



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

**VLASTNOSTI SKLOVLÁKNITÝCH GEOMŘÍŽÍ
V KONSTRUKCI VOZOVKY**

PROPERTIES OF REINFORCING GLASS-FIBER GEOGRIDS IN PAVEMENT STRUCTURE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Stanislav Maláník

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ DAŠEK, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Stanislav Maláník
Název	Vlastnosti sklovláknitých geomříží v konstrukci vozovky
Vedoucí práce	Ing. Ondřej Dašek, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Předané vzorky materiálů sklovláknitých výztužných geomříží

Normy řady ČSN EN 12697

ČSN ISO 10319: Geosyntetika – Tahová zkouška na širokém proužku

ČSN ISO 13934-1: Textilie – tahové vlastnosti plošných textilií – Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody STRIP

ČSN EN 15381: Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované na vozovky a asfaltové kryty

TP 147: užití asfaltových membrán a geosyntetik v konstrukci vozovek

Technický manuál pro provádění sklovláknitých mříží

Kniha: Mechanisms of Cracking and Debonding in Asphalt and Composite

Pavements (State of the RILEM TC 241-MCD)

Literatura z internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci bakalářské práce bude věnována pozornost použití sklovláknitých výztužných geomříží v konstrukcích vozovek. Teoretická část práce se zaměří na shrnutí stávajících předpisů, týkajících se používání geomříží ve vozovce.

V praktické části práce bude pomocí vhodných zkoušek hodnocen vliv výstavby vrstev vozovky na změnu vlastností geomříže. Zejména budou laboratorně simulovány účinky vlivu pojezdu stavební techniky po geomříži a také účinky vlivu hutnění nadložní vrstvy na vlastnosti geomříže.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Ondřej Dašek, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se věnuje používání sklovláknitých výztužných geomříží v konstrukci vozovky. Bakalářská práce je zaměřena na základní poznatky o výztužných geosyntetikách a na shrnutí stávajících předpisů, týkajících se používání geomříží ve vozovce v ČR na Slovensku a ve Švýcarsku. Za pomoci vhodných laboratorních zkoušek je hodnocen vliv výstavby vrstev vozovky na změnu vlastností geomříže, především pevnost v tahu. Laboratorně byly simulovány účinky vlivu pojezdu stavební techniky po geomříži a také účinky vlivu hutnění nadložní vrstvy na vlastnosti geomříže.

KLÍČOVÁ SLOVA

Geosyntetikum, skelné vlákno, sklovláknitá geomříž, geokompozit, hutnění segmentovým zhutňovačem, modifikovaná zkouška pojíždění kolem, pevnost v tahu

ABSTRACT

Bachelor's thesis deals with the use of glass fiber reinforcement geogrids in road construction. Bachelor's thesis is focused on basic knowledge of reinforcing geosynthetics and on summary of existing regulations concerning the use of geogrids in roadway. The influence of the construction of the road layers on the change of the geogrid properties is evaluated by suitable tests. In particular, the effects of the impact of the movement of the construction technique on the geogrid and the effects of the compaction of the overlying layer on the geogrid properties were simulated in the laboratory.

KEYWORDS

Geosynthetics, glass fiber, fiberglass grid, geogrid, geocomposite, compaction with a segment compactor, wheel tracking test, tensile strength

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Stanislav Maláník *Vlastnosti sklovláknitých geomříží v konstrukci vozovky*. Brno, 2019. 73 s., 29 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Ondřej Dašek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Vlastnosti sklovláknitých geomříží v konstrukci vozovky* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 22. 5. 2019

Stanislav Maláník
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Vlastnosti sklovláknitých geomříží v konstrukci vozovky* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2019

Stanislav Maláník
autor práce

Zde bych rád vyjádřil poděkování všem, kteří mě podporovali v této bakalářské práci, ale i při celkovém dosavadním studiu. Největší poděkování si zaslouží moji rodiče za jejich vynaložené úsilí, trpělivost a podporu při studiu. Poděkování patří i mé přítelkyni, které mě rovněž velmi podporovala, byla pro mě oporou a vždy mě pozitivně naladila. Dále bych rád touto cestou vyjádřil poděkování Ing. Ondřeji Daškovi, Ph.D za jeho cenné rady, trpělivost, odborný dohled a za poskytnuté informace a podklady při vedení mé bakalářské práce. Rovněž bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Šperkovi za vstřícnost, a za celkový přístup. Dále bych chtěl poděkovat centru AdMaS, ve které mi bylo umožněno využívat laboratoř. Současně bych chtěl poděkovat za umožnění testovat vzorky na zkušebním zařízení v externí laboratoři. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat svému spolubydlícímu a kamarádovi Samuelovi Hlibokému za podporu a milé rozptýlení při psaní práce.

Obsah

1	ÚVOD	10
2	CÍLE PRÁCE.....	12
3	TEORETICKÁ ČÁST	14
3.1	Geosyntetika	14
3.1.1	Terminologie a základní pojmy	14
3.2	Vlastnosti a funkce geomříží ze skelných vláken.....	16
3.2.1	Výroba	16
3.2.2	Polymerní ochrana vláken – coating	16
3.2.3	Základní vlastnosti	17
3.2.4	Funkce geomříží	17
3.3	Poruchy vozovek trhlinami a jejich sanace	17
3.3.1	Mrazové trhliny.....	18
3.3.2	Síťové trhliny.....	18
3.3.3	Reflexní trhliny	19
3.4	Doporučení výrobců při stavbě.....	21
3.4.1	Příprava povrchu.....	21
3.4.2	Instalace	22
3.4.3	Spojovací postřik.....	23
3.4.4	Staveništní provoz na geokompozitu.....	24
3.4.5	Pokládka asfaltových vrstev na geomříži či geokompozitu	24
3.5	Stávající předpisy o geosyntetikách	25
3.5.1	Předpisy v ČR	25
3.5.2	Předpisy na Slovensku.....	28
3.5.3	Předpisy ve Švýcarsku.....	33
3.5.4	Srovnání předpisů	33
4	PRAKTICKÁ ČÁST	34
4.1	Použité zkušební metody	34
4.1.1	Hutnění asfaltových vrstev segmentovým zhutňovačem	34
4.1.2	Určení objemové hmotnosti a míry zhutnění	38
4.1.3	Modifikovaná zkouška pojíždění kolem	39
4.1.4	Pevnost v tahu geomříže se skelnými vlákny	42
4.2	Použité materiály.....	44
4.2.1	Asfaltová směs ohrubné vrstvy	45
4.2.2	Asfaltová směs ložné vrstvy ACL 16+	46
4.2.3	Posyp z kameniva frakce 0/2	47
4.2.4	Vyrovnávací vrstva SAL 8	48
4.2.5	Geomříže ze skelných vláken	49
4.2.6	Vzorky 1, 2, 4	50

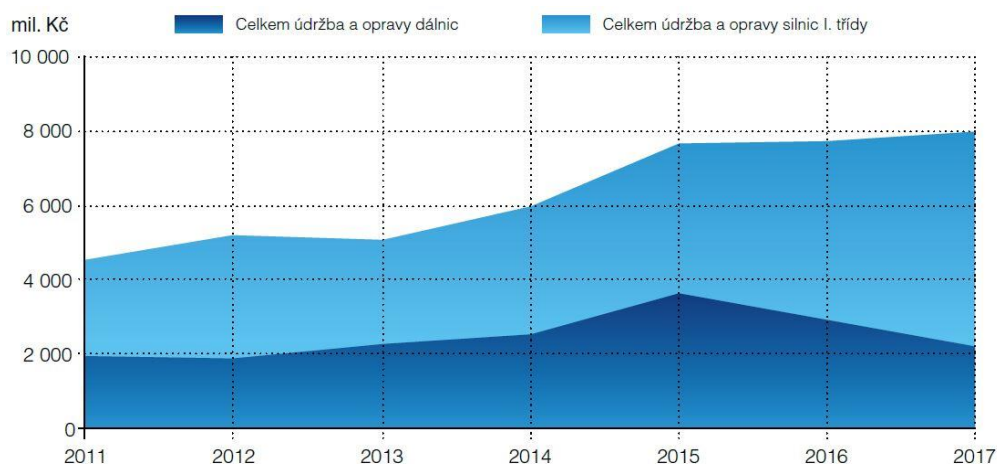
4.2.7	Vzorek 3.....	51
4.2.8	Vzorek 5.....	52
5	VÝSLEDKY	53
5.1	Referenční vzorky	53
5.1.1	Vzorky 1.....	53
5.1.2	Vzorky 2.....	54
5.1.3	Vzorky 3.....	54
5.1.4	Vzorky 5.....	55
5.2	Vzorky po simulaci účinků hutnění nadložní vrstvy segmentovým zhutňovačem	55
5.2.1	Vzorky 1 simulace hutnění	55
5.2.2	Vzorky 2 simulace hutnění	56
5.2.3	Vzorky 3 simulace hutnění	56
5.2.4	Vzorky 4 simulace hutnění s mezivrstvou kameniva frakce 0/2	57
5.2.5	Vzorky 5.....	58
5.2.6	Zhodnocení výsledků simulace hutnění.....	58
5.3	Simulace pojezdu stavební techniky modifikovanou zkouškou pojíždění kolem 60	
5.3.1	Vzorky 1.....	60
5.3.2	Vzorky 2.....	61
5.3.3	Vzorky 3.....	61
5.3.4	Zhodnocení výsledků simulace pojezdu těžké nákladní techniky	61
5.4	Kombinace simulace hutnění a simulace pojezdu těžké nákladní techniky....	62
5.4.1	Vzorky 1.....	62
5.4.2	Vzorky 2.....	62
5.4.3	Vzorky 3.....	62
5.4.4	Zhodnocení výsledků kombinace simulace hutnění a simulace pojezdu těžké nákladní techniky	63
5.5	Celkové zhodnocení výsledků	64
6	ZÁVĚR.....	66
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	68
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
9	SEZNAM TABULEK	72
10	SEZNAM GRAFŮ	73
11	PŘÍLOHY.....	74
11.1	Asfaltová směs obrušné vrstvy ACO 11+	74
11.2	Asfaltová směs ložné vrstvy ACL 16+	74
11.3	Protokoly z tahových zkoušek	75
11.3.1	Simulace hutnění	75
11.3.2	Simulace pojíždění.....	95
11.3.3	Kombinace simulace hutnění a pojíždění	99

1 ÚVOD

Současná podoba silniční sítě v České republice je výsledkem dlouhodobého historického vývoje. kdy povaha země způsobuje střední až těžké dopravní zatížení dálnic a silnic. ČR je velmi využívána tranzitní či kamionovou dopravou, což také vede ke zvyšování dopravního zatížení silnic. Obnova a modernizace dopravní infrastruktury se stala ve většině krajů v ČR jednou z priorit, na kterou jsou vynakládány značné finanční prostředky.

S narůstajícím dopravním zatížením dochází zejména u netuhých vozovek ke zvýšenému porušování vozovky mnohačetnými typy trhlin či jiných deformací. Odstranění těchto poruch můžeme docílit rozsáhlou rekonstrukcí komunikací. Práce tohoto typu jsou však velmi finančně nákladné. Vzhledem k omezenému rozpočtu, který se do oprav komunikací investuje, nejsou tyto rekonstrukce zpracovány v takovém rozsahu, v jakém by si zasloužily, ale pouze v nejnutnější formě. Problémem je pak i samotný způsob opravy, jelikož většinu investorů zajímá hlavně cena. Zakázky pak bývají ve výsledku často podhodnocené na úkor výsledné kvality prací a potažmo celkové kvality opravy komunikace [1].

V ČR se např. v roce 2017 vynaložilo na opravy a údržby silnic a dálnic 2,250 mld. Kč a pro silnice I. tříd to bylo dokonce 7,971 mld. Kč [2]. Na následujícím Obrázku 1 je zachycen vývoj finančních prostředků vynaložených na údržbu a opravy dálnic a silnic I. třídy v ČR v posledních letech. Z grafu je patrný zejména nárůst prostředků vynaložených na silnice I. tříd.



Obrázek 1 - Finanční prostředky vynaložené na opravu silnic, zdroj [2]

Je potřeba hledat nová řešení, která by vedla k prodloužení životnosti vozovek, tudíž by se ušetřily finanční prostředky vynakládané na následné opravy komunikací. Z tohoto pohledu se jako velmi zajímavé řešení ukazuje využití výztužných sklovláknitých mříží či geokompozitů v konstrukcích vozovek. Použití sklovláknitých mříží při opravách silnic může výrazně přispět k zastavení či omezení šíření různých trhlin a deformací ve vozovce.

Další možností využití těchto mříží je při opravách porušených okrajů vozovek, či při rozšíření úzkých vozovek, zejména silnic II. a III. tříd. Při výstavbách nových silnic by použití výztužných mříží mohlo zajistit snížení tloušťky vozovky, což by se mohlo pozitivně projevit na snížení finančních nákladů.

2 CÍLE PRÁCE

Tato bakalářská práce se věnuje používání sklovláknitých výztužných geomříží v konstrukci vozovky. Práce se skládá se ze dvou částí – teoretické a praktické.

Teoretická část se zabývá stručnou rešerší základních pojmů, terminologií a vlastnostmi geomříží. Dále se věnuje aplikaci výztužných geosyntetik na stavbě a zabývá se porušením vozovek trhlinami. V neposlední řadě se zabývá shrnutím stávajících předpisů ve Švýcarsku, České a Slovenské republice, týkajících se používání geomříží ve vozovce.

Praktická část práce se zabývá testováním vlivů na geomříže, které mohou nastat zejména během reálné výstavby. Hlavním cílem práce je stanovit, do jaké míry může samotná výstavba silnice ovlivnit vlastnosti geomříží, které jsou zabudovány mezi asfaltovými vrstvami. Geomříže jsou během výstavby vystaveny dvěma hlavními vlivům, a to:

- Účinku pojezdu těžkých nákladních vozidel s asfaltovou směsí a pojezdu hutnících válců.
- Účinku hutnění nadložní vrstvy nad geomříží.

Tyto vlivy výstavby budou laboratorně simulovány pomocí dvou laboratorních zkoušek, a to:

- **Hutnění nadložní vrstvy pomocí segmentového zhutňovače**, kdy se nejprve v laboratoři zhutní zkušební desky ze směsi Asfaltového betonu pro ložní vrstvy ACL 16 +, na které budou následně aplikovány různé výztužné mříže. Na tyto mříže bude následně zhutněna vrstva z Asfaltového betonu pro obrusné vrstvy ACO 11 +. Okamžitě po zhutnění budou výztužné mříže vyjmuty.
- **Modifikovaná zkouška vyjetí kolem**, kdy bude výztužná mříž vystavena účinku pojezdu zkušebním kolem. Výztužná mříž bude umístěna na povrchu desky z asfaltové směsi a po zkoušce bude vyjmuta.
- **Kombinace obou zkoušek** (výztužná mříž bude nejprve vystavena účinkům hutnění nadložní vrstvy a následně vystavena účinkům pojezdu zkušebním kolem).

Na vzorcích sklovláknitých výztužných geomříží vystavených účinkům zatěžování se provede zkouška pevnosti v tahu a její výsledky se porovnají s pevností v tahu vzorků nevystavených účinkům zatěžování. Z výsledků se zjistí, jak moc se mříž poškozuje vlivem pojíždění těžkých nákladních vozidel během výstavby vozovky.

Jedním z podnětů pro tuto práci byla Bakalářská práce Bc. Petra Veselého, který se mimo jiné zabýval právě vlivem pojezdu stavební technikou (těžkých nákladních vozidel). Pro simulaci pojezdu provedl modifikovanou zkoušku vyjetí kolem (tj. zatížení 5000 cykly) po geomříži s coatingem a bez coatingu (polymerní ochrana vláken). Z výsledků zkoušky zjistil, že při teplotě 40 °C došlo ke snížení pevnosti v tahu o 66 %. V závěru práce však konstatuje, že použité zatížení bylo podstatně vyšší než reálné zatížení na stavbě, kde dochází k přejezdu max. desítek vozidel [3]. Protože však u výztužných mříží, které zkoumal, došlo ke značnému poklesu pevností v tahu, stojí za to se zkoumáním této problematiky hlouběji věnovat. V rámci mé práce budou výztužné mříže vystaveny účinkům nižšího počtu pojezdů kolem, který bych se mohl více blížit realitě.

3 TEORETICKÁ ČÁST

3.1 Geosyntetika

Geosyntetika našla rozsáhlé uplatnění už před více jak 50 lety, kdy byla a dodnes jsou stále používána za účelem zlepšení vlastností konstrukčních vrstev silničního tělesa. Novinkou v tomto odvětví se stalo využití sklovláknitých výztužných geomříží pro asfaltové vozovky, které zajišťují značnou tuhost a zejména přenášení tahových sil mezi vrstvami [4].

3.1.1 Terminologie a základní pojmy

Základní pojmy a druhy výztužných prvků pro konstrukce vozovek jsou definovány v technických podmínkách TP 147.

3.1.1.1 Geosyntetikum (GSY)

Je to univerzální termín popisující výrobek, u kterého je alespoň jedna složka vyrobena ze syntetického nebo přírodního polymeru, ve formě fólie, pásku nebo trojrozměrné struktury [5].

3.1.1.2 Geotextilie (GTX)

Textilní materiál, který je plošný, propustný, polymerní (syntetický nebo přírodní) aplikovaný v kontaktu se zeminou či dalšími materiály při využití v geotechnice a stavebním inženýrství [5].

Mohou být tkané, netkané či pletené:

- tkaná geotextilie (GTX – W) - geotextilie zhotovená provazováním dvou nebo více soustav nití z nekonečných vláken, pásků nebo jiných prvků,
- netkaná geotextilie (GTX – N) – geotextilie zhotovená z urovnaných nebo náhodně orientovaných vláken nebo jiných prvků spojených mechanicky a/nebo tepelně a/nebo chemicky,
- pletená geotextilie (GTX – K) – geotextilie zhotovená proplétáním oček, z jedné nebo více přízí, nekonečných vláken nebo jiných prvků. [5]

3.1.1.3 Geomříž (GPR)

Plošná polymerní konstrukce, která se skládá z pravidelně otevřené síťoviny z pevně spojených tahových prvků, spojených vytlačováním, pojením nebo splétáním a jejíž otvory jsou větší než její součásti. Je určena pro přenášení tahových sil v konstrukci vozovky [5].

3.1.1.4 Geokompozit (GCO)

Sdružený materiál, skládající se z nejméně jednoho geosyntetického výrobku mezi svými složkami. Existují dva základní typy geokompozitu:

- Geokompozit s geomříží ze skelných vláken – geomřížka má podobnou tloušťku jako geotextilie. Slouží k zachycení vodorovných sil v konstrukci vozovky a pojivem nasycená geotextilie vytváří asfaltovou membránu. Umožňuje správné přichycení k vrstvám vozovky.
- Geokompozit s geomříží na bázi polymeru – díky vyšší tloušťce geomřížky můžeme předpokládat lepší zaklínění zrn a zvýšení odolnosti vůči hutněné asfaltové vrstvě proti tvorbě trvalých deformací. Opět umožňuje správné přichycení k vrstvám vozovky [5].



Obrázek 2 - Geomříž (vlevo), geokompozit ze skelných vláken uprostřed a vpravo
Zdroj [6]

3.2 Vlastnosti a funkce geomříží ze skelných vláken

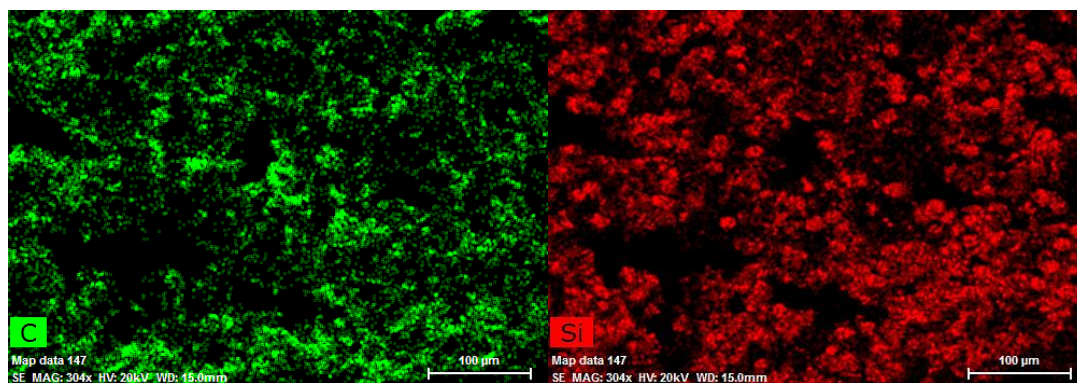
3.2.1 Výroba

Prvotní materiál pro výrobu sklovláknité geomříže je sklovina, která vzniká roztavením tzv. sklářského kmene (směs písku, kaolinu, kilemanitu, kazivce a různých přísad). Roztavená sklovina se navine na navíječku, kde vznikají jednotlivá skelná vlákna. Během navíjení jsou vlákna lubrikována chemickými přísadami z důvodu třepení. Následně dochází k tzv. skaní vláken (spojení do větších vláken). Připravená vlákna se poté pletou na skelné mříže v pletacích strojích. Následně se na mříže aplikuje polymerní ochrana vláken (coating).

3.2.2 Polymerní ochrana vláken – coating

Coating je polymerní ochrana, která podstatně zlepšuje kvalitu skelných vláken. Povrchová úprava chrání vlákna proti oděru a současně zlepšuje přilnavost asfaltu k mříži.

Na následujícím Obrázku 3 je vidět 304x zvětšená geomříž, kdy coating je zobrazen zeleně, skelná vlákna červeně. Na toto zobrazení byla použita metoda EDX, která spočívá na principu rozdílného rentgenového záření, tudíž lze na snímku odlišit polymer a skelné vlákno. Ze snímku lze postřehnout, že skelná vlákna jsou dostatečně impregnována [1].



Obrázek 3 - Zvětšení sklovláknité mříže 304x (coating zobrazen zeleně a skelná vlákna červeně), zdroj [1].

3.2.3 Základní vlastnosti

Geomříž je plošná polymerní konstrukce, která se skládá z pravidelně otevřené síťoviny z pevně spojených tahových prvků.

Hlavní vlastností geomříží ze skelných vláken jako takové je vysoká tahová pevnost a nízké protažení mříže. Mříže jsou opatřeny polymerovým povlakem zvaným coating, zajišťující dobrou kompatibilitu s asfaltem. Výhodou je také možnost rychlé pokládky a sjízdnost během instalace mříží. Mříže jsou odolné proti teplotním změnám a odolné proti chemickým látkám. Další vlastností je jejich neomezená recyklovatelnost [7].

Geomříže významně zvyšují životnost vozovky, díky redukci či úplné eliminaci rozvoje reflexních trhlin v asfaltovém krytu. Důležitým faktorem je snížení nákladů na údržbu komunikace. Geomříže mohou snižovat vznik trvalých deformací na vozovce. Umožňují zvýšení únosnosti nových asfaltových vrstev, nebo snížení tloušťky konstrukční vrstvy komunikace a tím docílit úspory stavebních nákladů.

3.2.4 Funkce geomříží

Sklovláknité geomříže vykazují tyto hlavní funkce ve vozovce:

- výztužná – redukce či úplné omezení trhlin v asfaltovém krytu (trhliny podélné, příčné, reflexní, síťové)
- umožňují prodloužení životnosti vozovky
- zpevnění krajnice vozovky
- redistribuce tahového napětí

3.3 Poruchy vozovek trhlinami a jejich sanace

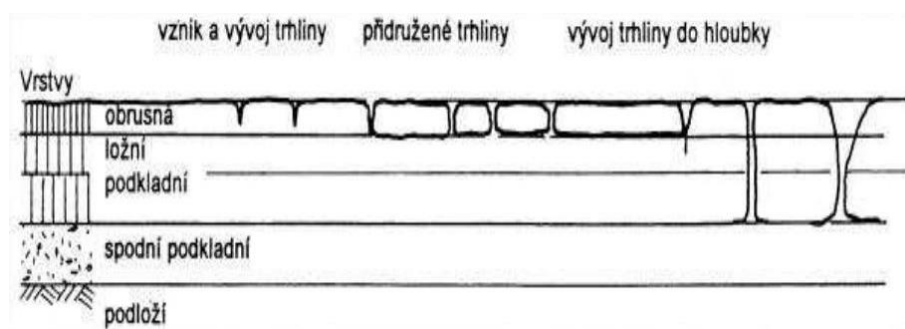
Konstrukce netuhých vozovek jsou neustále namáhány různými vlivy či zatíženími, obzvláště pak působením teplot a dopravním zatížením.

V ČR se můžeme setkat s řadou poruch, trhlin či deformací, které jsou zaznamenány v technických podmínkách TP 82 [8]. V těchto technických podmínkách jsou popsány jednotlivé typy poruch, následná oprava a jejich odstranění. Pro opravy či prevenci vzniku některých poruch se jeví použití geomříží jako dobré řešení. V následujícím textu je uveden výčet poruch, u kterých může být za určitých okolností vhodné využívat pro opravu geomříže.

3.3.1 Mrazové trhliny

Mrazové trhliny vznikají při velice nízkých teplotách. Jakmile klesne teplota vozovky pod $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, nebo i při vyšších teplotách, jestliže se rychle změní teplota vozovky, mohou nastat tzv. smršťovací trhlinky. Následně se tyto trhliny šíří a narušují obrusnou vrstvu, až dochází ke styku s ložnou či podkladní vrstvou vozovky. Mrazové trhliny mohou tedy také narušit spojení jednotlivých vrstev [8].

Trhlina vzniká v asfaltovém krytu vozovky naráz a běžně zasahuje přes celou šířku vozovky – viz. Obrázek 4. Mrazová trhlina může být úzká i široká. Mrazová trhlina se nikdy nevyskytuje osamoceně – vždy je jich více. Vzdálenosti mrazových trhlin bývají často od 15 m do 150 m, ale může to být i více. Trhliny se opakovanými změnami teplot rozšiřují, až se z ní stanou trhliny příčné, široké či příčné rozvětvené [9].



Obrázek 4 - Vývoj a vznik mrazových trhlin, zdroj [8]

Použití sklovláknitých mříží nebo geokompozitů může velmi přispět k zastavení či omezení šíření mrazových trhlin ve vozovce a tím prodloužit její životnost, nebo náklady na údržbu.

3.3.2 Síťové trhliny

Síťové trhliny jsou jedny ze základních typů porušení konstrukce vozovky. Jedná se o trhliny, které mají nepravidelnou plošnou strukturu – viz Obrázek 5. Příčinou vzniku je opakované namáhání v jednom místě vozovky. Trhliny se šíří od spodního líce asfaltových vrstev nahoru směrem k obrusné vrstvě, ale šíří se i od obrusné vrstvy směrem dolů. Jakmile na sebe trhliny narazí, spojují se v jednu síť. [8].

V první fázi vypadají podobně jako mozaikové trhliny, rozdílná je však jejich vzdálenost a hloubka. Oka sítě mají rozměr 0,30 m až 0,40 m trhliny a zasahují přes všechny stmelené vrstvy vozovky. [10].

Pokud bychom chtěli tyto trhliny odstranit, je potřeba zasáhnout do všech konstrukčních vrstev, což znamená velké finanční výdaje [8].



Obrázek 5 - Sítové trhliny, zdroj [11]

Vývoj a zamezení síťových trhlin v konstrukci vozovky lze docílit pomocí sklovláknité geomříže, která se umístí mezi asfaltové vrstvy. Aplikovaná mříž způsobí lepší roznošení zatížení od dopravy v celé šířce vozovky, tudíž odkládá samotný vznik síťových trhlin.

3.3.3 Reflexní trhliny

Reflexní trhliny vypadají stejně jako mrazové, ale její příčina je v prokopírování smršťovacích trhlin, nebo spár z podkladních vrstev stmelenými hydraulickými pojivy do horního asfaltového krytu. U podkladních vrstev, které jsou stmelené hydraulickými pojivy dochází ke smršťování (stejně jako u betonu). Pokud tahové napětí dosáhne vyšší pevnosti než samotná pevnost materiálu, dochází k tvorbě příčných trhlin přes celou šířku vozovky. Vzdálenost mezi vzniklými trhlinami se nejčastěji pohybuje mezi 5 až 10 m [8].

Vliv výztužných geomříží na potlačení vzniku reflexních trhlin

Existují možnosti, jak vyřešit problémy spojené s reflexními trhlinami, které lze potlačit či opravit následujícími způsoby:

- vyfrézovat a utěsnit asfaltovou zálivkou a následně položit překryvnou vrstvu
- položit překryvnou vrstvu s velkou tloušťkou
- překryvná vrstva s vysokým obsahem modifikovaného asfaltového pojiva
- SAMI (asfaltová membrána pro přenos smykových napětí) mezivrstva

Problémy s reflexními trhlinami lze potlačit díky novým možnostem, které poskytují geosyntetické prvky. Tyto možnosti nabízejí omezení trhlin, aniž bychom museli pokládat překryvné vrstvy.

- I. Metoda STR „Stress Relief“ – metoda využívající zesilující mříže, které omezují pohyb mezi dvěma vrstvami, trhliny jsou pak fixovány s obou stran.
- II. Metoda LT „Load transfer“ – metoda využívající otevřené mříže, které omezují přenos zatížení mezi dvěma velmi dobře spojenými vrstvami [12]

3.4 Doporučení výrobců při stavbě

Důležitým parametrem pro správnou funkci geomříží je instalace. Je třeba dodržet správný technologický postup, aby nedošlo k chybám. U každé chyby v postupu hrozí zhoršení či ztráta vlastností, popřípadě selhání geomříže. Z tohoto důvodu většina výrobců poskytuje podporu v podobě instalačního manuálu, či samotný dozor při pokládce.

3.4.1 Příprava povrchu

Před instalací geokompozitu musí dojít k opravě stávajícího povrchu komunikace. Stávající podklad komunikace musí být řádně odvodněn a zbaven všech nerovností či nečistot, které by mohli ovlivnit aplikaci geokompozitu. Trhliny a výtluky větší než 6 mm je potřeba vyplnit a zhutnit přidáním vhodného materiálu [13].

Důležité je brát zřetel na počasí, zejména dešťové přeháňky, které způsobí znečištění povrchu a vlhkost což ovlivní adhezní schopnost geokompozitu. Takto znečištěný a navlhlý kompozit nepřilne k povrchu a musí být odstraněn [13].



Obrázek 6 - Čištění povrchu, zdroj: [13]



Obrázek 7 - Instalace na frézovaný povrch, zdroj: [13]

3.4.2 Instalace

Geomříže se uloží na hladký nebo frézovaný povrch mezi dvě asfaltové vrstvy (obrusná, podkladní, ložná). Při pokládce asfaltových vrstev je třeba klást zřetel na příznivé klimatické podmínky během výstavby. Teplota povrchu by měla být v rozmezí 5°C až 60°C. Instalace geomříže se provádí strojně či ručně – viz. Obrázek 8 a 9.

Nově položená asfaltová vrstva se nechá vychladnout. Je důležité, aby byl zajištěn přímý kontakt mezi povrchem vozovky a mříží. Následuje instalace a pojezd válcem očištěným od nečistot, aby se geokompozit vtiskl do spojovacího postřiku. Instalace mříže může probíhat ručně, nebo strojně. Celá pokládka musí být uskutečněna do 24 hodin od instalace mříže [13].

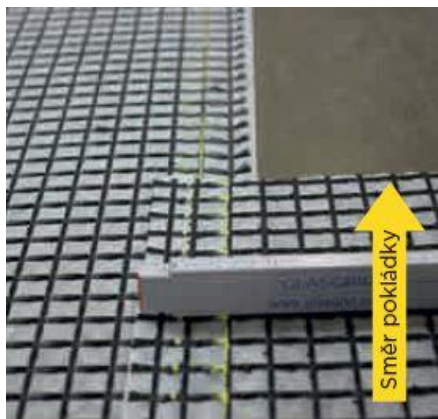


Obrázek 8 - Instalace geomříže – strojně, zdroj: [14]

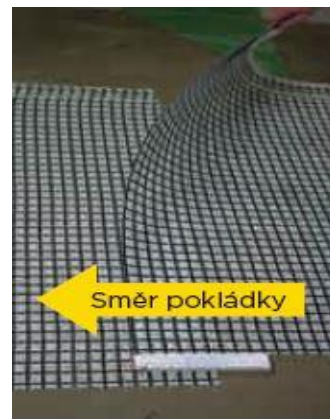


Obrázek 9 - Instalace geomříže – ručně, zdroj [14]

Instalace geomříže musí být bez vln a zlomů, což docílíme napnutím mříže. Parametrem pro správnou funkci mříže je její překrytí. Vždy překrýváme spoj konce role o 100 až 150 mm ve směru pokládky. Dále se překrývá mříž v podélném směru o alespoň 50 mm.



Obrázek 10 - Podélný spoj, zdroj [13]



Obrázek 11 - Spoj konce, zdroj [13]

3.4.3 Spojovací postřík

Před instalací samotného geokompozitu je aplikován spojovací postřík asfaltovou emulzí s minimálním obsahem 60 % zbytkového asfaltu, který zajistí adhezi geokompozitu a spojení asfaltových vrstev. V případě samolepící mříže se spojovací postřík nanese pouze po pokládce a mříže jsou instalovány na vyrovnávací vrstvu tloušťky minimálně 20 mm. Spojovací postřík se aplikuje pomocí speciálního vozidla – distributoru, které zajistí přesné dávkování postříku. Dávkování spojovacího postříku je závislé především na typu geokompozitu a také na místních podmínkách na stavbě a absorpci postříku. Množství zbytkového asfaltu se pohybuje od cca 0,2 až 0,5 kg/m² v případě geomříží, od 0,6 až 1,2 kg/m² v případě geokompozitů s nižší gramáží geotextile, po 1,2 až 2,5 kg/m² pro geokompozity s geomříží o vyšší gramáži [13].



Obrázek 12 - Aplikace spojovacího postříku, zdroj [13]

3.4.4 Staveništní provoz na geokompozitu

Pojíždění na instalovaném geokompozitu je dovoleno pouze stavebním strojům, záchranným a bezpečnostním vozidlům do maximální rychlosti 20 km/h. Vozidla, která přejíždí přes mříže, musí omezit brždění a otáčení. Je doporučeno použít 1-1,5 kg/m² kameniva frakce 1/3 až 2/5, aby se na kola vozidel a pásy techniky nenalepil spojovací postřík [13].

3.4.5 Pokládka asfaltových vrstev na geomříži či geokompozitu

V průběhu pokládky asfaltové vrstvy je zakázáno (z důvodu poškození mříže) prudké brždění a používání ruční brzdy, kterou se zablokují kola vozidla. Pokud je nákladní vozidlo tlačeno finišerem, může také dojít k porušení mříže. Pokládka asfaltové vrstvy musí být uskutečněna do 24 hodin od instalace spojovacího postříku. Geomříž musí být překryta novou asfaltovou vrstvou minimálně v tloušťce 40 mm po zhutnění, avšak doporučuje se tloušťka 50 mm. V úsecích, kde je prudké stoupání, klesání, v prudkých zatáčkách a oblastech s vyššími smykovými silami působící na povrch vozovky je potřeba obzvlášť přesné pokládky. V těchto situacích výrobce geomříží doporučuje kontaktovat technického zástupce [13].



Obrázek 13 - Pokládka obrusné krytové vrstvy, zdroj [15]

3.5 Stávající předpisy o geosyntetikách

3.5.1 Předpisy v ČR

V České republice se výztužnými geosyntetiky zabývá norma ČSN EN 15381 - Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití na vozovky a asfaltové kryty [16]. Tato norma popisuje geotextilie a výrobky jim podobné, zabývá se vlastnostmi a různými zkouškami jednotlivých prvků. Zahrnuje systém řízení výroby u výrobce, certifikát o prohlášení a shodě, dále pak označení jednotlivých geosyntetik. V následujících tabulkách 1 – 4 jsou uvedeny požadavky na výztužné geosyntetika.

Tabulka 1 - Vlastnosti, funkce a použití některých zkušebních metod pro geotextilie a výrobků jim podobným používané u asfaltových krytů vozovek, zdroj [16]

Vlastnost	Metoda zkoušení	Funkce		
		Vyztužování	Uvolňování napětí	Izolační mezivrstva
Pevnost v tahu	EN ISO 10319 a	H	H	H
Protažení při maximálním zatížení	EN ISO 10319 a	H	H	H
Dynamické protržení b	EN ISO 13433	H	H	H
Statické protržení b	EN ISO 12236	H	H	H
Trvanlivost	ČSN EN 15381 – příloha B	H	H	H
Odolnost proti větru	EN 12224 ČSN EN 15381 – příloha B.1	S	S	S
Zadržování asfaltu	ČSN EN 15381 – příloha C	-	H	A
Bod tání	EN ISO 3146	S	S	S
Odolnost proti alkáliím	EN 14030 ČSN EN 15381 – příloha B.2	S	S	S

H: požadované pro harmonizované účely
A: vztahující se na všechny podmínky používání, nepovinné
S: vztahující se na zvláštní podmínky používání
„-“ nevztahuje se na danou funkci
a EN ISO 10319 nemusí být vhodná pro specifické výrobky (např. sklovláknité mřížky). U těchto případů je vhodnější používat metody dle EN ISO 13934-1. Tahové zkoušky se provádí vždy na hotových výrobcích
b Zkouška nemusí být vhodná pro některé výrobky např. mřížky. Jestliže je tabulce písmeno „H“ je povinen výrobce poskytnout údaje pro obě vlastnosti. Uplatnění pouze jedné vlastnosti ve specifikaci – pevnost v tahu nebo statické protržení – je dostatečné.

Dalšími důležitými předpisy v ČR zabývající se problematikou výztužných geosyntetik jsou technické podmínky, a to: TP 115 - Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem [17] a TP 147 - Užití asfaltových membrán a geosyntetik v konstrukci vozovky [5]. Požadavky uvedené v těchto dvou předpisech se prakticky shodují. Tyto předpisy obsahují následující 3 tabulky, které se zabývají požadavky na geosyntetika.

Tabulka 2 - Požadavky na geokompozit s geomříží na bázi polymeru (dle TP 115), zdroj [17]

Vlastnost	Jednotka	Požadavek		Zkoušeno podle
		min.	max.	
Geomříž				
Pevnost v tahu	kN	20	-	ČSN EN ISO 10319
Tažnost	%	-	15	ČSN EN ISO 10319
Velikost oka	mm	60 X 60	-	
Instalační geotextilie				
Pevnost v tahu	kN	0,5	-	ČSN EN ISO 10319
Plošná hmotnost	g/m2	100	-	ČSN EN 965

Tabulka 3 - Požadavky na geokompozit s geomříží ze skelných vláken (dle TP 115), zdroj [17]

Vlastnost	Jednotka	Požadavek		Zkoušeno podle
		min.	max.	
Geomříž				
Indexová pevnost * /	kN	50	-	ISO 3341
Pevnost v tahu	kN	20	-	ČSN EN ISO 10319
Indexová tažnost * /	%	-	3	ISO 3341
Tažnost	%	-	5	ČSN EN ISO 10319
Velikost oka	mm	30 X 30	-	
Instalační geotextilie				
Pevnost v tahu	kN	0,5	-	ČSN EN ISO 10319
Plošná hmotnost	g/m2	100	-	ČSN EN 965

Tabulka 4 - Požadavky na geomříž (dle TP 115), zdroj [17]

Vlastnost	Jednotka	Požadavek		Zkoušeno podle
		min.	max.	
Pevnost v tahu	kN	20	-	ČSN EN ISO 10319
Tažnost	%	-	15	ČSN EN ISO 10319
Velikost oka	mm	60 X 60	-	

Hlavním problémem předpisů v ČR, které se zabývají geosyntetiky, je jejich neaktuálnost. Předpisy jsou zastaralé, nejmladšími posledně vydanými předpisy zabývajícími se geomřížemi jsou TP 115, platné od 01. 07. 2010. Jak je z uvedených tabulek patrné, výztužné geomříže, které jsou uvedeny v technických podmínkách, neodpovídají na trhu běžně dostupným materiálům dodávaným výrobcí. Tyto výztužné mříže mají běžně velikost ok 25 x 25 mm (nebo 12,5 x 12,5 mm), zatímco požadavky na mříže v tabulkách č. 2, 3 a 4 požadují materiály o velikosti ok 30 x 30 mm (nebo 60 x 60 mm). Mříže o rozměrech 60 x 60 mm se však používají pro vyztužování zemního tělesa a k použití mezi asfaltové vrstvy jsou nevhodné. Dále nutno konstatovat, že vlastnostmi geomříží se zabývá pouze tab. 4, ve které je uveden požadavek na min. pevnost v tahu 20 kN a max. tažnost 15 %. Nutno však říct, že sklovláknité výztužné mříže, které se běžně vyskytují na trhu, mají pevnost v tahu od 50 do 200 kN/m běžný a mají maximální tažnost do 3 %. Z toho vyplývá, že požadavky v tabulce neodpovídají současným potřebám a i geomříže špatné kvality by těmto požadavkům vyhověly. Ještě je třeba se zastavit nad samotnou pevností v tahu, protože zatímco v tabulce je uvedena pevnost v tahu v jednotkách kN, pevnost jakožto fyzikální veličina má jednotky kN/m², případně kN/m'.

Nepřesnou informací je také minimální tloušťka krytu nad geosyntetikem objevující se (v kapitole 5.3.12) v TP 147, kdy se uvádí doporučená hodnota v rozmezí 40 – 70 mm. Dále je zde uvedeno, že při opravě reflexní trhliny je třeba umístit geosyntetikum od povrchu vozovky dle TP 115 minimálně 90 mm. Taktéž dle TP 115 (příloze b) se geosyntetikum při rozšíření vozovky umísťuje v hloubce 90 mm od povrchu vozovky. Ve výzkumných projektech centra AdMaS a v rámci bakalářské práce se provádí testování výztužných mříží, které se běžně kladou pod obrusnou vrstvu, tudíž v hloubce 40 – 60 mm.

Z uvedených poznatků vyplývá, že je velmi nutné provést aktualizaci a revizi stávajících předpisů.

3.5.2 Předpisy na Slovensku

Mladší a výrazně dokonalejší předpisy týkající se používání geosyntetik můžeme najít na Slovensku, které nabízí velmi propracované technické podmínky TP 064 - Použitie geosyntetických a im podobných materiálov vo vrstvách asfaltových vozovek [18]. Předpisy vznikly v roce 2016, zabývají se především problematikou údržby a oprav asfaltových vozovek pozemních komunikací a odstavných ploch. Dále se zabírají základními definicemi a vlastnostmi geosyntetiky, stanovení podmínek použití a technologickým postupem.

V předpisu jsou shrnuty podrobné požadavky na výztužné mříže z odlišných materiálů např. sklovláknité, karbonové, kovové, polyesterové, polyvinylalkoholové nebo různé geokompozity. Nachází se zde souhrn aplikací a příklady použití výztužné mříže v závislosti na typu a nerovnostech podkladu. Je zde definována velikost ok mříže v závislosti na zrnitosti asfaltové směsi nad mříží.

Důležitým aspektem je zkouška adheze – spojení mříže s podkladní vrstvou, která definuje kvalitu spojení geomříží s podkladem. Tato zkouška se zrealizuje ihned po uložení mříže. Minimální hodnota síly přilepení výrobku k podkladu je 90 N. Ověření této síly se provádí každých 300 m² položeného výrobku. Pokud je přilepení dostatečné nastává zahájení další výstavby vozovky.

V následujících tabulkách 5 – 8 jsou shrnuty základní hodnoty vlastností geomříží. Uvádí se zde také minimální modul pružnosti použitého E – skla (≥ 73 GPa), které je jedním z typů skleněných vláken. E – sklo je materiál, ze kterého se vyrábí sklovláknité geomříže, jedná o bez-alkalické sklo, patří mezi nejběžnější materiál s nejnižší cenou.

Slovenské TP rozlišují většinou 2 až 3 typy geomříží v závislosti na různých pevnostech v tahu. V následujících tabulkách jsou uvedeny minimální hodnoty pevnosti v tahu (50 kN/m, 100 kN/m a 200 kN/m).

Opět se zde nachází určitá dezinformace v jednotkách pevnosti, kde slovenské TP uvádí kN/m. Jak jsem již uvedl dříve, pevnost jakožto fyzikální veličina má jednotky kN/m², případně kN/m´.

Tabulka 5 - Hodnoty vlastností mříže ze skelných vláken s polymerním povlakem na povrch s nerovnostmi do 4 mm, zdroj [18]

Vlastnost	Zkušební metoda	Jednotka	Hodnota 1	Hodnota 2	Hodnota 3
Materiál	-	-	Prvotní surovina E – sklo	Prvotní surovina E – sklo	Prvotní surovina E – sklo
Velikost ok	-	mm	≥ 20x20	≥ 20x20 ≥ 12x12	≥ 20x20 ≥ 12x12
Poměr plochy otvorů mříže k celkové ploše mříže	-	%	≥ 60	≥ 60	≥ 50
Pevnost v tahu MD/CMD	STN EN ISO 10319	kN/m	≥ 50/50	≥ 100/100	≥ 100/200
Poměrné prodloužení při max. zatížení MD/CMD	STN EN ISO 10319	%	≤ 3/3	≤ 3/3	≤ 3/3
Pevnost v tahu při poměrném prodloužení 2% MD/CMD	STN EN ISO 10319	kN/m	≥ 36/36	≥ 75/75	≥ 75/160
Sečnový modul při poměrném prodloužení 1% MD/CMD	STN EN ISO 10319	kN/m	≥ 2 000/2 000	≥ 4 000/4 000	≥ 4 000/8 000
Modul pružnosti použitého E-skla	-	GPa	≥ 73	≥ 73	≥ 73
Teplota tavení materiálu	STN EN ISO 3146	°C	> 300	> 300	> 300
Ochranný povlak skelných vláken	-	-	Elastomerický polymer	Elastomerický polymer	Elastomerický polymer
Bod měknutí ochranného povlaku skleněného vlákna	STN EN ISO 3146	°C	> 220	> 220	> 220
Samolepící vrstva	-	-	Aktivace tlakem	Aktivace tlakem	Aktivace tlakem
Plošná hmotnost	STN EN ISO 9864	g/m ²	DV	DV	DV
Poznámky: MD – podélný směr CMD – příčný směr DV – deklarovaná hodnota (declared value)					

Tabulka 6 - Hodnoty vlastností sklovláknitých mříží s polymerním povlakem na povrch s nerovnostmi nad 4 mm, zdroj [18]

Vlastnost	Zkušební metoda	Jednotka	Hodnota 1	Hodnota 2
Materiál	-	-	Prvotní surovina E – sklo	Prvotní surovina E – sklo
Velikost ok	-	mm	≥ 20x20	≥ 20x20
Poměr plochy otvorů mříže k celkové ploše mříže	-	%	≥ 60	≥ 60
Pevnost v tahu MD/CMD	STN EN ISO 10319	kN/m	≥ 50/50	≥ 100/100
Poměrné prodloužení při max. zatížení MD/CMD	STN EN ISO 10319	%	≤ 3/3	≤ 3/3
Pevnost v tahu při poměrném prodloužení 2% MD/CMD	STN EN ISO 10319	kN/m	≥ 36/36	≥ 75/75
Sečnový modul při poměrném prodloužení 1% MD/CMD	STN EN ISO 10319	kN/m	≥ 2 000/2 000	≥ 4 000/4 000
Modul pružnosti použitého E-skla	-	GPa	≥ 73	≥ 73
Teplota tavení materiálu	STN EN ISO 3146	°C	> 300	> 300
Ochranný povlak skelných vláken	-	-	Elastomerický polymer	Elastomerický polymer
Bod měknutí ochranného povlaku skleněného vlákna	STN EN ISO 3146	°C	> 220	> 220
Plošná hmotnost netkané PP textílie	STN EN ISO 9864	g/m ²	≤ 40	≤ 40
Plošná hmotnost	STN EN ISO 9864	g/m ²	DV	DV
Poznámky: MD – podélný směr CMD – příčný směr DV – deklarovaná hodnota (declared value)				

Tabulka 7 - Hodnoty vlastností mříží ze skelných vláken s asfaltovým povlakem, zdroj [18]

Vlastnost	Zkušební metoda	Jednotka	Hodnota 1	Hodnota 2
Materiál	-	-	Prvotní surovina E – sklo	Prvotní surovina E – sklo
Velikost ok	-	mm	≥ 20x20	≥ 20x20
Poměr plochy otvorů mříže k celkové ploše mříže	-	%	≥ 60	≥ 60
Pevnost v tahu MD/CMD	STN EN ISO 10319	kN/m	≥ 50/50	≥ 100/100
Poměrné prodloužení při max. zatížení MD/CMD	STN EN ISO 10319	%	≤ 3/3	≤ 3/3
Sečnový modul při poměrném prodloužení 1% MD/CMD	STN EN ISO 10319	kN/m	≥ 2 000/2 000	≥ 4 000/4 000
Modul pružnosti použitého E-skla	-	GPa	≥ 73	≥ 73
Teplota tavení	STN EN ISO 3146	°C	> 300	> 300
Ochranný povlak skelných vláken	-	-	Asfalt modifikovaný polymerem	Asfalt modifikovaný polymerem
Celková plošná hmotnost	STN EN ISO 9864	g/m ²	DV	DV
Poznámky: MD – podélný směr CMD – příčný směr DV – deklarovaná hodnota (declared value)				

Tabulka 8 - Hodnoty vlastností geokompozitu ze skelných vláken, zdroj [18]

Vlastnost	Zkušební metoda	Jednotka	Hodnota 1	Hodnota 2
Materiál	-	-	Prvotní surovina E – sklo	Prvotní surovina E – sklo
Velikost ok	-	mm	≥ 20x20	≥ 20x20
Poměr plochy otvorů mříže k celkové ploše mříže	-	%	≥ 60	≥ 60
Plošná hmotnost netkané PP, PET textílie	STN EN ISO 9864	g/m ²	≤ 150 b) ≤ 80 c)	≤ 150 b) ≤ 80 c)
Pevnost v tahu MD/CMD	STN EN ISO 10319	kN/m	≥ 50/50	≥ 100/100
Poměrné prodloužení při max. zatížení MD/CMD	STN EN ISO 10319	%	≤ 3/3	≤ 3/3
Pevnost v tahu při poměrném prodloužení 2% MD/CMD	STN EN ISO 10319	kN/m	≥ 36/36	≥ 75/75
Sečnový modul při poměrném prodloužení 1% MD/CMD	STN EN ISO 10319	kN/m	≥ 2 000/2 000	≥ 4 000/4 000
Modul pružnosti použitého E- skla	-	GPa	≥ 73	≥ 73
Teplota tavení výztužného materiálu	STN EN ISO 3146	°C	> 300	> 300
Ochranný povlak skelných vláken	-	-	Elastomerický polymer	Elastomerický polymer
Bod měknutí ochranného povlaku skleněného vlákna	STN EN ISO 3146	°C	> 220	> 220
Odolnost proti kyselým a zásaditým kapalinám, RF, R _ε R _σ	STN EN 14030, STN EN 12226	%	DV	DV
Celková plošná hmotnost	STN EN ISO 9864	g/m ²	DV	DV
Poznámky: a) v závislosti od typu výrobku b) platí pre funkcie R+STR+B (vyztužení + redistribuce napětí + izolace) c) platí pre funkcie R+STR (vyztužení + redistribuce napětí) PP – polypropylen PET – polyester MD – podélný směr CMD – příčný směr; DV – deklarovaná hodnota (declared value)				

3.5.3 Předpisy ve Švýcarsku

Ve Švýcarsku se výztužnými geosyntetiky zabývá norma SN 670 259a-NA Geotextilien und geotextilverwandte Produkte [19]. Tato norma vznikla v roce 2010 a neuvádí žádné přesné hodnoty jednotlivých výztužných materiálů ani doporučení při pokládce. Jsou zde pouze odkazy na jiné evropské či švýcarské předpisy. Pokud se používají geomříže pro silniční stavby ve Švýcarsku, je třeba dle dostupných informací pro každou danou stavbu stanovit prováděcí požadavky.

3.5.4 Srovnání předpisů

Z výše uvedených poznatků je zřejmé, že slovenské předpisy (TP 064) jsou propracovanější než předpisy české (TP 115 a TP 147) a švýcarské, ve kterých je uvedeno minimum informací o požadavcích na výztužné mříže.

Českými předpisy není požadovaná zkouška adheze (zkouška odtrhu) na stavbě, která je velmi důležitá pro splnění požadovaných funkcí a může mít velký vliv na vlastnosti výsledné vozovky. Další problémem v českých předpisech je, že není uvedena, jaká zrnitost asfaltové směsi je vhodná, pro jaký typ geomříže.

Z uvedených poznatků vyplývá, že české předpisy jsou málo obsáhlé a propracované oproti slovenským předpisům. České předpisy jsou také zastaralé, je potřeba jejich aktualizace. V současnosti investor používá často mříže s nižší pevností v tahu, tudíž jsou sice levnější, ale jsou méně kvalitní a mohou hůře zabraňovat šíření trhlin ve vozovce.

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Použité zkušební metody

Tato část bakalářské práce se věnuje použitým zkušebním metodám. Jsou zde popsány všechny zkoušky či metody, které byly použité v této práci. Cílem použitých zkušebních metod bylo simulovat reálnou výstavbu vozovky a pozorovat vliv změny vlastností výztužných mříží. V následujících podkapitolách jsou shrnuty a rozebrány tyto zkušební metody:

- hutnění asfaltových vrstev segmentovým zhutňovačem,
- určení objemové hmotnosti a míry zhutnění zkušebních desek,
- modifikovaná zkouška vyjíždění kolem,
- pevnost v tahu geomříží se skelnými vlákny.

4.1.1 Hutnění asfaltových vrstev segmentovým zhutňovačem

4.1.1.1 Zkouška hutnění

Zkoušku definuje evropská norma ČSN EN 12697-33: Příprava zkušebních těles zhutňovačem desek [20]. Základním principem této zkoušky je simulace hutnění vozovky na stavbě. Simulace probíhá pomocí zařízení – hutnícího segmentu, který hutní asfaltovou směs ve formě o rozměrech 500 x 300 mm – viz Obrázek 14.



Obrázek 14 - Segmentový zhutňovač

Před začátkem samotné zkoušky je potřeba ověřit, zda máme připraveny všechny přístroje a pomůcky. Pro zkoušku hutnění segmentovým zařízením je zapotřebí: segmentový zhutňovač, laboratorní sušárna, forma ve tvaru obdélníku o rozměrech 500 x 300 mm, prostředek proti přilnutí asfaltové směsi, podkladní a krycí plech, pečící papír, špachtle.

Zpočátku je zapotřebí určit množství asfaltové směsi, po jehož zhutnění dosáhneme požadované tloušťky jedné zkušební desky. Toho docílíme výpočtem pomocí vztahu, kde se vynásobí rozměry formy s určenou výškou desky a objemovou hmotností směsi.

$$M=a \cdot b \cdot h \cdot \rho$$

Kde M je hmotnost navážené asfaltové směsi v kg
 a je délka formy v m
 b je šířka formy v m
 h je požadovaná výška zhutněné zkušební desky v m
 ρ je objemová hmotnost asfaltové směsi v kg/m^3



Obrázek 15 - Navážka asfaltové směsi

Naváženou asfaltovou směs umístíme do sušárny v laboratoři, která je vyhřátá na teplotu hutnění, v našem případě na 155 °C. Než se asfaltová směs ohřeje na požadovanou teplotu, připraví se forma na umístění směsi. Na vnitřních stranách formy se aplikuje prostředek proti přilnutí asfaltové směsi.

Jakmile je asfaltová směs zahřátá na požadovanou teplotu hutnění, nasype se do předem připravené formy. Navážku zakryjeme pečícím papírem a krycím plechem.

Poté nastavíme segmentový zhutňovač na požadovanou tloušťku hutnění tak, aby byl dosažen kontakt mezi krycím plechem a segmentem hutnického zařízení. Samotné hutnění probíhá po cyklech, do dosažení požadované tloušťky desky.

Po konci hutnění se deska vyjme z formy a nechá se vychladnout. Hotová deska může být následně použita pro další účely zkoušení.

4.1.1.2 Hutnění testovaných vzorků

Byly použity 3 způsoby simulace účinků hutnění vrstvy nad geomříží:

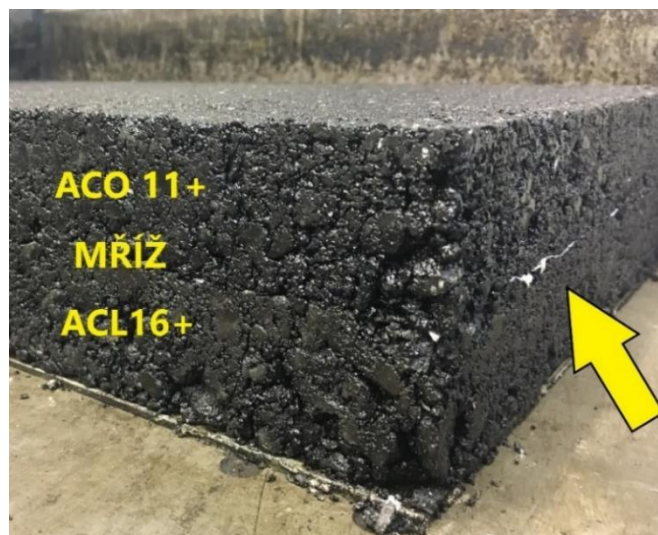
- Výztužná mříž aplikována přímo na ložnou vrstvu ACL 16 +,
- Výztužná mříž aplikována na vyrovnávací vrstvu tvořenou směsí SAL 8,
- Výztužná mříž aplikována na vyrovnávací vrstvu tvořenou směsí SAL 8 a dále chráněna posypem kameniva frakce 0/2 mm.

Výztužná mříž aplikována přímo na ložnou vrstvu ACL 16 +

Pro testování vlivu hutnění bylo nejprve třeba zhutnit desku z vrstvy ACL 16+ (asfaltový beton pro ložné vrstvy) o tloušťce 40 mm. K tomu bylo zapotřebí stanovit hmotnost navážky, která vyšla 14.8262 kg. Připravená a navážená směs se vysušila na požadovanou teplotu 155 °C. Po zhutnění a vychladnutí ložné vrstvy jsem na desku aplikoval geomříž ze skelných vláken, která byla z obou stran přikryta pečícím papírem, aby šla poté mříž snadněji vyjmout. Takto připravená deska se upevní do formy a na ní je zhutněna druhá vrstva ACO 11+ (asfaltový beton pro obrusné vrstvy). Hutnění probíhá podle stejného postupu jako u první desky.

Snažil jsem se, aby jednotlivé asfaltové vrstvy s umístěnou sklovláknitou mříží napodobily reálnou vozovku a celkový proces výstavby komunikace. Zhutněná deska tvořená asfaltovým souvrstvím s geomříží je vyobrazená na Obrázku 16.

Téměř ihned po zhutnění druhé asfaltové vrstvy jsem tuto vrstvu opatrně odstraňoval, aby se sklovláknitá mříž nepoškodila – viz Obrázek 17. Odstraněná mříž bude sloužit k dalšímu testování. Následuje zkouška pojíždění kolem a pevnost v tahu, která určí poškození mříže.



Obrázek 16 - Vzhled vzorku po hutnění



Obrázek 17 - Odstranění obrusné asfaltové vrstvy

Výztužná mříž aplikována na vyrovnávací vrstvu tvořenou směsí SAL 8

Dle doporučení výrobců, jsem také testoval aplikaci geomříže na vyrovnávací vrstvu SAL 8. Jedním z důvodů této aplikace je, že u ložné vrstvy z asfaltového betonu (ACL 16+) mohou kameny velikosti 16 mm působit negativně na mříž. Postup zkoušky probíhal stejně jako u aplikace mříže přímo na ložnou vrstvu ACL 16 +.

Výztužná mříž aplikována na vyrovnávací vrstvu tvořenou směsí SAL 8 a dále chráněna posypem kameniva frakce 0/2 mm

Na závěr jsem se rozhodl dle doporučení výrobců před hutněním druhé obrusné vrstvy aplikovat na geomříž kamenivo frakce 0/2. Následně se na takto připravený vzorek zhutnila již zmíněná obrusná vrstva ACO 11+. Posyp kamenivem se i na stavbě provádí kvůli pojištění těžké techniky při pokládce. Asfaltový postřik se lepí vozidlům na kola a tím se poškozuje geomříž.

4.1.2 Určení objemové hmotnosti a míry zhutnění

Objemová hmotnost a míra zhutnění jsou velmi důležité parametry, které mohou ovlivnit výsledky prováděných zkoušek. Stanovení objemové hmotnosti a míry zhutnění se provádí na vychladlých zkušebních deskách.

4.1.2.1 Objemová hmotnost

Zkoušku definuje evropská norma ČSN EN 12697-6 [21]. V rámci bakalářské jsem volil nejběžnější postup zjištění objemové hmotnosti – pomocí nasyceného suchého povrchu. Objemovou hmotnost jsem stanovil na ložné vrstvě ACL 16+ i obrusné vrstvě ACO 11+.

Nejdříve jsem zvážil zkušební desku v suchém stavu a zapsal jako hmotnost suchá – m_1 . Následně jsem desku upevnil do čelistového nástavce, který umožní zvážení desky pod vodou a desku ponořil do nádoby s vodou. Mezitím jsem změřil teplotu vody a zapsal ji. Při ponoření si je třeba dát pozor, aby se deska nedotýkala okraje nádoby s vodou. Deska byla ponořena 30 minut, což je doba, která je požadována normou pro dostatečné nasycení vzorku. Nasycenou desku jsem zvážil pod vodou a zapsal jako m_2 . Poté se deska vyjmula z nádoby s vodou, povrchově osušila a zvážila. Poslední hmotnost jsem zapsal jako m_3 . Objemová hmotnost se vypočítá následujícím vzorcem:

$$\rho_{bssd} = \frac{m_1}{m_3 - m_2} \cdot \rho_w$$

Kde ρ_{bssd} je objemová hmotnost tělesa v kg/m^3

m_1 suchá hmotnost tělesa v g

m_2 je hmotnost ponořeného tělesa po dobu minimálně 30 minut v g

m_3 je hmotnost povrchově osušeného tělesa v g

ρ_w je hustota vody určená podle tabulky ve výše uvedené normě, která závisí na naměřené teplotě v kg/m^3

4.1.2.2 Míra zhutnění

Míra hutnění může značně ovlivnit výsledky a kvalitu vzorků. Míru hutnění jsem zjišťoval proto, zda není mříž vystavena větším účinkům hutnění, než je na stavbě běžné. Pro její zjištění potřebujeme znát objemovou hmotnost asfaltové směsi (stanovenou pomocí Marshallových těles), ta byla dána výrobcem asfaltové směsi. Dále je třeba určit objemovou hmotnost zkušební desky. Pro tyto účely byla vyrobena 1 dvouvrstvá zkušební deska, u které byla nadložní vrstva hutněna stejně, jako ostatní vrstvy v rámci této BP. Následně, po vychladnutí, bylo možné stanovit objemovou hmotnost této vrstvy. Míra zhutnění se určí následujícím vzorcem:

$$c = \frac{\rho_{bssd,1}}{\rho_{bssd,2}} \cdot 100$$

Kde c je míra zhutnění v %
 $\rho_{bssd,1}$ je objemová hmotnost tělesa v g
 $\rho_{bssd,2}$ je objemová hmotnost stanovená na Marshallových tělesech v g

4.1.3 Modifikovaná zkouška pojíždění kolem

4.1.3.1 Popis zkoušky

Zkoušku Stanovení odolnosti vůči pojíždění kolem definuje evropská norma ČSN EN 12697-22 [20]. Základním principem této zkoušky je stanovit hloubku vyjetých kolejí do vzorku z asfaltové směsi při zkušebních podmínkách.

V rámci této práce byla zkouška modifikována, kdy bylo cílem simulovat pojíždění těžkých nákladních vozidel během výstavby vozovky na stavbě po geomříži. Na stavbě se mříž uloží na hladký či vyfrézovaný povrch ložné vrstvy a následuje pokládka krycí asfaltové vrstvy. Avšak během pokládky vozidla přejíždí po mříži a mohou ji tím poškodit. Výrobci uvádí návod a doporučení při výstavbě takovéto vozovky (viz. kapitola 4.2), avšak neuvádí, zda by se mříž mohla poškodit vlivem pojíždění techniky.

Simulace probíhá pomocí přístroje – vyjížděče kolejí, ve kterém jsou umístěny formy s deskami z asfaltových směsí o rozměrech 320 mm x 260 mm. Zkušební desky jsou temperovány (obvykle 50 °C) z důvodu přiblížení reálným podmínkám na vozovce v době teplých letních měsíců – viz Obrázek 18.

Zkušební desky se připevní do předem připravené formy. Forma se poté upevní do zařízení pro vyjíždění kolejí. Následně na takto přichystané vzorky působí pryžová kola o průměru 203 mm a šířky 50 mm, která jsou přitížena závažím 70 kg. Pojíždění kolem probíhá cyklicky po delší středové ose zkušební desky. Běžně se zkouška provádí tak, že je vzorek pojížděn 10 000 cykly zatížení, tzn. 20 000 pojezdy kola tam i zpět. Na stranách jsou umístěny snímače deformací, které zaznamenávají pokles kola během zkoušky.



Obrázek 18: Zařízení pro zkoušku vyjíždění kolem

4.1.3.2 Modifikovaná zkouška

V rámci BP byla zkouška modifikována tak, že místo obvyklých 10 000 cyklů zatížení na každém vzorku, jsem zvolil pouze 2 000 cyklů (čili 4 000 pojezdů tam i zpět). Důvodem pro toto snížení počtu cyklů bylo, že použité zatížení dopravou 10 000 cykly je podstatně vyšší než reálné hodnoty na stavbě, kde dochází k přejezdu maximálně desítky vozidel. Student Bc. Petr Veselý zvolil v rámci své bakalářské práce pojezd 5000 cykly, což se ukázalo, že je příliš vysoké zatížení. Dále jsem teplotu zkoušky upravil na 30 °C, aby nebyla výztužná mříž ovlivňována deformacemi asfaltové směsi. Vzorky, které jsem testoval jsou uvedené v kapitole 4.2 Použité materiály.

Jako podklad pro mříže jsem využil použité zkušební desky z ACO 11+, které se testovaly již dříve. Desky jsem otočil vrchní stranou dolů z důvodu deformace od vyjíždění koleje. Na zkoušku tato deformace nemá vliv, neboť cílem zkoušky není měřit hloubku vyjeté koleje.

Na Obrázku 19, je zobrazena zkouška pojíždění kolem po geomříži aplikovaná na zkušební desce.

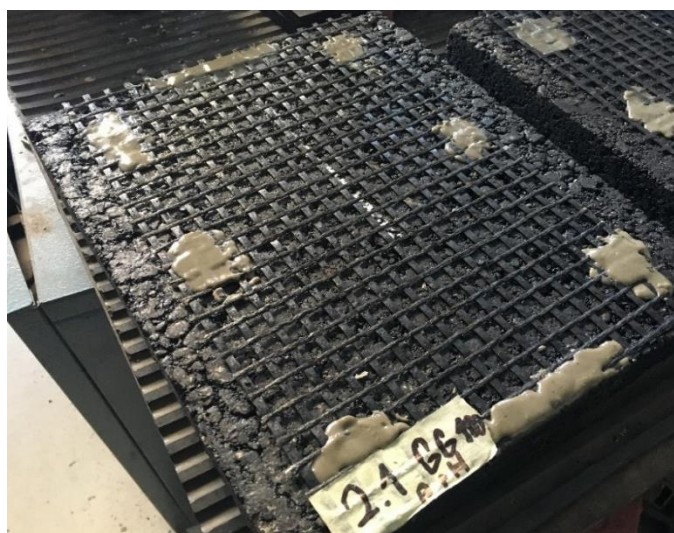


Obrázek 19 - Zkouška pojíždění kolem

Aplikace mříží na asfaltové desky

Problémem u této zkoušky byla fixace mříže na zkušební desce, protože bylo potřeba zabránit jakémukoliv pohybu samotné mříže. Na fixaci a připevnění ke zkušebním deskám jsem použil dva způsoby:

- fixace pomocí speciálního rychletuhnoucího lepidla
- fixace pomocí dvousložkového lepidla – pryskyřice (Obrázek 20)



Obrázek 20 - Upevnění mříže pomocí pryskyřice

Po provedení zkoušky pojíždění kolem, bylo potřeba pečlivě vyjmout připevněnou geomříž. Bylo třeba dát pozor, aby se mříž nepotrhala, čímž by mohlo dojít ke snížení její pevnosti.

4.1.4 Pevnost v tahu geomříže se skelnými vlákny

Pevnost v tahu je jednou ze základních a důležitých vlastností sklovláknitých geomříží, která rozhoduje o konečném využití produktu. Cílem této zkoušky bylo zjistit pevnost v tahu na nových a poškozených mřížích předchozími zkouškami, které simulovaly reálnou výstavbu vozovky. Výrobci garantují pevnost v tahu u jednotlivých testovaných produktů. Výsledné pevnosti porušených mříží z předchozích zkoušek jsem porovnal s pevnostmi neporušených vzorků.

Postup zkoušky popisuje evropská norma ČSN EN-ISO 13934-1 [23]. Základním principem této zkoušky je zjistit maximální tahovou sílu a tažnost při maximální síle u geomříže se skelnými vlákny pomocí zkušebního přístroje – Obrázek 21. Vzorek o šířce 50 mm a minimální délce 200 mm je napínám konstantní rychlostí, až dojde k jeho přetržení. Následně se na zdeformovaném vzorku zaznamená zařízením pro záznam maximální síla a tažnost při této síle.



Obrázek 21 - Hydraulická trhačka [23]

4.1.4.1 Testované vzorky

Nejprve jsem připravil zkušební vzorky. Vzorky byly zkoušeny na hydraulické trhačce v externí laboratoři. Zkouška probíhala na různých typech vzorků, které jsou popsány v kapitole 4.2. Použité materiály. Z výztužných mříží jsem vystříhal vzorky (Obrázek 22) o šířce 50 mm a délce 200 mm, které byly tvořeny:

- 3 vlákny, v případě mříží o okách 25 x 25 mm,
- 5 vláken, v případě mříží o okách 12,5 x 12,5 mm,
- 2 vlákny, v případě mříží o velikosti ok 30 x 30 mm.

Některé vzorky byly již porušeny předchozími zkouškami hutnění, pojíždění kolem či kombinací těchto zkoušek, avšak zkoušel jsem i vzorky nové – neporušené. Finální pevnosti v tahu porušených i neporušených vzorků jsem přepočítal na běžný metr a jsou uvedeny v kapitole 5.



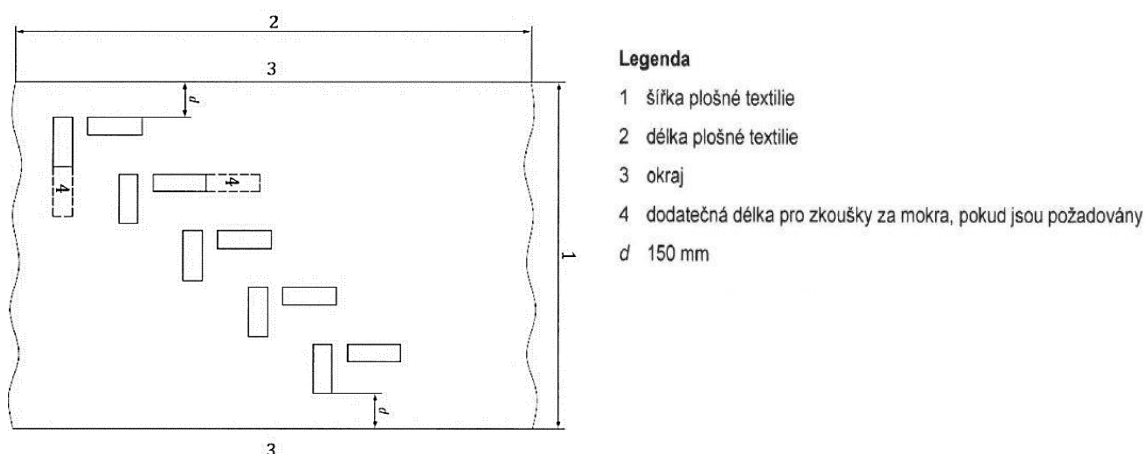
Obrázek 22 - Připravené zkušební vzorky

4.1.4.2 Příprava zkušebních vzorků

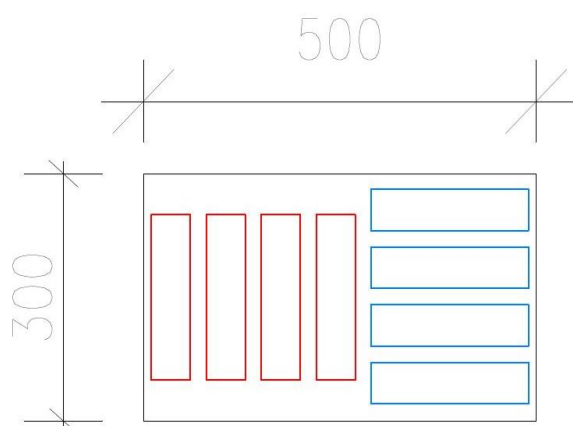
Příprava zkušebních vzorků výztužných mříží je popsána v evropské normě ČSN EN-ISO 13934-1 [24], kdy se vystřihují dvě sady vzorků. Jedna sada se vystřihuje ve směru osnovy – podélně a druhá kolmo na první směr – příčně.

V bakalářské práci se mi vzhledem k rozměrům vzorků nepodařilo tyto vzorky připravit dle postupu uvedeného v normě – Obrázek 23. Vzorky po simulaci účinků hutnění byly vystřiženy z mříží o rozměrech 300 mm x 500 mm, dle schématu zobrazeného na Obrázku. 24.

Vzorky po simulaci pojezdu kolem byly vystřiženy vždy v místě působení zatěžovacího kola, ze sítě o rozměrech 260 mm x 320 mm (z každé mříže)



Obrázek 23 - Příprava zkušebních vzorků dle normy [23]



Obrázek 24 - Příprava vzorků - červeně příčný směr, modře podélný směr

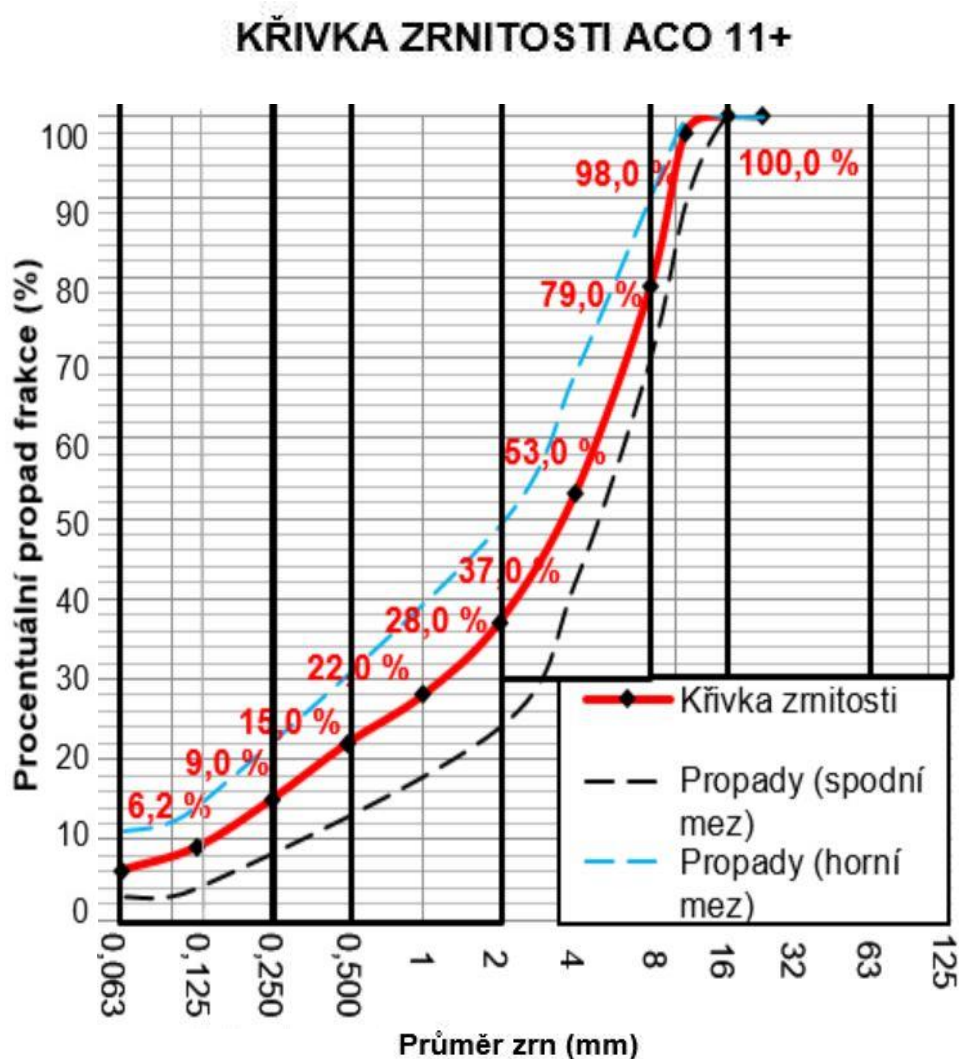
4.2 Použité materiály

V této kapitole jsou uvedeny materiály použité v praktické části práce:

1. Asfaltová směs obrusné vrstvy ACO 11 +
2. Asfaltová směs ložné vrstvy ACL 16 +
3. Posyp z kameniva frakce 0/2
4. Vyrovnávací vrstva SAL 8
5. Geomříže ze skelných vláken
 - I. Vzorek 1 – Geomříž s oky 25 x 25 mm
 - II. Vzorek 2 – Geomříž s oky 12,5 x 12,5 mm
 - III. Vzorek 3 – Geomříž s oky 25 x 25 mm
 - IV. Vzorek 4 – Geomříž s oky 25 x 25 mm
 - V. Vzorek 5 – Geomříž s oky 30 x 30 mm

4.2.1 Asfaltová směs ohrusné vrstvy

Ohrusná vrstva byla vytvořena z asfaltové směsi ACO 11+, ve které byl použit silniční asfalt třídy 50/70. Směs byla zhotovena v šaržové obalovně v Rajhradcích a následně převezena do výzkumného centra AdMaS, kde byla užitá pro výrobu zkušebních desek. Asfaltová směs ACO 11+ je nejběžnější směsí pro ohrusné vrstvy netuhých vozovek. Křivka zrnitosti asfaltové směsi je zobrazena níže v grafu 1 a podrobné informace o směsi jsou uvedeny v příloze.

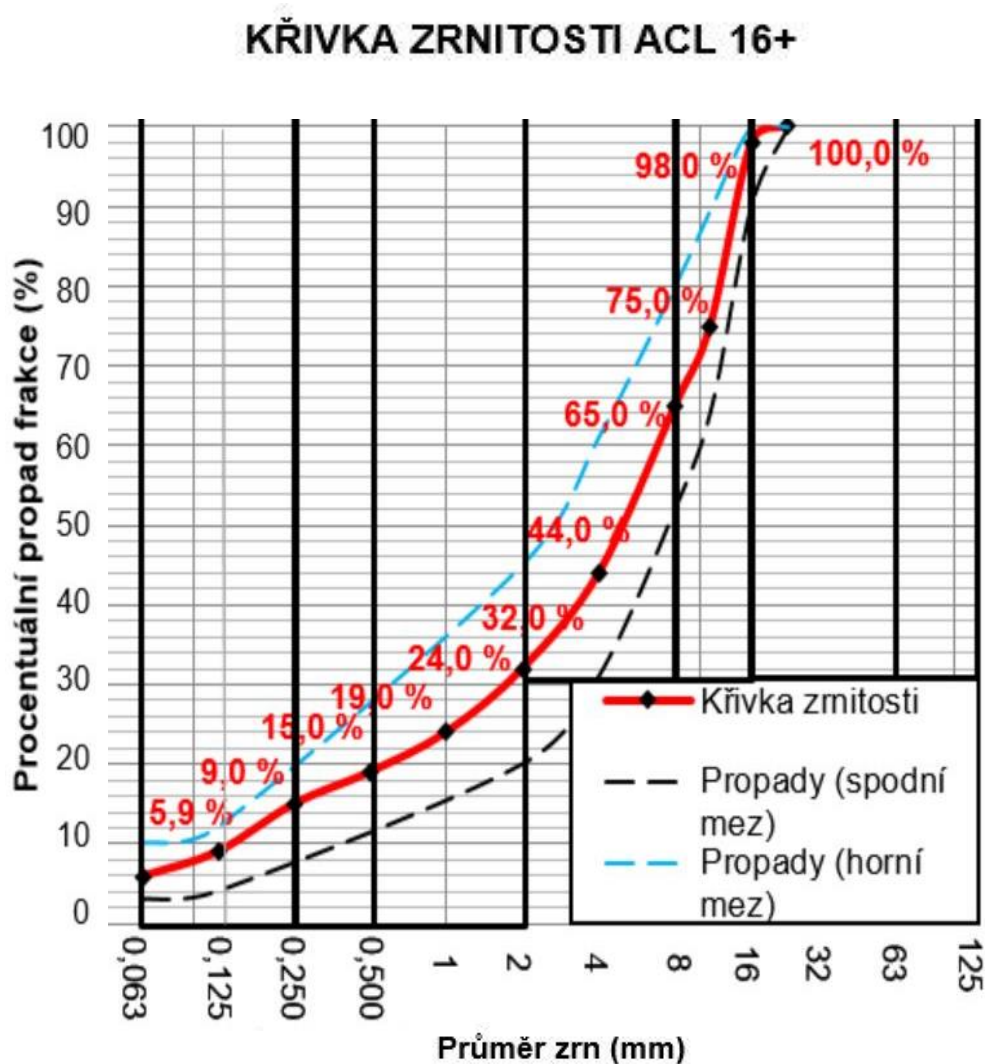


Graf 1 - Křivka zrnitosti ACO 11+

4.2.2 Asfaltová směs ložné vrstvy ACL 16+

Ložná vrstva byla vytvořena z asfaltové směsi ACL 16+, ve které byl použit asfalt 50/70. Směs byla zhotovena v šaržové obalovně v Rajhradcích a následně převezena do výzkumného centra AdMaS, kde byla užitá pro výrobu zkušebních desek. Asfaltová směs ACL 16+ patří mezi běžně používané směsi pro ložné vrstvy netuhých vozovek.

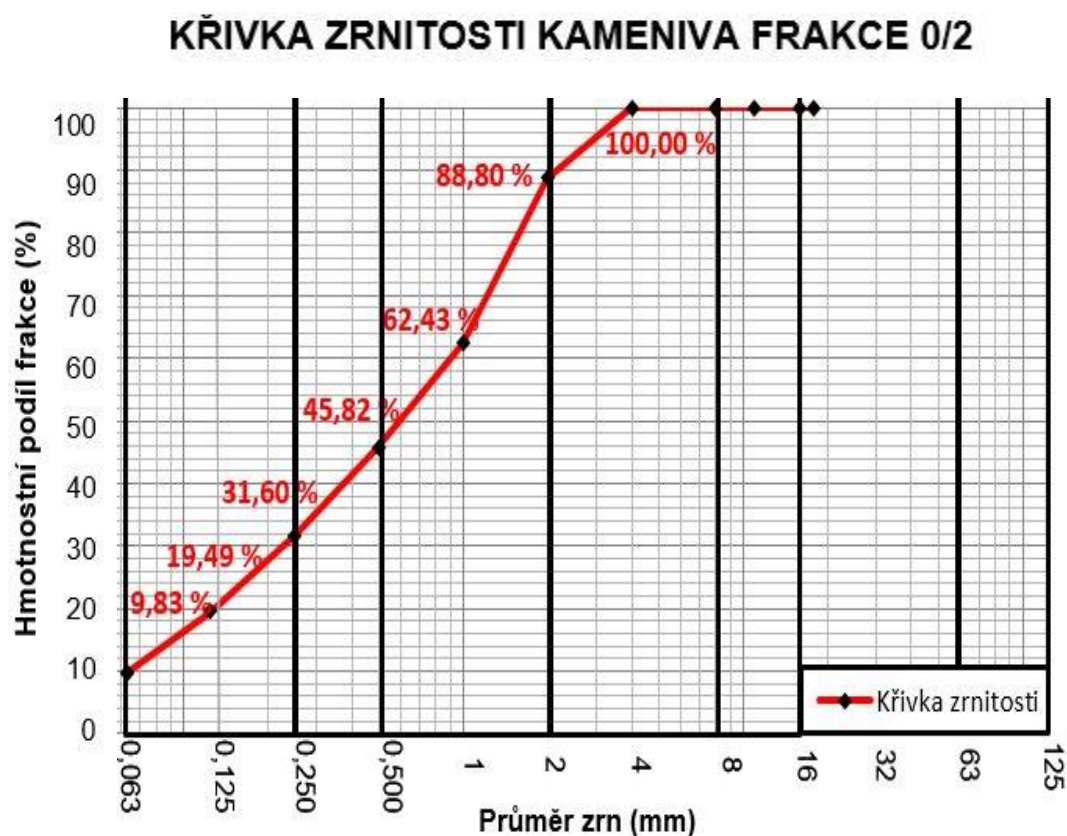
Křivka zrnitosti asfaltové směsi je zobrazena níže v grafu 2 a podrobné informace o směsi jsou v příloze.



Graf 2 - Křivka zrnitosti ACL 16+

4.2.3 Posyp z kameniva frakce 0/2

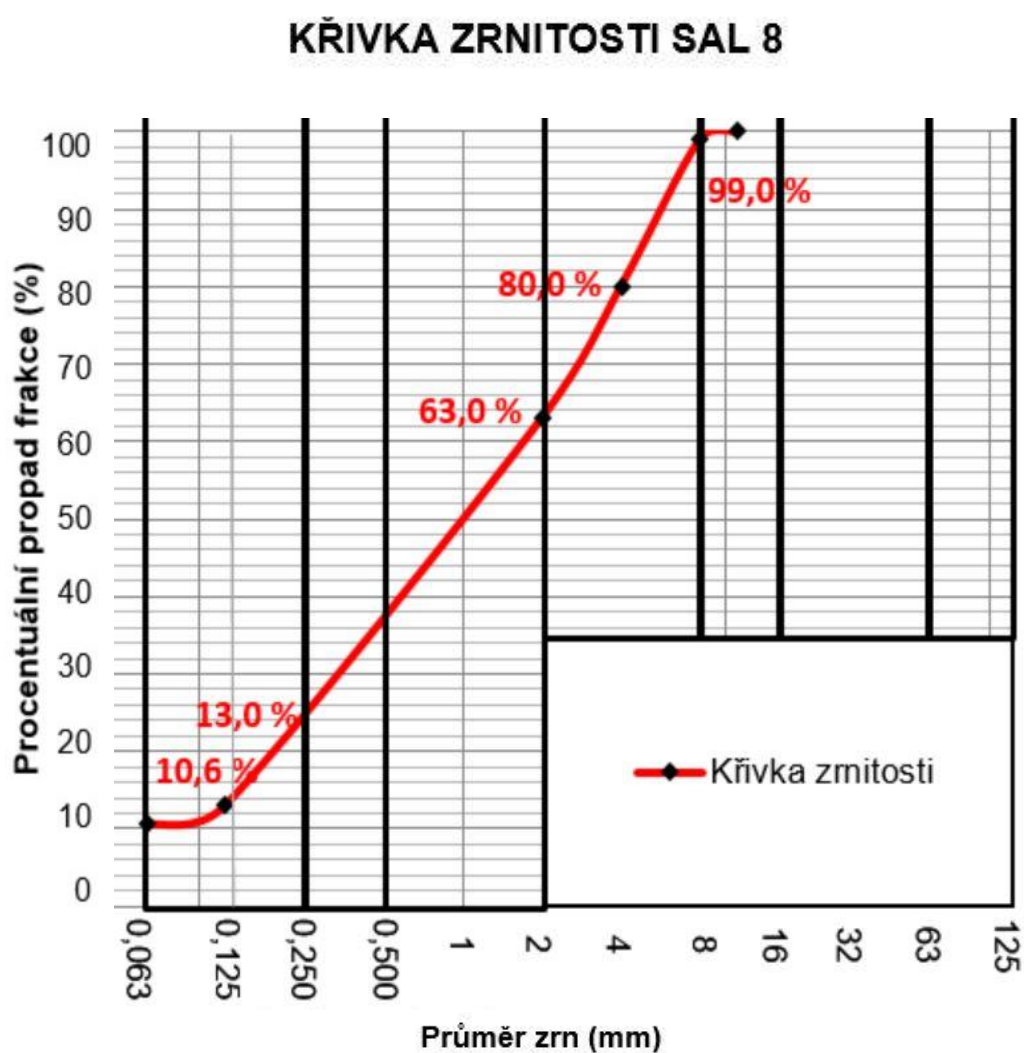
Kamenivo frakce 0/2 jsem používal při zkoušce hutnění v rámci mé bakalářské práce. Drcené kamenivo bylo odebrané z obalovny Holubice a pochází z lomu Vícenice. Před hutněním ohrusné vrstvy jsem posypal geomříž drceným kamenivem frakce 0/2 v množství 300 g na zkoušený vzorek. Následně na takto připravený vzorek byla zhutněna ohrusná vrstva. Posyp kameniva se doporučuje provádět i na stavbě kvůli pojíždění těžké techniky při pokládce ohrusné vrstvy, kdy se vozidlům lepší spojovací postřik na kola a tím pádem i mříž, která by se tak mohla snadno poškodit. Křivka zrnitosti kameniva frakce 0/2 mm je uvedena níže v grafu 3.



Graf 3 - Křivka zrnitosti kameniva frakce 0/2

4.2.4 Vyrovnávací vrstva SAL 8

Vyrovnávací vrstva byla vytvořena z asfaltové směsi SAL 8, ve které byl použit polymerem modifikovaný asfalt 45/80-65. Směs byla zhotovena v šaržové obalovně v Rajhradcích a následně převezena do výzkumného centra AdMaS, kde byla užita pro výrobu zkušebních desek. Křivka zrnitosti vyrovnávací asfaltové vrstvy SAL 8 je uvedena níže v grafu 4.



Graf 4 - Křivka zrnitosti SAL 8

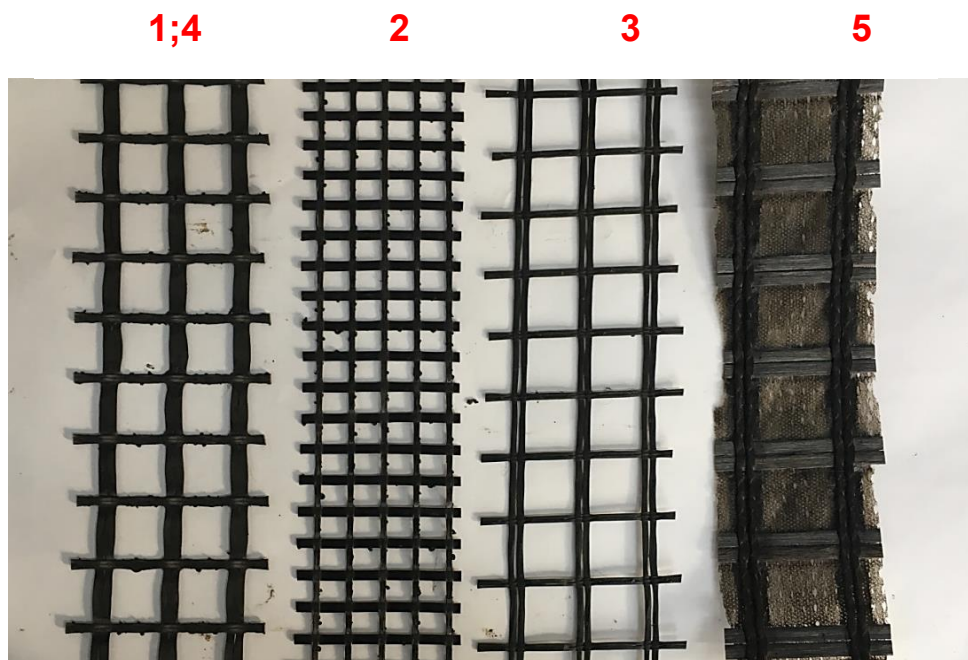
4.2.5 Geomříže ze skelných vláken

Pro účely BP byly použity výztužné mříže běžně dostupné na trhu. Mříže jsou opatřeny polymerovým povlakem-coatingem zajišťující dobrou kompatibilitu s asfaltem. Hlavní vlastností geomříže ze skelných vláken je vysoká pevnost a nízké protažení. Všechny složky, které tvoří mříž, jsou odolné vůči ultrafialovému záření a chemikáliím nacházejícím se v půdě.

V bakalářské práci jsem použil 5 typy vzorků:

- Vzorek 1 – s oky 25 x 25 mm, a pevností v tahu 100 kN/bm (Obrázek 25 - 1),
- Vzorek 2 – s oky 12,5 x 12,5 mm, a pevností v tahu 100 kN/bm (Obrázek 25 - 2),
- Vzorek 3 – s oky 12,5 x 12,5 mm, a pevností v tahu 50 kN/bm (Obrázek 25 - 3),
- Vzorek 4 - s oky 25 x 25 mm, a pevností v tahu 100 kN/bm (Obrázek 25 - 4),
- Vzorek 5 - s oky 30 x 30 mm, a pevností v tahu 100 kN/bm (Obrázek 25 - 5),

Vzorek 4 je stejný jak vzorek 1, liší se pouze v aplikaci mříže, kdy byla geomříž aplikována na vyrovnávací vrstvu tvořenou směsí SAL 8 a dále chráněna posypem kameniva frakce 0/2 mm.



Obrázek 25 – Testované vzorky geomříží 1 - 5

4.2.6 Vzorky 1, 2, 4

Vzorek 1, Vzorek 2 i Vzorek 4 mají stejné vlastnosti, uvedené níže v tabulce 9, liší se pouze ve velikosti ok mříže.

Tabulka 9 - Vlastnosti geomříže Vzorek 1, Vzorek 2, Vzorek 4 [25]

Popis	Vzorek 1,4 a Vzorek 2	Foto
Pevnost v tahu	115 x 115 – 15 kN/bm	Vzorek 2 
Protažení	2,5 +/- 0,5 %	
Tahová odolnost	95 x 95 +/- 20 kN/bm	
Tuhost	4.600 x 4.600 +/- 600 N/mm	
Youngův modul E	73.000 MPa	
Plošná hmotnost	405 g/m2	
Bod tavení coatingu Bod tavení skla	> 232 °C > 820 °C	Vzorek 1,4 
Délka role	100 m	
Šířka role	1,0; 1,5; 2,0; 3,0 m	
Plocha role	100, 150, 200, 300 m2	
Samolepící vrstva	Aktivuje se tlakem	
Velikost oka	12,5 x 12,5 mm (Vzorek 2) 25 x 25 mm (Vzorek 1,4)	
Materiál	Sklovláknitá výztužná mříž s modifikovaným polymerovým povlakem a samolepící spodní vrstvou aktivující se přitlakem	

4.2.7 Vzorek 3

Vzorek 3 se od ostatních vzorků liší v hodnotě pevnosti v tahu, která je 50 kN/bm. Základní vlastnosti sklovláknité mříže jsou uvedené v tabulce 10.

Tabulka 10 - Vlastnosti geomříže vzorku 3 [25]

Popis	Vzorek 3	Foto
Pevnost v tahu	55 x 55 – 5 kN/bm	
Protažení	2,5 +/- 0,5 %	
Tahová odolnost	46 x 46 +/- 10 kN/bm	
Tuhost	2.200 x 2.200 +/- 200 N/mm	
Youngův modul E	73.000 MPa	
Plošná hmotnost	205 g/m2	
Bod tavení coatingu	> 232 °C	
Bod tavení skla	> 820 °C	
Délka role	150 m	
Šířka role	1,0; 1,5; 2,0; 3,0 m	
Plocha role	150, 225, 300, 450 m2	
Samolepící vrstva	Aktivuje se tlakem	
Velikost oka	25 x 25 mm	
Materiál	Sklovláknitá výztužná mříž s modifikovaným polymerovým povlakem a samolepící spodní vrstvou aktivující se přitlakem	

4.2.8 Vzorek 5

Jedná se o výztužný geokompozit s netkanou geotextilií, který je impregnován asfaltovým postřikem. Geokompozit je na rozdíl od předešlých vzorků tvořen kombinací polymerů se skelnými vlákny.

Geotextilie obsažená v tomto vzorku slouží pro snadnější instalaci a zajištění celoplošného spojení. Základní vlastnosti geokompozitu jsou uvedeny v tabulce 11 níže.

Tabulka 11 - Vlastnosti geomříže vzorku 5 [26]

Popis	Vzorek 5	Foto
Pevnost v tahu	100 x 100 – 5 kN/bm	
Protažení	3,0 +/- 0,5 %	
Tahová odolnost	46 x 46 +/- 10 kN/m	
Plošná hmotnost	270 g/m2	
Bod měknutí Bod tání	> 230 °C > 256 °C	
Délka role	150 m	
Šířka role	1,0 – 5,0 m	
Plocha role	500 m2	
Samolepící vrstva	Aktivuje se tlakem	
Velikost oka	30 x 30 mm	
Materiál	Kompozit z polyesterové mřížoviny s tenkou netkanou geotextilií a impregnačním asfaltem	

5 VÝSLEDKY

V této kapitole jsou shrnuty všechny výsledky mé bakalářské práce. Výsledné vlastnosti zkoumaných geomříží byly stanoveny pomocí zkoušky pevnosti v tahu, která určí, jak moc se mříž poškodila účinky zatěžování.

Výsledky jsou rozdělené nejprve pro každý vzorek zvlášť ve formě tabulek v dané simulaci zatěžování a poté následuje grafické shrnutí výsledků.

5.1 Referenční vzorky

V následujících podkapitolách jsou v tabulkách 12 – 15 uvedeny naměřené hodnoty pevnosti v tahu a protažení jednotlivých referenčních vzorků mříží. Jsou zde také uvedeny průměrné hodnoty σ pevnosti v tahu a směrodatné odchylky σ .

Hodnoty referenčních vzorků slouží k porovnání se vzorky, které byly vystaveny účinkům zatížení, a lze podle nich uvést, o kolik procent došlo ke snížení pevnosti daného vzorku. Z naměřených hodnot pevností v tahu referenčních vzorků je zřejmé, že pevnosti v tahu těchto vzorků byly v průměru nižší, než jsou udávány ve specifikacích výrobků. Tuto skutečnost si lze vysvětlit např. tím, že stáří výztužných mříží, ze kterých byly vzorky vystřiženy, je cca 2 roky.

5.1.1 Vzorky 1;4

Tabulka 12 - Referenční pevnosti v tahu vzorku 1;4 v podélném směru

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [kN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	13.05.2019	10:00	1;4 A	7,4	4,4	99,0
	13.05.2019	10:01	1;4.B	5,1	4,5	67,8
	13.05.2019	10:01	1;4.C	5,1	3,6	67,7
	13.05.2019	10:02	1;4.D	7,7	4,5	102,3
	13.05.2019	10:02	1;4.E	4,8	3,2	63,7
	σ			1,3	0,6	16,8
	σ			6,0	4,0	80

Tabulka 13 - Referenční pevnosti v tahu vzorku 1;4 v příčném směru

PŘÍČNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	13.05.2019	12:04	1;4.F	7,3	4,5	97,3
	13.05.2019	12:05	1;4.G	7,1	4,7	94,7
	13.05.2019	12:05	1;4.H	7,1	4,3	94,6
	13.05.2019	12:06	1;4.CH	8,0	4,6	107,0
	13.05.2019	12:06	1;4.I	5,0	4,6	66,6
	13.05.2019	12:07	1;4.J	5,6	4,5	74,9
	σ			1,0	0,1	13,9
	$\emptyset$			5,9	4,5	89

5.1.2 Vzorky 2

Tabulka 14 - Referenční pevnosti v tahu vzorku 2 v podélném a příčném směru

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	13.05.2019	13:14	2.A	5,0	2,9	78,9
	13.05.2019	13:15	2.B	5,4	3,9	84,6
	13.05.2019	13:15	2.C	4,9	3,7	76,7
	σ			0,2	0,4	3,3
	$\emptyset$			5,1	3,5	80

PŘÍČNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	13.05.2019	12:13	2.D	6,7	3,7	106,6
	13.05.2019	12:14	2.E	6,3	3,8	99,5
	13.05.2019	12:15	2.F	5,0	4,2	79,7
	σ			0,7	0,2	11,4
	$\emptyset$			6,0	3,9	95

5.1.3 Vzorky 3

Tabulka 15 - Referenční pevnosti v tahu vzorku 3 v podélném a příčném směru

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	13.05.2019	13:18	3.A	3,5	3,7	46,0
	13.05.2019	13:18	3.B	3,4	3,6	45,5
	13.05.2019	13:19	3.C	3,3	3,3	43,3
	σ			0,1	0,2	1,2
	$\emptyset$			3,4	3,5	45

PŘÍČNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	13.05.2019	13:19	3.D	4,1	3,0	54,3
	13.05.2019	13:20	3.E	3,5	2,9	46,6
	13.05.2019	13:20	3.F	4,5	3,3	60,5
	σ			0,4	0,2	5,7
	$\emptyset$			4,0	3,1	54

5.1.4 Vzorky 5

Tabulka 16 - Referenční pevnosti v tahu vzorku 5 v podélném a příčném směru

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	13.05.2019	13:22	5.A	5,0	5,5	64,7
	13.05.2019	13:23	5.B	8,7	4,2	113,2
	13.05.2019	13:23	5.C	6,4	3,7	83,1
	13.05.2019	13:24	5.D	9,1	4,8	118,6
	13.05.2019	13:24	5.E	9,1	4,8	118,2
	σ			1,7	0,6	21,8
	$\emptyset$			7,7	4,6	100

PŘÍČNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	13.05.2019	13:25	5.F	9,3	6,3	121,4
	13.05.2019	13:26	5.G	5,4	6,1	69,7
	13.05.2019	13:26	5.H	8,9	5,9	115,1
	13.05.2019	13:26	5.CH	7,7	4,7	100,6
	13.05.2019	13:27	5.I	5,2	6,4	67,7
	σ			1,7	0,6	22,4
	$\emptyset$			7,3	5,9	95

5.2 Vzorky po simulaci účinků hutnění nadložní vrstvy segmentovým zhutňovačem

V následujících podkapitolách 5.2.1. – 5.2.5. jsou v tabulkách 16 – 25 uvedeny naměřené hodnoty pevnosti v tahu a protažení jednotlivých vzorků mříží. Jsou zde také uvedeny průměrné hodnoty $\emptyset$ pevnosti v tahu a směrodatné odchylky σ .

5.2.1 Vzorky 1 simulace hutnění

Tabulka 17 - Pevnosti v tahu vzorku 1 v podélném směru

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	10:47	1.A	2,3	1,9	31,3
	1.3.2019	10:48	1.B	2,9	2,8	38,6
	1.3.2019	10:49	1.C	2,6	2,1	34,5
	1.3.2019	10:50	1.D	1,9	2,2	25,8
	1.3.2019	10:51	1.E	2,8	2,9	37,3
	1.3.2019	10:52	1.F	2,0	2,3	26,7
	Směr. odchylka σ			0,4	0,4	4,9
	Průměr $\emptyset$			2,1	2,4	32

Tabulka 18 - Pevnosti v tahu vzorku 1 v příčném směru

PŘÍČNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	10:52	1.G	2,4	1,8	32,6
	1.3.2019	10:53	1.H	2,2	1,6	29,3
	Směr. odchylka σ			0,1	0,1	1,7
	Průměr $\bar{x}$			2,3	1,7	31

5.2.2 Vzorky 2 simulace hutnění

Tabulka 19 - Pevnosti v tahu vzorku 2 v podélném směru

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	10:41	2.A	2,5	2,4	40,1
	1.3.2019	10:42	2.B	2,5	2,2	40,2
	1.3.2019	10:44	2.C	2,3	2,2	36,0
	1.3.2019	10:45	2.D	1,7	1,9	29,2
	Směr. odchylka σ			0,3	0,2	4,5
	Průměr $\bar{x}$			2,3	2,2	36

Tabulka 20 - Pevnosti v tahu vzorku 2 v příčném směru

PŘÍČNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	01.03.2019	10:46	2.E	1,6	1,5	26,0
	01.03.2019	10:46	2.F	0,9	1,3	14,1
	σ			0,4	0,1	6,0
	$\bar{x}$			1,3	1,4	20

5.2.3 Vzorky 3 simulace hutnění

Tabulka 21 - Pevnosti v tahu vzorku 3 v podélném směru

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	11:03	3.A	1,3	1,7	17,9
	1.3.2019	11:04	3.B	0,6	1,5	7,6
	1.3.2019	11:05	3.C	0,6	1,6	8,3
	1.3.2019	11:05	3.D	0,9	1,9	11,5
	1.3.2019	11:06	3.E	0,6	1,1	8,4
	1.3.2019	11:08	3.F	1,6	2,6	21,1
	Směr. odchylka σ			0,4	0,4	5,2
	Průměr $\bar{x}$			0,9	1,7	12

Tabulka 22 - Pevnosti v tahu vzorku 3 v příčném směru

PŘÍČNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	01.03.2019	11:06	3.G	0,6	1,1	8,4
	01.03.2019	11:07	3.H	0,5	1,5	6,5
	01.03.2019	11:07	3.CH	1,0	1,2	13,1
	01.03.2019	11:08	3.I	0,5	2,1	7,3
	σ			0,2	0,4	2,6
	$\emptyset$			0,7	1,5	9

5.2.4 Vzorky 4 simulace hutnění s mezivrstvou kameniva frakce 0/2

Tabulka 23 - Pevnosti v tahu vzorku 4 v podélném směru

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	9:51	4.A	3,5	2,6	46,6
	1.3.2019	9:57	4.B	2,8	2,6	37,6
	1.3.2019	9:58	4.C	2,3	2,4	30,7
	1.3.2019	10:01	4.D	3,3	2,8	44,3
	1.3.2019	10:15	4.E	2,2	1,5	29,1
	Směr. odchylka σ			0,5	0,5	7,0
	$\emptyset$			2,8	2,4	38

Tabulka 24 - Pevnosti v tahu vzorku 4 v příčném směru

PŘÍČNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	01.03.2019	10:17	4.F	1,5	2,2	20,7
	01.03.2019	10:19	4.G	3,3	2,8	43,7
	01.03.2019	10:20	4.H	2,1	2,3	27,8
	σ			0,7	0,3	9,6
	$\emptyset$			2,3	2,4	31

5.2.5 Vzorky 5

Tabulka 25 - Pevnosti v tahu vzorku 5 v podélném směru

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	11:13	5.A	5,6	4,4	72,6
	1.3.2019	11:14	5.B	5,4	3,9	70,5
	1.3.2019	11:15	5.C	5,1	3,6	66,2
	1.3.2019	11:17	5.D	7,0	4,5	91,5
	1.3.2019	11:18	5.E	6,0	4,1	78,6
	1.3.2019	11:19	5.F	5,8	4,2	75,8
	σ			0,6	0,3	8,0
	$\emptyset$			5,1	4,1	76

Tabulka 26 - Pevnosti v tahu vzorku 5 v příčném směru

PŘÍČNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	11:19	5.G	5,5	4,0	71,5
	1.3.2019	11:20	5.H	4,0	3,9	52,4
	σ			0,7	0,0	9,6
	$\emptyset$			4,8	4,0	62

5.2.6 Zhodnocení výsledků simulace hutnění

Z výsledků simulace hutnění lze konstatovat, že po simulaci hutnění dopadl nejlépe vzorek 5, a to jak v podélném, tak i v příčném směru. Důvodem, proč tento vzorek dopadl o mnoho lépe než zbylé vzorky, může být fakt, že tato výtvarná mříž má rozdílné složení (kombinací polymerů se skelnými vlákny).

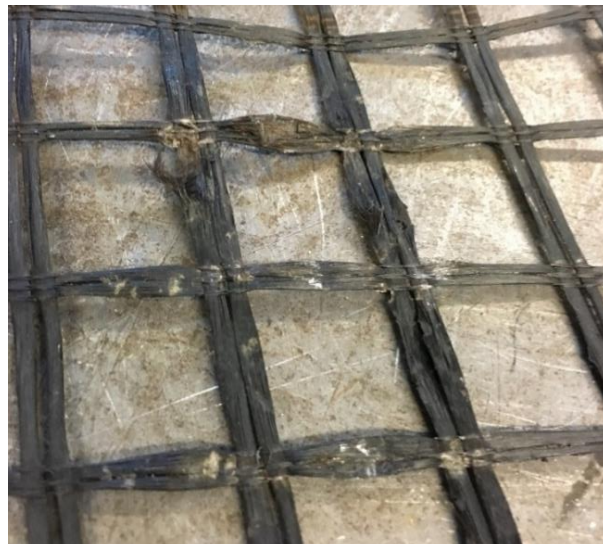
Z výsledků, které jsou uspořádány do grafů 5 a 6, je zřejmé, že vlivem hutnění nadložní vrstvy segmentovým zhušťovačem došlo k poškození mříž. Důvodem tohoto poškození mříže při hutnění může být skutečnost, že frakce kameniva, které je obsaženo ve zhuštěné nadložní vrstvě asfaltové směsi, podrtila jednotlivá vlákna mříže. Z výsledků se také nedá stanovit to, že vzorky v příčném směru mají větší pevnost v tahu než v podélném směru a naopak.

Proto jsem se rozhodl na Vzorku 4 provést před hutněním ohrubnou vrstvu podrcení geomříže drobným kamenivem frakce 0/2 a na takto připravený vzorek zhutnit ohrubnou vrstvu. Výsledná pevnost pak byla vyšší o 6 % oproti vzorku 1. Nedá se říct, že i když se z některých výsledků vyšla pevnost v příčném směru lépe, tak je to tak stále.

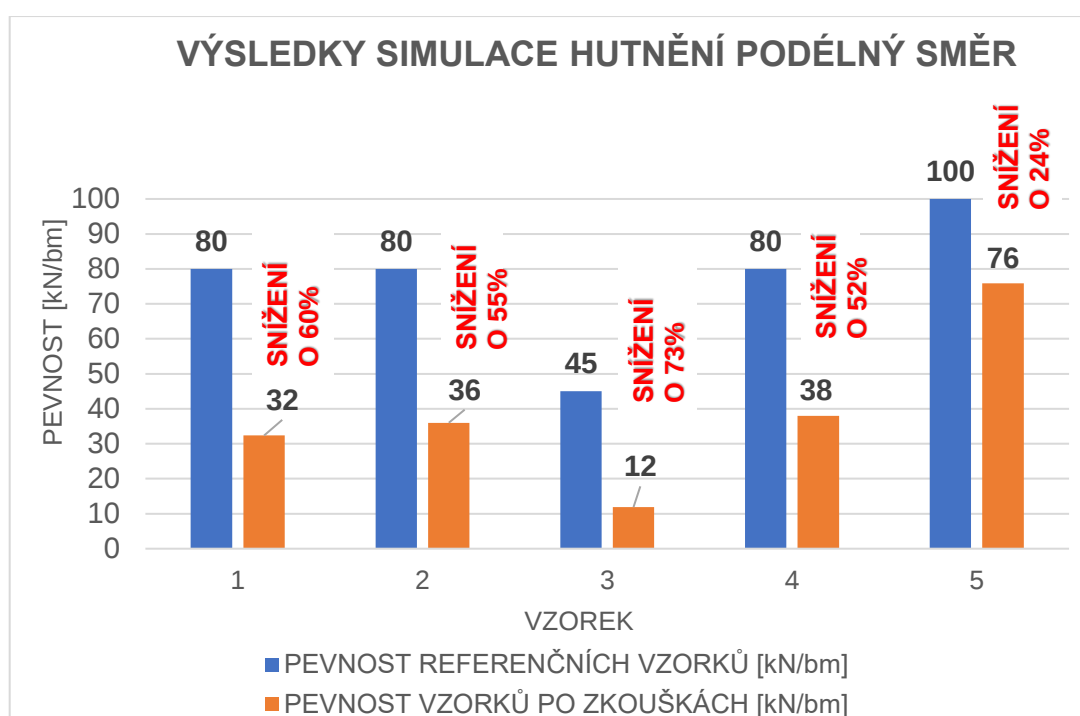
Na následujícím Obrázku 26 a 27, lze vidět porovnání vzorku 1 se vzorkem 3 po zkoušce hutnění nadložní vrstvy. Z obrázků je patrné, že vzorek 1, který má referenční pevnost 80 kN/bm se porušil výrazně méně, než vzorek 2 s referenční pevností 45 kN/bm.



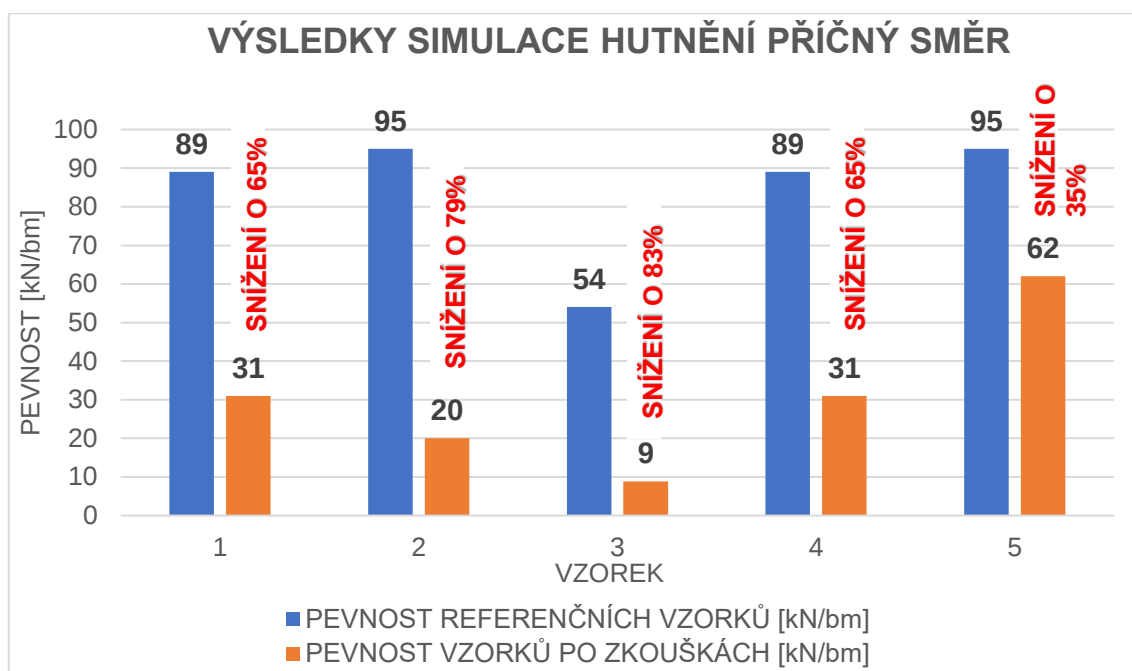
Obrázek 26 - Poškození mříže vzorku 3 simulací hutněním



Obrázek 27 - Poškození mříže vzorku 1 simulací hutněním



Graf 5 - Porovnání pevností v tahu referenčních vzorků se vzorky po simulaci hutnění v podélném směru



Graf 6 - Porovnání pevnosti v tahu referenčních vzorků se vzorky po simulaci hutněním v příčném směru

Z grafů 5 a 6 je také zřejmé, že nejlépe dopadl vzorek 5, kde se pevnost snížila v příčném směru o 35% oproti původnímu vzorku. Naopak nejhůře dopadl vzorek 3, který ztratil v příčném směru 83% své pevnosti. U vzorku 3 by to mohlo být nižším množstvím coatingu (polymeru), který je na vlákna použit.

5.3 Simulace pojezdu stavební techniky modifikovanou zkouškou pojiždění kolem

V následujících podkapitolách jsou v tabulkách 26 – 28 uvedeny naměřené hodnoty pevnosti v tahu a protažení jednotlivých vzorků mříží. Vzhledem k náročnosti zkoušky a omezenému času pro vypracování bakalářské práce byly vzorky testovány pouze v podélném směru.

5.3.1 Vzorky 1

Tabulka 27 - Pevnosti v tahu vzorku 1

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	10:24	1.A	5,3	3,1	70,2
	1.3.2019	10:30	1.B	5,3	3,0	70,3
	1.3.2019	10:38	1.C	3,4	2,9	45,5
	1.3.2019	10:39	1.D	3,7	3,2	48,7
	σ			0,9	0,1	11,6
	σ			4,4	3,0	59

5.3.2 Vzorky 2

Tabulka 28 - Pevnosti v tahu vzorku 2

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	10:30	2.A	4,5	2,8	71,5
	1.3.2019	10:33	2.B	5,7	3,0	89,9
	1.3.2019	10:34	2.C	4,6	3,2	72,3
	σ			0,5	0,2	8,5
	$\emptyset$			4,9	3,0	78

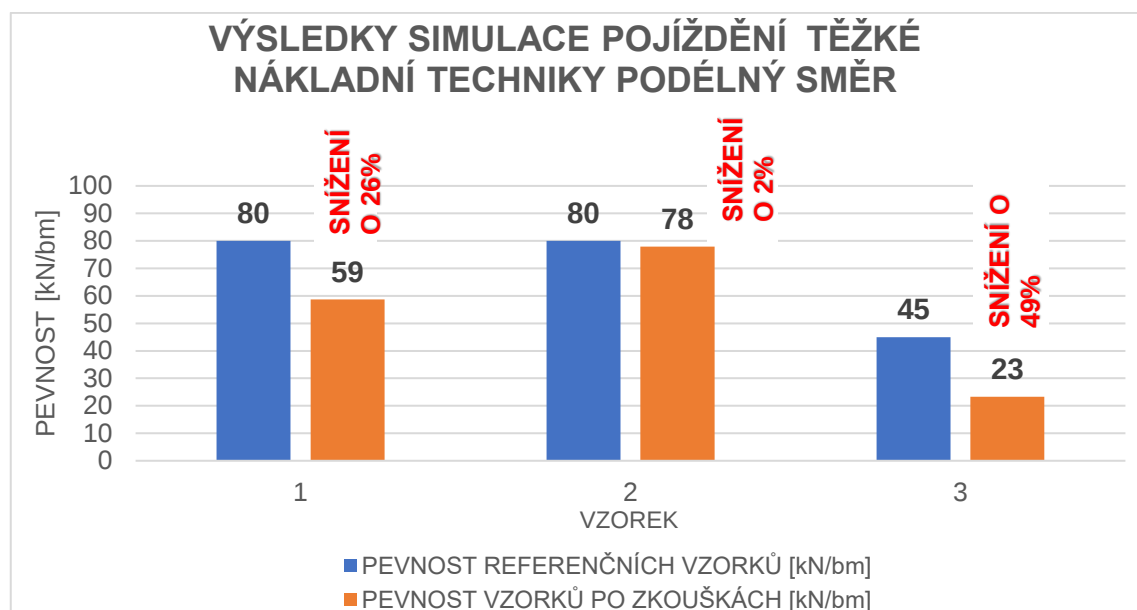
5.3.3 Vzorky 3

Tabulka 29 - Pevnosti v tahu vzorku 3

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	10:29	3.A	1,5	2,3	20,0
	1.3.2019	10:33	3.B	2,0	2,9	26,6
	σ			0,3	0,3	3,3
	$\emptyset$			1,7	2,6	23

5.3.4 Zhodnocení výsledků simulace pojezdu těžké nákladní techniky

Z výsledků pevnosti v tahu jednotlivých vzorků je zřejmé, že u vzorku 2 došlo k velmi malému procentu snížení oproti referenčnímu vzorku – což shrnuje i graf 7 Z grafu je patrné, že účinkem pojezdu kola došlo k podstatně menšímu snížení pevnosti v tahu vzorku 1 a 2 oproti simulaci hutněním. U vzorku 3 došlo ke snížení pevnosti o 49 %.



Graf 7 - Porovnání pevností v tahu referenčních vzorků s vzorky po simulaci pojezdu stavebních techniky v podélném směru

5.4 Kombinace simulace hutnění a simulace pojezdu těžké nákladní techniky

V následujících podkapitolách jsou v tabulkách 29 – 31 uvedeny naměřené hodnoty pevnosti v tahu a protažení jednotlivých vzorků mříží.

Z výsledků uvedených v těchto tabulkách lze konstatovat, že nejlépe dopadl vzorek 2 s naměřenou pevností v tahu 47 kN/bm.

5.4.1 Vzorky 1

Tabulka 30 - Pevnosti v tahu vzorku 1

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	10:57	1.A	2,7	2,4	36,4
	1.3.2019	10:56	1.B	2,6	2,4	35,0
	σ			0,1	0,0	0,7
	$\emptyset$			2,7	2,4	36

5.4.2 Vzorky 2

Tabulka 31 - Pevnosti v tahu vzorku 2

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	10:58	2.A	2,7	1,7	41,9
	1.3.2019	10:33	2.B	3,3	1,9	52,6
	σ			0,3	0,1	5,3
	$\emptyset$			3,0	1,8	47

5.4.3 Vzorky 3

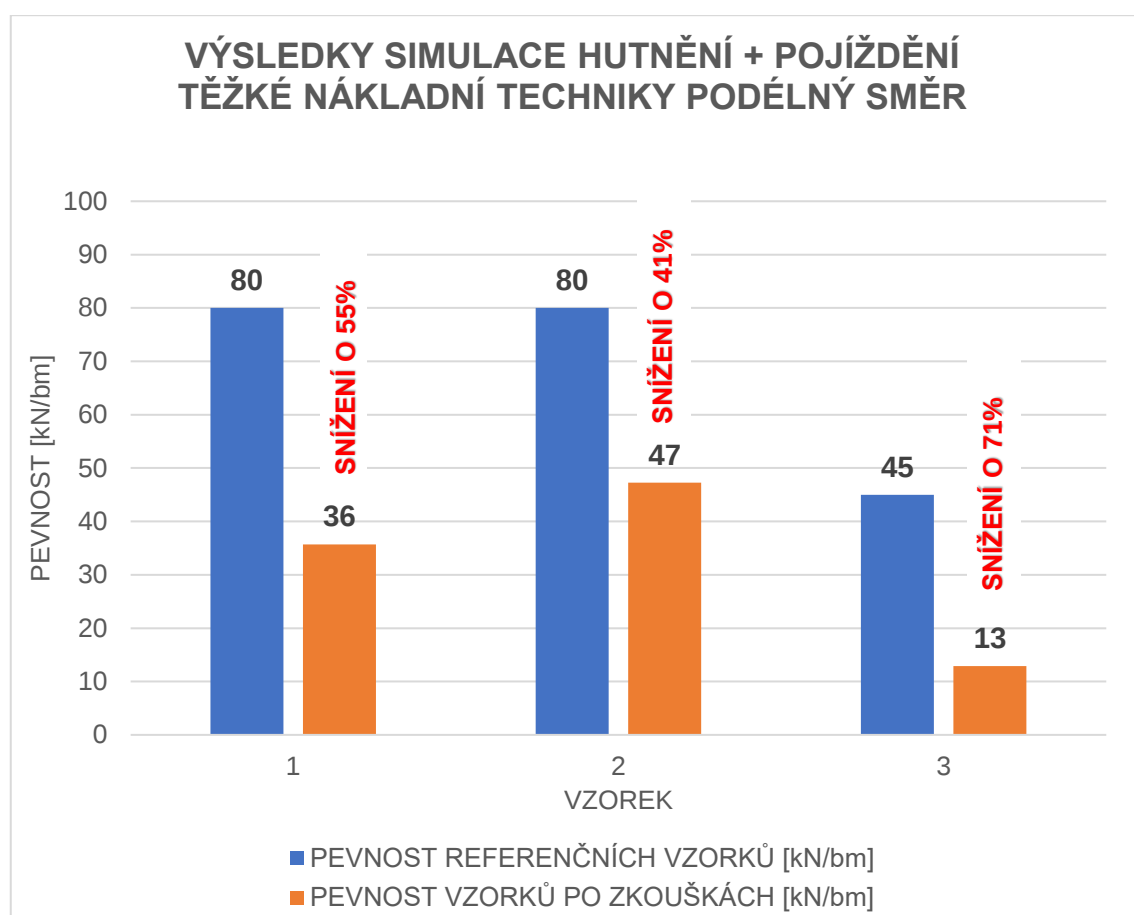
Tabulka 32 - Pevnosti v tahu vzorku 3

PODÉLNÝ SMĚR	DATUM	ČAS	VZORKY	PEVNOST [KN/5cm]	TAŽNOST [%]	PEVNOST [kN/bm]
	1.3.2019	10:59	3.A	1,1	1,7	15,0
	1.3.2019	11:01	3.B	0,8	1,6	10,7
	σ			0,2	0,0	2,1
	$\emptyset$			1,0	1,7	13

5.4.4 Zhodnocení výsledků kombinace simulace hutnění a simulace pojezdu těžké nákladní techniky

Tato kombinace byla provedena z důvodu reálných vlivů, kterým jsou geomříže vystaveny na stavbě. Během pokládky asfaltové směsi je geomříž nejprve pojížděna nákladními vozidly přivázejícími asfaltovou směs, následně je geomříž vystavena hutnícímu účinku válců.

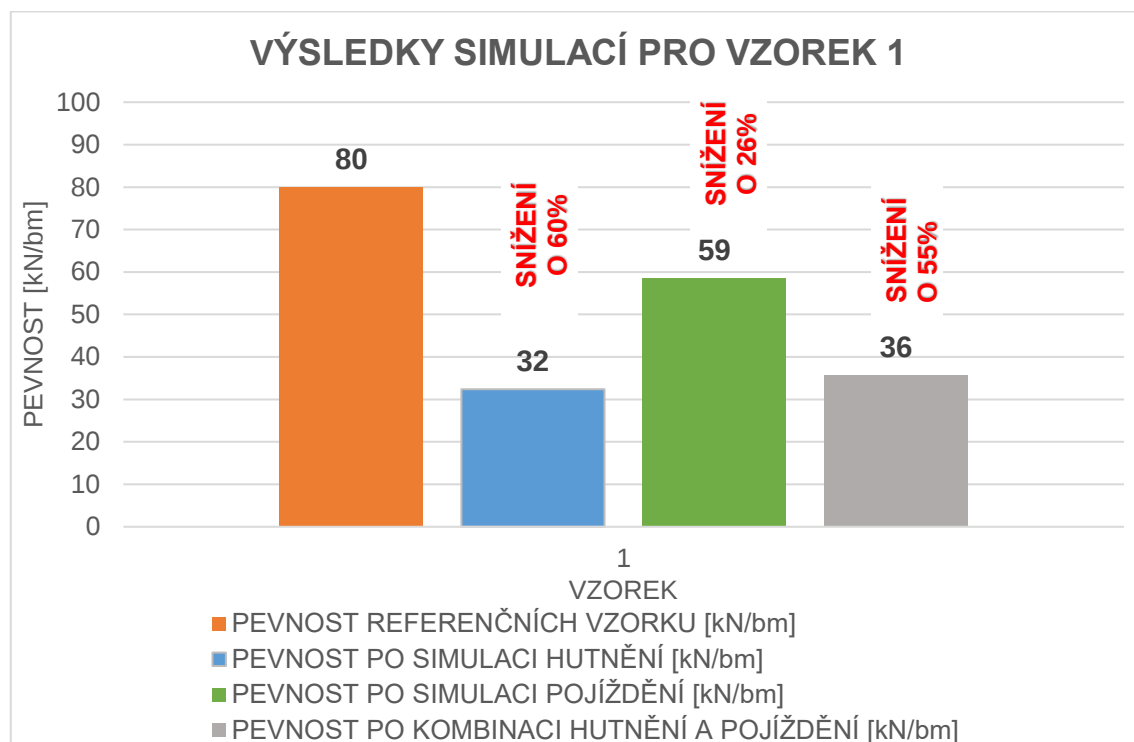
Výsledky simulace vlivu hutnění spolu se simulací vlivu pojezdu stavební techniky po geomříži, jsou uvedeny v následujícím grafu 8. I na základě předchozích výsledků lze konstatovat, že o výsledné pevnosti vzorku rozhodl převážně vliv hutnění. Při simulaci hutnění dochází k vyššímu snížení pevnosti vzorku oproti simulaci pojezdu.



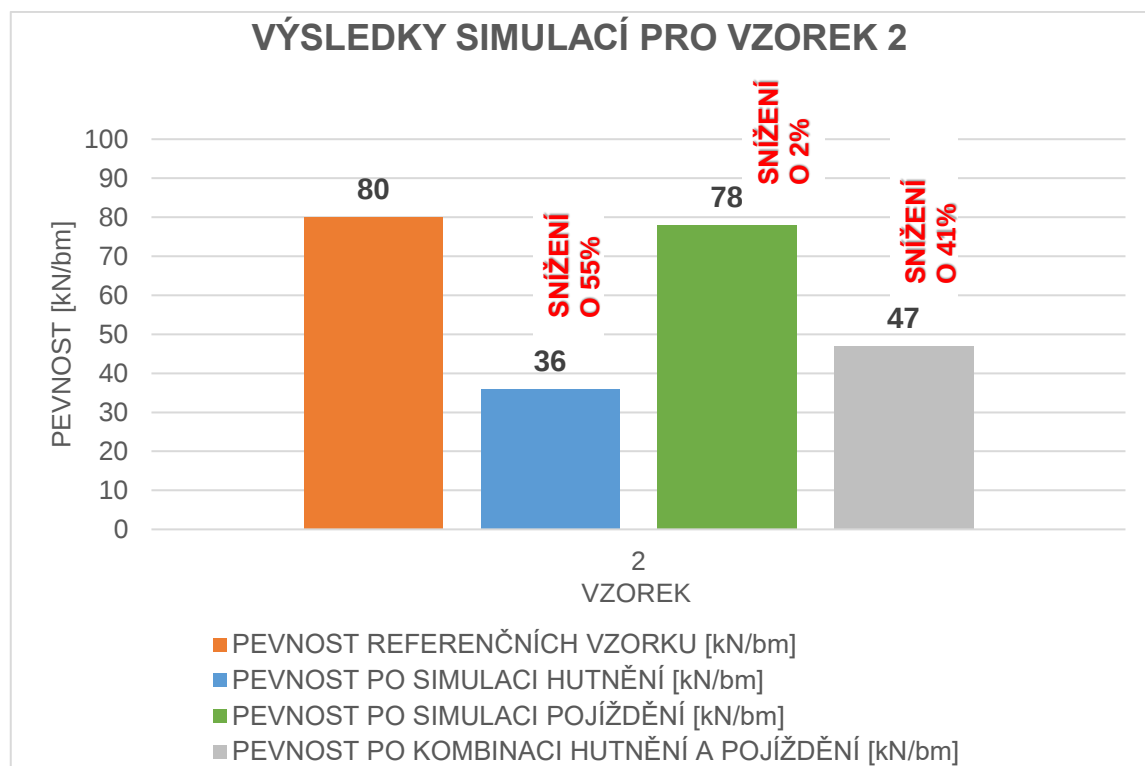
Graf 8 - Porovnání pevností v tahu referenčních vzorků se vzorky po kombinaci simulace hutnění a simulace pojezdu těžké nákladní techniky

5.5 Celkové zhodnocení výsledků

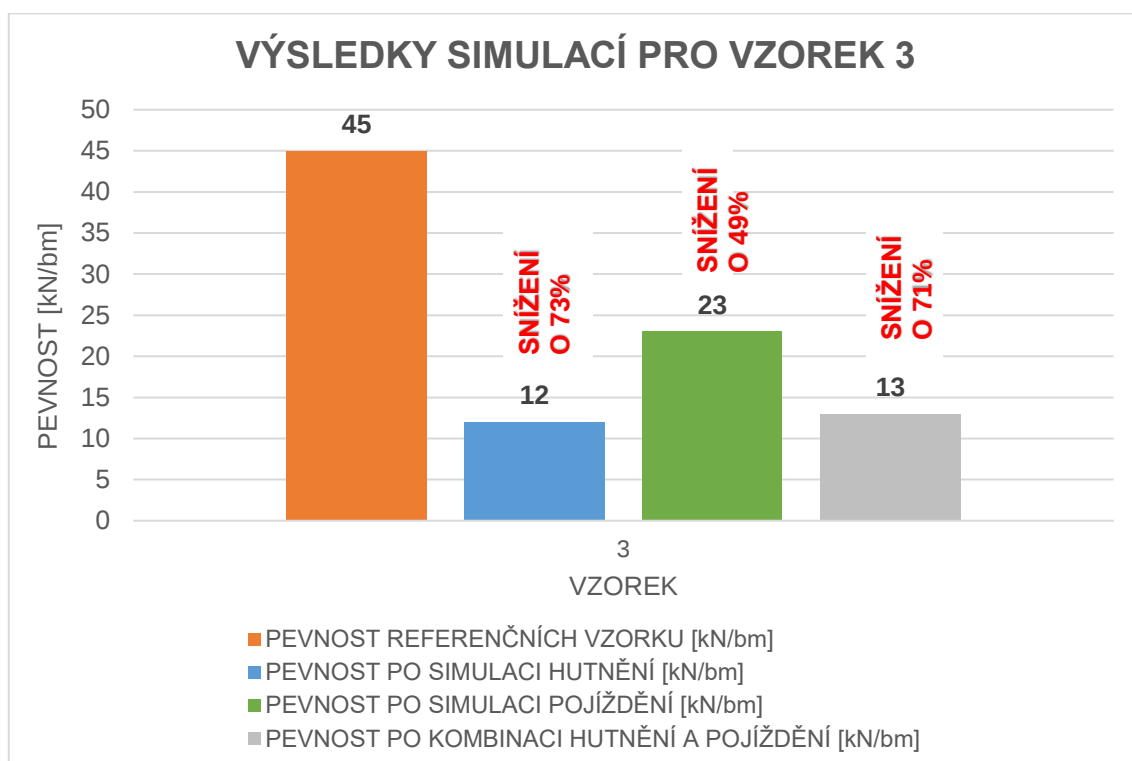
V následujících grafech 9 - 11 jsou celkově shrnuty výsledky pevnosti v tahu v podélném směru pro daný vzorek a daný typ simulace.



Graf 9 - Celkové zhodnocení pevnosti vzorku 1 po provedení zkoušek



Graf 10 - Celkové zhodnocení pevnosti vzorku 2 po provedení zkoušek



Graf 11 - Celkové zhodnocení pevnosti vzorku 3 po provedení zkoušek

Z celkového zhodnocení výsledků vyšel nejlépe vzorek 2, který má stejnou pevnost v tahu referenčního vzorku jako vzorek 1, ale liší se pouze ve velikosti ok mříže. Z důvodu menší velikosti ok, umožňuje vzorek postihnout více vláken výztužných mříží. Naopak nejhůře dopadl vzorek 3, který má ze všech vzorků nejmenší pevnost v tahu referenčních vzorků.

K největšímu snížení pevnosti docházelo při simulaci hutnění, kdy hrubší kamenivo, které je obsažené v hutněné nadložní vrstvě, či ve vrstvě pod geomříží, mohlo lokálně způsobovat porušení vláken. Dalším možným důvodem, proč docházelo k tak výraznému poklesu pevnosti, bylo použití geomříže bez fixace k podkladu. Na stavbě je standardně geomříž fixována buď pomocí spojovacího postříku, nebo se používá samolepící geomříž. Pokud tedy nebyla geomříž fixována během zkoušky, mohlo dojít během hutnění k nepatrnému posunu po asfaltové vrstvě, což mohlo usnadňovat její porušení. Důvodem, proč nebyla mříž fixována během zkoušky, byla možnost jejího zpětného vyjmutí po provedení zkoušky hutnění segmentovým zhutňovačem.

6 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá používáním sklovláknitých výztužných geomříží v konstrukci vozovky. Výztužné prvky se vkládají mezi obrusnou a ložnou asfaltovou vrstvu. Hlavním cílem bakalářské práce bylo stanovit, do jaké míry může samotná výstavba komunikace ovlivnit vlastnosti geomříže, aplikované mezi jednotlivé asfaltové vrstvy.

Teoretická část shrnuje základní poznatky výztužných geosyntetik, zabírá se stručnou rešerší základních pojmů, terminologií a vlastnostmi geomříží. Dále se věnuje aplikaci výztužných geosyntetik na stavbě a zabírá se porušováním vozovek trhlinami a jejich sanací pomocí geosyntetik. V neposlední řadě se zabývá shrnutím stávajících předpisů ve Švýcarsku, České a Slovenské republice, týkajících se používání geomříží ve vozovce.

Z poznatků o předpisech jsem dospěl k závěru, že slovenské předpisy jsou propracovanější, než předpisy české a švýcarské, ve kterých je uvedeno minimum informací o požadavcích na výztužné mříže. Lze konstatovat, že české předpisy jsou zastaralé, neodpovídají současným materiálům na trhu a je potřeba jejich aktualizace.

Praktická část práce se zabývá testováním vlivů na geomříže, které mohou nastat zejména během reálné výstavby. Geomříže jsou během výstavby vystaveny dvěma hlavními účinkům, a to:

- Účinku pojezdu těžkých nákladních vozidel s asfaltovou směsí a pojezdu hutnících válců,
- Účinku hutnění nadložní vrstvy nad geomříží.

Tyto vlivy byly testovány pomocí zkoušek:

- Hutnění nadložní vrstvy pomocí segmentového zhutňovače.
- Modifikovaná zkouška vyjetí kolem.
- Kombinace obou zkoušek.

Na vzorcích sklovláknitých výztužných geomříží vystavených účinkům zmíněných zkoušek byla provedena zkouška pevnosti v tahu a její výsledky byly porovnány s pevností v tahu vzorků nevystavených účinkům zatěžování.

Simulace hutnění nadložní vrstvy pomocí segmentového zhutňovače ukázala následující zjištění:

- Vlivem hutnění vrstvy nad geomříží došlo ke snížení pevnosti v tahu geomříže, a to o cca 24 % (pro vzorek 5), až po 83 % (pro vzorek 3).
- U některých výztužných mříží došlo k viditelnému poškození.
- Nejvyšší snížení pevnosti v tahu nastalo u geomříže s nejnižší předepsanou pevností.
- Jedním z důvodů porušení mříže může být to, že došlo k drcení mříže vlivem kameniva nadložní vrstvy.
- Dalším důvodem poškození mříží mohlo být také to, že byly použity mříže nesamolepící, které nebyly přilnuty k podkladu (z důvodu umožnění následného sejmutí mříží). Zároveň také nebyl použit spojovací postřík, který by zlepšil spojení vrstev. Během hutnění tak mohlo docházet k nepatrnému posunu mříže po spodní vrstvě, což mohlo napomoci jejímu porušení.
- Pro lepší ověření chování mříže by bylo dobré stanovit její vlastnosti po účincích reálné pokládky asfaltových vrstev ve vozovce.

Z provedených zkoušek simulace pojezdu nákladních vozidel po geomříží během výstavby (zkouška pojíždění kolem) vyplynulo následující:

- Ačkoliv při zkoušce pojíždění kolem byly vzorky vystaveny účinkům 2000 pojezdů, což při stavbě vozovky nemůže nastat, došlo jen k mírnému zhoršení vlastností výztužných mříží – snížení pevností o cca 2 % (pro vzorek 2) až o 49 % (pro vzorek 3). Lze tak říct, že účinky této zkoušky byly mírně předimenzovány.
- Vzorky nebyly na asfaltových vzorcích po celé ploše plně přilepeny, ačkoliv na stavbě jsou.
- Zkouška byla z důvodu pracnosti prováděna jen na malém počtu vzorků.

U kombinací obou zkoušek rozhodlo o výsledné tahové pevnosti geomříže zejména porušení této mříže vlivem hutnění nadložní vrstvy.

Závěrem je nutno dodat, že problematika vyztužování asfaltových vrstev a simulace vlivů působící na geomříže během výstavby vozovek je velmi rozsáhlá a nedala se v plném rozsahu postihnout v rámci této bakalářské práce. Nutno však říci, že hlavní cíl této bakalářské práce, a sice simulace vlivů, které mohou nastat při výstavbě vozovky, byl splněn.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Šperka, Pavel. Asfaltové vozovky s použitím výztužných sklovláknitých textilií. Brno, 2018. 30 stran. Pojednání k disertační práci. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.
- [2] Ročenka 2017 - Ředitelství silnic a dálnic ČR, Čerčanská 12, 140 00 Praha 4, RoadMedia s.r.o., leden 2018. Dostupné z:
https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/dbc399d7-56eb-4c7a-b7ef-aef2283647a0/%25C5%2598SD+ro%25C4%258Denka+2017_CZE_web.pdf?MOD=AJPERES&attachment=true&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE
- [3] Veselý Petr. Vlastnosti výztužných sklovláknitých geomříží. Brno, 2018. 62 s., 6s.příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Ondřej Dašek, Ph.D.
- [4] Bohuš, Štěpán. Výztužné prvky pro krytové vrstvy letištních ploch [online]. b.r. [cit. 2019-01-04]
Dostupné z: <http://tvstav.cz/clanek/4230-vyztuzne-prvky-pro-krytove-vrstvy-letistnich-ploch>
- [5] TP 147. Užití asfaltových membrán a geosyntetik v konstrukci vozovky. Brno: Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací, Veverčí 331/95, 602 00 Brno, 2010.
- [6] Technické listy geomříží GlasGrid. ADFORS SAINT-GOBAIN [online]. b.r. [cit. 2019-01-20].
Dostupné z: <http://www.adfors.com/eu/cz/geomrize/technicke-listy>
- [7] GlasGrid geomříž brožura. ADFORS SAINT-GOBAIN [online]. b.r. [cit. 2019-01-20].
Dostupné: <http://www.adfors.com/eu/sites/default/files/Brands/geom%C5%99%C3%AD%C5%BE%20GlasGrid%20bro%C5%BEura.pdf>
- [8] TP 82. Katalog poruch netuhých vozovek. Brno: PavEx® Consulting, s.r.o., 2010.
- [9] K. Denolf, J. De Visscher, A. Vanelstraete: „On Performance of Anti-cracking Interface Systems on Overlaid Cement Concrete Slabs – Development of Laboratory Test to Simulate Slab Rocking“, proceedings 7th RILEM International Conference on Cracking in Pavements, 2012, p 1169.

- [10] TP 05. Katalóg porúch asfaltových vozoviek, Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií, 2014.
- [11] Ing. Zajíček, Ing. Jacko Libor. Současné problémy provádění diagnostického průzkumu netuhých vozovek a jejich možné řešení. Silnice – železnice [online]. 30.5.2012 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/soucasne-problemy-provadeni-diagnostickeho-pruzkumu-netuhych-vozovek-a-jejich-mozne-reseni/>
- [12] Asphalt Academy: „Technical Guideline: Asphalt Reinforcement Guidelina“, TG 3, First edition, November 2008, ISBN 978-0-7988-5581-5.
- [13] GlasGrid GG Instalační manuál. ADFORS SAINT – GOBAIN [online]. b.r. [cit. 2019-01-21]. Dostupné z: http://www.adfors.com/eu/sites/default/files/Road%20Reinforcement/geom%C5%99%C3%AD%C5%BE%20GlasGrid%20GG_instala%C4%8Dn%C3%AD%20manu%C3%A1l.pdf
- [14] Kalašová, Jana. Výztužné mříže – cesta k prodloužení životnosti vozovek. Silnice Železnice [online]. 2015 [cit. 2019-01-21]. ISSN 1803-8441. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/vyztuzne-mrize-cesta-k-prodlouzeni-zivotnosti-vozovek/>
- [15] SKANSKA a.s., Skanska jako první v ČR realizuje kompletní konstrukce vozovek pomocí BIM [online]. 16.8.2017 [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/skanska-jako-prvni-v-cr-realizuje-kompletni-konstrukce-vozovek-pomoci-bim/>
- [16] ČSN EN 15381: Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití na vozovky a asfaltové kryty. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [17] TP 115. Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem. Ministerstvo dopravy, Odbor infrastruktury, 2009.
- [18] TP 064. Použitie geosyntetických a im podobných materiálov vo vrstvách asfaltových vozovek. Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií, 2016
- [19] SN 670 259a-NA: Geotextilien und geotextilverwandte Produkte. Zürich, 2010.

- [20] ČSN EN 12697-33: Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 33: Příprava zkušebních těles zhutňovačem desek. Český normalizační institut, 2005.
- [21] ČSN EN 12697-6+A1. Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 6: Stanovení objemové hmotnosti asfaltového zkušebního tělesa. Praha: ČNI, 2007
- [22] ČSN EN 12697-22: Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 22: Zkouška pojíždění kolem. Český normalizační institut, 2005.
- [23] Universal tensile testing machine 5KN tensile testing machine for cable tension measuring instrument. Alibaba.com [online]. [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: https://www.alibaba.com/product-detail/Universal-tensile-testing-machine-5KN-tensile_60640096190.html
- [24] ČSN EN ISO 13934-1: Textilie – Tahové vlastnosti plošných textilií – Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip. Brno, 2013.
- [25] GlasGrid GG: Technický list. ADFORS SAINT – GOBAIN [online]. b.r. [cit. 2019-02-09].
Dostupné z: http://www.adfors.com/eu/sites/default/files/geom%C5%99%C3%AD%C5%BE%20GlasGrid%20GG_technick%C3%BD%20list.pdf
- [26] HUESKER geosynthetics: HaTelit [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.huesker.co.uk/products/geosynthetics/geogrids/hatelit.html>

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Finanční prostředky vynaložené na opravu silnic, zdroj [2].....	10
Obrázek 2 - Geomříž (vlevo), geokompozit ze skelných vláken uprostřed a vpravo Zdroj [6].....	15
Obrázek 3 - Zvětšení sklovláknité mříže 304x (coating zobrazen zeleně a skelná vlákna červeně), zdroj [1].....	16
Obrázek 4 - Vývoj a vznik mrazových trhlin, zdroj [8].....	18
Obrázek 5 - Síťové trhliny, zdroj [11]	19
Obrázek 6 - Čištění povrchu, zdroj: [13]	21
Obrázek 7 - Instalace na frézovaný povrch, zdroj: [13]	21
Obrázek 8 - Instalace geomříže – strojně, zdroj: [14].....	22
Obrázek 9 - Instalace geomříže – ručně, zdroj [14]	22
Obrázek 10 - Podélný spoj, zdroj [13] Obrázek 11 - Spoj konce, zdroj [13].....	23
Obrázek 12 - Aplikace spojovacího postřiku, zdroj [13]	23
Obrázek 13 - Pokládka obrusné krytové vrstvy, zdroj [15]	24
Obrázek 14 - Segmentový zhutňovač.....	34
Obrázek 15 - Navážka asfaltové směsi	35
Obrázek 16 - Vzhled vzorku po hutnění.....	37
Obrázek 17 - Odstranění obrusné asfaltové vrstvy	37
Obrázek 18: Zařízení pro zkoušku vyjíždění kolem	40
Obrázek 19 - Zkouška pojíždění kolem	41
Obrázek 20 - Upevnění mříže pomocí pryskyřice	41
Obrázek 21 - Hydraulická trhačka [23].....	42
Obrázek 22 - Připravené zkušební vzorky	43
Obrázek 23 - Příprava zkušebních vzorků dle normy [23].....	44
Obrázek 24 - Příprava vzorků - červeně příčný směr, modře podélný směr	44
Obrázek 25 – Testované vzorky geomříží 1 - 5	49
Obrázek 26 - Poškození mříže vzorku 3 simulací hutněním	59
Obrázek 27 - Poškození mříže vzorku 1 simulací hutněním	59

9 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Vlastnosti, funkce a použití některých zkušebních metod pro geotextilie a výrobků jim podobným používané u asfaltových krytů vozovek, zdroj [16].....	25
Tabulka 2 - Požadavky na geokompozit s geomříží na bázi polymeru (dle TP 115), zdroj [17]	26
Tabulka 3 - Požadavky na geokompozit s geomříží ze skelných vláken (dle TP 115), zdroj [17]	26
Tabulka 4 - Požadavky na geomříž (dle TP 115), zdroj [17]	26
Tabulka 5 - Hodnoty vlastností mříže ze skelných vláken s polymerním povlakem na povrch s nerovnostmi do 4 mm, zdroj [18]	29
Tabulka 6 - Hodnoty vlastností sklovláknitých mříží s polymerním povlakem na povrch s nerovnostmi nad 4 mm, zdroj [18].....	30
Tabulka 7 - Hodnoty vlastností mříží ze skelných vláken s asfaltovým povlakem, zdroj [18].....	31
Tabulka 8 - Hodnoty vlastností geokompozitu ze skelných vláken, zdroj [18]	32
Tabulka 9 - Vlastnosti geomříže Vzorek 1, Vzorek 2, Vzorek 4 [25].....	50
Tabulka 10 - Vlastnosti geomříže vzorku 3 [25]	51
Tabulka 11 - Vlastnosti geomříže vzorku 5 [26]	52
Tabulka 12 - Referenční pevnosti v tahu vzorku 1;4 v podélném směru	53
Tabulka 13 - Referenční pevnosti v tahu vzorku 1;4 v příčném směru	54
Tabulka 14 - Referenční pevnosti v tahu vzorku 2 v podélném a příčném směru	54
Tabulka 15 - Referenční pevnosti v tahu vzorku 3 v podélném a příčném směru	54
Tabulka 16 - Referenční pevnosti v tahu vzorku 5 v podélném a příčném směru	55
Tabulka 17 - Pevnosti v tahu vzorku 1 v podélném směru.....	55
Tabulka 18 - Pevnosti v tahu vzorku 1 v příčném směru	56
Tabulka 19 - Pevnosti v tahu vzorku 2 v podélném směru.....	56
Tabulka 20 - Pevnosti v tahu vzorku 2 v příčném směru	56
Tabulka 21 - Pevnosti v tahu vzorku 3 v podélném směru.....	56
Tabulka 22 - Pevnosti v tahu vzorku 3 v příčném směru	57
Tabulka 23 - Pevnosti v tahu vzorku 4 v podélném směru.....	57
Tabulka 24 - Pevnosti v tahu vzorku 4 v příčném směru	57
Tabulka 25 - Pevnosti v tahu vzorku 5 v podélném směru.....	58
Tabulka 26 - Pevnosti v tahu vzorku 5 v příčném směru	58
Tabulka 27 - Pevnosti v tahu vzorku 1.....	60
Tabulka 28 - Pevnosti v tahu vzorku 2.....	61
Tabulka 29 - Pevnosti v tahu vzorku 3.....	61
Tabulka 30 - Pevnosti v tahu vzorku 1.....	62
Tabulka 31 - Pevnosti v tahu vzorku 2.....	62
Tabulka 32 - Pevnosti v tahu vzorku 3.....	62

10 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Křivka zrnitosti ACO 11+	45
Graf 2 - Křivka zrnitosti ACL 16+	46
Graf 3 - Křivka zrnitosti kameniva frakce 0/2	47
Graf 4 - Křivka zrnitosti SAL 8	48
Graf 5 - Porovnání pevností v tahu referenčních vzorků se vzorky po simulaci hutnění v podélném směru	59
Graf 6 - Porovnání pevností v tahu referenčních vzorků se vzorky po simulaci hutněním v příčném směru	60
Graf 7 - Porovnání pevností v tahu referenčních vzorků s vzorky po simulaci pojezdu stavebních techniky v podélném směru	61
Graf 8 - Porovnání pevností v tahu referenčních vzorků se vzorky po kombinaci simulace hutnění a simulace pojezdu těžké nákladní techniky	63
Graf 9 - Celkové zhodnocení pevnosti vzorku 1 po provedení zkoušek	64
Graf 10 - Celkové zhodnocení pevnosti vzorku 2 po provedení zkoušek	64
Graf 11 - Celkové zhodnocení pevnosti vzorku 3 po provedení zkoušek	65

11 PŘÍLOHY

11.1 Asfaltová směs obrusné vrstvy ACO 11+

Zkouška typu				Kontrolní zkouška	
Zrnitost směsi dle ITT		Dovolené odchylky		propady [%]	odchylka od ITT
Síto [mm]	Propady [%]	+	-		
0,063	6,2	2	-2	7,8	1,6
0,125	9	4	-4	9,8	0,8
0,25	15	0	0	15	0,0
0,5	22	0	0	21,3	-0,7
1	28	0	0	28,3	0,3
2	37	6	-6	38,5	1,5
4	53	7	-7	53,6	0,6
8	79	0	0	76,6	-2,4
11	98	2	-8	95,2	-2,8
16	100	0	-2	100	0,0
Asfalt	5,7%	0,5		6,1	0,4
Mezer.	2,5 %	Max. objemová hmotnost			2432 kg/m ³
		Objemová hmotnost			2371 kg/m ³

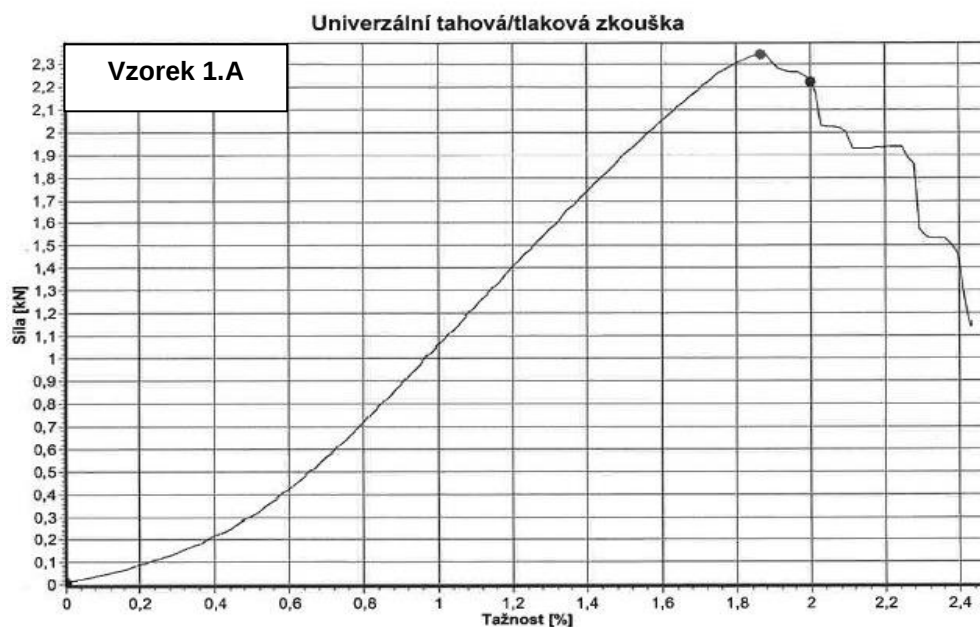
11.2 Asfaltová směs ložné vrstvy ACL 16+

Zkouška typu				Kontrolní zkouška	
Zrnitost směsi dle ITT		Dovolené odchylky		propady [%]	odchylka od ITT
Síto [mm]	Propady [%]	+	-		
0,063	5,9	3	-3	7,7	1,8
0,125	9	5	-5	9,1	0,1
0,25	15	0	0	13,2	-1,8
0,5	19	0	0	18,5	-0,5
1	24	0	0	24,2	0,2
2	32	7	-7	32,0	0
4	44	0	-0	42,7	-1,3
8	65	9	9	57,7	-7,5
11	75	0	0	68,	-6,3
16	98	2	-9	96,5	-1,5
22	100	0	-2	100	0,0
Asfalt	4,8%	0,6		5,3	0,5
Mezer.	4,3 %	Max. objemová hmotnost			2485 kg/m ³
		Objemová hmotnost			2378 kg/m ³

11.3 Protokoly z tahových zkoušek

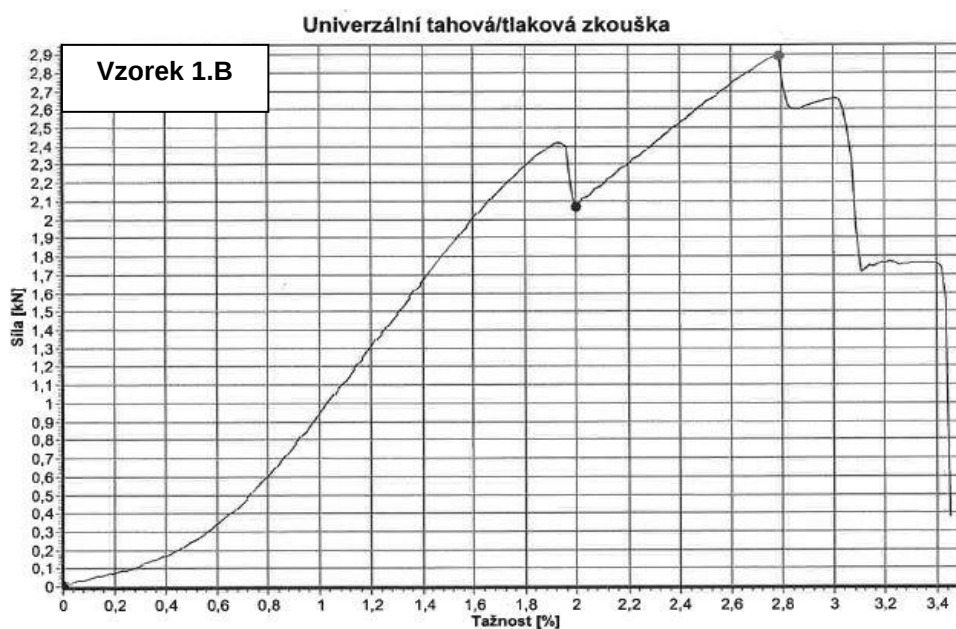
11.3.1 Simulace hutnění

11.3.1.1 Vzorky 1 – podélný směr



Tabulka výsledků

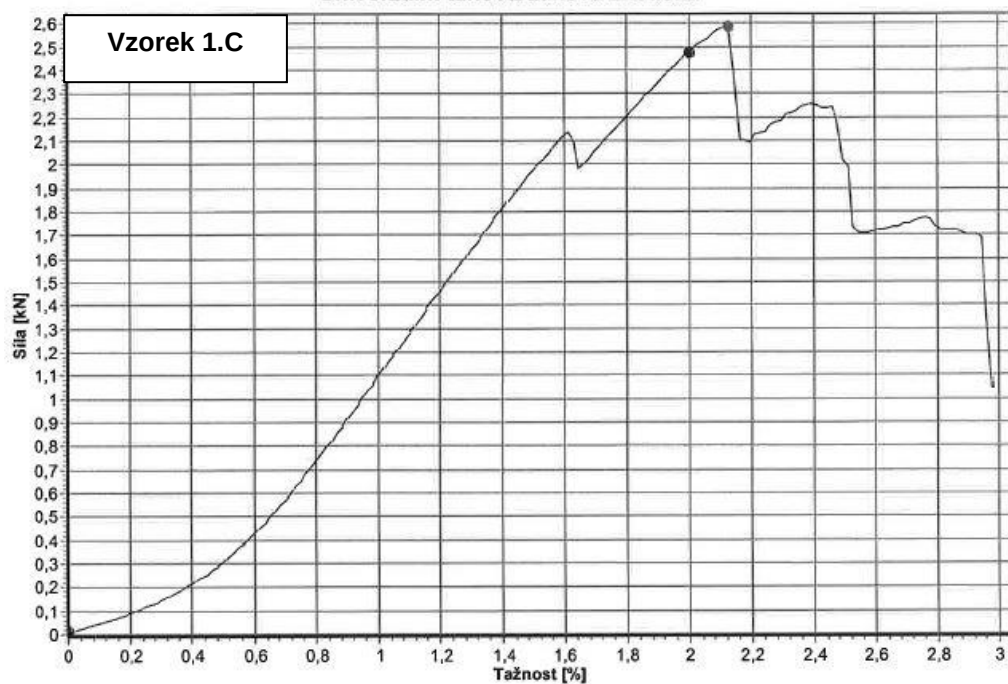
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
1	x	01.03.19	10:47	2347,44	1,86	0,00	0,00	2223,49



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
2	x	01.03.19	10:48	2893,33	2,79	0,00	0,00	2070,56

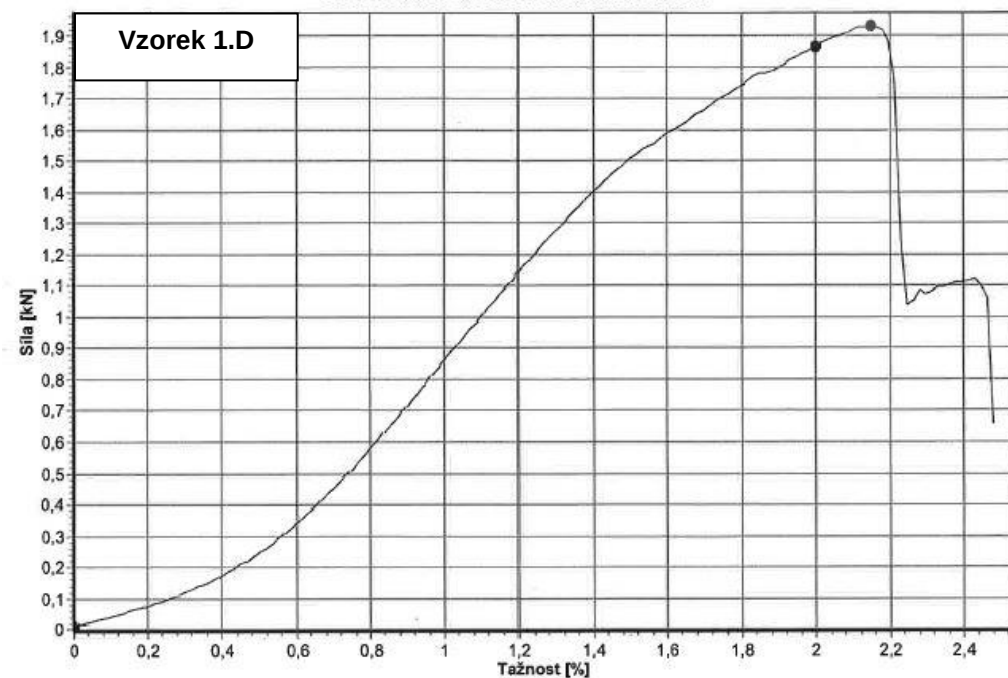
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
3	x	01.03.19	10:49	2589,74	2,13	0,00	0,00	2477,15

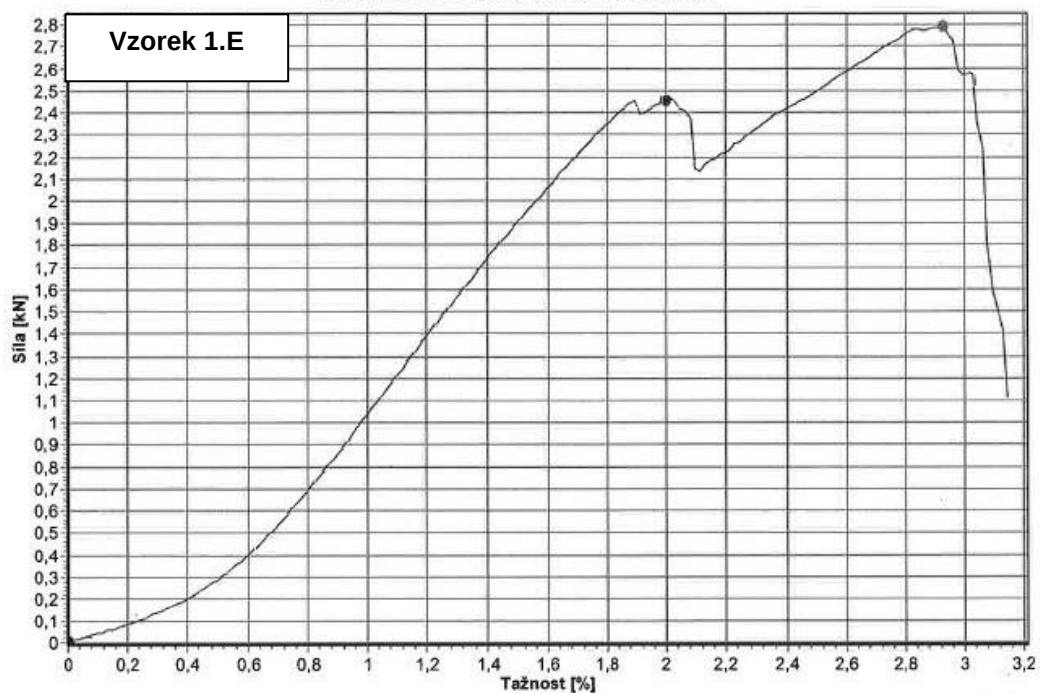
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
4	x	01.03.19	10:50	1934,23	2,15	0,00	0,00	1865,53

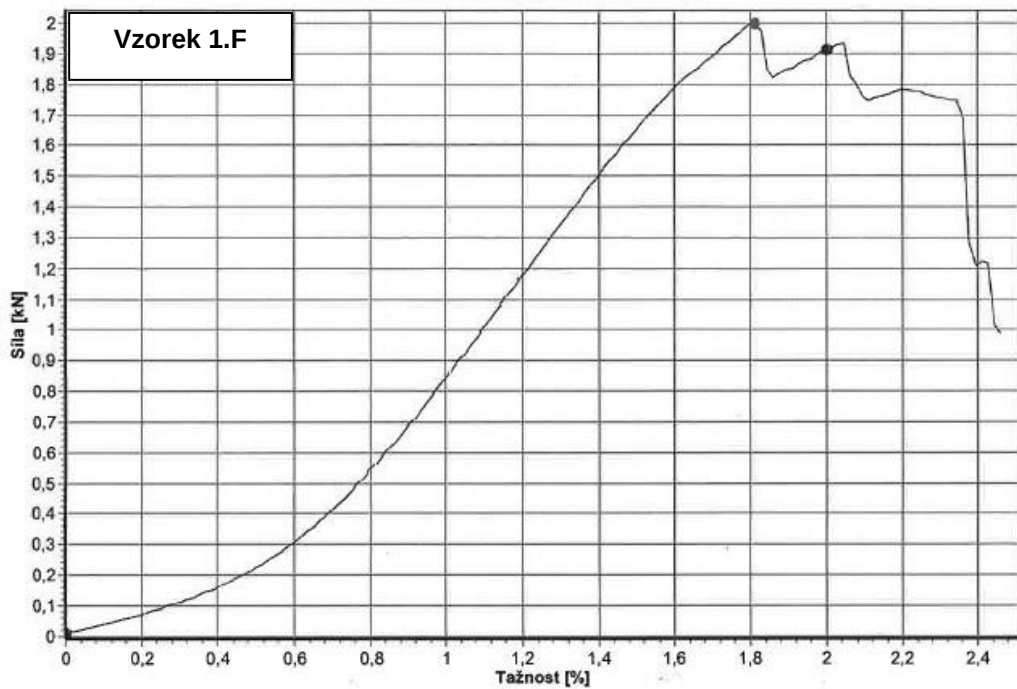
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
5	x	01.03.19	10:51	2794,41	2,93	0,00	0,00	2458,71

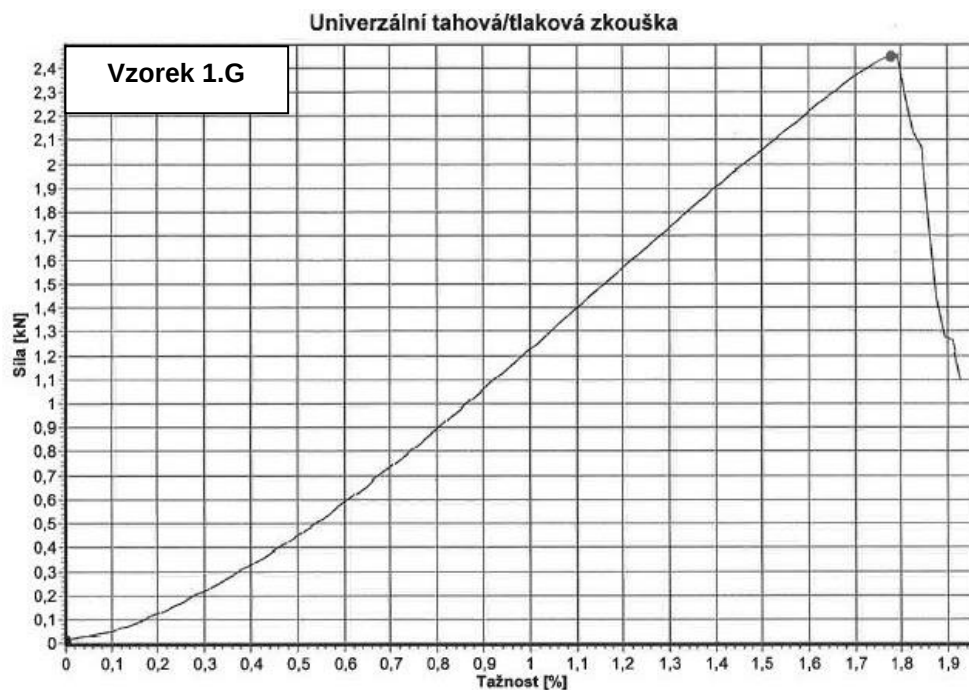
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

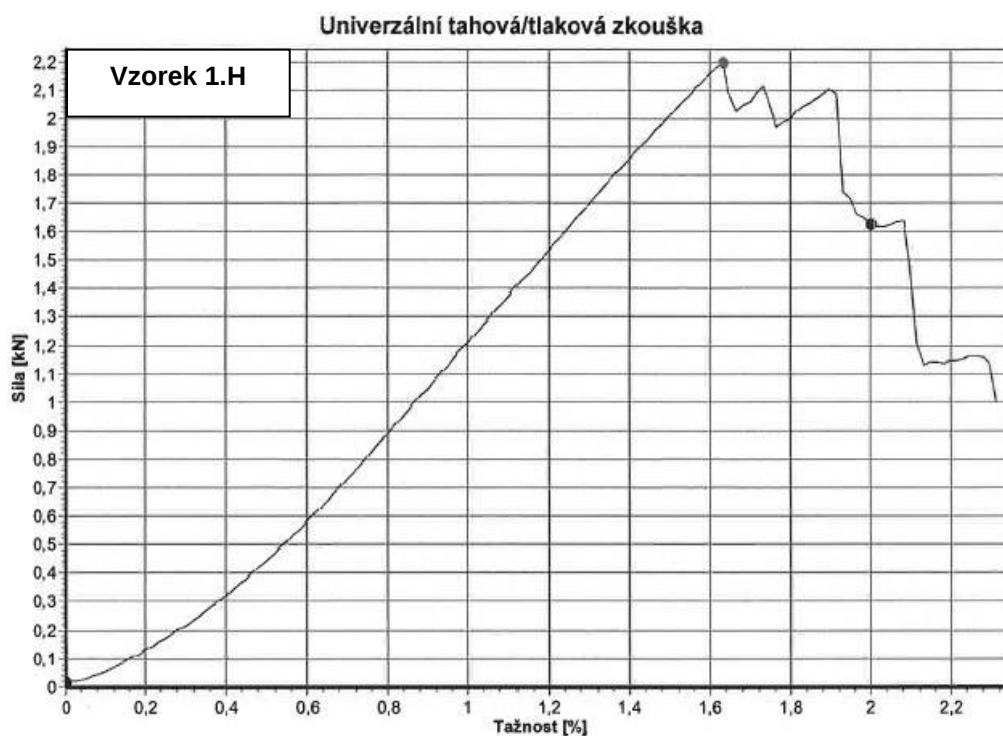
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
6	x	01.03.19	10:52	2000,79	1,81	0,00	0,00	1914,84

11.3.1.2 Vzorky 1 – příčný směr



Tabulka výsledků

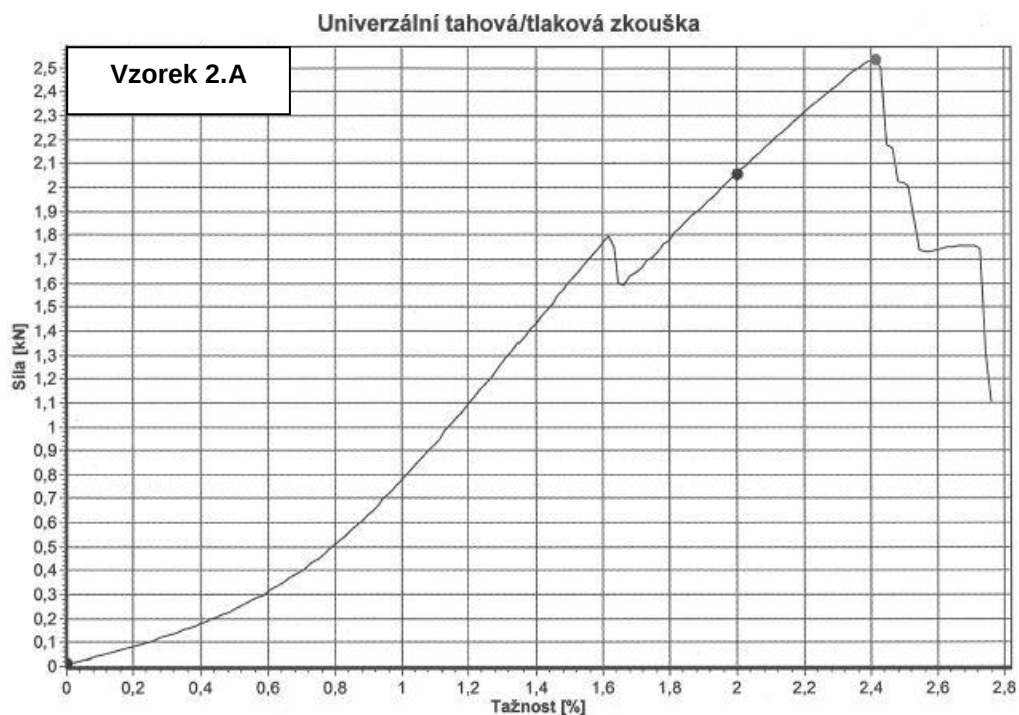
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
7	x	01.03.19	10:52	2448,25	1,78	0,00	0,00	0,00



Tabulka výsledků

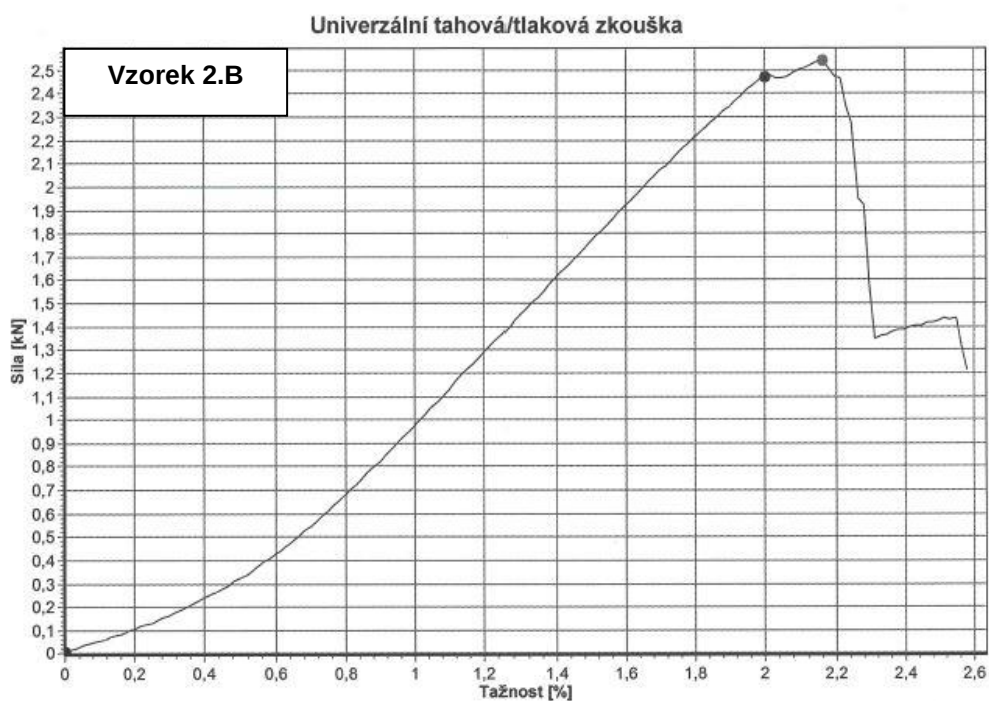
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
8	x	01.03.19	10:53	2198,18	1,63	0,00	0,00	1626,25

11.3.1.3 Vzorky 2 – podélný směr



Tabulka výsledků

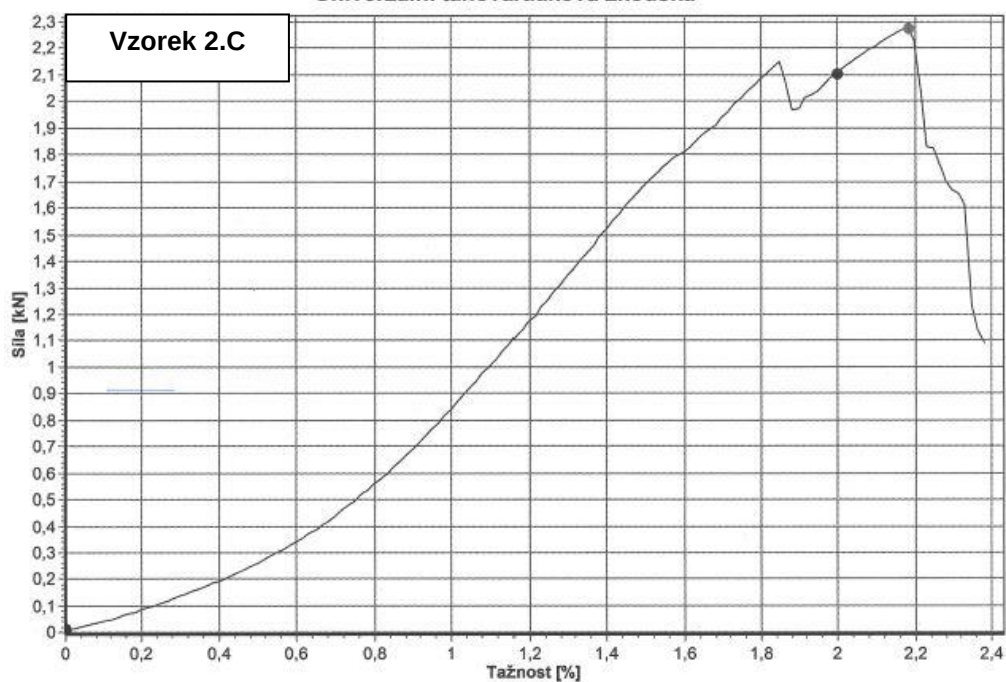
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
1	x	01.03.19	10:41	2536,40	2,41	0,00	0,00	2059,07



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
2	x	01.03.19	10:42	2543,34	2,16	0,00	0,00	2475,08

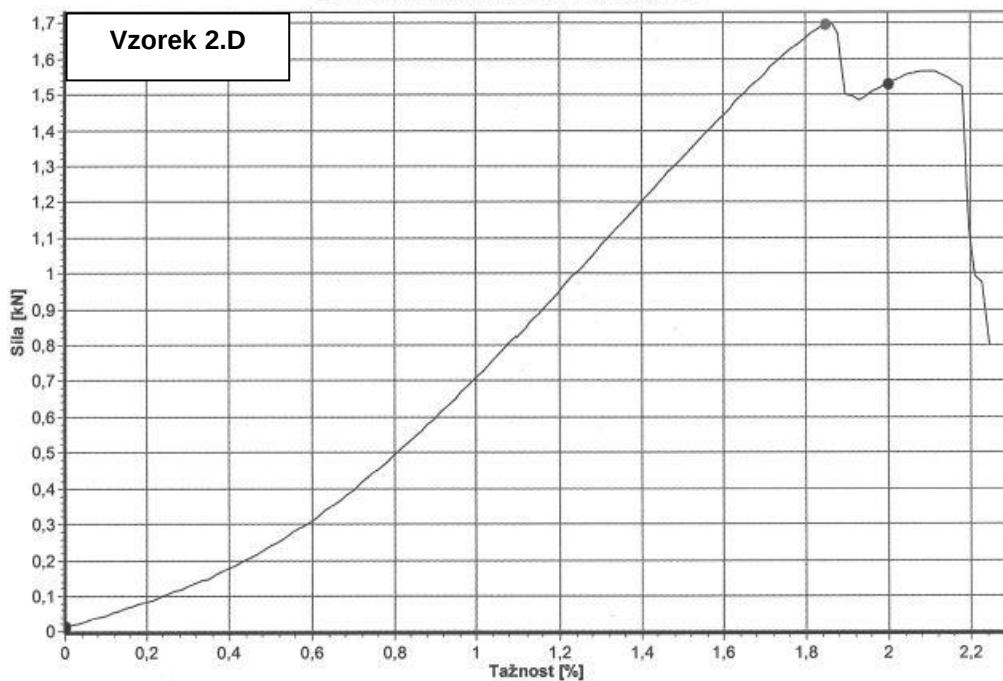
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
4	x	01.03.19	10:44	2277,28	2,18	0,00	0,00	2107,50

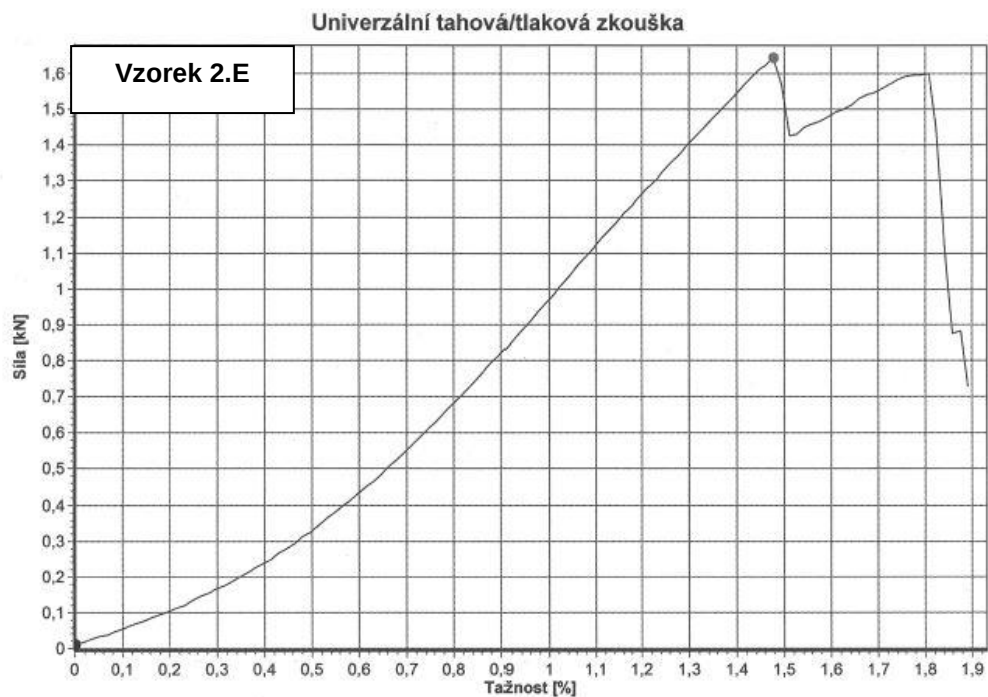
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

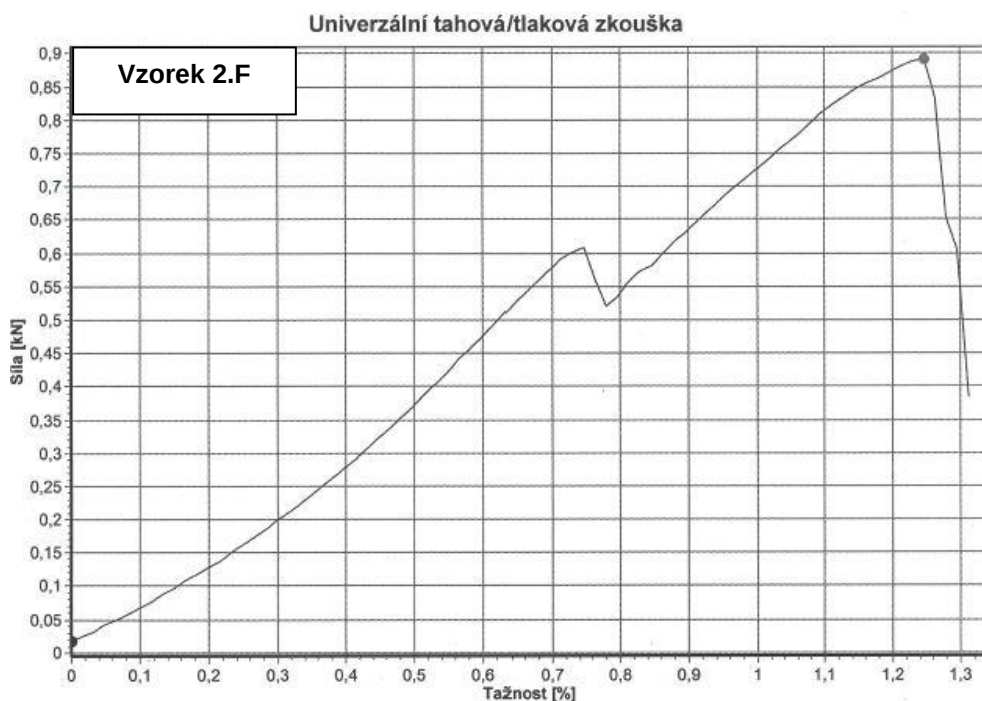
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
3	x	01.03.19	10:43	1697,65	1,85	0,00	0,00	1531,45

11.3.1.4 Vzorky 2 – příčný směr



Tabulka výsledků

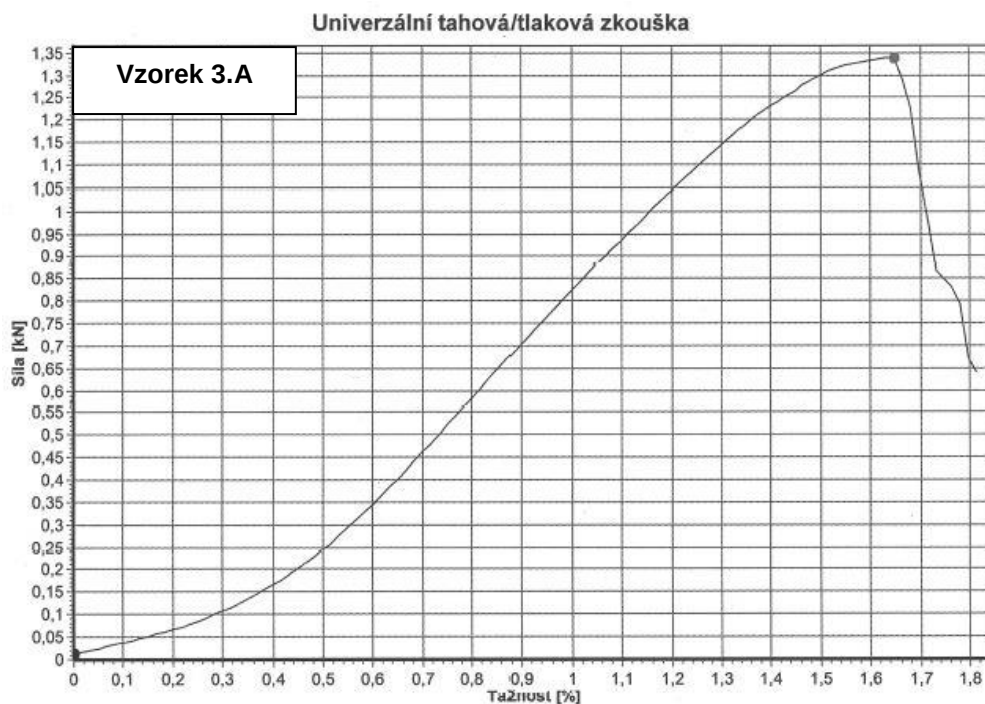
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
6	x	01.03.19	10:45	1646,19	1,48	0,00	0,00	0,00



Tabulka výsledků

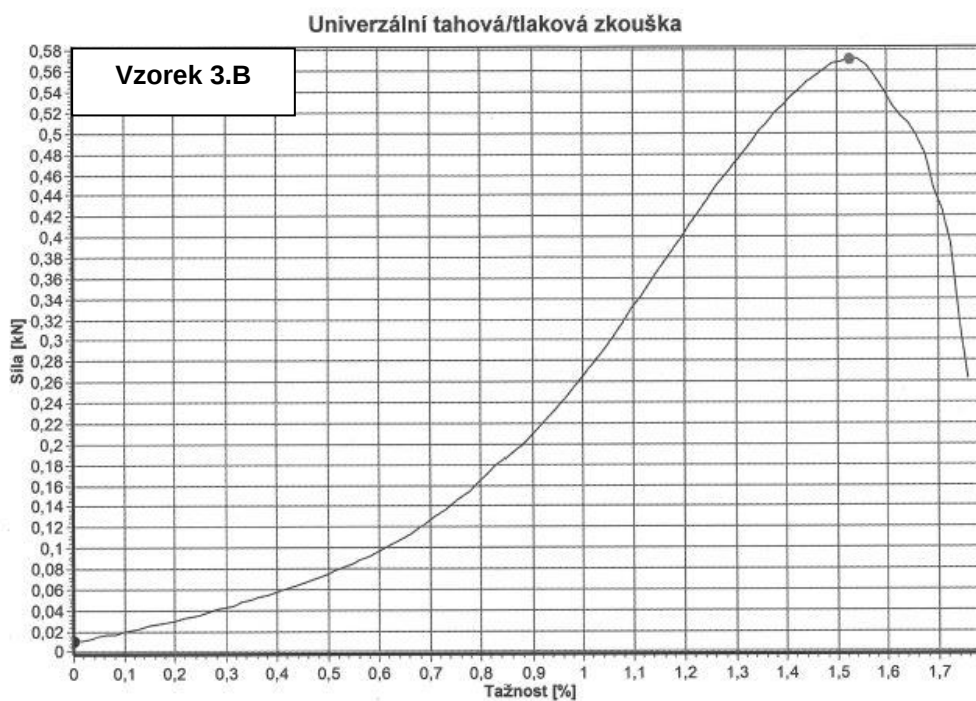
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
7	x	01.03.19	10:46	891,98	1,25	0,00	0,00	0,00

11.3.1.5 Vzorky 3 – podélný směr



Tabulka výsledků

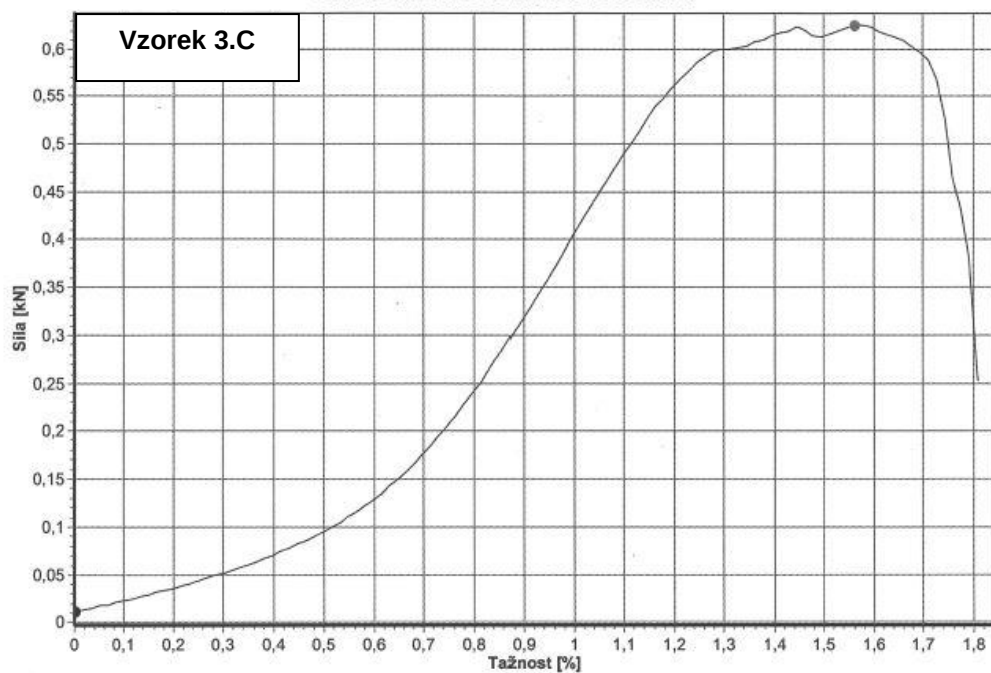
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
1	x	01.03.19	11:03	1339,11	1,65	0,00	0,00	0,00



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
2	x	01.03.19	11:04	571,97	1,53	0,00	0,00	0,00

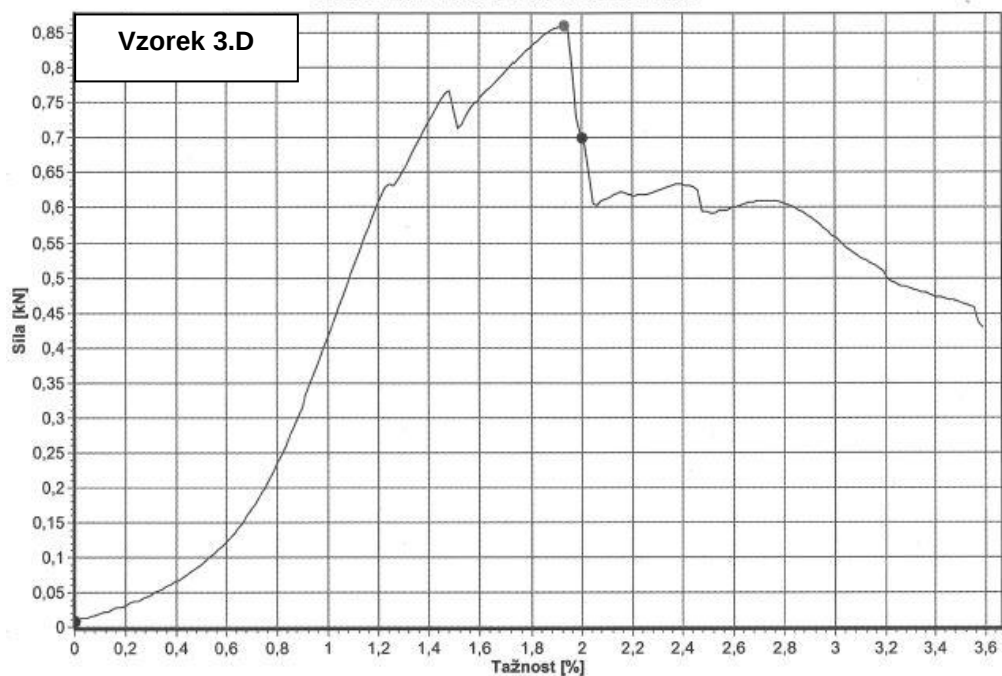
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
3	x	01.03.19	11:05	624,59	1,56	0,00	0,00	0,00

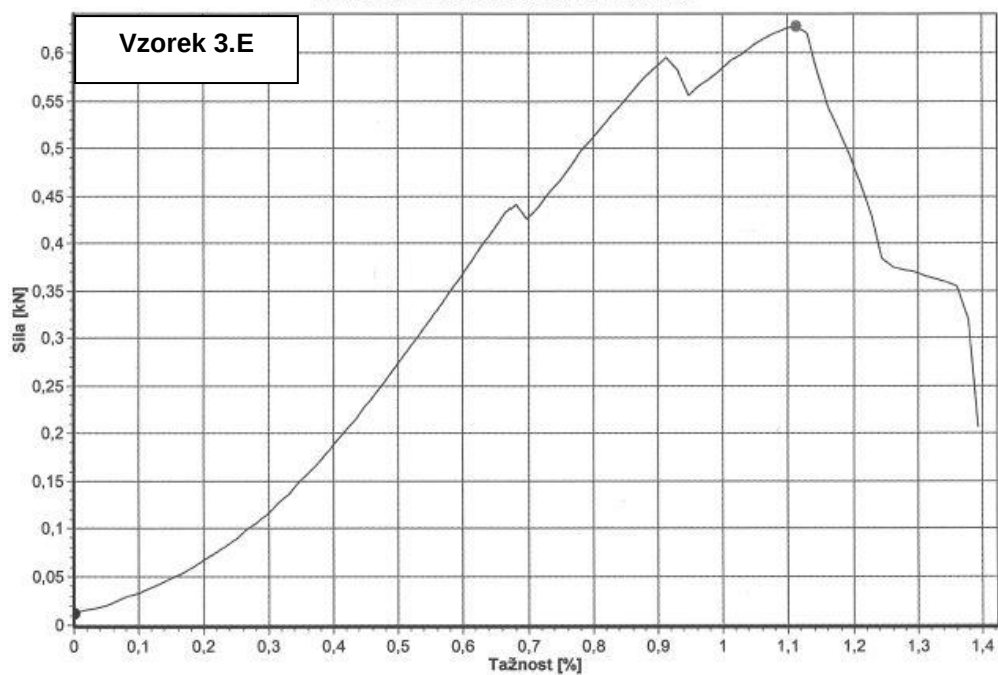
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
4	x	01.03.19	11:05	861,12	1,93	0,00	0,00	701,04

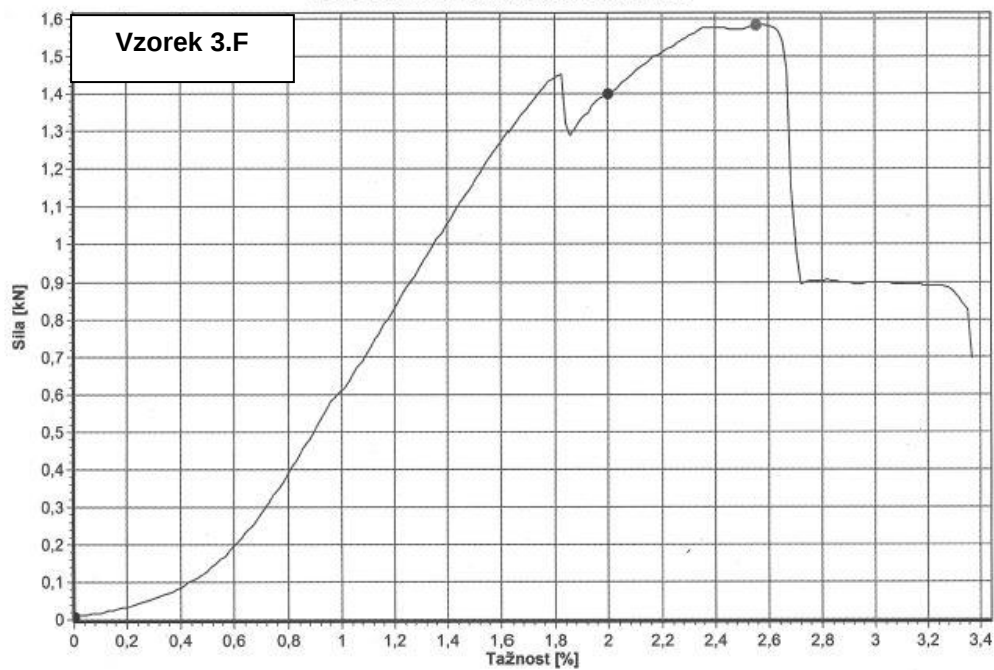
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
5	x	01.03.19	11:06	628,65	1,11	0,00	0,00	0,00

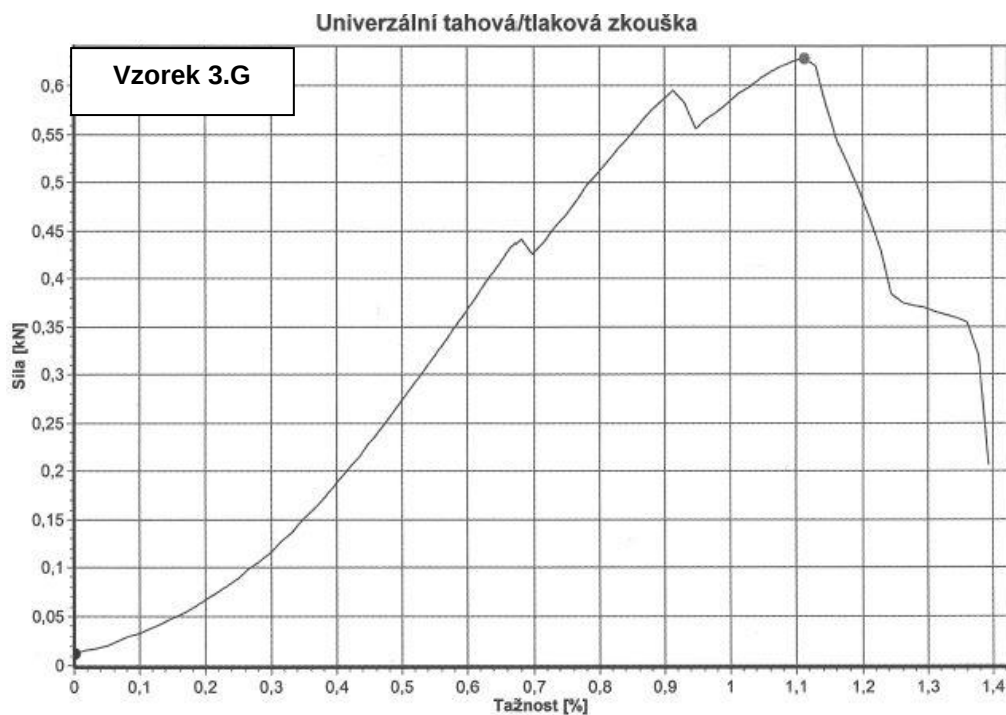
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

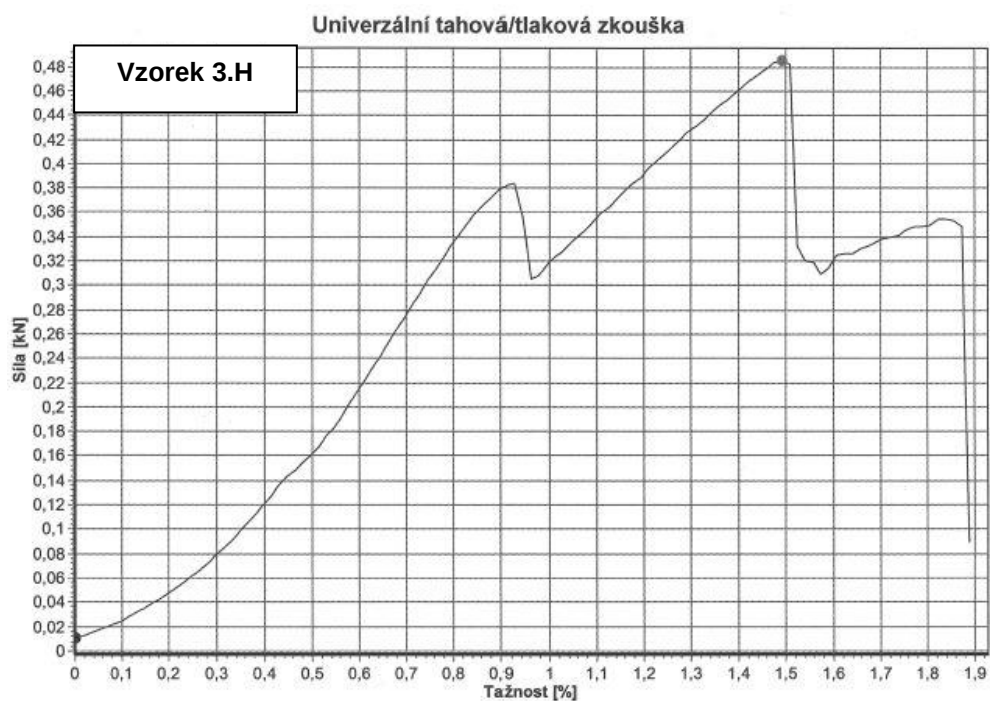
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
11	x	01.03.19	11:10	1583,80	2,55	0,00	0,00	1399,07

11.3.1.6 Vzorky 3 – příčný směr



Tabulka výsledků

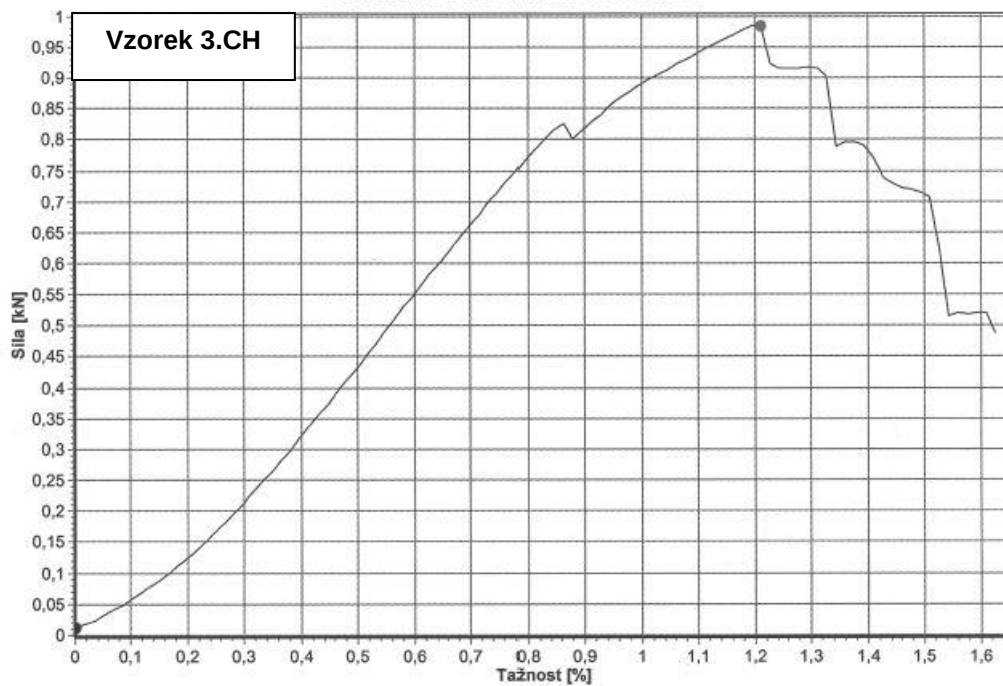
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
5	x	01.03.19	11:06	628,65	1,11	0,00	0,00	0,00



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
6	x	01.03.19	11:07	485,71	1,49	0,00	0,00	0,00

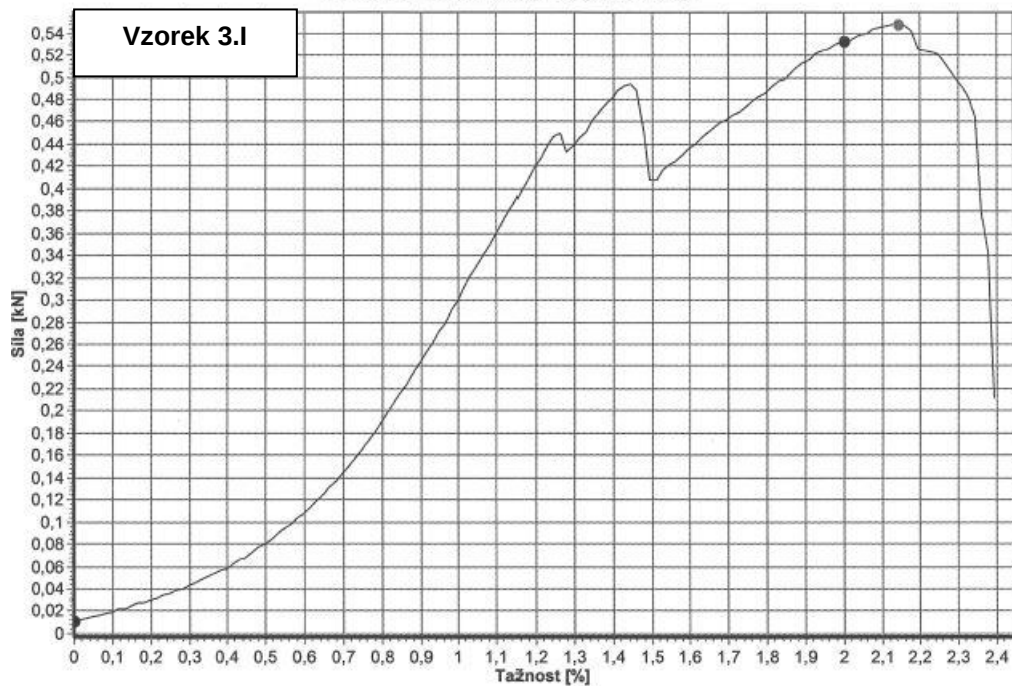
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
7	x	01.03.19	11:07	984,57	1,21	0,00	0,00	0,00

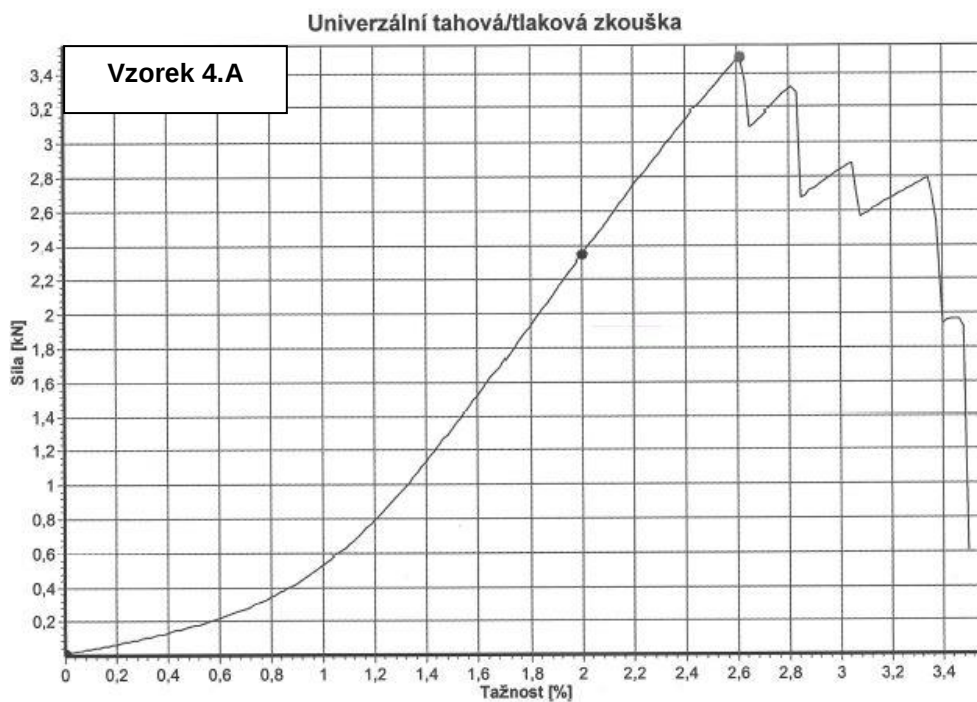
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

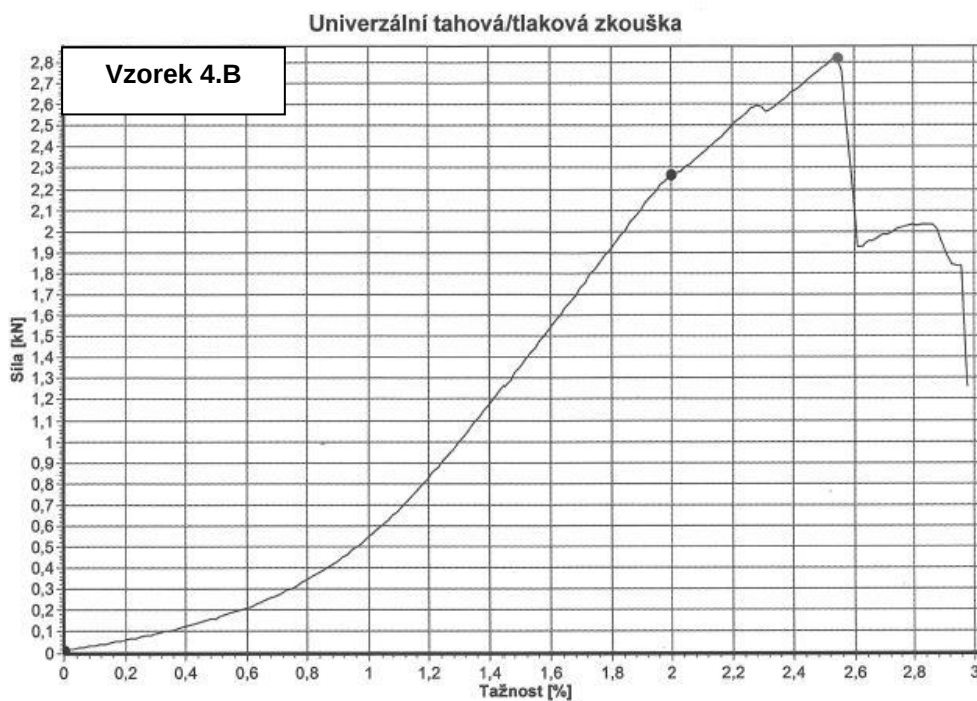
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
8	x	01.03.19	11:08	547,82	2,14	0,00	0,00	532,06

11.3.1.7 Vzorky 4 – podélný směr



Tabulka výsledků

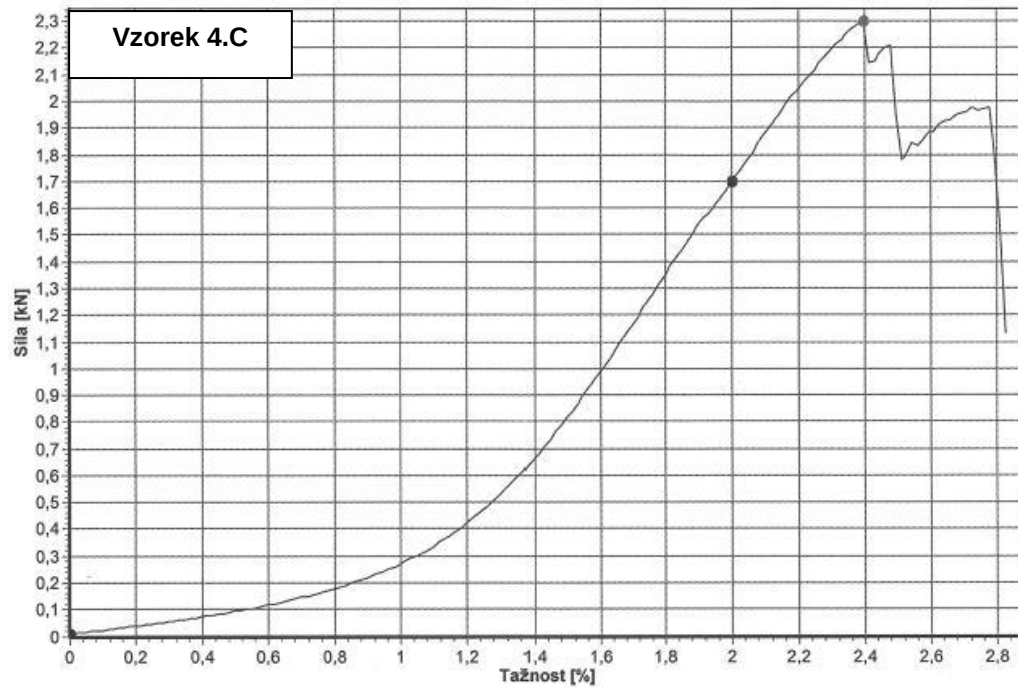
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
1	x	01.03.19	09:51	3493,05	2,61	0,00	0,00	2340,01



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
2	x	01.03.19	09:57	2821,94	2,55	0,00	0,00	2266,14

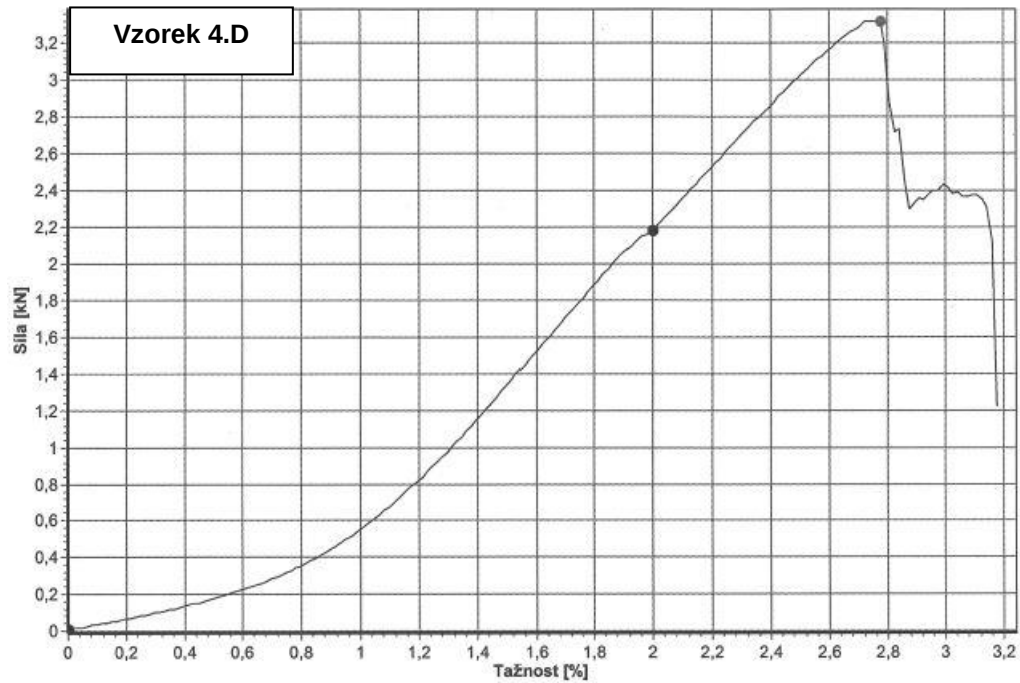
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

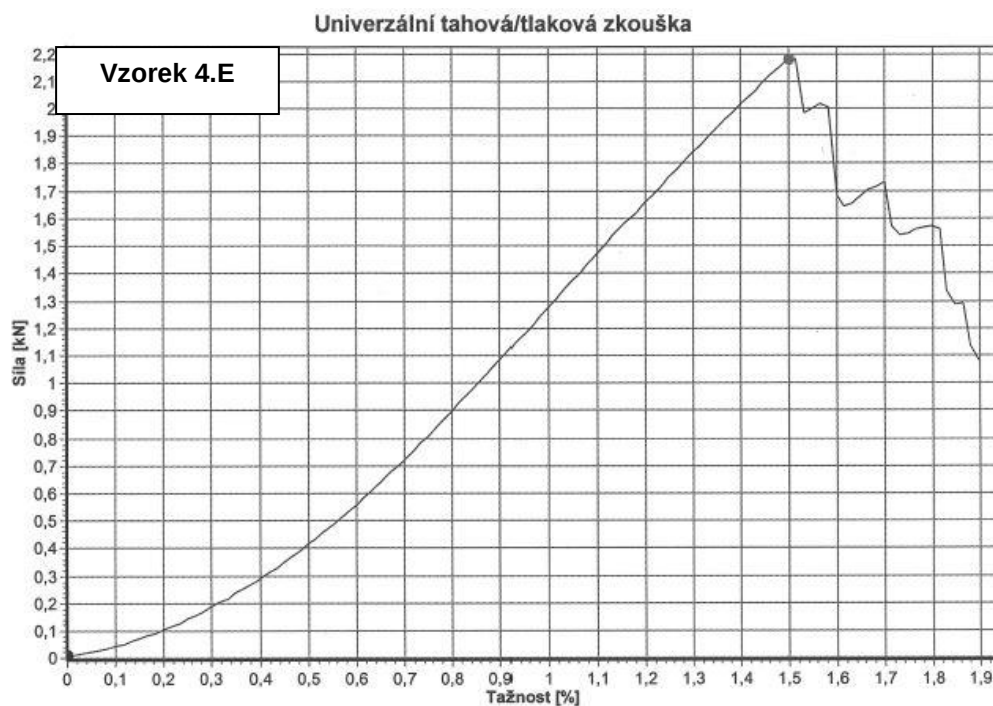
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
3	x	01.03.19	09:58	2301,37	2,40	0,00	0,00	1698,98

Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

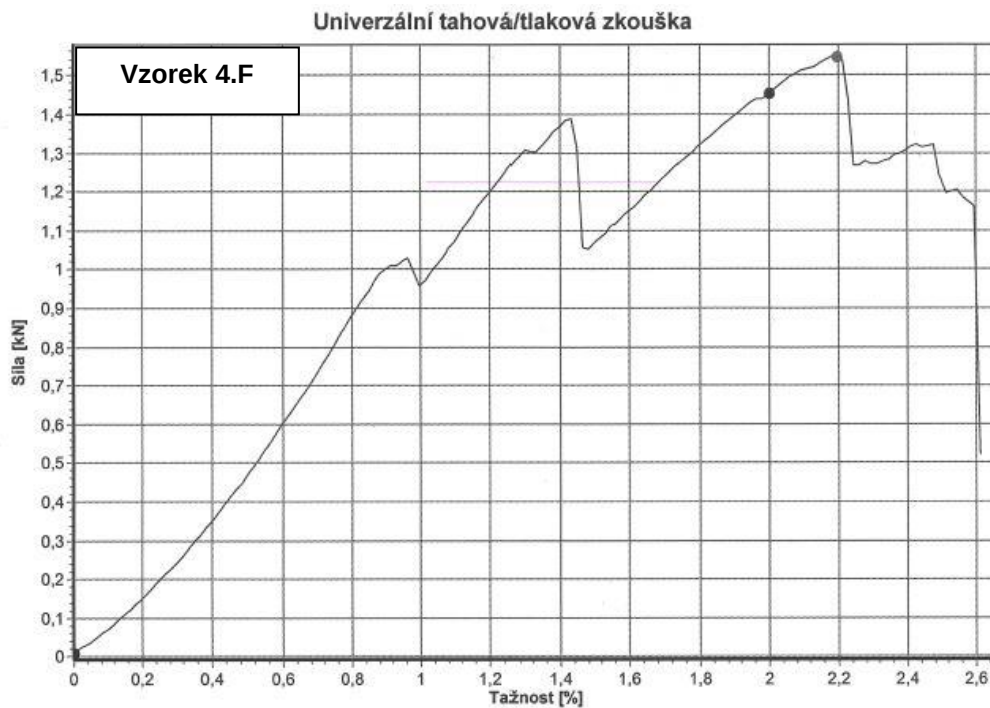
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
6	x	01.03.19	10:01	3319,97	2,78	0,00	0,00	2186,11



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
8	x	01.03.19	10:15	2181,47	1,50	0,00	0,00	0,00

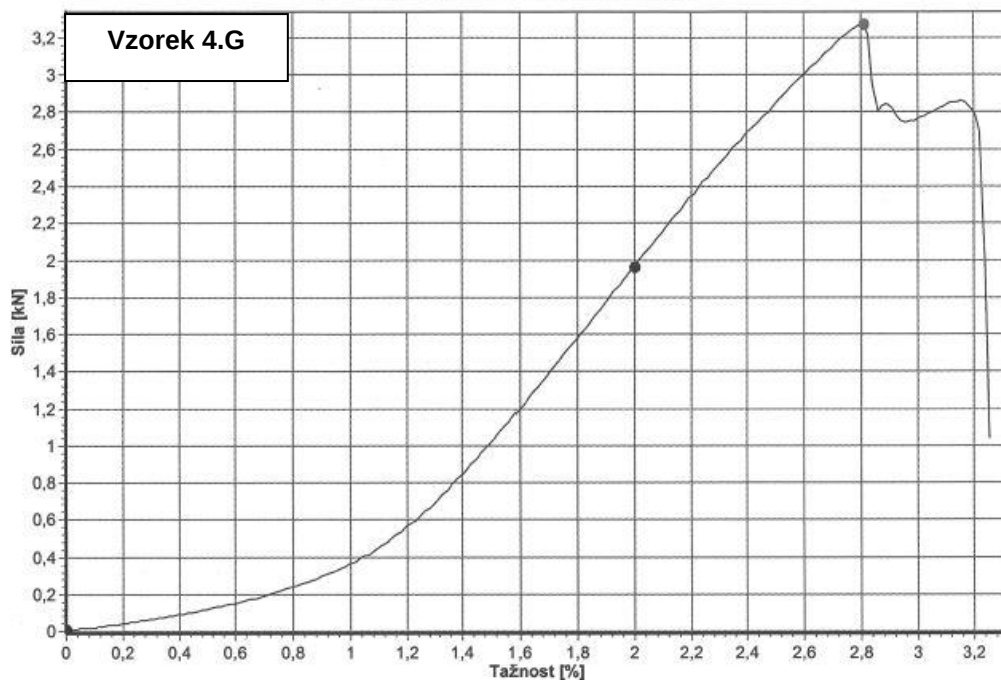
11.3.1.8 Vzorky 4 – příčný směr



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
10	x	01.03.19	10:17	1548,83	2,20	0,00	0,00	1455,08

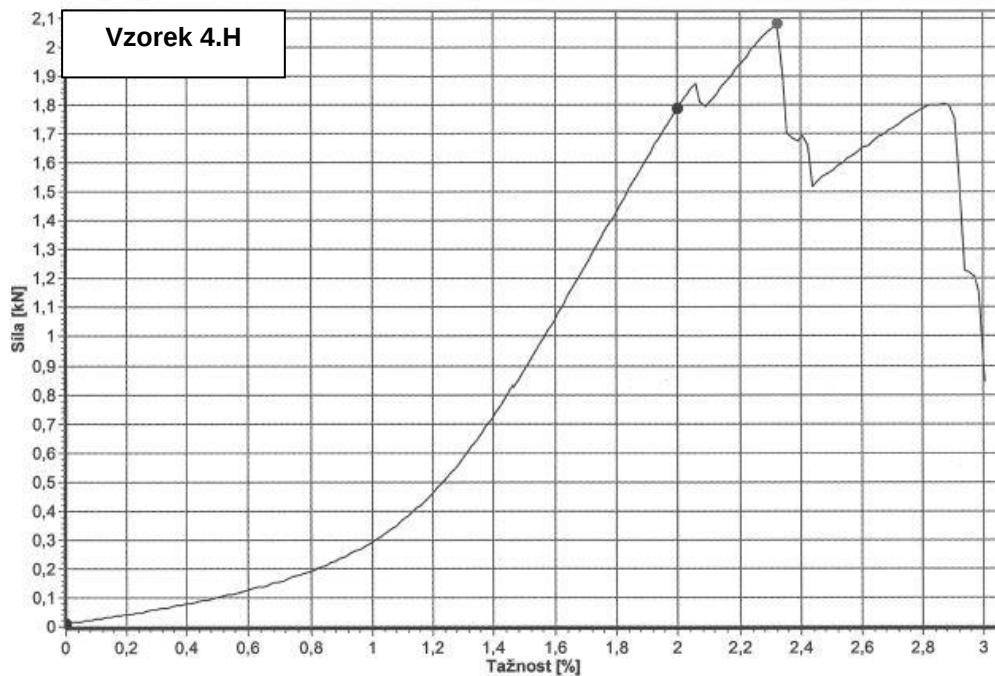
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
11	x	01.03.19	10:19	3274,07	2,81	0,00	0,00	1966,02

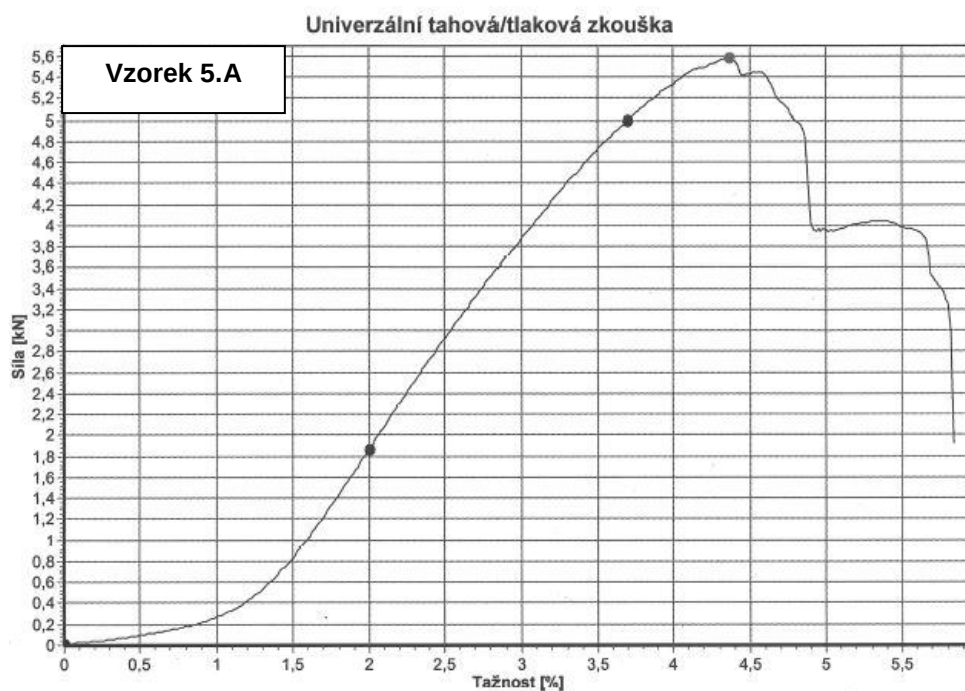
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

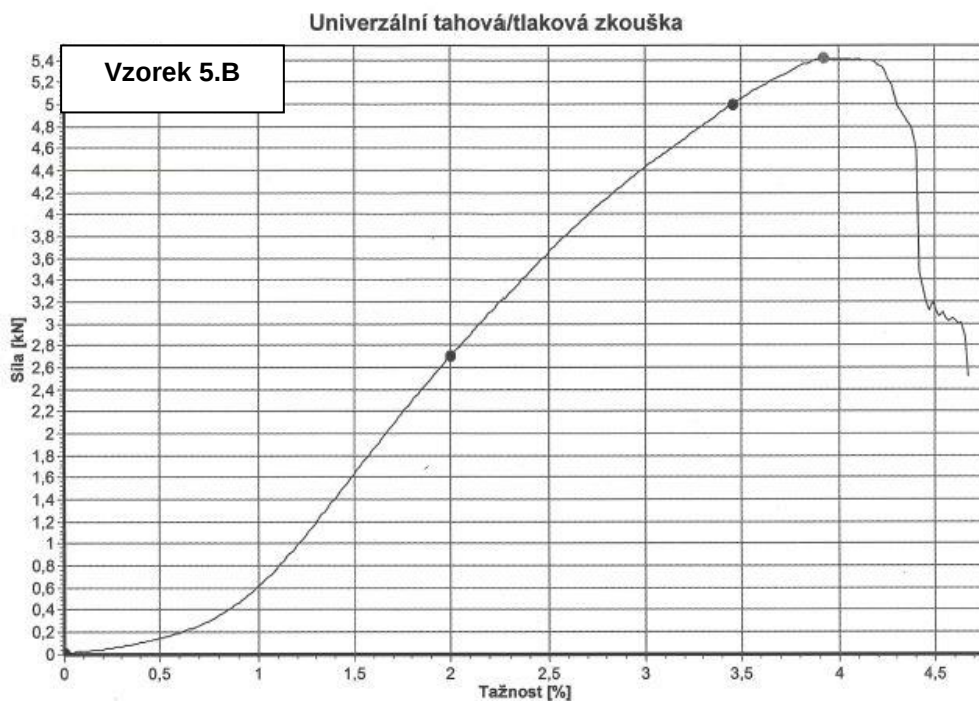
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
12	x	01.03.19	10:20	2084,33	2,32	0,00	0,00	1790,82

11.3.1.9 Vzorky 5 – podélný směr



Tabulka výsledků

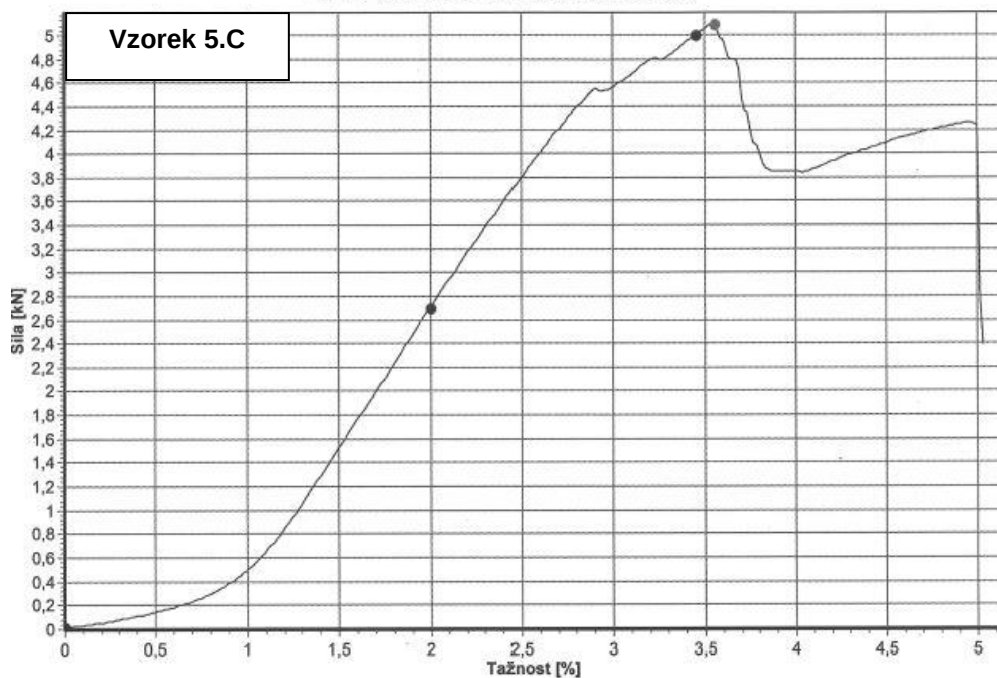
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
1	x	01.03.19	11:13	5584,76	4,37	3,70	3,70	1863,54



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
2	x	01.03.19	11:14	5421,40	3,92	3,45	3,45	2707,86

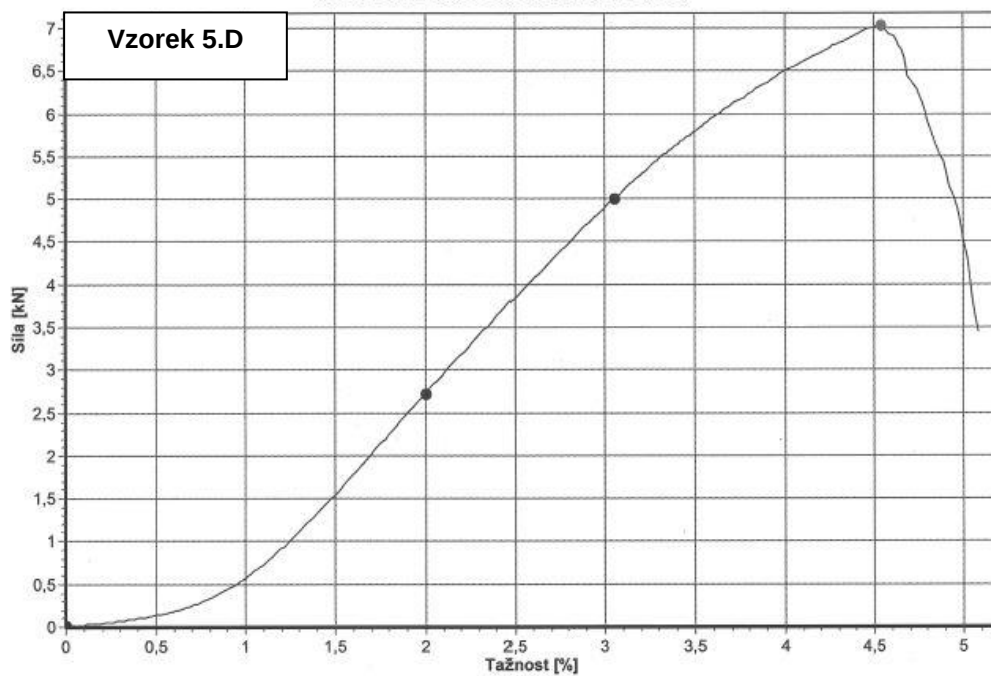
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
3	x	01.03.19	11:15	5089,84	3,55	3,45	3,45	2698,97

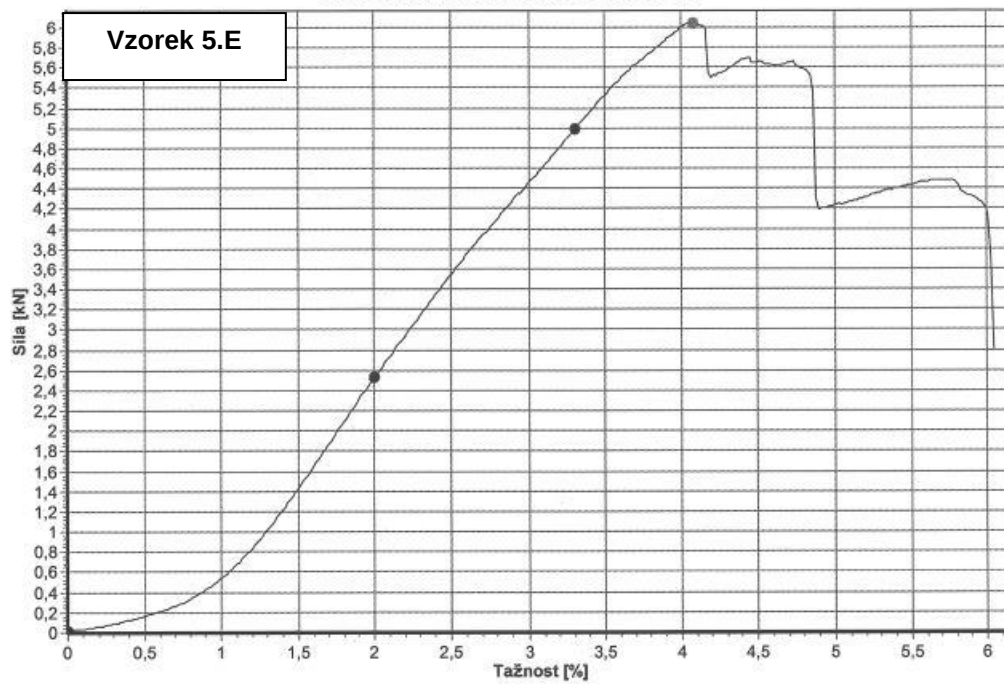
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
6	x	01.03.19	11:17	7035,01	4,54	3,05	3,05	2722,09

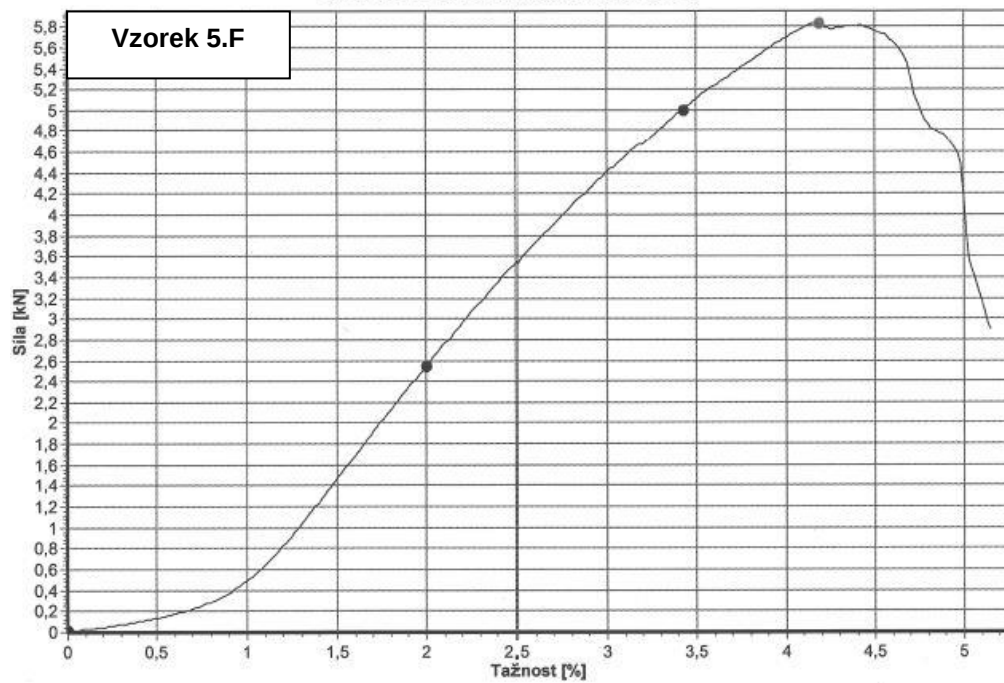
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
7	x	01.03.19	11:18	6045,99	4,08	3,31	3,31	2532,73

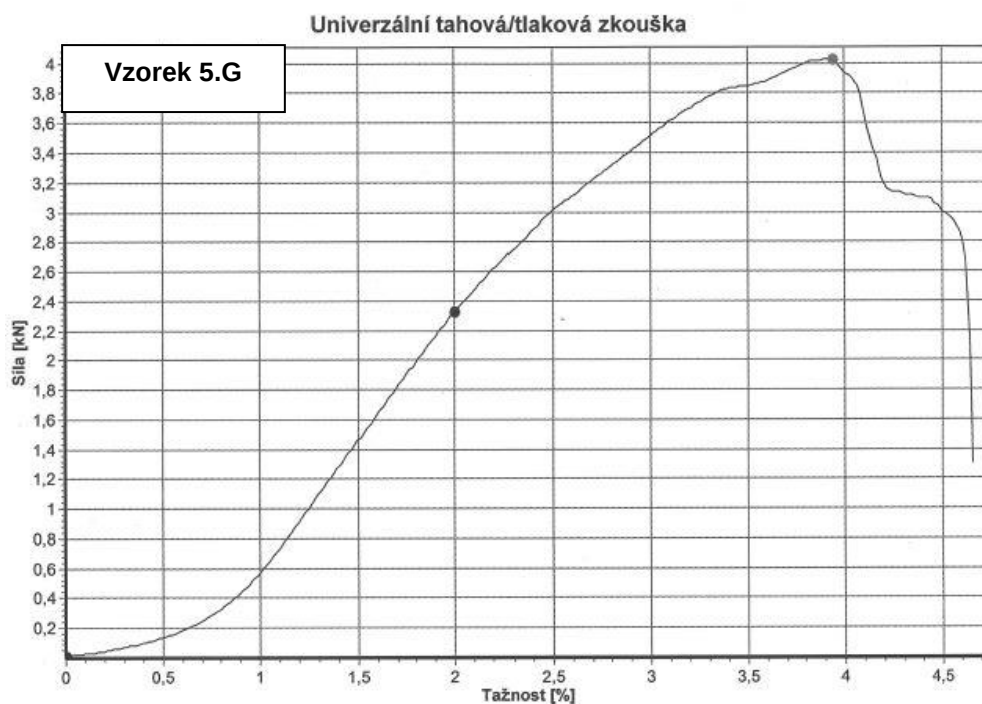
Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

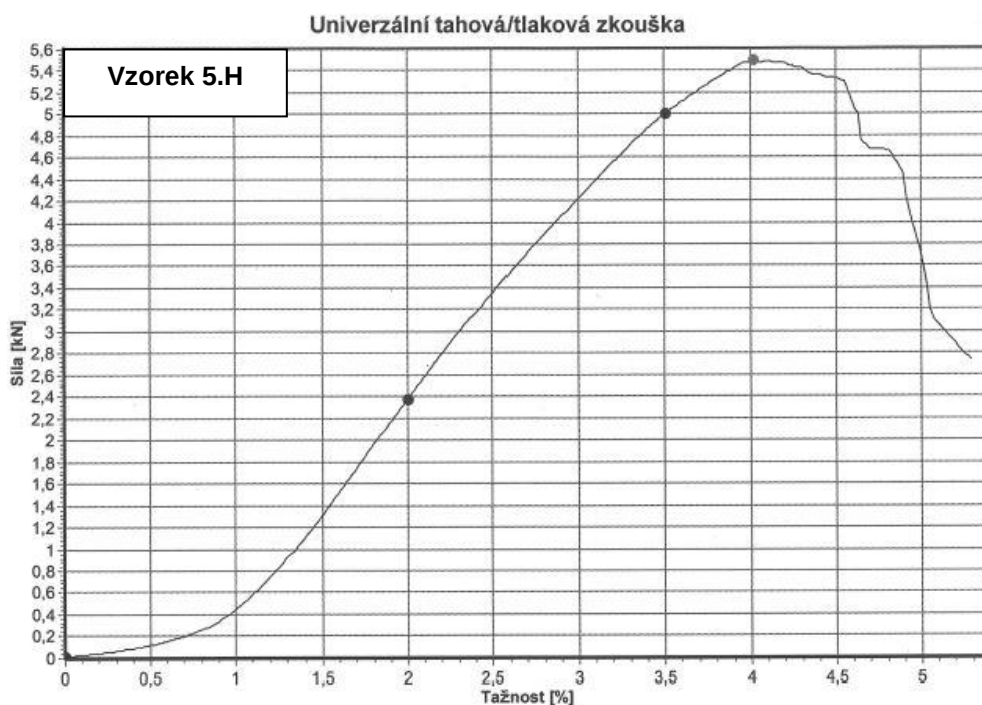
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
8	x	01.03.19	11:19	5833,17	4,18	3,43	3,43	2542,29

11.3.1.10 Vzorky 5 – příčný směr



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
9	x	01.03.19	11:19	4027,33	3,94	0,00	0,00	2324,34

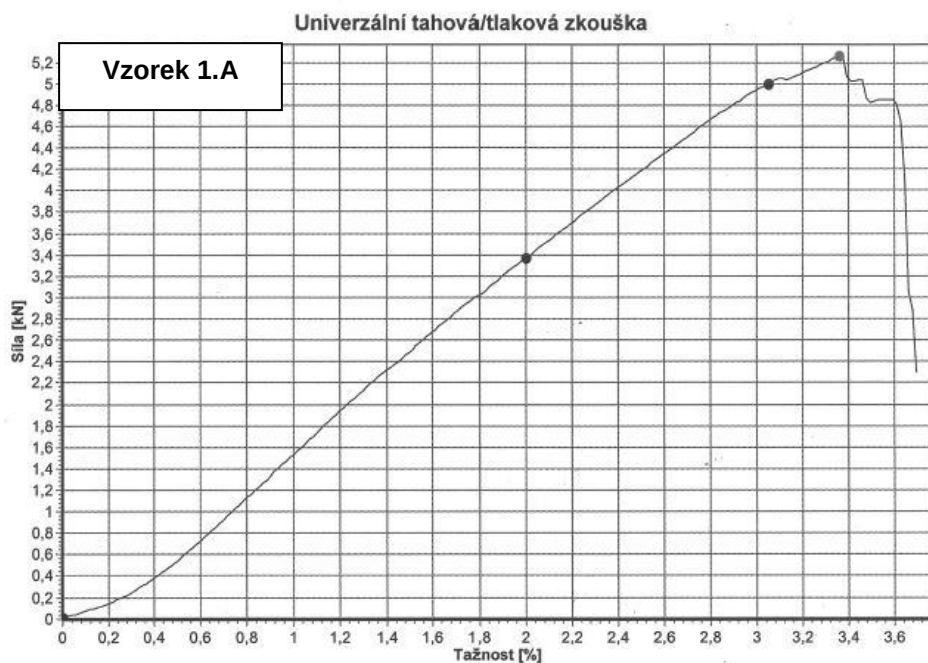


Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
10	x	01.03.19	11:20	5501,61	4,02	3,50	3,50	2376,67

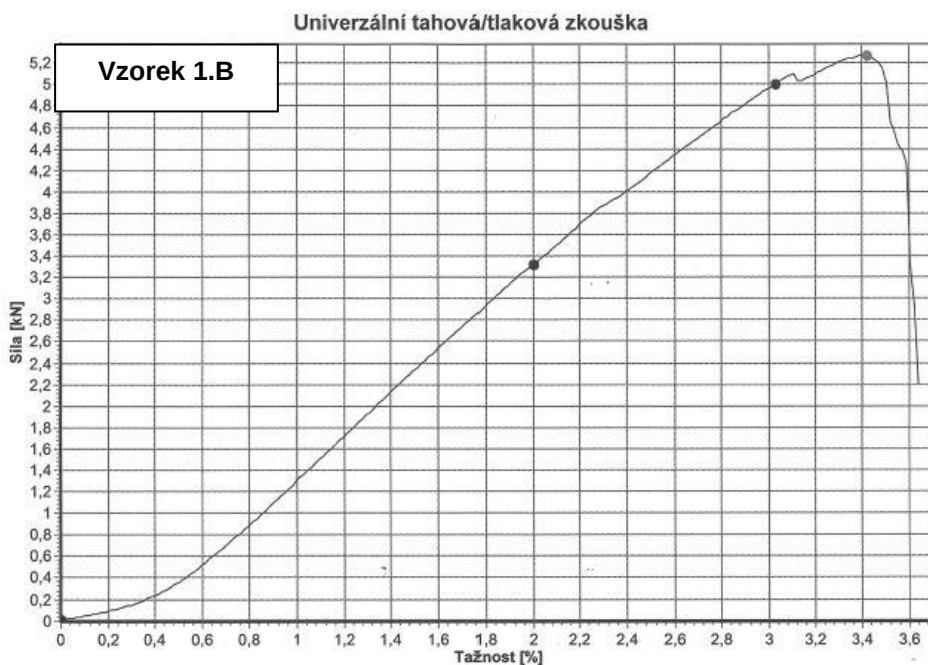
11.3.2 Simulace pojíždění

11.3.2.1 Vzorky 1 – podélný směr



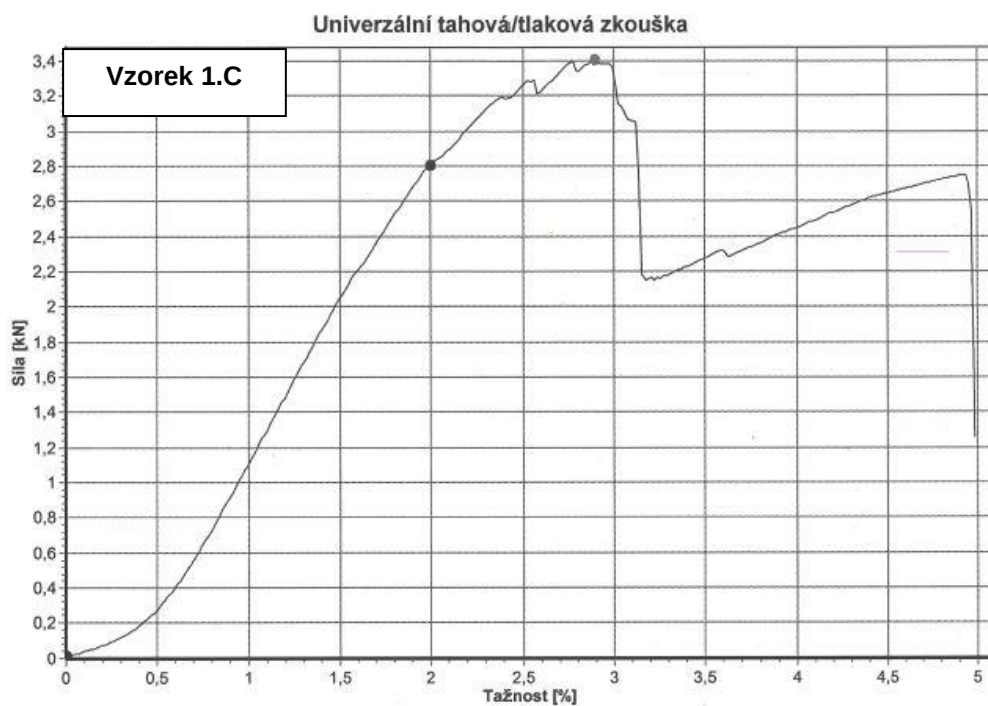
Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
1	x	01.03.19	10:24	5262,53	3,36	3,05	3,05	3365,27



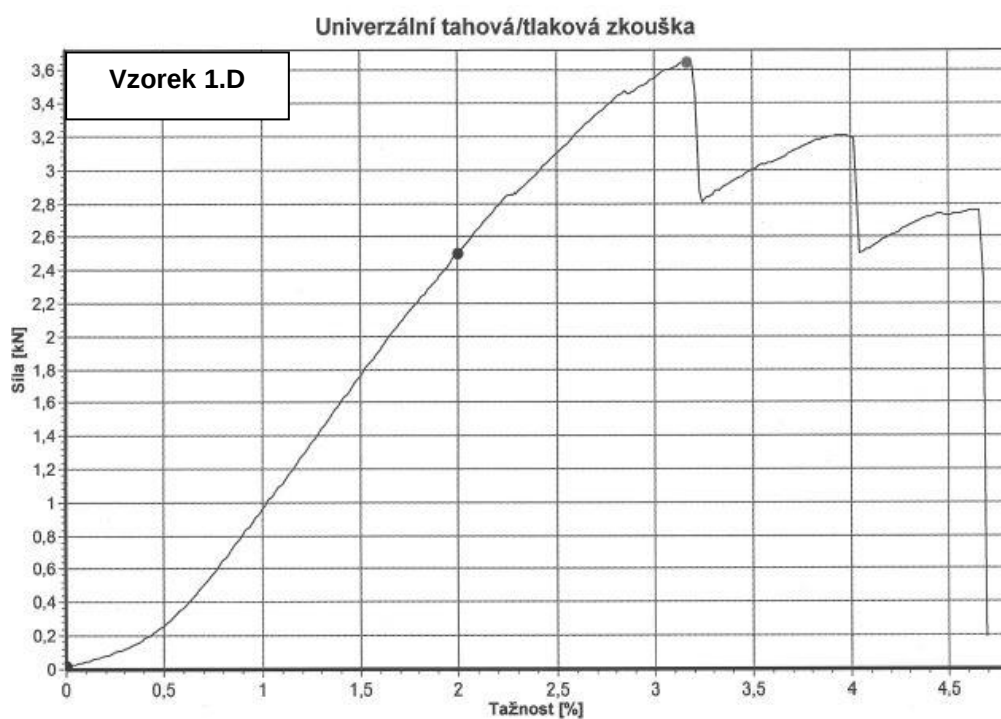
Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
4	x	01.03.19	10:30	5270,47	3,42	3,03	3,03	3318,73



Tabulka výsledků

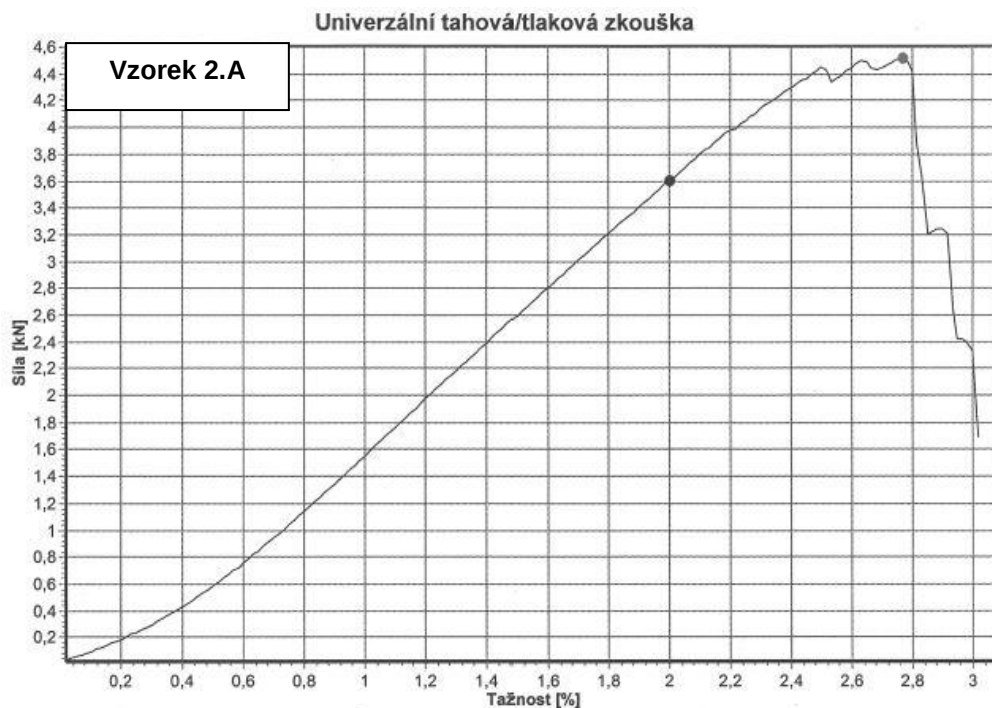
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
10	x	01.03.19	10:38	3408,95	2,89	0,00	0,00	2805,69



Tabulka výsledků

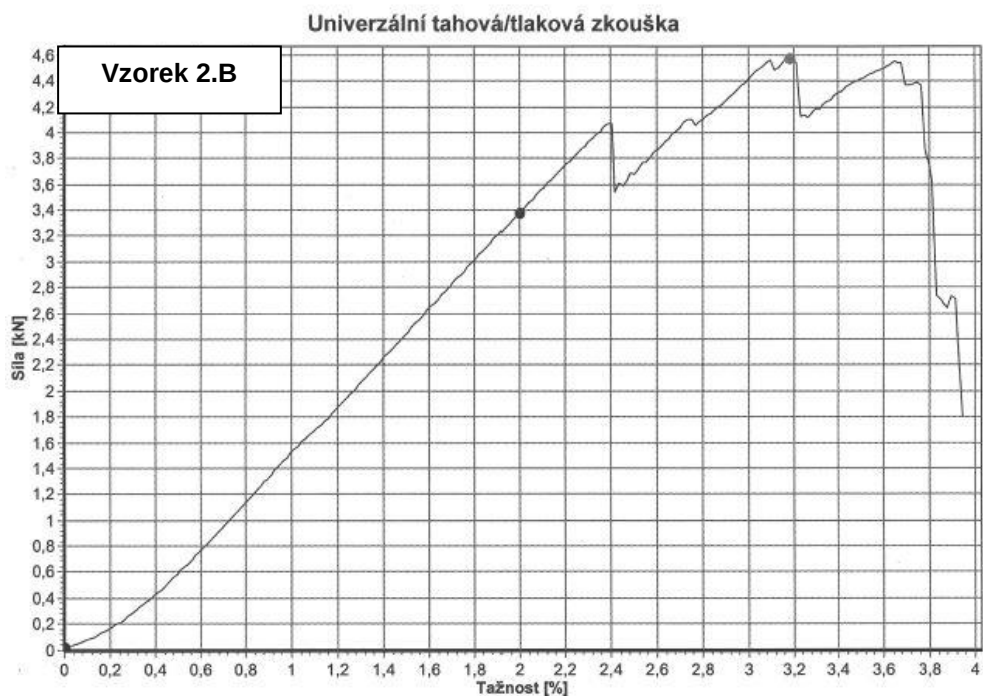
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
11	x	01.03.19	10:39	3650,64	3,16	0,00	0,00	2499,51

11.3.2.2 Vzorky 2 – podélný směr



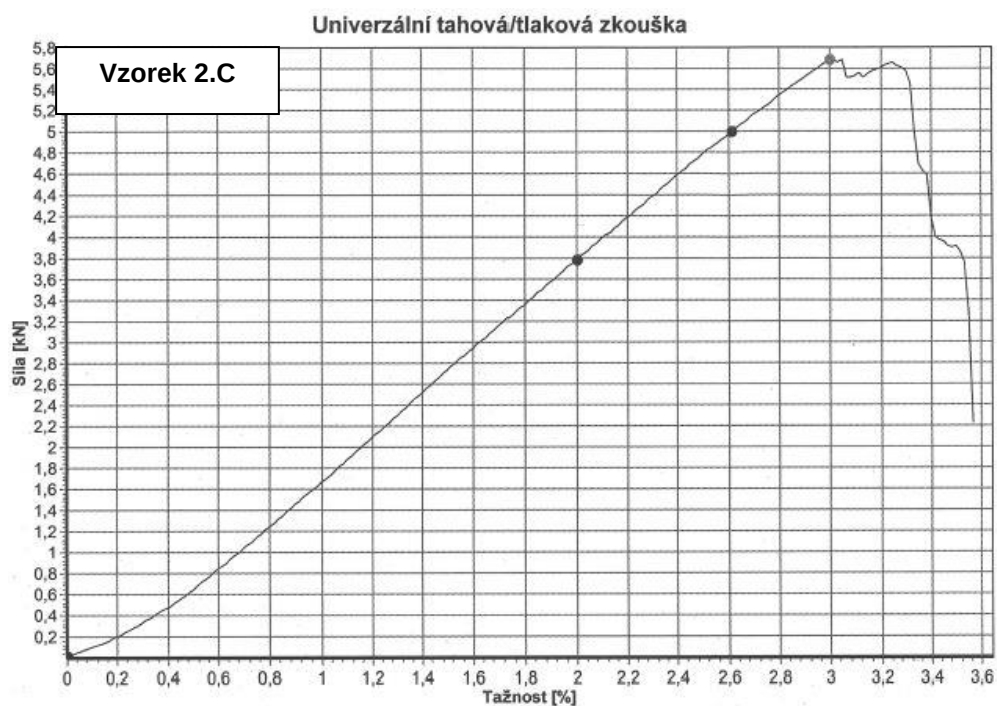
Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
5	x	01.03.19	10:30	4522,53	2,77	0,00	0,00	3602,54



Tabulka výsledků

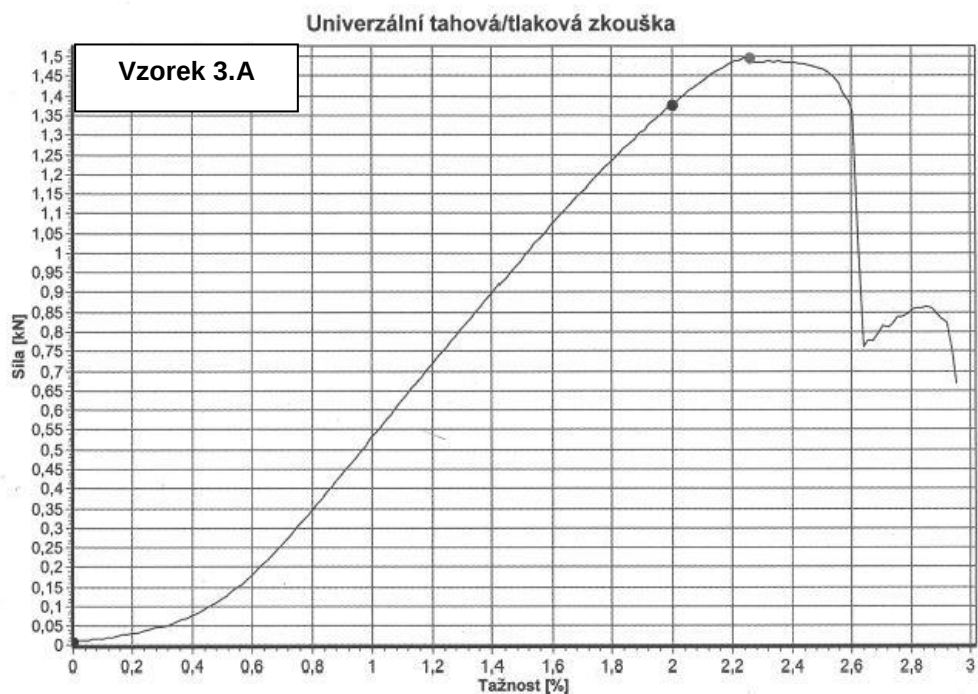
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
8	x	01.03.19	10:34	4574,77	3,18	0,00	0,00	3382,16



Tabulka výsledků

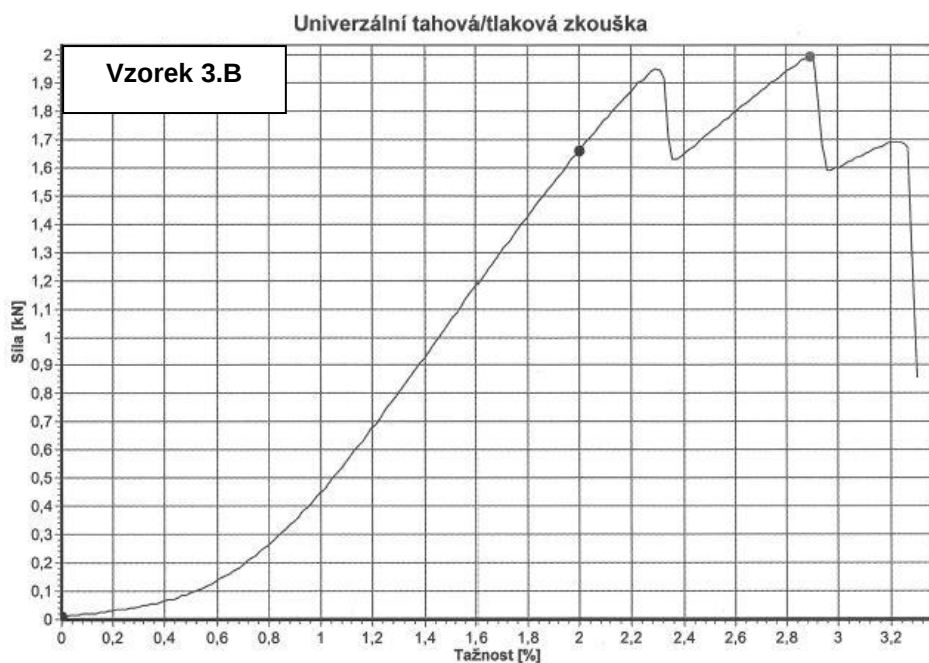
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
7	x	01.03.19	10:33	5689,23	3,00	2,62	2,62	3781,82

11.3.2.3 Vzorky 3 – podélný směr



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
3	x	01.03.19	10:29	1496,93	2,26	0,00	0,00	1376,35

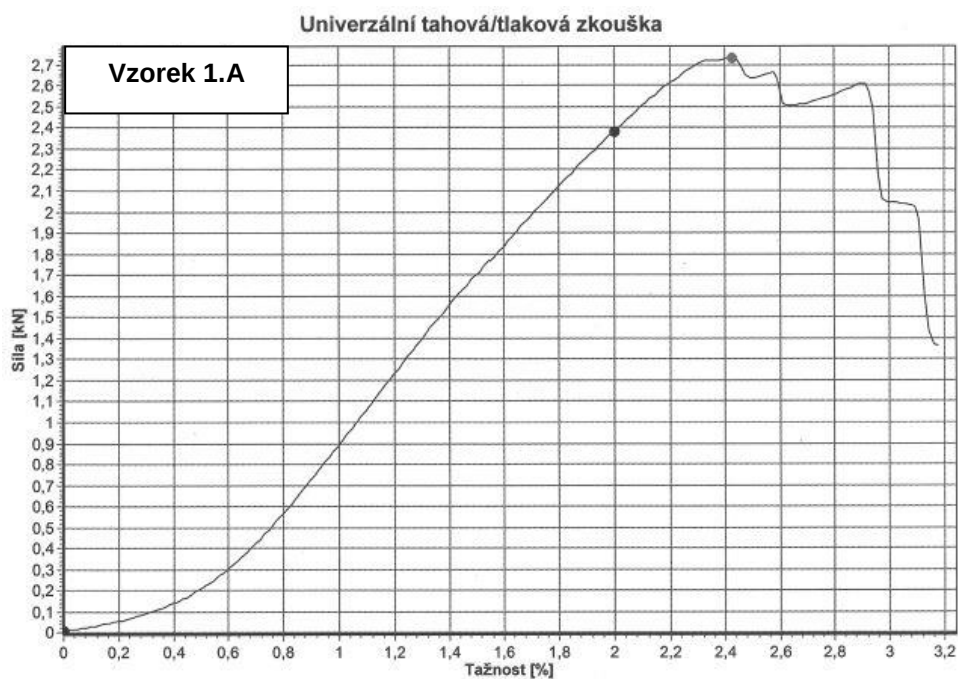


Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
2	x	01.03.19	10:27	1997,29	2,89	0,00	0,00	1661,65

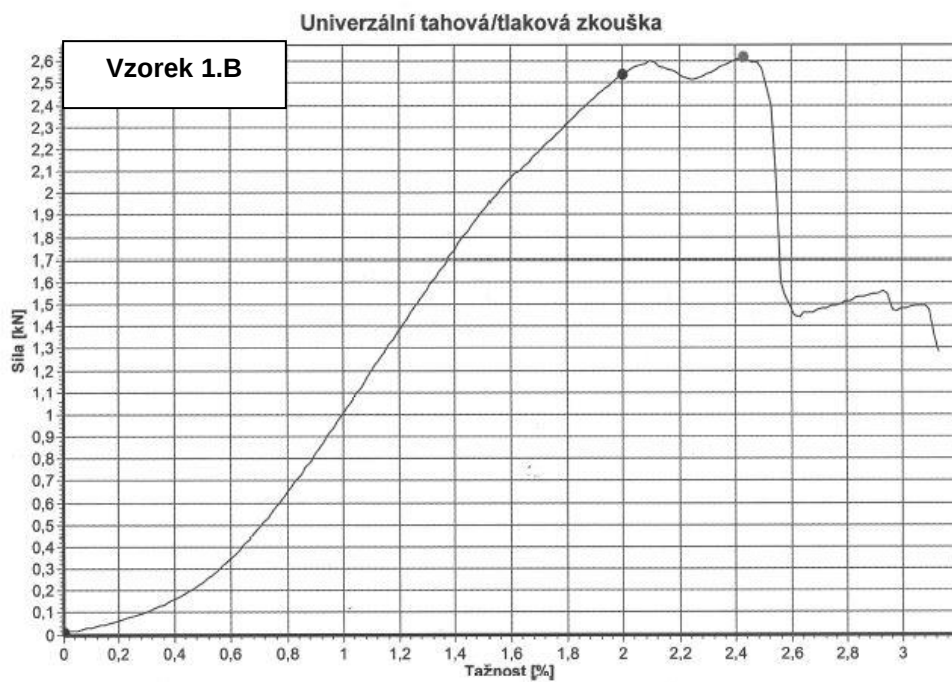
11.3.3 Kombinace simulace hutnění a pojiždění

11.3.3.1 Vzorky 1 – podélný směr



Tabulka výsledků

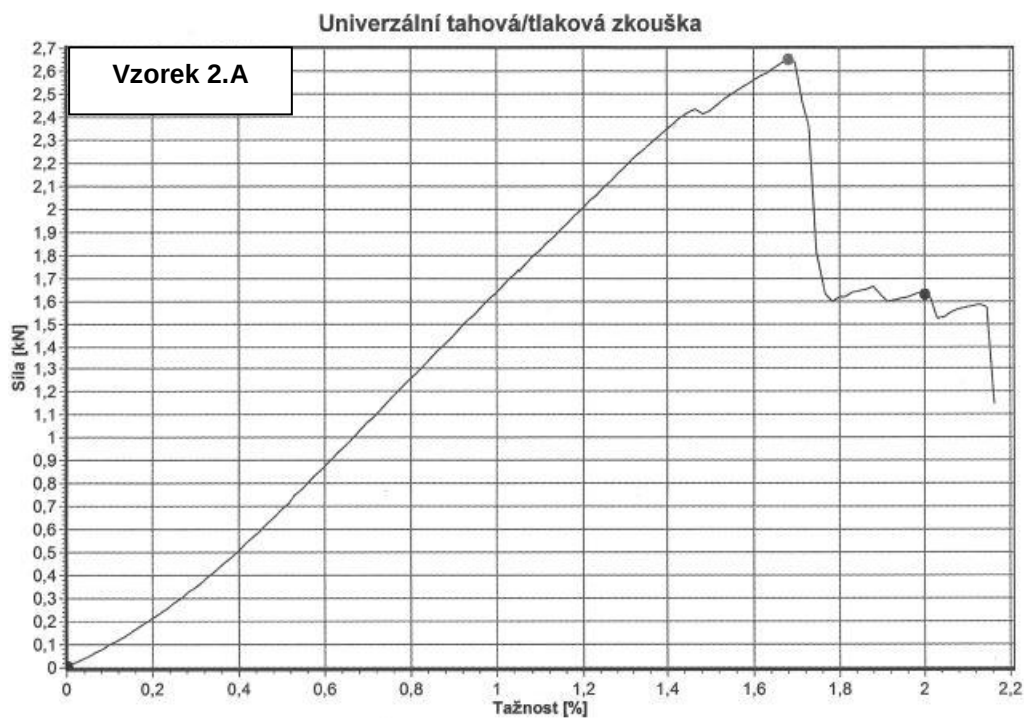
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
2	x	01.03.19	10:57	2733,07	2,43	0,00	0,00	2384,01



Tabulka výsledků

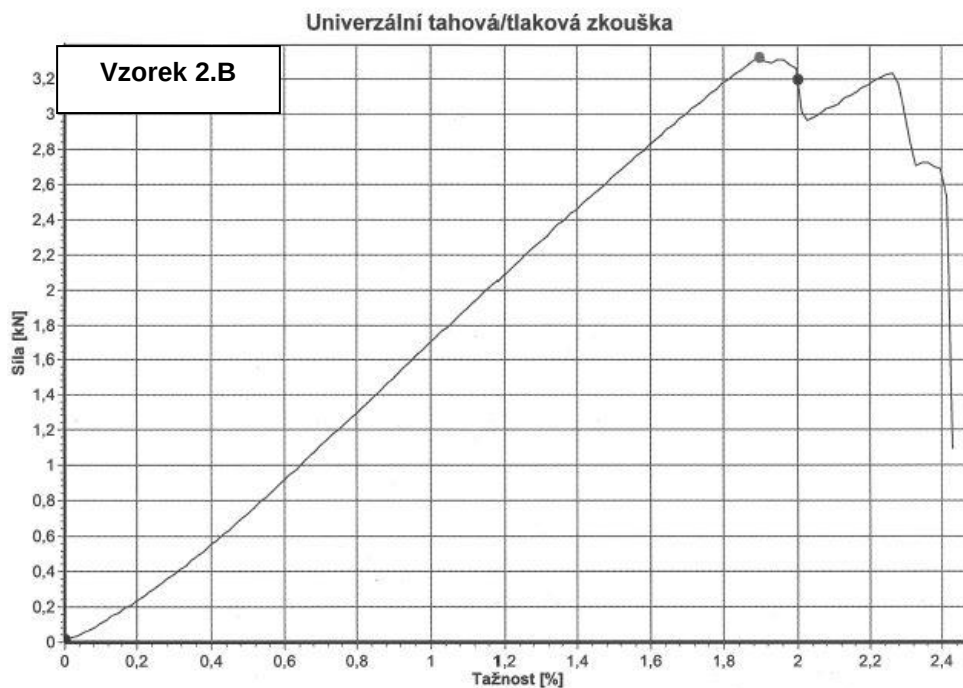
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
1	x	01.03.19	10:56	2621,27	2,43	0,00	0,00	2540,39

11.3.3.2 Vzorky 2 – podélný směr



Tabulka výsledků

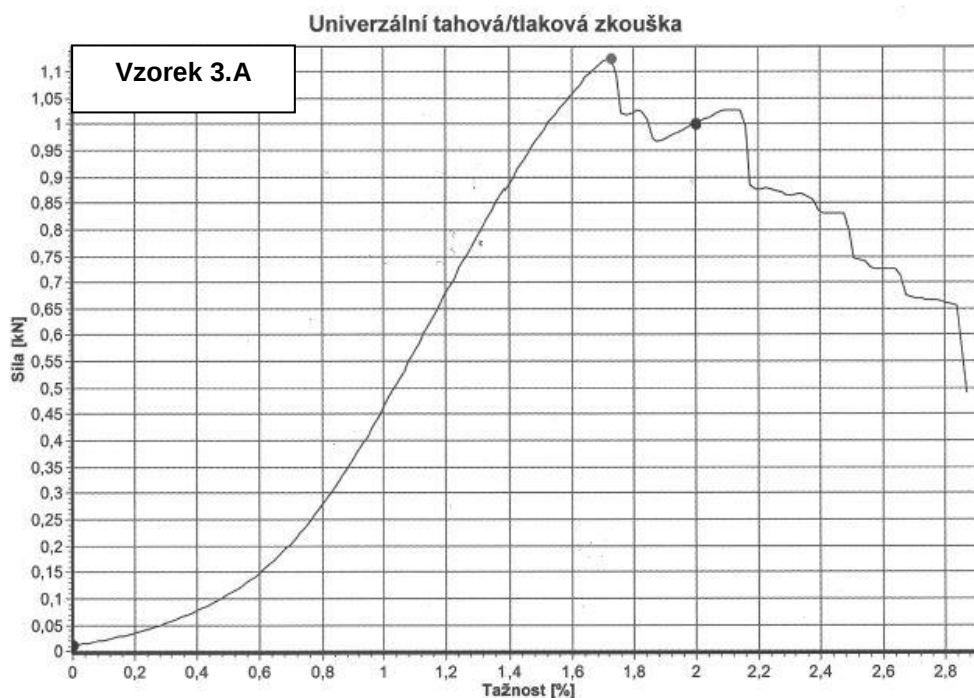
	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
3	x	01.03.19	10:58	2651,69	1,68	0,00	0,00	1632,99



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
4	x	01.03.19	10:58	3328,24	1,90	0,00	0,00	3205,69

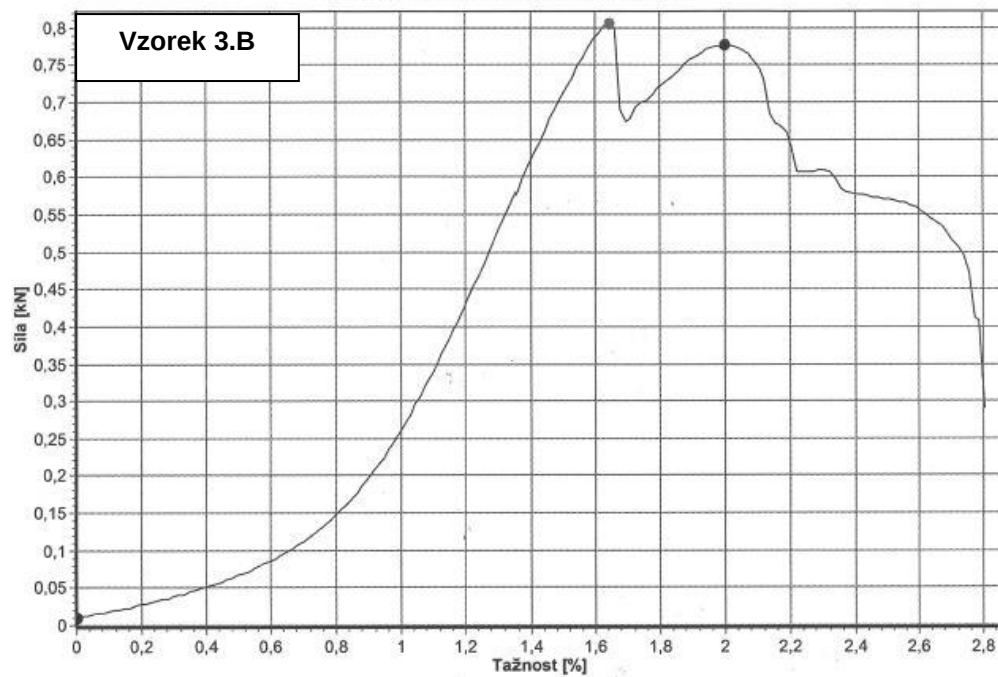
11.3.3.3 Vzorky 3 – podélný směr



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
5	x	01.03.19	10:59	1125,40	1,73	0,00	0,00	1001,25

Univerzální tahová/tlaková zkouška



Tabulka výsledků

	OK	Datum	Čas	Pevnost N	Tažnost %	ProtazF1 %	ProtazF2 %	SILA2 N
6	x	01.03.19	11:01	805,61	1,64	0,00	0,00	777,09