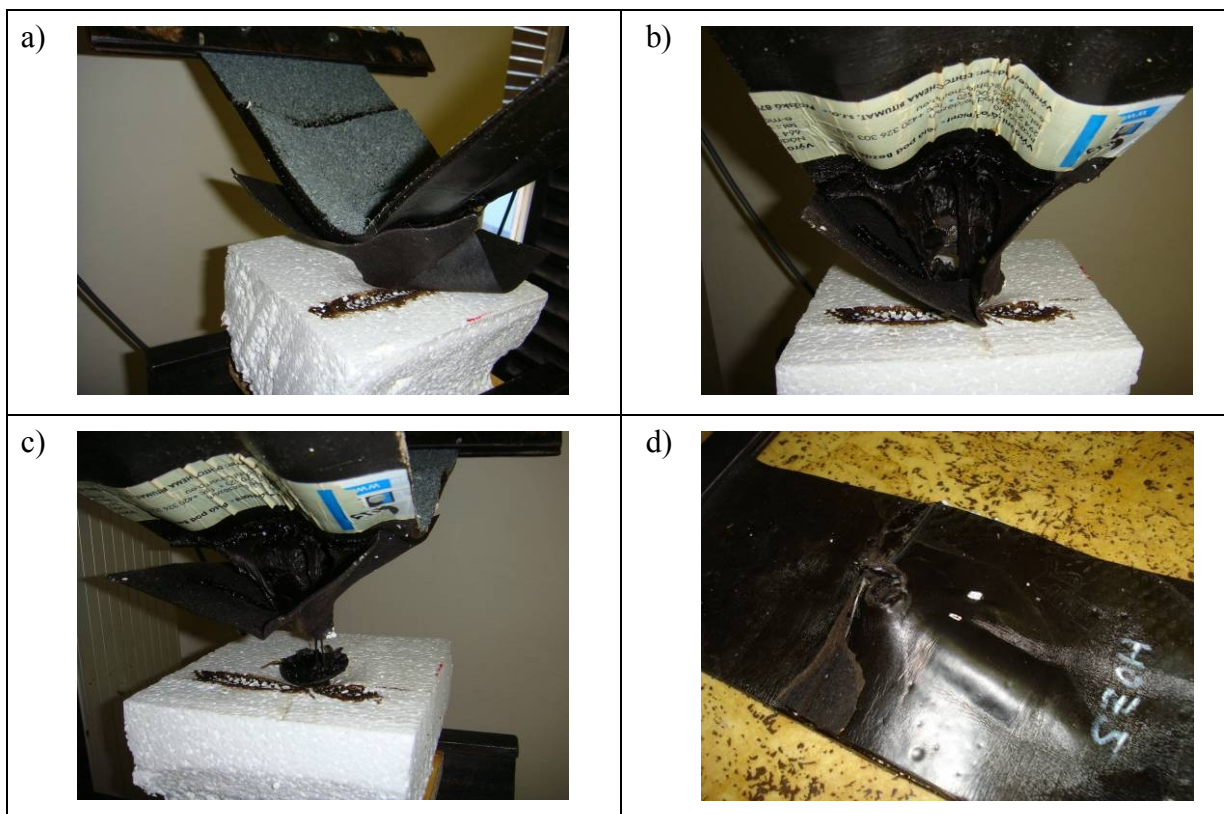
Výsledky na obou zkušebních vzorcích opět potvrdily předpoklady a jsou v souladu se závěry předchozích experimentů 7.2 Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba S1 (bez tepelně izolační vrstvy).

Na základě výsledků lze konstatovat, že **přiblížením teleskopu k okraji kotveného pásu se pevnost spoje výrazně snižuje**. Změnou vzdálenosti kotevního prvku od okraje pásu z 10 mm na 20 mm bylo dosaženo u vzorku G mírného nárůstu maximální síly o cca 7%. U vzorku H byl překvapivě zaznamenán mírný pokles o cca 3%, což je pravděpodobně pouze chybou měření.

U zkušebních těles, kde okraj teleskopu byl umístěn zároveň s okrajem asfaltového pásu, docházelo k odlišnému způsobu poškození zkušebních těles a výsledným výrazně nižším hodnotám ve srovnání s ostatními variantami umístění teleskopu.

Pokud je okraj přitlačná podložka teleskopu hned u okraje kotveného asfaltového pásu, není zajištěno spolupůsobení dolního a horního pásu ve spoji. Horní pás je nataven pouze na podložku a vlivem zatížení nejdříve nastává odlepení od této podložky – viz Tabulka 19 b). Při pokračujícím zatížení dochází k dalšímu rozlepování spoje v okolí přitlačné podložky teleskopu – viz Tabulka 19 c). Díky vyšší gramáži nosné vložky vzorku H bylo rozlepení spoje v rozsahu cca 30%, zatímco u vzorku G asi do 15%. Po překročení maximální síly dochází k roztržení dolního pásu o dřík teleskopu a k odtržení celého souvrství od podkladu – viz Tabulka 19 c), d). Usmýknutí obou pásu ve spoji je vlivem tohoto namáhání minimální – viz Tabulka 19 a). Na kotevním prvku (plastovém teleskopu) byly patrné známky poškození jen v několika případech.

Tabulka 19: Typický průběh poškození zkušebních těles G0Z a H0Z

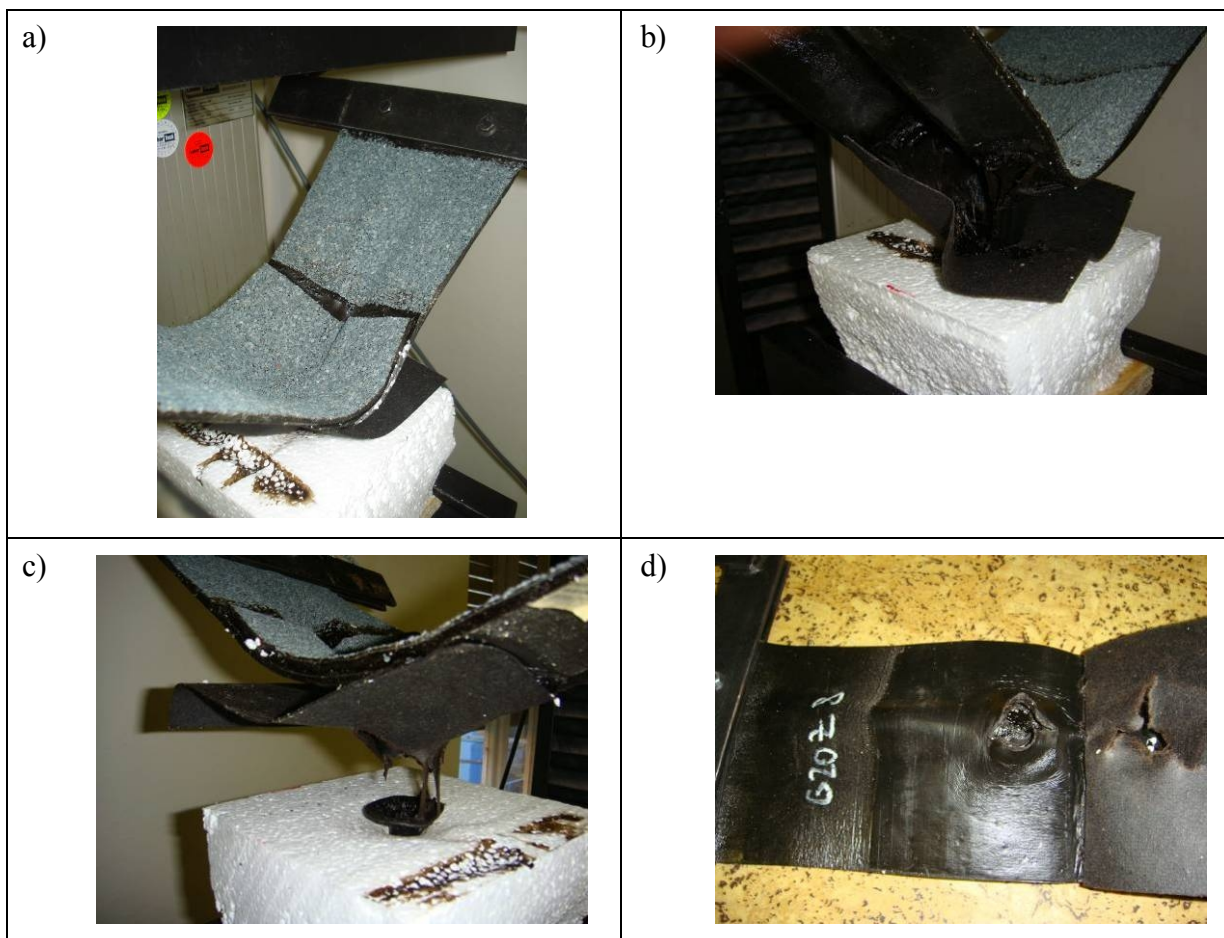


V případě umístění kotevního prvku do vzdálenosti 20 mm nebo 30 mm od okraje kotveného pásu je porušení spoje naprosto odlišné ve srovnání s výše popsány. U zkušebních těles G20Z, H20Z a G30Z, H30Z docházelo k rozlepování spoje většinou v okolí přitlačné podložky (nejvíce v rozsahu do 30%) – viz Tabulka 20 b). Více patrné však bylo vzájemné usmýknutí spoje, uprostřed spoje o cca 10 - 20 mm – viz Tabulka 20 a). Při dosažení maximální síly se vlivem zatížení roztrhla nosná vložka v místě teleskopu (Tabulka 20 c), d)) a následně došlo k převlečení hydroizolačního povlaku přes přitlačnou podložku teleskopu. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku.

U všech vzorků byla patrná deformace (ohyb) přitlačné podložky teleskopu, nikdy však nedošlo k jeho prasknutí nebo takové deformaci, aby to ovlivnilo pevnost spoje.



Tabulka 20: Typický průběh poškození zkušebních těles G20Z, H20Z a G30Z a H30Z



Naměřené výsledky opět naznačují, že maximální síla závisí na gramáži nosné vložky více než na délce spoje. Vzorek H s nosnou vložku z nevyztužené PES rohože  $230 \text{ g/m}^2$  a délkou spoje 100 mm vykazoval ve všech případech vyšší pevnosti než vzorek G s nosnou vložku z vyztužené PES rohože  $180 \text{ g/m}^2$  a délkou spoje 120 mm. Zkušební tělesa pro vzorek H vykazovala vyšší pevnosti, než byly možnosti trhacího stroje.



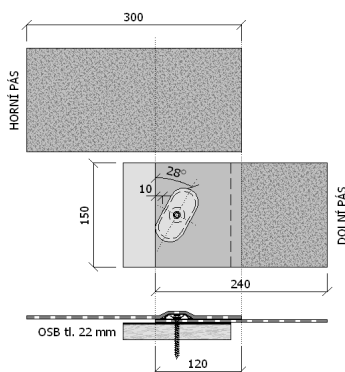
## 7.4 Nestandardní aplikace

### 7.4.1 Výrazné pootočení oválné přitlačné podložky

Tato část měření byla zaměřena na porovnání vlivu pootočení oválné přitlačné podložky při jejím umístění ve spoji asfaltového pásu.

#### 7.4.1.1 Zkušební vzorek GP

Jako asfaltový pás byl vybrán vzorek G (SBS modifikace,  $-25^{\circ}\text{C}$ , vyztužená PES rohože  $180\text{ g/m}^2$ , délka spoje  $120\text{ mm}$ ) a jednotlivá zkušební tělesa byla připravena ve variantě skladby S1 – tedy obdoba nezateplené střechy s hydroizolačním povlakem mechanicky zakotveným na podklad z OSB desky tl.  $22\text{ mm}$ . Jako kotevní prvek byl použit šroub do dřevěného podkladu s kovou oválnou podložkou na tvrdý podklad – specifikace viz 6.5.2 Varianty zkušebních těles. Zkušební tělesa byla provedena v počtu 10 ks.



Obr. 149: Rozměry zkušebního tělesa GP



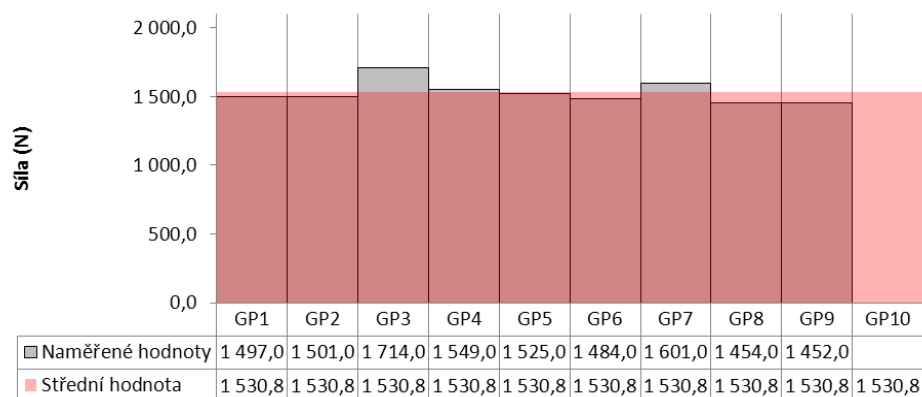
Obr. 150: Zkušební těleso GP

Kotevní prvek (resp. okraj přitlačné podložky) byl umístěn v předepsané vzdálenosti  $10\text{ mm}$  od okraje dolního asfaltového pásu a podélná osa přitlačné podložky pootočena tak, aby okraj přitlačné podložky byl na okraji dolního pásu (pootočení podélné osy o cca  $28^{\circ}$ ) – viz Obr. 149 a Obr. 150.

Zkušební tělesa dostala označení „GP“ (P = pootočený) a naměřené hodnoty budou porovnány s maximálními silami pro předepsané umístění kotevního prvku G10N a G0N.

Výsledky měření zkušebního vzorku GP:

- střední hodnota:	<b>1 530,8 N</b>
- směrodatná odchylka:	78,3 N
- variační koeficient:	<b>5,1%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 714,0 N
- minimální naměřená hodnota:	1 452,0 N



Obr. 151: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku GP

Deformace jednotlivých vzorků se mírně lišily, nicméně průběh zkoušky byl podobný – během namáhání došlo k rozlepování spoje nejdříve v okolí kotevního prvku (Obr. 152) a celkově v rozsahu do cca 50% spoje, výjimečně i více.

Přítlačná podložka byla vlivem zatížení deformována (ohnuta), u většiny zkušebních těles došlo k částečnému roztržení dolního pásu podél obvodu přítlačné podložky, nicméně podložka měla stále dostatečný přítlak, aby se hydroizolační souvrství od podkladu neoddělilo – viz Obr. 153. V jednom případě se hydroizolační vrstva oddělila. Vlivem namáhání nedocházelo k dalšímu pootočení přítlačné podložky.



Obr. 152: Počáteční rozlepení spoje v okolí přítlačné podložky vzorku GP



Obr. 153: Odtržení povlaku od podkladu a deformování podložky

#### 7.4.1.2 Celkové porovnání jednotlivých variant

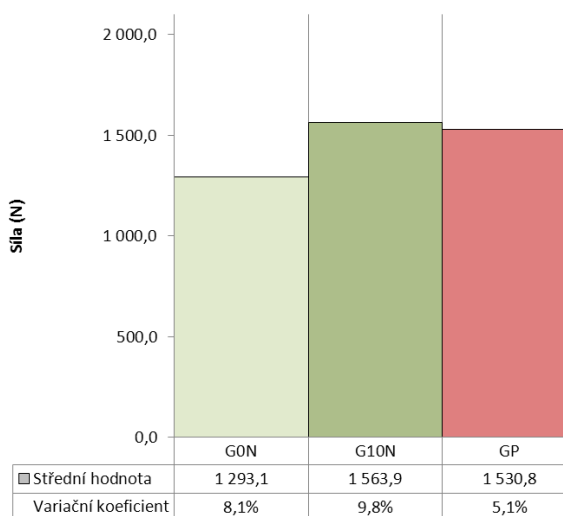
Výsledky měření zkušebních těles G0N a G10N jsou uvedeny v kapitole 7.3.1 Dílčí výsledky měření – vzorek G.

Z provedeného měření jsou patrné rozdíly mezi jednotlivými varianty umístěním kotevního prvku ve spoji – viz Tabulka 21 a Obr. 154. Možná až překvapivě malý je rozdíl mezi variantou G10N (kotevní prvek předepsaných 10 mm od okraje kotveného pásu) a GP (kotevní prvek 10 mm od okraje kotveného pásu, pootočený), pouze cca 33 N.

Na základě výsledků experimentů lze předpokládat, že pootočení oválné podložky kotevního prvku má na výslednou pevnost spoje menší vliv, než umístění kotevního prvku 0 mm od okraje kotveného pásu.

Tabulka 21: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku G

zkušební vzorek:	<b>G0N</b>	<b>G10N</b>	<b>GP</b>
kotevní prvek od okraje pásu:	0 mm	10 mm	10 mm, pootočeno
asfaltová hmota:	SBS modifikovaná		
ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C		
tloušťka pásu:	5,2 mm		
nosná vložka:	PES oboustranně vyztužený, 180 g/m <sup>2</sup>		
šířka přesahu:	120 mm		
největší tahová síla:	podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm		
tažnost:	podélně i příčně: 45 (± 10) %		
střední hodnota:	<b>1 293,1 N</b>	<b>1 563,9 N</b>	<b>1 530,8 N</b>
směrodatná odch.:	104,5 N	153,2 N	78,3 N
variační koeficient:	8,1%	9,8%	5,1%

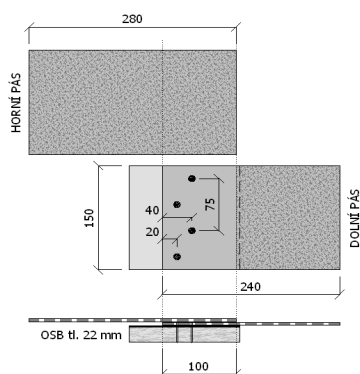


Obr. 154: Celkové porovnání výsledků zkušebního vzorku G0N, G10N a GP

## 7.4.2 Kotvení pomocí hřebíků

Z informativních důvodů a možnosti porovnání byla část výzkumu věnována variantě mechanického kotvení asfaltových pásů do dřevěného podkladu pomocí hřebíků namísto systémových kotevních prvků.

Experiment byl proveden se zkušebními tělesy ve variantě skladby S1 – tedy obdoba nezateplené střechy s hydroizolačním povlakem mechanicky zakotveným na podkladní OSB desku tl. 22 mm. Jako kotevní prvky byly použity lepenkové hřebíky s plochou hlavou průměru 10 mm délky 28 mm. Dřík hřebíku je průměru 3,8 mm, v horní části pod hlavou opatřen zářezy. Na podkladní OSB desku tl. 22 mm šířky 150 mm byl asfaltový pás zakotven 4 ks lepenkových hřebíků rovnoměrně rozmístěných ve spoji dle schématu na Obr. 155. Toto množství odpovídá téměř 27 ks hřebíků ve spoji na jeden běžný metr délky.



Obr. 155: Schéma rozmístění hřebíků ve spoji zkušebního tělesa



Obr. 156: Zkušební těleso kotvené hřebíky

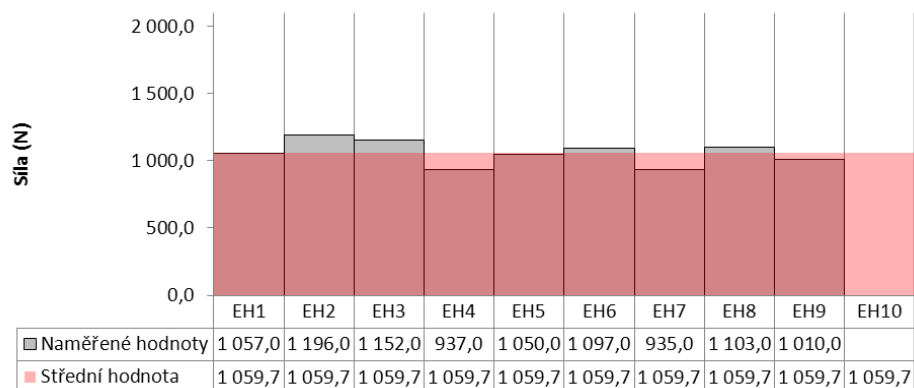
Varianta kotvení pomocí hřebíků byla zkoušena na dvou zkušebních vzorcích asfaltových pásů E a F. V obou případech se jedná o SBS modifikované pásy (-25 °C) tloušťky 5,2 mm a délkou spoje 100 mm. Vzorek E má nosnou vložku z nevyztužené PES rohože 230 g/m<sup>2</sup>, nosná vložka vzorku F je z PES rohože 180 g/m<sup>2</sup> obousměrně vyztužené sklenými vlákny (podrobnější specifikace viz Tabulka 5).

Zkušební tělesa dostala označení „EH“ a „FH“ (H = hřebíky) a naměřené hodnoty budou porovnány s variantami zkušebních vzorků s předepsaným umístění kotevního prvku E a H.

### 7.4.2.1 Zkušební vzorek EH

Výsledky měření zkušební vzorku EH:

- střední hodnota:	<b>1 059,7 N</b>
- směrodatná odchylka:	84,0 N
- variační koeficient:	<b>7,9%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 196,0 N
- minimální naměřená hodnota:	935,0 N



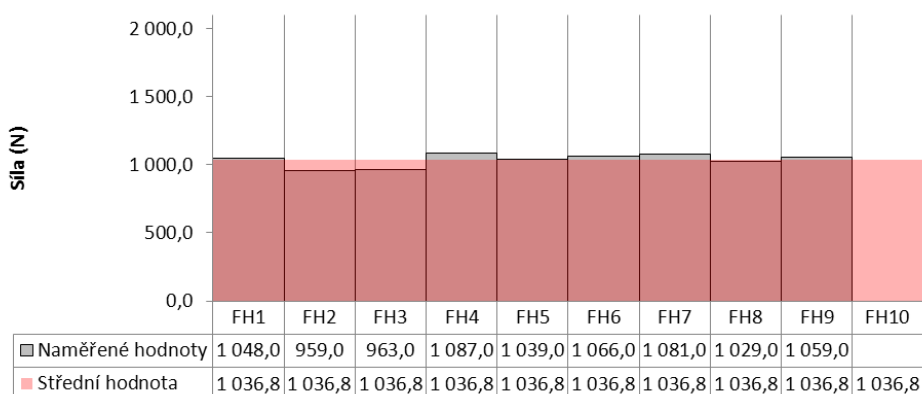
Obr. 157: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku EH

Průběh experimentálního měření byl u všech zkušebních těles v podstatě stejný – vlivem zatížení došlo buď k vytržení hřebíku z podkladu, nebo se dolní asfaltový pás převlékl přes hlavičku hřebíků (viz Obr. 161 a Obr. 162). Ve všech případech nedošlo k rozlepení spoje asfaltových pásů nebo vzájemnému usmýknutí ve spoji. Počet vytržených hřebíků byl pro každé těleso různý.

#### 7.4.2.2 Zkušební vzorek FH

Výsledky měření zkušebního vzorku FH:

- střední hodnota:	<b>1 036,8 N</b>
- směrodatná odchylka:	44,1 N
- variační koeficient:	<b>4,3%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 087,0 N
- minimální naměřená hodnota:	959,0 N



Obr. 158: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku FH

Průběh zkoušky byl u všech zkušebních těles shodný jako výše uvedeného vzorku EH. Spoj pásů zůstal bez viditelného poškození a vlivem zatížení došlo buď k vytržení hřebíku z podkladu, nebo se dolní asfaltový pás převlékl přes hlavičku hřebíků (viz Obr. 161 a Obr. 162).

### 7.4.2.3 Celkové porovnání kotvení pomocí hřebíků

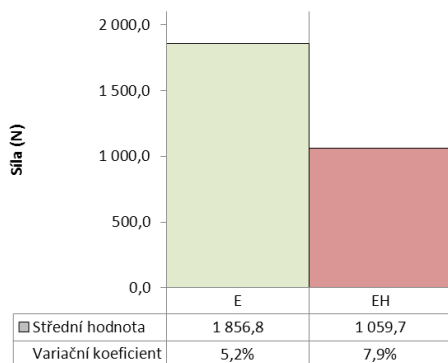
Výsledky měření zkušebních těles E a F kotvených pomocí systémového kotevního prvku s oválnou přítláčnou podložkou jsou uvedeny v kapitole 7.1.1. Výsledky experimentálního měření jednotlivých vzorků.

**Z provedených experimentů obou zkušebních vzorků je patrné výrazné snížení pevnosti spojů zakotvených pomocí hřebíků.** V případě vzorku E je toto snížení dokonce o cca 800 N. Způsob porušení zkušebních těles a naměřené výsledné síly byly pro oba zkušební vzorky v podstatě shodné. **U asfaltového pásu s nosnou vložkou vyšší gramáže nebyl znatelný nárůst pevnosti.** Lze tedy předpokládat, že pevnost hřebíky kotveného asfaltového pásu nelze zvýšit použitím nosné vložky vyšší gramáže.

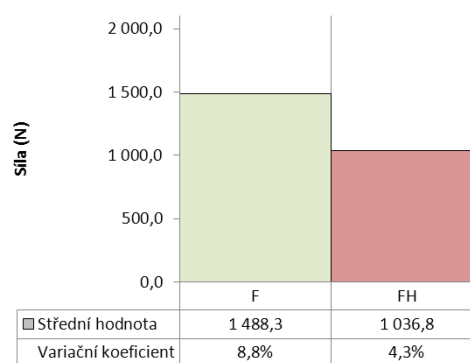
Tabulka 22: Porovnání výsledků klasického a hřebíkového kotvení vzorků E a F

zkušební vzorek:	<b>E</b>	<b>EH</b>	<b>F</b>	<b>FH</b>
asfaltová hmota:	SBS modifikovaná			
ohebnost za nízkých teplot:	-25°C			
tloušťka pásu:	5,2 mm			
nosná vložka:	PES 230 g/m <sup>2</sup> , nevyztužená		PES oboustranně vyztužený, 180 g/m <sup>2</sup>	
šířka přesahu:	100 mm			
největší tahová síla:	podélně: 950 (± 200) N/50mm, příčně: 850 (± 150) N/50mm		podélně: 900 (± 200) N/50mm, příčně: 650 (± 150) N/50mm	
tažnost:	podélně i příčně: 50 (± 10) %		podélně i příčně: 45 (± 10) %	
střední hodnota:	<b>1 856,8 N</b>	<b>1 059,7 N</b>	<b>1 488,3 N</b>	<b>1 036,8 N</b>
směrodatná odch.:	97,4 N	84,0 N	131,6 N	44,1 N
variační koeficient:	5,2%	7,9%	8,8%	4,3%





Obr. 159: Porovnání vzorku E a EH



Obr. 160: Porovnání vzorku F a FH



Obr. 161: Poškození vzorku EH a FH



Obr. 162: Asfaltový pás po vytržení všech hřebíků

### 7.4.3 Hydroizolační povlak z oxidovaného pásu se skleněnou rohoží

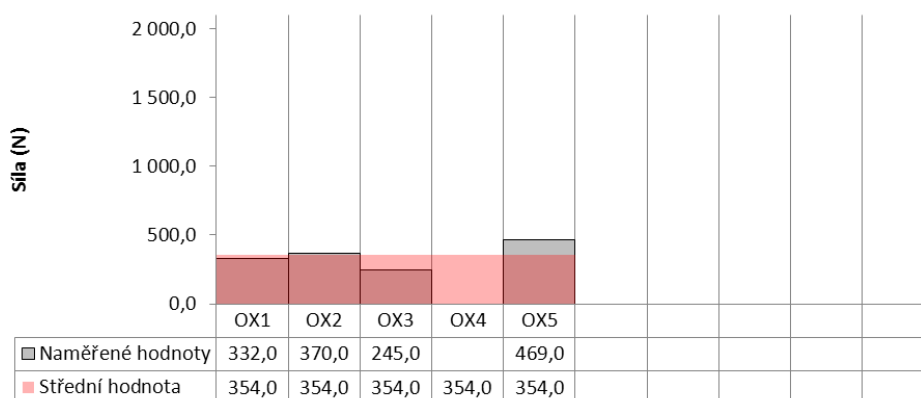
Pro informaci bylo provedeno orientační měření s oxidovaným asfaltovým pásem vyztuženým skleněným rounem – vzorek OX. Měření bylo provedeno se zkušebními tělesy ve variantě zateplené skladby S2, zkušební tělesa byla provedena v počtu 5ks. Rozměry zkušebních těles byly provedeny v souladu s předchozím měřením pro asfaltový pás s délkou spoje 100 mm a kotvením prvkem umístěným předepsaných 10 mm od okraje kotveného pásu – viz Tabulka 16.

#### 7.4.3.1 Zkušební vzorek OX

OX	asfaltová hmota:	oxidovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	0 °C
	tloušťka pásu:	3,5 mm
	nosná vložka:	skleněná rohož
	délka spoje:	100 mm

Výsledky měření zkušební vzorku OX:

- střední hodnota:	<b>354,0</b> N
- směrodatná odchylka:	80,4 N
- variační koeficient:	<b>22,7%</b>
- maximální naměřená hodnota:	469,0 N
- minimální naměřená hodnota:	245,0 N



Obr. 163: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku OX

Deformace jednotlivých vzorků byly v podstatě stejné – na začátku namáhání došlo k rozlepování spoje nejdříve v okolí kotevního prvku a celkově v rozsahu do cca 30% spoje. Poté došlo k mnohačetnému roztržení dolního asfaltového pásu v okolí kotevního prvku (Obr. 164) a následně se hydroizolační povlak oddělil od podkladu (Obr. 165). Ve spoji došlo k oddělení částí pásů (pravděpodobně i z důvodu nekvalitního natavení).



Obr. 164: Roztržení nosné vložky dolního pásu vzorku OX



Obr. 165: Odtržení povlaku od podkladu

**Experimentální měření potvrdilo absolutní nevhodnost oxidovaných asfaltových pásů s nosnou vložkou ze skleněného rouna pro mechanické kotvení.**



## 7.5 Porovnání hydroizolačních povlaků na bázi mPVC

Část výzkumu byla zaměřena na porovnání mechanicky kotvených hydroizolačních povlaků z asfaltových pásů s fóliemi na bázi měkčeného PVC (mPVC). Tak, aby bylo možno porovnat vliv umístění kotevního prvku ve spoji na jeho výslednou pevnost a spolehlivost nejen u asfaltových pásů, ale i u fólií.

Zkušební tělesa byla připravena ve variantě zateplené skladby S2, reprezentující zateplenou jednoplášťovou střechu s klasickým pořadím vrstev. Hydroizolační vrstva z mPVC fólie byla mechanicky zakotvená přes tepelně izolační vrstvu z EPS 100 S tl. 80 mm do podkladní vrstvy z OSB desky tl. 22 mm. Jako kotevní prvek byl použit šroub do dřeva dl. 100 mm v kombinaci s plastovým teleskopem ISO-TAK s průměrem přitlačné podložky 40 mm – specifikace viz 6.5.2 Varianty zkušebních těles. Separační vrstva mezi mPVC a EPS z důvodů zjednodušení přípravy zkušebních těles nebyla použita – vzhledem ke krátké prodlevě, cca 48 hodin, mezi přípravou a provedením experimentů ani nebyla nutná.

Zkušební tělesa byla provedena v počtu 5ks pro každý zkušební vzorek. Rozměry zkušebních těles měly shodné rozměry jako v případě asfaltových pásů s délkou spoje 100 mm – viz Tabulka 16. U tohoto typu mechanicky kotvené mPVC fólie je výrobcem předepsaná min. šířka přesahu 100 mm, přičemž min. šířka svařeného spoje je 30 mm. Kotevní prvek (resp. okraj přitlačné podložky) byl umístěn ve vzdálenosti 0 mm, 10 mm a 20 mm od okraje kotvené fólie.

Varianty různého umístění kotevního prvky byly zkoušeny na dvou zkušebních vzorcích mPVC fólie FA a FB. V obou případech se jedná o mPVC fólii vyztuženou PES mřížkou s šířkou přesahu 100 mm, svařený spoj min. 30 mm. Zkušební vzorek FA tvoří fólie tl. 1,2 mm a vzorek FB fólie tl. 1,5 mm.

### 7.5.1 Dílčí výsledky měření – vzorek FA

FA	hmota:	mPVC-P
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka:	1,2 mm
	nosná vložka:	PES mřížka
	šířka přesahu/svařený spoj:	100 mm / 30 mm
	největší tahová síla:	podélně: $\geq 1\ 000\ \text{N}/50\text{mm}$ , příčně: $\geq 950\ \text{N}/50\text{mm}$
	tažnost:	podélně i příčně: $\geq 15\ \%$

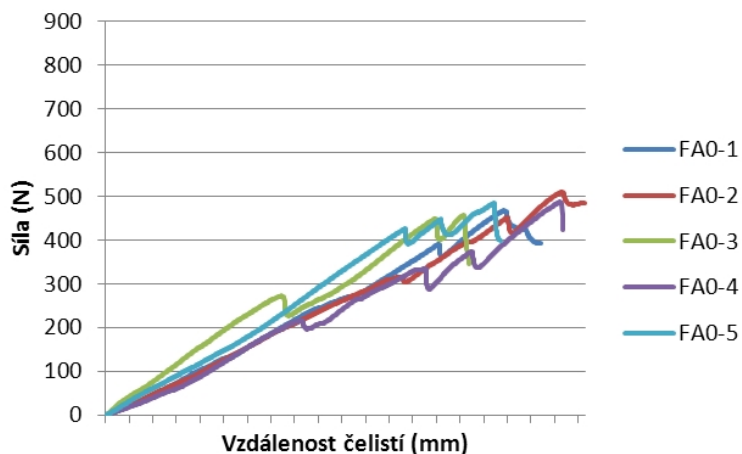
Pro rozlišení jednotlivých zkušebních těles bylo zavedeno následující označení zkušebního vzorku FA ve variantě skladby S2 (XX = pořadové číslo jednotlivých zkušebních těles):

- FA0-XX – kotevní prvek 0 mm od okraje
- FA10-XX – kotevní prvek 10 mm od okraje
- FA20-XX – kotevní prvek 20 mm od okraje

### 7.5.1.1 Zkušební vzorek FA0

Výsledky měření zkušebního vzorku FA0:

- střední hodnota:	<b>481,4</b> N
- směrodatná odchylka:	18,4 N
- variační koeficient:	<b>3,8%</b>
- maximální naměřená hodnota:	510,9 N
- minimální naměřená hodnota:	457,2 N



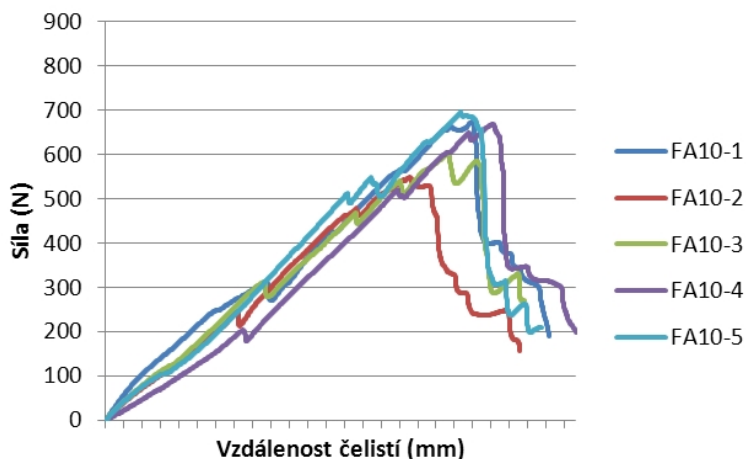
Obr. 166: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku FA0

Průběh experimentálního měření byl u všech zkušebních těles v podstatě stejný – vlivem zatížení došlo k minimálnímu rozlepení (do 1 mm) svařeného spoje uprostřed tělesa. Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolní fólie o dřík teleskopu a k podvlečení hydroizolačního povlaku pod přítlačnou podložkou. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku. Kotevní prvek nevykazoval známky deformace.

### 7.5.1.2 Zkušební vzorek FA10

Výsledky měření zkušebního vzorku FA10:

- střední hodnota:	<b>637,9</b> N
- směrodatná odchylka:	55,1 N
- variační koeficient:	<b>8,6%</b>
- maximální naměřená hodnota:	695,4 N
- minimální naměřená hodnota:	547,5 N



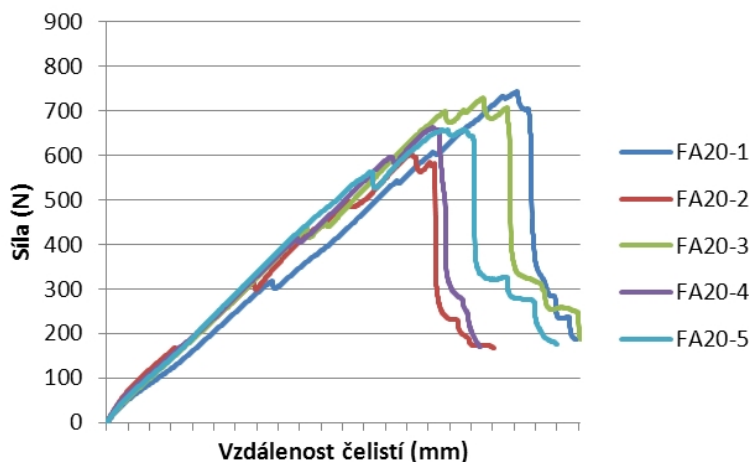
Obr. 167: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku FA10

Průběh experimentů byl u všech zkušebních těles v podstatě stejný – vlivem zatížení došlo k minimálnímu rozlepování (do 1mm) svařeného spoje uprostřed tělesa. Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolní fólie o přitlačnou podložku teleskopu a k převlečení hydroizolačního povlaku přes podložkou. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku. Kotevní prvek nevykazoval známky deformace.

### 7.5.1.3 Zkušební vzorek FA20

Výsledky měření zkušebního vzorku FA20:

- střední hodnota:	<b>679,4 N</b>
- směrodatná odchylka:	50,4 N
- variační koeficient:	<b>7,4%</b>
- maximální naměřená hodnota:	742,8 N
- minimální naměřená hodnota:	605,9 N



Obr. 168: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku FA20

Průběh zkoušky byl u všech zkušebních těles v podstatě stejný – vlivem zatížení došlo k minimálnímu rozlepování svařeného spoje (v celé šířce cca 1 mm, uprostřed

pak 2-3 mm). Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolní fólie o přítlačnou podložku teleskopu a k převlečení hydroizolačního povlaku přes podložku. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku. Kotevní prvek vykazoval známky mírné deformace (ohnutí okraje podložky).

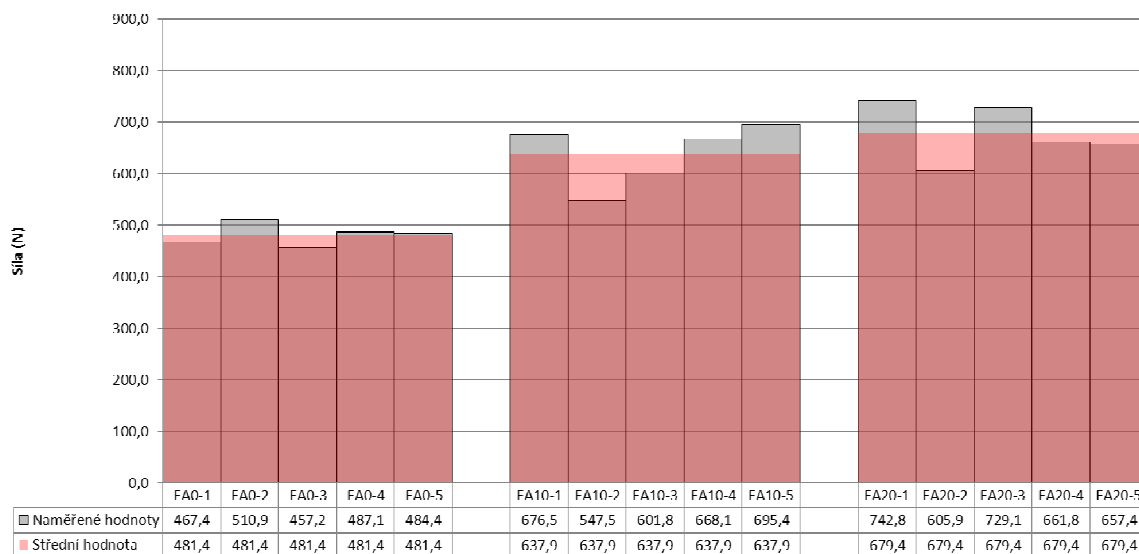
#### 7.5.1.4 Celkové porovnání jednotlivých variant vzorku FA

Z provedeného experimentálního měření jsou jasně patrné rozdíly mezi jednotlivými variantami umístění kotevního prvku ve spoji – viz Tabulka 23 a Obr. 169. Stejně jako u asfaltových pásů tak i u fólií je patrný rozdíl cca 160 N mezi variantou FA0 (kotevní prvek 0 mm od okraje kotveného pásu) a FA10 (kotevní prvek předepsaných 10 mm od okraje kotveného pásu).

Při zvýšení vzdálenosti kotevního prvku z 10 mm na 20 mm pevnost kotveného spoje narostla o dalších 40 N.

Tabulka 23: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku FA, skladba S2

zkušební vzorek:	<b>FA0</b>	<b>FA10</b>	<b>FA20</b>
kotevní prvek od okraje pásu:	0 mm	10 mm	20 mm
hmota:	mPVC-P		
ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C		
tloušťka:	1,2 mm		
nosná vložka:	PES mřížka		
délka přesahu / svařeného spoje:	100 mm / 30 mm		
největší tahová síla:	podélně: $\geq 1\,000$ N/50mm, příčně: $\geq 950$ N/50mm		
tažnost:	podélně i příčně: $\geq 15$ %		
střední hodnota:	<b>481,4 N</b>	<b>637,9 N</b>	<b>679,4 N</b>
směrodatná odch.:	18,4 N	55,1 N	50,4 N
variační koeficient:	3,8%	8,6%	7,4%



Obr. 169: Celkové porovnání zkušebních těles vzorků FA0, FA10 a FA20

## 7.5.2 Dílčí výsledky měření – vzorek FB

FB	hmota:	mPVC-P
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka:	1,5 mm
	nosná vložka:	PES mřížka
	šířka přesahu/svařený spoj:	100 mm / 30 mm
	pevnost v tahu:	podélně: $\geq 1\ 000\ \text{N}/50\text{mm}$ , příčně: $\geq 950\ \text{N}/50\text{mm}$
	tažnost:	podélně i příčně: $\geq 15\ \%$

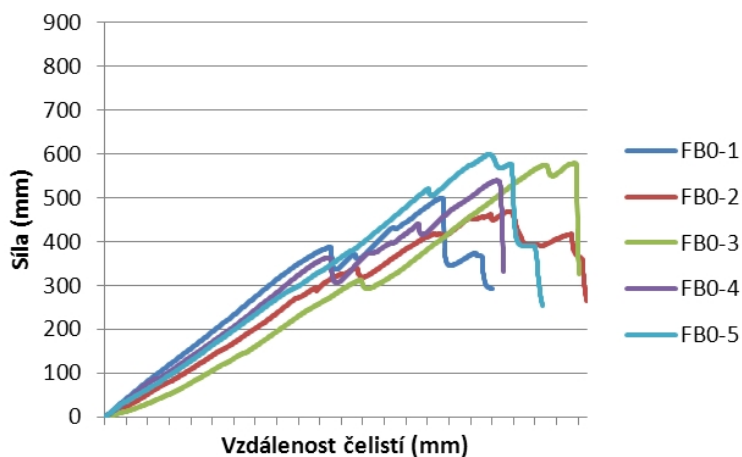
Pro rozlišení jednotlivých zkušebních těles bylo zavedeno následující označení zkušebního vzorku FB ve variantě skladby S2 (XX = pořadové číslo jednotlivých zkušebních těles):

- FB0-XX – kotevní prvek 0 mm od okraje
- FB10-XX – kotevní prvek 10 mm od okraje
- FB20-XX – kotevní prvek 20 mm od okraje

### 7.5.2.1 Zkušební vzorek FB0

Výsledky měření zkušebního vzorku FB0:

- střední hodnota:	<b>537,3 N</b>
- směrodatná odchylka:	48,7 N
- variační koeficient:	<b>9,1%</b>
- maximální naměřená hodnota:	599,6 N
- minimální naměřená hodnota:	469,1 N



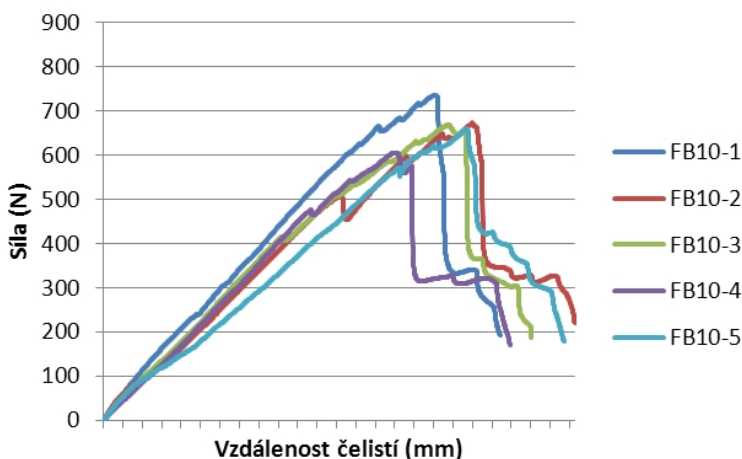
Obr. 170: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku FB0

Průběh experimentálního měření byl u všech zkušebních těles v podstatě stejný – vlivem zatížení došlo k minimálnímu rozlepení (do 1mm) svařeného spoje uprostřed tělesa. Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolní fólie o dřík teleskopu a k podvlečení hydroizolačního povlaku pod přítlačnou podložkou. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku. Kotevní prvek nevykazoval známky deformace.

### 7.5.2.2 Zkušební vzorek FB10

Výsledky měření zkušebního vzorku FB10:

- střední hodnota:	<b>668,1 N</b>
- směrodatná odchylka:	41,7 N
- variační koeficient:	<b>6,2%</b>
- maximální naměřená hodnota:	735,1 N
- minimální naměřená hodnota:	603,8 N



Obr. 171: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku FB10

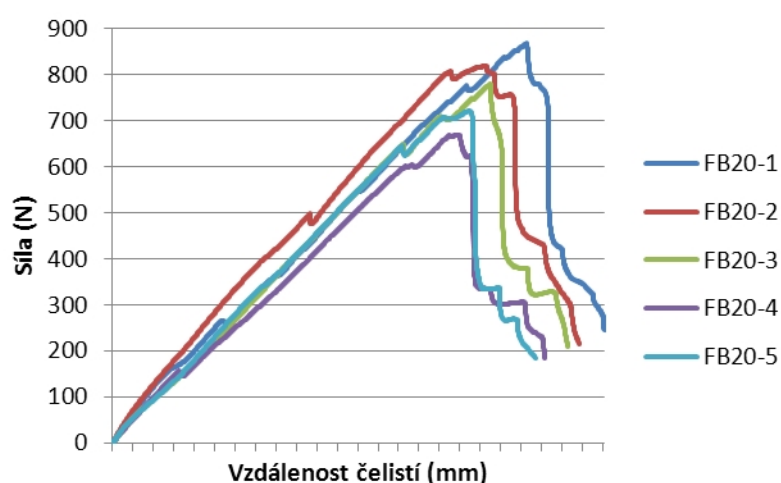
Průběh experimentu byl u všech zkušebních těles v podstatě stejný – vlivem zatížení došlo k minimálnímu rozlepení (do 1mm) svařeného spoje uprostřed tělesa.

Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolní fólie o přítlačnou podložku teleskopu a k převlečení hydroizolačního povlaku přes podložku. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku. Kotevní prvek nevykazoval známky deformace.

### 7.5.2.3 Zkušební vzorek FB20

Výsledky měření zkušební vzorku FB20:

- střední hodnota:	<b>771,0</b> N
- směrodatná odchylka:	70,5 N
- variační koeficient:	<b>9,1%</b>
- maximální naměřená hodnota:	867,6 N
- minimální naměřená hodnota:	668,1 N



Obr. 172: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku FB20

Průběh zkoušky byl u všech zkušebních těles v podstatě stejný – vlivem zatížení došlo k minimálnímu rozlepování svařeného spoje (v celé šířce cca 1 mm, uprostřed pak 2-3 mm). Při vzrůstajícím zatížení následně došlo k roztržení dolní fólie o přítlačnou podložku teleskopu a k převlečení hydroizolačního povlaku přes podložku. Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku. Kotevní prvek vykazoval známky mírné deformace (ohnutí okraje podložky).

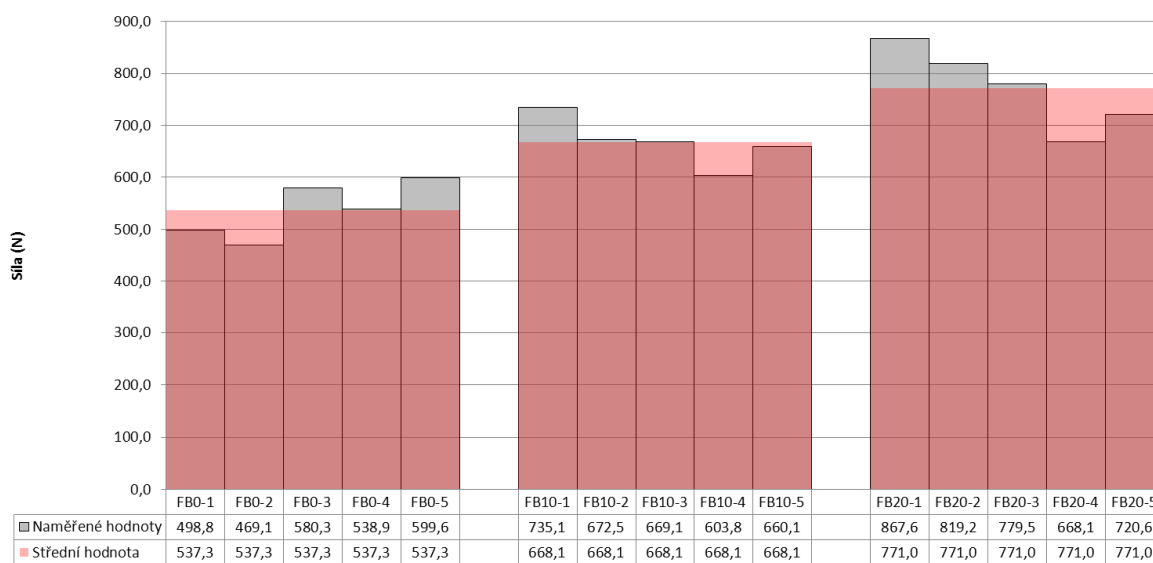
### 7.5.2.4 Celkové porovnání jednotlivých variant vzorku FB

Z provedeného měření jsou jasně patrné rozdíly mezi jednotlivými variantami umístění kotevního prvku ve spoji – viz Tabulka 24 a Obr. 173. Stejně jako u vzorku FA je rozdíl cca 130 N mezi variantou FB0 (kotevní prvek 0 mm od okraje kotveného pásu) a FB10 (kotevní prvek předepsaných 10 mm od okraje kotveného pásu).

Při zvýšení vzdálenosti kotevního prvku z 10 mm na 20 mm se pevnost kotveného spoje nezanedbatelně navýšila o dalších cca 100 N.

Tabulka 24: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku FB, skladba S2

zkušební vzorek:	<b>FB0</b>	<b>FB10</b>	<b>FB20</b>
kotevní prvek od okraje pásu:	0 mm	10 mm	20 mm
hmota:	mPVC-P		
ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C		
tloušťka:	1,2 mm		
nosná vložka:	PES mřížka		
délka přesahu / svařeného spoje:	100 mm / 30 mm		
největší tahová síla:	podélně: $\geq 1\ 000\ \text{N}/50\text{mm}$ , příčně: $\geq 950\ \text{N}/50\text{mm}$		
tažnost:	podélně i příčně: $\geq 15\ \%$		
střední hodnota:	<b>537,3 N</b>	<b>668,1 N</b>	<b>771,0 N</b>
směrodatná odch.:	48,7 N	41,7 N	70,5 N
variační koeficient:	9,1%	6,2%	9,1%



Obr. 173: Celkové porovnání zkušebních těles vzorků FB0, FB10 a FB20



### 7.5.3 Dílčí závěr experimentálního měření povlaků na bázi mPVC

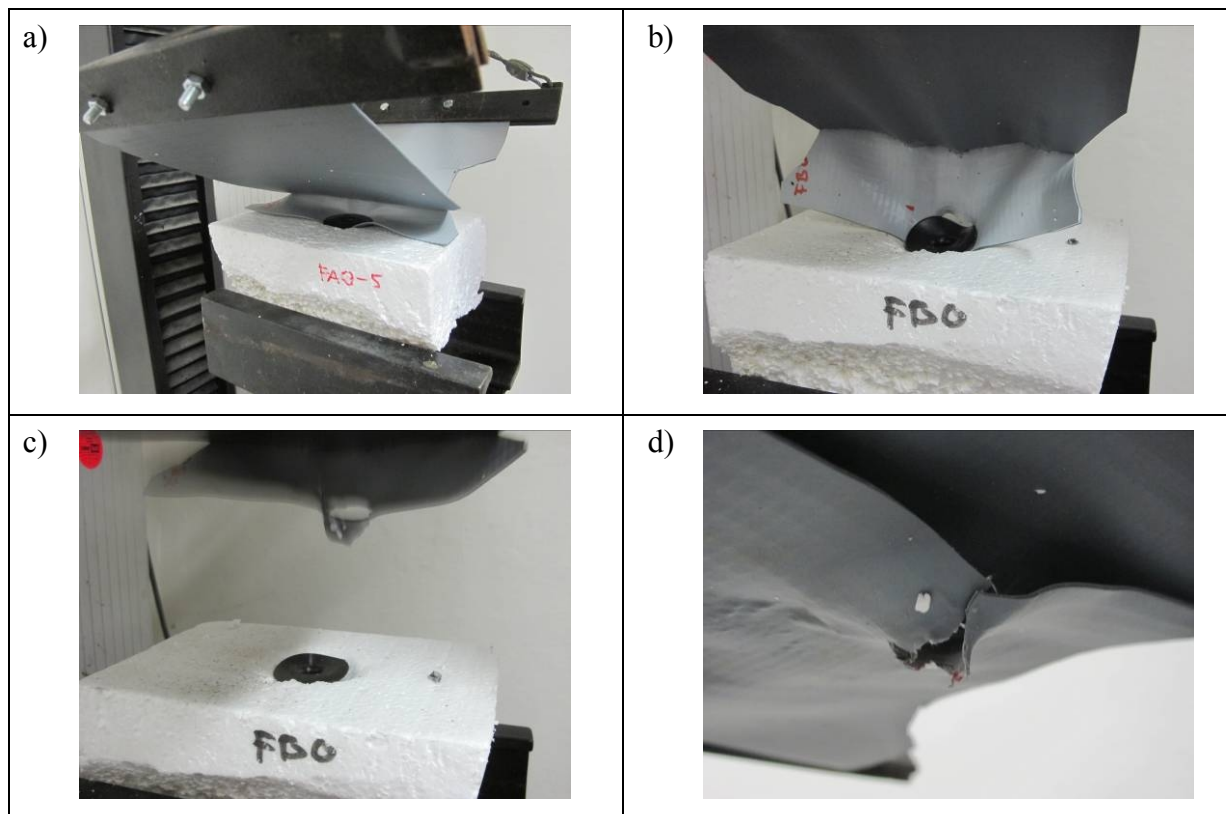
Výsledky obou zkušebních vzorků potvrdily předpoklady experimentálního měření a jsou také v souladu se závěry předcházejících kapitol 7.2 a 7.3.

**Přiblížením teleskopu k okraji kotvené fólie se pevnost spoje výrazně snižuje. Změnou vzdálenosti kotevního prvku od okraje fólie z 10 mm na 20 mm bylo dosaženo u obou zkušebních vzorků nárůstu výsledných pevností.**

Obdobně jako u asfaltových pásů, tak i na zkušebních tělesech z fólie, kde okraj teleskopu byl umístěn zároveň s okrajem kotvené fólie, docházelo k odlišnému způsobu poškození zkušebních těles a výsledným výrazně nižším hodnotám ve srovnání s ostatními variantami umístění teleskopu.

Pokud je okraj přitlačné podložky teleskopu umístěn hned u okraje kotvené fólie (Tabulka 25 a)), není zajištěn dostatečný přitlak a vlivem zatížení dojde k roztržení fólie o dřík teleskopu (Tabulka 25 b)) a k odtržení hydroizolačního povlaku od podkladu (Tabulka 25 c), d)). U vzorku FB s tloušťkou fólie 1,5 mm toto poškození logicky nastává při větším namáhání než u zkušebního vzorku FA s tloušťkou 1,2 mm. Střední hodnota vzorku FA (fólie tl. 1,2 mm; 481,4) je cca o 11% nižší než vzorku FB (fólie tl. 1,5 mm; 537,3 N).

Tabulka 25: Typický průběh poškození zkušebních těles FA0 a FB0

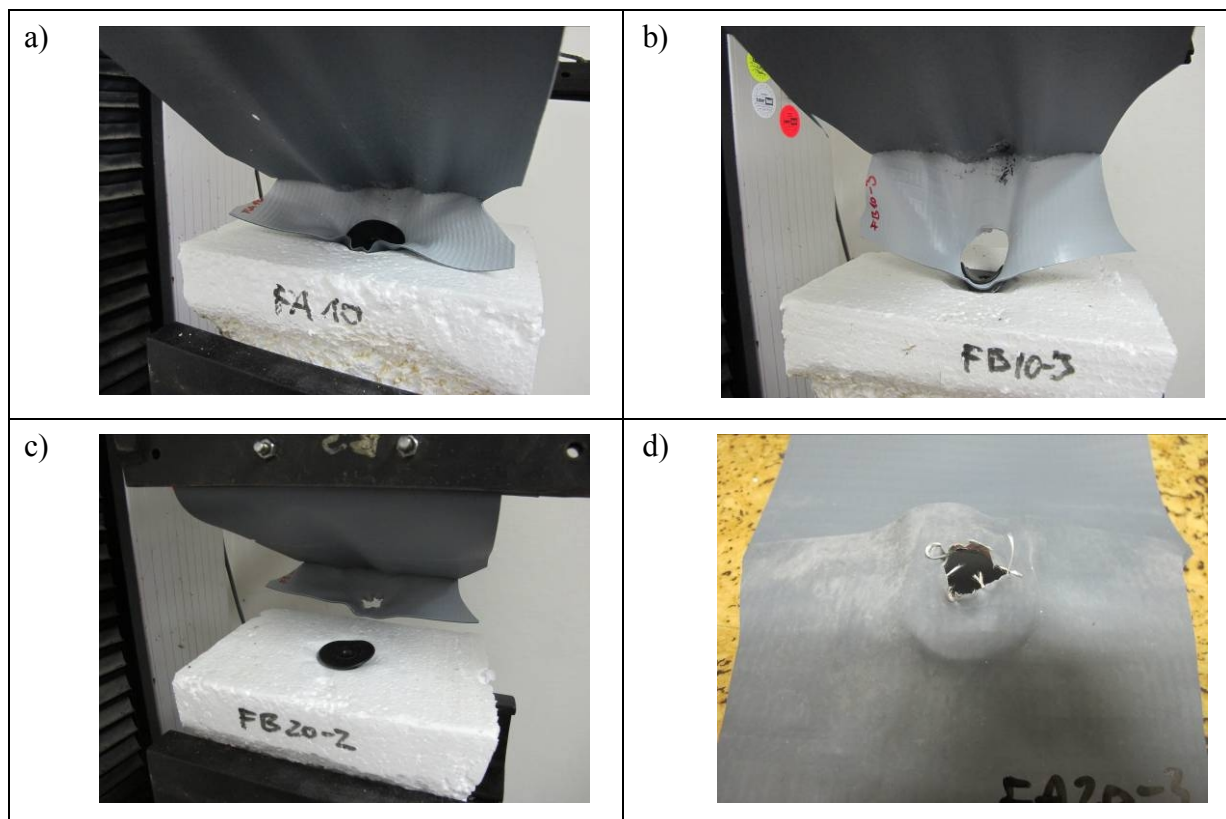


Rozlepování svařeného spoje při tomto namáhání nenastalo, popř. jen v minimální míře – vodotěsnost a spolupůsobení obou fólií nebylo dotčeno. Vlivem tohoto namáhání nebyly patrné známky poškození kotevního prvku (plastového teleskopu).

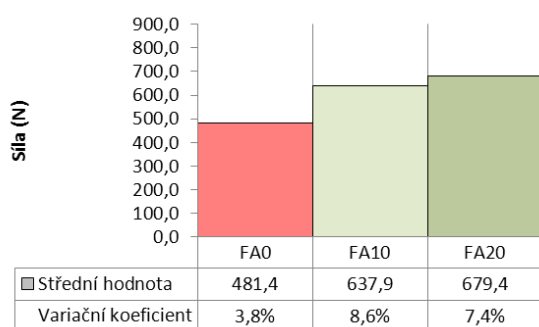
V případě umístění kotevního prvku do vzdálenosti 10 mm nebo 20 mm od okraje kotvené fólie (Tabulka 26 a)) je porušení spoje odlišné ve srovnání s výše popsáním. Při dosažení maximální síly se vlivem zatížení roztrhla nosná vložka v místě teleskopu (Tabulka 26 b)) a následně došlo k převlečení hydroizolačního povlaku přes přitlačnou podložku teleskopu (Tabulka 26 c), d)). Hydroizolační povlak se tak kompletně oddělil od kotevního prvku.

U zkušebních těles vzorků FA10 a FB10 docházelo k drobnému rozlepování spoje v celé šířce zkušebního tělesa. U vzorků FA20 a FB20 navíc vlivem zvýšeného namáhání uprostřed vzorku bylo rozlepení znatelné v šířce cca do 2 mm (Tabulka 26 b)). U těchto vzorků byla patrná také mírná deformace (ohyb) přitlačné podložky teleskopu, nikdy však nedošlo k jeho prasknutí nebo takové deformaci, aby to ovlivnilo pevnost spoje.

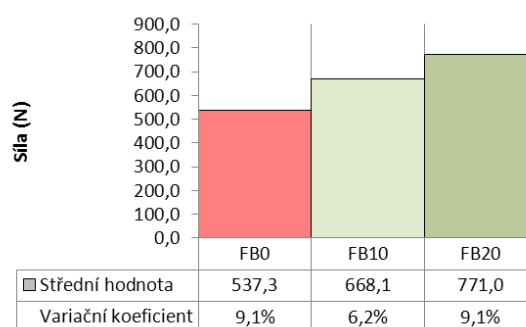
Tabulka 26: Typický průběh poškození zkušebních těles FA10, FB10, FA20 a FB20



Výsledky experimentů ukazují, že v případě mechanicky kotvených fólií je maximální síla závislá na celkové tloušťce fólie - viz vzájemné porovnání výsledků na Obr. 174 a Obr. 175. Oba zkušební vzorky byly vyztuženy stejným typem nosné vložky a lišily se pouze celkovou tloušťkou. Takže s ohledem na způsob porušení zkušebních těles, vrstva větší tloušťky klade při roztržení o dřík nebo podložku kotevního prvku větší odpor. Spolu s hlediskem hydroizolační bezpečnosti by to mohl být jeden z dalších důvodů, proč upřednostnit použití hydroizolační fólie větších tlouštěk.



Obr. 174: Porovnání výsledků vzorku FA (fólie tl. 1,2 mm)



Obr. 175: Porovnání výsledků vzorku FB (fólie tl. 1,5 mm)

## 7.6 Porovnání experimentálního měření se zkouškou simulující reálné namáhání

Pro možnou komparaci výsledků bylo provedeno experimentální měření shodných zkušebních vzorků pomocí metodiky navržené v této práci s výsledky zkoušky simulující reálné namáhání dle metodiky firmy SFS intec (podrobněji viz kapitola 2.8.5 Zkouška simulující reálné namáhání – SFS intec, Heerbrugg).

Zkušební tělesa byla připravena shodně se zkušebním tělesem dle metodiky SFS intec, v podstatě se jedná o upravenou variantu skladby S2 reprezentující zateplenou jednoplášťovou střechu s klasickým pořadím vrstev:

- hydroizolační vrstva z asfaltového pásu (zkušební vzorky SZ1 a SZ2) mechanicky zakotvená kotevním prvkem SFS intec (šroub BS 4,8x70 dl. 70 mm v kombinaci s plastovým teleskopem RP-45 plus z polypropylenu o průměru přítlačné podložky 45 mm),
- separační vrstva (lepenka A330),
- tepelně izolační vrstva z polystyrenu EPS 100 S tl. 100mm,
- podkladní vrstva z OSB desky tl. 22 mm.

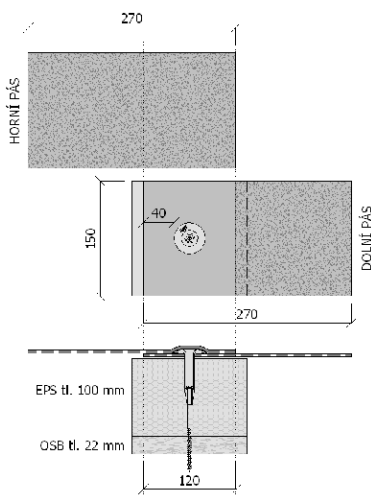
U zkušebního tělesa dle metodiky SFS intec je jako tepelná izolace použita tuhá minerální plst' a podkladní vrstva je tvořena trapézovým plechem tl. 0,75 mm. Při přípravě zkušebního tělesa byl namísto minerální plsti použit expandovaný polystyren stejné tloušťky. Z důvodu možností zkušebního zařízení nebylo možné jako podkladní vrstvu použít trapézový plech, ta byla nahrazena OSB deskou tl. 22 mm – viz Obr. 176 a Obr. 177.

Zkušební vzorky pro měření byly připraveny ze shodného asfaltového pásu, který byl zkoušek na zkušebním zařízení SFS intec – jednalo se v podstatě o zbytky pásů, proto byl možné vyrobit jen omezený počet zkušebních těles.

### 7.6.1 Zkušební vzorek SZ1

SZ1	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka pásu:	5,2 mm
	nosná vložka:	PES 180 g/m <sup>2</sup> , oboustranně vyztužená skleněným vláknem
	šířka přesahu:	120 mm

Na základě protokolu ze zkoušky SFS intec [74] bylo zvoleno shodné umístění kotevního prvku – ten je umístěn ve spoji centricky s okrajem přitlačné podložky 40 mm od okraje kotveného pásu.



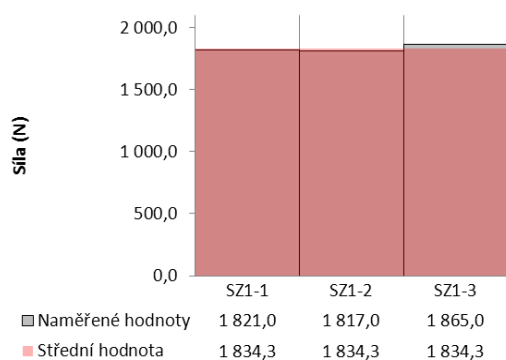
Obr. 176 Rozměry zkušebního tělesa SZ1



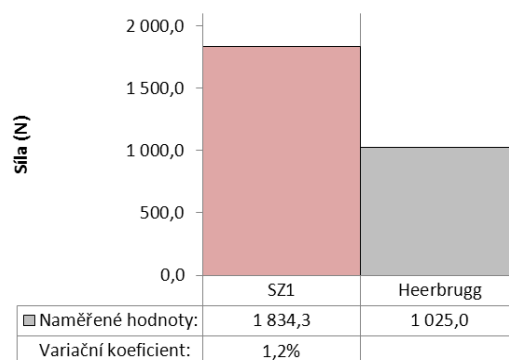
Obr. 177: Zkušební těleso SZ1

Výsledky měření zkušební vzorku SZ1:

- střední hodnota:	<b>1 834,3 N</b>
- směrodatná odchylka:	21,7 N
- variační koeficient:	<b>1,2%</b>
- maximální naměřená hodnota:	1 865,0 N
- minimální naměřená hodnota:	1 817,0 N



Obr. 178: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku SZ1



Obr. 179: Porovnání výsledku měření se zkouškou SFS intec

Experimentální měření proběhlo na 3ks zkušebních těles. Průběh zkoušky jednotlivých těles byl shodný – během namáhání nedocházelo k rozlepování spoje, patrný byl pouze mírný prokluz (do 10 mm) v okolí kotevního prvku. Zkouška byla ukončena selháním kotevního prvku – prasknutím teleskopu (Obr. 180 a Obr. 181).

Při zkoušce pomocí metodiky SFS intec "Zkouška odolnosti proti zatížení větrem podle doplňující směrnice UEAtc, duben 1991" byla naměřena hodnota zatížení na upevňovací prvek před selháním systému **1 025,0 N**. [74]

Podle uvedeného protokolu došlo na zkušebním tělese k otevření spoje a hydroizolační povlak se převlékl přes přítlačné podložky teleskopů.

Porovnáme-li hodnotu maximální síly získanou experimentálním měřením (1 834,3 N) při statickém zatížení s hodnotou naměřenou při dynamické zkoušce SFS intec (1 025,0 N [74]), tak je patrný významný rozdíl – viz Obr. 179.

**Hodnota získaná statickým namáháním je o cca 80% vyšší ve srovnání s dynamickým zatěžováním.** Odlišnému způsobu namáhání odpovídá i rozdílné porušení zkušebního tělesa během zkoušky.



Obr. 180: Prasknutí teleskopu během zkoušky zkušebních těles SZ1



Obr. 181: Detail poškození teleskopu

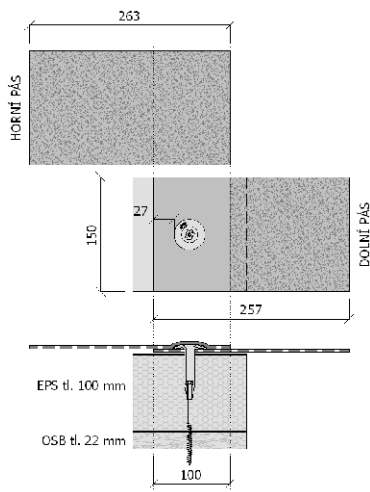


## 7.6.2 Zkušební vzorek SZ2+SZ3

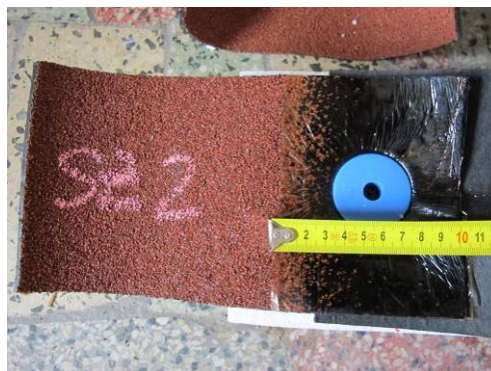
SZ2+SZ3	asfaltová hmota:	SBS modifikovaná
	ohebnost za nízkých teplot:	-25 °C
	tloušťka pásu:	5,2 mm
	nosná vložka:	PES 230 g/m <sup>2</sup> nevyztužená
	šířka přesahu:	100 mm

Pro přípravu zkušebních těles byly použity dva druhy asfaltových pásů, které se sice lišily datem výroby, nicméně parametry tohoto pásu jsou shodné s těmi, které byly zkoušeny pomocí metodiky SFS intec. Pro možnost rozlišení byly oba pásy označeny jako samostatný zkušební vzorek (SZ2 a SZ3), nicméně výsledky jsou uvažovány jako společné (SZ2+SZ3).

Na základě protokolu ze zkoušky SFS intec [75] bylo zvoleno shodné umístění kotevního prvku – ten je umístěn ve spoji centricky s okrajem přitlačné podložky 27 mm od okraje kotveného pásu.



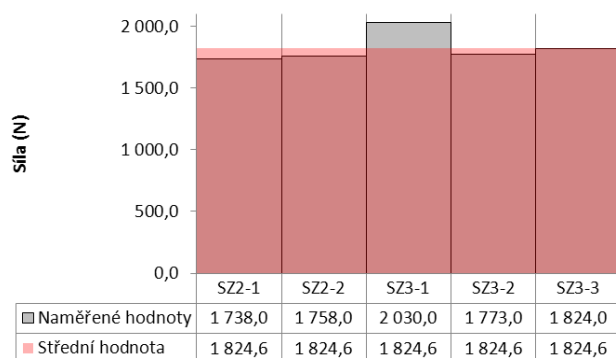
Obr. 182 Rozměry zkušebního tělesa SZ2 a SZ3



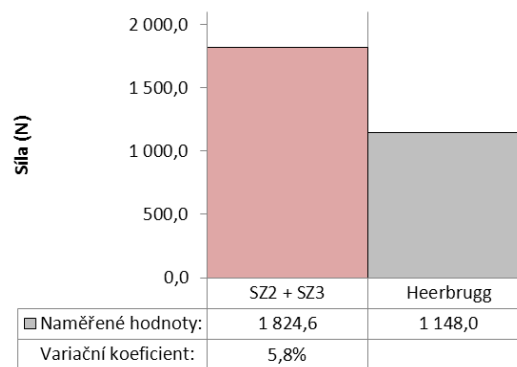
Obr. 183: Zkušební těleso SZ2

Výsledky měření zkušebního vzorku SZ2+SZ3:

- střední hodnota:	<b>1 824,6 N</b>
- směrodatná odchylka:	106,6 N
- variační koeficient:	<b>5,8%</b>
- maximální naměřená hodnota:	2 030,0 N
- minimální naměřená hodnota:	1 738,0 N



Obr. 184: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku SZ2 a SZ3



Obr. 185: Porovnání výsledku měření se zkouškou SFS intec

Měření proběhlo na 5ks zkušebních těles. Průběh zkoušky jednotlivých těles byl shodný – během namáhání nedocházelo k rozlepování spoje, patrný byl pouze mírný prokluz (do 10 mm) v okolí kotevního prvku. Zkouška byla ve dvou případech ukončena selháním kotevního prvku – prasknutím teleskopu (Obr. 186 a Obr. 187). Ve zbývajících zkouškách došlo k deformaci přítlačné podložky teleskopu, roztržení nosné vložky a převlečení pásu přes přítlačnou podložku teleskopu (Obr. 188 a Obr. 189), pás se tak od podkladu kompletně oddělil.

Při zkoušce pomocí metodiky SFS intec "Zkouška odolnosti proti zatížení větrem podle doplňující směrnice UEAtc, duben 1991" byla naměřena hodnota zatížení na upevňovací prvek před selháním systému **1 148,0 N**. [75]

Podle uvedeného protokolu došlo na zkušebním tělese k otevření spoje a hydroizolační povlak se převlékl přes přítlačné podložky teleskopů.

Porovnáme-li hodnotu maximální síly získanou experimentálním měřením (1 824,6 N) získanou při rovnoměrně se zvyšujícím zatížení s hodnotou naměřenou při dynamické zkoušce SFS intec (1 148,0 N [75]), tak viditelný zásadní rozdíl – viz Obr. 185.

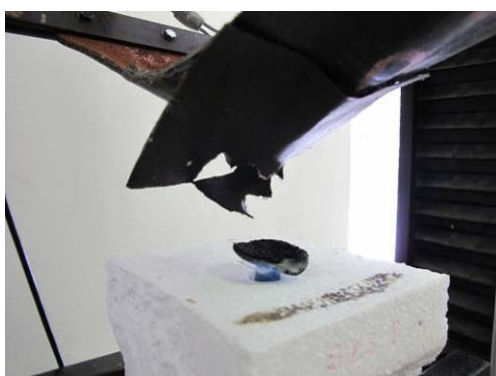
**Hodnota získaná statickým namáháním je o cca 60% vyšší ve srovnání s dynamickým zatěžováním.**



Obr. 186: Prasknutí teleskopu během zkoušky zkušebních těles SZ2+SZ3



Obr. 187: Detail poškození teleskopu zkušebního tělesa SZ3-1



Obr. 188: Převlečení pásu přes teleskop



Obr. 189: Detail poškození teleskopu během zkoušky zkušebních těles SZ2+SZ3

### 7.6.3 Dílčí závěr porovnání zkušebních metodik

**Porovnáme-li naměřené hodnoty obou zkušebních metodik, dojdeme k rozdílným výsledkům.** Odlišnému způsobu namáhání celé sestavy odpovídají i rozdílná poškození zkušebních těles – u statického zatěžování zkušebních vzorků SZ1 a SZ2+SZ3 došlo v pěti případech z osmi k prasknutí teleskopu. Během dynamické zkoušky SFS intec takové poškození teleskopu nenastalo.

Při statickém zatěžování bylo dosaženo obdobných hodnot maximálních sil, ačkoliv se zkušební vzorky asfaltových pásů významně lišily jak gramáží a vyztužením nosné vložky, tak i délkou spoje. Výsledek experimentu závisle spíše na pevnosti kotevního prvku.



## 8 SHRNU TÍ VÝSLEDKŮ EXPERIMENTŮ

### 8.1 Porovnání parametrů asfaltových pásů

Na základě výsledků experimentálního měření a při vzájemném porovnání různých asfaltových pásů z hlediska jedné vybrané materiálové charakteristiky lze předpokládat následující skutečnosti:

- **Asfaltové pásy s větším obsahem modifikátoru v asfaltové hmotě dosahují vyšších pevností mechanicky kotveného spoje.** S vlivem stupněm modifikace samozřejmě úzce souvisí i délka spoje – pásy s délkou spoje 100 mm a vyšším obsahem modifikátoru mohou dosahovat vyšších pevností ve srovnání se slabě modifikovanými pásy a délkou spoje 120 mm.
- **Pevnost spoje mechanicky kotveného asfaltového pásu roste s gramáží PES rohože použité v nosné vložce asfaltového pásu.** U spřažených nosných vložek je celková gramáž snížena o hmotnost skleněných výztužných vláken, což se může snížit výsledné pevnosti ve srovnání s vložkou nevyztuženou. Použití spřažených nosných vložek v jednovrstvých mechanicky kotvených systémech ovšem přináší svoje nenahraditelné výhody.
- **U asfaltových pásů s vyšším stupněm modifikace má délka spoje nevýrazný vliv na výslednou pevnost mechanicky kotveného spoje.** U pásů s nižším stupněm modifikace je předpoklad, že výsledná pevnost závisí na délce spoje mnohem více.
- **Z výsledků nelze prokazatelně stanovit, do jaké míry tloušťka pásu ovlivňuje jeho výslednou pevnost.** Tloušťka asfaltového pásu souvisí nejen s tloušťkou krycích asfaltových vrstev pásu, ale také s gramáží nosné vložky, a ta výslednou pevnost zásadně ovlivňuje.

### 8.2 Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba bez tepelně izolační vrstvy

Na základě výsledků provedeného měření lze konstatovat, že **nedodržení předepsané vzdálenosti kotevního prvku od okraje pásu může výslednou pevnost spoje výrazně ovlivnit.** Přiblížením kotevního prvku k okraji kotveného pásu se pevnost spoje výrazně snižuje. Naopak změnou vzdálenosti kotevního prvku od okraje pásu z 10 mm na 20 mm bylo dosaženo nárůstu maximální síly. Další zvyšování maximální síly při umístění kotevního prvku 30 mm od okraje pásu se nepodařilo prokázat.

### 8.3 Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba s tepelně izolační vrstvou

Na základě výsledků lze konstatovat, že přiblížením teleskopu k okraji kotveného pásu se pevnost spoje výrazně snižuje. Naopak změnou vzdálenosti kotevního prvku od okraje pásu z 10 mm na 20 mm bylo dosaženo nárůstu maximální síly.

**Výsledky všech uvedených experimentálních měření ukazují, že maximální síla závisí na gramáži nosné vložky více než na délce spoje.** Zkušební vzorek s nosnou vložkou z nevyztužené PES rohože  $230 \text{ g/m}^2$  a délkou spoje 100 mm vykazoval ve všech případech vyšší pevnosti než vzorek nosnou vložkou z vyztužené PES rohože  $180 \text{ g/m}^2$  a délkou spoje 120 mm.

### 8.4 Nestandardní aplikace

Na základě výsledků experimentů lze předpokládat, že pootočení oválné podložky kotevního prvku má na výslednou pevnost spoje menší vliv, než umístění kotevního prvku ve vzdálenosti 0 mm od okraje kotveného pásu.

Experimentální měření také prokázalo výrazné snížení pevnosti spojů zakotvených pomocí hřebíků ve srovnání s variantou kotvení pomocí systémových kotevních prvků.

Výsledky experimentů potvrdily absolutní nevhodnost oxidovaných asfaltových pásů s nosnou vložkou ze skleněného rouna pro mechanické kotvení.

### 8.5 Porovnání hydroizolačních povlaků na bázi mPVC

Experimentálním měřením byla potvrzena analogická závislost na umístění kotevního prvku v přesahu i u hydroizolačních povlaků na bázi mPVC. **Přiblížením teleskopu k okraji kotvené fólie se pevnost spoje výrazně snižuje.** Změnou vzdálenosti kotevního prvku od okraje fólie z 10 mm na 20 mm bylo dosaženo nárůstu výsledných pevností.

Výsledky experimentů také ukazují, že v případě mechanicky kotvených fólií je maximální síla závislá na celkové tloušťce fólie.

## **8.6 Porovnání zkušebních metodik**

Výsledky experimentů statické zkušební metodiky navržené v této práci se ve srovnání s dynamickou metodikou SFS intec simulující reálné namáhání vzájemně liší, což je dané odlišným způsobem namáhání celé sestavy. **Obecné závěry při porovnání obou metodik byly v souladu**, hodnoty získané statickým zatěžováním nelze využít pro stanovení návrhových hodnot, ale mohou sloužit pro srovnání různých variant nebo jako předpoklad před provedením zkoušek simulující reálné zatížení.

## 9 ZÁVĚR

### 9.1 Hlavní výsledky disertační práce a doporučení pro praxi

Podrobné výsledky disertační práce jsou uvedeny vždy jako dílčí výsledky v rámci příslušných kapitol. Na základě výsledků měření uvedených v této práci lze základní přínos shrnout do následujících bodů:

1. Při porovnání různých asfaltových pásů z hlediska jedné vybrané materiálové charakteristiky lze uvést následující skutečnosti:
  - Asfaltové pásy s větším obsahem modifikátoru v asfaltové hmotě dosahují vyšších pevností mechanicky kotveného spoje.
  - Pevnost spoje mechanicky kotveného asfaltového pásu roste s gramáží PES rohože použité v nosné vložce asfaltového pásu.
  - U asfaltových pásů s vyšším stupněm modifikace nemá šířka přesahu zásadní vliv na výslednou pevnost mechanicky kotveného spoje.
  - Z výsledků nelze jednoznačně stanovit, do jaké míry tloušťka pásu ovlivňuje jeho výslednou pevnost.

Podrobněji viz 7.1 Porovnání parametrů asfaltových pásů.

2. V rámci porovnání různých variant umístění kotevního prvku ve spoji asfaltových pásů lze konstatovat, že přiblížením kotevního prvku k okraji kotveného pásu se pevnost spoje výrazně snižuje. Naopak změnou vzdálenosti kotevního prvku od okraje pásu z 10 mm na 20 mm bylo dosaženo nárůstu maximální síly. Další zvyšování maximální síly při umístění kotevního prvku 30 mm od okraje pásu se nepodařilo prokázat. Tato skutečnost byla shodná u zkušebních těles charakterizující nezateplenou střechu i střechu s tepelně izolační vrstvou.

Podrobněji viz 7.2.3 Dílčí závěr – různé umístění kotvy ve spoji, skladba S1 a 7.3.3 Dílčí závěr – různé umístění kotvy ve spoji, skladba S2.

3. Nestandardní způsob kotvení pomocí hřebíků představuje výrazné snížení pevnosti kotveného spoje bez ohledu na typ nosné vložky asfaltového pásu.

Podrobněji viz 7.4.2.3 Celkové porovnání

Použití oxidovaných asfaltových pásů s nosnou vložkou ze skleněného rouna pro systémy mechanického kotvení je absolutně nevhodný.

4. Výsledky měření fóliových hydroizolačních povlaků s různými variantami umístění kotevního prvku ve spoji u zkušebních těles s tepelně izolační vrstvou jsou v souladu se závěry uvedenými v bodě 2. Měření potvrdilo, že přiblížením

teleskopu k okraji kotvené fólie se pevnost spoje výrazně snižuje. Změnou vzdálenosti kotevního prvku od okraje fólie z 10 mm na 20 mm bylo dosaženo nárůstu výsledných pevností. Větší tloušťka fólie pozitivně ovlivňuje výsledné pevnosti mechanicky kotveného spoje.

Podrobněji viz 7.5.3 Dílčí závěr experimentálního měření povlaků na bázi mPVC.

5. Výsledky experimentů statické zkušební metodiky navržené v této práci se ve srovnání s dynamickou metodikou SFS intec simulující reálné namáhání vzájemně liší, což je dané odlišným způsobem namáhání celé sestavy.

Podrobněji viz 7.6.3 Dílčí závěr porovnání zkušebních metodik.

## 9.2 Možnosti dalšího pokračování v dané problematice

Na základě získaných výsledků a závěrů uvedených v této práci lze jako další směr zkoumání problematiky spojů mechanicky kotvených systémů navrhnout následující témata:

- Bližší porovnání výsledků měření metodikou stanovenou v této práci s výsledky zkoušek simulující reálné namáhání a pokus o stanovení nebo popsání vzájemné závislosti.
- Zaměření výzkumu na hydroizolační povlaky tvořené souvrstvím dvou asfaltových pásů – zejména varianty, kdy spodní pás hydroizolačního souvrství je tvořen samolepícími pásy typu R s nosnou vložkou ze skleněného rouna nebo skleněné tkaniny.
- Podrobnější výzkum mechanicky kotvených hydroizolačních povlaků z fólií na bázi mPVC a TPO různých tloušťek, popř. vzájemné porovnání shodných typů fólií různých dodavatelů.
- Provedení experimentálního měření zkušebních těles při různých teplotách – zejména se zaměřit na vysoké teploty, kdy pevnost spojů asfaltových pásů dosahuje nižších hodnot.
- Provedení experimentálního měření zkušebních těles podrobených umělému stárnutí.

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### 10.1 Seznam publikovaných prací autora

#### 2007

1. PETŘÍČEK T., *Vliv parozábrany na funkčnost skladeb šikmých střech*, Sborník anotací JUNIORSTAV 2007, Brno 2007, ISBN 978-80-214-3337-3.

#### 2008

2. FAJKOŠ A., PLACHÝ J., PETŘÍČEK T., *Pevnost spojů jednovrstvých mechanicky kotvených asfaltových pásů*, Zborník zo sympózia STRECHY 2008, Bratislava 2008, ISBN 978-80-227-2990-1, Stavebná fakulta STU Bratislava
3. PETŘÍČEK T., *Poruchy víceplášťových střech s nosnou konstrukcí z dřevěných vazníků*, časopis STAVITEL 09/2008, Praha 2008, *Economia a. s.*
4. PETŘÍČEK T., *Použití fólií ve skladbách šikmých střech*, časopis STAVITEL 07/2008, Praha 2008, *Economia a. s.*
5. PETŘÍČEK T., *Jednovrstvé mechanicky kotvené hydroizolační systémy z asfaltových pásů*, Sborník anotací JUNIORSTAV 2008, Brno 2008, ISBN 978-80-86433-45-4
6. PETŘÍČEK T., *Funkčnost skladby šikmé střechy*, časopis STAVITEL 01/2008, Praha 2008, *Economia a. s.*

#### 2009

7. PETŘÍČEK T., *Spoje jednovrstvých mechanicky kotvených asfaltových pásů*, Sborník anotací JUNIORSTAV 2009, Brno 2009, ISBN 978-80-214-3810-1
8. FAJKOŠ A., PLACHÝ J., PETŘÍČEK T., *Pevnost spojů jednovrstvých mechanicky kotvených asfaltových pásů*, časopis STAVEBNÉ MATERIÁLY, vydavatelství: JAGA GROUP, s.r.o., Bratislava 2009
9. PETŘÍČEK T., *Provedení spojů u jednovrstvých systémů*, časopis STAVITEL 03/2009, Praha 2008, *Economia a. s.*

**2010**

10. PETŘÍČEK T., *Parozábrany jednovrstvých plochých střech*, Sborník anotací JUNIORSTAV 2010, Brno 2010, ISBN 978-80-214-4042-5
11. PETŘÍČEK T., *Optimalizace návrhu skladby šikmých střech*, Zborník zo sympózia STRECHY 2010, Bratislava 2010, ISBN 978-80-227-3407-3, Stavebná fakulta STU Bratislava

**2011**

12. SMOLKA, R.; PETŘÍČEK, T.; KACÁLEK, P. *Druhotné polymerní suroviny*. Sborník anotací Juniorstav 2011. 1. Brno, Akademické nakladatelství CERM. 2011. p. 431 - 433. ISBN 978-80-214-4232-0.
13. PETŘÍČEK, T.; KACÁLEK, P.; SMOLKA, R. *Skladby šikmé střechy a vhodná aplikace tepelné izolace*. Juniorstav 2011 Sborník anotací. Brno, Fakulta stavební VUT v Brně. 2011. p. 46 - 46. ISBN 978-80-214-4232-0.
14. KACÁLEK, P.; SMOLKA, R.; PETŘÍČEK, T. *Reflexní parotěsná fólie Sunflex, rozbor výsledků*. Sborník anotací Juniorstav 2011. 1. Brno, Akademické nakladatelství CERM. 2011. p. 42 - 43. ISBN 978-80-214-4232-0.
15. PETŘÍČEK T., PLACHÝ J., *Problematika návrhu rekonstrukce plochých střech*, Zborník zo sympózia STRECHY 2011, Bratislava 2011, Stavebná fakulta STU Bratislava

**2012**

16. SMOLKA, R.; PETŘÍČEK, T.; KACÁLEK, P. *Druhotné polymerní suroviny ve stavebnictví*. Sborník anotací Juniorstav 2012. 1. Brno, Akademické nakladatelství CERM. 2012. p. 514 - 514. ISBN 978-80-214-4393-8.
17. KACÁLEK, P.; SMOLKA, R.; PETŘÍČEK, T. *Teplotní pole obvodového zdiva podsklepeného objektu*. Sborník anotací Juniorstav 2012. 1. Brno, Akademické nakladatelství CERM. 2012. p. 51 - 51. ISBN 978-80-214-4393-8.
18. PETŘÍČEK, T.; KACÁLEK, P.; SMOLKA, R. *Rekonstrukce plochých střech z hlediska odvodnění*. Juniorstav 2012 Sborník anotací. Brno, Fakulta stavební VUT v Brně. 2012. p. 57 - 57. ISBN 978-80-214-4393-8.
19. SEDLÁK, J.; VLACH, F.; JELÍNEK, P.; PETŘÍČEK, T.; SMOLKA, R. *Zásady provádění tepelných izolací při realizaci budov dle principů trvale udržitelné výstavby*. Brno, Národní stavební centrum. 2012. p. 1 - 108. ISBN 978-80-87665-25-1.

20. KRUPICOVÁ, J.; PETŘÍČEK, T. *Opláštění budov, příklady řešení LOP a nejčastější vady a poruchy LOP*. Konferenční sborník, 1. ročník celostátního odborného semináře LOPFAS, Hradec Králové, Stavokonzult, p. 31 - 36
21. REMEŠ J., UTÍKALOVÁ I., KACÁLEK P., KALOUSEK L., PETŘÍČEK T., *Stavební příručka*, Grada Publishing, a.s., 29. 11. 2012, ISBN 978-80-247-3818-5
22. PETŘÍČEK T., PICKA D., *Problematika vnitřního odvodnění při stavebních úpravách plochých střech*, *Střechy-Fasády-Izolace*, 01/2012, NAKLADATELSTVÍ MISE s.r.o., Ostrava, ISSN 1212-0111
23. PETŘÍČEK T., *Rekonstrukce šikmých střech*, *Střechy-Fasády-Izolace*, 10/2012, NAKLADATELSTVÍ MISE s.r.o., Ostrava, ISSN 1212-0111

### **2013**

24. NOVOTNÝ, M.; ŠUHAJDA, K.; SOBOTKA, J.; PETŘÍČEK, T.; GINTAR, J.; PLACHÝ, J., *Analýza rekonstrukce ploché střechy na objektu RD v Brně*, příspěvek na konferenci XXII. mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství Brno 2013, ISBN 978-80-214-4675-5, Brno, 2013
25. SMOLKA, R.; MIZEROVÁ, L.; PETŘÍČEK, T.; PLACHÝ, J. *Podkladní konstrukce pod prahovou spojku dveří*. TZB-info. 2013. 2013(6). p. 1 - 8. ISSN 1801-4399.
26. PLACHÝ, J.; PETRÁNEK, V.; ŠUHAJDA, K.; PETŘÍČEK, T. *Bitumen waterproofing sheets for bridge insulation in the Slovak republic – physical and mechanical properties*, článek Recenzovaný sborník příspěvků vědecké interdisciplinární mezinárodní vědecké konference doktorandů a odborných asistentů QUAERE 2013, ISBN 978-80-905243-7-8, Hradec Králové, 20. – 24. 5. 2013
27. PETRÁNEK, V.; NEVŘIVOVÁ, L.; ŠUBRT, R.; PLACHÝ, J.; PETŘÍČEK, T.; KALOUSEK, L.; CAHA, Z., *Thermal Bridges in Insulation Systems*, článek v *Advanced Materials Research (Volumes 732 - 733)*, ISSN 1022-6680, Švýcarsko, 2013
28. PLACHÝ, J.; PETRÁNEK, V.; ŠUHAJDA, K.; VYSOKÁ, J.; PETŘÍČEK, T.; BEDNÁŘOVÁ, P.; SIDIBE, K.; *Bulk Density of Bitumen Sheets*, článek v *Advanced Materials Research (Volumes 712 - 715)*, ISSN 1022-6680, 2013
29. PETŘÍČEK T., *Spolehlivost spojů mechanicky kotvených hydroizolací*, *Střechy-Fasády-Izolace*, 11-12/2013, NAKLADATELSTVÍ MISE s.r.o., Ostrava, ISSN 1212-0111



## 10.2 Seznam použitých podkladů

### 10.2.1 Použitá literatura

- [1] PEXOVÁ, Jana, ŠTĚPÁNEK, Ladislav, FAJKOŠ, Antonín. *Vybrané stati z pozemního stavitelství – studijní opora modulu M01*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2008.
- [2] FAJKOŠ, Antonín, NOVOTNÝ, Miloslav. *Střechy – základní konstrukce*, Praha: Grada Publishing, a.s., 2003. 164 s. ISBN 80-247-0681-4
- [3] HANZALOVÁ, Lenka, ŠILAROVÁ, Šárka. *Ploché střechy*, Praha: Informační centrum ČKAIT, s.r.o., 2005. 328 s. ISBN 80-86769-71-2
- [4] NOVOTNÝ, Marek, MISAR, Ivan. *Ploché střechy*, Praha: Grada Publishing, a.s., 2003. 180 s. ISBN 80-7169-530-0
- [5] CHALOUPKA, Karel, SVOBODA, Zbyněk. *Ploché střechy - praktický průvodce*, Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. 268 s. ISBN 978-80-247-2916-9
- [6] Cech klempířů, pokrývačů a tesařů ČR. *Pravidla pro navrhování a provádění střech – část první*, Praha: Cech klempířů, pokrývačů a tesařů, 2001. 199 s. ISBN 80-238-6892-6
- [7] Cech klempířů, pokrývačů a tesařů ČR. *Základní pravidla pro navrhování a realizaci plochých střech a hydroizolace spodní stavby*, Praha: Cech klempířů, pokrývačů a tesařů, 2003. 122 s. ISBN 80-239-0247-4
- [8] A.W.A.L. s.r.o., *Sborník 13. ročníku konference IZOLACE 2012*, Praha: A.W.A.L. s.r.o., 2012. 101 s.
- [9] A.W.A.L. s.r.o., *Sborník 14. ročníku konference IZOLACE 2013*, Praha: A.W.A.L. s.r.o., 2013. 117 s.
- [10] BOZDĚCH, Závěš. *Cesta k modifikaci asfaltových pásů a sporná APP modifikace, 1. – 3. část*, Ostrava – Vítkovice: NAKLADATELSTVÍ MISE, s.r.o., 01/2009, 02/2009, 03/2009. 16 s.
- [11] PLACHÝ, Jan. *Spoje asfaltových izolačních pásů za působení teploty a času ve skladbě jednoplášťových plochých střech*. Disertační práce, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2005. 186 s.
- [12] ŠILHAN, Ondřej. *Adheze asfaltových pásů ke kovovému podkladu*. Disertační práce, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2006. 126 s.
- [13] MALYCH, Peter. *Objemové změny asfaltových povlakových krytín plochých striech od teplotného zaťaženia*. Disertační práce, Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Stavební fakulta, 2001. 167 s.
- [14] ETAG 006. *Řídící pokyn pro evropská technická schválení – Systémy mechanicky kotvených pružných střešních hydroizolačních povlaků*. Brusel: Evropská organizace pro technická schválení - EOTA, 03/2000 v novelizovaném znění z 11/2012

- [15] HEINZ WIELAND, Dipl. Bauing. ETH. *Heat losses through flat roof fasteners?* Heerbrugg: SFS intec AG, 11/2006.
- [16] *Doplňkový návod UEAtc k posuzování mechanicky kotvených střešních hydroizolací*, UEAtc: Evropský svaz pro technické schvalování ve stavebnictví (Union Européene pour l'Agrément technique dans la construction), 04/1991
- [17] *A designer's guide to the specification of fasteners*. Heerbrugg: SFS intec AG, 2006.
- [18] *The Shell Bitumen Industrial handbook*. SHELL. Surrey: Shell Bitumen. 1995. 411 s. ISBN 0-95 16625-1-1

### 10.2.2 Použité normy

- [19] ČSN 73 1901. *Navrhování střech: Základní ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 02/2011.
- [20] ČSN P 73 0600. *Hydroizolace staveb - Základní ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 11/2000.
- [21] ČSN P 73 0606. *Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace – Základní ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 11/2000.
- [22] ČSN EN 13707+A2. *Hydroizolační pásy a fólie – Vyztužené asfaltové pásy pro hydroizolaci střech – Definice a charakteristiky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 12/2009.
- [23] ČSN EN 13416. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech - Pravidla pro odběr vzorků*. Praha: Český normalizační institut, 03/2002.
- [24] ČSN EN 12316-1. *Hydroizolační pásy a fólie – Část 1: Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech – Stanovení odolnosti proti odlupování ve spojích*. Praha: Český normalizační institut, 10/2000.
- [25] ČSN EN 12317-1. *Hydroizolační pásy a fólie – Část 1: Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech – Stanovení smykové odolnosti ve spojích*. Praha: Praha: Český normalizační institut, 10/2000.
- [26] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 04/2007.
- [27] ČSN 73 0035 *Zatížení stavebních konstrukcí*. Praha: Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, 05/1988 – 04/2010.
- [28] ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov, část 1: Terminologie*. Praha: Český normalizační institut, 06/2005.
- [29] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov, část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 10/2011.

- [30] ČSN EN 1848-1. *Hydroizolační pásy a fólie - Stanovení délky, šířky a přímosti - Část 1: Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech*. Praha: Český normalizační institut, 11/2000.
- [31] ČSN EN 1849-1. *Hydroizolační pásy a fólie - Stanovení tloušťky a plošné hmotnosti - Část 1: Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech*. Praha: Český normalizační institut, 11/2000.
- [32] ČSN EN 1850-1. *Hydroizolační pásy a fólie - Stanovení zjevných vad - Část 1: Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech*. Praha: Český normalizační institut, 11/2000.
- [33] ČSN EN 1928. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech - Stanovení vodotěsnosti*. Praha: Český normalizační institut, 03/2001.
- [34] ČSN EN 13501-1+A1. *Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 02/2010.
- [35] ČSN EN ISO 11925-2. *Zkoušení reakce na oheň - Zápalnost stavebních výrobků vystavených přímému působení plamene - Část 2: Zkouška malým zdrojem plamene*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 04/2011.
- [36] ČSN EN 13897. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech - Stanovení vodotěsnosti po protažení při nízké teplotě*. Praha: Český normalizační institut, 03/2005.
- [37] ČSN EN 12316-1. *Hydroizolační pásy a fólie – Část 1: Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech – Stanovení odolnosti proti odlupování ve spojích*. Praha: Praha: Český normalizační institut, 10/2000.
- [38] ČSN EN 12317-1. *Hydroizolační pásy a fólie – Část 1: Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech – Stanovení smykové odolnosti ve spojích*. Praha: Praha: Český normalizační institut, 10/2000.
- [39] ČSN EN 1931. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech - Stanovení propustnosti vodní páry*. Praha: Český normalizační institut, 08/2001.
- [40] ČSN EN 12311-1. *Hydroizolační pásy a fólie - Část 1: Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech - Stanovení tahových vlastností*. Praha: Český normalizační institut, 10/2000.
- [41] ČSN EN 12691. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech - Stanovení odolnosti proti nárazu*. Praha: Český normalizační institut, 06/2006.
- [42] ČSN EN 12730. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech - Stanovení odolnosti proti statickému zatížení*. Praha: Český normalizační institut, 08/2001.
- [43] ČSN EN 12310-1. *Hydroizolační pásy a fólie - Část 1: Asfaltové pásy*

- pro hydroizolaci střech - Stanovení odolnosti proti protrhávání (dřík hřebíku).*  
Praha: Český normalizační institut, 10/2000.
- [44] ČSN EN 13948. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech - Stanovení odolnosti proti prorůstání kořenů.* Praha: Český normalizační institut, 10/2007.
- [45] ČSN EN 1107-1. *Hydroizolační pásy a fólie - Část 1: Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech - Stanovení rozměrové stálosti.* Praha: Český normalizační institut, 09/2000.
- [46] ČSN EN 1108. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech - Stanovení tvarové stálosti při cyklických změnách teploty.* Praha: Český normalizační institut, 09/2000.
- [47] ČSN EN 1109. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech - Stanovení ohebnosti za nízkých teplot.* Praha: Český normalizační institut, 10/2000.
- [48] ČSN EN 1110. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech - Stanovení odolnosti proti stékání při zvýšené teplotě.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 04/2011.
- [49] ČSN EN 12039. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech - Stanovení přilnavosti posypu.* Praha: Český normalizační institut, 10/2000.
- [50] ČSN EN 1296. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech - Metoda umělého stárnutí při dlouhodobém vystavení zvýšené teplotě.* Praha: Český normalizační institut, 10/2001.
- [51] ČSN EN 1297. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech - Metoda umělého stárnutí při dlouhodobém vystavení kombinaci UV záření, zvýšené teploty a vody.* Praha: Český normalizační institut, 12/2004.
- [52] ČSN ISO 6988. *Kovové a jiné anorganické povlaky. Zkouška oxidem siřičitým s povšechnou kondenzací vlhkosti.* Praha: Český normalizační institut, 11/1994. + Změna Z1 10/1995
- [53] ČSN EN 16002. *Hydroizolační pásy a fólie - Stanovení odolnosti proti zatížení větrem mechanicky kotvených pásů a fólií pro hydroizolaci střech.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 10/2010.
- [54] DIN 50018:1997-06. *Prüfung im Kondenswasser-Wechselklima mit schwefeldioxidhaltiger Atmosphäre.* Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 06/1997

### 10.2.3 Použité podklady dostupné na internetu

- [55] TL\_Parafor Solo GFX [online], citace: 7. 1. 2013, dostupné z www: [http://www.icopal.cz/uploads/ke%20stazeni/dokumnty-AZ/TL\\_PARAFOR%20SOLO%20GFX.pdf](http://www.icopal.cz/uploads/ke%20stazeni/dokumnty-AZ/TL_PARAFOR%20SOLO%20GFX.pdf)

- [56] Elastobit pv top fix 52 - Icopal [online], citace: 11. 12. 2011, dostupné z www: [http://www.icopal.cz/uploads/ke%20stazeni/dokumnety-AZ/ELASTOBIT%20PV%20TOP%20FIX%2052\\_Technicky\\_list.pdf](http://www.icopal.cz/uploads/ke%20stazeni/dokumnety-AZ/ELASTOBIT%20PV%20TOP%20FIX%2052_Technicky_list.pdf)
- [57] MONOLIGHT\_Technicky\_list\_2012 [online], citace: 7. 1. 2013, dostupné z www: [http://www.icopal.cz/uploads/ke%20stazeni/dokumnety-AZ/MONOLIGHT\\_Technicky\\_list\\_2012.pdf](http://www.icopal.cz/uploads/ke%20stazeni/dokumnety-AZ/MONOLIGHT_Technicky_list_2012.pdf)
- [58] Technický list výrobku [online], citace: 7. 1. 2013, dostupné z www: <http://www.axter.info/docs/tech/f4000fm.pdf>
- [59] ke stažení PDF - Axter CZ [online], citace: 7. 1. 2013, dostupné z www: <http://www.axter.info/docs/souhrn.pdf>
- [60] BauderPRO F Produktdatenblatt [online], citace: 11. 12. 2011, dostupné z www: [http://www.bauder.de/fileadmin/data/downloads/flachdach/fd-produktdatenblaetter/Bauder\\_PRO\\_F\\_Produktdatenblatt\\_1112.pdf](http://www.bauder.de/fileadmin/data/downloads/flachdach/fd-produktdatenblaetter/Bauder_PRO_F_Produktdatenblatt_1112.pdf)
- [61] VEDAPROOF F\_t3\_TI - Vedag [online], citace: 11. 12. 2011, dostupné z www: [http://www.vedag.cz/fileadmin/fm-cz/Ke\\_stazeni/Technicke\\_informace/01\\_Znackove\\_pasy/VEDAPROOF/VEDAPROOF\\_F\\_t3\\_/01.%20VEDAPROOF%20F%20\\_t3\\_TI.pdf](http://www.vedag.cz/fileadmin/fm-cz/Ke_stazeni/Technicke_informace/01_Znackove_pasy/VEDAPROOF/VEDAPROOF_F_t3_/01.%20VEDAPROOF%20F%20_t3_TI.pdf)
- [62] SK Bit 1-PLUS modifikovaný asfaltový pás s ... - georg börner [online], citace: 11. 12. 2011, dostupné z www: [http://www.boerner.cz/produkty/informace\\_produkty/820.pdf](http://www.boerner.cz/produkty/informace_produkty/820.pdf)
- [63] Technický list 717 – 2 – 5 Obchodní název: POLY-Elast 3K S5 ... [online], citace: 11. 12. 2011, dostupné z www: [www.boerner.cz/produkty/informace\\_produkty/717.pdf](http://www.boerner.cz/produkty/informace_produkty/717.pdf)
- [64] KVD E 55 UNO Büsscher Baruplan UNO - Büsscher & Hoffmann [online], citace: 7. 1. 2013, dostupné z www: [http://www.bueho.cz/uploads/dokumenty/technicke\\_listy/KVDE55UNO.pdf](http://www.bueho.cz/uploads/dokumenty/technicke_listy/KVDE55UNO.pdf)
- [65] FLEXTER FLEX TESTUDO SPUNBOND POLYESTER ... - Index [online], citace: 11. 12. 2011, dostupné z www: <http://www.indexspa.com/indexspacom/TECNOPLAN/pdf/255.pdf>
- [66] TESTUDO Spunbond POLYESTER 20 TESTUDO ... - Index S.p.A. [online], citace: 11. 12. 2011, dostupné z www: <http://www.indexspa.com/indexspacom/tecnoplan/pdf/362.pdf>
- [67] PARAFLEX SERIES - Imper [online], citace: 11. 12. 2011, dostupné z www: [http://www.imper.it/public/imper\\_paraflex\\_series\\_eng.pdf](http://www.imper.it/public/imper_paraflex_series_eng.pdf)
- [68] PARALONPLUS ST [online], citace: 11. 12. 2011, dostupné z www: [http://www.imper.it/public/imper\\_paralon\\_plus\\_st\\_eng.pdf](http://www.imper.it/public/imper_paralon_plus_st_eng.pdf)
- [69] PARAGUM ST [online], citace: 11. 12. 2011, dostupné z www: [http://www.imper.it/public/imper\\_paragum\\_st\\_M01\\_eng.pdf](http://www.imper.it/public/imper_paragum_st_M01_eng.pdf)
- [70] PARABIT Technologies - asfaltové pásy [online], citace: 11. 12. 2011, dostupné z www: <http://www.parabit.cz/share/dl.php?f=Paraelast%20Single%20Top%20PVV%20S5>

2.pdf

- [71] SOPRAFIX UNILAY AR / AR FE [online], citace: 11. 12. 2011, dostupné z www: [http://www.soprema-sro.cz/uloztl.php?file=soprafix\\_unilay\\_ar-ar\\_fe.pdf](http://www.soprema-sro.cz/uloztl.php?file=soprafix_unilay_ar-ar_fe.pdf)
- [72] tl\_elastek-50-solo.pdf [online], citace 20. 11. 2013, dostupné z www: [http://dektrade.cz/docs/technicke/tl\\_elastek-50-solo.pdf](http://dektrade.cz/docs/technicke/tl_elastek-50-solo.pdf)
- [73] PLACHÝ, Jan. *Testování hydroizolačních materiálů - kompatibilita asfaltových izolačních pásů*. vydáno: 5.9.2012, citace: 10.11.2013, dostupné na: <http://www.izolace.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=3137>

#### 10.2.4 Ostatní použité podklady

- [74] Zkušební protokol č. PA 001/06, *Zkouška odolnosti proti zatížení větrem podle doplňující směrnice UEAtc, duben 1991*, SFS intec, Heerbrugg, 29. 3. 2006
- [75] Zkušební protokol č. PA 002/06, *Zkouška odolnosti proti zatížení větrem podle doplňující směrnice UEAtc, duben 1991*, SFS intec, Heerbrugg, 3. 4. 2006
- [76] Podklady z přednášek předmětu: *6H7 - Moderní opláštění budov*. Vyučující Doc. Ing. Antonín Fajkoš, CSc. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Akademický rok 2005/06.
- [77] OŠKERA, Aleš. Odborné články na serveru [www.volny.cz/kotveni](http://www.volny.cz/kotveni) [online], citace: 20.11.2013, dostupné z www: <http://www.volny.cz/kotveni/>
- [78] BĚHÁLEK, Luboš. *Přehled základních termoplastů, reaktoplastů a termoplastických elastomerů*, Technická univerzita v Liberci, Katedra strojírenské technologie, 2006.

#### 10.2.5 Fotodokumentace a grafické podklady

- [79] intranet + archiv společnosti Dehtochema Bitumat s.r.o.
- [80] BITUMAX [online], citace: 19. 10. 2013, dostupné z www: <http://www.bitumax.cz/shop/product/show/62>
- [81] SFS intec, katalog výrobků *Systémy upevnění pro ploché střechy*, 01. 02. 2013
- [82] EJOT, talířové hmoždinky, citace: 3. 11. 2013, dostupné z www: <http://www.ejot.cz/produkty/stavebni-upevnovani/mechanicke-upevneni-plochych-strech-fld/talirove-podlozky/>
- [83] CONSTRUCTECH, Wind-load testing, [online], citace: 20. 10. 2013, dostupné z www: <http://www.constructech.se/Templates/Constructech/TwoColumn.aspx?content=99&languageid=2>
- [84] fotoarchiv: Doc. Ing. Antonín Fajkoš, CSc.
- [85] fotoarchiv: Josef Krupka

Disertační práce je doplněna fotografiemi a dalšími grafickými podklady. Pokud není uvedeno jinak, tak je autorem fotografií autor disertační práce, popř. se jedná o ilustrativní obrázky z veřejně dostupných zdrojů.

### 10.3 Seznam obrázků

Obr. 1: První mechanicky kotvená střecha [85] .....	13
Obr. 2: První mechanicky kotvená střecha [85] .....	13
Obr. 3: Použití fasádních hmoždinek při kotvení hydroizolační vrstvy [84] .....	14
Obr. 4: Kotvení fasádními hmoždinkami, navíc nevhodně umístěnými .....	14
Obr. 5: Kotvení v přesazích povlaku [14] .....	15
Obr. 6: Kotvení v ploše povlaku [14] .....	15
Obr. 7: Schéma asfaltového pásu: 1 - úprava okraje, 2 - vrchní povrchová úprava, 3 – vrchní asfaltová vrstva, 4 – nosná vložka s primární asfaltovou vrstvou (penetrována), 5 – spodní asfaltová vrstva, 6 – spodní povrchová úprava [80] .....	16
Obr. 8: Koloidní složení asfaltové hmoty [13] .....	18
Obr. 9: Velmi dobrá disperze SBS modifikátoru v asfaltové hmotě (100x zvětšeno) [79] ..	20
Obr. 10: Slabá disperze SBS modifikátoru v asfaltové hmotě (100x zvětšeno) [79] .....	20
Obr. 11: Vynikající disperze APP modifikátoru v asfaltové hmotě (100x zvětšeno) [79] ..	20
Obr. 12: Velmi špatná disperze APP modifikátoru v asfaltové hmotě (100x zvětšeno) [79] .....	20
Obr. 13: Porovnání pevností v tahu a prodloužení základních typů nosných vložek [11] ..	22
Obr. 14: Nosná vložka ze sklené rohože .....	23
Obr. 15: Nosná vložka ze skleněné tkaniny .....	24
Obr. 16: Průběh tahové zkoušky asfalt. pásu s nosnou vložkou ze skleněné tkaniny [3] ..	24
Obr. 17: Nosná vložka z PES rohože .....	25
Obr. 18: Průběh tahové zkoušky asfalt. pásu s nosnou vložkou z PES rohože 250 g/m <sup>2</sup> [3] .....	25
Obr. 19: Spřažená nosná vložka - PES rohož s obousměrným vyztužením skleněnými vláknami .....	26
Obr. 20: Průběh tahové zkoušky asfaltového pásu se spřaženou nosnou vložkou (trojkombinace) [3] .....	26
Obr. 21: Kotevní šroub do dřeva s kovovou přitlačnou podložkou pro tvrdý podklad .....	31
Obr. 22: Kotevní šroub do oceli s plastovým teleskopem .....	31
Obr. 23: Závitotvorný šroub do betonu [81] .....	32
Obr. 24: Samovrtný šroub s konickým koncem dřívku [81] .....	32
Obr. 25: Samovrtný šroub s "vrtáčkem" [81] .....	32
Obr. 26: Zatlučovací kotva SPIKE [81] .....	32
Obr. 27: Speciální nýt do "problémových" podkladů [81] .....	32
Obr. 28: Přitlačná podložka pro měkký podklad [81] .....	33
Obr. 29: Přitlačná podložka pro tvrdý podklad [81] .....	33
Obr. 30: Příklady různých konstrukcí plastových teleskopů .....	33
Obr. 31: Plastové teleskopy dl. 400 mm .....	33
Obr. 32: Poškození kotevního prvku korozí [17] .....	35

Obr. 33: Schéma namáhání kotevního prvku .....	36
Obr. 34: Kloubové provedení styku podložky s kotevním šroubem [3] .....	37
Obr. 35: Konstrukce kotevního prvku fixující pozici podložky [17] .....	38
Obr. 36: Konstrukce kotevního prvku umožňující vertikální posun [82] .....	38
Obr. 37: Kombinace stejného šroubu a teleskopu pro různé tloušťky tepelné izolace [81] .....	38
Obr. 38: Provádění výtažných zkoušek in situ .....	40
Obr. 39: Výtažné zkoušky v laboratorních podmínkách .....	40
Obr. 40: Viditelné tepelné mosty v místě kotevních prvků [84] .....	42
Obr. 41: Průnik kotevního prvku elastickým SBS modifikovaným pásem .....	42
Obr. 42: Spoje asfaltových pásů: 1 – příčný (čelní) spoj, 2 – podélný (boční) spoj [11] ....	44
Obr. 43: Návalek asfaltové hmoty při natavení spoje asfaltových pásů .....	44
Obr. 44: Schéma namáhání spoje asfaltových pásů [11] .....	46
Obr. 45: Usmýknutí příčných spojů na střeše .....	46
Obr. 46: Selhání kotevního systému povlakové hydroizolační vrstvy [84] .....	47
Obr. 47: Selhání kotevního systému povlakové hydroizolační vrstvy [84] .....	47
Obr. 48: Správné umístění kotevních prvků .....	48
Obr. 49: Nepřípustné umístění kotevních prvků .....	48
Obr. 50: Schématické umístění kotevního prvku ve spoji pásů .....	49
Obr. 51: Vodící čára vymezující přesné umístění kotevního prvku ve spoji [4] .....	49
Obr. 52: Terminologie – a) vzorek, b) zkušební vzorek, c) zkušební těleso, W – délka spoje [11] .....	50
Obr. 53: Schéma zkoušky odolnosti proti odlupování ve spojích (1 – čelisti měřícího zařízení, W – délka spoje) [37] .....	52
Obr. 54: Průběh zkoušky odolnosti proti odlupování ve spojích [79] .....	52
Obr. 55 Schéma zkoušky smykové odolnosti ve spojích (1 – čelisti měřícího zařízení, W – délka spoje) [25] .....	53
Obr. 56: Průběh zkoušky smykové odolnosti ve spojích [79] .....	53
Obr. 57: Zkouška ve skutečném měřítku [83] .....	54
Obr. 58: Zkušební zařízení SFS intec v Heerbruggu (foto: SFS intec) .....	58
Obr. 59: Zkušební těleso před začátkem zkoušky [79] .....	59
Obr. 60: Zkušební těleso v průběhu zkoušky [79] .....	59
Obr. 61: Kotvení fólie v přesahu .....	63
Obr. 62: Kotvení fólie v ploše povlaku .....	63
Obr. 63: Kotvení asfaltového pásu ve spoji .....	63
Obr. 64: Kotvení asfaltového pásu v ploše hydroizolačního povlaku .....	63
Obr. 65: Převažující tangenciální síly na odloupení [11] .....	64
Obr. 66: Převažující lineární - smykové síly na odtržení [11] .....	64
Obr. 67: Bod lámavosti polymerasfaltové směsi v závislosti na množství modifikátoru [11] .....	65
Obr. 68: Bod měknutí polymerasfaltové směsi v závislosti na množství modifikátoru [11] .....	65
Obr. 69: Porovnání mechanických vlastností nosných vložek a asfaltových pásů s příslušnou nosnou vložkou při teplotě +20 °C [11] .....	65
Obr. 70: Schéma zkušebního zařízení .....	69
Obr. 71: Trhací stroj LABORTECH 2.050 .....	69



Obr. 72: Příprava prvních zkušebních těles š. 300 mm.....	70
Obr. 73: Neúspěšná zkouška - vytržení volného konce pásu .....	70
Obr. 74: Zmenšení rozměrů zkušebního tělesa.....	71
Obr. 75: Připravené zkušební těleso.....	71
Obr. 76: Průběh zkoušky .....	71
Obr. 77: Zkušební těleso se skladbou S1 .....	76
Obr. 78: Kotevní prvek pro skladbu S1.....	76
Obr. 79: Zkušební těleso se skladbou S2 .....	76
Obr. 80: Kotevní prvek pro skladbu S2.....	76
Obr. 81: Kombinace výřezů pro horní a dolní pás při přípravě zkušebních těles .....	77
Obr. 82: Rozměry zkušebního tělesa s délkou spoje 120 mm.....	80
Obr. 83: Rozměry zkušebního tělesa s délkou spoje 100 mm.....	80
Obr. 84: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku A .....	81
Obr. 85: Výrazné rozlepení spoje u zkušebního vzorku A .....	82
Obr. 86: Rozlepení spoje s mírnou deformací přitlačné podložky .....	82
Obr. 87: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku B.....	82
Obr. 88: Poškození podkladu.....	83
Obr. 89: Typické poškození spoje vzorku B .....	83
Obr. 90: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku C.....	84
Obr. 91: Poškození spoje bez deformace kotevního prvku .....	84
Obr. 92: Rozlepení spoje bez deformace kotevního prvku u vzorku C.....	84
Obr. 93: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku D .....	85
Obr. 94: Odtržení horního pásu od podložky kotevního prvku v počáteční fázi zkoušky tělesa D .....	86
Obr. 95: Deformace přitlačné podložky a rozlepení větší části spoje .....	86
Obr. 96: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku E.....	86
Obr. 97: Zkušební těleso E10 – při maximálním namáhání není patrné porušení spoje .....	87
Obr. 98: Spolupůsobení separačního pásu s hydroizolačním povlakem.....	87
Obr. 99: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku F .....	88
Obr. 100: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G .....	89
Obr. 101: Rozlepení spoje v okolí přitlačné podložky a počátek její deformace.....	89
Obr. 102: Odtržení povlaku od podkladu a deformování podložky .....	89
Obr. 103: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H .....	90
Obr. 104: Elastická deformace dolního pásu po přetrhnutí nosné vložky .....	91
Obr. 105: Vytržení kotevního prvku z podkladu .....	91
Obr. 106: Porovnání vzorku A, B (spoj 100 mm) .....	92
Obr. 107: Porovnání vzorku D, G (spoj 120 mm) .....	92
Obr. 108: Porovnání vzorku B, E a F.....	93
Obr. 109: Porovnání vzorku F a G (SBS modifikovaný asfalt, -25°C) .....	95
Obr. 110: Porovnání vzorku A a D (SBS modifikovaný asfalt, -20°C).....	95
Obr. 111: Porovnání vzorku B a C.....	96
Obr. 112: Celkové porovnání zkušebních vzorků asfaltových pásů.....	98
Obr. 113: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G0N.....	101
Obr. 114: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G0N .....	102
Obr. 115: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G10N.....	102
Obr. 116: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G10N .....	103

Obr. 117: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G20N.....	103
Obr. 118: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G20N .....	104
Obr. 119: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G30N.....	104
Obr. 120 Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G30N .....	105
Obr. 121: Celkové porovnání výsledků zkušebního vzorku G, skladba S1 .....	106
Obr. 122: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H0N.....	107
Obr. 123: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H0N .....	108
Obr. 124: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H10N.....	108
Obr. 125: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H10N .....	109
Obr. 126: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H20N.....	110
Obr. 127: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H20N .....	110
Obr. 128: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H30N.....	111
Obr. 129: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H30N .....	111
Obr. 130: Celkové porovnání výsledků zkušebního vzorku H, skladba S1 .....	113
Obr. 131: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G0Z .....	118
Obr. 132: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G0Z.....	119
Obr. 133: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G10Z .....	119
Obr. 134: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G10Z.....	120
Obr. 135: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G20Z .....	120
Obr. 136: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G20Z.....	121
Obr. 137: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku G30Z .....	121
Obr. 138: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku G30Z.....	122
Obr. 139: Celkové porovnání výsledků zkušebního vzorku G, skladba S2.....	123
Obr. 140: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H0Z .....	124
Obr. 141: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H0Z.....	125
Obr. 142: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H10Z .....	125
Obr. 143: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H10Z.....	126
Obr. 144: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H20Z .....	126
Obr. 145: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H20Z.....	127
Obr. 146: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku H30Z .....	127
Obr. 147: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku H30Z.....	128
Obr. 148: Celkové porovnání výsledků zkušebního vzorku H, skladba S2.....	129
Obr. 149: Rozměry zkušebního tělesa GP.....	133
Obr. 150: Zkušební těleso GP.....	133
Obr. 151: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku GP .....	134
Obr. 152: Počáteční rozlepení spoje v okolí přitlačné podložky vzorku GP .....	134
Obr. 153: Odtržení povlaku od podkladu a deformování podložky .....	134
Obr. 154: Celkové porovnání výsledků zkušebního vzorku G0N, G10N a GP.....	135
Obr. 155: Schéma rozmístění hřebíků ve spoji zkušebního tělesa .....	136
Obr. 156: Zkušební těleso kotvené hřebíky.....	136
Obr. 157: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku EH .....	137
Obr. 158: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku FH .....	137
Obr. 159: Porovnání vzorku E a EH .....	139
Obr. 160: Porovnání vzorku F a FH.....	139
Obr. 161: Poškození vzorku EH a FH.....	139
Obr. 162: Asfaltový pás po vytržení všech hřebíků.....	139

Obr. 163: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku OX.....	140
Obr. 164: Roztržení nosné vložky dolního pásu vzorku OX .....	140
Obr. 165: Odtřzení povlaku od podkladu .....	140
Obr. 166: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku FA0 .....	142
Obr. 167: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku FA10 .....	143
Obr. 168: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku FA20 .....	143
Obr. 169: Celkové porovnání zkušebních těles vzorků FA0, FA10 a FA20 .....	145
Obr. 170: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku FB0 .....	146
Obr. 171: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku FB10 .....	146
Obr. 172: Průběhy namáhání jednotlivých zkušebních těles vzorku FB20 .....	147
Obr. 173: Celkové porovnání zkušebních těles vzorků FB0, FB10 a FB20 .....	148
Obr. 174: Porovnání výsledků vzorku FA (fólie tl. 1,2 mm) .....	151
Obr. 175: Porovnání výsledků vzorku FB (fólie tl. 1,5 mm) .....	151
Obr. 176: Rozměry zkušební tělesa SZ1 .....	152
Obr. 177: Zkušební těleso SZ1 .....	152
Obr. 178: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku SZ1 .....	153
Obr. 179: Porovnání výsledku měření se zkouškou SFS intec.....	153
Obr. 180: Prasknutí teleskopu během zkoušky zkušebních těles SZ1 .....	153
Obr. 181: Detail poškození teleskopu .....	153
Obr. 182: Rozměry zkušební tělesa SZ2 a SZ3 .....	154
Obr. 183: Zkušební těleso SZ2 .....	154
Obr. 184: Graf s výsledky jednotlivých zkušebních těles vzorku SZ2 a SZ3.....	155
Obr. 185: Porovnání výsledku měření se zkouškou SFS intec.....	155
Obr. 186: Prasknutí teleskopu během zkoušky zkušebních těles SZ2+SZ3 .....	156
Obr. 187: Detail poškození teleskopu zkušební tělesa SZ3-1 .....	156
Obr. 188: Převlečení pásu přes teleskop .....	156
Obr. 189: Detail poškození teleskopu během zkoušky zkušebních těles SZ2+SZ3.....	156

## 10.4 Seznam tabulek

Tabulka 1: Základní fyzikální a mechanické vlastnosti nejčastěji používaných pásů [4], [76] .....	19
Tabulka 2: Orientační porovnání pevností a tažností nejčastěji používaných nosných vložek [11] .....	23
Tabulka 3: Porovnání antikoročních ochranných prvků [3], [76].....	36
Tabulka 4: Porovnání vlivu kotevních prvků na snížení součinitele prostupu tepla U [15] .....	41
Tabulka 5: Celkový přehled a technická specifikace zkušebních vzorků z asfaltových pásů.....	73
Tabulka 6: Celkový přehled zkušebních vzorků z mPVC fólií .....	75
Tabulka 7: Porovnání vlivu stupně modifikace .....	91
Tabulka 8: Porovnání vlivu nosné vložky .....	93
Tabulka 9: Porovnání vlivu délky spoje.....	95
Tabulka 10: Porovnání vlivu tloušťky pásu .....	96

Tabulka 11: Specifikace rozměrů zkušebních těles, varianta S1 .....	100
Tabulka 12: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku G, skladba S1 .....	106
Tabulka 13: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku H, skladba S1 .....	112
Tabulka 14: Typický průběh poškození zkušebních těles G0N a H0N .....	114
Tabulka 15: Typický průběh poškození zkušebních těles G20N a G30N .....	115
Tabulka 16: Specifikace rozměrů zkušebních těles, varianta S2 .....	117
Tabulka 17: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku G, skladba S2 .....	123
Tabulka 18: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku H, skladba S2 .....	129
Tabulka 19: Typický průběh poškození zkušebních těles G0Z a H0Z .....	131
Tabulka 20: Typický průběh poškození zkušebních těles G20Z, H20Z a G30Z a H30Z ..	132
Tabulka 21: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku G .....	135
Tabulka 22: Porovnání výsledků klasického a hřebíkového kotvení vzorků E a F .....	138
Tabulka 23: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku FA, skladba S2 .....	144
Tabulka 24: Výsledky jednotlivých variant umístění kotevního prvku vzorku FB, skladba S2 .....	148
Tabulka 25: Typický průběh poškození zkušebních těles FA0 a FB0 .....	149
Tabulka 26: Typický průběh poškození zkušebních těles FA10, FB10, FA20 a FB20 ....	150

## 10.5 Seznam použitých zkratk

**ETA** (European Technical Approval) Evropské technické schválení

**ETAG** (Guideline for European technical approval) Řídící pokyn pro evropská technická schválení

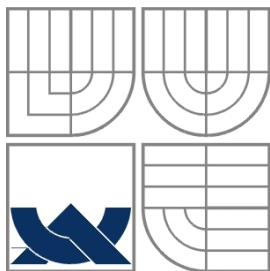
**UEAtc** (Union Européene pour l'Agrément technique dans la construction) Evropský svaz pro technické schvalování ve stavebnictví

**SBS** (styren-butadien-styren) modifikátor asfaltové hmoty patřící do skupiny elastomerů

**APP** (ataktický polypropylen) modifikátor asfaltové hmoty na bázi polymerů

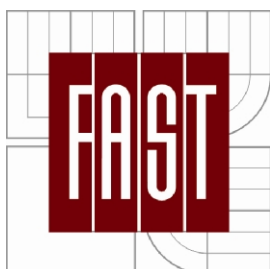
**EPS** expandovaný polystyren

**OSB** (oriented strand board) víceúčelové desky vyráběné lepení orientovaných dřevěných třísek ve třech vrstvách (ve vrchních vrstvách jsou orientovány podélným směrem, ve středové vrstvě jsou orientovány příčným směrem)



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF BUILDING STRUCTURES

## ADHEZE SPOJŮ ASFALTOVÝCH PÁSŮ MECHANICKY KOTVENÝCH

JOINTS' ADHESION OF MECHANICALLY FASTENED BITUMEN SHEETS

PŘÍLOHA: PODROBNÉ VÝSLEDKY  
ANNEX THESIS: DETAILED RESULTS

DISERTAČNÍ PRÁCE  
PHD THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Ing. TOMÁŠ PETŘÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. KAREL ŠUHAJDA, Ph.D.

BRNO 2013

# 11 PŘÍLOHA 1 – PODROBNÉ VÝSLEDKY

## 11.1 Porovnání různých pásů

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku A									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
A1	1 128,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	mírná deformace přitlačné podložky	ne	roztřížení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	pokles síly na 75 %	
A2	578,0	ne	horní pás odtržen od přitlačné podložky + blízkého okolí	ne	bez poškození	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	odtržení souvrství od kotevního prvku	
A3	1 074,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	mírná deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	pokles síly na 75 %	
A4	1 154,0	ano	úplné oddělení obou pásů	ano - spoj rozlepen	mírná deformace přitlačné podložky	ne	spoj rozlepen	rozlepení spoje	
A5	1 046,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	mírná deformace přitlačné podložky	ne	roztřížení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	pokles síly na 75 %	
A6	1 262,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	mírná deformace přitlačné podložky	ne	roztřížení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	pokles síly na 75 %	
A7	1 224,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	mírná deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	pokles síly na 75 %	
A8	-	ne	úplné oddělení obou pásů	ano - spoj rozlepen	bez poškození	ne	spoj rozlepen	rozlepení spoje	přesah nekvalitně sváren
A9	922,0	ano	úplné oddělení obou pásů	ano - spoj rozlepen	bez poškození	ne	spoj rozlepen	rozlepení spoje	
A10	1 014,0	ano	úplné oddělení obou pásů	ano - spoj rozlepen	mírná deformace přitlačné podložky	ne	spoj rozlepen	rozlepení spoje	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku B									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
B1	1 710,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztřížení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	pokles síly na 75 %	
B2	1 670,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	doasažení max. prodloužení	
B3	1 549,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	pokles síly na 75 %	
B4	1 621,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	doasažení max. prodloužení	
B5	1 730,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	doasažení max. prodloužení	
B6	1 714,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	doasažení max. prodloužení	
B7	1 320,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	doasažení max. prodloužení	v části přesahu nedostatečně svařeno
B8		ne	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	podklad z dřevěného prkna tl. 22 mm, nikoliv OSB
B9	1 682,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	doasažení max. prodloužení	
B10		ne	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	podklad z dřevěného prkna tl. 22 mm, nikoliv OSB

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku C									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
C1	1 341,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	pokles síly na 75 %	vytrženo z OSB desky
C2	1 112,0	ne	úplné oddělení obou pásů	ano - spoj rozlepen	bez poškození	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství, pouze horní pás (rozlepený spoj)	rozlepení spoje	nedokonale svařeno
C3	1 491,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
C4	1 095,0	ne	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	pokles síly na 75 %	nedokonale svařeno
C5	1 134,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
C6	1 171,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
C7	1 169,0	ne	úplné oddělení obou pásů	ano - spoj rozlepen	bez poškození	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství, pouze horní pás (rozlepený spoj)	rozlepení spoje	nedokonale svařeno
C8	1 403,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
C9	1 529,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
C10	1 223,0	ano	úplné oddělení obou pásů	ano - spoj rozlepen	bez poškození	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství, pouze horní pás (rozlepený spoj)	odtržení souvrství od kotevního prvku	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku D									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
D1	1 297,0	ano	úplné oddělení obou pásů	ano - spoj rozlepen	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství, pouze horní pás (rozlepený spoj)	rozlepení spoje	
D2	1 716,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhacího stroje	
D3	1 454,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
D4	1 210,0	ne	úplné oddělení obou pásů	ano - spoj rozlepen	bez poškození	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství, pouze horní pás (rozlepený spoj)	rozlepení spoje	spoj nekvalitně svařen
D5	1 468,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
D6	1 260,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tláčen přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	pokles síly na 75 %	
D7	1 326,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
D8	1 529,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
D9	1 411,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
D10	1 325,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	



Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku E									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
E1	1 760,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci	pevnost spoje vyšší než možnosti trhachostroj	
E2	1 785,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci	pevnost spoje vyšší než možnosti trhachostroj	
E3	1 707,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci	pevnost spoje vyšší než možnosti trhachostroj	
E4	1 797,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci	pevnost spoje vyšší než možnosti trhachostroj	
E5	1 793,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci	pevnost spoje vyšší než možnosti trhachostroj	
E6	2 011,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhachostroj	asfalt ze spoje vytlačen na podkladní pás = spolupůsobení
E7	1 950,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhachostroj	asfalt ze spoje vytlačen na podkladní pás = spolupůsobení
E8	1 922,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci	pevnost spoje vyšší než možnosti trhachostroj	
E9	1 871,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci	pevnost spoje vyšší než možnosti trhachostroj	asfalt ze spoje vytlačen na podkladní pás = spolupůsobení
E10	1 972,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhachostroj	asfalt ze spoje vytlačen na podkladní pás = spolupůsobení

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku F									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
F1	1 471,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
F2	1 326,0	ano	úplné oddělení obou pásů	ano - spoj rozlepen	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství, pouze horní pás (rozlepený spoj)	rozlepení spoje	nedokonale svařeno
F3	1 604,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
F4	1 466,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
F5	1 290,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
F6	1 653,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhachostroj	
F7	1 608,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
F8	1 108,0	ne	úplné oddělení obou pásů	ano - spoj rozlepen	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství, pouze horní pás (rozlepený spoj)	rozlepení spoje	velmi špatně svařeno
F9	1 220,0	ne	úplné oddělení obou pásů	ano - spoj rozlepen	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství, pouze horní pás (rozlepený spoj)	rozlepení spoje	nedokonale svařeno
F10		ne							velmi špatně svařeno

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku G10N (= G)									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
G10N-1	1 491,5	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	během zkoušky docházelo k prokluzu v čelistech stroje
G10N-2	1 647,6	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10N-3	1 357,3	ne	nedošlo k rozlepení spoje	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhačice stroje	vysunutí z čelistí stroje
G10N-4	1 305,1	ne	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
G10N-5	1 490,8	ne	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	vysunutí z čelistí stroje
G10N-6	1 483,8	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10N-7	1 809,2	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
G10N-8	1 665,8	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10N-9	1 275,6	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10N-10	1 656,6	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10N-11	1 480,9	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku H10N (= H)									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
H10N-1	1 975,2	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	vytrženo z OSB desky po dosažení maxima
H10N-2	2 020,9	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10N-3	2 030,6	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	vytrženo z OSB desky po dosažení maxima
H10N-4	1 482,3	ne	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pokles síly na 75 %	nedokonale svařeno
H10N-5	1 699,9	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pokles síly na 75 %	
H10N-6	1 620,8	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	pokles síly na 75 %	
H10N-7	1 842,2	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	vytrženo z OSB desky po dosažení maxima
H10N-8	1 639,6	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlékání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10N-9	1 738,8	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10N-10	1 304,2	ne	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku OX									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
OX1	332,0	ano	horní pás odtržen od přítláčné podložky + okolí (cca 30%)	ano - roztržen dolní pás	bez poškození	ne	prasknutí nosné vložky pásu - dolní pás roztržen po obvodu přítláčné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
OX2	370,0	ano	horní pás odtržen od přítláčné podložky + okolí (cca 30%)	ano - roztržen dolní pás	bez poškození	ne	prasknutí nosné vložky pásu - dolní pás roztržen po obvodu přítláčné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
OX3	245,0	ano	horní pás odtržen od přítláčné podložky + okolí (cca 30%)	ano - roztržen dolní pás	bez poškození	ne	prasknutí nosné vložky pásu - dolní pás roztržen po obvodu přítláčné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
OX4	314,0	ne	nedošlo k rozlepení spoje	ano - roztržen horní pás	bez poškození	ne	roztržení horního pásu	roztržení horního pásu	horní pás při natavaování poškozen
OX5	469,0	ano	horní pás odtržen od přítláčné podložky + okolí (cca 30%)	ano - roztržen dolní pás	bez poškození	ne	prasknutí nosné vložky pásu - dolní pás roztržen po obvodu přítláčné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	

## 11.2 Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba S1 (bez tepelně izolační vrstvy)

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku G0N									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
G0N-1	1 439,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0N-2	1 375,2	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0N-3	1 142,9	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0N-4	1 283,4	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0N-5	1 012,5	ne	velmi malé rozlepení spoje (cca 10%)	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytržení z OSB desky	
G0N-6	1 111,4	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0N-7	1 338,3	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0N-8	1 318,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0N-9	1 240,4	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0N-10	1 389,2	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřík kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku G10N (= G)									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
G10N-1	1 491,5	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlekání	odtržení souvrství od kotevního prvku	během zkoušky docházelo k prokluzu v čelistech stroje
G10N-2	1 647,6	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlekání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10N-3	1 357,3	ne	nedošlo k rozlepení spoje	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhacího stroje	vysunutí z čelistí stroje
G10N-4	1 305,1	ne	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
G10N-5	1 490,8	ne	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlekání	odtržení souvrství od kotevního prvku	vysunutí z čelistí stroje
G10N-6	1 483,8	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlekání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10N-7	1 809,2	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
G10N-8	1 665,8	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlekání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10N-9	1 275,6	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlekání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10N-10	1 656,6	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlekání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10N-11	1 480,9	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu podél okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlekání	odtržení souvrství od kotevního prvku	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku G20N									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
G20N-1	1 714,4	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	pokles síly na 75 %	
G20N-2	1 512,9	ne	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
G20N-3	1 845,8	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G20N-4	1 807,3	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G20N-5	1 825,0	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G20N-6	1 185,9	ne	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
G20N-7	1 708,5	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	po dosažení maxima zkouška ukončena, hrozilo vytržení z čelistí
G20N-8	1 639,9	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	po dosažení maxima zkouška ukončena, hrozilo vytržení z čelistí
G20N-9	1 710,8	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G20N-10	1 783,5	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	po dosažení maxima zkouška ukončena, hrozilo vytržení z čelistí

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku G30N									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
G30N-1	1 718,5	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	vytrženo z OSB desky po dosažení maxima
G30N-2	1 673,7	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	pokles síly na 75 %	
G30N-3	1 987,4	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	pokles síly na 75 %	
G30N-4	995,4	ne	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
G30N-5	1 129,5	ne	nedošlo k rozlepení spoje	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
G30N-6	1 679,2	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	pokles síly na 75 %	po dosažení maxima zkouška ukončena, hrozilo vytržení z čelistí
G30N-7	1 830,7	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	pokles síly na 75 %	po dosažení maxima zkouška ukončena, hrozilo vytržení z čelistí
G30N-8	757,0	ne	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
G30N-9	1 842,3	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	vytrženo z OSB desky po dosažení maxima
G30N-10	1 925,1	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	pokles síly na 75 %	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku H0N									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
H0N-1	1 668,8	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřik kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0N-2	1 761,4	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0N-3	1 782,3	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0N-4	1 505,5	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0N-5	1 501,6	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřik kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0N-6	1 488,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřik kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0N-7	1 582,9	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0N-8	1 559,7	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0N-9	1 313,2	ne	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás roztržen o dřik kotvy a podvlečen pod přitlačnou podložkou	odtržení souvrství od kotevního prvku	nekválnětne svařeno
H0N-10	1 535,4	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku H10N (= H)									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
H10N-1	1 975,2	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	vytrženo z OSB desky po dosažení maxima
H10N-2	2 020,9	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztřížení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlekání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10N-3	2 030,6	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	vytrženo z OSB desky po dosažení maxima
H10N-4	1 482,3	ne	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pokles síly na 75 %	nedokonale svařeno
H10N-5	1 699,9	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pokles síly na 75 %	
H10N-6	1 620,8	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 80% - 95%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztřížení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlekání	pokles síly na 75 %	
H10N-7	1 842,2	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	vytrženo z OSB desky po dosažení maxima
H10N-8	1 639,6	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztřížení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlekání	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10N-9	1 738,8	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztřížení nosné vložky dolního pásu přesně po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10N-10	1 304,2	ne	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku H20N									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
H20N-1	2 001,1	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhacího stroje	
H20N-2	1 979,8	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhacího stroje	
H20N-3	1 965,9	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhacího stroje	
H20N-4	1 976,5	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhacího stroje	
H20N-5	1 989,8	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhacího stroje	
H20N-6	1 992,8	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
H20N-7									
H20N-8									
H20N-9									
H20N-10									



Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku H30N									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
H30N-1	1 650,9	ne	nedošlo k rozlepení spoje	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
H30N-2	1 704,6	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	vytrženo z OSB desky po dosažení maxima
H30N-3	1 980,3	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhačního stroje	
H30N-4	1 999,7	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhačního stroje	
H30N-5	1 528,4	ne	nedošlo k rozlepení spoje	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
H30N-6	2 000,2	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhačního stroje	
H30N-7	1 159,1	ne	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%), spoj zůstal "zavřený"	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
H30N-8	1 694,9	ne	nedošlo k rozlepení spoje	ne	deformace přitlačné podložky	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	vytrženo z OSB desky	
H30N-9	1 983,6	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	deformace přitlačné podložky	ne	nedošlo k odtržení celého souvrství	pevnost spoje vyšší než možnosti trhačního stroje	
H30N-10									

## 11.3 Vliv umístění kotevního prvku ve spoji – skladba S2 (s tepelně izolační vrstvou)

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku G0Z									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
G0Z-1	1 274,2	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 15%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o dík teleskopu a podvlečen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0Z-2	1 137,0	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 15%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o dík teleskopu a podvlečen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0Z-3	1 172,5	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 15%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o dík teleskopu a podvlečen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0Z-4	1 197,9	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 15%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o dík teleskopu a podvlečen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0Z-5	1 380,5	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 15%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přitlačné plochy teleskopu	ne	dolní pás roztržen o dík teleskopu a podvlečen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0Z-6	1 217,3	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 15%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o dík teleskopu a podvlečen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0Z-7	1 336,7	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 15%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přitlačné plochy teleskopu	ne	dolní pás roztržen o dík teleskopu a podvlečen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0Z-8	1 130,7	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 15%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o dík teleskopu a podvlečen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0Z-9	1 165,0	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 15%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o dík teleskopu a podvlečen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G0Z-10									



Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku G10Z									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
G10Z-1	1 657,4	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10Z-2	1 368,5	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10Z-3	1 348,2	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10Z-4	1 113,5	ne	horní pás odtržen od přítláčné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	špatně svařeno
G10Z-5	1 449,6	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10Z-6	1 356,4	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10Z-7	1 250,3	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10Z-8	1 545,1	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10Z-9	1 265,6	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G10Z-10									

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku G20Z									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
G20Z-1	1 510,9	ano	horní pás odtržen od přítláčné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G20Z-2	1 534,7	ano	horní pás odtržen od přítláčné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G20Z-3	1 521,4	ano	horní pás odtržen od přítláčné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G20Z-4	1 514,5	ano	horní pás odtržen od přítláčné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G20Z-5	1 361,4	ano	horní pás odtržen od přítláčné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G20Z-6	1 598,5	ano	horní pás odtržen od přítláčné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G20Z-7	1 469,0	ano	horní pás odtržen od přítláčné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přítláčné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G20Z-8		ne							
G20Z-9		ne							
G20Z-10		ne							

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku G30Z									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
G30Z-1	1 357,3	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přitlačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G30Z-2	1 442,6	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přitlačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G30Z-3	1 427,1	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přitlačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G30Z-4	1 334,5	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přitlačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G30Z-5	1 553,6	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přitlačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G30Z-6	1 525,4	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přitlačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G30Z-7	1 617,1	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přitlačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G30Z-8	1 454,9	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přitlačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převedení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
G30Z-9		ne							
G30Z-10		ne							

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku H0Z									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
H0Z-1	1 427,2	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o díř teleskopu a podvedčen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0Z-2	1 609,5	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o díř teleskopu a podvedčen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0Z-3	1 525,8	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o díř teleskopu a podvedčen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0Z-4	1 260,5	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o díř teleskopu a podvedčen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0Z-5	1 329,8	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o díř teleskopu a podvedčen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0Z-6	1 651,9	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o díř teleskopu a podvedčen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0Z-7	1 456,8	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o díř teleskopu a podvedčen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0Z-8	1 556,3	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o díř teleskopu a podvedčen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0Z-9	1 602,1	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o díř teleskopu a podvedčen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H0Z-10	1 315,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	bez poškození	ne	dolní pás roztržen o díř teleskopu a podvedčen pod jeho přitlačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku H10Z									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
H10Z-1	1 899,2	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 15%)	ne	mírná deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převlečení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10Z-2	1 730,0	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převlečení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10Z-3	1 852,7	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převlečení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10Z-4	1 726,8	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převlečení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10Z-5	1 574,5	ne	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ano	nedošlo k odtržení celého souvrství	vytržení z OSB desky	
H10Z-6	1 441,9	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převlečení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10Z-7	1 565,2	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převlečení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10Z-8	1 874,2	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převlečení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10Z-9	1 784,7	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převlečení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
H10Z-10	1 610,0	ano	odtržení horního pásu pouze v místě teleskopu	ne	mírná deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolního pásu kolem teleskopu a převlečení pásu přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	



## 11.4 Vliv nestandardního kotvení

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku GP									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
GP1	1 497,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	pokles síly na 75 %	
GP2	1 501,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	pokles síly na 75 %	
GP3	1 714,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 30% - 50%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztřžení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlečení	odtržení souvrství od kotevního prvku	
GP4	1 549,0	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztřžení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlečení	odtržení souvrství od kotevního prvku	
GP5	1 525,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	pokles síly na 75 %	
GP6	1 484,0	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	pokles síly na 75 %	
GP7	1 601,0	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	roztřžení nosné vložky dolního pásu podél části okraje přitlačné podložky a jeho postupné podvlečení	odtržení souvrství od kotevního prvku	
GP8	1 454,0	ano	minimální rozlepení spoje pouze v místě podložky (cca 10%)	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	pokles síly na 75 %	
GP9	1 452,0	ano	spoj rozlepen v rozsahu cca 50% - 80%	ne	deformace přitlačné podložky	ne	dolní pás tlačěn přitlačnou podložkou i po její deformaci (ohnutí ke kraji dolního pásu)	pokles síly na 75 %	
GP10									

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku OX									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
OX1	332,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ano - roztržen dolní pás	bez poškození	ne	prasknutí nosné vložky pásu - dolní pás roztržen po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
OX2	370,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ano - roztržen dolní pás	bez poškození	ne	prasknutí nosné vložky pásu - dolní pás roztržen po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
OX3	245,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ano - roztržen dolní pás	bez poškození	ne	prasknutí nosné vložky pásu - dolní pás roztržen po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	
OX4	314,0	ne	nedošlo k rozlepení spoje	ano - roztržen horní pás	bez poškození	ne	roztřžení horního pásu	roztřžení horního pásu	horní pás při natavování poškozen
OX5	469,0	ano	horní pás odtržen od přitlačné podložky + okolí (cca 30%)	ano - roztržen dolní pás	bez poškození	ne	prasknutí nosné vložky pásu - dolní pás roztržen po obvodu přitlačné podložky	odtržení souvrství od kotevního prvku	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku EH									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
EH1	1 057,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 1 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
EH2	1 196,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ne	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
EH3	1 152,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ne	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
EH4	937,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 3 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
EH5	1 050,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 4 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
EH6	1 097,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 1 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
EH7	935,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 3 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
EH8	1 103,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 1 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
EH9	1 010,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 1 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
EH10									

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku FH									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
FH1	1 048,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 2 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
FH2	959,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ne	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
FH3	963,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ne	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
FH4	1 087,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 2 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
FH5	1 039,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 1 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
FH6	1 066,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ne	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
FH7	1 081,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 1 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
FH8	1 029,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 2 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
FH9	1 059,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano, 2 ks	vytržení souvrství od desky	odtržení souvrství od podkladu	
FH10									

## 11.5 Porovnání hydroizolačních povlaků z mPVC

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku FA0, FA10, FA20									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
FA0-1	467,4	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	dolní fólie roztržena o dřík teleskopu a podvlečena pod jeho přílačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA0-2	510,9	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	dolní fólie roztržena o dřík teleskopu a podvlečena pod jeho přílačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA0-3	457,2	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	dolní fólie roztržena o dřík teleskopu a podvlečena pod jeho přílačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA0-4	487,1	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	dolní fólie roztržena o dřík teleskopu a podvlečena pod jeho přílačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA0-5	484,4	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	dolní fólie roztržena o dřík teleskopu a podvlečena pod jeho přílačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA10-1	676,5	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA10-2	547,5	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA10-3	601,8	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	dolní fólie roztržena o dřík teleskopu a podvlečena pod jeho přílačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA10-4	668,1	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA10-5	695,4	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA20-1	742,8	ano	horní fólie odtržena uprostře a částečně i po celé délce spoje	ne	malá deformace (ohnutí) přílačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA20-2	605,9	ano	horní fólie odtržena uprostře a částečně i po celé délce spoje	ne	malá deformace (ohnutí) přílačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA20-3	729,1	ano	horní fólie odtržena uprostře a částečně i po celé délce spoje	ne	malá deformace (ohnutí) přílačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA20-4	661,8	ano	horní fólie odtržena uprostře a částečně i po celé délce spoje	ne	malá deformace (ohnutí) přílačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FA20-5	657,4	ano	horní fólie odtržena uprostře a částečně i po celé délce spoje	ne	malá deformace (ohnutí) přílačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	



Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku FB0, FB10, FB20									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
FB0-1	498,8	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	dolní fólie roztržena o dřík teleskopu a podvlečena pod jeho přítačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB0-2	469,1	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	dolní fólie roztržena o dřík teleskopu a podvlečena pod jeho přítačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB0-3	580,3	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	dolní fólie roztržena o dřík teleskopu a podvlečena pod jeho přítačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB0-4	538,9	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	dolní fólie roztržena o dřík teleskopu a podvlečena pod jeho přítačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB0-5	599,6	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	dolní fólie roztržena o dřík teleskopu a podvlečena pod jeho přítačnou plochou	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB10-1	735,1	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB10-2	672,5	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB10-3	669,1	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB10-4	603,8	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB10-5	660,1	ano	horní fólie částečně odtržena uprostře spoje	ne	bez poškození	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB20-1	867,6	ano	horní fólie odtržena uprostře a částečně i po celé délce spoje	ne	malá deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB20-2	819,2	ano	horní fólie odtržena uprostře a částečně i po celé délce spoje	ne	malá deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB20-3	779,5	ano	horní fólie odtržena uprostře a částečně i po celé délce spoje	ne	malá deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB20-4	668,1	ano	horní fólie odtržena uprostře a částečně i po celé délce spoje	ne	malá deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	
FB20-5	720,6	ano	horní fólie odtržena uprostře a částečně i po celé délce spoje	ne	malá deformace (ohnutí) přítačné plochy teleskopu	ne	roztržení nosné vložky dolní fólie kolem teleskopu a převlečení fólie přes teleskop	odtržení souvrství od kotevního prvku	



## 11.6 Porovnání výsledků se zkouškami simulující reálné namáhání

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku SZ1									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
SZ1-1	1 821,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje, pouze malý prokluz v okolí kotevního prvku	ne	prasknutí plastového teleskopu	ne	prasknutí plastového teleskopu	odtržení souvrství od kotevního prvku	k prasknutí teleskopu došlo při poklesu Fmax o cca 100 N
SZ1-2	1 817,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje, pouze malý prokluz v okolí kotevního prvku	ne	prasknutí plastového teleskopu	ne	prasknutí plastového teleskopu	odtržení souvrství od kotevního prvku	
SZ1-3	1 865,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje, pouze malý prokluz v okolí kotevního prvku	ne	prasknutí plastového teleskopu	ne	prasknutí plastového teleskopu	odtržení souvrství od kotevního prvku	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku SZ2									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
SZ2-1	1 738,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje, pouze malý prokluz v okolí kotevního prvku	ne	deformace plastového teleskopu	ne	deformace plastového teleskopu a provlečení spodního pásu	odtržení souvrství od kotevního prvku	
SZ2-2	1 758,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje, pouze malý prokluz v okolí kotevního prvku	ne	deformace plastového teleskopu	ne	deformace plastového teleskopu a provlečení spodního pásu	odtržení souvrství od kotevního prvku	

Výsledky a popis průběhu zkoušek zkušebních těles vzorku SZ3									
zkušební těleso	F max (N)	platnost	rozsah rozlepení spoje	oddělení horního a dolního pásu	poškození kotevního prvku	kotevní prvek vytržen z podkladní desky	odtržení souvrství od podkladní desky	ukončení zkoušky	poznámka
SZ3-1	2 030,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje, pouze malý prokluz v okolí kotevního prvku	ne	prasknutí plastového teleskopu	ne	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	pokles síly na 75 %	protokol není k dispozici (chyba měření), hodnota odečtena pohledem na monitor
SZ3-2	1 773,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	bez poškození	ano	vytržení souvrství od desky vč. kotevního prvku	pokles síly na 75 %	
SZ3-3	1 824,0	ano	nedošlo k rozlepení spoje	ne	deformace plastového teleskopu	ne	deformace plastového teleskopu a provlečení spodního pásu	odtržení souvrství od kotevního prvku	