



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

**ENERGIE LETÍCÍHO OBJEKTU POTŘEBNÁ PRO
POŠKOZENÍ ČELNÍHO SKLA AUTOMOBILU**

THE ENERGY OF A FLYING OBJECT NECESSARY FOR DAMAGING THE VEHICLE WINDSCREEN

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Havlík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav soudního inženýrství
Student: **Bc. Ondřej Havlík**
Studijní program: Soudní inženýrství
Studijní obor: Expertní inženýrství v dopravě
Vedoucí práce: **Ing. Albert Bradáč, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Energie letícího objektu potřebná pro poškození čelního skla automobilu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Provést rešerši dostupných zdrojů
2. Navrhnout experiment pro ověření (např. pouštění daného objektu z různé výšky)
3. Realizovat experiment
4. Vyhodnotit a učinit závěry.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je ověření potřebné energie letícího objektu (kamínku, úlomku živice či betonu z povrchu vozovky apod.) pro poškození čelního skla vozidla při dopadu. Tedy zjištění poměru jeho potřebné rychlosti a hmotnosti, popř. rychlosti jedoucího vozidla, aby došlo k viditelnému poškození čelního skla vozidla.

Seznam doporučené literatury:

ONDROUCH, D. Analýza poškození čelních skel automobilů a možnosti jejich opravy. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2017. 91 s.

<https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/co-mozna-nevite-o-svem-automobilu-autoskla--ejen-pro-krasny-vyhled-na-svet-6-dil.html>

Zhang J., Morphology of broken vehicle windshield glass based on image processing, in: 2011 International Conference on Transportation, Mechanical, and Electrical Engineering (TMEE), December 16-18, Changchun, China

Další internetové zdroje

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
ředitel

Abstrakt

V teoretické části je řešena historie skla jako suroviny a také historie prvního použití skla jako materiálu pro automobilový průmysl a jeho vývoj. Dále pozornost upřena pouze na čelní sklo automobilu a konkrétně na materiálové složení různých výrobců, rozdělení dle doplňků využívaných v čelních sklech, způsoby uložení skla do karoserie. Tématem je i homologace čelních skel, ale také postup při výměně nebo opravě čelního skla po poškození. Experimentální část práce se věnuje stanovením energie letícího kamene potřebné k poškození čelního skla.

Abstract

The theoretical part of the thesis entitled "The Required Energy of a Flying Object to Damage a Windscreen" covers the historical development of glass as a raw material and its further use as a key material for the automotive industry. In the following chapters, the thesis provides an analysis of a windscreen in general including the material composition of various windscreen manufacturers, the distribution according to the accessories used in the windscreens, and the various options of placing a windscreen in a car bodywork. The homologation of a windscreen and the procedure for replacing or repairing a windscreen after a damage is also covered. Lastly, the experimental part of the thesis describes the process of testing the required energy of a flying object to damage a windscreen.

Klíčová slova

Čelní sklo, sklo, poškození, energie, výměna, oprava, kámen.

Keywords

Windshield, glass, damage, energy, replacement, repair, stone.

Bibliografická citace:

HAVLÍK, O. *Energie letícího objektu potřebná pro poškození čelního skla automobilu.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2018. 82 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

Podpis diplomant

Poděkování

Chtěl bych poděkovat mojí rodině a rodině mojí přítelkyně za podporu při studiu. Děkuji také panu Ing. Albertu Bradáčovi, Ph.D za užitečné rady a trpělivost při konzultacích. Dále také chci poděkovat spolužákům Zuzce, Štěpánovi, Davidovi a Honzovi.

Obsah

1	ÚVOD.....	10
2	HISTORIE.....	11
2.1	OBECNÉ POJMY.....	11
2.2	HISTORIE A VÝVOJ SKLA.....	11
2.3	HISTORIE A VÝVOJ AUTOSKLA.....	12
3	SKLADBA SKLA.....	13
3.1	SLOŽENÍ SKLA.....	13
3.2	SKLADBA AUTOSKLA.....	14
4	TECHNOLOGIE VÝROBY AUTOSKEL.....	16
4.1	VÝROBA AUTOSKLA.....	16
5	DRUHY.....	17
5.1	DRUHY AUTOSKEL DLE TECHNOLOGIE VÝROBY.....	17
5.2	DRUHY AUTOSKEL DLE POUŽITÝCH DOPLŇKŮ VÝBAVY.....	19
6	DĚLENÍ AUTOSKEL DLE ULOŽENÍ.....	23
6.1	ULOŽENÍ AUTOSKLA DO GUMOVÉHO PROFILU.....	23
6.2	ČELNÍ AUTOSKLO LEPENÉ DO KAROSERIE.....	23
6.3	VÝMĚNNÝ PROCES ČELNÍHO AUTOSKLA.....	24
6.4	DEMONTÁŽ PŮVODNÍHO ČELNÍHO SKLA.....	24
6.5	MONTÁŽ NOVÉHO ČELNÍHO SKLA.....	26
7	HOMOLOGACE.....	28
8	POŠKOZENÍ ČELNÍHO SKLA.....	29
8.1	DRUHY POŠKOZENÍ ČELNÍHO SKLA.....	30
9	TECHNOLOGIE OPRAVY ČELNÍHO SKLA.....	35
9.1	TECHNOLOGICKÝ POSTUP OPRAVY ČELNÍHO SKLA.....	36
10	PRAKTICKÁ ČÁST (EXPERIMENT).....	41
10.1	STANOVENÉ CÍLE ŘEŠENÉHO MĚŘENÍ (ÚKOLU).....	41
10.2	METODA MĚŘENÍ.....	41

10.3	POSTUP MĚŘENÍ.....	41
10.3.1	Stroje a pomůcky	41
10.3.2	Měření	43
10.3.3	Provádění měření	45
11	KOMPLETNÍ PŘEHLED VŠECH TESTOVANÝCH VZORKU.....	71
12	ZÁVĚR.....	71
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	74
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	77
	SEZNAM TABULEK.....	81
	SEZNAM GRAFŮ.....	82
	SEZNAM ROVNIC	82
	SEZNAM PŘÍLOH.....	82

1 Úvod

Diplomová práce bude zaměřena na poškození autoskel. Primárně se práce bude zabývat poškozením čelních skel automobilů a zjištěním potřebné energie, kterou vykoná kámen při poškození skla

Budu se také podrobně věnovat historii skla jako materiálu ale také prapůvodu využívání skla jako materiálu v automobilovém průmyslu. V další kapitole bude řešena výroba čelního skla, rozdělení autoskel dle různých parametrů a využití.

Čelní sklo vykazuje několik málo typů poškození, proto se tomu bude detailně věnovat v samostatné kapitole, kde toto poškození bude popsáno a zdokumentováno.

Detailně bude shrnutý proces výměny čelního skla, jelikož v dnešní době není nutností využít při výměně skla autoservis, ale sklo jednoduše vyměnit za pomoci speciálního nářadí svépomocí.

S nástupem moderních technologií a materiálů se v dnešní době nabízí i oprava poškozeného skla. Při splnění konkrétních podmínek si lze opravit poškozené čelní sklo svépomocí. Tato problematika bude detailně popsána v samostatné kapitole.

Hlavním úkolem bude zjistit energii, která je potřebná pro rozbití nebo poškození čelního skla letícím kamenem.

Tato problematika mě velice zajímá, jelikož se jí nikdo doposud nevěnoval.

Zvolením konkrétních postupů a metodiky měření, bude výsledkem této práce stanovení pomyslné hranice mezi poškozením a nepoškozením čelního skla. Stručně řečeno, jakou energii musí kámen dosáhnout, aby poškodil čelní sklo.

Dále bude zkoumán vliv změny úhlu uložení čelního skla na poškození, které vyvolá letící kámen.

Veškeré naměřené hodnoty a poškození budou zdokumentovány a zatříděny přehledným způsobem do souboru.

2 Historie

2.1 Obecné pojmy

Sklo patří k velmi významným materiálům s širokým uplatněním v průmyslu, stavebnictví, architektuře i umění. Ve stavebnictví se nejčastěji používá k zasklívání okenních a dveřních otvorů. Významně se uplatňuje také jako architektonický prvek, kdy hraje výraznou úlohu při vytváření interiérů a exteriérů. (5)

Sklo je anorganický amorfni (nekrystalický) materiál, vyrobený tavením sklo vhodných surovin a následným řízeným ochlazením vzniklé skloviny bez krystalizace. Skelný stav vzniká plynulým přechodem ze stavu kapalného do stavu pevného, při ochlazování skla dochází k plynulému růstu viskozity až na tak vysokou hodnotu, že se materiál navenek jeví jako pevná látka. (2)

2.2 Historie a vývoj skla

Sklo bylo objeveno v polovině 3. tisíciletí př. n. l. v Mezopotámii. Zpočátku bylo nečisté a používalo se nejčastěji na výrobu ozdob (tyčinky, kuličky).

Obsahovalo oxid křemičitý, vápník a sodík. Tudíž se jednalo o křemičité sodnovápenaté sklo. (3)

Sklářství se rozšířilo postupně z Egypta do Římské říše a průběžně po celém tehdejším známém civilizovaném světě. Lze se domnívat, že objev skla proběhl v přibližně téže době, v různých civilizacích, po celém světě. Než se sklo a sklářství dočkaly opravdu užité podoby, uběhlo od doby objevení skla spousta času. Např. tabulkové okenní sklo přišlo na svět teprve ve 3. století našeho letopočtu. Cena tabulového okenního skla ovšem byla příliš vysoká a tak bylo toto sklo používáno téměř výhradně v palácích a u církevních staveb. (4)

Ve středověku dochází k rozmachu sklářství, a to zejména benátského skla, které dodnes zůstává pojmem. Sklářská technologie sice byla přísně tajena, ale jak to už na tom světě chodí, došlo k jejímu vyzrazení a „moderní“ sklářství se záhy rozšířilo do celého tehdejšího civilizovaného světa. V 17. století se ve Francii objevuje foukané zrcadlové sklo a o téměř sto let později se zde objevuje technika výroby skla litím. (4)

První písemná zmínka o skle na našem území pochází až z roku 1162. První sklárny vznikaly ve druhé polovině 13. a v první polovině 14. století v do té doby nedotčených příhraničních pralesích Krušných, Lužických a Jizerských hor, Krkonoš, Šumavy, ale také na Moravě. Od poloviny 14. století již nejstarší české sklárny tavily téměř čiré, jen slabě do žluta nebo do zelena nabíhající draselnovápenaté sklo a zhotovovaly z něj malovaná kostelní okna, číše a poháry. V dnes neznámé sklárně byla roku 1370-1371 za pomoci specialistů z Benátek utavena také sklovina pro mozaiku kaple Poslední soud ve svatovítské katedrále na Pražském hradě. (3)

2.3 Historie a vývoj autoskla

Historie výroby autoskel sahá k prvním výrobcům automobilů, kdy se používalo běžné sklo. V letech 1900 – 1912 byla prvně vyrobena plochá čelní skla zasazována do rámu ze dřeva. Ke změně došlo v roce 1912 kdy společnost Pilkington Automotive začala vyrábět nově vynalezené vrstvené sklo. U těchto skel byla mezi dvěma vrstvami skly použita vrstva acetylcelulózy. V letech 1918 – 1930 byla čelní skla svisle a vodorovně rozdělena s horními tabulkami upevněnými v závěsech a nezávisle nastavitelná. Nejvíce se jich používalo ve velkých uzavřených vozidel. V letech 1925 – 1955 byla čelní skla zasazována do kovového rámu. Používala se svislá či mírně skloněná jednodílná plochá čelní skla. V roce 1948 byla vylepšena vrstva z polyvinylu. Vysoce odolná mezivrstva proti průrazu byla poprvé použita v šedesátých letech a byla vyrobena z PVB. Předchůdcem zaobleného čelního skla bylo čelní sklo dvoudílné, ploché, tvaru V a používalo se v letech 1948 – 1953. V roce 1953 se objevuje jednoduché jednodílné zaoblené čelní sklo. Od roku 1971 začíná výroba složitějších vrstvených čelních skel se stínícím pruhem a sítotiskově naneseným zatemňovacím pruhem. Kombinovaně prohnuté čelní sklo se začalo vyrábět v roce 1988, které plynule splývalo s obrysy karoserie. Od roku 2002 je používán složitějších čelních skel, která mají vysoké příčné zakřivení a jsou integrální součástí designu moderních automobilů. Lze tato čelní skla obohatit elektrickými topnými prvky, automatickými dešťovými a světelnými snímači, či kovovou vrstvou odrážející teplo. (1)

3 Skladba skla

3.1 Složení skla

Základní surovinou pro výrobu skla jsou sklářské (tavné) písky. Jsou to zrnité, většinou světle zbarvené až bílé horniny (křemenné písky nebo málo zpevněné pískovce) s primárním obsahem SiO_2 zpravidla v rozmezí 60 až 80 %. Sklářské písky obsahují, vedle naprosto dominantního křemene, také zrna jiných minerálů – nejčastěji živců, slíd a tzv. těžkých minerálů, např. granátů, zirkonu, turmalínu, rutilu, ilmenitu, magnetitu. Pojivo se zpravidla uplatňují jílové minerály, např. kaolinit, karbonáty a oxihydroxidy železa. (5)

Sklářské písky se těží povrchovým způsobem v lomech. Způsob rozpojování horniny závisí na stupni jejího zpevnění (diageneze), u silněji zpevněných písků a pískovců se pro rozpojování používají trhací práce.

Požadavky na kvalitu sklářských písků, tj. zrnitostní, minerální a chemické složení, se mění podle druhu vyráběného skla. Písky v požadované kvalitě se většinou v přírodě nevyskytují, proto je nutno je upravovat drcením, praním, kde se odstraní odplavené jílové částice a následně třídí pro docílení požadované zrnitosti. Při výrobě skla vyšších jakostí je navíc nutné náročnějšími způsoby úpravy, např. elektromagnetickou separací, snížit obsahy barvicích oxidů (Fe_2O_3 , TiO_2); požadován je také limitní obsah SiO_2 .

Požadavky na maximální obsahy Fe_2O_3 ve sklářském písku pro některé základní typy skla uvádí tab. 1. V tab. 3 jsou pak uvedeny požadavky na obsahy základních oxidů u jednotlivých jakostních tříd sklářských písků. (5)

druh skla	max. obsah Fe_2O_3 (%)
baktericidní a uviolová skla	0,001
optická skla	0,010
křišťálová skla - užitková skla	0,015
lisovaná skla - křišťál	0,021
obalová skla - konzervní	0,025
tabulová skla	0,040
opakní tavený křemen	0,020
lahvová skla zelená a hnědá	0,100

Tab. č. 1- Hodnoty maximálního obsahu Fe_2O_3 ve sklářských píscích pro různé typy skel (1)

druh skla	max. obsah Fe ₂ O ₃ (%)
baktericidní a uviolová skla	0,001
optická skla	0,010
křišťálová skla - užitková skla	0,015
lisovaná skla - křišťál	0,021
obalová skla - konzervní	0,025
tabulová skla	0,040
opakní tavený křemen	0,020
lahvová skla zelená a hnědá	0,100

Tab. č. 2- Požadavky na zrnitost sklářských tavných písků (1)

oxid	TS 40	TS 25	TS 21	TS 20	TS 15
SiO ₂ (%)	98,5	99,0	99,0	99,2	99,3
Fe ₂ O ₃ (%)	0,040	0,025	0,021	0,020	0,015
TiO ₂ (%)	0,15	0,15	0,10	0,05	0,01
Al ₂ O ₃ (%)	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2

Tab. č. 3- Požadavky na chemické složení pro jednotlivé jakostní třídy sklářských písků (1)

3.2 Skladba autoskla

Při výrobě skla je kladen důraz na jeho chemickou čistotu, mechanické vlastnosti, odstín a další. Tyto vlastnosti lze dosáhnout použitím přesně definovaného množství jednotlivých surovin. Dále u skel využívaných v automobilovém průmyslu je kladen důraz na drcení a čištění jednotlivých surovin. To má za výsledek dosažení vyšší jakosti použitých surovin.

Základní suroviny použité při výrobě autoskla

Sklářský tavný písek (hlavní složka) - Surovina je těžena a následně zbavována veškerých nežádoucích příměsí, např. běžné zeminy, železa, a jiných. Vyčištěné písky, které jsou dodávány do skláren, mají složení deklarované normou ČSN 721202.(6)

Oxid hlinitý Al₂O₃ - přítomnost oxidu hlinitého ve sklovině zabraňuje odskelnění, zvyšuje viskozitu skla, zvyšuje jeho tvrdost a snižuje pevnost v ohybu a pružnost. Oxid hlinitý významně zlepšuje chemickou odolnost skla. Al₂O₃ se do skla vnáší horninovými surovinami zejména živcem nebo kaolinem. Živec je tvořen směsí oxidu křemičitého, hlinitého, sodného a draselného. Toto složení předurčilo živec jako vhodnou sklářskou surovinu. Z nečistot obsažených v živci je významný poměrně vysoký obsah oxidů železa.(6)

Dolomit - minerál $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Součástí je oxid hořečnatý MgO a oxid vápenatý CaO . Oba oxidy mimo jiné podporují chemickou odolnost skla. Oxid hořečnatý navíc zlepšuje mechanické vlastnosti výsledného skla. Nejvyšší kvalita dolomit se nachází v rámci Evropy ve Francii, Španělsku, Slovensku a Norsku. (6)

Vápenec - minerál CaCO_3 . Do skla dodává oxid vápenatý (CaO) stejně jako výše uvedený dolomit. Oxid vápenatý zvyšuje chemickou odolnost, zpevňuje strukturu skla a zlepšuje vlastnosti týkající se teplotní roztažnosti. V ČR se těží hned na několika místech. (6)

Soda - uhličitan sodný Na_2CO_3 . Vnáší do skla oxid sodný Na_2O , ten významně usnadňuje zpracování skla. Mezi jeho nejdůležitější vlastnosti patří podpora tavení a následně homogenizace skloviny. Má i negativní vlastnosti, tj. zhoršuje chemickou odolnost výsledného skla a snižuje mechanickou pevnost. (6)

Sulfát - síran sodný Na_2SO_4 . Při tavení skloviny plní funkci čeřiva a také do skla zanáší oxid sodný. (6)

Znělec - vyvřelá sopečná hornina. Je součástí kvůli obsahu alkálií a užívá se především při výrobě čirého skla. (6)

Živec - přírodní minerál. Je rozšířený v nečisté formě a bývá dělen na živce sodné, draselné a vápenaté. Je přidáván stejně jako znělec kvůli alkáliím. (6)

Oxid Železa - pomocí něj je dosahováno zeleného zabarvení (jeho procentuální zastoupení určuje sytost zeleného odstínu). Ostatní prvky také zapříčiňují zabarvení skla, jedná se například o oxidy vanadičné (železné až žluté), síran kobaltnatý (modré) a grafit (zelené). (6)

Prvek	A	B	C	D
SiO_2	72,14	72,50	71,50-72,50	$72,14 \pm 0,48$
Al_2O_3	0,55	1,00	1,30-2,50	$0,77 \pm 0,39$
CaO	9,30	8,10	6,00-8,20	$8,59 \pm 0,40$
MgO	4,10	3,90	4,30-5,00	$3,98 \pm 0,20$
Na_2O	13,50	13,70	11,00-13,40	$13,65 \pm 0,42$
K_2O	0,06	0,30	0,50-1,50	0,25 - 0,28
Fe_2O_3	0,07	0,07	0,04-0,90	$0,077 \pm 0,026$
TiO_2	0,06	-	-	-

Tab. č. 4- Chemické složení plaveného skla u jednotlivých výrobců

A- AGC Flat Glass Czech, a.s.

B- Fanderlik

C- čínský patent pro tenké sklo

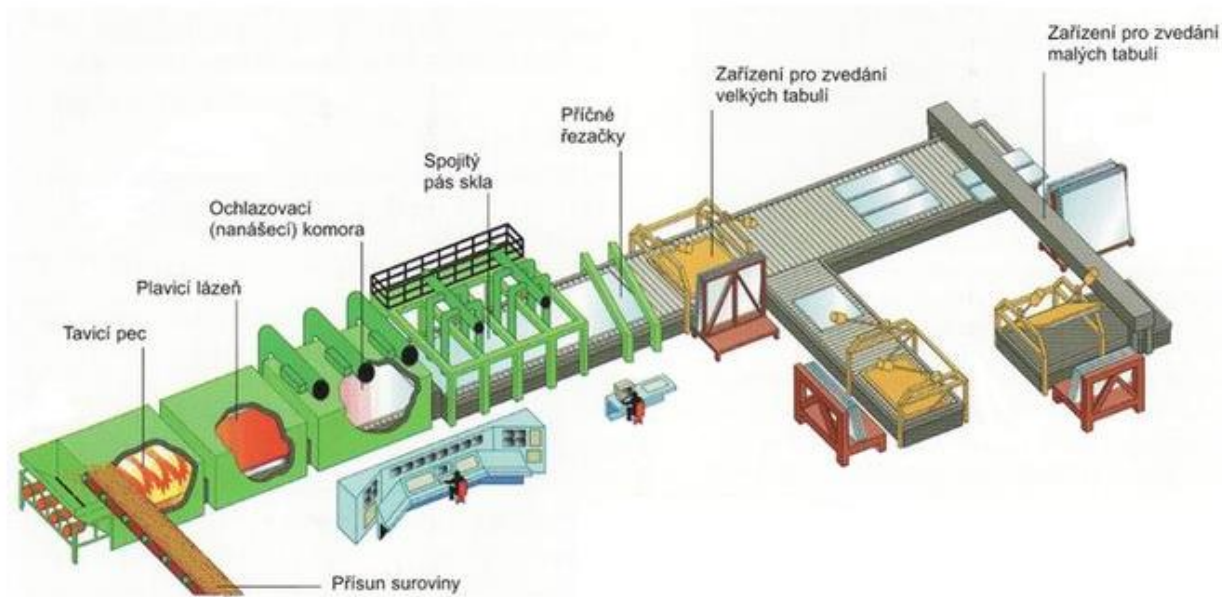
D- Průměrné složení plaveného skla evropských výrobců v letech 1976-1993

4 Technologie výroby autoskel

4.1 Výroba autoskla

Autoskla jsou po technické stránce vysoce pokročilé výrobky, důležité i ve výsledném vzhledu vozu.

Výroba kvalitního autoskla začíná procesem plavení. Proces plavení skla, vyvinutý v roce 1952 společností Pilkington, je nyní světovým standardem pro výrobu vysoce kvalitního skla. Od roku 1952 byl tento proces neustále zdokonalován a díky tomu je v současné době možné vyrobit základní skleněné tabule plaveného skla v širokém sortimentu od síly skla 0,4mm až do 25mm. (8)



Obr. 1- Montážní linka pro výrobu skleněných tabulí (8)

Pro čelní skla se používají tzv. skla vrstvená. Tyto skla jsou vysoce bezpečnostní skla, kdy speciální technologií se mezi dvě vrstvy skla vkládá mezivrstva polyvinylbutyralu (PVB). Takto upravené sklo se používá zejména jako čelní bezpečnostní sklo, které v případě rozbití drží díky folii pohromadě a umožňuje tak bezpečně dojet k nejbližšímu servisu. Vrstvy skla jsou obvykle ohýbány ve dvojicích jako plovoucí sklo za pomoci ohřevu na 620°C a žádaného

tvaru se tvarují tzv. Gravitačním působením do předem připravených forem. Následně jsou pak dvojice skel postupně ochlazovány na teplotu 20°C. Pak se mezi vrstvy skel vloží PVB materiál, který je v této fázi neprůhledný (mléčný). Vrstvení dvojic pak pokračuje odsátím veškerého vzduchu z meziprostoru skel. Dále se skla ve speciálním zařízení zahřejí na teplotu 140°C a vystaví se tlaku 10 až 16 kg/cm² na obě vrstvy.(8)

5 Druhy

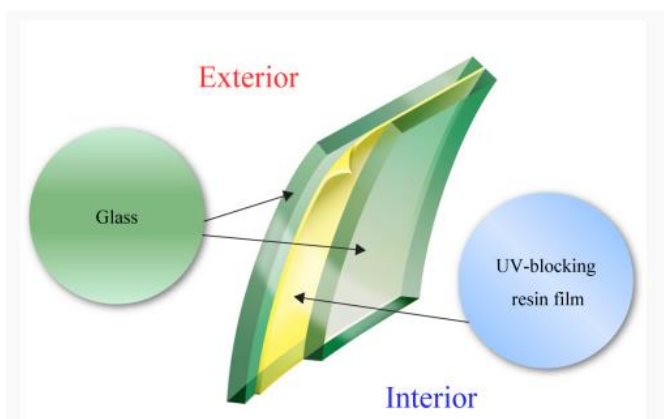
Všechna výhledová skla dělíme na čelní, boční a zadní. Boční dále pak na pravá levá, stahovací a trojúhelníky. Oboje pak na zadní a přední. Zadní autoskla na vyhřívání a nevyhřívání.(9)

5.1 Druhy autoskel dle technologie výroby

Automobilová skla můžeme v podstatě rozdělit na skla vrstvená a na skla tvrzená.

Vrstvené sklo (LAMISAFE)

Vrstvené sklo se vyznačuje svojí vynikající odolností proti průniku. Je druhem bezpečnostního skla, které se používá většinou pro čelní skla. Jelikož se skládá ze dvou vrstev skla vrstvených společně s fólií, v případě rozbití mají kousky skla tendenci uplyvat k mezivrstvě. V případě nehody nebo kamene či jiného předmětu, který udeří do skla, je pravděpodobnost vniknutí do kabiny vozidla menší. (13)



Obr. 2- Vrstvené autosklo (16)



Obr. 3- Rozbité vrstvené sklo (17)

Vrstvené sklo se vyznačuje těmito provozními vlastnostmi:

1. čistý výhled

Střední vrstva vrstveného skla je vyrobena z polyvinylbutyralu (PVB). Tato mezivrstva je bezbarvá, transparentní, vysoce vodotěsná a je prakticky neovlivněna UV zářením. (10)

2. odolnost proti průniku

V případě rozbití povrchu vrstveného skla zajišťuje tuhá mezivrstva PVB silnou odolnost proti průniku předmětů, které udeřily do skla. (10)

3. rozptýlení rozbitých střeptů

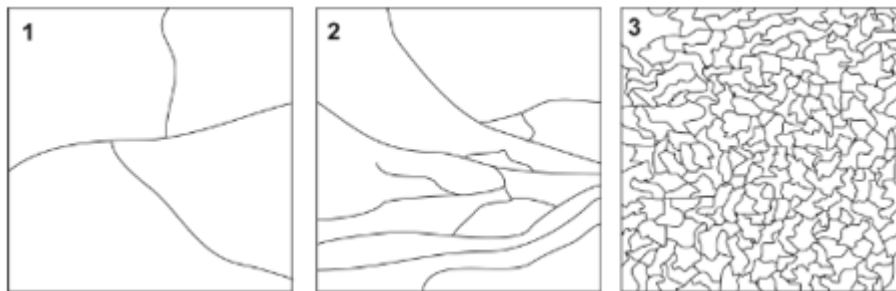
Dvě vrstvy vrstveného skla jsou slepeny k sobě pevnou a ohebnou mezivrstvou PVB. Jestliže dojde k rozbití skla, roztříštěné kusy mají tendenci zůstat přilepené k mezivrstvě. Tím je zabráněno odlétávání velkých kusů rozbitého skla a současně je zachována viditelnost pro jízdu v jiných částech stejného okna.(11)

Tvrzené sklo (TEMPERLITE)

Tvrzené sklo se vyrábí zahříváním skla skoro až na teplotu tání (asi 650 °C) a rychlým, stejnoměrným ochlazením povrchu vzduchem. Sklo vyrobené tímto speciálním procesem má zvýšenou pevnost a používá se většinou na zadní a boční okna vozidel. Má vlastnost okamžitého tříštění při rozbití. Je 3x až 5x odolnější proti nárazu, než běžné okenní tabule.(13)



Obr. 4- rozbité jednoduché jednovrstvé sklo



Obr. 5- Lomové obrazce (1)

1- normální sklo; 2- tepelně zpevněné sklo (polotvrzené); 3- bezpečnostní tvrzené sklo

Tvrzené sklo se vyznačuje těmito provozními vlastnostmi:

1. Odolnost proti nárazu

Tvrzené sklo vzniká zahříváním skla téměř na teplotu bodu tání a vyvinutím tlakového napětí na povrch skla vlivem rychlého ochlazení vzduchem. Jestliže je sklo ohroženo možností rozbití tahovou silou, tato síla je zmírněna tlakovým napětím povrchu. Tvrzené sklo je tři- až pětkrát pevnější než běžná skleněná tabulka stejné tloušťky.(13)

2. Tříštivost při deformaci

Tvrzené sklo je pevné. Pokud je ale vystaveno vnější síle, která překračuje mez tlakového napětí, roztrhne se. Na rozdíl od běžného skla se ale tříští na malé kousky. Jelikož nevznikají střepiny ostré, je nepravděpodobné, že dojde k vážnému poranění. Proto se tvrzené sklo pokládá za bezpečnostní sklo.(13)

5.2 Druhy autoskel dle použitých doplňků výbavy

Čelní autoskla mohou být doplněna různými prvky, které zvyšují komfort a doplňují další funkce čelních autoskel.

ACOUSTIC GLASS - akustické autosklo



Obr. 6- logo, akustické sklo (11)

Akustické autosklo výrazně eliminuje rušivé zvuky z vnějšího prostředí automobilu. Zdrojem těchto zvuků může být aerodynamický hluk, pneumatiky anebo motor vozu. Sklo se speciální akustickou fólií dokáže snížit až o 10 decibelů hluk pronikající do kabiny vozu oproti sklům bez této akustické fólie.

Díky této vlastnosti lze použít při kompletním zasklení vozu tenčích skel, což snižuje celkovou váhu vozu a tím snižuje spotřebu paliva a zároveň redukuje emise CO₂. (11)



Obr. 7- Označení akustického skla (11)

ANTI-HEAT GLASS - sklo odrážející / absorbující teplo



Obr. 8- Logo, sklo odrážející/absorbující teplo (11)

Toto sklo je pokryto neviditelnou vrstvou oxidu stříbrného. Ten směřuje sluneční energii, přesněji řečeno infračervené záření, směrem od vozu. Tím se zásadně snižuje vnitřní teplota ve voze. Speciální vrstva je slabá jen několik nanometrů, proto je pouhým okem neviditelná.(11)

ANTI-REFLECTING GLASS - antireflexní sklo



Obr. 9- Logo, antireflexní sklo (11)

Antireflexní sklo má z vnitřní strany (strany směrem do vozidla) speciální povrchovou úpravu. Díky této úpravě je antireflexní sklo schopné odrážet až 40 % odlesků, které se na ploše skla objevují. Tyto odlesky mohou být zejména z palubní desky ale i různých částí interiéru vozu. Antireflexní sklo nevyžaduje po celou dobu životnosti vozu žádné ošetřování či re aplikaci. (11)

CLIMA-COAT GLASS - sklo pro všechna roční období



Obr. 10- Logo, sklo pro všechna roční období (11)

Neviditelná pokovená vrstva na čelním skle pomáhá v létě udržovat příjemné klima uvnitř vozidla a zároveň tato vrstva udržuje v zimním období sklo čisté od sněhu. Tato technologie také pomáhá snižovat spotřebu pohonných hmot a tím i emise oxidu uhličitého.(11)

ELECTROCHROMIC GLASS - sklo s elektrokovovou vrstvou



Obr. 11- Logo, sklo s elektronovou vrstvou (11)

Elektrokovová vrstva na monochromatickém skle zajišťuje tzv. atmosférický efekt. Díky této vrstvičce a jejím vlastnostem lze nastavit propustnost světla do interiéru svého vozu. Tím si lze volit sílu odstínu zatemnění skla.

V současné době se používá tento typ skla zejména pro panoramatické střechy. V blízké budoucnosti se však dá očekávat, že se užití těchto elektrochromatických skel rozšíří i na ostatní části zasklení automobilů.(11)

HEATABLE GLASS - vyhřívané sklo



Obr. 12- Logo, vyhřívané sklo (11)

Vyhřívané sklo umožňuje díky své technologii pohodlné a rychlé odstranění ledu či zamlžení skel. Tato technologie téměř neviditelných, vyhřívaných drátků tak zajišťuje pohodlí a zvyšuje komfort užívání vozu. Při teplotě -10°C umí vyhřívaná skla odstranit led a zamlžení za méně než pět minut. (11)



Obr. 13- Vyhřívané čelní sklo (19)

HYDROPHOBIC GLASS - hydrofobní sklo



Obr. 14- Logo, hydrofobní sklo (11)

Hydrofobní sklo je autosklo, které odpuzuje vodu. Sklo s hydrofobní vrstvou zkvalitňuje vizuální komfort při cestování za deštivého počasí. Výrazně se díky využití hydrofobního skla zvyšuje viditelnost. V porovnání se sklem bez této úpravy se zvyšuje viditelnost až o 33%. Výhodou také je, že zlepšení viditelnosti je dosaženo po celé ploše skla, tedy i mimo místa, kam svým dosáhnou stěrače vozu.(11)

LAMINATED GLASS - laminované sklo



Obr. 15- Logo, laminované čelní sklo (11)



Obr. 16- Logo, laminované čelní sklo zvyšující bezpečnost (11)

Na rozdíl od skla tvrzeného je laminované sklo tvořeno dvěma kusy skel, které jsou k sobě spojené polyvinylbutyralovou fólií. Při rozbití či roztříštění skla zůstávají malé fragmenty skla přilepeny na této fólii a neohrožují tak posádku ani případné další účastníky této nebezpečné situace.(11)

Laminované sklo tak díky svým vlastnostem zvyšuje bezpečnost cestování vozidlem. Zvyšuje ochranu pasažérů při autonehodách a zabraňuje katapultování pasažérů ven z auta při nárazech. Laminovaná skla mají důležitou bezpečnostní roli při pokusech o násilné vniknutí do vozidla. Znesnadňují toto vniknutí až desetinásobně. Ve srovnání s klasickým tvrzeným sklem totiž zabere pachateli vniknutí do vozidla vybaveného laminovaným sklem až 10 x více času. Obvykle se používá laminované sklo zejména pro čelní sklo. Svou funkci velice dobře uplatní též u bočních a zadních skel.(11)



Obr. 17- Značení laminátového skla na štítku čelního skla (20)

GLASS with INTEGRATED SYSTEMS - sklo s integrovanými systémy



Obr. 18- Logo, sklo s integrovanými systémy (11)

Moderní technologie umožní v současné době již také integrovat do skel různé antény a komunikační senzory. Například lze uvést zařízení umožňující detekci průjezdu a registraci v mýtných branách na dálnicích nebo běžné antény pro příjem GSM signálu mobilních telefonů.(11)

6 Dělení autoskel dle uložení

Čelní skla můžeme rozdělit na montovaná do gumy a lepená v karoserii. Skla montovaná do gumy na osobních automobilech jsou převážně na starších typech vozidel. U nových typů se tento druh montáže prakticky nevyskytuje.

6.1 Uložení autoskla do gumového profilu

U skel montovaných do gumy, guma slouží jako fixační prvek skla a současně jako začišťovací lišta ostrých hran skla. Guma je jediný fixační materiál skla. Montáž je u většiny modelů rychlejší a méně finančně náročná. Nevýhodou je omezená životnost těsnicí gumy. Výhodou je možná výměna těsnicí gumy bez poškození skla.

6.2 Čelní autosklo lepené do karoserie

Skla lepená do karoserie se používají téměř ve 100 % případech u vozů s mladším rokem výroby, zdaleka nejde o novou technologii. Tuto technologii používala značka Ford již počátkem 80. let.

Důraz je kladen na kvalitu lepicí složky v tomto procesu. Sada pojidla se skládá z aktivátoru, primeru a samotného fixátoru. (9)

Aktivátor (čistič) je přípravek pro zvýšení přilnavosti lepidla na autoskla. Aktivátor je určen jako předúpravový prostředek k čištění a zvýšení přilnavosti aktivačním účinkem na seříznutou zbytkovou vrstvu PUR lepidla, na předextrudovaný PUR profil na sklech, ale i na sklo a keramickou ochrannou vrstvu na sklech. (12)

Primer (leptadlo) se používá pro zlepšení adheze na čisté sklo, keramickou ochrannou vrstvu na skle nebo na čistý i lakovaný plech karosérie. Tato látka je schopná naleptat v mikroskopickém měřítku rámeček skla i část karosérie k uchycení skla. (12)

Fixátor (pojivo) je jednosložková nebo dvousložková hmota, která s reakcí vzdušné vlhkosti slouží pro lepení autoskel přímo na karoserii. (12)

V dnešní době se na trhu vyskytují i přípravky, které kombinují více prostředků pro lepení skel. Například lepidlo obsahující takové látky, díky kterým není potřeba používat primer.

6.3 Výměnný proces čelního autoskla

V této kapitole se budu věnovat pouze procesu výměny čelního skla za použití montážního procesu lepením, jelikož proces vkládání skla do gumového profilu se již nevyskytuje.

6.4 Demontáž původního čelního skla

Samotná demontáž čelního skla začíná demontováním jednotlivých dílů a příslušenství, jako je například zpětné zrcátko, stěrače, plastový kryt pod stěrači popřípadě boční kryty A sloupků.

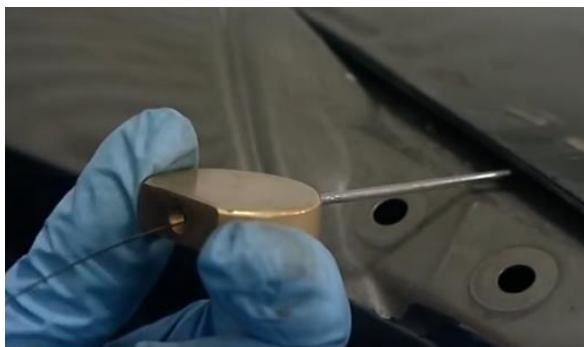
U autoskla, které využívá některé s doplňující výbavy (vyhřívání, dešťový senzor, anténa) je nutné i tyto zařízení odpojit.

Dále se provádí samotná demontáž autoskla. Při té se nejčastěji používá speciální sada pro oddělení autoskla od karoserie.



Obr. 19- Souprava na vyřezání lepených skle (21)

Po Odstrojení příslušenství čelního skla a demontáže krytů je zapotřebí proniknout z exteriéru přes těsnění do interiéru vozu. To se provádí různými pomůckami. Jedná se o bodové poručení těsnění pro provlečení ocelového lanka.



Obr. 21- Výstřížek 1, proniknutí lanka do interiéru (22)



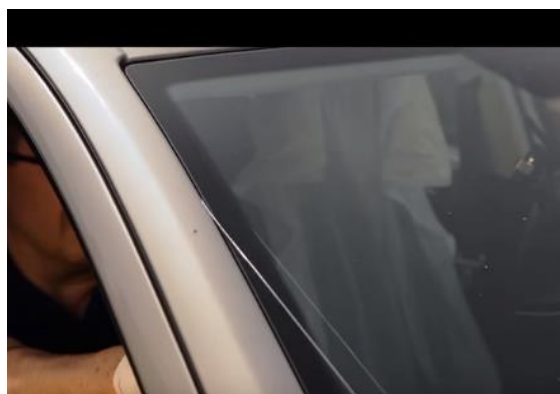
Obr. 20- Výstřížek 2, proniknutí do interiéru pomocí nože (22)

Po proniknutí do interiéru vozidla se vzniklým prostupem protáhne ocelová struna. Tato struna je pletená s více drátu, obvykle se používá v tloušťce do 1 mm.

Proto, aby nedošlo k poškození interiérových částí, je doporučeno provádět výmětu čelního skla ve dvou lidech. Jeden sedí uvnitř a drží madlo s provlečenou strunou a druhý z venku prořezává těsnění skla po celém obvodu čelního skla.



Obr. 23- - Výstřížek 3, oddělení autoskla od karoserie (22)



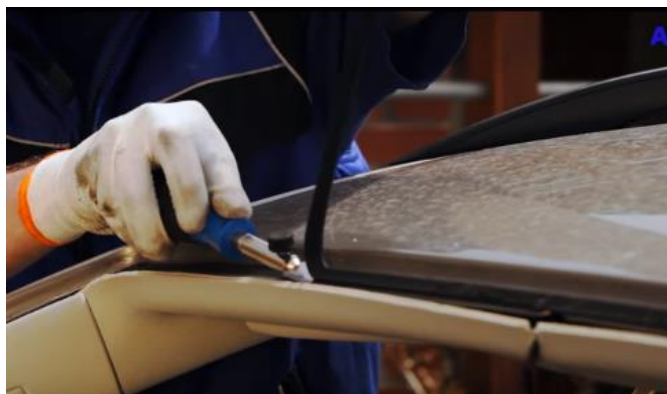
Obr. 22- Výstřížek 4, lanko oddělující sklo od karoserie (22)

Po oddělení čelního skla od karoserie je sklo vyjmuto pomocí držáků skleněných tabulí



Obr. 24- Výstřížek 5, vyjmutí čelního skla z karoserie (22)

Po vyjmutí skla se provede odstranění stávajícího těsnění po celé obvodu čelního skla z karoserie vozu.

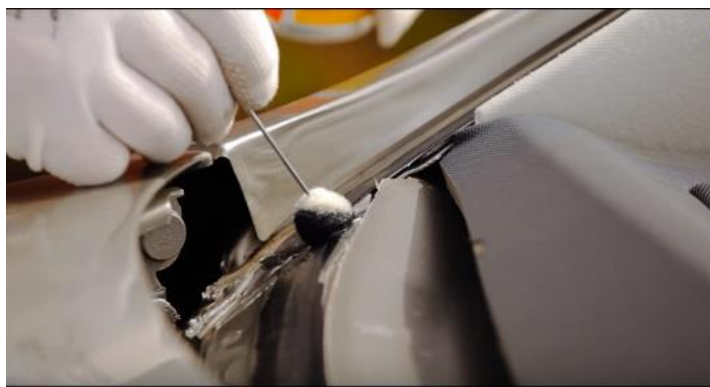


Obr. 25- Výstřižek 6, odstranění těsnění z karoserie vozidla (22)

6.5 Montáž nového čelního skla

Jakmile je odstraněno původní těsnění z karoserie, technik nanese na toto místo aktivátor (čistič) a plochu pro nové sklo vyčistí. Zároveň vyčistí i místo pro nanesení nového lepidla na skle. Po nanesení čističe tyto plochy setře čistým hadříkem.

Následuje aplikace primátoru (leptadla). Tento chemický prostředek se nanese na karoserii vozu i na nové čelní sklo



Obr. 26- Výstřižek 7, nanášení leptadla (22)

Poté následuje fáze nanášení lepidla na čelní sklo.



Obr. 27- Výstřižek 8, nanášení lepidla na nové čelní sklo (22)

Čelní sklo s naneseným lepidlem je uchopeno do přísavek a uloženo na karoserii vozidla. Technik musí dbát na správné a přesné uložení na původní místo v karoserii.



Obr. 28- Výstřížek 9, montáž čelního skla do karoserie (22)

V poslední fázi je sklo zafixováno lepicí páskou nebo přísavkami ke karoserii. Tento krok zabrání nerovnoměrnému poklesu lepidla při době tuhnutí.



Obr. 29- Výstřížek 10, fixace čelního skla ke karoserii po dobu tuhnutí (22)

7 Homologace

„Každý kus bezpečnostního zasklívacího materiálu, včetně zkušebních vzorků a zkušebních kusů předložených ke schválení typu, musí být označen obchodním názvem nebo značkou. Vyrobené díly musí být označeny číslem předpisu EHK č. 43, které bylo přiděleno prvotnímu výrobcí. Toto značení musí být jasně čitelné a nesmazatelné“

„Na každý kus zasklení a celek s dvojitým zasklením, který odpovídá typu schválenému podle tohoto předpisu, vyznačí mezinárodní značka schválení. Na každou tabuli celku s dvojitým zasklením se může vyznačit též jakákoliv zvláštní značka schválení typu. Tato značku schválení se skládá z :

*-písmena „E“ v kružnici, za níž následuje rozlišovací číslo země, která schválení udělila“
-čísla tohoto předpisu, za níž následuje písmeno „R“, pomlčka a číslo schválení vpravo od kružnice.*

-v blízkosti značky schválení se umístí tyto doplňkové symboly:

*-v případě čelního skla: **I** pro tvrzené sklo (I/P, je-li s povlakem)*

***II** pro normální vrstvené sklo (II/P, je-li s povlakem)*

***III** pro upravené vrstvené sklo (III/, je-li s povlakem)*

***IV** pro skloplastové tabule.*

***V** u bezpečnostního zasklení, které má normální prostup světla menší než 70 %*

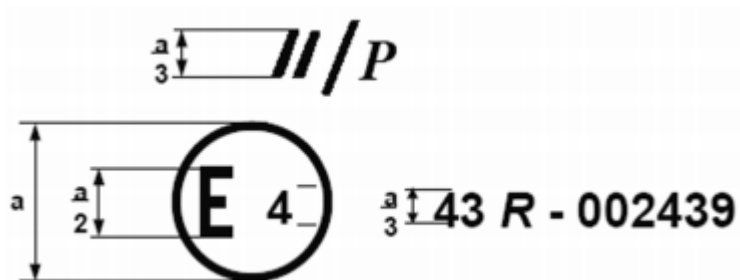
***VI** u celku s dvojitým zasklením*

***VII** u tabulí rovnoměrně tvrzeného skla, které mohou být použity jako čelní skla u pomalu se pohybujících vozidel, která v důsledku konstrukce nemohou překročit rychlost 40 km/h;*

***VIII** u tuhého plastového zasklení*

***IX** u pružného plastového zasklení*

***XI** v případě tabule vrstveného skla jiného než čelní sklo“*



Obr. 30- Homologační štítek dle EHK/OSN č.43 (14)

„Výše uvedená značka schválení umístěná na normální vrstvené čelní sklo s povlakem z plastu označuje, že dotyčná konstrukční část byla schválena v Nizozemsku (E 4) podle předpisu č. 43 pod číslem schválení 002439. Číslo schválení typu udává, že schválení bylo uděleno v souladu s požadavky předpisu č. 43“ (14)



Obr. 31- Homologační štítek čelního skla Škoda Rapid r.v. 2015 (15)

- 1-Název koncernu (Volkswagen Group)**
- 2-Výrobce autoskla**
- 3- Místo výroby autoskla**
- 4- Značka schválení**
- 5-Druh autoskla (vrstvené sklo)**
- 6- Certifikační předpisy pro bezpečnostní sklo**
- 7-Místo konstrukčního schválení (6=Belgie)**

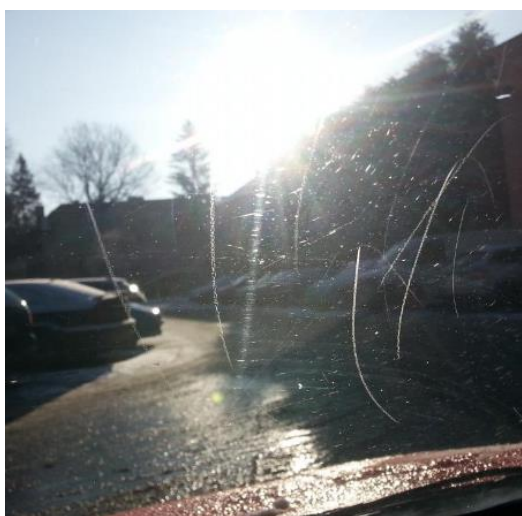
8 Poškození čelního skla

Výměna poškozeného čelního skla je finančně nákladná. Poškození čelního skla je závada typu C, pro kterou není vozidlo způsobilé k provozu na pozemních komunikacích. Potíže mohou vzniknout i při kontrole na STK, neboť kontrola čelního skla je zařazena mezi vybraná kontrolní místa. Při silniční kontrole Policií ČR se řidič s poškozeným čelním sklem vystavuje odebrání osvědčení o technického průkazu k vozidlu. Při cestě do zahraničí s poškozeným čelním sklem nebude řidiči umožněn vjezd na území cizího státu.

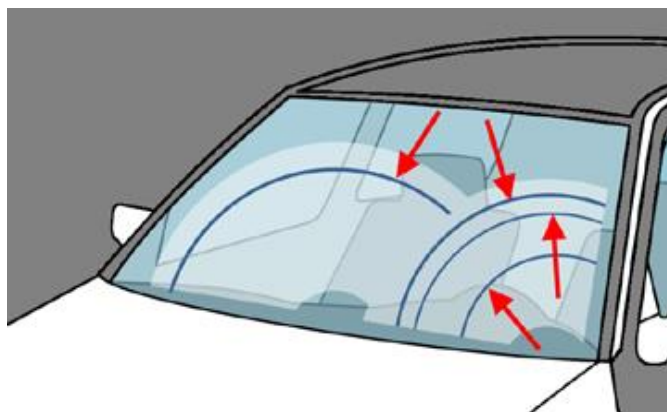
8.1 Druhy poškození čelního skla

poškrabání – jedná se o povrchové poškození čelního skla, které vzniká nejčastěji stíráním skla stěrači, přičemž za gumou stěrače může být zachycená nečistota nebo kamínek, který plochu poškrabe. K poškrabání může dojít také, když je guma stěrače steřelá a konstrukce stěrače se při stírání dotýká čelního skla nebo cizím zásahem.

Toto poškození zhoršuje výhled a musí být neprodleně opraveno. V malém rozsahu poškození se mohou škrábance rozleštit leštící pastou. Pokud jsou škrábance četnější, musí být čelní sklo vyměněno.



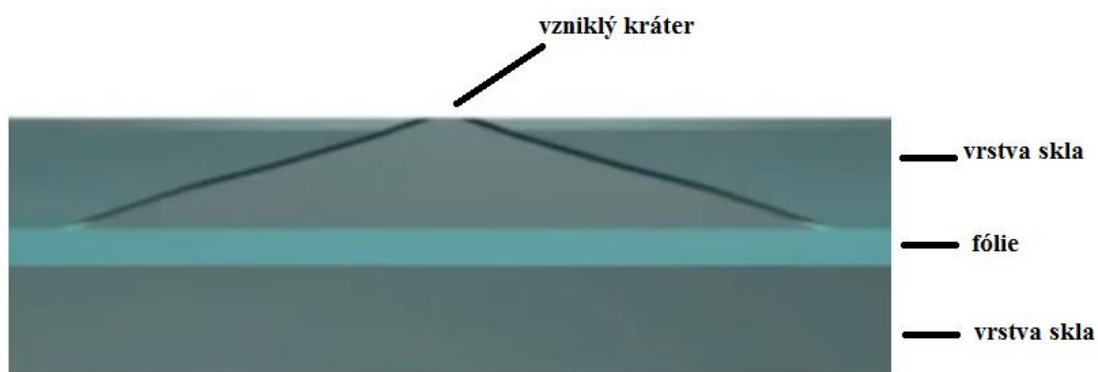
Obr. 32- Poškrabané čelní sklo (23)



Obr. 33- Poškození čelního skla vadným stěračem (24)

bodové poškození- toto poškození vzniká od drobných úderů cizích předmětů do čelního skla. Nejčastější příčinou je letící těleso vymrštěné vozidlem jedoucím před námi.

Drobné krátery se vyskytují pouze na vrstveném skle. Z pravidla poškodí pouze první vrstvu skla, kde fólie zůstane nepoškozena.



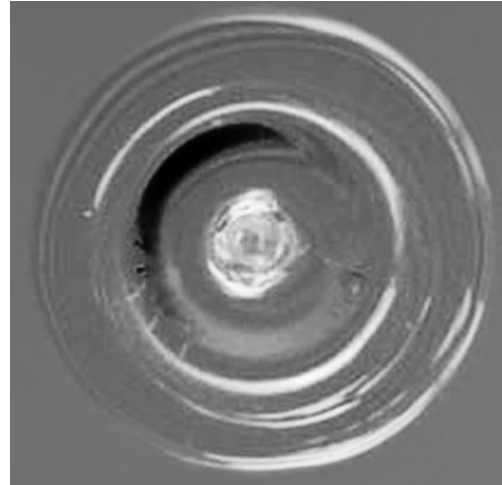
Obr. 34- Řez autoskle, vznik kráteru (15)

Podle tvaru poškození, můžeme pojmenovat krátery jako:

kravské oko: oddělené kuželovité poškození ve vnější vrstvě skla, které se mírně podobá na kravské oko

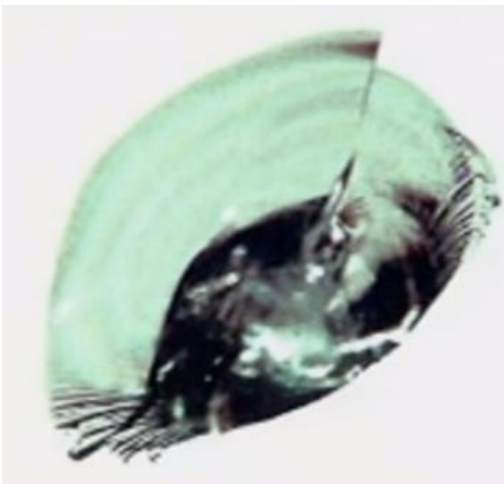


Obr. 36- Tvar poškození- kravské oko (24)



Obr. 35- Tvar poškození- kravské oko (26)

půlměsíc: Poškození, které je ve vnější vrstvě skla. Vytváří oddělený kužel, a jehož výsledkem je tmavý kruh s bodem nárazu.

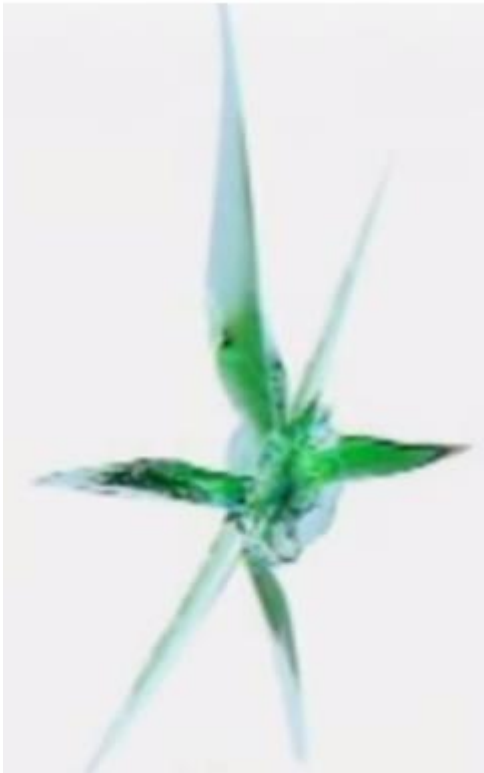


Obr. 37- Tvar poškození- půlměsíc (24)



Obr. 38- Tvar poškození- půlměsíc (27)

hvězdicové poškození: Poškození s jasným bodem rázu, ze kterého vybíhají lomové paprsky do všech stran.

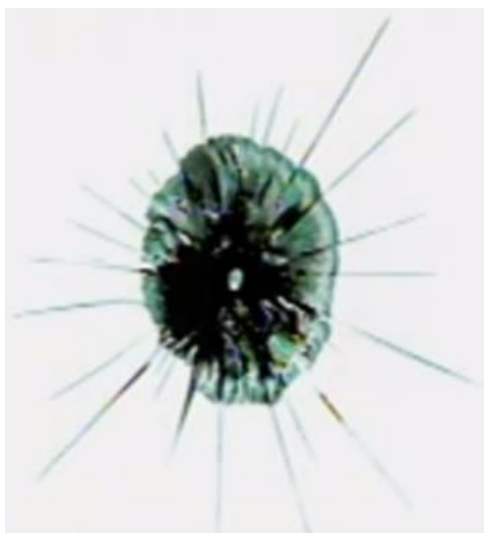


Obr. 39- Tvar poškození- hvězdicové (25)



Obr. 40- Tvar poškození- hvězdicové (28)

tříštvé poškození: toto poškození je velice podobné hvězdicovému poškození s tím rozdílem, že z místa nárazu vybíhá více paprsků



Obr. 42- Tvar poškození- tříštvé (25)

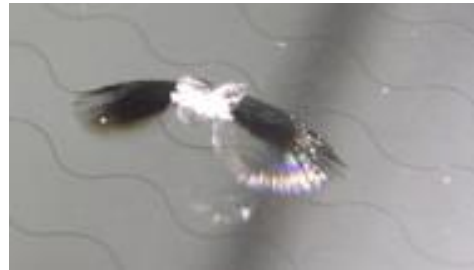


Obr. 41- Tvar poškození- tříštvé (27)

včelí křídla: je kombinované poškození, jehož paprsky vyběhají z místa nárazu vlevo a vpravo



Obr. 43- Tvar poškození- včelí křídla (25)



Obr. 44- Tvar poškození- včelí křídla (29)

prasklina: lom, připomínající linku uvnitř skla, jejíž hloubka se rozkládá po povrchu vnější vrstvy skla až po vrstvu fólie. Může se zakřivovat nebo mít ostré ohyby.

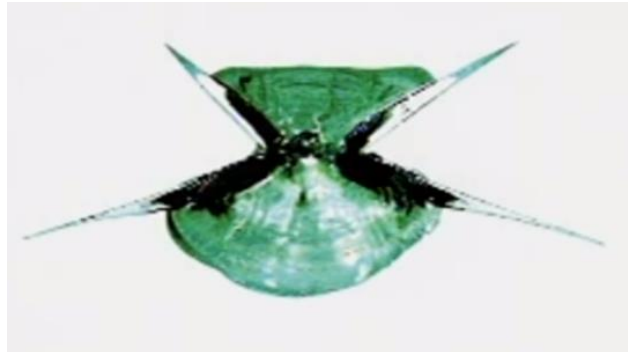
Tyto praskliny mohou vzniknout

- úderem cizího předmětu na sklo
- důsledkem vnitřního pnutí
- důsledkem prudkých teplotních změn



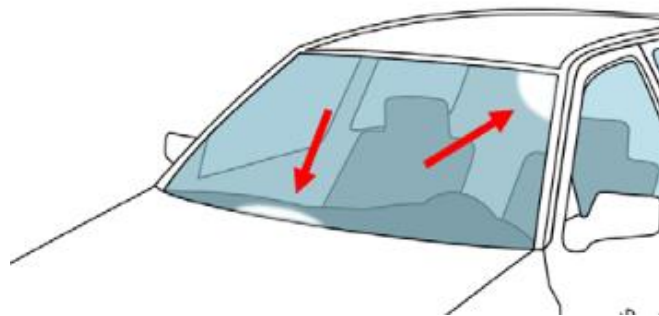
Obr. 45- Tvar poškození- prasklina (25)

Kombinované poškození: toto poškození kombinuje dva a více druhů poškození na čelním skle



Obr. 46- Tvar poškození- kombinované (25)

stárnutí fólie skla: U vrstveného (lepeného) skla se vyskytuje neprůhledné mléčné zakalení nebo vznik bublin v mezivrstvě nebo její zbarvení. To způsobuje uvolněná mezivrstva plastického materiálu, ke které se dostala vzdušná vlhkost. Závada se vyskytuje zpravidla pouze po obvodu zasklení. (24)



Obr. 47- Poškození vlivem stárnutí fólie ve skle (24)

9 Technologie opravy čelního skla

Poškození čelního skla nemusí nutně znamenat výměnu celého skla. Lze předejít kompletní výměně čelního skla.

Princip opravy spočívá ve vysátí vzduchu z kráteru poškození a vtažení speciální látky, která má vlastnosti lomu světla jako sklo. Tato technologie zároveň zabraňuje rozšiřování praskliny na vnější vrstvě skla a navrátí sklu požadovanou odolnost a pevnost.

Aby bylo možné sklo scelit, prasklina se nesmí nacházet v zorném poli řidiče, nesmí mít větší průměr než 10 cm. Nesmí ani jedním koncem zasahovat do okraje autoskla. Vstupní otvor (místo dopadu kamene – kráter) by neměl být větší než cca 4 cm. Na stáří praskliny nezáleží, ale platí, že čím dříve bude oprava provedena, tím lépe.



Obr. 48- Zorné pole řidiče, oblast nemožné opravy autoskla (30)

Tyto opravy mají výhody především z hlediska:

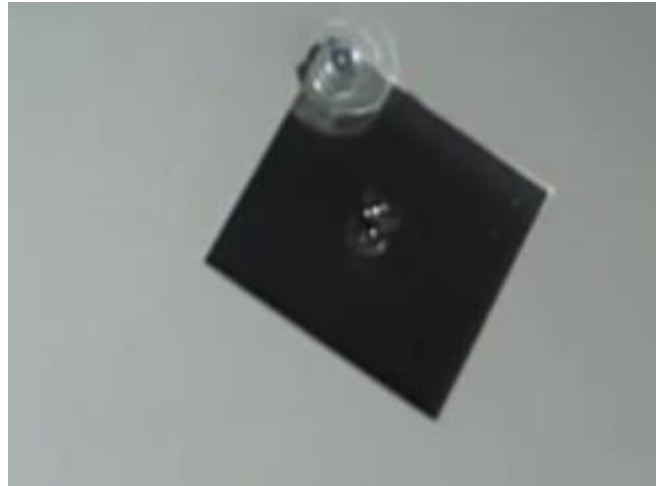
Finančního- pokud majitel vozidla nemá připojištěné čelní sklo, oprava metodou scelení je výrazně levnější než výměna za nové sklo.

Časového- oprava čelního skla metodou scelování trvá v řádu několika desítek minut, kdežto výměna čelního skla je podstatně časově náročnější

Technického- při opravě skla se neprovádí demontáž a proto nehrozí riziko špatné montáže na karoserii a problémům spojených s výměnou.

9.1 Technologický postup opravy čelního skla

Na vnitřní stranu čelního skla, v oblasti poškození, se nalepí pomocí přísavky zrcátko.



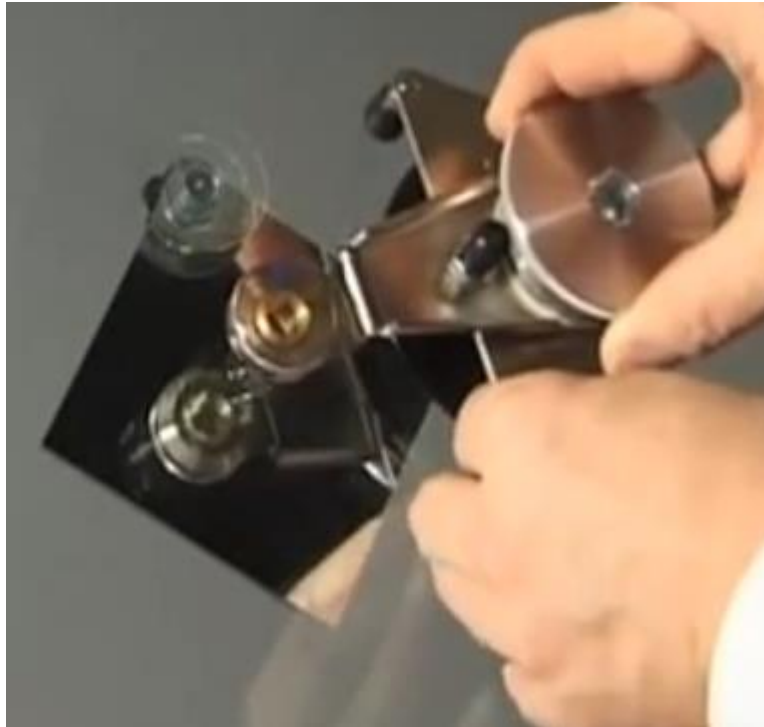
Obr. 49- Výstřižek 1- nalepení pomocného zrcátka na sklo (31)

Poté se musí vyčistit kráter po dopadu kamene zbavit nečistot a úlomků skla pomocí žiletky nebo kalené jehlice.



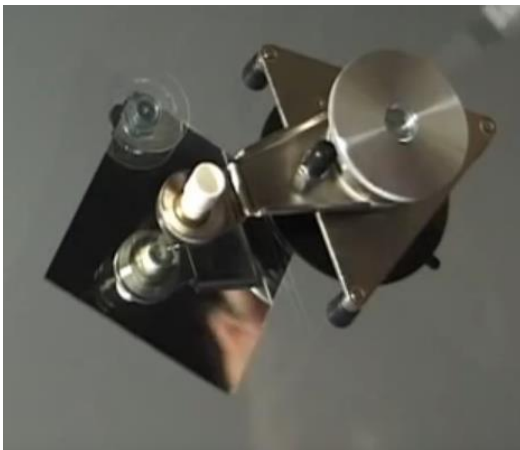
Obr. 50- Výstřižek 2- vyčištění kráteru po dopadu kamene (31)

Následuje připevnění držáku. Ten se upevní v blízkosti poškozeného místa tak, aby otvor pro válec byl nad kráterem.

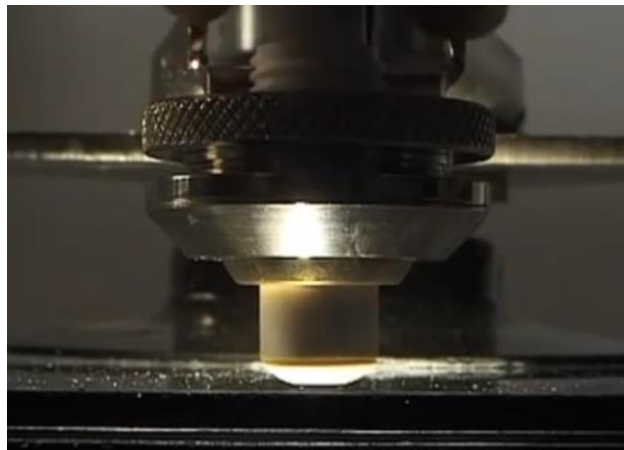


Obr. 51- Výstřížek 3- připevnění držáku (31)

Válec se vsune do otvoru držáku a zašroubuje se do pozice těsného kontaktu jeho těsnění s poškozeným místem.

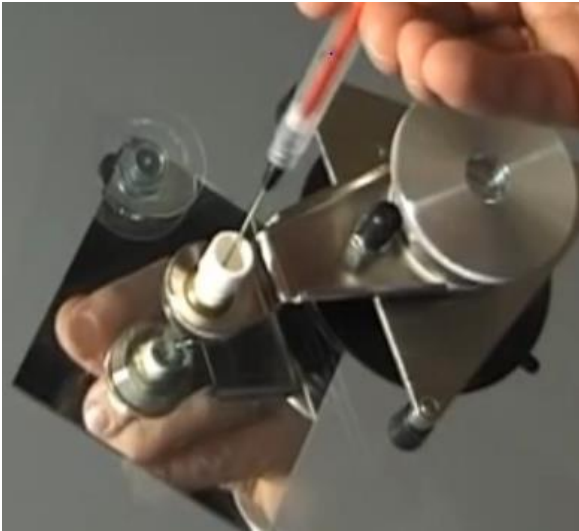


Obr. 52- Výstřížek 4- vsunutí válce do držáku (31)

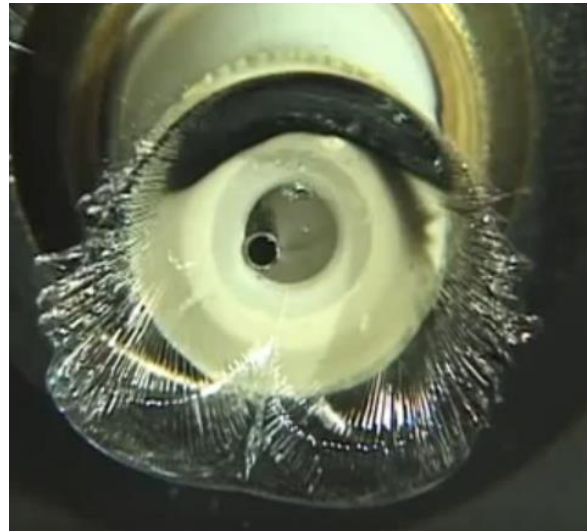


Obr. 53- Výstřížek 5- poloha válce těsně nad poškozené místo (31)

Na dno válce se naplní plnicí pryskyřicí



Obr. 55- Výstřížek 6- plnění válce pryskyřicí (31)

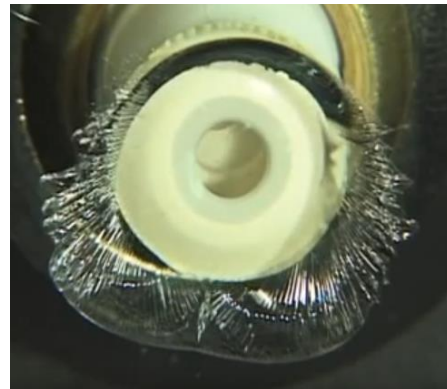


Obr. 54- Výstřížek 7 - detail naplněného válce pryskyřicí (31)

Následuje zašroubování pístu do válce, tímto procesem se vtlačí pryskyřice do kráteru



Obr. 56- Výstřížek 8- našroubování pístu do válce (31)



Obr. 57- Výstřížek 9- vtláčení pryskyřice do kráteru (31)

Vyšroubováním pístu z válce a následným použitím vakuové pumpy dojde k vypumpování přebytečného vzduchu z poškozeného místa.



Obr. 58- Výstřížek 10- vysátí přebytečného vzduchu (31)



Obr. 59- Výstřížek 11- vysátý vzduch z kráteru (31)

Po odstranění veškerého vzduchu a dokonalém vyplnění pryskyřice se odstraní zařízení z poškozeného místa. Vyplněný kráter se prosvítí silným světlem. Takto se zkontroluje, zdali je vzduch vytlačen a v kráteru nejsou žádné vzduchové bubliny.



Obr. 60- Výstřižek 12- kontrola vytlačeného vzduchu (31)

Po demontáži držáku se vytvrdí pryskyřice pomocí ultrafialového světla.



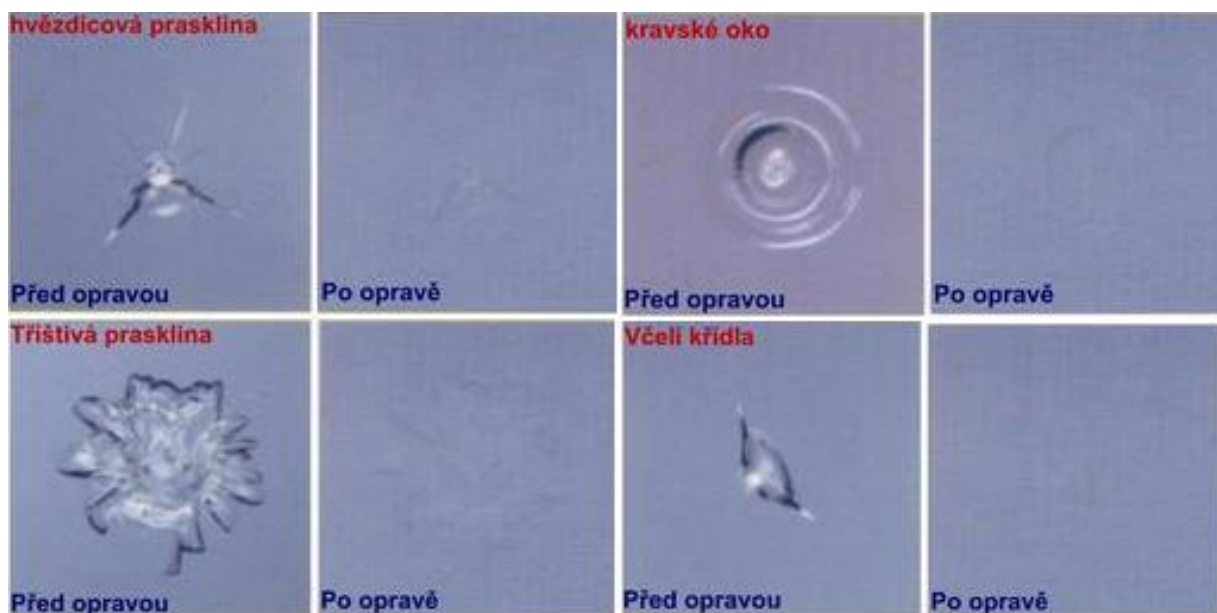
Obr. 61- Výstřižek 13- vytvrzení UV lampou

Na závěr se poškozené místo upraví pomocí dokončovací pryskyřice. Tato látka se nanese na povrch opraveného kráteru a přelepí dokončovací folii. Po nalepení se nechá pryskyřice opět vytvrdnou pomocí ultrafialového světla



Obr. 62- Výstřížek 14- úprava poškozeného místa dokončovací pryskyřicí (31)

Po odstranění ultrafialové lampy se z poškozeného místa vyškrape přebytečná pryskyřice pomocí žiletky a místo se vyleští leštící pastou a rotačním leštícím kartáčem.



Obr. 63- Příklady oprav poškozených skle (32)

10 Praktická část (experiment)

Praktická část se zaměřuje na zjištění energie kamene, která je potřebná k poškození čelního skla automobilu.

10.1 Stanovené cíle řešeného měření (úkolů)

Cílem je, zjistit energii, kterou potřebuje kámen pro poškození čelního skla a zaznamenat poškození skla v závislosti na zvyšující se energii a měnícím se sklonu čelního skla.

10.2 Metoda měření

Pro změření potřebné energie kamene byla zvolena metoda volného pádu kamene z odstupňované výšky. Tato energie se vypočte ze vztahu popisující výpočet kinetické energie.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2,$$

Rovnice 1- Výpočet kinetické energie letícího kamene (15)

Pro výpočet kinetické energie je potřebné zjistit hmotnost a rychlost kamene. Proto byly kameny zváženy na kalibrované váze a rychlost dopočítána z naměřených výšek při experimentu a to pomocí vztahu:

$$v = \sqrt{2gh}$$

Rovnice 2- Výpočet rychlosti padajícího kamene (15)

10.3 Postup měření

10.3.1 Stroje a pomůcky

Pro změření energie potřebné k poškození čelního skla byly použity tyto měřicí pomůcky, stroje a konstrukce.

- Vozidlo AVIA MP-16 s montážní plošinou PM0160 A31.1N



Obr. 64- Vozidlo Avia MP-16 s plošinou PM0160 A31.1N (33)

Kalibrovaná váha VIBRA SJ



Obr. 66- Kalibrovaná váha Vibra SJ (34)

Pásmo METEOR- 38303-100m



Obr. 65- Pásmo Meteor-38303-100m (35)

- Konstrukce pro uložení čelního skla



Obr. 67- Konstrukce pro uložení skla (15)

-AKU šroubovák, šrouby do dřeva, tesařské spojovací úhelníky, metr, psací potřeby, notebook, fotoaparát.

10.3.2 Měření

Kameny byly volným pádem pouštny z výšek 0,5m, 1m, 2m, 5m, 7m, 10m, 12m, 14m a 16m.

Dále byl zkoumán vliv deformace skla na vůči úhlu uložení čelního skla do konstrukce.

Zkoumané úhly skla v konstrukci byly- 30°, 45°, 60° a 90°

10.3.2.1 Zkoušené vzorky-kamenivo

Vzorky kamenů byly pořízeny z výzkumného centra VUT ADMAS. Kameny byly rozděleny podle jednotlivých frakcí na:

4/8, 8/11, 8/16, 11/23 – udávané hodnoty jsou v milimetrech

Bylo použito celkem 133 vzorků kameniva. Kameny byly identifikovány (změřeny a zvaženy).



Obr. 68- Vzorek kameniva (15)

Značení vzorku: 30 – úhel testovaného skla
8/16- frakce kameniva
2- výška spuštěného kamene na sklo

10.3.2.2 Zkoušené vzorky- autoskla

Čelní skla poskytla pro měření firma AUTOSKLOBRNO Brno-Komárov.

Skla byly minimálně poškozené. Toto poškození bylo identifikováno a zohledněno při měření.

Byla použita autoskla z automobilů:

-Škoda Octavia II, rok výroby 2010 a rok 2009



Obr. 69- Autosklo Škoda Octavia r.v. 2009, 2010 (36)

- Škoda Fabia II, rok výroby 2012



Obr. 70- Autosklo Škoda Fabia r.v. 2012 (37)

-Porsche Cayenne, rok výroby 2017



Obr. 71- Autosklo Porsche Cayenne r.v. 2017

Pro každý úhel sklonu bylo použito jedno sklo.

10.3.3 Provádění měření

Samotné měření bylo uskutečněno v obci Prštice č.p. 132, v areálu bývalého JZD.

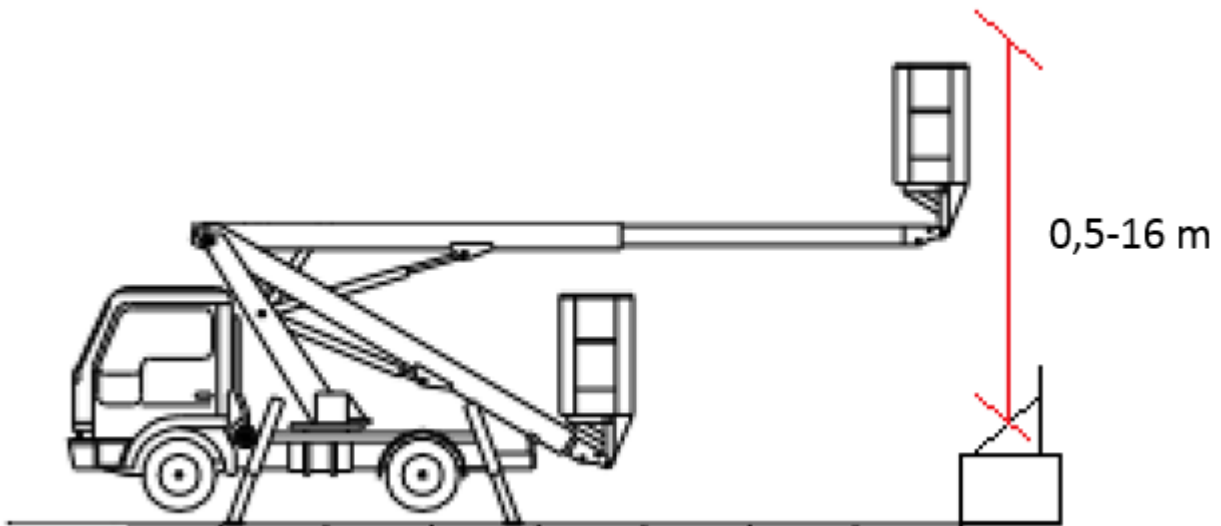
Panovalo bezvětří a jasné slunečné počasí.

Měření se zúčastnili 3 měřiči (měřič na plošině, měřič pro zajištění fotodokumentace a identifikace dopadu kamene na sklo, zapisovatel)

Měření bylo prováděno z celkem devíti různých výšek (0,5,1,2,5,7,10,12,14,16 metrů).

Skla byla uložena do konstrukce dle požadovaného úhlu - 30°,45°,60° a 90°

Nejprve byla energie zjišťována na skle uloženém v úhlu 30°. Měřič na plošině vystoupal přibližně do výšky 0,5 metry a postupně spouštěl kameny. Z každé výšky spustil sadu připravených kamenů frakce 4/8 – 11/23. Tímto způsobem se postupovalo až do výšky 16 metrů. Po každém spuštěném kamenu byla přeměřena výška od spuštěného kamene po dopad na autosklo



Obr. 72- náčrt vysokozdvíhací plošina (15)



Obr. 73- provádění měření (15)

10.3.3.1 Identifikace poškození:

Kompletní identifikace je řešena v elektronické příloze. V jednotlivých kapitolách níže specifikovaných se nachází pouze výběr identifikace, který slouží pro názornou představu závislosti velikosti energie na poškození skla a na úhlu uložení skla.

10.3.3.1.1 Úhel autoskla 30°

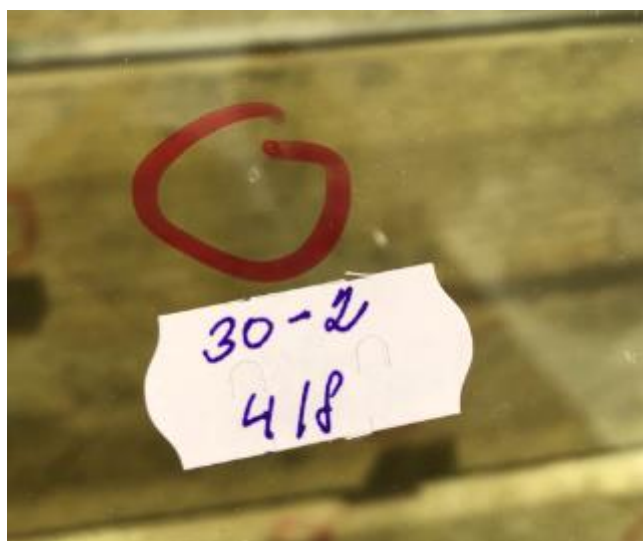
úhel 30 stupňů					
označení	výška (m)	váha (g)	rychlost kamene(m/s) $v = \sqrt{2gh}$	energie kamene při dopadu na sklo (J) $E_k = \frac{1}{2}mv^2$	Poškození ANO/NE
30-4/8-0,5m	0,62	0,591	3,488	0,004	NE
30-4/8-1m	1,04	0,679	4,517	0,007	NE
30-4/8-2m	2	0,904	6,264	0,018	NE
30-4/8-5m	4,98	0,794	9,885	0,039	NE
30-4/8-7m	7,05	0,692	11,761	0,048	ANO
30-4/8-10m	10,05	1,266	14,042	0,125	NE
30-8/11-0,5m	0,53	1,98	3,225	0,010	NE
30-8/11-1m	1,12	1,98	4,688	0,022	NE
30-8/11-2m	2,02	1,465	6,295	0,029	NE
30-8/11-5m	5,25	1,897	10,149	0,098	ANO
30-8/11-7m	6,88	2,972	11,618	0,201	ANO
30-8/11-10m	10,12	2,7	14,091	0,268	ANO
30-8/11-12m	11,88	2,361	15,267	0,275	ANO
30-8/11-14m	14,4	2,475	16,809	0,350	ANO
30-8/11-16m	16,12	2,701	17,784	0,427	ANO
30-8/16-0,5m	0,45	3,918	2,971	0,017	NE
30-8/16-1m	1,2	3,918	4,852	0,046	NE
30-8/16-2m	2,05	2,744	6,342	0,055	ANO
30-8/16-5m	4,89	3,57	9,795	0,171	ANO
30-8/16-7m	6,88	4,643	11,618	0,313	ANO
30-8/16-10m	10,23	3,266	14,167	0,328	ANO
30-8/16-12m	11,99	3,714	15,338	0,437	ANO
30-8/16-14m	14,63	3,276	16,942	0,470	ANO
30-8/16-16m	16,07	3,931	17,757	0,620	ANO
30-11/23-0,5m	0,58	7,686	3,373	0,044	NE
3011/23-1m	0,98	7,686	4,385	0,074	ANO
30-11/23-2m	2,04	5,732	6,327	0,115	ANO
30-11/23-5m	5,15	5,982	10,052	0,302	ANO
30-11/23-7m	6,98	6,671	11,702	0,457	ANO
30-11/23-10m	9,67	5,674	13,774	0,538	ANO
30-11/23-12m	12,24	5,041	15,497	0,605	ANO
30-11/23-14m	14,33	6,28	16,768	0,883	ANO
30-11/23-16m	16,14	4,719	17,795	0,747	ANO

Tab. č. 5- Přehled vzorků kamenů -úhel 30° (15)

Úhel autoskla 30°, výška 2 metry, frakce 4/8 – Kámen sklo nepoškodil. Po dopadu kámen zanechal pouze prachovou nečistotu.



Obr. 74- vzorek, kámen 30-4/8-2 (15)



Obr. 75- místo střetu po dopadu kamene (15)



Obr. 76- místo dopadu kamene po vyleštění (15)

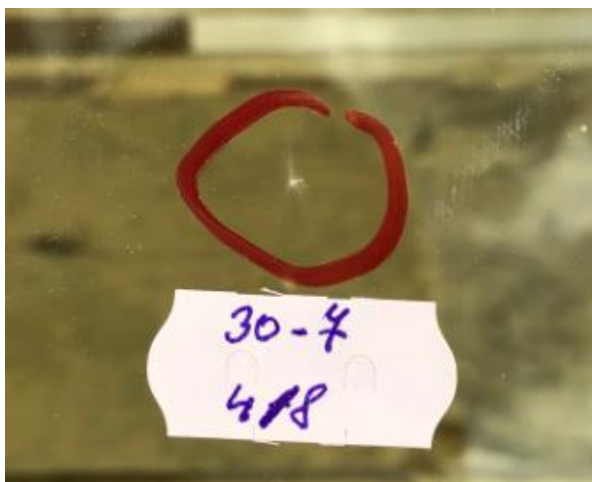
Úhel 30 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
30-4/8-2	2	0,904	6,264	0,018	NE

Tab. č. 6- přehled, kámen 30-4/8-2 (15)

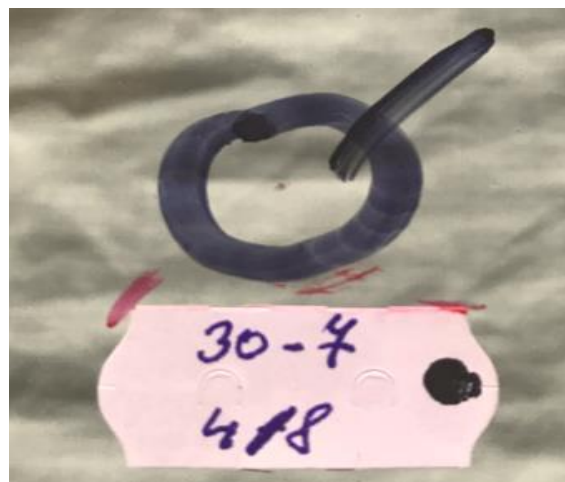
Úhel autoskla 30°, výška 7 metrů, frakce 4/8-Kámen sklo poškodil. Zanechal zřetelnou stopu. Po vyleštění místa dopadu byla odstraněna nečistota a identifikované poškození.



Obr. 77- vzorek, kámen 30-4/8-7 (15)



Obr. 78- místo střetu po dopadu kamene (15)

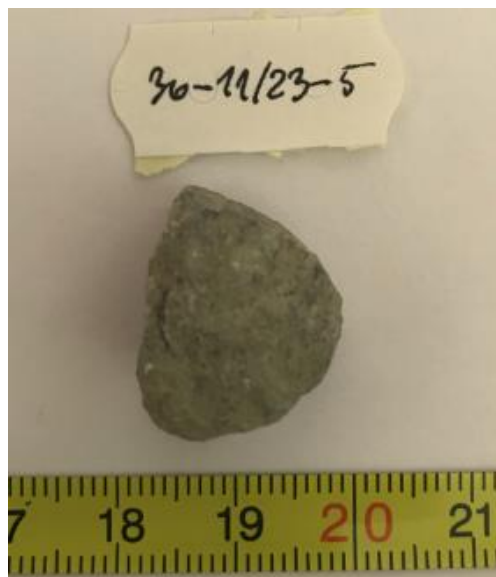


Obr. 79- místo dopadu kamene po vyleštění (15)

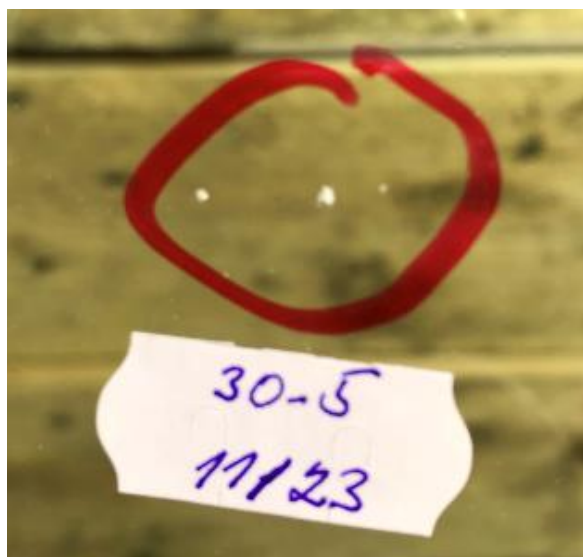
Úhel 30 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
30-4/8-7	7,05	0,692	11,761	0,048	ANO

Tab. č. 7- přehled, kámen 30-4/8-7 (15)

Úhel autoskla 30°, výška 5 metrů, frakce 11/23-Kámen sklo poškodil. Zanechal více zřetelných stop. Tento typ poškození se vyskytoval velice často u kamenů frakce 8/16 a 11/23.



Obr. 80- vzorek, kámen 30-11/23-5 (15)



Obr. 81- místo střetu po dopadu kamene 30-11/23-5



Obr. 82- místo dopadu po vyleštění kamene 30-11/23-5 (15)

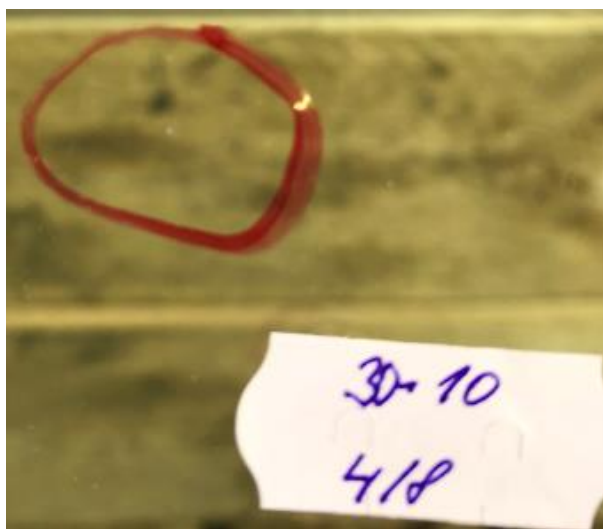
Úhel 30 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
30-11/23-5	5,15	5,982	10,052	0,302	ANO

Tab. č. 8 -přehled, kámen 30-11/23-5 (15)

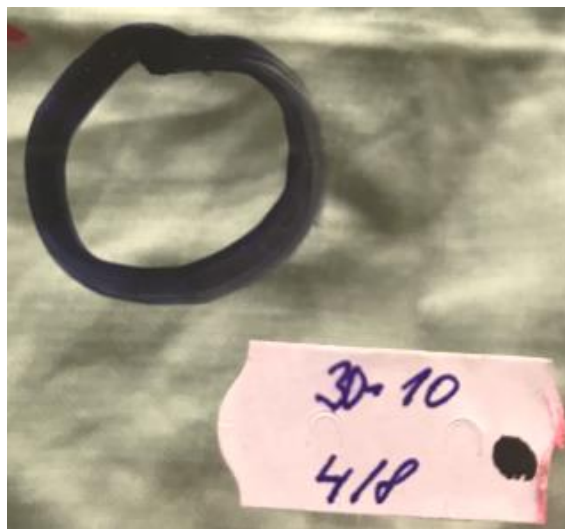
Úhel autoskla 30°, výška 10 metrů, frakce 4/8- Kámen sklo nepoškodil. Zanechal pouze malou stopu, která po vyleštění místa dopadu zmizela.



Obr. 83- vzorek, kámen 30-4/8-10 (15)



Obr. 84- místo střetu po dopadu kamene 30-4/8-10 (15)

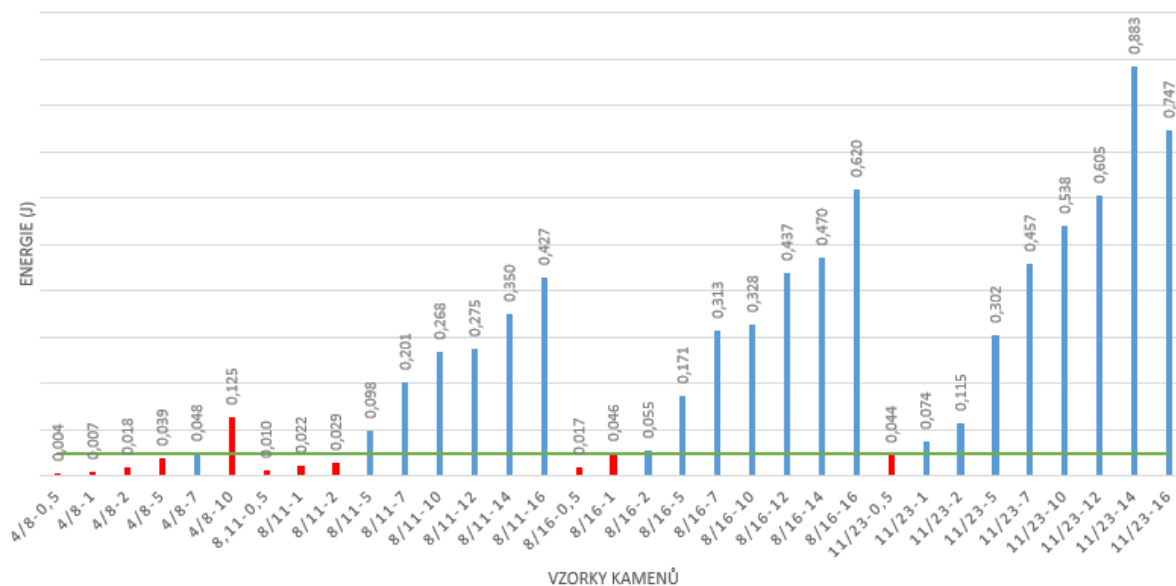


Obr. 85- místo dopadu po vyleštění kamene 30-4/8- 10 (15)

Úhel 30 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
30-4/8-10	10,05	1,266	14,042	0,125	NE

Tab. č. 9- přehled, kámen 30-4/8-10 (15)

POŠKOZENÍ ČELNÍHO SKLA V ZÁVISLOSTI NA ENERGII LETÍČÍHO KAMENE



Graf č. 1- poškození v závislosti vzrůstající energie pro úhel 30° (15)

- Energie dostačující k poškození skla
- Energie nedostačující k poškození skla
- Hranice poškozeného/nepoškozeného skla

Z grafu je zřetelné, že pro poškození čelního skla, které je uloženo v konstrukci pod úhlem 30°, postačí energie větší jak 0,046 J.

Zároveň nelze vyloučit náhodné jevy. Například u vzorku 30-4/8-10, který dosáhl energie 0,125 J, sklo nerozbil.

Tudíž vyplývá, že na poškození skla má značný vliv velikost energie ale také způsob dopadu kamene na sklo.

10.3.3.1.2 Úhel autoskla 45°

úhel 45 stupňů					
označení	výška (m)	váha (g)	rychlost kamene(m/s) $v = \sqrt{2gh}$	energie kamene při dopadu na sklo (J) $E_k = \frac{1}{2}mv^2$	Poškození ANO/NE
45-4/8-0,5m	0,58	0,679	3,373366271	0,004	NE
45-4/8-1m	1,02	0,679	4,473522102	0,007	ANO
45-4/8-2m	2,1	0,722	6,418878407	0,015	ANO
45-4/8-5m	5,34	0,703	10,23576084	0,037	NE
45-4/8-7m	6,93	0,59	11,66047169	0,040	ANO
45-4/8-10m	10,02	1,109	14,02114118	0,109	ANO
45-4/8-12m	12,11	0,91	15,41422071	0,108	ANO
45-8/11-0,5m	0,51	1,98	3,163257814	0,010	NE
45-8/11-1m	0,99	1,98	4,407244037	0,019	NE
45-8/11-2m	2,09	2,892	6,403577125	0,059	NE
45-8/11-5m	5,4	2,02	10,29310449	0,107	ANO
45-8/11-7m	6,81	2,988	11,55907436	0,200	ANO
45-8/11-10m	10,35	2,521	14,25015789	0,256	ANO
45-8/11-12m	12,28	2,625	15,52203595	0,316	NE
45-8/11-14m	14,02	2,022	16,58530675	0,278	ANO
45-8/11-16m	16	2,471	17,71778767	0,388	NE
45-8/16-0,5m	0,57	3,918	3,344159087	0,022	NE
45-8/16-1m	1,23	3,918	4,912494275	0,047	NE
45-8/16-2m	2,22	4,747	6,599727267	0,103	ANO
45-8/16-5m	5,15	3,71	10,05201472	0,187	ANO
45-8/16-7m	7	3,526	11,71921499	0,242	ANO
45-8/16-10m	10,12	3,268	14,09093326	0,324	ANO
45-8/16-12m	11,94	3,921	15,30564602	0,459	ANO
45-8/16-14m	14,08	3,115	16,62075811	0,430	ANO
45-8/16-16m	16,12	3,325	17,78410526	0,526	ANO
45-11/23-0,5	0,6	7,686	3,431034829	0,045	ANO
45-11/23-1	1,04	7,686	4,517167254	0,078	NE
45-11/23-2m	2	6,592	6,264183905	0,129	ANO
45-11/23-5m	5,14	4,39	10,04225074	0,221	ANO
45-11/23-7m	7,06	5,202	11,76933303	0,360	ANO
45-11/23-10m	9,9	4,421	13,93692936	0,429	ANO
45-11/23-12m	12,2	7,304	15,47139296	0,874	ANO
45-11/23-14m	13,83	4,53	16,47254079	0,615	ANO
45-11/23-16m	15,98	6,633	17,70671059	1,040	ANO

Tab. č. 10 -Přehled vzorků kamenů -úhel 45° (15)

Úhel autoskla 45°, výška 5 metrů, frakce 4/8– Kámen sklo nepoškodil. Po dopadu kámen zanechal pouze prachovou nečistotu.



Obr. 86- vzorek, kámen 45-4/8-5 (15)



Obr. 87- místo středu po dopadu kamene 45-4/8-5 (15)



Obr. 88- místo dopadu po vyleštění kamene 45-4/8-5 (15)

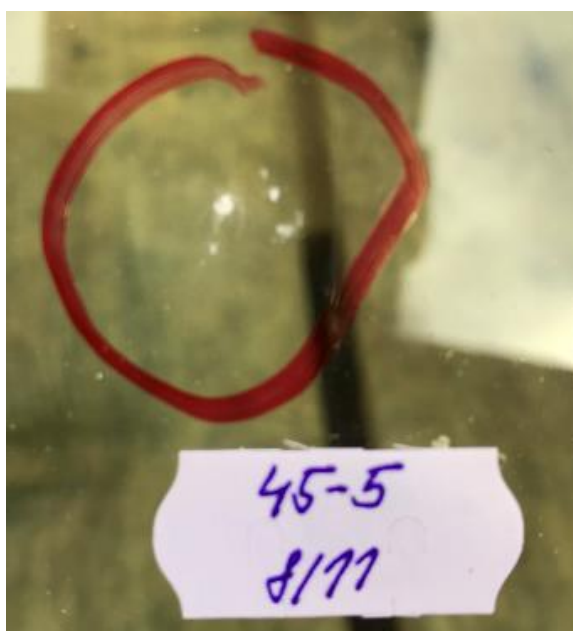
Úhel 45 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
45-4/8-5	5,34	0,703	10,23	0,037	NE

Tab. č. 11- přehled, kámen 45-4/8-5 (15)

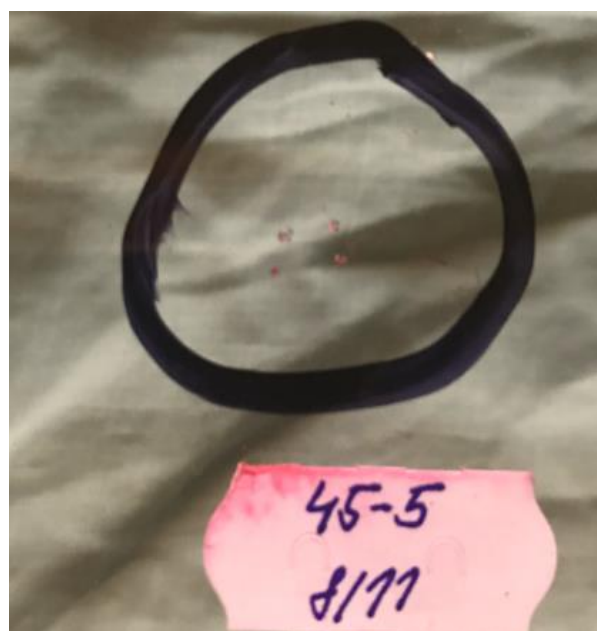
Úhel autoskla 45°, výška 5 metrů, frakce 8/11 – Kámen sklo poškodil. Po dopadu kámen zanechal více stop.



Obr. 89- vzorek, kámen 45-8/11-5 (15)



Obr. 91- místo střetu po dopadu kamene 45-8/11-5 (15)

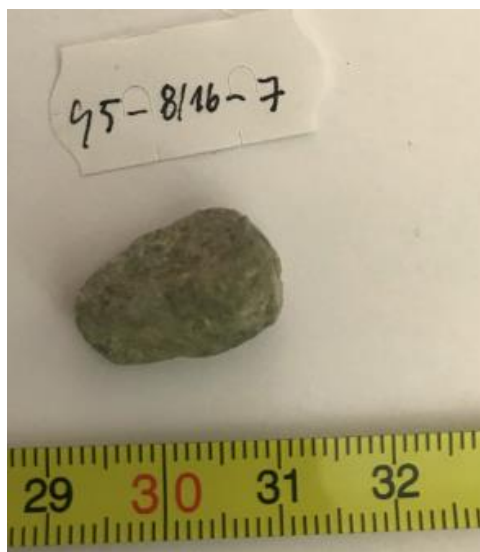


Obr. 90- místo dopadu po vyleštění kamene 45-8/11-5 (15)

Úhel 45 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
45-8/11-5	5,4	2,02	10,29	0,107	ANO

Tab. č. 12- přehled, kámen 45-8/11-5 (15)

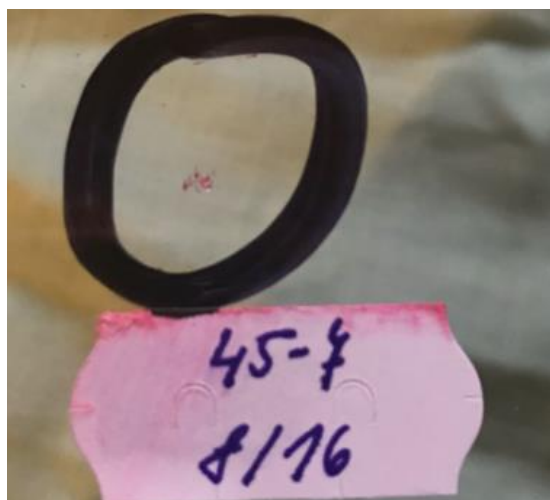
Úhel autoskla 45°, výška 7 metrů, frakce 8/16 – Kámen sklo poškodil. Po dopadu kámen zanechal jednu výraznou stopu.



Obr. 92- vzorek, kámen 45-8/16-7 (15)



Obr. 93- místo střetu po dopadu kamene 45-8/16-7 (15)

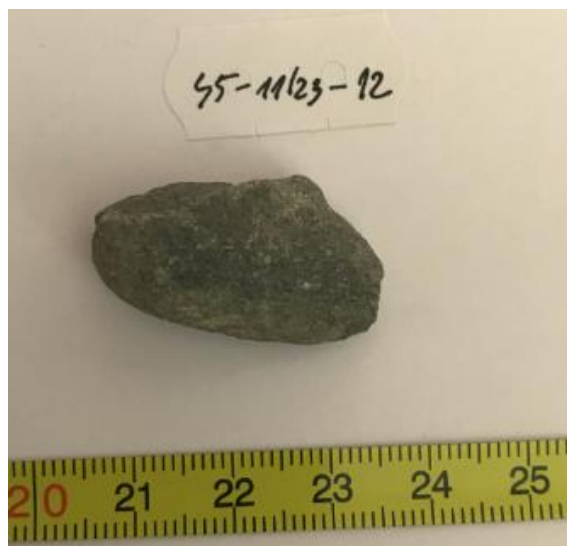


Obr. 94- místo dopadu po vyleštění kamene 45-8/16-7 (15)

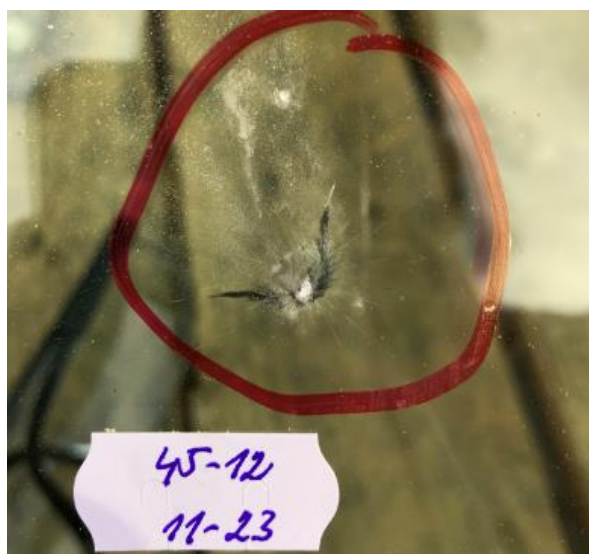
Úhel 45 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
45-8/16-7	5,4	2,02	10,29	0,107	ANO

Tab. č. 13- přehled, kámen 45-8/16-7 (15)

Úhel autoskla 45°, výška 7 metrů, frakce 8/16 – Kámen sklo poškodil. Po dopadu kámen zanechal jednu výraznou stopu. Tuto stopu lze identifikovat jako tzv. včelí křídla



Obr. 95- vzorek, kámen 45-11/23-12 (15)



Obr. 96- místo střetu po dopadu kamene 45-11/23-12 (15)

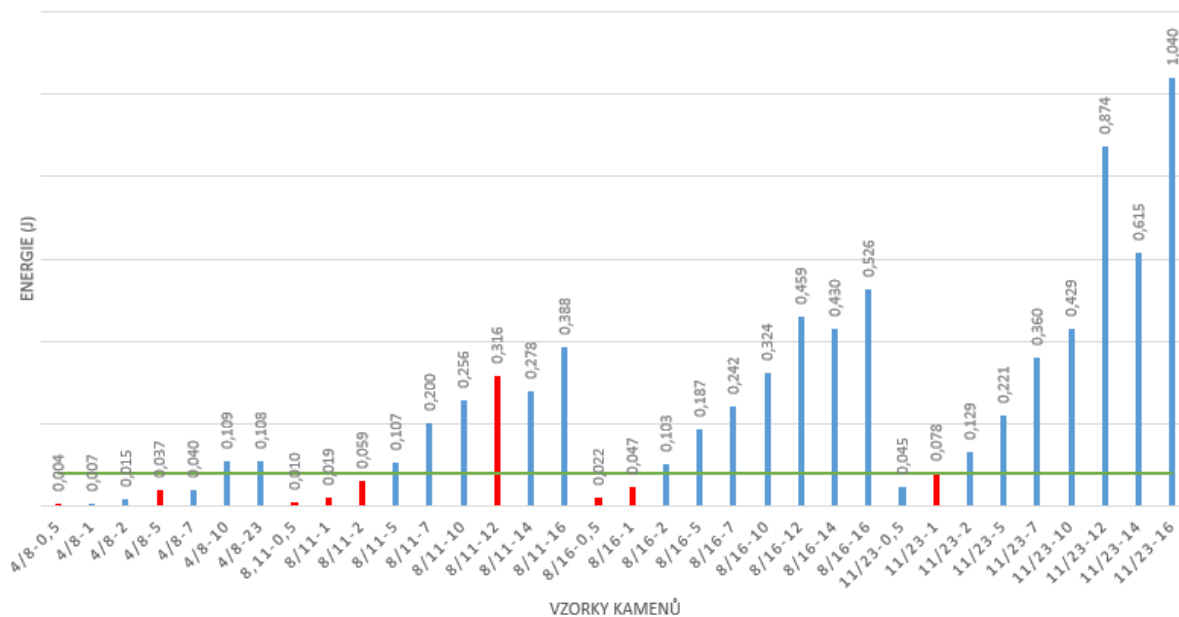


Obr. 97- místo dopadu po vyleštění kamene 45-11/23-12 (15)

Úhel 45 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
45-11/23-12	12,2	7,304	15,47	0,874	ANO

Tab. č. 14- přehled, kámen 45-11/23-12 (15)

POŠKOZENÍ ČELNÍHO SKLA V ZÁVISLOSTI NA ENERGII LETÍČÍHO KAMENE



Graf č. 2- poškození v závislosti vzrůstající energie pro úhel 45° (15)

- Energie dostačující k poškození skla
- Energie nedostačující k poškození skla
- Hranice poškozeného/nepoškozeného skla

U čelního skla, které bylo uloženo pod úhlem 45° není tak jednoznačná hranice mezi poškozením a nepoškozením.

Z grafu je zřetelné, že hodnotu energie vyšší jak 0,078 J, které dosáhl kámen 45-11/23-1, lze brát jako pomyslnou hranici pro poškození skla. Zároveň ale některé kameny s nižší hodnotou vynaložené energie sklo poškodily. Také kámen s označením 45-8/11-12 s energií 0,316 J sklo nepoškodil a pouze zanechal prachovou nečistotu

Tudíž lze opět konstatovat, že na poškození skla má velký vliv rostoucí energie kamene, ale zároveň i způsob dopadu kamene.

10.3.3.1.3 Úhel autoskla 60°

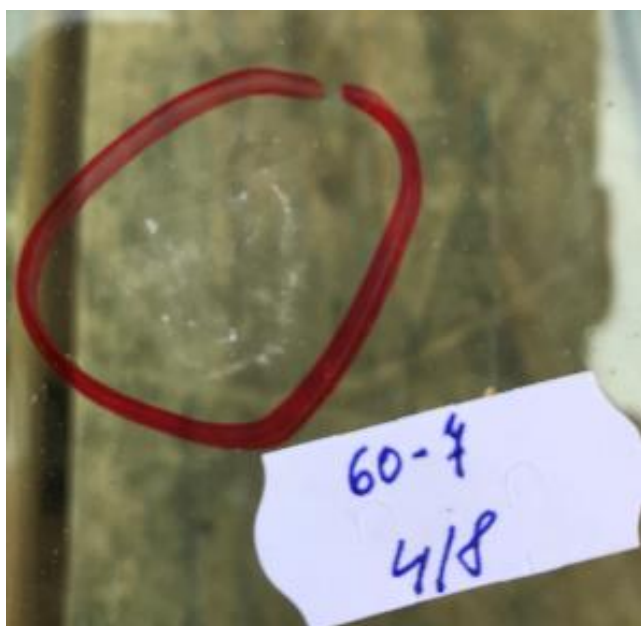
úhel 60 stupňů					
označení	výška (m)	váha (g)	rychlost kamene(m/s) $v = \sqrt{2gh}$	energie kamene při dopadu na sklo (J) $E_k = \frac{1}{2}mv^2$	Poškození ANO/NE
60-4/8-0,5m	0,52	0,679	3,194	0,003	NE
60-4/8-1m	1,01	0,679	4,452	0,007	NE
60-4/8-2m	2,09	0,925	6,404	0,019	NE
60-4/8-5m	5,11	0,745	10,013	0,037	NE
60-4/8-7m	7,39	0,97	12,041	0,070	NE
60-4/8-10m	10,16	0,765	14,119	0,076	NE
60-4/8-12m	12,15	0,669	15,440	0,080	ANO
60-8/11-0,5m	0,65	1,98	3,571	0,013	NE
60-8/11-1m	0,96	1,98	4,340	0,019	ANO
60-8/11-2m	2,02	3,171	6,295	0,063	NE
60-8/11-5m	5,15	1,99	10,052	0,101	ANO
60-8/11-7m	7,3	2,606	11,968	0,187	ANO
60-8/11-10m	10,27	1,92	14,195	0,193	ANO
60-8/11-12m	12,02	2,759	15,357	0,325	ANO
60-8/11-14m	14,14	2,545	16,656	0,353	ANO
60-8/11-16m	15,99	3,229	17,712	0,507	ANO
60-8/16-0,5m	0,61	3,918	3,460	0,023	NE
60-8/16-1m	1,1	3,918	4,646	0,042	NE
60-8/16-2m	2,32	3,917	6,747	0,089	ANO
60-8/16-5m	4,8	3,069	9,704	0,145	ANO
60-8/16-7m	6,87	4,282	11,610	0,289	ANO
60-8/16-10m	10,35	4,248	14,250	0,431	ANO
60-8/16-12m	12,13	4,099	15,427	0,488	ANO
60-8/16-14m	14,32	3,502	16,762	0,492	ANO
60-8/16-16m	15,65	2,992	17,523	0,459	ANO
60-11/23-0,5m	0,58	7,686	3,373	0,044	ANO
60-11/23-1m	1	7,686	4,429	0,075	NE
60-11/23-2m	1,98	4,921	6,233	0,096	ANO
60-11/23-5m	4,83	4,351	9,735	0,206	ANO
60-11/23-7m	7,04	5,732	11,753	0,396	ANO
60-11/23-10m	10,56	5,993	14,394	0,621	ANO
60-11/23-12m	11,73	6,009	15,170	0,691	ANO
60-11/23-14m	14,03	5,877	16,591	0,809	ANO
60-11/23-16m	16,27	6,972	17,867	1,113	ANO

Tab. č. 15 -Přehled vzorků kamenů -úhel 60° (15)

Úhel autoskla 60°, výška 7 metrů, frakce 4/8 – Kámen sklo nepoškodil. Po dopadu se rozbil a zanechal jen prachovou nečistotu.



Obr. 98- vzorek, kámen 60-4/8-7 (15)



Obr. 99- místo střetu po dopadu kamene 60-4/8-7 (15)



Obr. 100- místo dopadu po vyleštění kamene 60-4/8-7 (15)

Úhel 60 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
60-4/8-7	7,39	0,97	12,041	0,070	ANO

Tab. č. 16- přehled, kámen 60-4/8-7 (15)

Úhel autoskla 60°, výška 10 metrů, frakce 8/11 – Kámen sklo poškodil. Po dopadu kámen zanechal jednu výraznou stopu. Tuto stopu lze identifikovat jako tzv. hvězdicové poškození.



Obr. 101- vzorek, kámen 60-8/11-10 (15)



Obr. 102- místo střetu po dopadu kamene 60-8/11-10 (15)

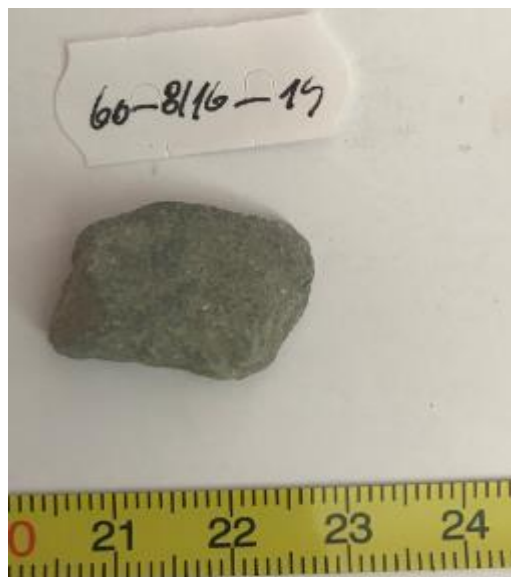


Obr. 103- místo dopadu po vyleštění kamene 60-8/11-10 (15)

Úhel 60 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
60-8/11-10	10,27	1,92	14,195	0,193	ANO

Tab. č. 17- přehled, kámen 60-8/11-10 (15)

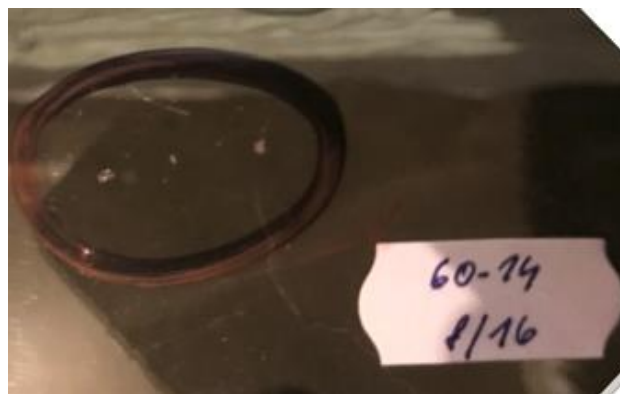
Úhel autoskla 60°, výška 14 metrů, frakce 8/16 – Kámen sklo poškodil. Po dopadu zanechal tři výrazné stopy.



Obr. 104- vzorek, kámen 60-8/16-14 (15)



Obr. 106- místo střetu po dopadu kamene 60-8/16-14 (15)

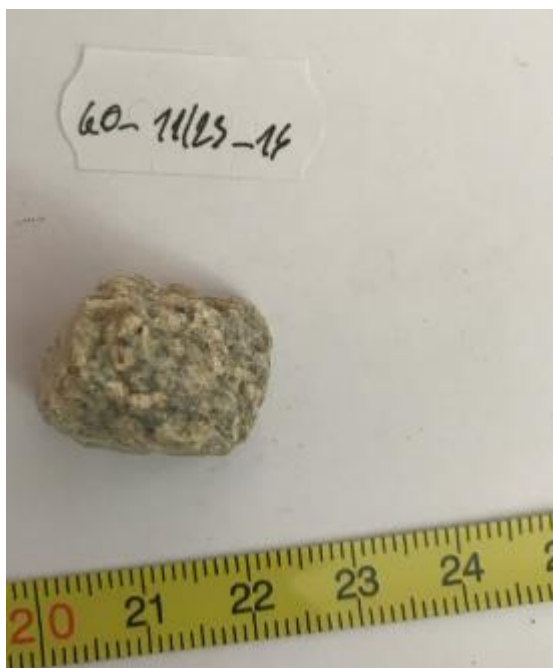


Obr. 105- místo dopadu po vyleštění kamene 60-8/16-14 (15)

Úhel 60 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
60-8/16-14	14,32	3,502	16,762	0,492	ANO

Tab. č. 18- přehled, kámen 60-8/16-14 (15)

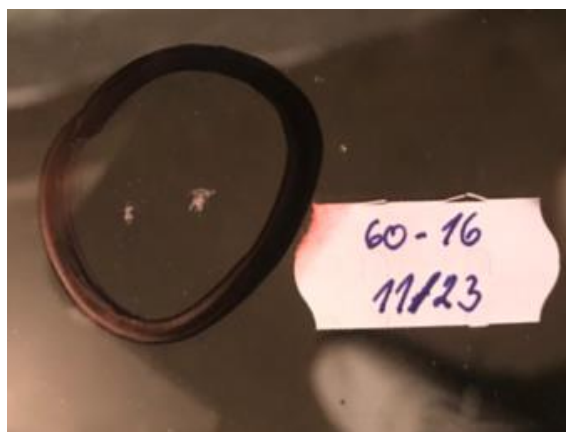
Úhel autoskla 60°, výška 14 metrů, frakce 8/16 – Kámen sklo poškodil. Po dopadu kámen zanechal tři výrazné stopy. Při tomto pokusu byla dosažena největší hodnota energie – 1,113 J



Obr. 107- vzorek, kámen 60-11/23-16 (15)



Obr. 109- místo střetu po dopadu kamene 60-11/23-16 (15)

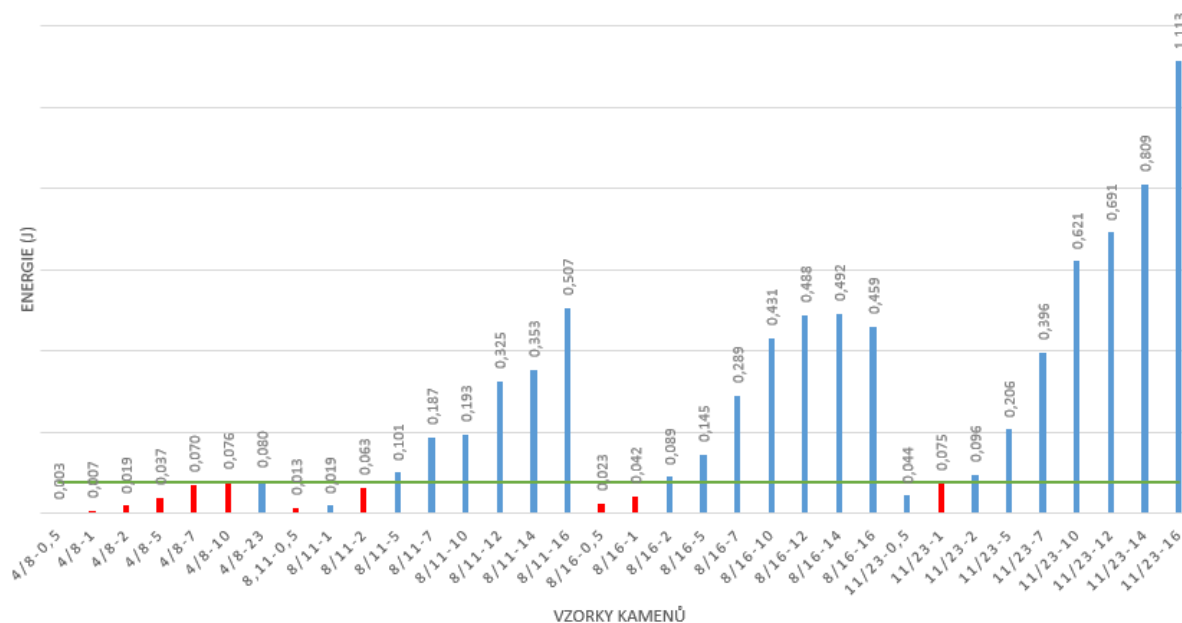


Obr. 108- místo dopadu po vyleštění kamene 60-11/23- 16 (15)

Úhel 60 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
60-11/23-16	16,27	6,972	17,867	1,113	ANO

Tab. č. 19- přehled, kámen 60-11/23-16 (15)

POŠKOZENÍ ČELNÍHO SKLA V ZÁVISLOSTI NA ENERGII LETÍČÍHO KAMENE



Graf č. 3- poškození v závislosti vzrůstající energie pro úhel 60° (15)

- Energie dostačující k poškození skla
- Energie nedostačující k poškození skla
- Hranice poškozeného/nepoškozeného skla

U čelního skla, které bylo uloženo pod úhlem 60° je zřejmá hranice mezi poškozením a nepoškozením.

Z grafu je zřetelné, že hodnotu energie vyšší jak 0,076 J, které dosáhl kámen 60-4/8-10, lze brát jako pomyslnou hranici pro poškození skla. Zároveň ale některé kameny s nižší hodnotou vynaložené energie sklo poškodily. Konkrétně kámen s označením 60-8/11-1 a kámen 60-11/23-0,5.

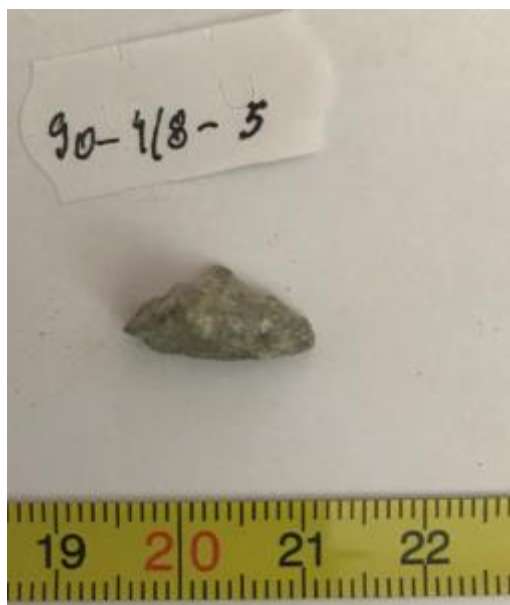
Tudíž lze opět konstatovat, že na poškození skla má velký vliv rostoucí energie kamene, ale zároveň i způsob dopadu kamene.

10.3.3.1.4 Úhel autoskla 90°

úhel 90 stupňů						
označení	výška (m)	váha (g)	rychlost kamene(m/s) $v = \sqrt{2gh}$	energie kamene při dopadu na sklo (J) $E_k = \frac{1}{2}mv^2$	Poškození ANO/NE	
90-4/8-0,5	0,57	0,769	3,344	0,004	NE	
90-4/8-1m	1,04	0,769	4,517	0,008	NE	
90-4/8-2m	2,09	0,961	6,404	0,020	ANO	
90-4/8-5m	5,19	0,657	10,091	0,033	NE	
90-4/8-7m	7,3	0,747	11,968	0,053	NE	
90-4/8-10m	10,07	0,906	14,056	0,090	ANO	
90-8/11-0,5m	0,64	1,98	3,544	0,012	NE	
90-8/11-1m	1,22	1,98	4,892	0,024	NE	
90-8/11-2m	2,06	2,446	6,357	0,049	NE	
90-8/11-5m	5,3	2,697	10,197	0,140	ANO	
90-8/11-7m	7,37	1,994	12,025	0,144	ANO	
90-8/11-10m	10,45	2,438	14,319	0,250	ANO	
90-8/11-12m	12,18	2,222	15,459	0,265	ANO	
90-8/11-14m	14,35	2,931	16,779	0,413	ANO	
90-8/11-16m	15,76	1,677	17,584	0,259	ANO	
90-8/16-0,5m	0,51	4,26	3,163	0,021	NE	
90-8/16-1m	0,98	4,26	4,385	0,041	NE	
90-8/16-2m	2,05	3,529	6,342	0,071	NE	
90-8/16-5m	5,3	2,697	10,197	0,140	ANO	
90-8/16-7m	7,21	3,726	11,894	0,264	ANO	
90-8/16-10m	10,12	3,779	14,091	0,375	ANO	
90-8/16-12m	12,2	3,745	15,471	0,448	ANO	
90-8/16-14m	14,19	4,067	16,686	0,566	ANO	
90-8/16-16m	15,99	3,514	17,712	0,551	ANO	
90-11/23-0,5m	0,62	7,686	3,488	0,047	NE	
90-11/23-1m	1,12	7,686	4,688	0,084	ANO	
90-11/23-2m	2,03	6,479	6,311	0,129	ANO	
90-11/23-5m	5,2	7,632	10,101	0,389	ANO	
90-11/23-7m	7,5	7,989	12,131	0,588	ANO	
90-11/23-10m	9,84	6,141	13,895	0,593	ANO	
90-11/23-12m	12,07	7,078	15,389	0,838	ANO	
90-11/23-14m	13,99	5,668	16,568	0,778	ANO	
90-11/23-16m	16,05	5,214	17,745	0,821	ANO	

Tab. č. 20- Přehled vzorků kamenů -úhel 90° (15)

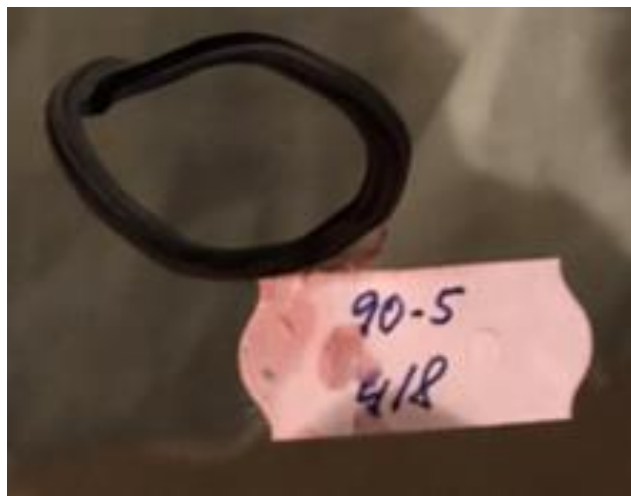
Úhel autoskla 90°, výška 5 metrů, frakce 4/8 – Kámen sklo nepoškodil. Po dopadu zanechal pouze prachovou stopu.



Obr. 110- vzorek, kámen 90-4/8-5 (15)



Obr. 112- místo střetu po dopadu kamene 90-4/8-5 (15)



Obr. 111- místo dopadu po vyleštění kamene 90-4/8-5 (15)

Úhel 60 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
90-4/8-5	5,19	0,657	10,091	0,033	NE

Tab. č. 21- přehled, kámen 90-4/8-5 (15)

Úhel autoskla 90°, výška 5 metrů, frakce 8/11– Kámen sklo poškodil. Po dopadu zanechal jednu zřetelnou stopu. Toto poškození lze definovat jako kombinované (včelí křídla, půlměsíc).



Obr. 113- vzorek, kámen 90-8/11-5 (15)



Obr. 114- místo střetu po dopadu kamene 90-8/11-5 (15)



Obr. 115- místo dopadu po vyleštění kamene 90-8/11-5 (15)

Úhel 60 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
90-8/11-5	5,3	2,697	10,197	0,140	ANO

Tab. č. 22- přehled, kámen 90-8/11-5 (15)

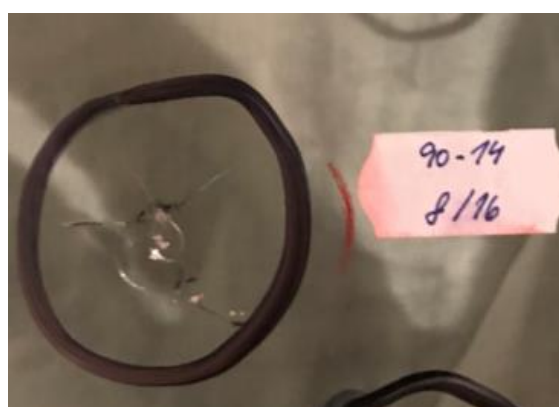
Úhel autoskla 90°, výška 14 metrů, frakce 8/16 – Kámen sklo poškodil. Po dopadu zanechal jednu zřetelnou stopu. Toto poškození lze definovat jako kombinované (včelí křídla, kravské oko).



Obr. 116- vzorek, kámen 90-8/16-14 (15)



Obr. 117- místo střetu po dopadu kamene 90-8/16-14 (15)



Obr. 118- místo dopadu po vyleštění kamene 90-8/16-14 (15)

Úhel 60 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
90-8/16-14	14,19	4,067	16,868	0,566	ANO

Tab. č. 23- přehled, kámen 90-8/16-14 (15)

Úhel autoskla 90°, výška 12 metrů, frakce 11/23 – Kámen sklo poškodil. Po dopadu zanechal jednu zřetelnou stopu. Toto poškození lze definovat jako kombinované (hvězdice, kravské oko).



Obr. 119- vzorek, kámen 90-11/23-12 (15)



Obr. 121- - místo střetu po dopadu kamene 90-11/23-12 (15)

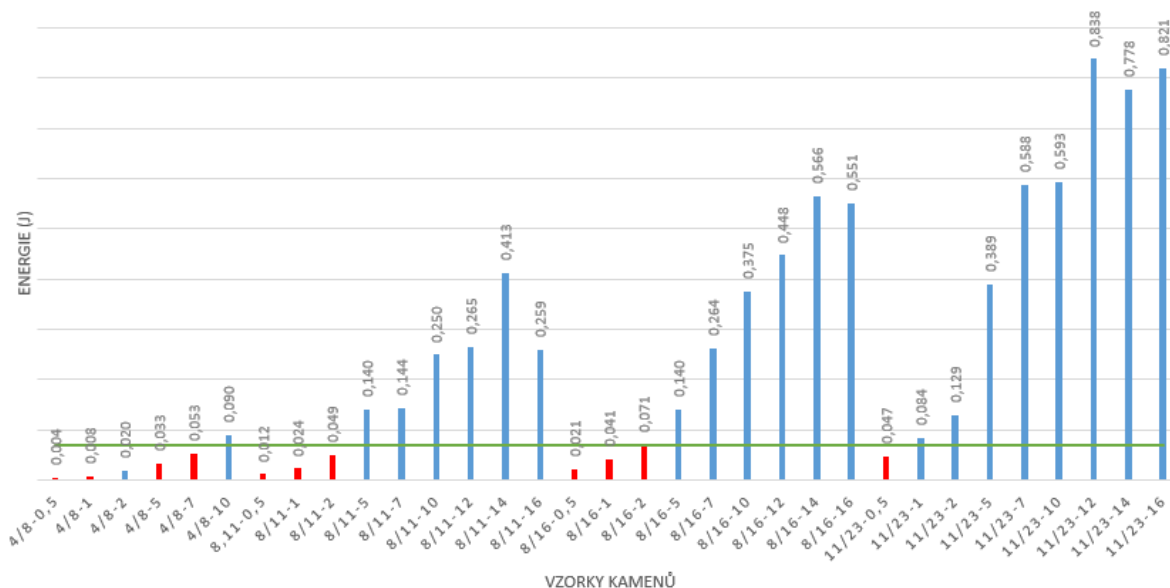


Obr. 120- místo dopadu po vyleštění kamene 90-11/23- 12 (15)

Úhel 60 stupňů					
Označení	Výška (m)	Váha (g)	Rychlost kamene (m/s)	Energie kamene při dopadu (J)	Poškození ANO/NE
90-8/16-14	14,19	4,067	16,868	0,566	ANO

Tab. č. 24- přehled, kámen 90-11/23-12 (15)

POŠKOZENÍ ČELNÍHO SKLA V ZÁVISLOSTI NA ENERGIÍ LETÍCÍHO KAMENE



Graf č. 4- poškození v závislosti vzrůstající energie pro úhel 90° (15)

- Energie dostačující k poškození skla
- Energie nedostačující k poškození skla
- Hranice poškozeného/nepoškozeného skla

U čelního skla, které bylo uloženo pod úhlem 90° je zřejmá hranice mezi poškozením a nepoškozením.

Z grafu je zřetelné, že hodnotu energie vyšší jak 0,071 J, které dosáhl kámen 90-8/16-2, lze brát jako pomyslnou hranici pro poškození skla. Pouze jeden kámen je pod hranicí hodnoty energie 0,071 J a zároveň poškodil sklo. Konkrétně kámen 90-4/8-2, který dosáhl energie 0,02 J.

11 Kompletní přehled všech testovaných vzorků

Veškeré záznamy z provedeného měření se nachází v souboru: Dokumentace vzniklého poškození.

Tento soubor se nachází v příloze č. 1: elektronická příloha- DVD disk. Po najetí kurzoru na jednotlivý řádek s popsaným kamenem se pomocí vloženého komentáře na tomto řádku zobrazí fotodokumentace s identifikací kamene a poškození, které způsobil. Komentář obsahuje- fotografii kamene, fotografii poškození ihned po střetu skla s kamenem a fotografii sklad po vyleštění téhož střetu.

12 Závěr

V diplomové práci se zabývám zjišťováním energií letícího kamene, která je potřebná pro poškození čelního skla automobilu. Dále jsem zkoumal vliv rostoucí energie na úhlu uložení čelního skla do karoserie. Výsledkem práce je zjištění pomyslné hranice energie mezi poškozením a nepoškozením čelního skla u jednotlivých úhlů uložení.

K vykonání této práce jsem zvolil metodu volného pádu kamene. Pokus byl měřen na čtyřech autosklech, které jsem zajistil u firmy autosklobrno.cz. Dále byly potřebné kameny jednotlivých frakcí. Dle konzultace ve výzkumném zařízení AdMas FAST-VUT v Brně jsem zvolil frakce 4/8, 8/11, 8/16 a 11/23. Nejčastěji se vyskytující frakcí na vozovce je frakce 4/8 mm. Jelikož ale zvolením metody pouštění kamenů z vysoko zdvižné plošiny byla maximální výška omezena na 16 metrů, zvolil jsem i ostatní větší frakce a zkoumal, jaký druh poškození vznikne s rostoucí energií. Vyrobil jsem konstrukci z europalet pro uložení skla, která umožňuje měnit jejich úhel.

Kameny jednotlivých frakcí byly pouštěny z různých devíti výšek a to konkrétně z 0,5, 1, 2, 5, 7, 10, 12, 14 a 16 metrů. Jelikož jsem zkoumal také vliv úhlu uložení autoskla do karoserie na poškození skla, varioval jsem úhly uložení 30°, 45°, 60° a 90°. Dohromady bylo použito 133 vzorků kamenů, která byly zváženy a změřeny. Nejmenší hodnota energie byla naměřena 0,003 Joulu a největší 1,113 Joulu.

Byly zapotřebí 3 měřiči, kteří zaznamenávali výšku, z které byl kámen spuštěný, fotodokumentaci vzniklého poškození a následné zapsání do připravených archů.

V diplomové práci v kapitole 10.3.3.1- Identifikace poškození je ukázka vybraných vzniklých poškození. Veškerá data z měření jsou zaznamenána v souboru přílohy č.1- Přehled vzniklého poškození.

Jelikož nelze zcela určit vzniklý odpor větru při pádu kamene na sklo, byl tento odpor zanedbán.

Po vyhodnocení veškerého naměřeného materiálu lze konstatovat, že pomyslná hranice pro rozbití skla není jednoznačně určena. Jako další faktor, který ovlivňuje poškození nebo nepoškození skla je způsob dopadu kamene na plochu skla. Což znamená, že i velmi malá energie zanechá po dopadu kamene stopu, ale také naopak velká energie nemusí zákonitě zaznamenat poškození.

Dle mého měření tedy lze odhadnout hranici poškození dle jednotlivých úhlů:

30° - < 0,046 Joulů

45° - < 0,078 Joulů

60° - < 0,076 Joulů

90° - < 0,071 Joulů

Po vyhodnocení experimentu je stanovena hranice na 0,078 J. Tedy pokud letící kámen překoná hranici energie 0,078 Joulů, je pravděpodobné, že dojde k poškození autoskla.

Seznam použitých zkratk

°C	Stupeň Celsia
kg/cm ²	Hustota materiálu
PVB	Polyvinyl butyral
PUR	Polyuretan
Mm	Milimetr
Cm	Centimetr
M	Metr
STK	státní technická kontrola
E _k	Energie kinetická
v	Rychlost
g	Gravitační zrychlení
h	Výška
J	Joul
m/s	Metr za sekundu

Ostatní značení, které nebylo uvedeno (chemické vzorce, gramatické značky a zkratky) se řídí běžnou konvencí pro používání v České Republice.

Seznam použitých zdrojů

- (1) POPOVIČ, Štěpán. *Výroba a zpracování plochého skla*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3154-4.
- (2) *V.-Sklo: Teorie konstrukcí*. Praha, 2017. Studijní materiály k přednášce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Vít Malinovský, Ph.D. Dostupné z: <http://mech.fd.cvut.cz/members/malinovsky/materialy/08%20Sklo.pdf>
- (3) VONDRUŽKA, Vlastimil. *Sklářství: Řemesla, tradice, technika*. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0261-4.
- (4) *Historické sklo: Historie skla* [online]. Zahrádky: František Dobrovič [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.historicke-sklo.cz/cz/historie-skla>
- (5) *Geologie.vsb.cz: sklo* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/sklo.html>
- (6) KAŇOVSKÝ, Tomáš. *Porovnání mechanických vlastností bočních autoskel*. Zlín, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. David Maňas, PhD.
- (7) *Autosklo-autoskla: Výroba a recyklace autoskla* [online]. Praha: GFB Autosklo Servis, 2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.autosklo-autoskla.cz/o-autosklech/vyroba-a-recyklace-autoskla/>
- (8) *Autoskla WRCar-servise, a.s.: Autoskla* [online]. Plzeň-Lochotín, 2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://www.autoskloczech.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=
- (9) *Autosklo-autoskla: Autoskla-podrobný přehled* [online]. Praha: GFB Autosklo Servis, 2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.autosklo-autoskla.cz/o-autosklech/autoskla-podrobny-prehled/>
- (10) *Autoskla Carsin: Tvrzené autosklo* [online]. Karlovy Vary, 2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://carsin.cz/tvrzene-autosklo/>
- (11) *Úvod: Přehled typů autoskel* [online]. Hradec Králové: Copyright AUTOSKLO - H.A.K. spol. s r.o., 2012 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.autosklo-hak.cz/prehled-typu-autoskel>
- (12) *Katalog produktů: Lepení autoskel* [online]. Praha [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.univer.cz/chemotechnicke-pripravky-lepeni-autoskel>
- (13) *AGC Automotive: Katalog produktů* [online]. Agc-Arg [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://www.agc-arg.eu/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/AGC_ARG-CzechRepublicNew-Site/cs_CZ/-/CZK/ViewStandardCatalog-Browse?CatalogCategoryID=fjcKhPGIRC0AAAE2.cMbWMr&CatalogName=&CatalogCategoryName=BAG_TG

- (14) *Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) č. 43: Jednotná ustanovení pro schválení typu bezpečnostních zasklívacích materiálů a jejich montáž ve vozidlech. Úřední věstník Evropské unie, číslo 43: Česká Republika, 2014. Dostupné také z: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html>*
- (15) Vlastní zdroj
- (16) *AGC Automotive: Business Wire* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.businesswire.com/news/home/20131021006669/en/AGC-Automotive-Window-Glass-Products-Earn-Skin>
- (17) *Pixers: Fototapeta - rozbité čelní sklo* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://pixers.cz/fototapety/rozbite-auto-sklo-celniho-skla-14967116>
- (18) *RKC: Comparison Between tempered & Ordinary Glass* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.robertkashouhco.com/tempered.html>
- (19) *Renault Club ČR / SR: Vyhřívání předního okna - jak?* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://forum.renaultclub.cz/viewtopic.php?t=12863>
- (20) *Cars.cz: Čelní sklo i30* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://forum.cars.cz/hyundai/viewtopic.php?f=57&t=20575&start=15>
- (21) *MojeDilna.cz: Vyřezávání/demontáž autoskel* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.mojedilna.cz/souprava-na-vyrezani-lepenych-autoskel-quatros-qs14220>
- (22) *AGC Automotive: ACG výměna skla. In: Youtube* [online]. 15.10.2013 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=ROWi-M1-GjE>
- (23) *Seat club.cz: poškrabané čelní sklo* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.seatclub.cz/forum-tema/poskrabane-celni-sklo-23192>
- (24) ČESKÁ REPUBLIKA. Metodika kontroly zasklení: Poškození čelního skla vadným stěračem. In: *ODBOR PROVOZUSILNIČNÍCH VOZIDEL*. Praha: MINISTERSTVO DOPRAVYČESKÉ REPUBLIKY, 2016. Dostupné také z: <http://docplayer.cz/38940381-Ministerstvo-dopravy-ceske-republiky.html>
- (25) *SZELVEDOSZERVIZ: szélvédőjavítás* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.szervedoszerviz.hu/sz%C3%A9lv%C3%A9d%C5%91jav%C3%ADt%C3%A1s.html>
- (26) *Autohybl: Oprava autoskel* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.autohybl.cz/oprava-autoskel>
- (27) *Big Crack Autoglass: Stone Chip Repair* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.bigcrackautoglass.com/stone-chip-repair.php>
- (28) *Ontario Autoglass: Windshield Chip and Crack Repair* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.ontarioautoglass.com/windshield-repairs/windshield-chip-crack-repair/>

- (29) *GoCars: Výměna čelního skla* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://www.gocars.cz/magazin/vymena_celniho_skla_
- (30) *AGexperts: Výměna čelního skla* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://agexperts.cz/oprava-celniho-skla-scelenim>
- (31) *Wurt CZ: Oprava drobných poškození autoskel*. In: *Youtube* [online]. 16.4.2013 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=R465YJ1T_84
- (32) *AA PROFI AUTO: OPRAVY PRASKLIN AUTOSKEL* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.aaprofiauto.cz/inpage/opravy-prasklin/>
- (33) *Plošina Libhošť: Půjčovna montážní plošiny AVI MP-16* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://www.plosina-libhost.cz/uvod_soubory/uvod.html
- (34) *Váhy Robin: Laboratorní váhy* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.vahyrobin.cz/laboratorni-vaha-Vibra-SJ-620CE-620g-0-01g-d904.htm>
- (35) *InSport: Meracie pásma* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.insport.sk/Meracie-pasmo-Meteor-100-m-d122.htm>
- (36) *Autoskla Benone: Škoda* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.b2b.autosklabenone.cz/skoda/skoda-octavia-a5-hbk-est-2004.html>
- (37) *Autoskla Benone: Škoda* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.b2b.autosklabenone.cz/skoda/skoda-fabia-roomster/skoda-roomster-fabia-ii-06-14-1-1.html>
- (38) *Autoskla Benone: Porsche* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.b2b.autosklabenone.cz/porsche/porsche-cayenne/porsche-cayenne-2002/>

Seznam obrázků

Obr. 1- Montážní linka pro výrobu skleněných tabulí (8).....	16
Obr. 2- Vrstvené autosklo (16).....	18
Obr. 3- Rozbité vrstvené sklo (17)	17
Obr. 4- rozbité jednoduché jednovrstvé sklo.....	18
Obr. 5- Lomové obrazce (1).....	19
Obr. 6- logo, akustické sklo (11).....	19
Obr. 7- Označení akustického skla (11)	20
Obr. 8- Logo, sklo odrážející/absorbující teplo (11)	20
Obr. 9- Logo, antireflexní sklo (11)	20
Obr. 10- Logo, sklo pro všechna roční období (11)	20
Obr. 11- Logo, sklo s elektronovou vrstvou (11)	21
Obr. 12- Logo, vyhřívané sklo (11).....	21
Obr. 13- Vyhřívané čelní sklo (19).....	21
Obr. 14- Logo, hydrofobní sklo (11).....	21
Obr. 15- Logo, laminované čelní sklo (11)	22
Obr. 16- Značení laminátového skla na štítku čelního skla (20).....	22
Obr. 17- Logo, laminované čelní sklo zvyšující bezpečnost (11)	22
Obr. 18- Logo, sklo s integrovanými systémy (11).....	22
Obr. 19- Souprava na vyřezání lepených skel (21)	24
Obr. 20- Výstrižek 1, proniknutí lanka do interiéru (22).....	25
Obr. 21- Výstrižek 2, proniknutí do interiéru pomocí nože (22).....	25
Obr. 22- - Výstrižek 3, oddělení autoskla od karoserie (22)	25
Obr. 23- Výstrižek 4, lanko oddělující sklo od karoserie (22)	25
Obr. 24- Výstrižek 5, vyjmutí čelního skla z karoserie (22)	25
Obr. 25- Výstrižek 6, odstranění těsnění z karoserie vozidla (22)	26
Obr. 26- Výstrižek 7, nanášení lepidla (22).....	26
Obr. 27- Výstrižek 8, nanášení lepidla na nové čelní sklo (22).....	26
Obr. 28- Výstrižek 9, montáž čelního skla do karoserie (22).....	27
Obr. 29- Výstrižek 10, fixace čelního skla ke karoserii po dobu tuhnutí (22)	27
Obr. 30- Homologační štítek dle EHK/OSN č.43 (14).....	29
Obr. 31- Homologační štítek čelního skla Škoda Rapid r.v. 2015 (15).....	29
Obr. 32- Poškrabané čelní sklo (23).....	30
Obr. 33- Poškození čelního skla vadným stěračem (24)	30

Obr. 34- Řez autoskle, vznik kráteru (15)	30
Obr. 35- Tvar poškození- volské oko (26)	31
Obr. 36- Tvar poškození- volské oko (24)	31
Obr. 37- Tvar poškození- půlměsíc (24)	31
Obr. 38- Tvar poškození- půlměsíc (27)	31
Obr. 39- Tvar poškození- hvězdicové (25).....	32
Obr. 40- Tvar poškození- hvězdicové (28).....	32
Obr. 41- Tvar poškození- tříštivé (25).....	32
Obr. 42- Tvar poškození- tříštivé (27).....	32
Obr. 43- Tvar poškození- včelí křídla (25).....	33
Obr. 44- Tvar poškození- včelí křídla (29).....	33
Obr. 45- Tvar poškození- prasklina (25)	33
Obr. 46- Tvar poškození- kombinované (25)	34
Obr. 47- Poškození vlivem stárnutí folie ve skle (24).....	34
Obr. 48- Zorné pole řidiče, oblast nemožné opravy autoskla (30)	35
Obr. 49- Výstřižek 1- nalepení pomocného zrcátka na sklo (31)	36
Obr. 50- Výstřižek 2- vyčištění kráteru po dopadu kamene (31)	36
Obr. 51- Výstřižek 3- připevnění držáku (31)	37
Obr. 52- Výstřižek 5- poloha válce těsně nad poškozené místo (31)	37
Obr. 53- Výstřižek 4- vsunutí válce do držáku (31)	37
Obr. 54- Výstřižek 6- plnění válce pryskyřicí (31)	38
Obr. 55- Výstřižek 7 - detail naplněného válce pryskyřicí (31)	38
Obr. 56- Výstřižek 9- vtlačení pryskyřice do kráteru (31)	38
Obr. 57- Výstřižek 8- našroubování pístu do válce (31)	38
Obr. 58- Výstřižek 10- vysátí přebytečného vzduchu (31)	38
Obr. 59- Výstřižek 11- vysátý vzduch z kráteru (31)	38
Obr. 60- Výstřižek 12- kontrola vytlačeného vzduchu (31).....	39
Obr. 61- Výstřižek 13- vytvrzení UV lampou.....	39
Obr. 62- Výstřižek 14- úprava poškozeného místa dokončovací pryskyřicí (31)	40
Obr. 63- Příklady oprav poškozených skle (32).....	40
Obr. 64- Vozidlo Avia MP-16 s plošinou PM0160 A31.1N (33)	42
Obr. 65- Pásma Meteor-38303-100m (35).....	42
Obr. 66- Kalibrovaná váha Vibra SJ (34).....	42
Obr. 67- Vzorek kameniva (15)	43
Obr. 68- Autosklo Škoda Octavia r.v. 2009, 2010 (36).....	44

Obr. 69- Autosklo Škoda Fabia r.v. 2012 (37).....	44
Obr. 70- Autosklo Porsche Cayenne r.v. 2017	45
Obr. 71- náčrtek vysokozdvíhací plošina (15).....	46
Obr. 72- provádění měření (15).....	46
Obr. 73- vzorek, kámen 30-4/8-2 (15).....	48
Obr. 74- místo střetu po dopadu kamene (15).....	48
Obr. 75- místo dopadu kamene po vyleštění (15)	48
Obr. 76- vzorek, kámen 30-4/8-7 (15).....	49
Obr. 77- místo dopadu kamene po vyleštění (15)	49
Obr. 78- místo střetu po dopadu kamene (15).....	49
Obr. 79- vzorek, kámen 30-11/23-5 (15).....	50
Obr. 80- místo dopadu po vyleštění kamene 30-11/23-5 (15).....	50
Obr. 81- místo střetu po dopadu kamene 30-11/23-5.....	50
Obr. 82- vzorek, kámen 30-4/8-10 (15).....	51
Obr. 83- místo dopadu po vyleštění kamene 30-4/8- 10 (15).....	51
Obr. 84- místo střetu po dopadu kamene 30-4/8-10 (15)	51
Obr. 85- vzorek, kámen 45-4/8-5 (15).....	54
Obr. 86- místo dopadu po vyleštění kamene 45-4/8-5 (15).....	54
Obr. 87- místo středu po dopadu kamene 45-4/8-5 (15)	54
Obr. 88- vzorek, kámen 45-8/11-5 (15).....	55
Obr. 89- místo dopadu po vyleštění kamene 45-8/11-5 (15).....	55
Obr. 90- místo střetu po dopadu kamene 45-8/11-5 (15)	55
Obr. 91- vzorek, kámen 45-8/16-7 (15).....	56
Obr. 92- místo dopadu po vyleštění kamene 45-8/16-7 (15).....	56
Obr. 93- místo střetu po dopadu kamene 45-8/16-7 (15)	56
Obr. 94- vzorek, kámen 45-11/23-12 (15).....	57
Obr. 95- místo střetu po dopadu kamene 45-11/23-12 (15)	57
Obr. 96- místo dopadu po vyleštění kamene 45-11/23-12 (15).....	57
Obr. 97- vzorek, kámen 60-4/8-7 (15).....	60
Obr. 98- místo střetu po dopadu kamene 60-4/8-7 (15)	60
Obr. 99- místo dopadu po vyleštění kamene 60-4/8-7 (15).....	60
Obr. 100- vzorek, kámen 60-8/11-10 (15).....	61
Obr. 101- místo dopadu po vyleštění kamene 60-8/11-10 (15).....	61
Obr. 102- místo střetu po dopadu kamene 60-8/11-10 (15)	61
Obr. 103- vzorek, kámen 60-8/16-14 (15).....	62

Obr. 104- místo střetu po dopadu kamene 60-8/16-14 (15)	62
Obr. 105- místo dopadu po vyleštění kamene 60-8/16-14 (15).....	62
Obr. 106- vzorek, kámen 60-11/23-16 (15).....	63
Obr. 107- místo dopadu po vyleštění kamene 60-11/23- 16 (15).....	63
Obr. 108- místo střetu po dopadu kamene 60-11/23-16 (15)	63
Obr. 109- vzorek, kámen 90-4/8-5 (15).....	66
Obr. 110- místo střetu po dopadu kamene 90-4/8-5 (15)	66
Obr. 111- místo dopadu po vyleštění kamene 90-4/8-5 (15).....	66
Obr. 112- vzorek, kámen 90-8/11-5 (15).....	67
Obr. 113- místo dopadu po vyleštění kamene 90-8/11-5 (15).....	67
Obr. 114- místo střetu po dopadu kamene 90-8/11-5 (15)	67
Obr. 115- vzorek, kámen 90-8/16-14 (15).....	68
Obr. 116- místo střetu po dopadu kamene 90-8/16-14 (15)	68
Obr. 117- místo dopadu po vyleštění kamene 90-8/16-14 (15).....	68
Obr. 118- vzorek, kámen 90-11/23-12 (15).....	69
Obr. 119- místo dopadu po vyleštění kamene 90-11/23- 12 (15).....	69
Obr. 120- - místo střetu po dopadu kamene 90-11/23-12 (15).....	69

Seznam tabulek

Tab. č.1.- Hodnoty maximálního obsahu Fe_2O_3 ve sklářských píscích pro různé typy skel (1)

Tab. č.2- Požadavky na zrnitost sklářských tavných písků (1)

Tab. č.3- Požadavky na chemické složení pro jednotlivé jakostní třídy sklářských písků (1)

Tab. č.4- Chemické složení plaveného skla u jednotlivých výrobců

Tab. č.5- Přehled vzorků kamenů -úhel 30° (15)

Tab. č.6 -přehled, kámen 30-4/8-2 (15)

Tab. č.7 -přehled, kámen 30-4/8-7 (15)

Tab. č.8 -přehled, kámen 30-11/23-5 (15)

Tab. č.9 -přehled, kámen 30-4/8-10 (15)

Tab. č.10 -Přehled vzorků kamenů -úhel 45° (15)

Tab. č.11 -přehled, kámen 45-4/8-5 (15)

Tab. č.12 -přehled, kámen 45-8/11-5 (15)

Tab. č.13 -přehled, kámen 45-8/16-7 (15)

Tab. č.14 -přehled, kámen 45-11/23-12 (15)

Tab. č.15 -Přehled vzorků kamenů -úhel 60° (15)

Tab. č.16 -přehled, kámen 60-4/8-7 (15)

Tab. č.17 -přehled, kámen 60-8/11-10 (15)

Tab. č.18 -přehled, kámen 60-8/16-14 (15)

Tab. č.19 -přehled, kámen 60-11/23-16 (15)

Tab. č.20 -Přehled vzorků kamenů -úhel 90° (15)

Tab. č.21 -přehled, kámen 90-4/8-5 (15)

Tab. č.22 -přehled, kámen 90-8/11-5 (15)

Tab. č.23 -přehled, kámen 90-8/16-14 (15)

Tab. č.24 -přehled, kámen 90-11/23-12 (15)

Seznam grafů

Graf č. 1- poškození v závislosti vzrůstající energie pro úhel 30° (15)

Graf č. 2- poškození v závislosti vzrůstající energie pro úhel 45° (15)

Graf č. 3- poškození v závislosti vzrůstající energie pro úhel 60° (15)

Graf č. 4- poškození v závislosti vzrůstající energie pro úhel 90° (15)

Seznam rovnic

Rovnice 1- výpočet kinetické energie letícího kamene (15)

Rovnice 2- Výpočet rychlosti padajícího kamene (15)

Seznam příloh

Příloze č. 1: elektronická příloha- DVD disk.