**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta stavební

Katedra silničních staveb

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

***Vliv frakcí kameniva 0/2, 2/4 a 0/4 na vlastnosti asfaltové směsi***

*Influence of Aggregate Fractions 0/2, 2/4 and 0/4 on the Properties of Asphalt Mixtures*

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: **Ing. Petr Mondschein, Ph.D.**

**Bc. Jiří Fikar**

**2021**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
**Fakulta stavební**
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Fikar Jméno: Jiří Osobní číslo: 456772

Zadávající katedra: K136 - Katedra silničních staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vliv frakcí kameniva 0/2, 2/4 a 0/4 na vlastnosti asfaltové směsi

Název diplomové práce anglicky: Influence of Aaggregate Fractions 0/2, 2/4 and 0/4 on the Properties of Asphalt Mixtures

Pokyny pro vypracování:
Provedení rešerše v problematice rozdělení a výroby kameniva. Názvosloví kameniva. Definice Fulerovy paraboly .
Provedení laboratorního porovnání vlastností asfaltové směsi s rozdílným obsahem drobného kameniva.

Seznam doporučené literatury:
Technické normy a předpisy TP a TKP, ČSN EN, ČSN. Zahraniční podklady např. https://www.academia.edu/

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Petr Mondschein, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 25.9.2020 Termín odevzdání diplomové práce: 3.1.2021
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

[redacted]
Podpis vedoucího práce

[redacted]
Podpis vedoucího katedry

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

30 -09- 2020
Datum převzetí zadání

[redacted]
Podpis studenta(ky)

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Vliv frakcí kameniva 0/2, 2/4 a 0/4 na vlastnosti asfaltové směsi vypracoval samostatně pouze za odborných konzultací s vedoucím práce p. Ing. Petrem Mondscheinem, Ph.D., s p. Ing. Milošem Kašpárkem a s pracovníky silniční laboratoře Fakulty stavební.

Dále prohlašuji, že jsem uvedl všechny použité informační prameny v seznamu použitých zdrojů.

V Praze dne 14. 1. 2021

[redacted]

## Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Petrovi Mondscheinovi, Ph.D., za odborné rady, za pomoc, za čas strávený konzultacemi a za vedení mé diplomové práce. Zároveň bych chtěl poděkovat firmě COLAS CZ, a.s. za návrh tématu diplomové práce, za poskytnuté podklady a materiály k práci a panu Ing. Miloši Kašpárkovi za čas strávený konzultacemi práce. Dále bych chtěl poděkovat všem zaměstnancům silniční laboratoře Fakulty stavební za jejich čas a pomoc při mé práci. V neposlední řadě mé poděkování patří rodině, která mě podporovala a vycházela mi vstříc.

## Abstrakt

Diplomová práce zkoumá výhody použití kameniva frakcí 0/2 mm a 2/4 mm namísto kameniva frakce 0/4 mm. V teoretické části je popsán rozdíl mezi prací s kamenivem frakce 0/4 mm a prací s kamenivem frakcí 0/2 mm a 2/4 mm. Dále je zde zkoumána vhodnost použití frakcí 0/2 mm a 2/4 mm do jednotlivých směsí. V praktické části je pak na základě laboratorních zkoušek vyhodnocován ideální poměr frakcí 0/2 mm a 2/4 mm pro asfaltovou směs ACO 11+.

## Klíčová slova

Frakce kameniva, třídění kameniva, objemová hmotnost, mezerovitost, vliv poměru frakcí 0/2 a 2/4, závislost na poměru frakcí 0/2 a 2/4

## Abstract

This thesis focuses on benefits of use of aggregate fractions 0/2 mm and 2/4 mm instead of fraction 0/4 mm. The difference between work with aggregate fraction 0/4 mm and work with aggregate fractions 0/2 mm and 2/4 mm is described in theoretical part of this thesis. Further there is evaluated suitability of use of aggregate fractions 0/2 mm and 2/4 mm in asphalt mixtures. Ideal ratio of aggregate fractions 0/2 mm and 2/4 mm in asphalt mixture $AC_{surface}$ 11 is evaluated in practical part of this thesis. The evaluation is based on results of laboratory tests.

## Key words

Aggregate fractions, aggregate sorting, density, air void content, influence of ratio of aggregate fractions 0/2 and 2/4, dependence of ratio of aggregate fractions 0/2 and 2/4

# Obsah

1 Úvod ... 9
1.1 Cíle práce ... 9
2 Rozdělení kameniva ... 10
3 Výroba kameniva ... 12
3.1 Výroba drceného kameniva ... 12
3.1.1 Čelisťové drtiče ... 13
3.1.2 Kuželové drtiče ... 14
3.1.3 Kladivové a odrazové drtiče ... 15
3.2 Výroba těženého kameniva ... 15
3.2.1 Suchá těžba ... 15
3.2.2 Těžba z vody ... 15
3.3 Výroba umělého kameniva ... 16
4 Návrh zrnitosti asfaltové směsi ... 17
4.1 Postup návrhu čáry zrnitosti ... 17
4.2 Fullerova parabola ... 17
5 Výroba asfaltové směsi ... 19
5.1 Popis šaržové obalovny ... 19
5.2 Rozdíly práce s kamenivem frakce 0/4 mm, nebo 0/2 mm a 2/4 mm ... 20
6 Vliv frakcí kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na návrh asfaltových směsí (simulace návrhu) 21
6.1 Popis simulace ... 21
6.2 Výsledky simulace ... 21
7 Praktická část ... 22
7.1 Asfaltová směs ... 22
7.2 Kontrolní zkoušky vstupních materiálů ... 23
7.2.1 Sítový rozbor ... 23
7.2.2 Tvarový index SI ... 24
7.2.3 Zrnitost fileru ... 25
7.2.4 Penetrace asfaltového pojiva ... 26
7.2.5 Bod měknutí asfaltu ... 26
7.3 Výroba asfaltových směsí ... 27
7.4 Výroba zkušebních těles rázovým zhutňovačem ... 27
7.5 Výroba zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem ... 28
7.6 Rozměry asfaltových zkušebních těles ... 29
7.6.1 Měření výšky válcových zkušebních těles ... 29
7.6.2 Měření průměru válcových zkušebních těles ... 29
7.6.3 Měření výšky zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem ... 29
7.7 Objemové hmotnosti asfaltových zkušebních těles ... 30

7.7.1 Objemová hmotnost – Postup podle rozměrů ..... 30
7.7.2 Objemová hmotnost – Postup nasycený suchý povrch (SSD) ..... 30
7.7.3 Interpretace výsledků zkoušky ..... 31
7.8 Maximální objemová hmotnost ..... 32
7.9 Mezerovitost a stupeň vyplnění mezer ve směsi kameniva pojivem (VFB) ..... 34
7.9.1 Mezerovitost ..... 34
7.9.2 Stupeň vyplnění mezer ve směsi kameniva pojivem (VFB) ..... 34
7.9.3 Interpretace výsledků zkoušky ..... 35
7.10 Zkouška pojíždění kolem ..... 37
7.10.1 Průběh zkoušky ..... 37
7.10.2 Interpretace výsledků ..... 38
7.11 Odolnost zkušebních těles vůči vodě ..... 40
7.11.1 Průběh zkoušky ..... 40
7.11.2 Interpretace výsledků ..... 41
7.12 Modul tuhosti ..... 42
7.12.1 Průběh zkoušky ..... 42
7.12.2 Interpretace výsledků ..... 44
7.13 Odolnost vůči šíření mrazové trhliny – SCB test ..... 45
7.13.1 Průběh zkoušky ..... 45
7.13.2 Interpretace výsledků ..... 48
7.14 Pevnost v tahu za ohybu - Zkouška tříbodovým ohybem ..... 52
7.14.1 Průběh zkoušky ..... 52
7.14.2 Interpretace výsledků ..... 53
7.15 Vyhodnocení praktické části ..... 58
8 Závěr ..... 59
9 Seznam použité literatury ..... 60
10 Seznam obrázků a tabulek ..... 62
10.1 Seznam obrázků ..... 62
10.2 Seznam tabulek ..... 63
11 Přílohy ..... 64

# 1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá vlivem frakcí kameniva 0/2, 2/4 a 0/4 na vlastnosti asfaltové směsi.

Teoretická část postupně přibližuje dělení kameniva, výrobu jednotlivých frakcí kameniva, následně popisuje křivku zrnitosti a práci s ní. Dále práce uvádí postup výroby asfaltových směsí v obalovně. Všechny výše uvedené kapitoly jsou v práci uvedeny z toho důvodu, aby na nich následně byly ukázány rozdíly mezi prací s kamenivem frakce 0/4 mm a prací s kamenivem frakcí 0/2 mm a 2/4 mm. Poslední kapitolou teoretické části je pak návrh několika asfaltových směsí s použitím dvou kameniv frakce 0/4 mm, které mají rozdílné zrnitosti. Zde je sledován vliv použitého kameniva na celkovou zrnitost asfaltové směsi.

V praktické části je v silniční laboratoři hledán ideální poměr kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm v asfaltové směsi ACO 11+ s asfaltovým pojivem 50/70. Na základě zkoušky typu této již navržené směsi je vyrobeno pět směsí – jedna referenční, u které je poměr frakcí kameniva 0/2 mm a 2/4 mm bez úprav, a dále pak čtyři směsi s upraveným poměrem těchto dvou frakcí kameniva. Na těchto pěti asfaltových směsích se v laboratoři sleduje zrnitost směsí, objemové hmotnosti, maximální objemové hmotnosti, mezerovitost a stupeň vyplnění mezer ve směsi kameniva pojivem, dále je provedena zkouška pojíždění kolem, odolnost zkušebních těles vůči vodě, modul tuhosti, odolnost vůči šíření mrazové trhliny a pevnost v tahu za ohybu. Na základě výsledků těchto zkoušek je v závěru vyhodnocen nejvhodnější poměr kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm.

## 1.1 Cíle práce

Cílem teoretické části této diplomové práce je popsat rozdíly mezi výrobou běžné asfaltové směsi a asfaltové směsi navržené s kamenivem frakcí 0/2 mm a 2/4 mm, poté na příkladu několika navržených směsí ukázat, kde by se toto třídění kameniva využilo a kde je naopak zbytečné.

Cílem praktické části je na základě provedených zkoušek vybrat ideální poměr kameniv frakcí 0/2 mm a 2/4 mm pro asfaltovou směs ACO 11+. Zároveň zde budou sledovány závislosti jednotlivých zjišťovaných parametrů právě na obsahu frakcí 0/2 mm a 2/4 mm.

# 2 Rozdělení kameniva

Kamenivo se ve stavebnictví dá rozdělit do velkého množství skupin podle různých aspektů. Jelikož se tato diplomová práce věnuje vlivu frakcí kameniva na vlastnosti asfaltové směsi, je zde dále uvedeno třídění hlavně podle normy ČSN EN 13 043 [1], která rozděluje kamenivo pro asfaltové směsi, povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních ploch a jiných dopravních ploch.

Výše zmíněná norma dělí kamenivo dle původu na:

**Přírodní kamenivo**

je kamenivo z minerálních zdrojů, které bylo podrobeno pouze mechanickému zpracování. Dále se děli na těžené nebo drcené, podle druhu jeho získávání.

**Umělé kamenivo**

je kamenivo z minerálních zdrojů, které je výsledkem průmyslového procesu zahrnujícího teplotní nebo jinou úpravu. Jedná se tedy o druhotnou surovinu, například keramzit, nebo vysokopecní strusku.

**Recyklované kamenivo**

je kamenivo, které se získává zpracováním anorganického materiálu použitého dříve ve stavebních konstrukcích.

Dále je kamenivo touto normou děleno dle velikosti zrn na:

**Hrubé kamenivo**

je kamenivo, jehož zrna jsou menší nebo rovna 45 mm, a zároveň jsou větší nebo rovna 2 mm.

**Drobné kamenivo**

je kamenivo, které má zrna o velikosti menší než 2 mm, a zároveň se většina z nich zachytí na sítu s velikostí oka 0,063 mm.

**Jemné částice**

Jako jemné částice jsou označovány ty frakce kameniva, které propadnou sítem s velikostí oka 0,063 mm.

**Filer jako kamenivo**

Takto je označováno kamenivo, jehož většina zrn propadne sítem s velikostí oka 0,063 mm, a které se smí přidávat k stavebnímu materiálu pro dosažení určitých vlastností.

Filer dále rozlišujeme na:

**Směsný filer**

je filer minerálního původu smíchaný s hydroxidem vápenatým.

**Přídavný filer**

je filer minerálního původu, který se vyrábí samostatně [1].

Dále jsou uvedeny rozdělení kameniva z jiných norem, která jsou často užívána [2].

Dělení kameniva podle vzniku zrn:

**Těžené**

Těžené kamenivo vzniká rozpadem hornin. Jeho zrna jsou zaoblena zvětráváním a transportem přírodními činiteli, jako jsou voda, led a vítr. Podrobněji je popis výroby těženého kameniva popsán v kapitole 3.2 Výroba těženého kameniva.

**Drcené**

Drcené kamenivo vzniká drcením větších celků horniny v různých druzích drtičů. Podrobněji je popis výroby drceného kameniva popsán v kapitole 3.1 Výroba drceného kameniva.

**Těžené předrcené**

Těžené předrcené kamenivo vzniká drcením již vytěženého kameniva o velikosti zrn nad 2 mm, které má podíl drcených zrn větší jak 40 % hmotnosti.

Dělení kameniva podle jeho objemové hmotnosti:

**Pórovité**

Kamenivo, jehož objemová hmotnost je menší než 2 000 kg/m$^3$.

**Hutné**

Jako hutné kamenivo je označováno kamenivo anorganického původu o objemové hmotnosti 2 000 až 3 000 kg/m$^3$.

**Těžké**

Kamenivo, jehož objemová hmotnost je větší než 3 000 kg/m$^3$ [2].

# 3 Výroba kameniva

Kamenivo se dle vzniku zrn dělí do dvou základních skupin – kamenivo drcené a kamenivo těžené, viz kapitola 2 Rozdělení kameniva.

## 3.1 Výroba drceného kameniva

Kamenivo se těží pomocí clonových odstřelů. Nejdříve se v několika řadách vyvrtají vrtnou soupravou vrty (Obrázek 1: 1a), do kterých se nabije trhavina (Obrázek 1: 1b). Poté dojde k clonovému odstřelu, který rozdělí horninu na tzv. rozval (Obrázek 1: 1c). Kusy horniny, které jsou příliš velké, se dále zmenšují sekundárními trhacími pracemi, nebo hydraulickými kladivy.

Následuje vlastní výroba drceného kameniva – drcení. To probíhá většinou ve více stupních v závislosti na požadovaném produktu. Níže je popsán postup se třemi stupni drcení. Při jiném stupni drcení probíhá postup obdobně.

Následně je rubanina naložena na dopravní prostředek a odvezena do násypky primárního drtiče. K nakládání se nejčastěji využívá pásové rypadlo a pro převoz buď dampr, nebo nákladní automobily s korbou (Obrázek 1: 2).

Na násypce primárního drtiče dochází na roštu k roztřídění na širokou frakci a rubaninu k dalšímu zpracování (Obrázek 1: 3).

Tato rubanina je pomocí podavače dopravována do čelisťového drtiče, kde dochází k primárnímu drcení. Takto podrcené kamenivo vypadává ve spodní části čelisťového drtiče na dopravníkový pás, který zajišťuje další dopravu kameniva (Obrázek 1: 4).

Dopravníkový pás kamenivo dopraví do vibračního třídiče (Obrázek 1: 5). Zde kamenivo vstupuje do horní části, která se dá zjednodušeně popsat jako síto ve sklonu. Právě díky sklonu a vibracím se kamenivo v třídiči pohybuje po sítu směrem ke spodní části, jemnější frakce (0/32 mm) sítem následně propadávají a jsou dále dopravovány do skladovacích boxů (11c), zatímco hrubší frakce (32/250 mm) zůstávají na sítě a jsou určeny k dalšímu zpracování.

Hrubá frakce je následně dopravena pomocí vibračního podavače do kuželového drtiče, kde dochází k sekundárnímu drcení (Obrázek 1: 6). Odtud znovu podrcené kamenivo spodem vypadává a dále se přesouvá pomocí pásového dopravníku.

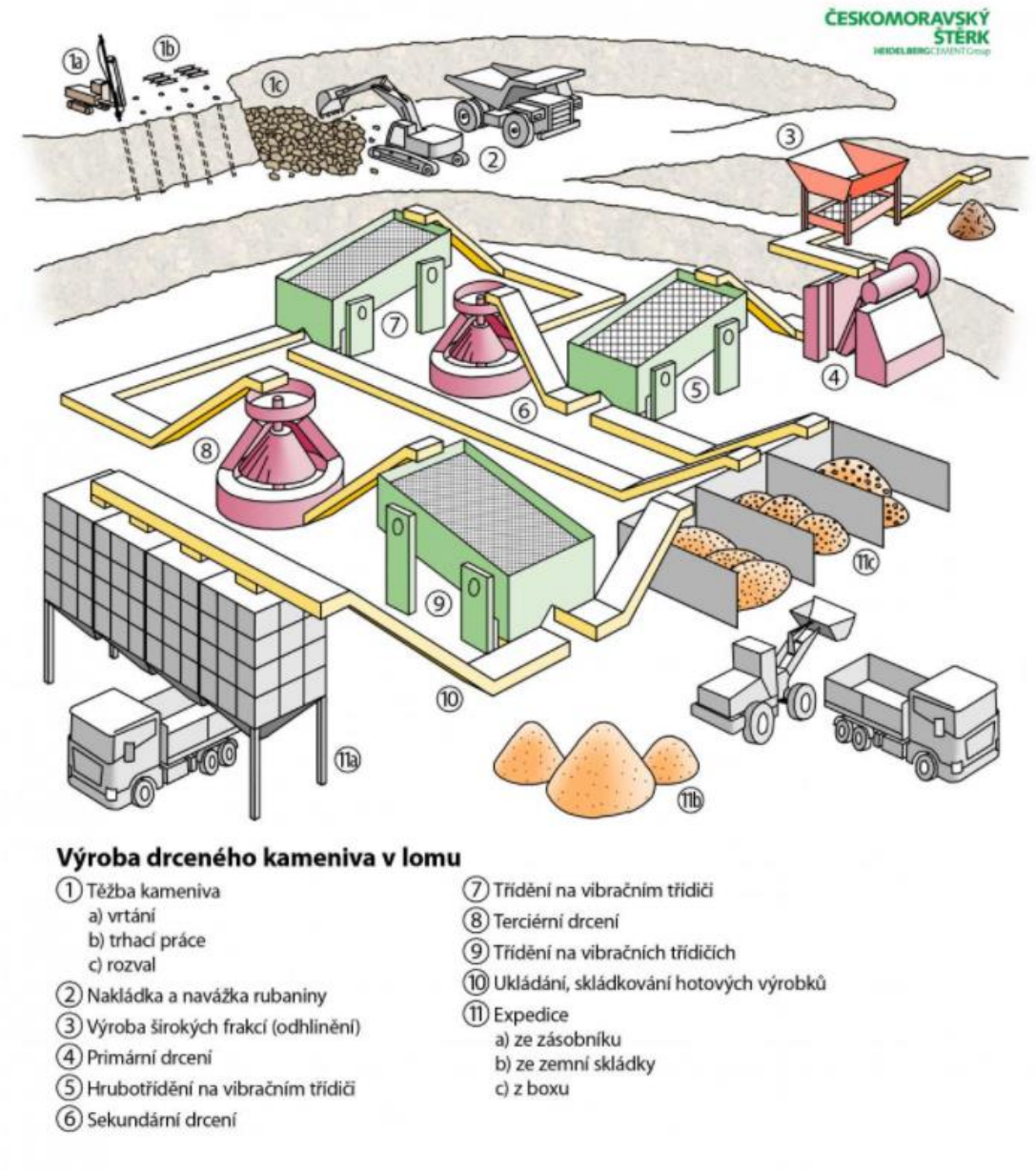
Po sekundárním drcení dochází k druhému třídění kameniva na třídiči, tentokrát ale s jemnějším sítem. Zde se většinou odděluje drážní kamenivo a zbylé frakce jsou určeny k dalšímu zpracování (Obrázek 1: 7).

Kamenivo určené k dalšímu zpracování se dále dopravuje pomocí vibračního podavače do kuželového drtiče, kde dochází k terciérnímu drcení. Odtud znovu podrcené kamenivo spodem vypadává a dále se přesouvá pomocí pásového dopravníku (Obrázek 1: 8).

Pásový dopravník terciérně podrcené kamenivo dopraví k finálnímu třídění kameniva. Stejně jako sekundárně podrcené kamenivo se terciérně drcené kamenivo třídí na vibračním třídiči, ale s ještě jemnějším sítem. Tímto tříděním již vzniknou hotové frakce (Obrázek 1: 9).

Všechny vytříděné frakce jsou pásovými dopravníky dopraveny do zásobníků (Obrázek 1: 11a), boxů (Obrázek 1: 11c), nebo na zemní skládku (Obrázek 1: 11b).

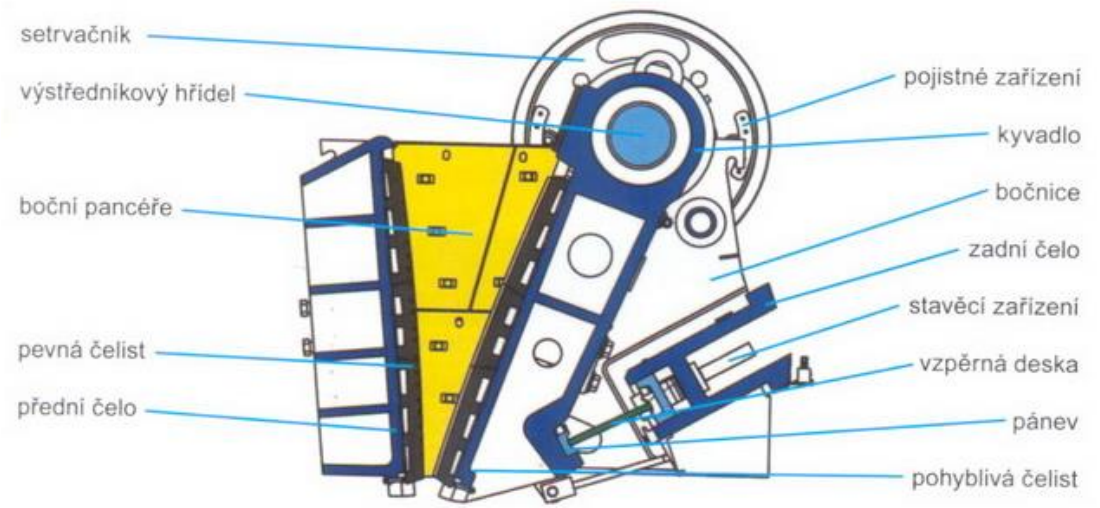
Ze zásobníků jsou frakce sypány přímo na korby nákladních vozidel. Z boxů, nebo ze zemní skládky jsou hotové frakce nakládány na nákladní vozidla většinou kolovým nakladačem, nebo jinou vhodnou mechanizací. Místo nákladních vozidel se dá k přepravě využít také k tomu určených železničních vagonů [2][3].




*Obrázek 1 – Výroba drceného kameniva v lomu [3]*

### 3.1.1 Čelisťové drtiče

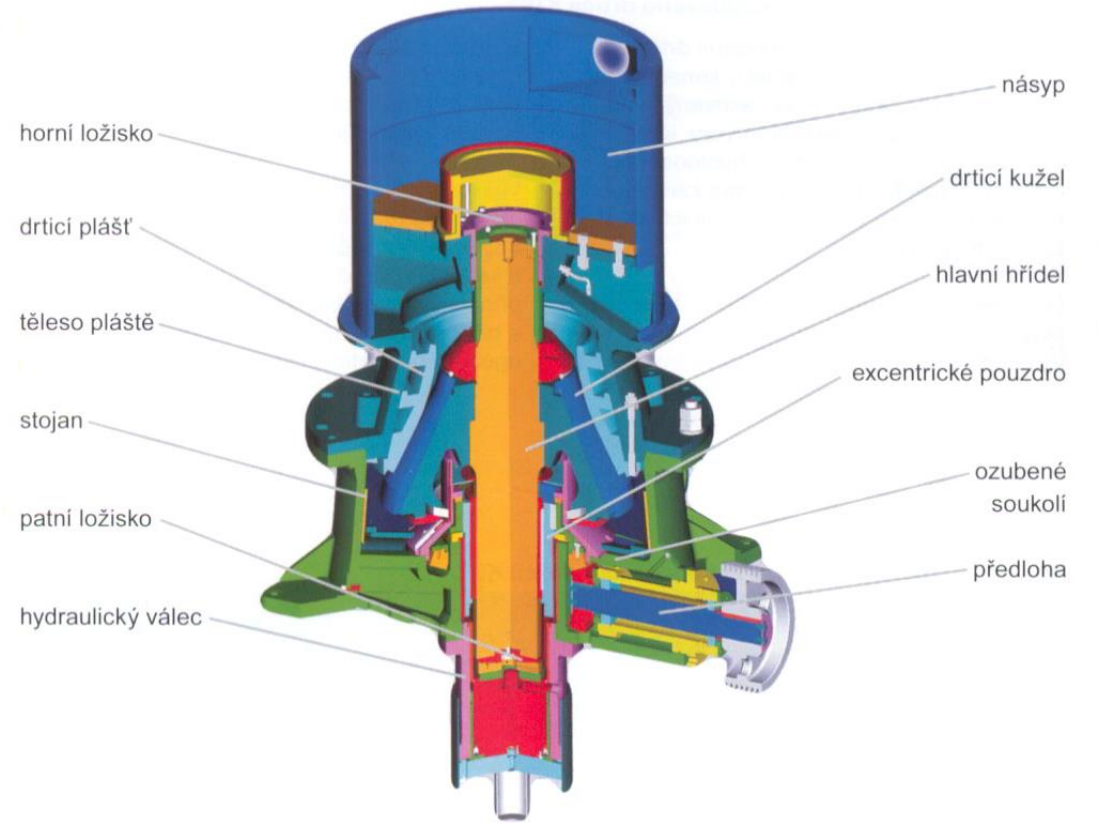
Čelisťové drtiče se používají pro hrubé a střední drcení tvrdých a houževnatých surovin. Materiál je drcen tlakem, zčásti též lámáním nebo roztíráním v prostoru mezi pevnou a pohyblivou čelistí drtiče, a to v průběhu pohybu pohyblivé čelisti proti čelisti pevné. V době, kdy se čelisti od sebe vzdalují, postupuje drcená hornina dolů k výpustné štěrbině. Šířka výpustné štěrbiny se může v určitém rozsahu měnit, což umožňuje získávat produkt požadované zrnitosti. Čelisťové drtiče bývají doplněny odhliňovacími třídiči, které před primárním drcením odstraňují jemnou frakci z materiálu, čímž se dosahuje odlehčení vlastního drtiče [2].




*Obrázek 2 – Řez čelisťovým drtičem [2]*

### 3.1.2 Kuželové drtiče

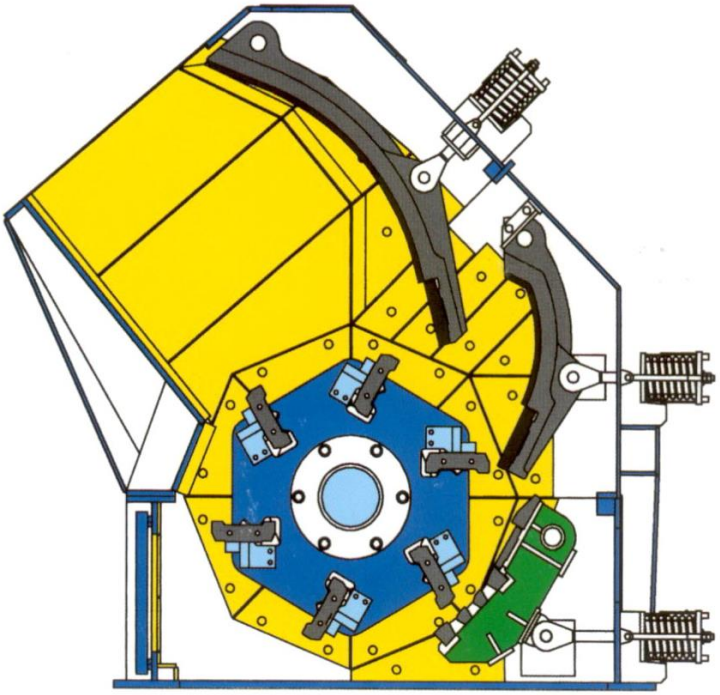
Kuželové drtiče se používají pro hrubé, střední i jemné drcení velmi pevných a obtížně drtitelných hornin. V kuželových drtičích je materiál zdrobňován mezi otáčejícím se drtícím kuželem a nepohyblivým drtícím pláštěm [2].




*Obrázek 3 – Řez kuželovým drtičem [2]*

### 3.1.3 Kladivové a odrazové drtiče

Kladivové a odrazové drtiče drtí materiál prudkými údery kladiv nebo drtících lišt a nárazy rychle se pohybujících zrn na nepohyblivé pancéřové desky. Na rozdíl od čelisťových a kuželových drtičů, ve kterých je průběh rozpadu zdrobňovaných zrn určen jejich polohou v drtícím prostoru, drtí se v úderových drtičích zrna v místech své nejmenší soudržnosti, tj. podél štěpných ploch, různých trhlin a puklin [2].



*Obrázek 4 – Řez odrazovým drtičem [2]*

## 3.2 Výroba těženého kameniva

Výroba těženého kameniva se dělí na dva základní druhy – suchá těžba, nebo těžba z vody, v závislosti na tom, jestli se ložisko těženého kameniva nachází pod vodou, nebo na suchu.

### 3.2.1 Suchá těžba

Pokud se ložisko nachází nad hladinou vody, těží se rovnou bagry, rypadly, nebo jinou vhodnou technikou. Pomocí damprů se pak vytěžené kamenivo dopravuje od ložiska na technologickou linku, kde dochází k jejímu dalšímu zpracování. To již probíhá stejně, jako u drceného kameniva [2].

### 3.2.2 Těžba z vody

Když se ložisko nachází pod vodní hladinou, dochází k těžbě pomocí plovoucích strojů. Konkrétně se používají drapákové, korečkové, nebo sací bagry, které daný materiál těží. Pro přepravu na souš se následně využívá lodí, dopravníkových pásů, nebo potrubí. Na souši se pak kamenivo drtí a třídí, stejně jako kamenivo drcené [2].

*Obrázek 5 – Těžba z vody [2]*

## 3.3 Výroba umělého kameniva

Jelikož umělé kamenivo vzniká při průmyslové výrobě jiných produktů většinou jako odpad, nelze jeho výrobu souhrnně popsat. Jako příklad je v diplomové práci uveden postup výroby vysokopecní strusky, která je ve stavitelství hojně využívána.

Vysokopecní struska vzniká jako odpadní produkt v metalurgickém průmyslu. Žhavá a tekutá struska se od vysokých pecí dopraví pomocí speciálně upravených železničních vozů na odval, kde je postupně ochlazována. Chlazení může probíhat buď vzduchem, nebo vodou. Rychlým ochlazením pomocí vody vzniká granulovaná vysokopecní struska, která se v silničním stavitelství používá jako hydraulické pojivo. Stabilizovaná vysokopecní struska se následně drtí a třídí na struskové kamenivo [2].

*Obrázek 6 – Vylévání žhavé strusky z železničních vozů [2]*

# 4 Návrh zrnitosti asfaltové směsi

Čára zrnitosti je při navrhování asfaltových směsí jedním ze základních navrhovaných parametrů. Jedná se o grafické nebo tabelární vyjádření vztahu mezi velikostí zrn kameniva (nebo směsi kameniva) a propadem hmoty zrn na zvolené sadě sít. Je to součtová čára četnosti, kde nezávisle proměnnou je velikost zrna.

Při navrhování směsi kameniva pro asfaltovou směs je cílem dosáhnout toho, aby výsledná čára zrnitosti směsi kameniva ležela uvnitř příslušného oboru zrnitosti a odpovídala účelu použití směsi.

## 4.1 Postup návrhu čáry zrnitosti

Pro návrh čáry zrnitosti je nutné znát čáry zrnitosti jednotlivých frakcí kameniva a fileru, které se pro návrh budou používat. Ty se zjistí na základě sítových rozborů.

Poté se zvolí procentuální zastoupení jednotlivých použitých frakcí kameniva a fileru. Na základě tohoto zastoupení je vypočten propad na jednotlivých sítech přenásobením procentuálního zastoupení každé použité frakce a odpovídajícího propadu této frakce na daném sítě. Následně se sečte celkový propad výsledné směsi.

Takto získaná čára zrnitosti se posoudí s požadavky na obor zrnitosti – jestli navržená čára zrnitosti leží mezi horní mezní čarou zrnitosti a dolní mezní čarou zrnitosti. Tyto mezní křivky jsou pro jednotlivé asfaltové směsi stanoveny normami.

Pokud se navržená čára zrnitosti nenachází mezi výše zmíněnými mezními čarami, je nutné upravit procentuální zastoupení jednotlivých frakcí a postup opakovat [4].

## 4.2 Fullerova parabola

Nejčastěji používanou křivkou zrnitosti je tzv. Fullerova parabola. Byla vytvořena americkými stavebními inženýry W. B. Fullerem a jeho kolegou Sanfordem E. Thompsonem ve 20. století.

Fullerova křivka byla sestavena čistě empiricky na základě experimentů při výstavbě Jerome Park Reservoir v New Yorku v letech 1903 až 1905.

Tato křivka má zaručit co nejmenší mezerovitost směsi kameniva, a tím pádem i největší objemovou hmotnost směsi kameniva a největší pevnost. Skládá se z eliptické části a z přímkové části, není to tedy parabola. Křivka parabolu ale připomíná, a tak se ustálil pojem Fullerova parabola.

Fullerova parabola byla popsána vztahem:

$$y = 100 * \left(\frac{d}{D}\right)^{0,5}$$

kde

*y* je procentuální propad sítem o průměru oka d [%];

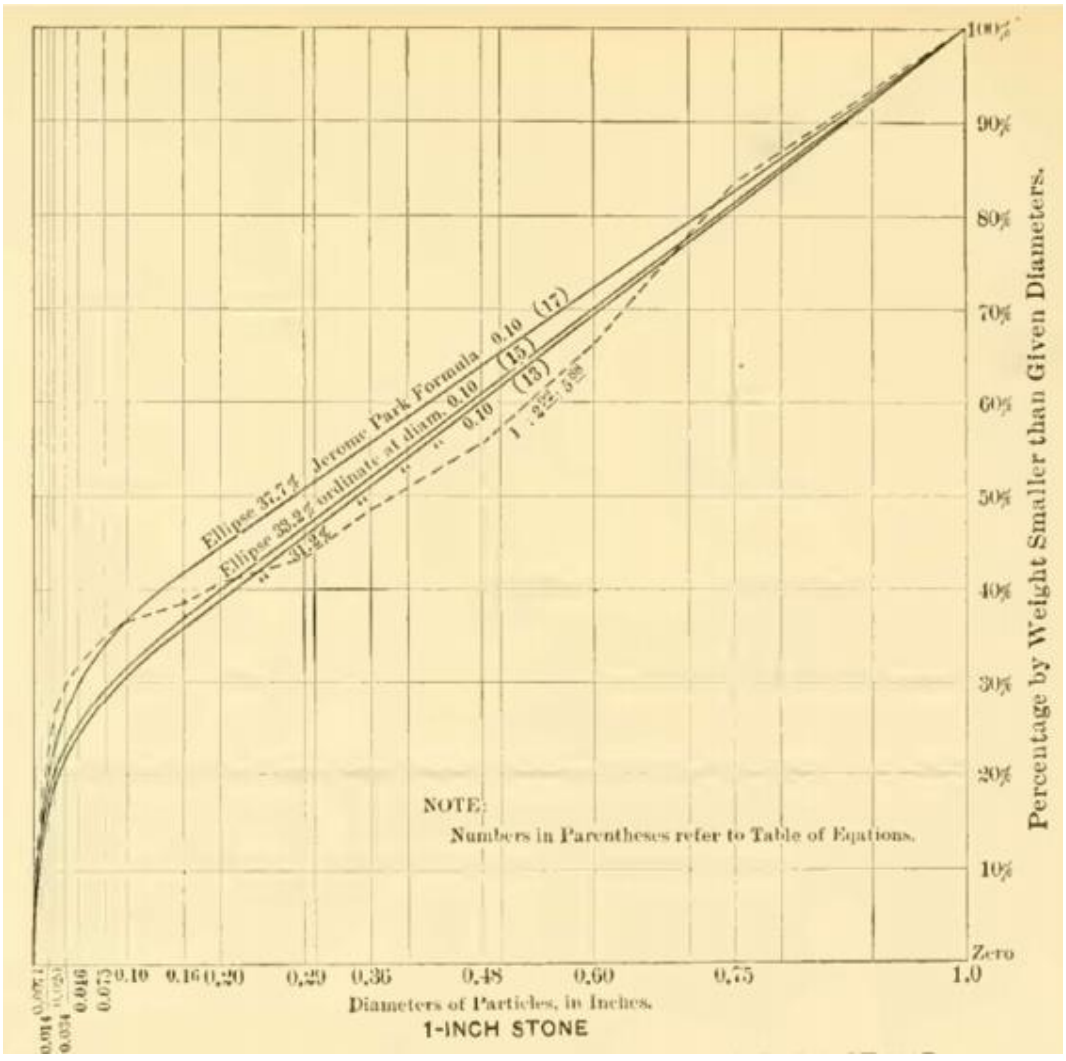
*d* je průměr oka síta [mm];

*D* je maximální velikost oka v soustavě sít [mm].

Tento vztah byl v roce 1962 upraven americkou organizací Federal Highway Administration (FHWA), kde organizace upřesnila exponent z 0,5 na 0,45. Touto úpravou bylo dosaženo ještě vyšší objemové hmotnosti směsi. Takto upravený vztah se pro návrh asfaltových směsí používá dodnes [5].

Aktuální vzorec pro Fullerovu křivku:

$$y = 100 * \left(\frac{d}{D}\right)^{0,45}$$




*Obrázek 7 – Původní zobrazení Fullerovy křivky [5]*

# 5 Výroba asfaltové směsi

## 5.1 Popis šaržové obalovny

Asfaltová směs se vyrábí dle výrobního předpisu pro jednotlivé směsi na obalovně.

Velmi často jsou obalovny situovány v těsné blízkosti kamenolomu, díky čemuž mají zajištěný přísun kameniva. Pokud tomu tak není, nebo kamenolom není schopen dodat některé požadované frakce, tak se jednotlivé frakce kameniva dováží. Jednotlivé frakce se skladují na zpevněné a odvodněné ploše. Skládky jednotlivých frakcí jsou od sebe navzájem odděleny, aby nedocházelo k jejich mísení. Skládky drobného kameniva je vhodné zastřešit.

Filer se skladuje v silech, kde musí být oddělen filer vratný (získaný zpětnou filtrací během sušení kameniva) od fileru nakoupeného. Tyto sila jsou vybavena filtry, aby při plnění nedocházelo k znečišťování ovzduší.

Asfaltové pojivo se skladuje v nádržích, kde každý druh pojiva má svou vlastní nádrž. Tyto nádrže jsou vybaveny nepřímým ohřevem.

Nejdříve se pomocí vhodné techniky (např. nakladačem) předdávkují jednotlivé potřebné frakce kameniva (Obrázek 8: 1) do násypek. Každá frakce má svojí označenou násypku a mezi jednotlivými násypkami nesmí docházet k promíchání frakcí.

Z násypek nadávkované frakce kameniva putují po sběrném pásu do sušícího bubnu (Obrázek 8: 2), kde se ohřívají na předepsanou pracovní teplotu. Rovnoměrné ohřátí je zajištěno rotací bubnu kolem své osy.

Na sušící buben navazuje korečkový elevátor (Obrázek 8: 7), který pomocí korečků zajišťuje dopravu horké směsi kameniva na vrchol míchací věže.

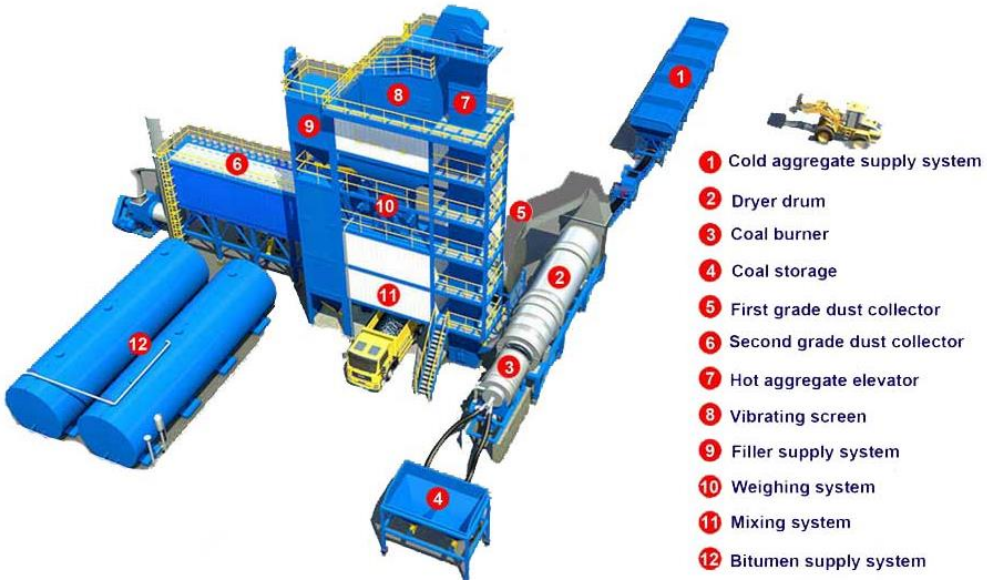
Na vrcholu míchací věže se nachází sítové třídící zařízení (Obrázek 8: 8), přes které je směs kameniva znovu oddělena na jednotlivé frakce. Tomuto procesu se říká horké třídění. Jednotlivé zásobníky jsou tepelně izolovány, aby se co nejvíce eliminovalo ochlazování frakcí.

Podle požadavků receptury jednotlivých směsí jsou následně jednotlivé frakce dávkovány na váhu kameniva (Obrázek 8: 10) díky pneumaticky ovládaným klapkám. Asfaltové pojivo je z nádrží na váhu asfaltu dopraveno pomocí dávkovacího čerpadla. Filer je na váhu fileru dopravován pomocí šnekových dopravníků.

Všechny navážené vstupní materiály se smíchají v míchačce (Obrázek 8: 11) za pomoci sad lopatek na dvou hřídelích. Pod míchačkou je nejčastěji umístěna výpustná klapka, díky níž je směs vysypávána do vozíku, který je transportován nad otvor v zásobníku hotové směsi prostřednictvím elektrického pohonu. Obalovna mívá k dispozici několik zásobníků pro uložení hotové asfaltové směsi. Tyto zásobníky jsou izolovány, aby nedocházelo k ochlazování směsí.

Ze zásobníků je hotová asfaltová směs sypána na nákladní automobily připravené pod příslušnými zásobníky.

Během výroby může na obalovnách vznikat větší množství prachu. Problematická je manipulace s kamenivem, která může především v letních měsících znamenat zvýšenou produkci prachu. Je nutné s kamenivem manipulovat co možná nejméně, aby nevznikalo zbytečné znečištění ovzduší. Dále vzniká velké množství prachu během sušení kameniva v sušícím bubnu. Tento prach je zachycován a pomocí šnekových a korečkových dopravníků dopravován do sila, které je k tomu určeno. Tento tzv. vratný filer je možné použít jako vstupní materiál do asfaltové směsi [6].




*Obrázek 8 - Schéma šaržové obalovny [7]*

## 5.2 Rozdíly práce s kamenivem frakce 0/4 mm, nebo 0/2 mm a 2/4 mm

Pro práci s frakcemi 0/2 mm a 2/4 mm by bylo potřeba zajistit při výrobě několik změn. Jak plyne z výsledku kapitoly 6, frakce 0/4 mm by byla i při vzniku oddělených frakcí 0/2 mm a 2/4 mm stále potřebná. Proto by bylo výhodné, aby na obalovnách, kde by se používaly i oddělené frakce, kamenivo frakce 0/4 mm zůstalo.

Samotnou výrobou těchto dvou frakcí by přibyl v lomech další potřebný stupeň třídění a tudíž i požadavek na další drtič.

Po výrobě by musely být pro tyto směsi v areálu obalovny vymezeny samostatné skládky. A jelikož by se jednalo o frakce drobného kameniva, měly by být zastřešené.

Dále by bylo nutné přidat dvě nové násypky, a zároveň by musel kolový nakladač (nebo jiná technika) obsluhovat více násypek. Do horkého třídění by bylo nutné dle potřeby přidat další síto.

Mimo to by bylo nutné provádět samozřejmě pro každou frakci pravidelné kontrolní a průkazní zkoušky.

Všechny výše uvedené opatření by vstupovaly do výdajů na provoz obalovny a lomu, a proto by před zavedením frakcí 0/2 mm a 2/4 mm mělo být promyšleno, zda se pro danou obalovnu a lom ekonomicky vyplatí.

# 6 Vliv frakcí kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na návrh asfaltových směsí (simulace návrhu)

## 6.1 Popis simulace

V této kapitole je simulován vliv dělení frakce 0/4 mm na frakce 0/2 mm a 2/4 mm pro různé druhy asfaltových směsí.

Tato simulace proběhla tak, že se navrhly tři druhy asfaltových směsí, konkrétně BBTM 8 B S, SMA 8 NH a ACP 16+. Návrh každé směsi proběhl se dvěma druhy kameniva frakce 0/4 mm s různými hodnotami propadu na sítě střední velikosti, tedy na sítě s okem o velikosti 2 mm.

Tyto směsi byly vybrány tak, aby byly co nejrůznorodější.

První frakci kameniva byly na sítě s okem o velikosti 2 mm připsány propady 70 % hmotnosti, což je dle ČSN EN 13 242+A1[8] nejvyšší dovolená hodnota pro kategorii $GT_C20/17,5$. Toto kamenivo se označilo jako $GT_C20(70)$. Druhé použité frakci kameniva 0/4 mm byly na sítě o velikosti oka 2 mm připsány propady 50 % hmotnosti, tedy o 20 % méně než u prvního kameniva. Toto kamenivo se označilo jako $GT_C20(50)$. Norma ČSN EN 13 242+A1 předepisuje na tomto sítě meze pro propady 20 až 70 % hmotnosti. Nejnižší dovolená hodnota nebyla v této simulaci použita, protože rozdíl 50 % je už velmi vysoký [8].

Ostatní vstupní materiály, které byly do simulace použity, měly vždy stejné parametry. Pojivo do této simulace nebylo specifikováno, protože jeho vlastnosti na zkoumané výsledky nemají vliv.

Z výše popsaných vstupních materiálů byly navrženy asfaltové směsi tak, aby vyhovovaly požadavkům norem. Obsah kameniva frakce 0/4 mm v asfaltových směsích s $GT_C20(70)$ a $GT_C20(50)$ byl vždy shodný, aby byly lépe rozeznatelné rozdíly.

Na takto navržených asfaltových směsích byl sledován vliv změny zrnitosti kameniva frakce 0/4 mm na celkovou zrnitost směsi. Navržené směsi jsou vyobrazeny jako Příloha 1 až Příloha 3 a souhrn simulace je uveden jako Tabulka 1.

## 6.2 Výsledky simulace

Z výsledků této simulace je jasně vidět, že největší vliv změny zrnitosti kameniva frakce 0/4 mm je u asfaltové směsi s největším podílem frakce 0/4 mm, v této simulaci je to tedy směs ACP 16+. Což byl očekávaný výsledek.

Logicky je jasné, že obecně bude největší vliv změny zrnitosti kameniva u směsí s vysokým obsahem tohoto kameniva, ať se bude jednat o jakékoli kamenivo.

Z toho vyplývá, že třídění kameniva frakce 0/4 mm se vyplatí u asfaltových směsí, které mají vysoký obsah kameniva 0/4 mm. Naopak u směsí, které mají malý obsah této frakce, je výhodnější zůstat u frakce 0/4 mm.

| | **Obsah frakce 0/4 ve směsi** | **Propad na sítě 2 mm s $GT_C20(70)$** | **Propad na sítě 2 mm s $GT_C20(50)$** | **Rozdíl** |
|---|---|---|---|---|
| **BBTM 8 B S** | 24,6 % | 22,4 % | 17,1 % | 5,3 % |
| **SMA 8 NH** | 9,4 % | 17,3 % | 15,3 % | 2,0 % |
| **ACP 16+** | 42,1 % | 35,3 % | 26,5 % | 8,8 % |

*Tabulka 1 - Souhrn výsledků simulace*

# 7 Praktická část

V praktické části této diplomové práce byly v silniční laboratoři porovnávány vlastnosti asfaltové směsi s rozdílným obsahem drobného kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm. Z těchto směsí byla vyrobena zkušební tělesa, na kterých se následně zkoumala zrnitost směsí, objemová hmotnost, mezerovitost, náchylnost asfaltových směsí k trvalé deformaci pod účinkem zatížení, odolnost zkušebních těles vůči vodě, modul tuhosti, odolnost vůči šíření trhliny a pevnost v tahu za ohybu. Cílem praktické části je na základě provedených zkoušek vybrat ideální poměr kameniv frakcí 0/2 mm a 2/4 mm pro asfaltovou směs ACO 11+.

## 7.1 Asfaltová směs

Pro tuto diplomovou práci byla použita asfaltová směs ACO 11+ s asfaltovým pojivem 50/70 podle zkoušky typu přiložené jako Příloha 4. Složení této receptury se neupravovalo, měnil se pouze poměr drobného kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm. Obsah kameniva frakce 0/4 mm v receptuře se označil jako 100 % hmotnosti a rozdělil se v pěti poměrech:

0) 60 % 0/2 mm a 40 % 2/4 mm
1) 50 % 0/2 mm a 50 % 2/4 mm
2) 40 % 0/2 mm a 60 % 2/4 mm
3) 70 % 0/2 mm a 30 % 2/4 mm
4) 80 % 0/2 mm a 20 % 2/4 mm

Na žádost stavební firmy, která poskytla pro diplomovou práci podklady a materiál, byl ke každému poměru dopočítán obsah fileru tak, aby propad sítem 0,063 mm u asfaltové směsi byl stálý. Z takto rozděleného kameniva, fileru a asfaltu 50/70 bylo následně vyrobeno pět asfaltových směsí. Výsledné zrnitosti kameniva a směsí jsou uvedeny v Tabulkách 2 a 3.

| Síto | Meze dle ČSN 73 6121 | Zkouška typu původní směsi | Poměr kameniva 0/2 a 2/4 [%] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 80/20 Směs 4 | 70/30 Směs 3 | 60/40 Směs 0 | 50/50 Směs 1 | 40/60 Směs 2 |
| 22,4 | - | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| 16 | 100 % | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| 11,2 | 90 - 100 % | 99,1% | 99,4% | 99,4% | 99,4% | 99,4% | 99,4% |
| 8 | 70 - 90 % | 81,8% | 84,1% | 84,2% | 84,4% | 84,5% | 84,6% |
| 5,6 | - | | 66,8% | 67,1% | 67,4% | 67,6% | 67,9% |
| 4 | 42 - 68 % | 53,1% | 55,1% | 54,8% | 54,6% | 54,3% | 54,0% |
| 2 | 24 - 49 % | 38,9% | 44,1% | 39,9% | 35,9% | 31,8% | 27,9% |
| 1 | - | | 29,6% | 27,3% | 25,2% | 22,9% | 20,8% |
| 0,5 | - | | 21,1% | 19,9% | 18,9% | 17,7% | 16,6% |
| 0,25 | - | | 15,9% | 15,5% | 15,1% | 14,6% | 14,1% |
| 0,125 | 4 - 14 % | 12,7% | 12,3% | 12,2% | 12,1% | 11,9% | 11,7% |
| 0,063 | 3 - 11 % | 10,8% | 9,9% | 9,9% | 9,9% | 9,9% | 9,9% |

*Tabulka 2 – Zrnitost směsí kameniva*

| | | Zkouška typu původní směsi | Poměr kameniva 0/2 a 2/4 [%] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 80/20 Směs 4 | 70/30 Směs 3 | 60/40 Směs 0 | 50/50 Směs 1 | 40/60 Směs 2 |
| Kamenivo | 0/4 | 43,3% | 44,0% | 43,7% | 43,3% | 43,0% | 42,7% |
| | 4/8 | 27,3% | 27,8% | 27,5% | 27,3% | 27,1% | 26,9% |
| | 8/11 | 17,0% | 17,3% | 17,2% | 17,0% | 16,9% | 16,7% |
| Filer | Kunčice | 6,6% | 5,0% | 5,8% | 6,6% | 7,3% | 8,0% |
| Pojivo | 50/70 | 5,8% | 5,9% | 5,9% | 5,8% | 5,8% | 5,7% |

*Tabulka 3 – Složení směsí*

Ze sítového rozboru kameniva frakce 0/4 mm bylo zjištěno, že poměr kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm je bez úprav přibližně 60/40. Na základě tohoto poznatku byla směs s poměrem kameniva 60/40 určena jako směs referenční, jejíž vlastnosti přibližně odpovídají původní asfaltové směsi.

## 7.2 Kontrolní zkoušky vstupních materiálů

Na všech vstupních materiálech byly provedeny kontrolní zkoušky uvedené v normě ČSN 73 6121 [9]. Na každé vstupní frakci kameniva byl proveden sítový rozbor dle ČSN EN 933-1 [10], na frakcích hrubého kameniva byl navíc zjišťován tvarový index podle ČSN EN 933-4 [11]. Na fileru byl proveden sítový rozbor dle ČSN EN 933-1 [10] a u asfaltového pojiva byly stanoveny penetrace při 25 °C podle ČSN EN 1426 [12] a bod měknutí podle ČSN EN 1427 [13]. Výsledky těchto kontrolních zkoušek byly porovnány se zkouškami typu a prohlášeními o vlastnostech jednotlivých materiálů. Tyto dokumenty jsou přiloženy jako Příloha 5 až Příloha 7.

### 7.2.1 Sítový rozbor

Nejdříve se připravila zkušební navážka podle Tabulky 1 z normy ČSN EN 933-1 [10]. Tato navážka byla v některých případech následně zmenšena, aby nedošlo k přetížení jednotlivých sít. Na žádném sítě nebyla hmotnost kameniva větší než:

$$\frac{A * \sqrt{d}}{200}$$

kde

*A* je plocha síta [mm$^2$];

*d* je velikost otvorů síta [mm].

Zkušební navážka se následně vysušila při teplotě (110 ± 5) °C do ustálené hmotnosti. Takto vysušená navážka se nechala vychladnout, zvážila se a zaznamenala se její hmotnost.

Navážka se poté vložila na sloupec předem připravených sít. Kamenivo se za stálého mechanického třesání propíralo, dokud voda, která odtékala ze vzorku, nebyla zcela čirá. V prosévání se pokračovalo, dokud docházelo na jednotlivých sítech k propadu materiálu.

Takto zachycený materiál se dal na sítech vysušit při teplotě (110 ± 5) °C. Po vysušení se znovu přesítoval (již za sucha), a poté se materiál zachycený na jednotlivých sítech zvážil [10].

Z výsledků sítového rozboru kameniva frakce 0/4 mm v Tabulce 5 je u navážky č. 1 vidět na sítu o velikosti 2 mm značný propad, který se zároveň poměrně hodně liší od zkoušky typu tohoto kameniva. Kvůli tomuto výsledku byla navážka dle ČSN EN 13242+A1 [8] zařazena do kategorie $GT_F20$. Z tohoto důvodu bylo na této frakci kameniva provedeno větší množství

sítových rozborů. Následující výsledky se již mnohem více shodovaly s hodnotami ze zkoušky typu, díky čemuž byly všechny dle ČSN EN 13242+A1 [8] zařazeny do kategorie $GT_F10$ a kamenivo bylo pro práci použito. Příčina prvotní odchylky propadu je přisuzována segregaci materiálu při přepravě do laboratoře a nedostatečné kvartaci kameniva před zkouškou.

Zachycené hmotnosti se vypočítaly jako procenta původní suché hmotnosti. Procento jemných částic *f* se určilo podle rovnice:

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} * 100$$

kde

$M_1$ je suchá hmotnost zkušební navážky [kg];

$M_2$ je suchá hmotnost zbytku zachyceného na sítě 0,063 mm [kg];

$P$ je hmotnost vytříděného materiálu zbylého na dně [kg] [10].

Následně se kamenivo zatřídilo dle Tabulky 2, 3 a 4 z ČSN EN 13242+A1 [8] do Kategorií *G, GT a* $GT_F$. Na základě obsahu jemných částic se kamenivo zatřídilo dle Tabulky 8 do Kategorie *F*. Výsledky jsou uvedeny v Tabulkách 4 a 5.

### 7.2.2 Tvarový index SI

Na hrubém kamenivu frakce 4/8 mm a 8/11 mm byl následně zjišťován tvarový index SI podle ČSN EN 933-4 [11].

Po sítovém rozboru viz 7.2.1 se z navážky odstranila všechna zrna propadlá sítem 4 mm. Takto zmenšená navážka se zvážila a hmotnost se zaznamenala jako $M_0$. Následně se odstranila všechna zrna menší než *d* a větší než *D*, navážka se znovu zvážila a hmotnost se zaznamenala jako $M_1$.

Poté se posoudila délka *L* a tloušťka *E* každého zrna pomocí dvoučelišťového posuvného měřítka a oddělila se zrna, která měla rozměrový součinitel $L/E > 3$. Tato zrna byla klasifikována jako zrna nekubického tvaru, byla zvážena a jejich hmotnost byla zaznamenána jako $M_2$.

Tvarový index kameniva se vypočetl podle vztahu:

$$SI = \left(\frac{M_2}{M_1}\right) * 100$$

kde

$M_1$ je hmotnost zkušební navážky [g];

$M_2$ je hmotnost nekubických zrn [g] [11].

Na základě těchto výsledků bylo kamenivo zatříděno dle Tabulky 6 z ČSN EN 13242+A1 [8] do Kategorie *SI*. Kategorie jsou uvedeny v Tabulkách 4 a 5 a shodují se s podklady poskytnutými stavební firmou.

| **Propady kameniva** | **8/11** | **4/8** | **4/8** |
|---|---|---|---|
| 22,4 | 100,00% | 100,00% | 100,00% |
| 16 | 100,00% | 100,00% | 100,00% |
| 11,2 | 96,65% | 100,00% | 100,00% |
| 8 | 24,36% | 93,00% | 93,25% |
| 5,6 | 1,68% | 48,28% | 49,48% |
| 4 | 1,55% | 13,09% | 13,70% |
| 2 | 1,40% | 3,10% | 4,16% |
| 1 | 1,38% | 2,62% | 3,63% |
| 0,5 | 1,36% | 2,51% | 3,42% |
| 0,25 | 1,27% | 2,30% | 3,05% |
| 0,125 | 1,12% | 1,52% | 1,81% |
| 0,063 | 0,84% | 0,35% | 0,43% |
| **Hodnocené parametry dle ČSN EN 13242+A1** | | | |
| Kategorie | $GT_C$ 25/15 | $G_C$ 85-15 | $G_C$ 85-15 |
| | | $GT_C$ 25/15 | $GT_C$ 25/15 |
| Obsah jemných částic | $f_2$ | $f_2$ | $f_2$ |
| Tvarový index | $SI_{40}$ | $SI_{40}$ | $SI_{40}$ |

*Tabulka 4 - Kontrolní zkoušky hrubého kameniva*

| **Propady kameniva 0/4** | **Navážka č. 1** | **Navážka č. 2** | **Navážka č. 3** | **Navážka č. 4** |
|---|---|---|---|---|
| 5,6 | 99,95% | 99,84% | 99,87% | 99,69% |
| 4 | 95,77% | 94,87% | 93,35% | 93,98% |
| 2 | 66,05% | 59,72% | 57,06% | 59,63% |
| 1 | 42,73% | 37,45% | 33,90% | 35,44% |
| 0,5 | 27,63% | 24,66% | 20,09% | 22,58% |
| 0,25 | 17,87% | 16,49% | 12,55% | 15,26% |
| 0,125 | 12,30% | 11,69% | 8,92% | 11,01% |
| 0,063 | 9,25% | 8,85% | 6,98% | 8,43% |
| **Hodnocené parametry dle ČSN EN 13242+A1** | | | | |
| Kategorie | $GT_F20$ | $GT_F10$ | $GT_F10$ | $GT_F10$ |
| | $G_F85$ | $G_F85$ | $G_F85$ | $G_F85$ |
| Obsah jemných částic | $f_{10}$ | $f_{10}$ | $f_7$ | $f_{10}$ |

*Tabulka 5 – Kontrolní zkoušky jemného kameniva 0/4 mm*

### 7.2.3 Zrnitost fileru

Kontrolní zkouška zrnitosti fileru se prováděla stejně jako kontrolní zkoušky zrnitosti kameniva dle postupu 7.2.1 Sítový rozbor.

Výsledky se nelišily od údajů poskytnutých obalovnou.

### 7.2.4 Penetrace asfaltového pojiva

Zkouška penetrace asfaltového pojiva se prováděla v souladu s ČSN EN 1426 [12].

Z kovové nádoby s asfaltovým pojivem se odebral laboratorní vzorek, předehřál se na teplotu maximálně 150 °C a naplnily se jím dvě nádoby na analytické vzorky. Nádoby se naplnily do takové výše, aby po zchlazení vzorků na zkušební teplotu byla tato výška nejméně o 10 mm větší než hloubka, o které se předpokládá, že do ní vnikne jehla.

Obě nádoby se ihned po naplnění přikryly kádinkou a nechaly se přirozeně zchladnout. Vychladlé vzorky se poté umístily do vodní lázně s řízenou konstantní teplotou a natemperovaly se na zkušební teplotu 25 °C.

Zkouška se prováděla ve vodní lázni s řízenou konstantní teplotou. Nádoba se vzorkem se umístila přímo pod jehlu penetrometru. Penetrační jehla se snižovala do té doby, dokud se nedotkla svého odráženého obrazu na vzorku pojiva. Tato pozice se zaznamenala jako nulová pozice. Samotná zkouška probíhala uvolněním a samovolným zajížděním penetrační jehly do vzorku po dobu 5 sekund. Po ukončení zkoušky se zaznamenal průnik (penetrace) jehly pojivem.

Na každém vzorku se provedly 3 měření (celkem tedy 6 stanovení), pokaždé s čistou jehlou tak, aby byly body penetrace alespoň 10 mm od kraje a 10 mm od předchozích bodů penetrace. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 6 a odpovídají podkladům, které byly poskytnuty obalovnou [12].

| **Penetrace asfaltu 50/70 [0,1 mm]** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jednotlivá stanovení | 51,4 | 50,8 | 50,6 | 50,2 | 50,8 | 50,6 |
| Průměrná hodnota penetrace | 51 | | | | | |

*Tabulka 6 – Penetrace asfaltu*

### 7.2.5 Bod měknutí asfaltu

Zkouška se prováděla podle normy ČSN EN 1427 [13].

Rozehřátý vzorek asfaltového pojiva se po nalití do penetračních misek dále rozlil do mosazných kroužků pro stanovení bodu měknutí.

Do obou kroužků se nalil vzorek zahřátého asfaltu a vzorky se nechaly chladit při laboratorní teplotě na dobu alespoň 30 minut.

Po zchladnutí se odstranilo přebytečné množství vzorku, aby byly povrchy vzorků zarovnány s okrajem kroužku.

Následně se sestavil rámeček s kroužky naplněnými vzorky, středícím zařízení pro kuličky a zasazeným teploměrem a lázeň se naplnila tak, aby povrch lázně byl (50 ± 3) mm nad horním okrajem kroužků. Pro lázeň se použila čerstvě převařená ochlazená destilovaná voda.

Kádinka s lázní se umístila do ledové vody, aby byla zchlazena na teplotu (5 ± 1) °C. Při této teplotě byla udržována 15 až 20 minut. Poté se kádinka s lázní a sestavou vyjmula z vody, osušil se vnější povrch a umístil se do zkušebního přístroje.

Kuličky se umístily pomocí chemických kleští do středícího zařízení. Následně se začalo s ohříváním a mícháním vody tak, aby byla teplota ohřívána rovnoměrně rychlostí 5 °C/min.

U obou kroužků a kuliček se zaznamenala teplota, při které se asfalt kolem kuličky dotkl základní desky. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 7. Jak je vidět, překročily normou povolené rozmezí 46 - 54 °C [13]. Kontrolní zkoušky měknutí asfaltu na obalovně ale opakovaně ukázaly výsledky vyhovující tomuto rozmezí. Díky tomu byl tento asfalt při diplomové práci použit.

| **Bod měknutí asfaltu 50/70 [°]** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Jednotlivá měření | 57,9 | 57,4 | 57,1 | 58,1 |
| Průměrná hodnota | 57,6 | | | |

*Tabulka 7 – Bod měknutí asfaltu*

## 7.3 Výroba asfaltových směsí

Výroba jednotlivých asfaltových směsí podle receptur uvedených v kapitole 7.1 byla prováděna v souladu s ČSN EN 12697-35 [14].

Nejdříve se vysušilo kamenivo. Následně se udělaly navážky kameniva a fileru s přesností na 0,1 % hmotnosti. Poté se navážky a vzorek asfaltového pojiva v kovové nádobě uložil do odvětrávané sušárny pro dosažení předepsané laboratorní teploty míchání 150 °C s přesností ±5 °C.

Následně se do předehřáté komory laboratorní míchačky na požadovaných 150 °C vložily navážky všech frakcí hrubého i drobného kameniva a nechaly se 180 s promíchat. Poté se přidala navážka asfaltového pojiva a směs se nechala promíchat dalších 60 s. Na závěr se do směsi přidala navážka fileru a směs se míchala dalších 120 s [14].

*Obrázek 9 – Výroba asfaltových směsí*

## 7.4 Výroba zkušebních těles rázovým zhutňovačem

Zkušební tělesa se připravovala podle ČSN EN 12697-30 [15]. Pro tuto diplomovou práci bylo vyrobeno pro každou směs 6 zkušebních těles na zkoušení modulu tuhosti (IT-CY) podle ČSN EN 12697-26 [16]. Tato tělesa se vyráběla z přibližně 1 250 g směsi 2x50 údery rázového zhutňovače. Dále bylo vyrobeno pro každou směs 8 zkušebních těles pro stanovení odolnosti těles vůči vodě podle ČSN EN 12697-12 [17]. Tato tělesa se vyráběla z přibližně 1 150 g směsi 2x25 údery rázového zhutňovače.

K výrobě zkušebních těles se použila asfaltová směs vyrobená v laboratoři podle kapitoly 7.3. Takto připravená směs se navážila do fanek tak, aby v každé bylo přibližně 1 250 g (případně 1 150 g). Fanky se směsí se daly temperovat do sušáren bez přívodu čerstvého vzduchu nastavených na teplotu hutnění 150 °C. Během temperování směsi byla zároveň nahřáta forma, podložka formy a nástavec.

Následně se smontovala podložka formy, forma pro hutnění o vnitřním průměru 101,6 ± 0,1 mm a nástavec. Na podložku formy se položilo kolečko z nesavého papíru, forma se naplnila ohřátou směsí, směs se srovnala ohřátou špachtlí a přikryla se dalším kolečkem

z nesavého papíru. Aby bylo zabráněno segregaci směsi, byla směs ve fance vždy před naplněním promíchána ohřátou špachtlí.

Ihned po naplnění formy následovalo hutnění pomocí rázového zhutňovače s ocelovým dolním podstavcem tak, aby bylo těleso zhutněno maximálně během 4 minut. Sestava se zafixovala k podstavci, nasadil se hutnící pěch a tělesa se hutnila 50 (případně 25) údery. Poté se sejmul nástavec, forma se obrátila a položila se zpět na podložku. Zde se forma znovu zafixovala k podstavci, nasadil se hutnící pěch a směs se hutnila dalšími 50 (případně 25) údery.

Forma se směsí, která byla zhutněna z obou stran, se uložila na válcovou podložku, zkušební těleso se chladilo na vzduchu na teplotu přibližně 40 °C, a poté se vysunulo z formy výtlačným zařízením a označilo [15].

*Obrázek 10 – Výroba zkušebních těles rázovým zhutňovačem*

## 7.5 Výroba zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem

Zkušební tělesa pro zkoušku pojíždění kolem se vyráběla v souladu s ČSN EN 12697-33 [18]. Pro diplomovou práci byly vyrobeny 2 desky o rozměrech *b*l*h* = 260*320*40 mm ke každé směsi. Jmenovitá tloušťka 40 mm byla stanovena na základě maximální velikosti zrna směsi v rozmezí 8 až 16 mm dle ČSN EN 12697-22+A1 [19].

K výrobě zkušebních těles se použila asfaltová směs vyrobená v laboratoři podle kapitoly 7.3. Takto vyrobená směs se navážila do předem nahřátých nádob a dala se temperovat do sušáren bez přívodu čerstvého vzduchu nastavených na teplotu 150 °C. Hmotnost navážky se určila z požadovaných rozměrů tělesa a objemové hmotnosti $\rho_{bssd}$ zjišťované metodou nasycený suchý povrch (SSD) viz kapitola 7.7.2 Objemová hmotnost – Postup nasycený suchý povrch (SSD). Během temperování směsi byla zároveň nahřáta kovová forma a plechový obdélník.

Když asfaltová směs dosáhla požadované teploty, sestavila se výrobní forma a všechny její stěny se nastříkaly separačním prostředkem. Aby bylo zabráněno segregaci směsi, byla směs v nahřívací nádobě vždy před naplněním promíchána ohřátou špachtlí. Poté se forma naplnila nahřátou asfaltovou směsí a srovnala se nahřátou špachtlí do roviny. Takto připravená forma se přikryla nahřátým plechovým obdélníkem, na který se vyskládaly hutnící lamely.

Ihned po sestavení soupravy se začalo s hutněním. Lamely se nejdříve nechaly pojíždět hutnícím válcem, dokud nedošlo k zatlačení hutnících lamel do směsi tak hluboko, aby vyčnívaly přibližně 2 mm nad formu. Po časovém intervalu 5-8 minut se začalo s druhým hutněním, kdy se lamely nechaly pojíždět válcem, dokud nedošlo k úplnému zatlačení lamel

do formy. Po dalších 5-8 minutách se nakonec lamely nechaly pojíždět hutnícím válcem 15 pojezdy.

Po dokončení hutnění směsi se zvedl hutnící válec, postupně se vyndaly hutnící lamely, plechový obdélník a zhutněné těleso pro zkoušku pojíždění kolem i s kovovou podložkou. Těleso i s podložkou se nechalo vychladnout a poté se od podložky oddělilo několika jemnými údery kladivem [18].

*Obrázek 11 - Výroba zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem*

## 7.6 Rozměry asfaltových zkušebních těles

Rozměry zkušebních těles se stanovovaly v souladu s ČSN EN 12697-29 [20]. Pro stanovování rozměrů byla použita digitální šuplera s přesností 0,01 mm. Výsledné hodnoty jsou uvedeny jako Příloha 8 až Příloha 9.

### 7.6.1 Měření výšky válcových zkušebních těles

Měření se provádělo ve čtyřech bodech každého tělesa, které od sebe byly rovnoměrně vzdáleny. Všechna měření byla provedena přibližně 10 mm od hrany zkušebního tělesa. Poté se výška zkušebního tělesa definovala jako průměr z těchto čtyř měření s přesností na 0,1 mm [20].

### 7.6.2 Měření průměru válcových zkušebních těles

Měření průměrů zkušebních těles se provádělo dvakrát, a to ve směrech na sebe přibližně kolmých. Průměr zkušebního tělesa se následně stanovil jako průměr z těchto hodnot s přesností na 0,1 mm [20].

### 7.6.3 Měření výšky zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem

Výška pravoúhlých zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem se měřila v šesti bodech. Na kratších stranách tělesa bylo provedeno vždy jedno měření přibližně v polovině strany, v delších stranách tělesa byly poté provedeny měření dvě, a to přibližně ve třetinách strany. Výška zkušebního tělesa pro zkoušku pojíždění kolem se poté stanovila jako průměr z těchto šesti hodnot s přesností na 0,1 mm [20].

## 7.7 Objemové hmotnosti asfaltových zkušebních těles

Stanovení objemových hmotností zkušebních těles bylo provedeno v souladu s ČSN EN 12697-6 [21]. U všech válcových zkušebních těles byla objemová hmotnost stanovena postupem podle rozměrů. Dále pak u válcových zkušebních těles, která byla vyrobena 2x50 údery rázového zhutňovače, a u zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem, byla objemová hmotnost stanovena i postupem nasycený suchý povrch (SSD).

Všechna zkušební tělesa se vážila na váhách s přesností na 0,1 g [21].

### 7.7.1 Objemová hmotnost – Postup podle rozměrů

Při postupu zjišťování objemové hmotnosti dle rozměrů se nejdříve určily rozměry těles viz kapitola 7.6 Rozměry asfaltových zkušebních těles. Následně se stanovila hmotnost suchých těles $m_1$.

Výpočet objemové hmotnosti – suché zkušební těleso $\rho_{b,dim}$ se prováděl s přesností na 0,001 Mg/m$^3$ podle vzorce uvedeného níže.

$$\rho_{b,dim} = \frac{m_1}{\frac{\pi}{4} * h * d^2} * 10^3$$

kde

$\rho_{b,dim}$ je objemová hmotnost zkušebního tělesa podle rozměrů [Mg/m$^3$];

$m_1$ je hmotnost suchého zkušebního tělesa [g];

$h$ je výška zkušebního tělesa [mm];

$d$ je průměr zkušebního tělesa [mm] [21].

### 7.7.2 Objemová hmotnost – Postup nasycený suchý povrch (SSD)

Při určování objemové hmotnosti podle tohoto postupu se nejdříve získala hmotnost suchého zkušebního tělesa $m_1$. Poté se stanovila teplota vody ve vodní lázni pro získání hustoty vody. Následně se zkušební těleso ponořilo do vodní lázně, kde se sytilo po dobu mezi 30 a 180 minutami. Takto nasycené zkušební těleso se ponořené zvážilo a tato hmotnost se zaznamenala jako $m_2$. Poté se těleso z vody vyjmulo, povrchově se osušilo vlhkou jelenicí a následně se zvážilo potřetí. Tato hmotnost byla zaznamenána jako $m_3$.

Výpočet objemové hmotnosti – nasycený suchý povrch (SSD) $\rho_{bssd}$ se prováděl s přesností na 0,001 Mg/m$^3$ podle následujícího vzorce.

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

kde

$\rho_{bssd}$ je objemová hmotnost SSD [Mg/m$^3$];

$m_1$ je hmotnost suchého zkušebního tělesa [g];

$m_2$ je hmotnost zkušebního tělesa ve vodě [g];

$m_3$ je hmotnost zkušebního tělesa nasyceného vodou a povrchově usušeného [g];

$\rho_w$ je hustota vody [Mg/m$^3$] při zkušební teplotě, která se zjišťovala dle vztahu:

$$\rho_w = 1{,}00025205 + \left(\frac{7{,}59 * t - 5{,}32 * t^2}{10^6}\right)$$

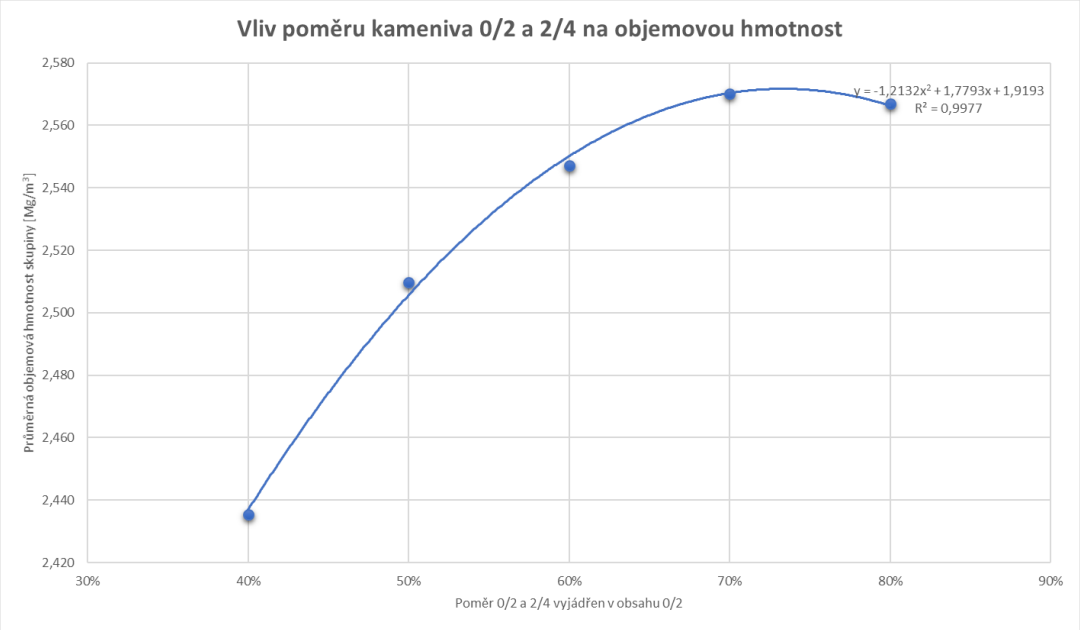
kde

$t$ je teplota vody [°C];

$\rho_w$ je hustota vody při zkušební teplotě [Mg/m$^3$] [21].

### 7.7.3 Interpretace výsledků zkoušky

Na základě výsledků objemové hmotnosti $\rho_{bssd}$ podle postupu nasycený suchý povrch (SSD) byla vytvořena závislost poměru kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm na této objemové hmotnosti viz Příloha 12 a Obrázek 12.




*Obrázek 12 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na objemovou hmotnost*

Ve výše uvedeném grafu lze pozorovat průběh závislosti kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm na objemové hmotnosti. Tato závislost se pro asfaltovou směs, se kterou se v diplomové práci pracovalo, dá vyjádřit pomocí kvadratické rovnice:

$$y = -1{,}2132 * x^2 + 1{,}7793 * x + 1{,}9193$$

Tento trend má kvůli kvadratickému průběhu a vrcholu v rozmezí 70 – 75 % obsahu kameniva frakce 0/2 mm nepředpokládaný průběh. Předpokládal se průběh lineární, který bude s přibývajícím poměrem kameniva frakce 0/2 mm stále růst.

## 7.8 Maximální objemová hmotnost

Stanovení maximální objemové hmotnosti se provádělo v souladu s ČSN EN 12697-5 [22] podle Volumetrického postupu.

Vzorky směsi pro tuto zkoušku se odebraly po vyhotovení směsi podle kapitoly 7.3 Výroba asfaltových směsí. Hmotnosti těchto vzorků byly větší než padesátinásobek číselné hodnoty maximálního zrna kameniva v milimetrech, tedy 550 g.

V průběhu chladnutí takto navážené směsi se vzorek ručně rozdroboval a rozděloval tak, aby největší shluk zrn byl menší než 6 mm.

Všechny zkušební vzorky se vážily na váhách s přesností na 0,1 g. Objem použitých pyknometrů byl stanoven v $m^3$ s přesností 0,5 x $10^{-6}$ $m^3$.

Nejdříve se stanovila hmotnost $m_1$ prázdného pyknometru s nástavcem o známém objemu $V_p$. Poté se do tohoto pyknometru vložil vysušený rozdrobený vzorek asfaltové směsi a stanovila se hmotnost pyknometru se směsí a s nástavcem jako $m_2$. Takto naplněný pyknometr se naplnil destilovanou vodou do výšky maximálně 30 mm pod okraj pyknometru.

Zachycený vzduch se odstranil částečným vakuem s podtlakem 4 kPa, kam byl pyknometr bez nástavce vložen na dobu 15 $\pm$ 1 minut. Zbylý zachycený vzduch se poté ještě odstranil pomocí míchání pyknometru.

Poté se nasadil na pyknometr nástavec a do pyknometru se doplnila destilovaná voda až téměř po referenční značku. Voda byla doplňována opatrně tak, aby nedošlo k zachycení dalšího vzduchu.

Takto připravený pyknometr se nechal temperovat ve vodní lázni po dobu 30 až 180 minut. Poté se pyknometr doplnil další destilovanou vodou až po referenční značku, z vnější strany se osušil a stanovila se jeho hmotnost jako $m_3$.

Z těchto získaných hmotností se následně zjistila maximální objemová hmotnost $\rho_{mv}$ s přesností na 0,001 $Mg/m^3$ podle následujícího vzorce.

$$\rho_{mv} = \frac{(m_2 - m_1)}{10^6 * V_p - \frac{(m_3 - m_2)}{\rho_w}}$$

kde

$\rho_{mv}$ je maximální objemová hmotnost asfaltové směsi [$Mg/m^3$];

$m_1$ je hmotnost prázdného pyknometru a nástavce [g];

$m_2$ je hmotnost pyknometru, asfaltové směsi a nástavce [g];

$m_3$ je hmotnost pyknometru, asfaltové směsi, vody a nástavce [g];

$V_p$ je objem pyknometru při naplnění po referenční značku [$m^3$];

$\rho_w$ je hustota vody [Mg/m$^3$] při zkušební teplotě, která se zjišťovala podle vztahu:

$$\rho_w = 1{,}00025205 + \left(\frac{7{,}59 * t - 5{,}32 * t^2}{10^6}\right)$$

kde

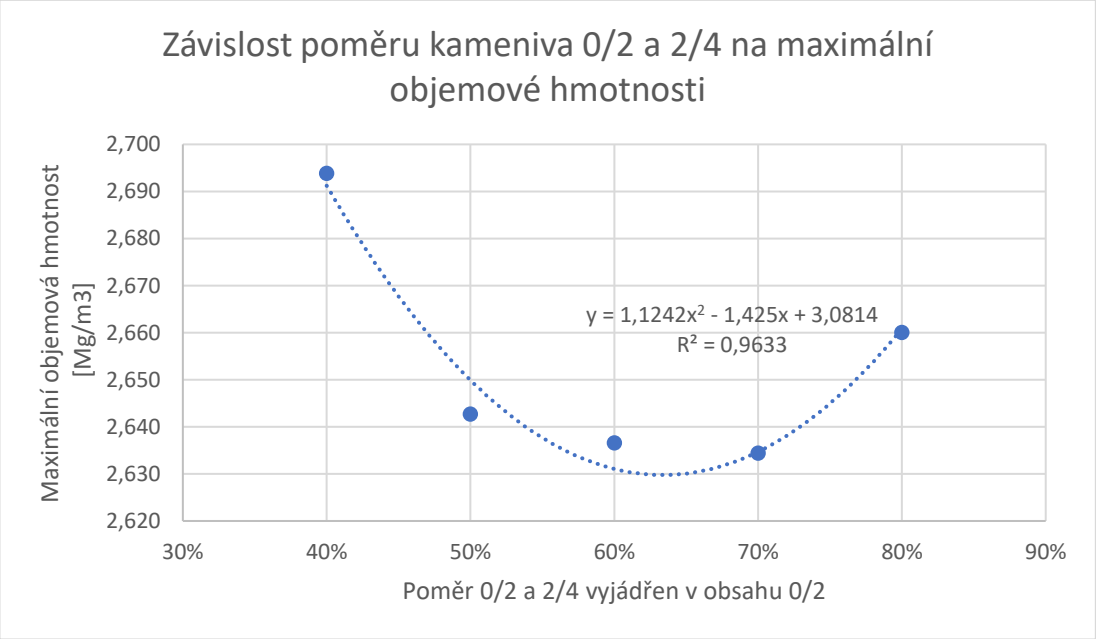
$t$ je teplota vody [°C];

$\rho_w$ je hustota vody při zkušební teplotě [Mg/m$^3$] [22].

Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 8 a na Obrázku 13 je vykreslena závislost poměru kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm na maximální objemové hmotnosti. Z grafu je vidět vcelku dobrá závislost poměru kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm na maximální objemové hmotnosti. Průběh závislosti je nejlépe popsán kvadratickým vzorcem uvedeným v grafu, jehož minimum se nachází v okolí hodnoty 65 % obsahu kameniva frakce 0/2 mm.

| Směs č. | $\rho_{mv}$ [Mg/m$^3$] | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 |
|---|---|---|
| 0 | 2,637 | 60 % |
| 1 | 2,643 | 50 % |
| 2 | 2,694 | 40 % |
| 3 | 2,634 | 70 % |
| 4 | 2,660 | 80 % |

*Tabulka 8 – Maximální objemová hmotnost asfaltových směsí*




*Obrázek 13 – Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na maximální objemové hmotnosti*

## 7.9 Mezerovitost a stupeň vyplnění mezer ve směsi kameniva pojivem (VFB)

Stanovení mezerovitosti a stupně vyplnění mezer jednotlivých směsí se provádělo v souladu s ČSN EN 12697-8 [23].

Pro výpočet byly využity hodnoty maximální objemové hmotnosti naměřené podle kapitoly 7.8 Maximální objemová hmotnost a objemové hmotnosti naměřené podle kapitoly 7.7.2 Objemová hmotnost – Postup nasycený suchý povrch (SSD). Pro výpočet stupně vyplnění mezer se dále použily hodnoty objemové hmotnosti pojiva, kterou uvedla obalovna, která poskytla materiál pro diplomovou práci, a obsah pojiva ve zkušebním tělese, který se získal podle kapitoly 7.1 Asfaltová směs.

### 7.9.1 Mezerovitost

Mezerovitosti asfaltové směsi byla stanovena v souladu s normou ČSN EN 12697-8 [23] a byla vypočtena dle vzorce:

$$V_m = \frac{\rho_m - \rho_b}{\rho_m} * 100\ \%$$

kde

$V_m$ je mezerovitost směsi s přesností 0,1 %;

$\rho_m$ je maximální objemová hmotnost směsi [kg/m$^3$];

$\rho_b$ je objemová hmotnost zkušebního tělesa [kg/m$^3$].

### 7.9.2 Stupeň vyplnění mezer ve směsi kameniva pojivem (VFB)

Hodnoty stupně vyplnění mezer ve směsi kameniva se určily podle vzorce uvedeného níže.

$$VFB = ((\ B * \ \rho_b\ /\ \rho_B)\ /\ VMA\ )\ * 100\ \%$$

kde

$B$ je obsah pojiva ve zkušebním tělese s přesností 0,1 [%];

$\rho_b$ je objemová hmotnost zkušebního tělesa [kg/m$^3$];

$\rho_B$ je objemová hmotnost pojiva [kg/m$^3$];

*VMA* je mezerovitost směsi kameniva s přesností 0,1 [%];

kde se *VMA* zjistila podle vzorce

$$VMA = \ V_m + B * \ \rho_b\ /\ \rho_B$$

kde

$V_m$ je mezerovitost zkušebního tělesa s přesností 0,1 [%];

$B$ je obsah pojiva ve zkušebním tělese s přesností 0,1 [%];

$\rho_b$ je objemová hmotnost zkušebního tělesa [kg/m$^3$];

$\rho_B$ je objemová hmotnost pojiva [kg/m$^3$] [23].

### 7.9.3 Interpretace výsledků zkoušky

Na základě výsledných hodnot mezerovitosti a stupně vyplnění mezer byly získány závislosti poměru kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm na těchto vlastnostech viz Tabulka 9 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na mezerovitost, Tabulka 10 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na stupeň vyplnění mezer VFB, Obrázek 14 a Obrázek 15.

Z tabulky 9 je vidět, že směsi s čísly 1 a 2 již svojí vysokou mezerovitostí nevyhovují požadavku ČSN 73 6121 [9] na maximální mezerovitost, která je omezena hodnotou 4,5 %. Tato vyšší mezerovitost je způsobena právě velmi nízkým obsahem kameniva frakce 0/2 mm, která by mezerovitost snížila. Poměr kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm u těchto směsí byl konkrétně 50 % u směsi číslo 1 a 40 % u směsi číslo 2.

Dále je z této tabulky patrné, že směs s číslem 3, má mezerovitost již tak nízkou, že naopak nevyhovuje spodní hranici požadavků dle ČSN 73 6121, která je 2,5 %. To je znovu způsobeno poměrem kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm, konkrétně vysokým obsahem kameniva 0/2 mm.

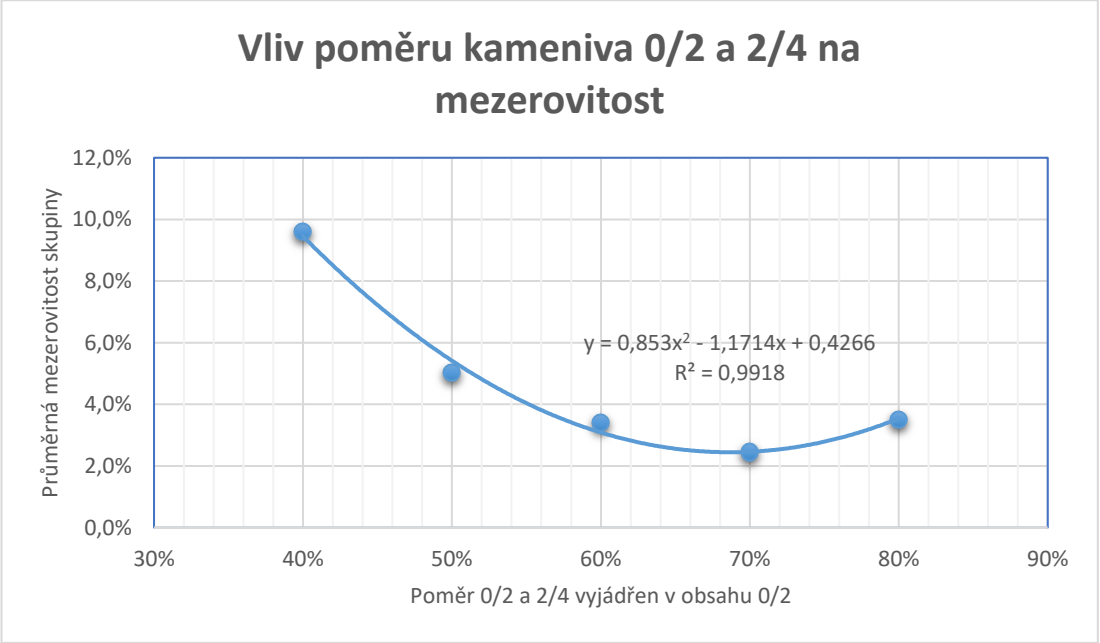
| Směs č. | Mezerovitost [%] | Meze ČSN 63 6121 | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 |
|---|---|---|---|
| 0 | 3,4 % | 2,5 - 4,5 % | 60 % |
| 1 | 5,0 % | | 50 % |
| 2 | 9,6 % | | 40 % |
| 3 | 2,4 % | | 70 % |
| 4 | 3,5 % | | 80 % |

*Tabulka 9 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na mezerovitost*

Na obrázku 14 je vynesena závislost mezi poměrem kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm a mezerovitostí asfaltové směsi. Je patrné, že závislost mezi těmito hodnotami je, a to poměrně silná. Průběh této závislosti nejlépe popisuje kvadratická funkce uvedená v grafu s minimem v okolí hodnoty 70 % obsahu kameniva frakce 0/2 mm.

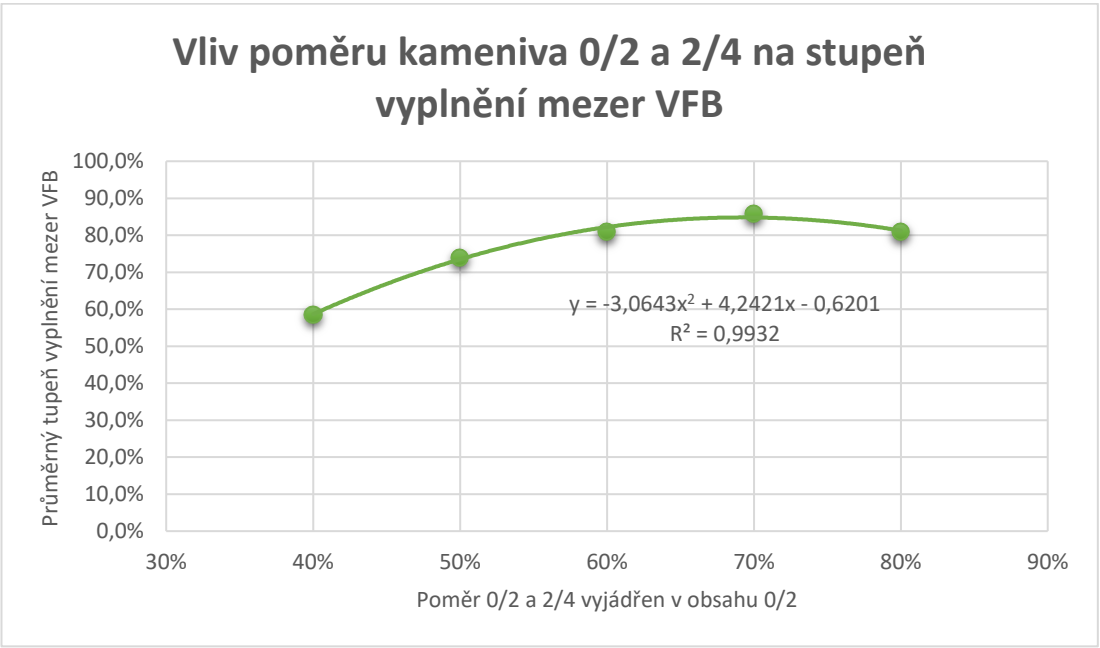
Průběh této závislosti byl předpokládán lineární. Jelikož je ale mezerovitost počítána z maximální objemové hmotnosti, která má závislost na poměru kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm kvadratický průběh, je tato závislost logická.

Z obou výše zmíněných závislostí plyne, že se zvyšováním obsahu jemných částic se asfaltová směs uzavírá, ale jen do určité maximální hodnoty, do které jsou jemnými částicemi vyplňovány mezery ve směsi. Při dalším zvyšování jemných částic dojde k jevu, kdy jsou všechny mezery asfaltové směsi vyplněny, další jemné částice tedy nemají prostor, který by vyplňovaly, a tak začnou asfaltovou směs otevírat. Pro zkoumanou směs ACO 11+ se tento maximální obsah jemných částic pohybuje v okolí hodnoty 65 % obsahu kameniva frakce 0/2 mm.




*Obrázek 14 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na mezerovitost*

V tabulce 10 je dále vidět, že směsi, které nevyhovovaly požadavkům na mezerovitost v tabulce 9, nevyhovují ani požadavku dle ČSN 73 6121 [9] na stupeň vyplnění mezer VFB. Konkrétně směsi s číslem 1 a 2 překračují spodní mez, která je 75 %, a směs s číslem 3 překračuje horní mez, hodnotu 83 %. Nevyhovující hodnoty vyplnění mezer směsí mohou být způsobeny již výše zmíněnou vysokou (pro směs č. 3 naopak nízkou) mezerovitostí. Graf na obrázku 15 pak vykresluje závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na stupeň vyplnění mezer. Zde je jasně viditelná závislost, ale jelikož je tento parametru úzce spjatý s mezerovitostí, tak se tento jev očekával.




*Obrázek 15 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na stupeň vyplnění mezer VFB*

| Směs č. | Průměrný stupeň vyplnění mezer VFB [%] | Meze ČSN 63 6121 | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 |
|---|---|---|---|
| 0 | 81,0 % | 75 - 83 % | 60 % |
| 1 | 74,0 % | | 50 % |
| 2 | 58,6 % | | 40 % |
| 3 | 85,9 % | | 70 % |
| 4 | 80,9 % | | 80 % |

*Tabulka 10 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na stupeň vyplnění mezer VFB*

## 7.10 Zkouška pojíždění kolem

### 7.10.1 Průběh zkoušky

Zkouška pojíždění kolem se prováděla v souladu s ČSN EN 12697-22+A1 [19]. Zkušební tělesa byla připravena podle kapitoly 7.5, byla na nich změřena tloušťka podle kapitoly 7.6.3 a byla u nich stanovena objemová hmotnost podle kapitoly 7.7.2. Výsledky těchto zkoušek jsou uvedeny jako Příloha 10.

Pro každou směs byla zkouška provedena na 2 zkušebních tělesech. Zkušební těleso se zkoušelo ve formě, jejíž rozměry se nelišily od rozměrů výrobní formy více než o 0,5 mm. Forma s tělesem se upevnily na podkladní desku. Aby nedošlo k nepatřičnému zahřívání a k znečištění pneumatiky kola, byly formy se zkušebními tělesy ještě překryty folií z umělé hmoty. Následně se nechala zkušební komora temperovat na konstantní teplotu 50 °C.

Když byla komora vytemperovaná na požadovanou teplotu, zkušební přístroj se uvedl do pohybu a realizovalo se 10 000 zatěžovacích cyklů. Měření hloubky vyjeté koleje a teploty uvnitř zkušební komory se provádělo při každých 250 cyklech. Teplota v komoře se po celou dobu zkoušení udržovala na předepsané hodnotě s tolerancí ± 2 °C.

*Obrázek 16 – Zkouška pojíždění kolem*

Pro každé zkušební těleso byl na základě naměřených hodnot stanoven přírůstek hloubky vyjeté koleje na vzduchu $WTS_{AIR}$ podle následujícího vzorce:

$$WTS_{AIR} = \frac{d_{10\,000} - d_{5\,000}}{5}$$

kde

$WTS_{AIR}$ je přírůstek hloubky vyjeté koleje na vzduchu [mm/$10^3$ zatěžovacích cyklů];

$d_{10\,000}$ je hloubka vyjeté koleje po 10 000 cyklech [mm];

$d_{5\,000}$ je hloubka vyjeté koleje po 5 000 cyklech [mm].

A zároveň byla na každém zkušebním tělese stanovena průměrná poměrná hloubka vyjeté koleje $PRD_{AIR}$ na vzduchu podle vzorce uvedeného níže.

$$PRD_{AIR} = 100 * \frac{d_n - d_0}{h}\,\%$$

kde

$PRD_{AIR}$ je průměrná poměrná hloubka vyjeté koleje na vzduchu [%];

$d_n$ je hloubka vyjeté koleje po n cyklech [mm];

$d_0$ je počáteční hloubka vyjeté koleje [mm];

$h$ je výška zkušebního tělesa [mm] [19].

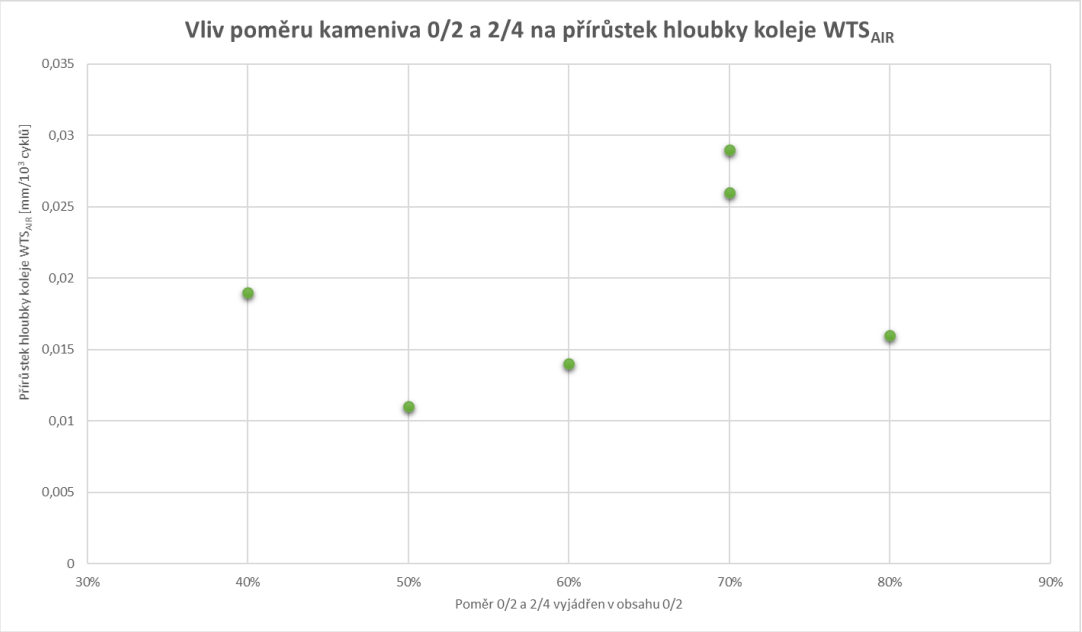
### 7.10.2 Interpretace výsledků

Z výsledků, které byly získány, se vytvořila Tabulka 11, Obrázek 17 a Obrázek 18. Na základě vychylujících se výsledků u vzorků ze směsi 3, byly vytvořeny pro tuto směs další dva zkušební vzorky, uvedené v tabulce jako 3b. Byly vyrobeny, aby se ověřilo, jestli není výchylka způsobena chybnou výrobou vzorků. Výsledky u těchto vzorků se téměř nelišily od výsledků prvních těles, a tudíž je tato výchylka připisována složení směsi.

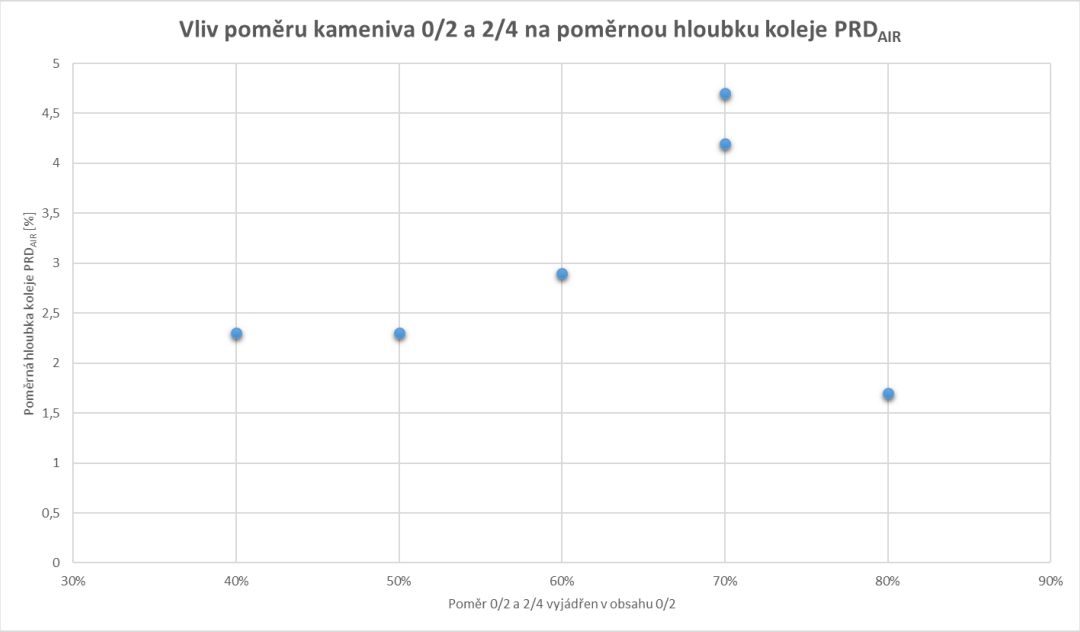
V tabulce 11 je vidět, že všechny směsi s rezervou vyhoví jak požadavku na maximální přírůstek hloubky koleje, tak na maximální poměrnou hloubku koleje z normy ČSN 73 6121 [9]. Z výsledků byly zároveň vytvořeny grafy závislosti poměru kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm na přírůstek hloubky koleje a na maximální poměrnou hloubku koleje. Z grafů není jasně viditelná závislost mezi těmito veličinami.

| Směs č. | Přírůstek hloubky koleje $WTS_{AIR}$ [mm/$10^3$ cyklů] | Maximální přírůstek hloubky koleje $WTS_{AIR}$ [mm/$10^3$ cyklů] dle ČSN 73 6121 | Poměrná hloubka koleje $PRD_{AIR}$ [%] | Maximální poměrná hloubka koleje $PRD_{AIR}$ [%] dle ČSN 73 6121 | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,014 | 0,08 | 2,9 | 6,0 | 60% |
| 1 | 0,011 | | 2,3 | | 50% |
| 2 | 0,019 | | 2,3 | | 40% |
| 3 | 0,029 | | 4,7 | | 70% |
| 3b | 0,026 | | 4,2 | | 70% |
| 4 | 0,016 | | 1,7 | | 80% |

*Tabulka 11 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na výsledky zkoušky pojíždění kolem*




*Obrázek 17 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na přírůstek hloubky koleje $WTS_{AIR}$*




*Obrázek 18 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na poměrnou hloubku koleje PRD$_{AIR}$*

## 7.11 Odolnost zkušebních těles vůči vodě

### 7.11.1 Průběh zkoušky

Odolnost těles vůči vodě se zkoušela v souladu s ČSN EN 12697-12 [17], Metoda A.

U všech zkoušených těles byly stanoveny rozměry viz kapitola 7.6 Rozměry asfaltových zkušebních těles a objemová hmotnost viz kapitola 7.7.1 Objemová hmotnost – Postup podle rozměrů. Poté se na základě těchto vlastností tělesa rozdělila do dvou skupin o přibližně stejně průměrné výšce a průměrné objemové hmotnosti. Rozdíl průměrných výšek mezi skupinami nebyl větší než 5 mm a rozdíl průměrných objemových hmotností byl menší než 0,015 Mg/m$^3$.

Skupina těles, která se zkoušela za sucha, byla uložena na rovný povrch při teplotě 20±5 °C. Skupina těles, která se zkoušela za mokra, se nejdříve uložila alespoň 20 mm pod hladinu na perforovanou vložku ve vakuové komoře s vodou o teplotě 20±5 °C. Zde se vytvořil během 10±1 minut tlak 6,7±0,3 kPa. Ke snižování tlaku docházelo postupně, aby nedošlo k poškození těles. V takto vytvořeném vakuu se zkušební tělesa nechala po dobu 30±5 minut. Poté se tlak pomalu zvyšoval zpět na atmosférický tlak. Zkušební tělesa se nadále nechala ponořena ve vodě po dalších 30±5 minut. Poté se tělesa vyndala z vody a vložila se do vodní lázně o teplotě 40±2 °C na dobu 72±2 hodin. Poté se mokrá zkušební tělesa na 30 minut vyndala z vodní lázně na rovný povrch.

Zkušební teplota byla stanovena podle Tabulky 1 v ČSN EN 12697-12 [17] na 15±1 °C. Suchá zkušební tělesa se temperovala přímo v termostaticky regulované sušárně. Mokrá zkušební tělesa se temperovala tak, že se nejdříve vložila do umělohmotné nádoby s vodou, která byla i s tělesy vložena do termostaticky regulované sušárny. Takto uložená tělesa se nechala temperovat minimálně 4 hodiny [17].

Na takto vytemperovaných tělesech se stanovila pevnost v příčném tahu v souladu s ČSN EN 12697-23 [24]. Mokrá zkušební tělesa se před zkoušením osušila. Zkušební těleso se vložilo do zkušebních čelistí a zarovnalo se se spodním zatěžovacím pásem. Následně se zahájilo zatěžování tělesa konstantní rychlostí deformace 50±2 mm/min, dokud nebylo dosaženo maximálního zatížení. Zaznamenalo se maximální zatížení $P_i$. Zkouška byla vždy

provedena v intervalu dlouhém maximálně 2 minuty od vyjmutí z termostaticky regulované sušárny.

U všech zkušebních těles byla následně stanovena pevnost v příčném tahu označená jako $ITS_d$ pro tělesa zkoušená za sucha a $ITS_w$ pro tělesa zkoušená za mokra. Pevnost v příčném tahu byla stanovena podle vzorce

$$ITS = \frac{2P}{\pi DH} * 1000$$

kde

*ITS* je pevnost v příčném tahu [kPa];

*P* je maximální zatížení [N];

*D* je průměr zkušebních těles [mm];

*H* je výška zkušebních těles [mm] [24].

Hodnota poměru pevnosti v příčném tahu *ITSR* se poté stanovila podle vzorce dle ČSN EN 12697-12 [17]

$$ITSR = 100 * \frac{ITS_w}{ITS_d}$$

kde

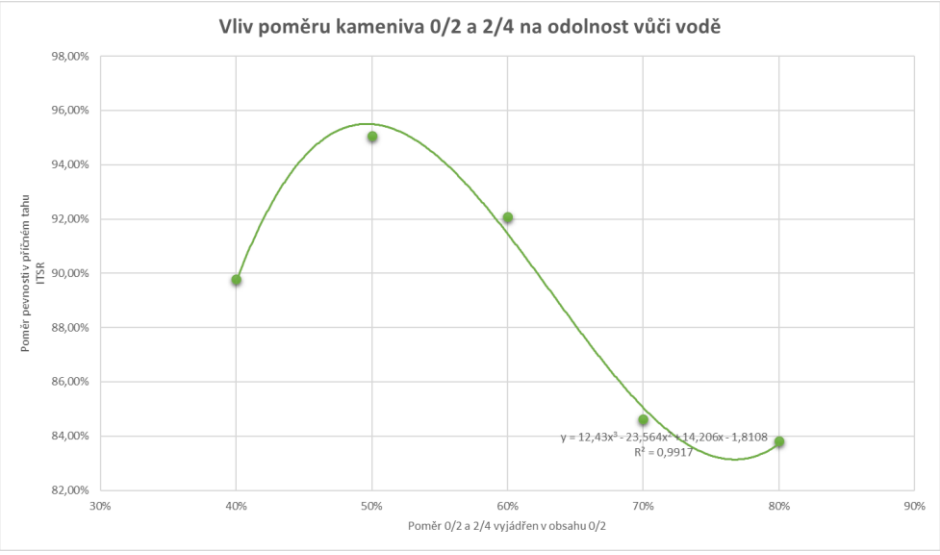
*ITSR* je poměr pevností v příčném tahu [%];

$ITS_w$ je průměrná pevnost v příčném tahu skupiny mokrých zkušebních těles [kPa];

$ITS_d$ je průměrná pevnost v příčném tahu skupiny suchých zkušebních těles [kPa].

### 7.11.2 Interpretace výsledků

Z výsledků získaných podle postupu výše byla vytvořena Tabulka 12 a Obrázek 19, kde je uvedena závislost poměru kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm na odolnosti vůči vodě. Výsledky všech směsí vyhověly požadavku ČSN 73 6121 [9] na minimální poměr v pevnosti v příčném tahu, který činí 70 %.




*Obrázek 19 – Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na odolnost vůči vodě*

V grafu je vidět, že závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na poměru pevnosti v příčném tahu nejlépe popisuje kubická rovnice uvedená níže.

$$y = 12{,}43 * x^3 - 23{,}564 * x^2 + 14{,}206 * x - 1{,}8108$$

Pomyslný vrchol křivky se nachází v okolí 50 % obsahu kameniva frakce 0/2 mm a hodnoty klesají až na minimum, které se nachází v rozmezí 75 – 80 % obsahu kameniva frakce 0/2 mm.

| Směs č. | Průměrná pevnost v příčném tahu skupiny suchých zkušebních těles $ITS_d$ [kPa] | Průměrná pevnost v příčném tahu skupiny mokrých zkušebních těles $ITS_w$ [kPa] | Poměr pevnosti v příčném tahu ITSR | Minimální poměr pevnosti v příčném tahu ITSR dle ČSN 73 6121 | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 899,499 | 1 749,284 | 92,09% | 70% | 60% |
| 1 | 1 731,709 | 1 646,442 | 95,08% | | 50% |
| 2 | 1 770,297 | 1 589,604 | 89,79% | | 40% |
| 3 | 2 212,118 | 1 872,156 | 84,63% | | 70% |
| 4 | 2 341,106 | 1 962,323 | 83,82% | | 80% |

*Tabulka 12 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na odolnost vůči vodě*

## 7.12 Modul tuhosti

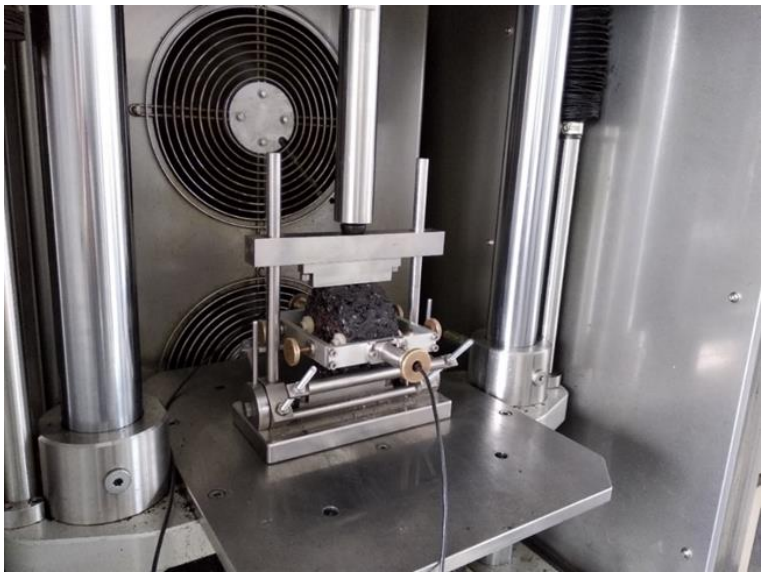
### 7.12.1 Průběh zkoušky

Zkoušení modulu tuhosti na válcových zkušebních tělesech probíhalo podle ČSN EN 12697-26 [16] Příloha C. Všechna zkušební tělesa se měřila při teplotách 0 °C, 15 °C, 27 °C a 40 °C.

U všech zkoušených těles byly stanoveny a zaznamenány rozměry viz kapitola 7.6 Rozměry asfaltových zkušebních těles. Tělesa se na požadovanou zkušební teplotu vytemperovala v termostaticky regulované sušárně, a zároveň se na zkušební teplotu vytemperovala i měřící komora.

Když byla tělesa i komora připraveny, nastavil se měřící software, který požadoval vyplnit rozměry tělesa, teplotu při zkoušce, Poissonův součinitel, který závisel na teplotě při zkoušce, zatěžovací pulz a požadovanou hodnotu příčné deformace. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 12 - 15. Poté se zkušební těleso umístilo do rámečku v měřící komoře a pevně se upevnilo upínacími šrouby. Nastavilo se rozpětí snímačů, které měřily přednastavenou deformaci.

Nejprve se realizovalo 10 kontrolních zatěžovacích pulzů, aby se nastavilo zařízení na velikost zatížení a dobu pulzu k dosažení stanovené deformace a doby náběhu. Následně se upravilo rozpětí snímačů a provedlo se 5 zatěžovacích pulzů, kdy se při každém pulzu zaznamenal průběh zatížení v čase a horizontální příčná deformace zkušebního tělesa. Tyto hodnoty se pro každé těleso zaznamenávaly ve dvou na sebe navzájem kolmých směrech.



*Obrázek 20 – Měření tuhosti válcového zkušebního tělesa v příčném tahu*

Z takto naměřených hodnot měřící software určil modul tuhosti dle vzorce

$$E = \frac{F * (v + 0{,}27)}{z * h}$$

kde

*E* je naměřený modul tuhosti [MPa];

*F* je maximální hodnota použitého svislého zatížení [N];

*z* je amplituda horizontální deformace [mm];

*h* je průměrná tloušťka zkušebního tělesa [mm];

*v* je Poissonův součinitel [-].

Z výše uvedené hodnoty modulu tuhosti se následně pomocí vzorce uvedeného níže stanovil upravený modul tuhosti.

$$E' = E * [1 - 0{,}322 * (\log E - 1{,}82) * (0{,}60 - k)]$$

kde

*E´* je modul tuhosti upravený na součinitel plochy zatížení [MPa];

*k* je naměřený součinitel plochy zatížení;

*E* je naměřený modul tuhosti při součiniteli zatížení k, s uvedením teploty ve stupních Celsia [16].

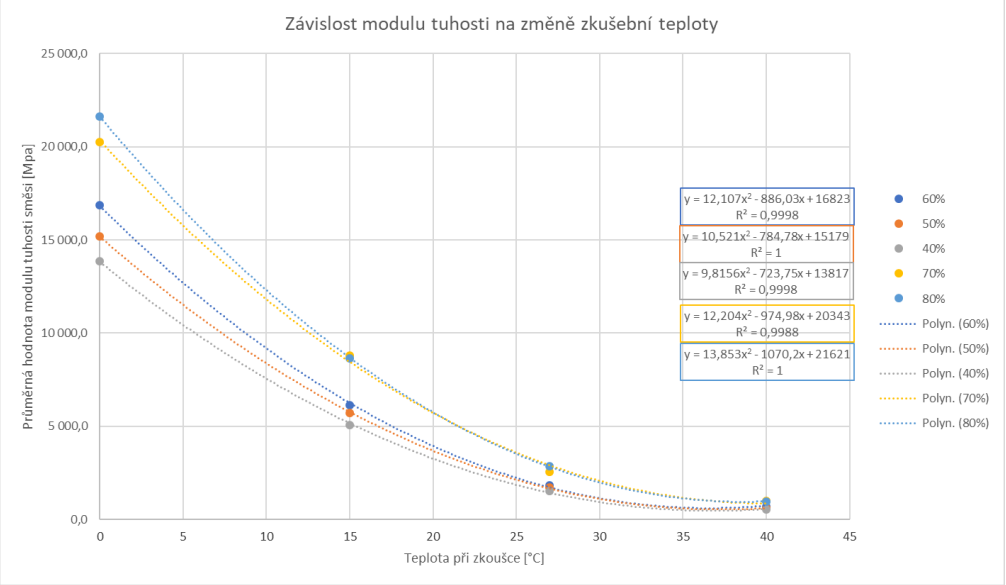
Jako výstupní hodnota byla brána průměrná hodnota upraveného modulu tuhosti z obou směrů.

### 7.12.2 Interpretace výsledků

Z výsledků byla sestavena Tabulka 13, Obrázek 21 a Obrázek 22, a dále detailní tabulky, které jsou přiloženy k práci jako Příloha 13 až Příloha 16.

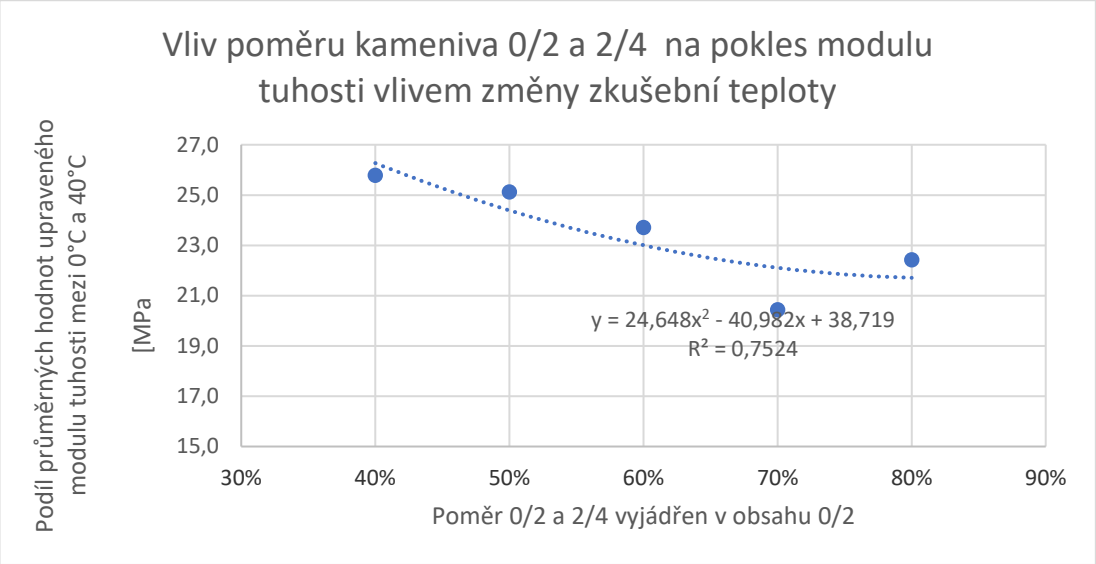
V těchto tabulkách je ověřeno, jestli výsledné průměrné hodnoty upraveného modulu tuhosti vyhovují požadavkům dle ČSN EN 12697-26 [16], kdy tyto hodnoty mají být v rozmezí +10 % až -20 % od průměrné hodnoty pro danou směs. Tento požadavek nebyl splněn u červeně vyznačených výsledků.

Na obrázku 21 je pro jednotlivé směsi vynesena závislost průměrné hodnoty upraveného modulu tuhosti na zkušební teplotě. U všech směsí tuto závislost nejlépe popisují kvadratické rovnice, které jsou v grafu uvedeny. U všech je vysoká hodnota spolehlivosti. Z tohoto grafu je vidět, že nejvyšších hodnot modulu tuhosti nabývají zkušební tělesa ze směsi s obsahem 80% kameniva frakce 0/2 mm a se snižováním tohoto obsahu se zároveň snižuje i modul tuhosti. Zároveň je z tohoto grafu vidět, že u směsi, která dosahuje nejvyšších hodnot modulu tuhosti, dochází také k největšímu poklesu modulu tuhosti vlivem teploty.




*Obrázek 21 – Závislost modulu tuhosti na změně zkušební teploty*

Na Obrázku 22 je vynesena závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na teplotní citlivost modulu tuhosti. Zde je vidět slabší kvadratická závislost, kde se teplotní citlivost modulu tuhosti snižuje až do hodnoty 70 % obsahu kameniva frakce 0/2 mm, odkud zase roste.




*Obrázek 22 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na pokles modulu tuhosti vlivem změny zkušební teploty*

| Směs č. | Modul tuhosti při zkušební teplotě 0 °C | Modul tuhosti při zkušební teplotě 15 °C | Modul tuhosti při zkušební teplotě 27 °C | Modul tuhosti při zkušební teplotě 40 °C | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 16 856,3 | 6 135,3 | 1 855,3 | 711,1 | 60 % |
| 1 | 15 191,8 | 5 726,9 | 1 709,9 | 604,7 | 50 % |
| 2 | 13 845,3 | 5 067,8 | 1 539,9 | 536,9 | 40 % |
| 3 | 20 246,3 | 8 811,1 | 2 544,4 | 990,5 | 70 % |
| 4 | 21 632,9 | 8 642,7 | 2 871,3 | 964,7 | 80 % |

*Tabulka 13 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na modul tuhosti*

## 7.13 Odolnost vůči šíření mrazové trhliny – SCB test

Zkouška odolnosti vůči šíření mrazové trhliny byla prováděna na základě požadavků normy ČSN EN 12697-44 [25], bylo zde ale provedeno pár modifikací, aby zkouška lépe vyhovovala českému prostředí.

### 7.13.1 Průběh zkoušky

Norma ČSN EN 12697-44 [25] vyžaduje zkoušku provádět na zkušebních tělesech o průměru 150 mm a výšce 50 mm, která budou hutněna na gyrátoru. Tento požadavek byl pozměněn – zkouška odolnosti vůči šíření mrazové trhliny se prováděla na tělesech s průměrem 100 mm, která byla vytvořena dle kapitoly 7.4. Takto vyrobená tělesa byla seříznuta na požadovanou výšku 50 mm pomocí laboratorní pily a následně byla rozříznuta na dvě tělesa tvaru půlválce.

Na spodní hraně půlválcových těles byla vytvořena trhlina hloubky 10 mm a šířky 0,9 mm. Zde bylo znovu odstoupeno od požadavku normy ČSN EN 12697-44 [25], která vyžaduje trhlinu šířky 0,35 mm.

U všech zkušebních těles byl ve dvou místech změřen průměr tělesa, ve dvou místech výška tělesa a ve třech místech tloušťka tělesa. Pro stanovování rozměrů byla použita digitální šuplera s přesností 0,01 mm. Z takto zjištěných hodnot byla vždy stanovena průměrná hodnota, se kterou se pracovalo dále.

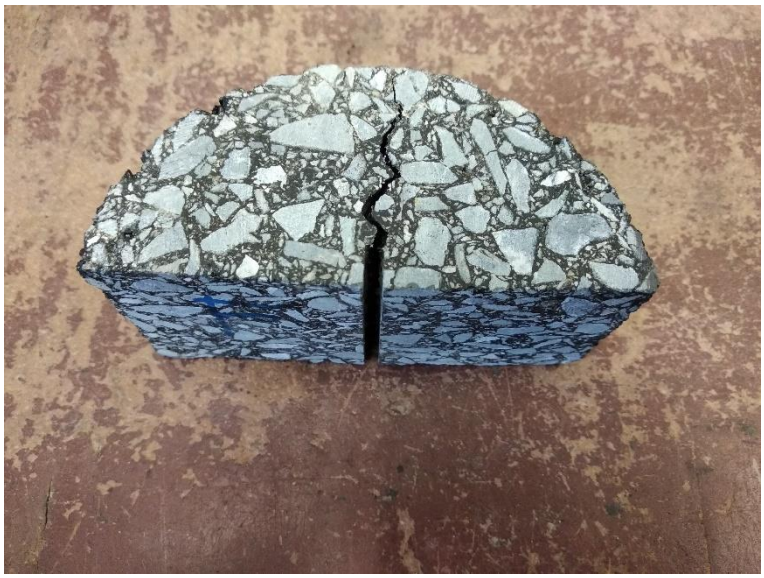
Zkouška byla provedena při teplotách 0 °C a 25 °C a zatěžovací rychlosti 2,5 mm/min.

Zkušební tělesa byla na požadovanou teplotu temperována v klimatické komoře po dobu minimálně 4 h.

Poté se těleso vyjmulo z klimatické komory, vložilo se do zkušebního zařízení a zatěžovalo se rychlostí 2,5 mm/min. Během zatěžování byl zaznamenáván průběh deformace s přesností na 0,01 mm a síla s přesností 0,01 kN. Na rozdíl od požadavku normy ČSN EN 12697-44 [25], která zkoušku ukončuje porušením, byly dále zaznamenávány průběhy deformace a síly i po porušení, a to až do hodnoty 0,3 kN.

*Obrázek 23 – Průběh zkoušky odolnosti vůči šíření mrazové trhliny*

Po ukončení zkoušky se dle normy vyhodnotila trhlina, kde norma uvádí požadavek, aby se trhlina vyskytovala v oblasti ±10 % průměru zkušebního tělesa od středu zatěžovacího pásku. Nevyhovující tělesa byla z výsledků odstraněna.



*Obrázek 24 – Zkušební těleso po zkoušce odolnosti vůči šíření mrazové trhliny*

Pro každé těleso se dle následujících vzorců stanovilo maximální napětí při porušení a odolnost vůči lomu zkušebního tělesa [25].

$$\sigma_{max,i} = \frac{F_{max,i}}{D_i * t_i}$$

kde

$\sigma_{max,i,}$ je maximální napětí při porušení [N/mm$^2$];

$D_i$ je průměr zkušebního tělesa [mm];

$t_i$ je tloušťka zkušebního tělesa [mm];

$F_{max,i}$ je maximální síla zkušebního tělesa [N].

$$K_{Ic,i} = \sigma_{max,i}\, Y_1 \sqrt{\pi a_i}$$

kde

$K_{IC,i}$ je lomová houževnatost [N/mm$^{3/2}$];

$Y_1$ je faktor intenzity napětí při standardním režimu I, [-];

$a_i$ je hloubka drážky zkušebního tělesa, [mm].

$$Y_1 = 4{,}782 - 1{,}219 * \left(\frac{a_i}{r_i}\right) + 0{,}063 * exp\left(7{,}045 * \left(\frac{a_i}{r_i}\right)\right)$$

kde

$r_i$ je poloměr zkušebního tělesa v milimetrech [mm];

$a_i$ je hloubka drážky zkušebního tělesa, [mm] [25].

Mimo požadavky normy ČSN EN 12697-44 [25] byl dále díky záznamu průběhu síly a deformace vykreslen pro každé zkušební těleso pracovní diagram. Tyto zatěžovací diagramy se následně využily k získání lomové práce. Ta je spočtena jako integrál zatěžovací křivky, tzn. Jako plocha pod křivkou. Vždy byly stanoveny dvě hodnoty lomové práce, a to $W_{Fmax}$ , která se počítala do hodnoty maximální síly, a W, která se počítala až do hodnoty, kdy ve zkušebních tělesech klesne napětí zpět na „nulu“. Jako „nulová“ hodnota byla brána hodnota 0,3 kN.

Díky takto získaným hodnotám lomové práce bylo dále možné určit také lomovou energii $G_{f,Fmax}$ a $G_f$, se kterými se pracuje v amerických předpisech AASHTO. Zde se na rozdíl od ČSN EN 12697-44 [25] zkoumá i rychlost šíření trhliny, což může být také důležitý kvalitativní parametr.

Hodnoty lomové energie se spočetly dle vzorce:

$$G_f = \frac{W}{t * (w - a)}$$

kde

$G_f$ je Lomová energie [J/m$^2$];

$W$ je lomová práce [J];

$t$ je tloušťka zkušebního tělesa [m];

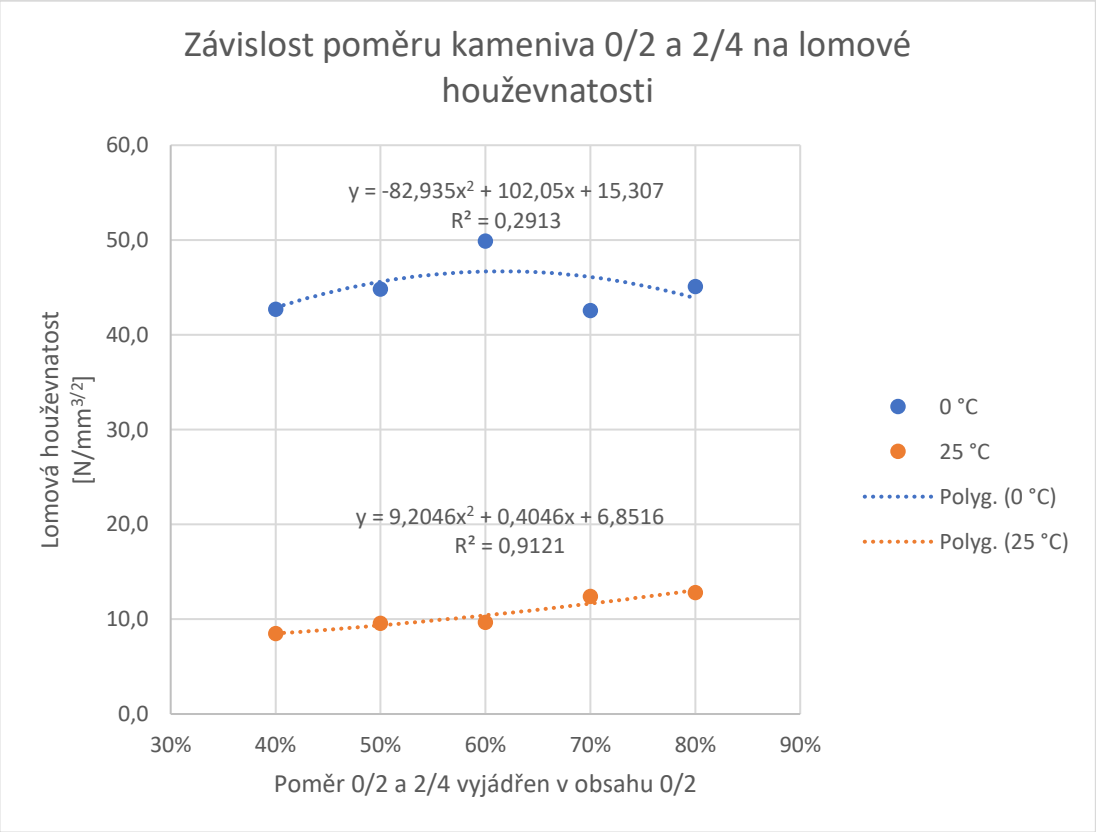
$w$ je výška zkušebního tělesa [m];

$a$ je hloubka uměle vyříznuté trhliny/drážky [m].

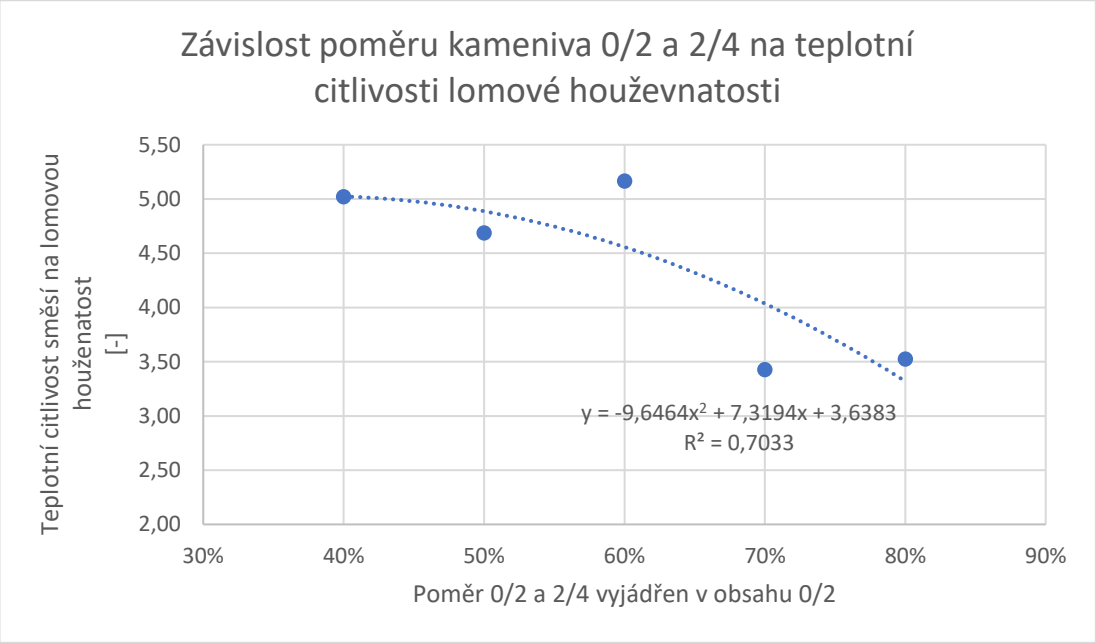
Jako poslední hodnota byl určen sklon tečny zatěžovací větve pracovního diagramu. Tečny byly vedeny do 50 % hodnoty $F_{max}$. Na základě sklonu křivky se dá určit poměr tuhosti a křehkosti směsi. Tedy čím je sklon pozvolnější, tím vyšších deformací při stejném zatížení je schopna směs dosáhnout, a díky tomu většinou dosahuje i vyšší lomové energie.

### 7.13.2 Interpretace výsledků

Ze zjištěných hodnot byla zhotovena tabulka s výsledky, která je přiložena k práci jako Příloha 17 až Příloha 20. Z této tabulky byly dále vypracovány obrázky 26 až 34. Mimo graf 26 byly hledány ještě vlivy objemové hmotnosti a mezerovitosti na lomovou houževnatost, ale jelikož nejspolehlivější závislost ukazuje právě obrázek 26, a zároveň tato zkouška i bez dalších závislostí obsahuje velké množství dat, byly vlivy mezerovitosti přiloženy pouze jako Příloha 21 a Příloha 23 tohoto dokumentu.

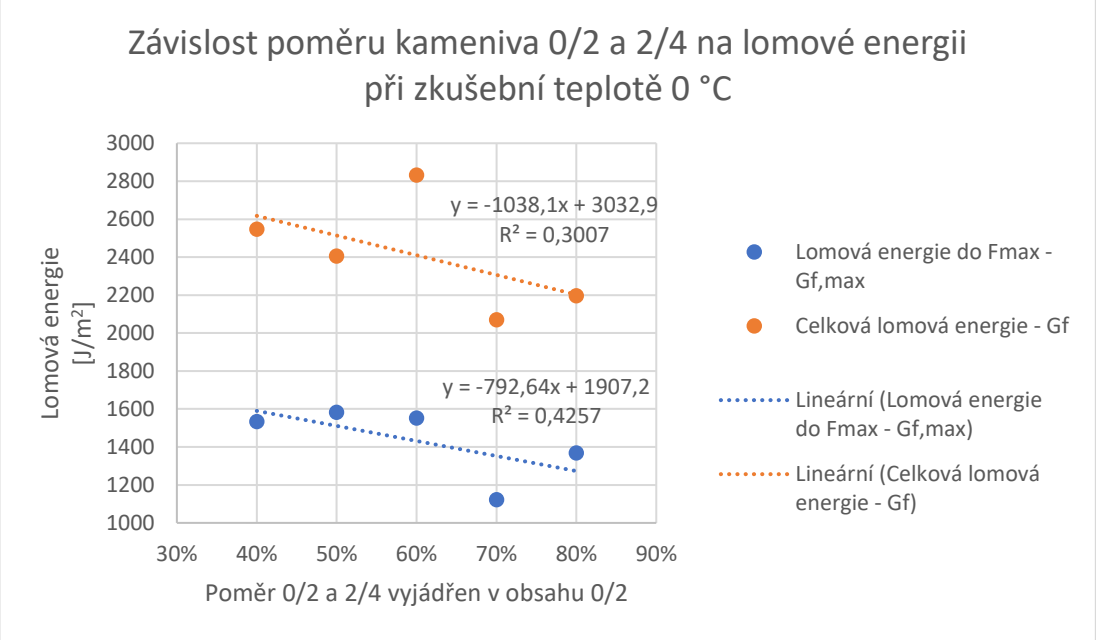



*Obrázek 25 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na lomové houževnatosti*

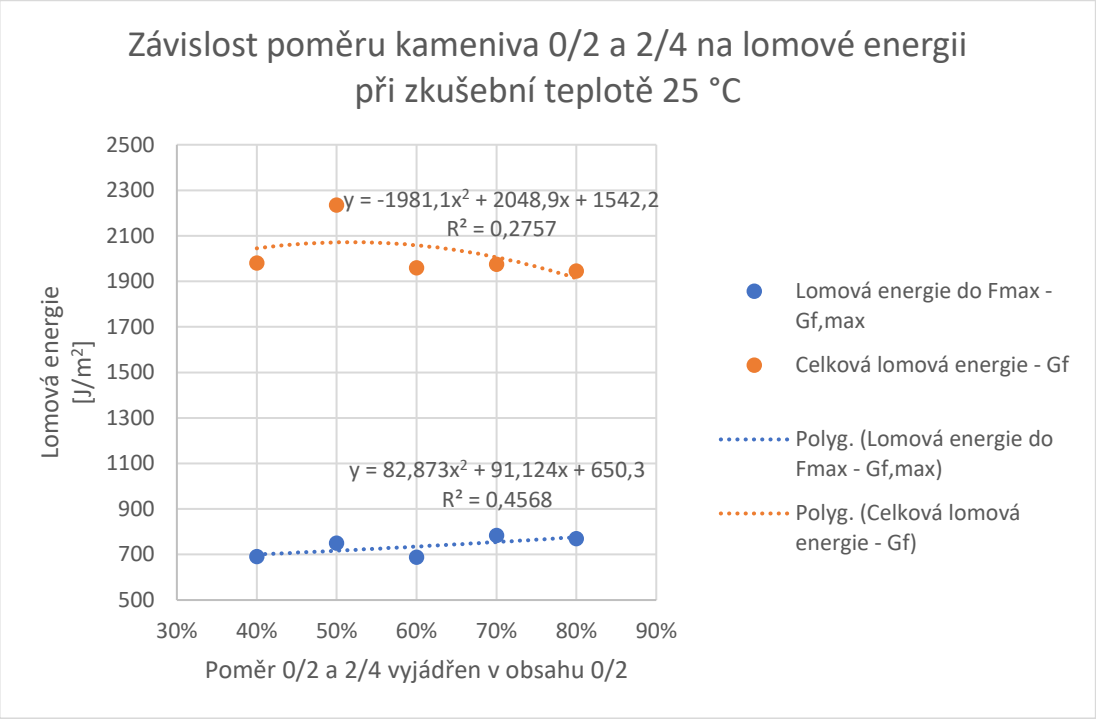



*Obrázek 26 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na teplotní citlivosti lomové houževnatosti*

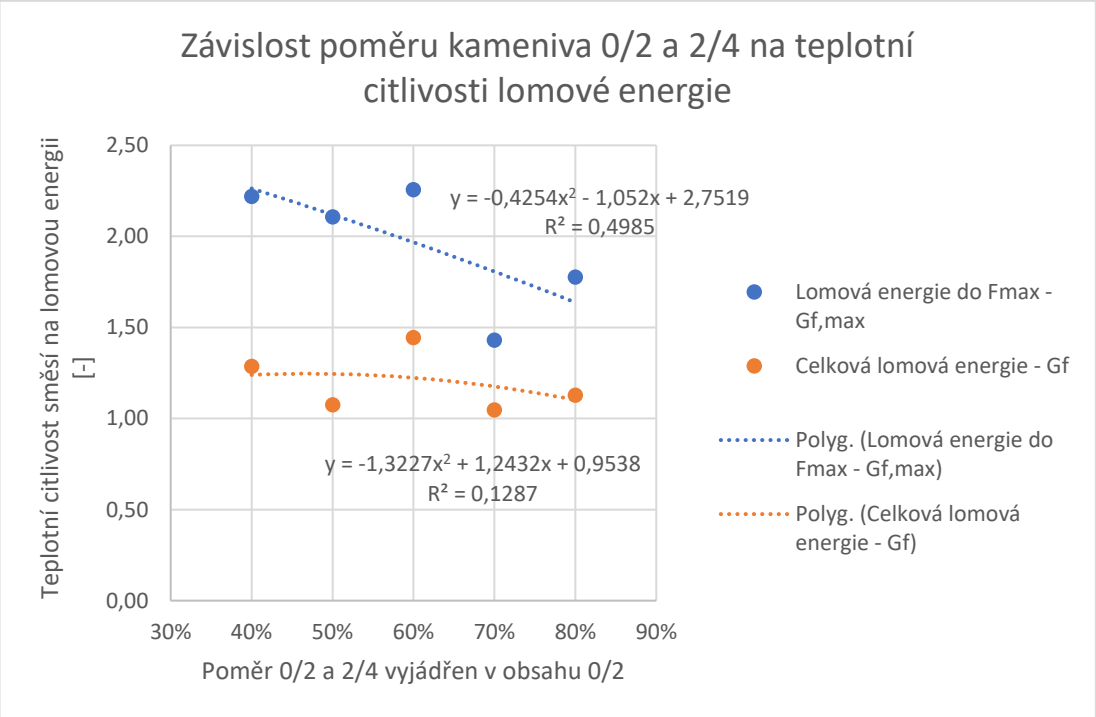
Z grafu 26 je poměrně jasně vidět, že se zvyšujícím se obsahem kameniva frakce 0/2 mm roste lomová houževnatost při zkušební teplotě 25 °C. Tato závislost při zkušební teplotě 0 °C již vidět není. Hodnota spolehlivosti u křivky popisující závislost frakcí kameniva a lomové houževnatosti při zkušební teplotě může být ale negativně ovlivněna malými rozdíly mezi lomovou houževnatostí jednotlivých směsí. Zároveň byl vyhotoven graf 27, který ukazuje teplotní citlivost daných směsí na lomovou houževnatost. Ta je vyjádřena jako podíl výsledků lomové houževnatosti jednotlivých směsí při 25 °C a při 0 °C. Z tohoto grafu je závislost, ač málo spolehlivá, vidět.




*Obrázek 27 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na lomové energii při zkušební teplotě 0 °C*

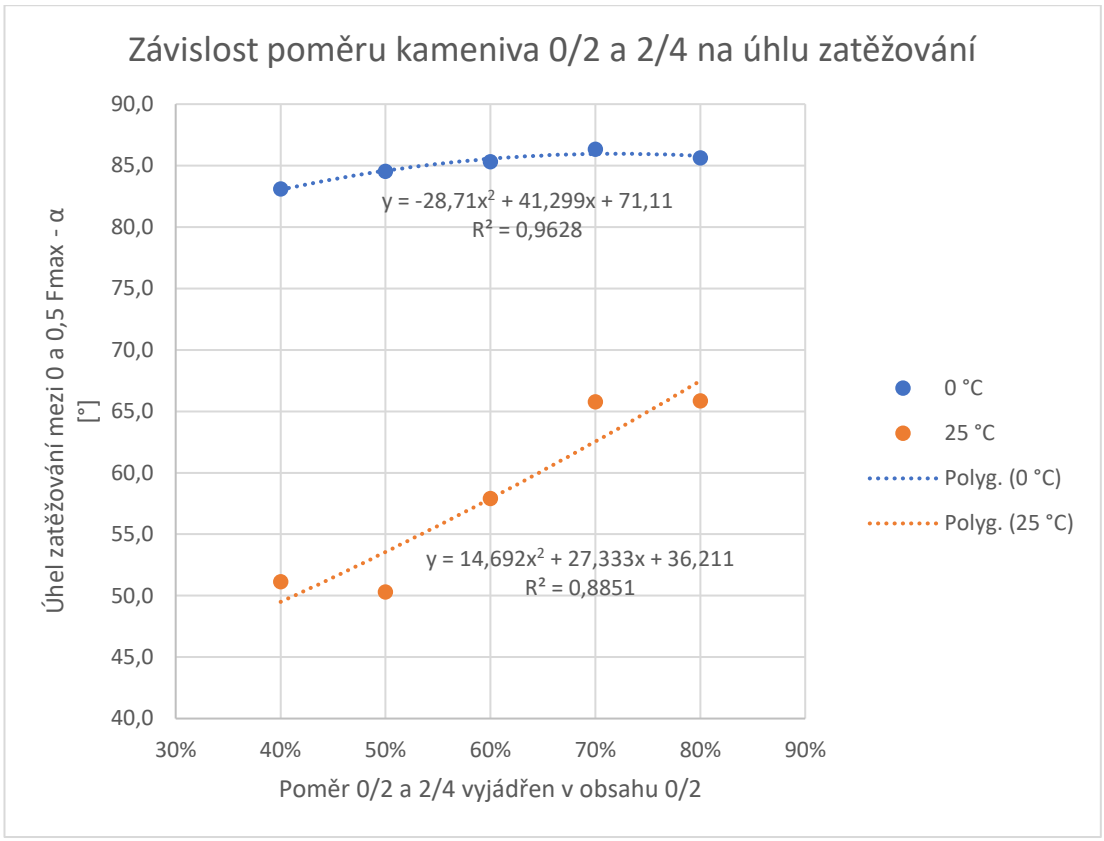



*Obrázek 28 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na lomové energii při zkušební teplotě 25 °C*

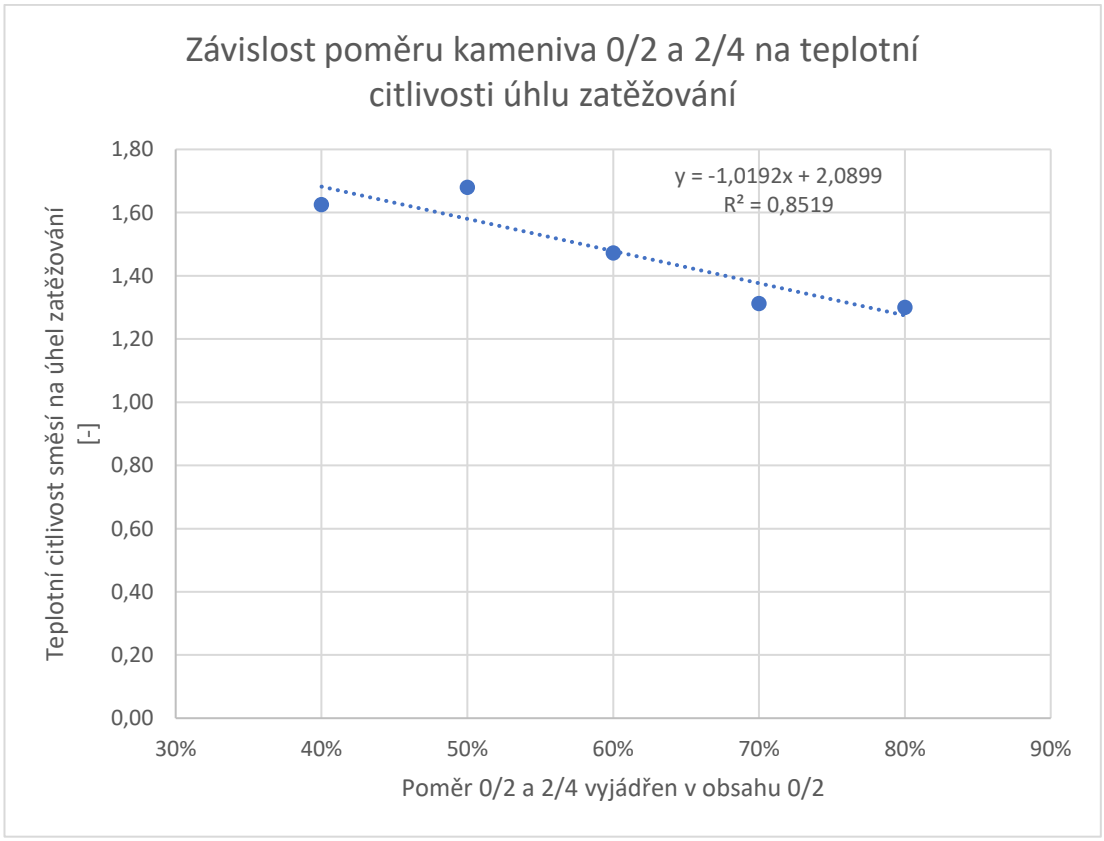



*Obrázek 29 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na teplotní citlivosti lomové energie*

V grafech 28 a 29 je vyobrazen vliv poměru kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm na lomovou energii. Z grafů je vidět, že závislost zde je jen velmi malá, pokud tu je. Teplotní citlivost směsí na lomovou energii byla vyjádřena stejně jako při lomové houževnatosti a z grafu 30 je vidět, že i tady je závislost jen velmi slabá.




*Obrázek 30 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na úhlu zatěžování*




*Obrázek 31 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na teplotní citlivosti úhlu zatěžování*

Naopak vliv poměru kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm na úhel zatěžování je z grafu 31 vidět poměrně jasně. Z grafu je patrné, že se zvyšujícím se poměrem kameniva frakce 0/2 mm při zkušební teplotě 25 °C poměrně prudce narůstá i úhel zatěžování, zatímco při zkušební teplotě 0 °C dochází ke změně pozvolněji a vrchol křivky se nachází v okolí hodnoty 70% obsahu kameniva frakce 0/2 mm. Při porovnání tohoto grafu s grafem číslo 21, kde je vyobrazena závislost poměru kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm na modul tuhosti, se ale nepotvrzuje tvrzení, že s nižším úhlem zatížení roste tuhost směsi, právě naopak. Teplotní citlivost směsí na úhel zatěžování je vyobrazena v grafu 32. Zde je závislost vidět hůř, ale vidět tu je. Díky grafu se dá říci, že se zvyšujícím se poměrem kameniva frakce 0/2 mm se snižuje teplotní citlivost směsí na úhel zatěžování.

## 7.14 Pevnost v tahu za ohybu - Zkouška tříbodovým ohybem

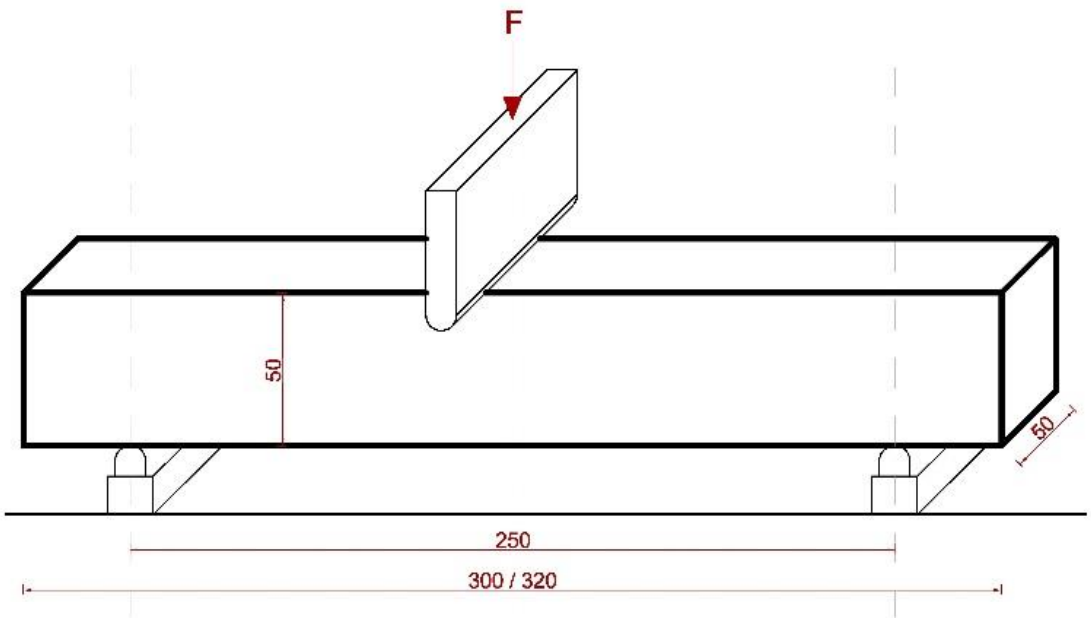
Zkouška tříbodovým ohybem byla prováděna na základě požadavků Technických podmínek TP 151 [26], bylo zde ale provedeno pár modifikací, aby zkouška lépe vyhovovala českému prostředí.

### 7.14.1 Průběh zkoušky

TP 151 [26] striktně neuvádějí rozměry zkušebních těles. Díky tomu byly na zkoušku použity tělesa tvaru trámků, která se získala nařezáním již použitých těles pro zkoušku pojíždění kolem vyrobených dle kapitoly 7.5. Tyto trámky byly řezány v šířce 5 cm od krajů desky, zároveň nebyly použity středové části, které byly deformovány právě pojížděním kolem.

Dále TP 151 [26] vymezuje zkušební teplotu mezi -20 °C a 0 °C. Během této diplomové práce byla použita zkušební teplota 0 °C. Na tuto teplotu se zkušební tělesa temperovala v klimatické komoře vždy nejméně 1,5 hod.

Takto připravené zkušební těleso se vložilo na zatěžovací plíšky podpor do zatěžovacího zařízení a zatěžoval se s rychlostí posunu 1,25 mm/min až do dosažení maximální síly. Po celou dobu zatěžování byly zaznamenávány nárůsty síly a deformace, kde z tohoto záznamu byly následně vykresleny zatěžovací diagramy a byly z nich stanoveny lomové práce.




*Obrázek 32 - Zkoušení tříbodovým ohybem*

Z takto naměřených hodnot byly spočteny pevnost v tahu za ohybu, modul tuhosti v tahu za ohybu a maximální relativní přetvoření dle následujících vztahů [26].

**Pevnost v tahu za ohybu $R_i$** [MPa]:

$$R_i = \frac{3}{2} * \frac{P * l}{b * h^2}$$

kde

*P* je největší dosažená síla [N];

l je vzdálenost podpor zkušebního tělesa [mm];

*b* je šířka zkušebního tělesa [mm];

*h* je výška zkušebního tělesa [mm].

**Modul tuhosti v tahu za ohybu $E_S$** [MPa]:

$$E_S = \frac{1}{4 * Y_S} * \frac{P * l^3}{b * h^3}$$

kde

$Y_S$ (korigovaný) průhyb zjištěný uprostřed rozpětí při okamžiku porušení vzorku [mm].

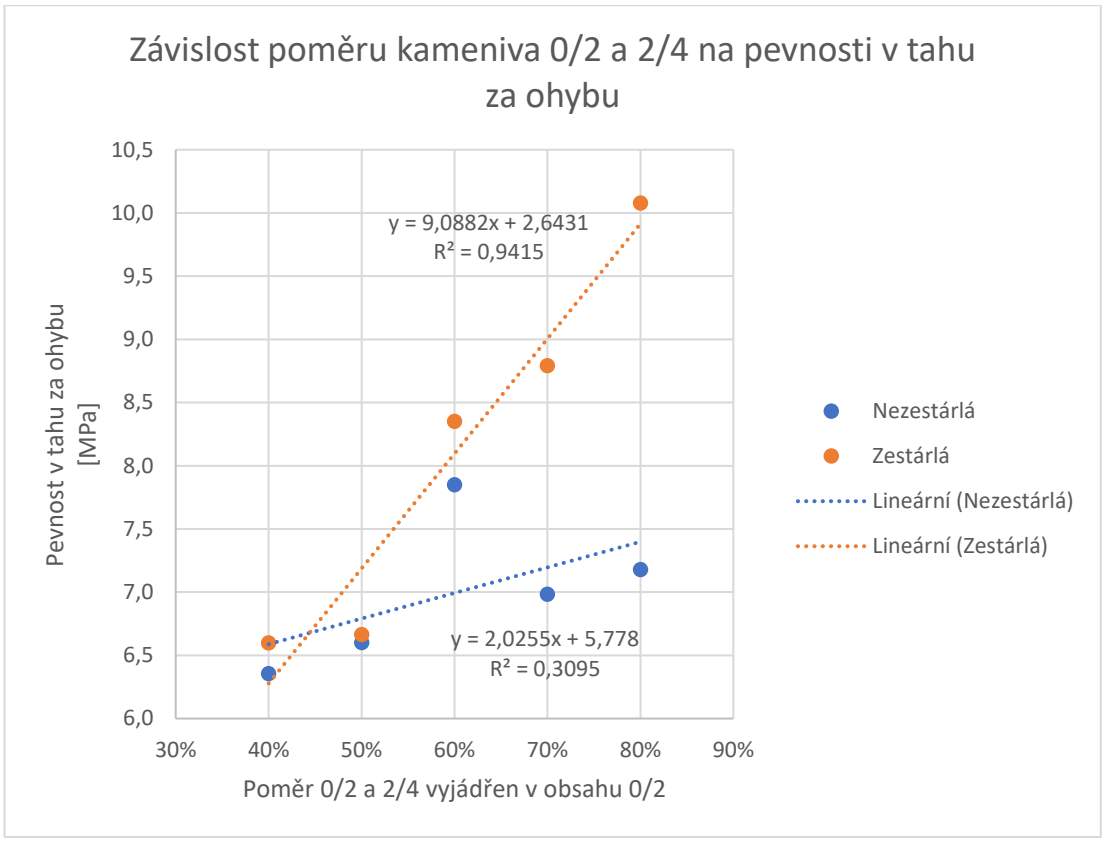
**Maximální relativní přetvoření $\varepsilon_s$** [%]:

$$\varepsilon_i = \frac{600 * h}{l^2} * Y_S$$

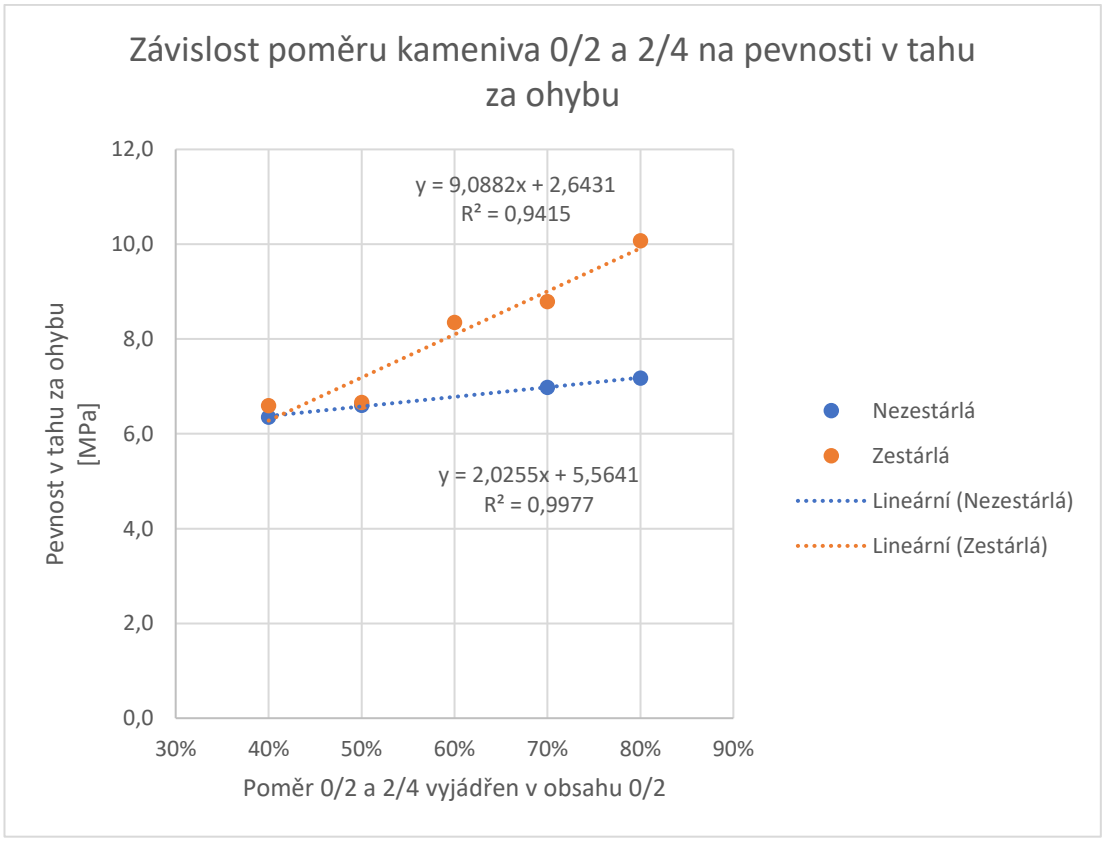
Nad rámec TP 151 [26] byly stanoveny hodnoty indexu stárnutí, a to jako poměr pevnosti v tahu za ohybu těles nezestárlých a zestárlých, a dále energie do maximální hodnoty, která byla určena obdobně jako ve zkoušce odolnosti vůči šíření mrazové trhliny v kapitole 7.13. Stárnutí zde bylo simulováno dle prEN 12697-52, a to tak, že se již nařezaná zkušební tělesa uložila po dobu 5 dnů do klimatické komory s nucenou cirkulací vzduchu o teplotě 85 °C.

### 7.14.2 Interpretace výsledků

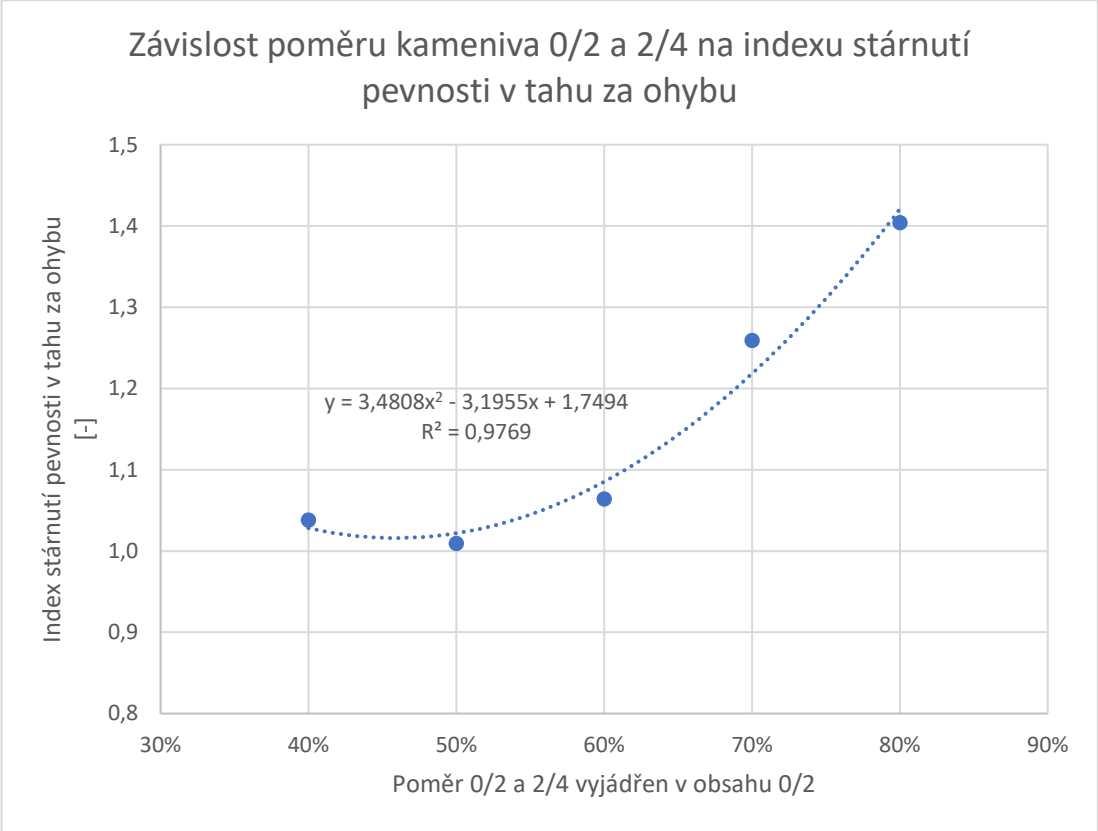
Ze získaných hodnot byla vytvořena tabulka, která je k této práci přiložena jako Příloha 22 a následně Obrázky 34 až 40 závislostí poměru kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm na pevnosti v tahu za ohybu, modulu tuhosti v tahu za ohybu a na indexu stárnutí u obou těchto vlastností. Zároveň byly zkoumány závislosti objemové hmotnosti a mezerovitosti na pevnosti v tahu za ohybu a modulu tuhosti v tahu za ohybu. Zde závislosti téměř nebyly vidět. Tyto grafy jsou uvedeny jako Příloha 24 a Příloha 25 této práce.




*Obrázek 33 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na pevnosti v tahu za ohybu*



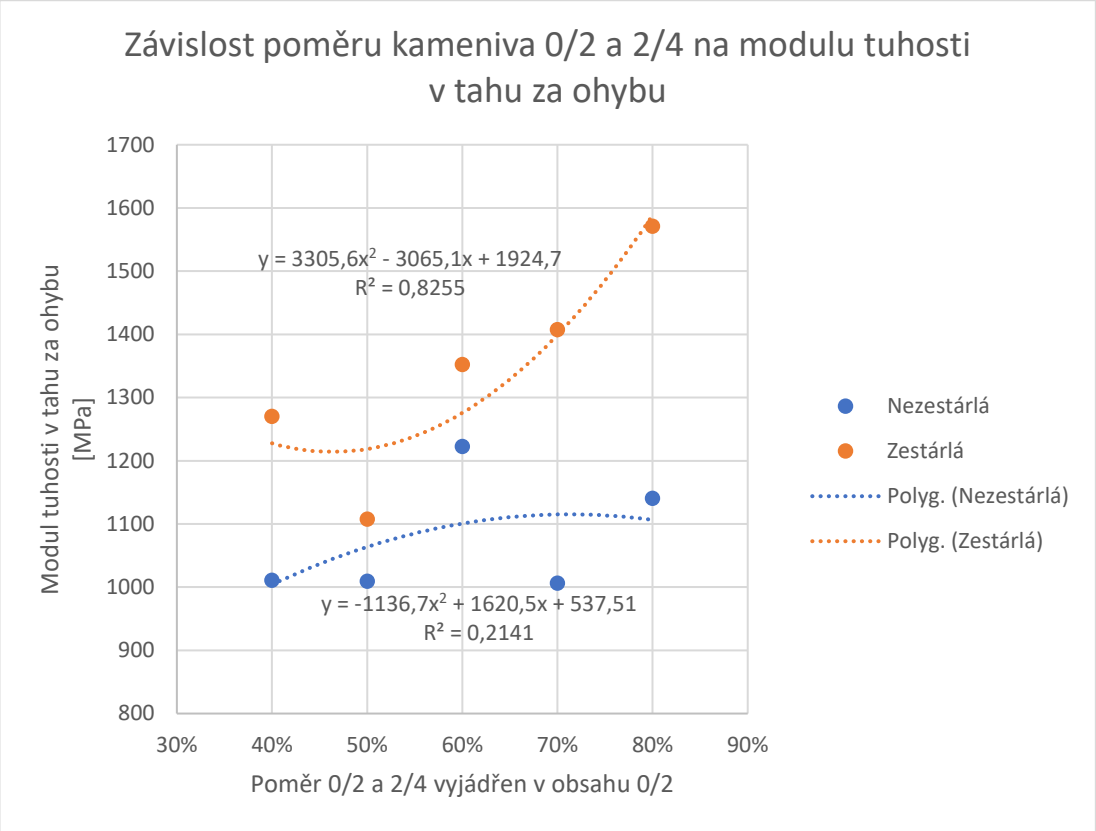

*Obrázek 34 - Upravená závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na pevnosti v tahu za ohybu*



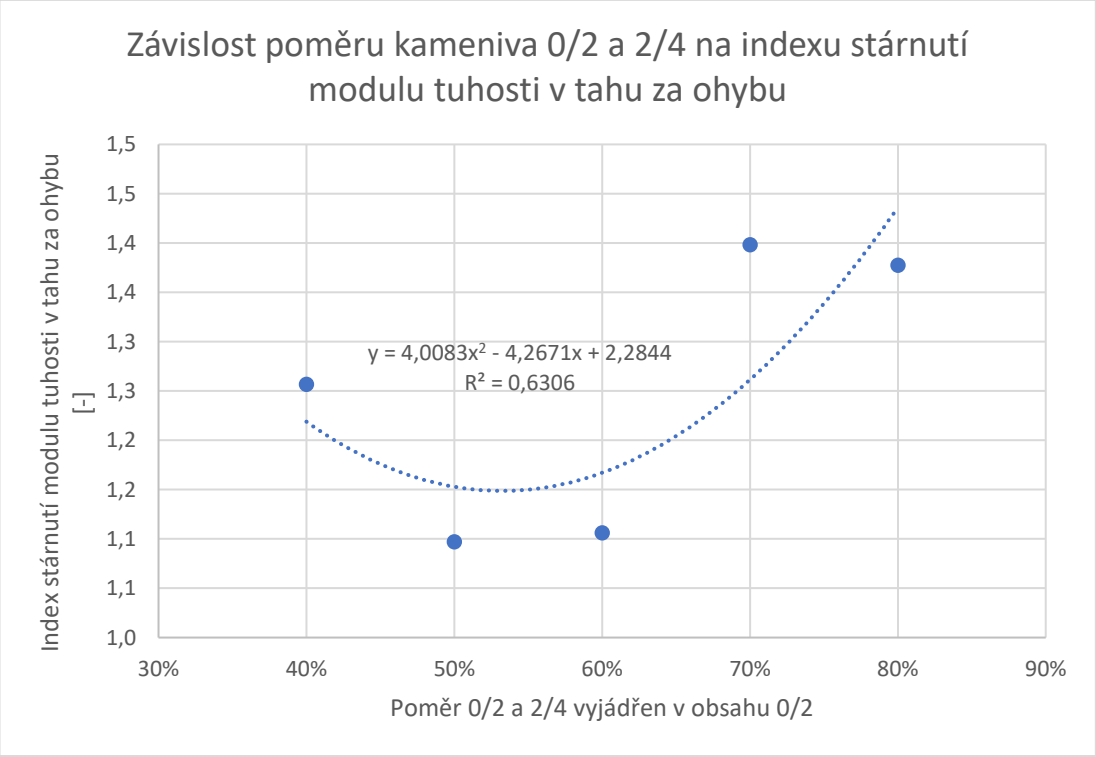

*Obrázek 35 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na indexu stárnutí pevnosti v tahu za ohybu*

Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na pevnosti v tahu za ohybu je z grafu 34 vidět, výraznější rozdíl mezi jednotlivými směsi je u zestárlých zkušebních těles. U nezestárlých těles je hodnota spolehlivosti poměrně malá, ale pokud bychom nevzali v potaz vychylující se výsledky směsi s 60 % kameniva 0/2 mm, tak by vzrostl na hodnotu 0,99, jak je uvedeno v Obrázku 35. Výsledky u této směsi mohly být ovlivněny například špatným temperováním, ale je nutné zdůraznit, že již výsledky odolnosti vůči trvalým deformacím této směsi byly zcela odlišné od očekávaného trendu. Po této úpravě je mezi obsahem kameniva frakce 0/2 mm a pevností v tahu za ohybu jasně viditelná lineární závislost, kde se zvyšujícím se obsahem kameniva frakce 0/2 mm zároveň roste pevnost v tahu za ohybu.

Poměrně zřetelná je i závislost poměru kameniva těchto frakcí na indexu stárnutí u pevnosti v tahu za ohybu, jak to zobrazuje Obrázek 36. Zde je vidět kvadratický průběh s minimem okolo hodnoty 45 % poměru frakce 0/2 mm.

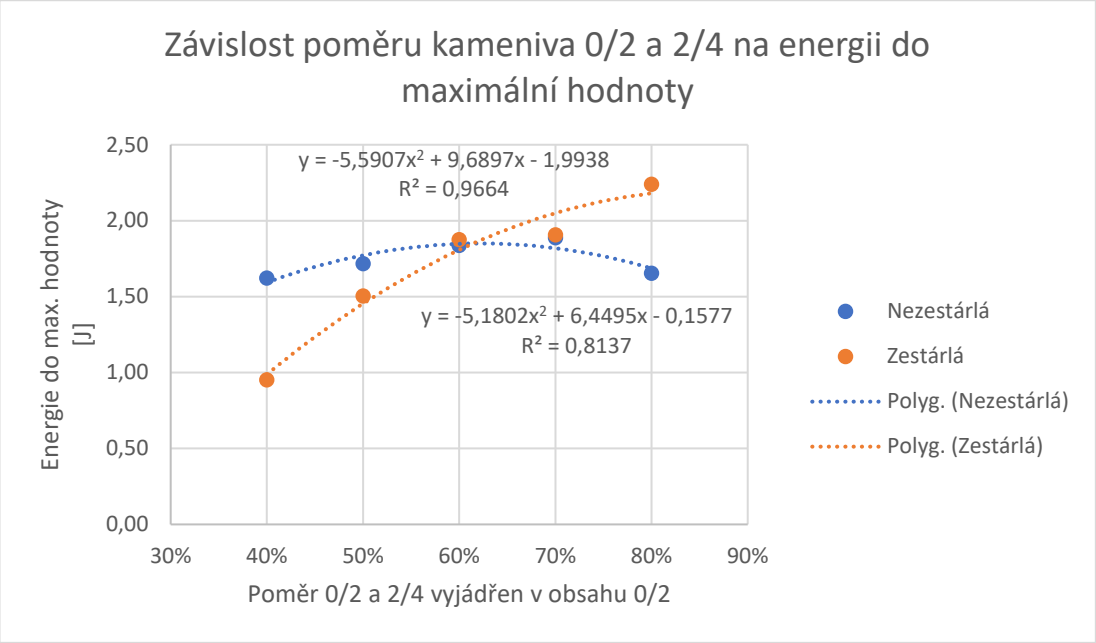



*Obrázek 36 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na modulu tuhosti v tahu za ohybu*

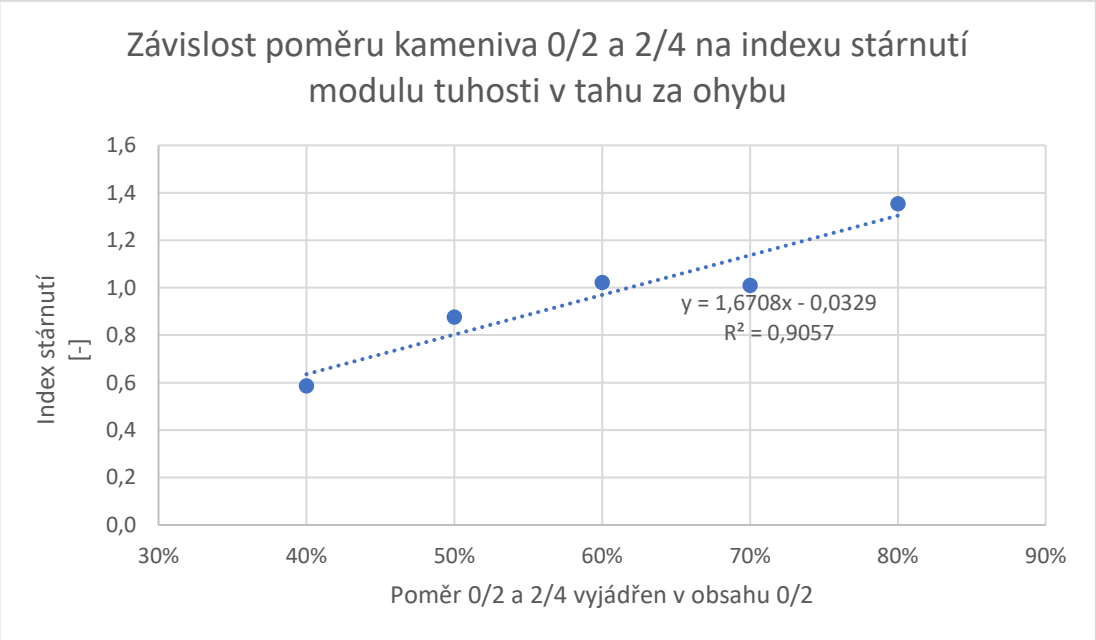



*Obrázek 37 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na indexu stárnutí modulu tuhosti v tahu za ohybu*

Závislost mezi poměrem kameniva a modulem tuhosti v tahu za ohybu vykreslené v Obrázku 37 je patrná u zestárlých těles. Ale nedá se říci, že by měla velkou spolehlivost. Ani závislost poměru kameniva na indexu stárnutí u modulu tuhosti není moc spolehlivá.




*Obrázek 38 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na energii do maximální hodnoty*




*Obrázek 39 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na indexu stárnutí modulu tuhosti v tahu za ohybu*

Z grafu závislosti poměru kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm na energii do maximální hodnoty je závislost poměrně jasně vidět jak u zestárlých, tak u nezestárlých těles. V obou případech byla závislost popsána kvadratickou rovnicí uvedenou v grafu, a to z důvodu mnohem vyšší hodnoty spolehlivosti u nezestárlých těles. Závislost je vidět i u vlivu poměru těchto frakcí kameniva na index stárnutí, jak je vyobrazena v Obrázku 40. Zde byla použita funkce lineární. Jednak z důvodu malého rozdílu v hodnotách spolehlivosti mezi lineárním a kvadratickým průběhem, druhak z domněnky, že závislosti obecně jsou většinou popsány funkcemi co nejjednoduššími.

Obecně se dá říci, že se jasněji ukazují závislosti modulu tuhosti i pevnosti u zestárlých směsí.

## 7.15 Vyhodnocení praktické části

Výsledky provedených zkoušek byly shrnuty jako Příloha 28 až Příloha 31. Vyhodnocení nejvhodnější směsi bylo provedeno hodnotícím systémem, kde každé zkoušce byla přiřazena stejná váha rovná hodnotě 1. Poté byla váha jednotlivých parametrů rovna váze zkoušky lomeno „n“, kde n je počet výsledných parametrů z dané zkoušky. (Tedy např. u zkoušky pojíždění kolem jsou dva výsledné parametr - $WTS_{AIR}$ a $PRD_{AIR}$, tudíž mají oba parametry váhu 0,5, zatímco poměr pevnosti v příčném tahu ITSR má hodnotu 1, protože to je to jediný výsledný parametr dané zkoušky.) Body byly přiřazeny tak, že nejvhodnější hodnota dostala 3 body, druhá nejvhodnější 2 body a třetí nejvhodnější hodnota 1 bod. Tyto body byly přenásobeny váhou parametru. Výsledek tohoto hodnocení je uveden v Tabulce 14.

Z tohoto vyhodnocení vyplývá, že nejvhodnější poměr kameniva 0/2 mm a 2/4 mm je 50%. Tato směs má dle laboratorních zkoušek nejnižší přírůstek hloubky koleje $WTS_{AIR}$, nejvyšší poměr pevnosti v příčném tahu, nejnižší index stárnutí pro pevnost v tahu za ohybu a modul tuhosti. Dále má nízkou hodnotu úhlu zatěžování při lomové houževnatosti pro zkušební teplotu 0 °C a nízký index stárnutí u energie do maximální hodnoty u zkoušky modulu tuhosti v tahu za ohybu.

| Směs č. | Poměr kameniva 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 | Skóre [body] |
|---|---|---|
| 0 | 60% | 7,39 |
| 1 | 50% | 7,42 |
| 2 | 40% | 3,19 |
| 3 | 70% | 4,44 |
| 4 | 80% | 7,19 |

*Tabulka 14 - Výsledky vyhodnocení*

Na druhou stranu tato směs nevyhovuje požadavku ČSN 73 6121 [9] na mezerovitost, kde překračuje mezní hodnotu 4,5 % - hodnota mezerovitosti směsi je rovna 5,0 %. Je nutné zdůraznit, že snížení mezerovitosti o 0,5 % je poměrně snadno dosáhnout např. mírným zvýšením poměru fileru nebo asfaltového pojiva ve směsi. Dále tato směs vykazuje spíše nízké hodnoty pevnosti a modulu tuhosti v tahu za ohybu u zestárlých těles a nízký modul tuhosti.

Kdyby byly vyhodnocovány pouze výsledky asfaltových směsí, jejichž všechny parametry ve všech podmínkách vyhovují mezím z ČSN 73 6121, tak by jako nejvhodnější směs vyšla směs s poměrem kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm 60% obsahu kameniva 0/2 mm, což je směs referenční, u které nebyl poměr kameniva upravován.

Tato směs má nejvyšší hodnoty lomové houževnatosti při zkušební teplotě 0 °C, nejvyšší pevnost a modul tuhosti v tahu za ohybu u nezestárlých těles a nejnižší index stárnutí u modulu tuhosti a u energie potřebné do maximální hodnoty u zkoušky modulu tuhosti v tahu za ohybu. Dále má velmi nízké hodnoty přírůstku hloubky koleje $WTS_{AIR}$, vysoký poměr pevnosti v příčném tahu a nízký index stárnutí u pevnosti v tahu za ohybu. Horších výsledků dosáhla u úhlu zatěžování při zkušební teplotě 25 °C.

Důležitým zjištěním je, že při nárůstu obsahu kameniva frakce 0/2 mm na hodnotu 70 % dochází k poklesu hodnotícího skóre více jak o polovinu. Tato směs má nejhorší výsledky ze zkoušky pojíždění kolem, velmi nízký poměr pevnosti v příčném tahu, lomovou houževnatost při zkušební teplotě 0 °C, nejvyšší hodnotu úhlu zatěžování a nejnižší modul tuhosti v tahu za ohybu u nezestárlých těles.

Z toho vyplývá, že je velmi důležité kontrolovat poměr kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm alespoň pomocí kontrolních zkoušek sítovým rozborem, aby se zamezilo zvýšení obsahu kameniva frakce 0/2 mm na nežádoucí hodnotu 70%.

# 8 Závěr

Tato diplomová práce se zabývá vlivem frakcí kameniva 0/2, 2/4 a 0/4 na vlastnosti asfaltové směsi.

V kapitole 5.2 této diplomové práce jsou popsány rozdíly mezi prací s frakcí 0/4 mm a prací s frakcemi 0/2 mm a 2/4 mm. Jak je podrobněji v této kapitole uvedeno, pro tyto dvě nové frakce je zapotřebí další technika v lomu, jako je například další drtič, dále pak prostor pro skládku nových frakcí jak v lomu, tak v obalovně a další násypky v obalovně. Práce přibyde zároveň i v laboratořích, kde by se pro nově zavedené frakce kameniva musely provádět zkoušky typu a zkoušky kontrolní.

Dále je v kapitole 6 zkoumáno, do kterých konkrétních směsí je kamenivo frakce 0/2 mm a 2/4 mm vhodné. Z výsledků této kapitoly vyplývá, že použití těchto frakcí se vyplatí jen u směsí s vyšším obsahem kameniva frakce 0/4 mm.

V praktické části této práce je hledán ideální poměr kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm pro směs ACO 11+. Na základě výsledků laboratorních zkoušek vyšla dle kapitoly 7.15 jako nejvhodnější směs s poměrem kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm 50 %. Tato směs ale nevyhovuje požadavku ČSN 73 6121 [9] na mezerovitost, a proto je jako nejvhodnější směs zvolena asfaltová směs s poměrem kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm 60 % obsahu kameniva 0/2 mm, což je směs referenční, u které nebyl poměr kameniva upravován.

Cílem praktické části bylo najít ideální poměr frakcí 0/2 mm a 2/4 mm. Jak ale výsledky ukázaly, referenční neupravená asfaltová směs má nejvhodnější vlastnosti, a pro zkoumanou směs ACO 11+ je tedy upravování poměru frakcí 0/2 mm a 2/4 mm zbytečné. Určitě ale zůstává vhodné pro tuto směs kontrolovat poměr frakcí 0/2 mm a 2/4 mm pomocí kontrolních zkoušek sítovým rozborem. Z výsledků praktické části je patrné, že i jen menší změna tohoto poměru dokáže některé vlastnosti směsí razantně změnit.

Praktická část navíc ukázala několik závislostí mezi poměrem kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm a zkoumanými parametry. K těmto závislostem se dá přihlédnout při návrhu nebo úpravách jiných asfaltových směsí. Jako první se objevila poměrně silná závislost v kapitole 7.9 mezi obsahem kameniva těchto frakcí a mezerovitostí, kde tuto závislost popisuje kvadratická rovnice. Dále se objevila spolehlivá závislost mezi obsahem kameniva frakce 0/2 mm a 2/4 mm a poměrem pevnosti v příčném tahu v kapitole 7.11. Zde je vztah nejlépe popsán kubickou rovnicí. Silnou závislost, popsanou kvadratickou funkcí, se také podařilo najít mezi poměrem kameniva zmíněných frakcí a pevností v tahu za ohybu, nebo indexem stárnutí pevnosti v tahu za ohybu v kapitole 7.14. Silné závislosti se objevily také v kapitole 7.13 mezi poměrem kameniva 0/2 mm a 2/4 mm a lomovou houževnatostí při zkušební teplotě 25 °C, a dále mezi poměrem kameniva 0/2 mm a 2/4 mm a úhlem zatěžování při zkušební teplotě 0 °C.

Z těchto závislostí vyplývá, že navrhování asfaltových směsí s frakcemi 0/2 mm a 2/4 mm se u směsí s vyšším obsahem frakce 0/4 mm vyplatí, protože poměr těchto dvou frakcí dokáže silně ovlivnit výše zmíněné vlastnosti. I malá změna poměru dokáže posunout některé důležité parametry z nevyhovujících na vyhovující.

# 9 Seznam použité literatury

[1] ČSN EN 13043 Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2004.

[2] Kamenivo. Katedra geologického inženýrství - HGF VŠB-TUO [online]. Ostrava [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/kamenivo.html#rozd%C4%9Blen%C3%AD

[3] Výroba drceného kameniva v lomu. HeidelbergCement v České republice [online]. [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: https://www.heidelbergcement.cz/cs/vyroba-drceneho-kameniva-v-lomu

[4] ČSN 73 6160 Zkoušení asfaltových směsí. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2008.

[5] KOZÁČEK, Vojtěch. ALTERNATIVNÍ NÁVRH ČÁRY ZRNITOSTI. Brno, 2018. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Holcner, Ph.D.

[6] Posouzení stavby nové obalovny a ekonomika dopravy asfaltových směsí [online]. Praha, 2019 [cit. 2020-12-14]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/84323/F1-BP-2019-Malinova-Veronika-malinova_bakalarska_prace_2019.pdf?sequence=-1&isAllowed=y . Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Dana Měšťanová, CSc.

[7] Asphalt Batch Mix Plant. Https://www.santaicn.com/ [online]. China [cit. 2020-12-14]. Dostupné z: https://www.santaicn.com/asphalt-mixing-plant-manufacturer

[8] ČSN EN 13242+A1 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2008.

[9] ČSN 73 6121 Stavba vozovek – Hutněné asfaltové vrstvy – Provádění a kontrola shody. Česká agentura pro standardizaci, 2019.

[10] ČSN EN 933-1 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 1: Stanovení zrnitosti – Sítový rozbor. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

[11] ČSN EN 933- 4 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 4: Stanovení tvaru zrn – Tvarový index. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2008.

[12] ČSN EN 1426 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení penetrace jehlou. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.

[13] ČSN EN 1427 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení bodu měknutí – Metoda kroužek a kulička. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.

[14] ČSN EN 12697-35 Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 35: Laboratorní výroba směsi. Česká agentura pro standardizaci, 2018.

[15] ČSN EN 12697-30 Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 30: Příprava zkušebních těles rázovým zhutňovačem. Česká agentura pro standardizaci, 2020.

[16] ČSN EN 12697-26 Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 26: Tuhost. Česká agentura pro standardizaci, 2019.

[17]ČSN EN 12697-12 Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 12: Stanovení odolnosti zkušebního tělesa vůči vodě. Česká agentura pro standardizaci, 2020.

[18]ČSN EN 12697-33 Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 33: Příprava zkušebních těles zhutňovačem desek. Česká agentura pro standardizaci, 2020.

[19]ČSN EN 12697-22 Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 22: Zkouška pojíždění kolem. Česká agentura pro standardizaci, 2020.

[20]ČSN EN 12697-29 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 29: Stanovení rozměrů asfaltových zkušebních těles. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2003.

[21]ČSN EN 12697- 6 Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 6: Stanovení objemové hmotnosti asfaltového zkušebního tělesa. Česká agentura pro standardizaci, 2020.

[22]ČSN EN 12697-5 Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 5: Stanovení maximální objemové hmotnosti. Česká agentura pro standardizaci, 2020.

[23]ČSN EN 12697-8 Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka - Část 8: Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2004.

[24]ČSN EN 12697-23 Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka - Část 23: Stanovení pevnosti v příčném tahu. Česká agentura pro standardizaci, 2018.

[25]ČSN EN 12697- 44 Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 44: Šíření trhliny zkouškou ohybem na půlválcovém zkušebním tělese. Česká agentura pro standardizaci, 2019.

[26]TP 151 Asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti (VMT). Ministerstvo dopravy, odbor silniční infrastruktury, 2010.

# 10 Seznam obrázků a tabulek

## 10.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Výroba drceného kameniva v lomu [3] ..... 13
Obrázek 2 – Řez čelisťovým drtičem [2] ..... 14
Obrázek 3 – Řez kuželovým drtičem [2] ..... 14
Obrázek 4 – Řez odrazovým drtičem [2] ..... 15
Obrázek 5 – Těžba z vody [2] ..... 16
Obrázek 6 – Vylévání žhavé strusky z železničních vozů [2] ..... 16
Obrázek 7 – Původní zobrazení Fullerovy křivky [5] ..... 18
Obrázek 8 - Schéma šaržové obalovny [7] ..... 20
Obrázek 9 – Výroba asfaltových směsí ..... 27
Obrázek 10 – Výroba zkušebních těles rázovým zhutňovačem ..... 28
Obrázek 11 - Výroba zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem ..... 29
Obrázek 12 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na objemovou hmotnost ..... 31
Obrázek 13 – Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na maximální objemové hmotnosti ..... 33
Obrázek 14 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na mezerovitost ..... 36
Obrázek 15 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na stupeň vyplnění mezer VFB ..... 36
Obrázek 16 – Zkouška pojíždění kolem ..... 37
Obrázek 17 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na přírůstek hloubky koleje $WTS_{AIR}$ 39
Obrázek 18 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na poměrnou hloubku koleje $PRD_{AIR}$ ..... 40
Obrázek 19 – Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na odolnost vůči vodě ..... 41
Obrázek 20 – Měření tuhosti válcového zkušebního tělesa v příčném tahu ..... 43
Obrázek 21 – Závislost modulu tuhosti na změně zkušební teploty ..... 44
Obrázek 22 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na pokles modulu tuhosti vlivem změny zkušební teploty ..... 45
Obrázek 23 – Průběh zkoušky odolnosti vůči šíření mrazové trhliny ..... 46
Obrázek 24 – Zkušební těleso po zkoušce odolnosti vůči šíření mrazové trhliny ..... 46
Obrázek 25 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na lomové houževnatosti ..... 48
Obrázek 26 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na teplotní citlivosti lomové houževnatosti ..... 49
Obrázek 27 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na lomové energii při zkušební teplotě 0 °C ..... 49
Obrázek 28 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na lomové energii při zkušební teplotě 25 °C ..... 50
Obrázek 29 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na teplotní citlivosti lomové energie ..... 50
Obrázek 30 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na úhlu zatěžování ..... 51
Obrázek 31 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na teplotní citlivosti úhlu zatěžování ..... 51
Obrázek 32 - Zkoušení tříbodovým ohybem ..... 52
Obrázek 33 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na pevnosti v tahu za ohybu . 54
Obrázek 34 - Upravená závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na pevnosti v tahu za ohybu ..... 54
Obrázek 35 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na indexu stárnutí pevnosti v tahu za ohybu ..... 55
Obrázek 36 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na modulu tuhosti v tahu za ohybu ..... 56

Obrázek 37 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na indexu stárnutí modulu tuhosti v tahu za ohybu ..... 56
Obrázek 38 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na energii do maximální hodnoty ..... 57
Obrázek 39 - Závislost poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na indexu stárnutí modulu tuhosti v tahu za ohybu ..... 57

## 10.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Souhrn výsledků simulace ..... 21
Tabulka 2 – Zrnitost směsí kameniva ..... 22
Tabulka 3 – Složení směsí ..... 23
Tabulka 4 - Kontrolní zkoušky hrubého kameniva ..... 25
Tabulka 5 – Kontrolní zkoušky jemného kameniva 0/4 mm ..... 25
Tabulka 6 – Penetrace asfaltu ..... 26
Tabulka 7 – Bod měknutí asfaltu ..... 27
Tabulka 8 – Maximální objemová hmotnost asfaltových směsí ..... 33
Tabulka 9 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na mezerovitost ..... 35
Tabulka 10 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na stupeň vyplnění mezer VFB ..... 37
Tabulka 11 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na výsledky zkoušky pojíždění kolem ..... 39
Tabulka 12 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na odolnost vůči vodě ..... 42
Tabulka 13 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na modul tuhosti ..... 45
Tabulka 14 - Výsledky vyhodnocení ..... 58

# 11 Přílohy

Příloha 1 - Porovnání užitečnosti dělení kameniva 0/4 pro BBTM 8 B S
Příloha 2 - Porovnání užitečnosti dělení kameniva 0/4 pro SMA 8 NH
Příloha 3 - Porovnání užitečnosti dělení kameniva 0/4 pro ACP 16+
Příloha 4 - Zkouška typu asfaltové směsi
Příloha 5 - Zkouška typu použitého kameniva
Příloha 6 - Zkouška typu použitého fileru
Příloha 7 - Prohlášení o vlastnostech použitého asfaltového pojiva
Příloha 8 - Rozměry válcových zkušebních těles
Příloha 9 - Výšky zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem
Příloha 10 - Objemová hmotnost zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem – nasycený suchý povrch (SSD)
Příloha 11 - Míra zhutnění a mezerovitost zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem
Příloha 12 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na objemovou hmotnost
Příloha 13 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na modul tuhosti při 0 °C
Příloha 14 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na modul tuhosti při 15 °C
Příloha 15 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na modul tuhosti při 27 °C
Příloha 16 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na modul tuhosti při 40 °C
Příloha 17 - Výsledky zkoušky odolnosti proti šíření mrazové trhliny 1
Příloha 18 - Výsledky zkoušky odolnosti proti šíření mrazové trhliny 2
Příloha 19 - Výsledky zkoušky odolnosti proti šíření mrazové trhliny 3
Příloha 20 - Výsledky zkoušky odolnosti proti šíření mrazové trhliny 4
Příloha 21 - Závislost objemové hmotnosti na lomové houževnatosti
Příloha 22 - Výsledky zkoušky vlastností směsí v tahu za ohybu
Příloha 23 - Závislost mezerovitosti na lomové houževnatosti
Příloha 24 - Závislost objemové hmotnosti na pevnosti v tahu za ohybu
Příloha 25 - Závislost mezerovitosti na pevnosti v tahu za ohybu
Příloha 26 - Závislost objemové hmotnosti na modulu tuhosti v tahu za ohybu
Příloha 27 - Závislost mezerovitosti na modulu tuhosti v tahu za ohybu
Příloha 28 - Vyhodnocení praktické části - 1
Příloha 29 - Vyhodnocení praktické části - 2
Příloha 30 - Vyhodnocení praktické části - 3
Příloha 31 - Vyhodnocení praktické části - 4

## Porovnání užitečosti dělení kameniva 0/4

### BBTM 8 B S

| Směs: | |
|---|---|
| 0/4 | 24,6% |
| 4/8 | 66,9% |
| 8/11 | 0,0% |
| filer | 2,8% |
| pojivo | 5,7% |

| Navážka: | 18 000 | g |
|---|---|---|
| 0/4 | 4 428 | g |
| 4/8 | 12 042 | g |
| 8/11 | 0 | g |
| filer | 504 | g |
| pojivo | 1 026 | g |
| Kontrola | 18 000 | g |
| Hmotnost směsi kamenia | 16 974 | |

| Kamenivo: | |
|---|---|
| 0/4 | 26,1% |
| 4/8 | 70,9% |
| 8/11 | 0,0% |
| filer | 3,0% |

**Zrnitost směsi kameniva**

| síto | 8/11 | 4/8 | 0/4 $GT_C20(70)$ | 0/4 $GT_C20(50)$ | filer | Celek s $GT_C20(70)$ | Celek s $GT_C20(50)$ | Meze | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22,4 | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **100,0%** | **100,0%** | 100% | 100% |
| 16 | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **100,0%** | **100,0%** | 100% | 100% |
| 11,2 | 92,9% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **100,0%** | **100,0%** | 100% | 100% |
| 8 | 9,6% | 92,3% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **94,5%** | **94,5%** | 90% | 100% |
| 5,6 | 2,0% | 48,9% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **63,7%** | **63,7%** | | |
| 4 | 1,4% | 3,2% | 95,0% | 95,0% | 100,0% | **30,0%** | **30,0%** | 20% | 40% |
| 2 | 1,1% | 1,6% | 70,0% | 50,0% | 100,0% | **22,4%** | **17,1%** | 15% | 25% |
| 1 | 1,1% | 1,6% | 42,0% | 42,0% | 100,0% | **15,1%** | **15,1%** | | |
| 0,5 | 1,0% | 1,5% | 20,8% | 20,8% | 100,0% | **9,5%** | **9,5%** | 7% | 17% |
| 0,25 | 0,9% | 1,5% | 13,4% | 13,4% | 100,0% | **7,5%** | **7,5%** | | |
| 0,125 | 0,8% | 1,3% | 12,3% | 12,3% | 91,3% | **6,8%** | **6,8%** | | |
| 0,063 | 0,8% | 1,2% | 9,8% | 9,8% | 83,8% | **5,9%** | **5,9%** | 4% | 6% |

## Porovnání užitečosti dělení kameniva 0/4

## SMA 8 NH

| Směs: | |
|---|---|
| 0/4 | 9,4% |
| 4/8 | 75,9% |
| 8/11 | 0,0% |
| filer | 8,4% |
| pojivo | 6,3% |

| Navážka: | 18 000 | g |
|---|---|---|
| 0/4 | 1 692 | g |
| 4/8 | 13 662 | g |
| 8/11 | 0 | g |
| filer | 1 512 | g |
| pojivo | 1 134 | g |
| Kontrola | 18 000 | g |
| Hmotnost směsi kamenia | 16 866 | |

| Kamenivo: | |
|---|---|
| 0/4 | 10,0% |
| 4/8 | 81,0% |
| 8/11 | 0,0% |
| filer | 9,0% |

**Zrnitost směsi kameniva**

| síto | 8/11 | 4/8 | 0/4 $GT_C20(70)$ | 0/4 $GT_C20(50)$ | filer | Celek s $GT_C20(70)$ | Celek s $GT_C20(50)$ | Meze | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22,4 | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **100,0%** | **100,0%** | 100% | 100% |
| 16 | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **100,0%** | **100,0%** | 100% | 100% |
| 11,2 | 92,9% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **100,0%** | **100,0%** | 100% | 100% |
| 8 | 9,6% | 92,3% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **93,8%** | **93,8%** | 90% | 100% |
| 5,6 | 2,0% | 48,9% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **58,6%** | **58,6%** | | |
| 4 | 1,4% | 3,2% | 95,0% | 95,0% | 100,0% | **21,1%** | **21,1%** | 17% | 30% |
| 2 | 1,1% | 1,6% | 70,0% | 50,0% | 100,0% | **17,3%** | **15,3%** | 15% | 22% |
| 1 | 1,1% | 1,6% | 42,0% | 42,0% | 100,0% | **14,5%** | **14,5%** | | |
| 0,5 | 1,0% | 1,5% | 20,8% | 20,8% | 100,0% | **12,3%** | **12,3%** | | |
| 0,25 | 0,9% | 1,5% | 13,4% | 13,4% | 100,0% | **11,5%** | **11,5%** | | |
| 0,125 | 0,8% | 1,3% | 12,3% | 12,3% | 91,3% | **10,5%** | **10,5%** | | |
| 0,063 | 0,8% | 1,2% | 9,8% | 9,8% | 83,8% | **9,5%** | **9,5%** | 6% | 10% |

## Porovnání užitečosti dělení kameniva 0/4

### ACP 16+

| Směs: | |
|---|---|
| 0/4 | 42,1% |
| 4/8 | 6,7% |
| 8/11 | 11,5% |
| 11/16 | 31,6% |
| filer | 3,8% |
| pojivo | 4,3% |

| Navážka: | 18 000 | g |
|---|---|---|
| 0/4 | 7 578 | g |
| 4/8 | 1 206 | g |
| 8/11 | 2 070 | g |
| 11/16 | 5 688 | g |
| filer | 684 | g |
| pojivo | 774 | g |
| Kontrola | 18 000 | g |
| Hmotnost směsi kamenia | 17 226 | g |

| Kamenivo: | |
|---|---|
| 0/4 | 44,0% |
| 4/8 | 7,0% |
| 8/11 | 12,0% |
| 11/16 | 33,0% |
| filer | 4,0% |

**Zrnitost směsi kameniva**

| síto | 11/16 | 8/11 | 4/8 | 0/4 $GT_C20(70)$ | 0/4 $GT_C20(50)$ | filer | Celek s $GT_C20(70)$ | Celek s $GT_C20(50)$ | Meze | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22,4 | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **100,0%** | **100,0%** | 100% | 100% |
| 16 | 93,5% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **97,9%** | **97,9%** | 90% | 100% |
| 11,2 | 12,8% | 92,9% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **70,4%** | **70,4%** | | |
| 8 | 1,4% | 9,6% | 92,3% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **56,0%** | **56,0%** | 50% | 80% |
| 5,6 | 1,3% | 2,0% | 48,9% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | **52,1%** | **52,1%** | | |
| 4 | 1,1% | 1,4% | 3,2% | 95,0% | 95,0% | 100,0% | **46,5%** | **46,5%** | | |
| 2 | 1,0% | 1,1% | 1,6% | 70,0% | 50,0% | 100,0% | **35,3%** | **26,5%** | 25% | 50% |
| 1 | 0,9% | 1,1% | 1,6% | 42,0% | 42,0% | 100,0% | **23,0%** | **23,0%** | | |
| 0,5 | 0,8% | 1,0% | 1,5% | 20,8% | 20,8% | 100,0% | **13,6%** | **13,6%** | | |
| 0,25 | 0,8% | 0,9% | 1,5% | 13,4% | 13,4% | 100,0% | **10,3%** | **10,3%** | | |
| 0,125 | 0,7% | 0,8% | 1,3% | 12,3% | 12,3% | 91,3% | **9,5%** | **9,5%** | 5% | 16% |
| 0,063 | 0,6% | 0,8% | 1,2% | 9,8% | 9,8% | 83,8% | **8,0%** | **8,0%** | 4% | 10% |

*Příloha 4 - Zkouška typu asfaltové směsi*

Výtisk č. 1

**ZKOUŠKA TYPU č.**

**PODLE ČSN EN 13108-20** list 1/4

Asfaltová směs: **ACO 11+** **podle ČSN EN 13108-1**

**s asfaltem 50/70**

**pro třídu dopravního zatížení II - IV**

**tloušťka vrstvy 35 - 50 mm**

Úplná značka směsi: **ACO 11+ 50/70 ČSN EN 13108-1**

Objednatel zkoušky

Směs pro obalovnu:

Obsah dokladu


list 1 Titulní list

list 2 Vstupní materiály

list 3 Návrhové výstupní složení a vlastnosti asfaltové směsi

list 4 Výrobní předpis pro obalovnu


Zpracoval:

Protokol vystaven:

Zkouška platí do: Schválil:

Doplňující údaje ke zkoušce typu

Pro ověření byla směs vyrobena v obalovně Čenkov podl

Odběr vzorku byl proveden podle ČSN EN 12697-27 dne 16.9.2017

Metoda stanovení obsahu pojiva ČSN EN 12697-1, diferenční metoda

Stanovení objemové hmotnosti zkušebních těles ČSN EN 12697-6, postup B

Zhotovení zkušebních těles rázovým zhutňovačem, 2x50 úderů, při teplotě 150°C

Stanovení maximální objemové hmotnosti ČSN EN 12697-5, metoda A ve vodě

Stanovení odolnosti vůči vodě ČSN EN 12697-12, 2x25 úderů, zkušební teplota 15°C

Zkouška pojíždění kolem ČSN EN 12697-22+A1,malé zař.,postup B na vzduchu,50°C

COLAS CZ, a.s.
laboratoř č.140
s odbornou způsobilostí
Kosovská 19, 586 37 Jihlava
TEL: 567574817
FAX: 567574801
DIČ: CZ26177005
Zkušební laboratoř Jihlava

Zkoušku typu zpracovala zkušební laboratoř COLAS CZ, a.s., Jihlava

LABEX 6 Rousek Software

COLAS

**ZKOUŠKA TYPU č.**

VSTUPNÍ MATERIÁLY list 2/4

Asfaltová směs: **ACO 11+** **podle ČSN EN 13108-1**

**s asfaltem 50/70**

**Složkové materiály**

**Asfalt** druh: **50/70**

podle: **ČSN EN 12591**

| | | *min* | *max* | zkušební vzorek |
|---|---|---|---|---|
| penetrace | ( 0,1 mm ) | 50 | 70 | 61 |
| bod měknutí | ( °C ) | 46 | 54 | 48,6 |
| hustota | ( kg/m$^3$ ) | 1 020 | | |

| **Kamenivo** | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Filer | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| frakce | | **0/4** | **4/8** | **8/11** | | | | **filer** | |
| druh | | | | | | | | | |
| ve sm. kameniva | | **46%** | **29%** | **18%** | | | | **7%** | |
| zdroj | | | | | | | | | |
| Propad sítem | **31,5** | 100,0 | 100,0 | 100,0 | | | | 100,0 | |
| | **22,4** | 100,0 | 100,0 | 100,0 | | | | 100,0 | |
| | **16** | 100,0 | 100,0 | 100,0 | | | | 100,0 | |
| | **11,2** | 100,0 | 100,0 | 92,9 | | | | 100,0 | |
| | **8** | 100,0 | 92,3 | 9,6 | | | | 100,0 | |
| | **4** | 96,8 | 3,2 | 1,4 | | | | 100,0 | |
| | **2** | 69,4 | 1,6 | 1,1 | | | | 100,0 | |
| | **1** | 42,0 | 1,6 | 1,1 | | | | 100,0 | |
| | **0,125** | 12,3 | 1,3 | 0,8 | | | | 96,1 | |
| | **0,063** | 9,8 | 1,2 | 0,8 | | | | 83,1 | |
| **Vlastnosti použitého kameniva** | | | | | | | | | |
| zrnitost | | **$G_A$ 85** | **$G_C$ 90/15** | **$G_C$ 85/15** | | | | | |
| obsah jem.částic | | **$f_{10}$** | **$f_2$** | **$f_2$** | | | | | |
| kvalita jem.částic | | **$MB_F$ 10** | | | | | | **$MB_F$ 10** | |
| tvarový index | | | **$SI_{30}$** | **$SI_{25}$** | | | | | |
| odol. proti drcení | | | **$LA_{25}$** | **$LA_{25}$** | | | | | |
| ohladitelnost | | | **$PSV_{51}$** | **$PSV_{51}$** | | | | | |
| nasákavost | | | **$WA_{24}$ 1** | **$WA_{24}$ 1** | | | | | |
| trvanlivost | | | | | | | | | |
| mrazuvzdornost | | | **$F_2$** | **$F_2$** | | | | | |
| hustota | kg/m$^3$ | **2 963** | **2 944** | **2 939** | **0** | **0** | **0** | **2 766** | **0** |

| Přilnavost podle ČSN 73 6161 | Druh pojiva / přísady | Frakce | Výsledek | Hodnocení |
|---|---|---|---|---|
| | 50/70 | 8/16 | 90% B, 10% C | dobrá |
| | | | | |

COLAS CZ, a.s., laboratoř Jihlava, Kosovská 10, 586 37 Jihlava

COLAS

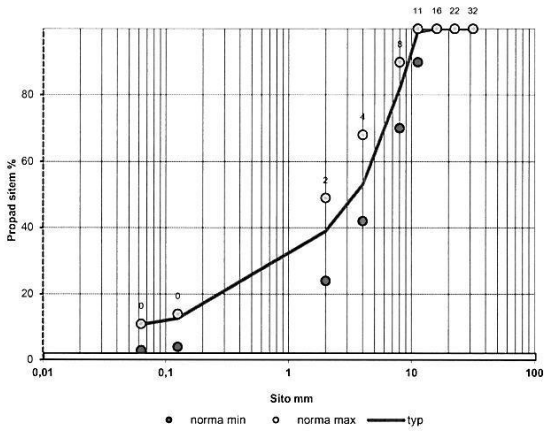
**ZKOUŠKA TYPU č.**

**NÁVRHOVÉ VÝSTUPNÍ SLOŽENÍ A VLASTNOSTI ASFALTOVÉ SMĚSI** list 3/4

Asfaltová směs: **ACO 11+** podle: **ČSN EN 13108-1**

**s asfaltem 50/70**

**Zrnitost směsi kameniva**




| | Zrnitost typická | Meze ČSN EN 13108-1 | |
|---|---|---|---|
| síto | propad % | min. % | max. % |
| 31,5 | **100,0** | 100 | 100 |
| 22,4 | **100,0** | 100 | 100 |
| 16 | **100,0** | 100 | 100 |
| 11,2 | **99,1** | 90 | 100 |
| 8 | **81,8** | 70 | 90 |
| 4 | **53,1** | 42 | 68 |
| 2 | **38,9** | 24 | 49 |
| 0,125 | **12,7** | 4 | 14 |
| 0,063 | **10,8** | 3 | 11 |

| vlastnost | značka | norma | požadováno min. | požadováno max. | stanoveno |
|---|---|---|---|---|---|
| Obsah rozpustného pojiva | **B** | ČSN EN 12697-1 | 5,1% | - | 5,6 % |
| Obsah nerozpustného pojiva | | ČSN 73 6121 | - | - | 0,2 % |
| Celkový obsah pojiva | | | - | - | 5,8 % |
| Objem rozpust.pojiva ve směsi | $B_{vol}$ | | 13,0% | - | 13,8 % |
| Mezerovitost | **V** | ČSN EN 12697-8 čl.4 | 2,5% | 4,5% | 3,9 % |
| Stupeň vyplnění mezer | **VFB** | ČSN EN 12697-8 čl.5 | 75,0% | 83,0% | 78,5 % |
| Objemová hmotnost těles | | ČSN EN 12697-6 | - | - | 2 519 kg/m$^3$ |
| Maximální objemová hmotnost | | ČSN EN 12697-5 | - | - | 2 622 kg/m$^3$ |
| Odolnost proti vodě | **ITSR** | ČSN EN 12697-12 | 70,0% | - | 79,4% % |
| Odolnost proti | **$PRD_{AIR}$** | ČSN EN 12697-22+A1 | - | 6,0% | 4,3% % |
| trvalé deformaci | **$WTS_{AIR}$** | ČSN EN 12697-22+A1 | - | 0,08 | 0,032% mm/10$^3$c. |
| Stékavost | **D** | ČSN EN 12697-18 | - | - | - % |

**Mezní teploty směsi:** **140-180 °C**

**Mezní teploty asfaltu:** **150-180 °C**

Maximální teplota směsi 180 °C nesmí být překročena v žádném místě obalovny.

COLAS

# ZKOUŠKA TYPU č.

## VÝROBNÍ PŘEDPIS PRO OBALOVNU



směs : **ACO 11+** podle: **ČSN EN 13108-1**

| **Složení směsi** | | | materiál ve směsi | studené dávkování t/h | % kam. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kamenivo | frakce 1 | **0/4** | **43,3%** | 90,0 | 46,0% |
| | frakce 2 | **4/8** | **27,3%** | 56,7 | 29,0% |
| | frakce 3 | **8/11** | **17,0%** | 35,2 | 18,0% |
| | vápenec | **filer** | **6,6%** | | 7,0% |
| Pojivo | asfalt | **50/70** | **5,80%** | | |

**Technologie**

Časy výrobního cyklu

navažování s

suché míchání s

mích. s afaltem s

výsyp s

Výkon **t/h**

Záměs: **kg**

Pracovní teplotv

kamenivo: **°C**

asfalt: **°C**

Třídicí systém

| Zásobník č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Max. zrno v zásobníku mm | 2 | 4 | 8 | 11 | 32 | |

**Nastavení řídicího programu obalovny**

| **směs = 100%** | | | filer | | dávkování vysušeného kameniva ze zásobníku | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | asfalt | | vratný | vápencový | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

| **kamenivo = 100%** | | | filer | | dávkování vysušeného kameniva ze zásobníku | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | asfalt | | vratný | vápencový | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

*Kontolní hmotnosti komponentů v kg*

Zpracoval: dne:

*Příloha 5 - Zkouška typu použitého kameniva*

**ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA, s.r.o.**
**STONE AND AGGREGATES TEST CENTRE, LTD.**
Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005
Testing laboratory No. 1046 accredited by Czech Accreditation Institute in accordance with EN ISO/IEC 17025:2005
Husova 2274, 508 01 Hořice, Czech Republic telefon 493 623 478 e-mail: azl@zkk.cz

L 1046

Číslo zakázky a protokolu :
Počet výtisků : 2
Výtisk číslo : 1

# PROTOKOL O ZKOUŠKÁCH KAMENIVA

## ZKOUŠKA TYPU (TT)

| | |
|---|---|
| Klient | : |
| Provozovna | : |
| Hornina | : **Spilit** |
| Druh kameniva | : **Přírodní drcené** |
| Vykonavatel | : Zkušebna kamene a kameniva, s.r.o.<br>Husova 2274<br>508 01 Hořice |
| Řešitelské pracoviště | : Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005<br>ZL Hořice a ZL pobočka Bílá Lhota |
| Datum provedení zkoušek | : 16.8.2018 - 14.12.2018 |
| Datum vystavení protokolu | : **14.12.2018** |
| Za správnost protokolu odpovídá | : **Jaroslava Soukupová**<br>zástupce vedoucího zkušební laboratoře |

Protokol obsahuje 19 stran (včetně titulní).
Protokol byl vystaven ve dvou vyhotoveních.
Výtisk číslo 1 obdržel klient, výtisk číslo 2 si ponechal vykonavatel.

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TESTING LABORATORY 1046 ZKK s.r.o. ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ HOŘICE

Prohlášení:
[1] Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušených vzorků.
[2] Bez písemného souhlasu ZL nesmí být tento protokol reprodukován jinak než celý.
[3] Stížnost nebo námitku k protokolu lze vznést písemně k vedoucímu ZL do 15 dnů od doručení.

## 1. PŘEDMĚT ZKOUŠEK

Vzorky byly odebrány a zaevidovány takto :

| | |
|---|---|
| Zakázka číslo | **2044/18** |
| Místo odběru | **Skládka** |
| Datum odběru | **8.8.2018** |
| Odběr provedl za ZL | **J. Ptáček** |
| Zástupce klienta | **M. Smejkal** |

| Vzorek kameniva | | |
|---|---|---|
| Frakce v mm | Číslo vzorku | Hmotnost v kg |
| **0/4 II.** | **5660/18** | 20 |
| **0/4 III.** | **5661/18** | 20 |
| **4/8** | **5662/18** | 30 |
| **8/11** | **5663/18** | 35 |
| **8/16** | **5664/18** | 40 |
| **11/16** | **5665/18** | 40 |
| **11/22** | **5666/18** | 50 |
| **16/22** | **5667/18** | 50 |
| **16/32** | **5668/18** | 60 |
| **32/63** | **5669/18** | 80 |
| **0/32** | **5670/18** | 120 |
| **0/63** | **5671/18** | 150 |

## 2. ROZSAH A SPECIFIKACE ZKOUŠEK

Na základě objednávky Z-IO 493/18 byly provedeny zkoušky vlastností výrobků pro použití podle:

| | |
|---|---|
| ČSN EN 12620+A1 | Kamenivo do betonu |
| ČSN EN 13043 | Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch |
| ČSN EN 13242+A1 | Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace |
| ČSN EN 13285 | Nestmelené směsi - Specifikace |

U všech zkoušek byla splněna podmínka o počtu souběžných stanovení a dodrženy požadavky na zkušební prostředí.
Použité přístroje a zařízení jsou metrologicky navázané ve shodě s metrologickým řádem ZL a odpovídají požadavkům ČSN EN 932-5.
Uvedené rozšířené nejistoty měření jsou založeny na standardní nejistotě měření násobené koeficientem rozšíření k = 2, což pro normální rozdělení poskytuje hladinu spolehlivosti přibližně 95 %.

## 3. POUŽITÉ POSTUPY A ZKUŠEBNÍ METODY

**Odběr vzorků kameniva**
podle ČSN EN 932-1.

**Zmenšování laboratorních vzorků**
podle ČSN EN 932-2.

**Stanovení jednoduchého petrografického popisu** [3)]
podle ČSN EN 932-3.

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TESTING LABORATORY 1048 ZKK s.r.o. ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ HOŘICE

**Stanovení zrnitosti - Sítový rozbor**
podle ČSN EN 933-1.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je pro stanovení jemných částic 0,2 % hm. a pro stanovení sítového rozboru 0,8 % hm.

**Stanovení tvaru zrn - Tvarový index**
podle ČSN EN 933-4.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody pro hrubé kamenivo je 2,0 % hm. a 2,5 % hm. pro směsi.

**Stanovení podílu drcených zrn v hrubém kamenivu**
podle ČSN EN 933-5.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,6 % hm.

**Stanovení odolnosti proti drcení zkušební metodou Los Angeles** [1)]
podle ČSN EN 1097-2, kap. 5.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,9.

**Zkouška ekvivalentu písku**
podle ČSN EN 933-8+A1.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 1,2.

**Zkouška methylenovou modří**
podle ČSN EN 933-9+A1.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,35 g/kg.

**Stanovení lehkých znečišťujících částic**
podle ČSN EN 1744-1+A1, kap. 14.2.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,1 % hm.

**Stanovení potenciální přítomnosti humusu**
podle ČSN EN 1744-1+A1, kap. 15.1.

**Stanovení sypné hmotnosti a mezerovitosti volně sypaného kameniva** [4)]
podle ČSN EN 1097-3.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je pro stanovení sypné hmotnosti 0,010 Mg/m$^3$,
pro stanovení mezerovitosti volně sypané 2,9 %, setřesené hmotnosti 0,012 Mg/m$^3$ a pro stanovení setřesené mezerovitosti 2,5 %.

**Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti**
podle ČSN EN 1097-6.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je pro stanovení objemové hmotnosti pyknometricky 0,020 Mg/m$^3$ a nasákavosti 0,1 % hm., pro stanovení objemové hmotnosti hydrostaticky 0,030 Mg/m$^3$ a nasákavosti 0,2 % hm.

**Stanovení vodou rozpustných chloridových solí potenciometricky**
podle ČSN EN 1744-1+A1, kap. 8.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,0001 % hm.

**Stanovení vodou rozpustných síranů**
podle ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,004 % hm.

**Stanovení obsahu celkové síry**
podle ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,032 % hm.

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TESTING LABORATORY 1648 ZKK ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ HOŘICE

**Stanovení síranů rozpustných v kyselině**
podle ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,010 % hm.

**Stanovení hodnoty ohladitelnosti** [2)]
podle ČSN EN 1097-8.
Hodnota relativní rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 2.

**Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování** [1)]
podle ČSN EN 1367-1.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,2 % hm.

**Stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti - Proctorova zkouška**
podle ČSN EN 13286-2.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je pro stanovení vlhkosti 0,1 %
a pro stanovení objemové hmotnosti 21 kg/m$^3$.

*Vysvětlivky:*
[1)] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 10/14 mm.
[2)] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 8/11 mm.
[3)] Výsledek zkoušky byl převzat z aktuálního Protokolu o zkouškách č. 115/16.
[4)] Ke stanovení sypné hmotnosti setřeseného kameniva bylo použito vibračního stolu s elektromotorem o otáčkách 2880 (± 2,5 %) otáček/min a amplitudou 1 mm. Doba vibrování je 180 ± 5 s.

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TESTING LABORATORY 1044 ZKK s.r.o. ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ HOŘICE

## 4. VÝSLEDKY ZKOUŠEK

### PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA - ZKOUŠKA TYPU (TT)

**DRCENÉ KAMENIVO** frakce (*d/D*) **0/4 II.**

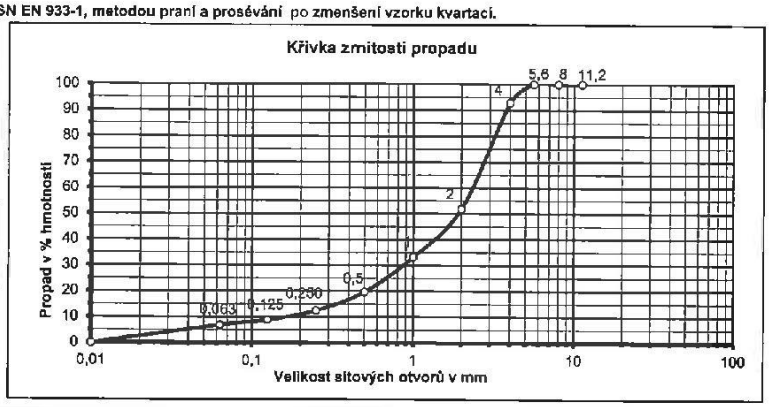
Zakázka čís. :
Provozovna :
Homina :

Místo odběru : **Skládka**
Datum odběru : **8.8.2018**
Odběr provedl za ZL : **J. Ptáček**

Vzorek číslo : **5660/18**
Zástupce klienta :

**Stanovení zrnitosti podle ČSN EN 933-1, metodou praní a prosévání po zmenšení vzorku kvartací.**

| Velikost otvorů síta | | Propad sítem |
|---|---|---|
| - | mm | % hm. |
| | 16 | 100,0 |
| | 11,2 | 100,0 |
| 2D | 8 | 100,0 |
| 1,4D | 5,6 | 100,0 |
| D | 4 | 92,9 |
| D/2 | 2 | 51,9 |
| D/4 | 1 | 33,2 |
| | 0,5 | 19,7 |
| | 0,250 | 12,5 |
| | 0,125 | 8,9 |
| | 0,063 | 6,9 |




| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic *f* | ČSN EN 933-1 | % hm. | 6,9 | - |
| Zkouška methylenovou modří $MB_F$ | ČSN EN 933-9+A1 | g/kg | 5,0 | - |
| Zkouška ekvivalentu písku $SE_4$ | ČSN EN 933-8+A1, příloha A | - | 75 | - |
| Mez plasticity $w_P$ | ČSN CEN ISO/TS 17892-12 | % | - | - |
| Mez tekutosti $w_L$ | | % | - | - |
| Index plasticity $I_P$ | | % | - | - |
| Potenciální přítomnost humusu | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 15.1 | - | Negativní zkouška | - |
| Obsah chloridových solí | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 8 | % hm. | < 0,001 | - |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině *AS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12 | % hm. | 0,028 | - |
| Obsah celkové síry *S* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11 | % hm. | 0,090 | - |
| Obsah vodou rozpustných síranů *SS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10 | % hm. | 0,006 | - |
| Nasákavost $WA_{24}$ | ČSN EN 1097-6 | % hm. | 0,8 | - |
| Lehké znečišťující částice $m_{LPC}$ | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 14.2 | % hm. | 0,0 | - |
| Objemová hmotnost $\rho_{rd}$ | ČSN EN 1097-6 | Mg/m³ | 2,959 | - |
| Sypná hmotnost volně sypaného kameniva | ČSN EN 1097-3 | Mg/m³ | 1,486 | - |
| Sypná hmotnost setřeseného kameniva | ČSN EN 1097-3, příl. D | Mg/m³ | 1,837 | - |
| Mezerovitost volně sypaná | ČSN EN 1097-3 | % | 49,8 | - |
| Mezerovitost setřesená | ČSN EN 1097-3, příl. D | % | 37,9 | - |

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TESTING LABORATORY 1048 ZKK spol. s r.o. ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ HOŘICE

# PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA - ZKOUŠKA TYPU (TT)

## DRCENÉ KAMENIVO frakce (*d/D*) **0/4 III.**

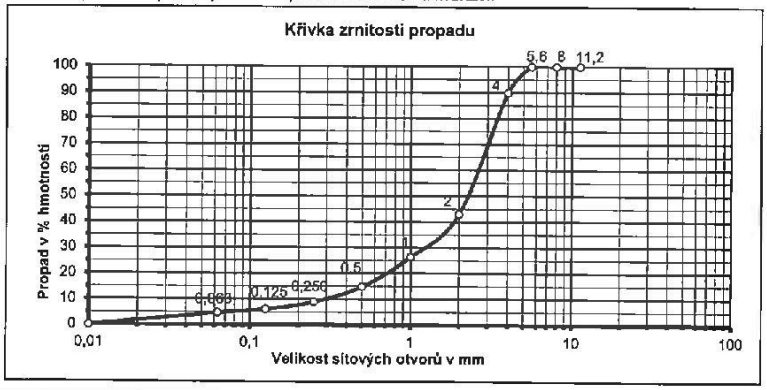
Zakázka čís. :
Provozovna :
Hornina :

Místo odběru : **Skládka**
Datum odběru : **6.8.2018**
Odběr provedl za ZL : **J. Ptáček**

Vzorek číslo : **5661/18**
Zástupce klienta :

**Stanovení zrnitosti podle ČSN EN 933-1, metodou praní a prosévání po zmenšení vzorku kvartací.**

| Velikost otvorů síta | | Propad sítem |
|---|---|---|
| - | mm | % hm. |
| | 16 | 100,0 |
| | 11,2 | 100,0 |
| 2D | 8 | 100,0 |
| 1,4D | 5,6 | 100,0 |
| D | 4 | 89,9 |
| D/2 | 2 | 43,0 |
| D/4 | 1 | 26,3 |
| | 0,5 | 14,8 |
| | 0,250 | 8,9 |
| | 0,125 | 6,1 |
| | 0,063 | 4,7 |




| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic *f* | ČSN EN 933-1 | % hm. | **4,7** | - |
| Zkouška methylenovou modří $MB_F$ | ČSN EN 933-9+A1 | g/kg | **3,3** | - |
| Zkouška ekvivalentu písku $SE_4$ | ČSN EN 933-8+A1, příloha A | - | **94** | - |
| Mez plasticity $w_P$ | ČSN CEN ISO/TS 17892-12 | % | - | - |
| Mez tekutosti $w_L$ | | % | - | - |
| Index plasticity $I_P$ | | % | - | - |
| Potenciální přítomnost humusu | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 15.1 | - | **Negativní zkouška** | - |
| Obsah chloridových solí | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 8 | % hm. | **< 0,001** | - |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině *AS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12 | % hm. | **0,028** | - |
| Obsah celkové síry *S* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11 | % hm. | **0,090** | - |
| Obsah vodou rozpustných síranů *SS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10 | % hm. | **0,006** | - |
| Nasákavost $WA_{24}$ | ČSN EN 1097-6 | % hm. | **0,8** | - |
| Lehké znečišťující částice $m_{LPC}$ | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 14.2 | % hm. | **0,0** | - |
| Objemová hmotnost $\rho_{rd}$ | ČSN EN 1097-6 | Mg/m$^3$ | **2,953** | - |
| Sypná hmotnost volně sypaného kameniva | ČSN EN 1097-3 | Mg/m$^3$ | **1,476** | - |
| Sypná hmotnost setřeseného kameniva | ČSN EN 1097-3, příl. D | Mg/m$^3$ | **1,845** | - |
| Mezerovitost volně sypaná | ČSN EN 1097-3 | % | **50,0** | - |
| Mezerovitost setřesená | ČSN EN 1097-3, příl. D | % | **37,5** | - |

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TESTING LABORATORY 1044 ZKK s.r.o. ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ HOŘICE

# PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA - ZKOUŠKA TYPU (TT)

## HRUBÉ DRCENÉ KAMENIVO frakce (*d/D*) **4/8**

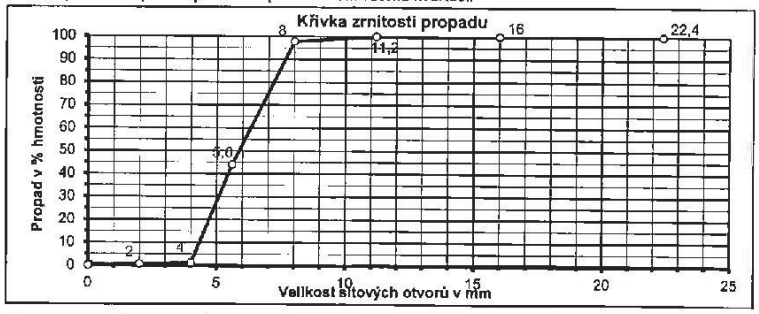
Zakázka čís. :
Provozovna :
Hornina :

Místo odběru : **Skládka**
Datum odběru : **8.8.2018**
Odběr provedl za ZL : **J. Ptáček**

Vzorek číslo : **5662/18**
Zástupce klienta :

**Stanovení zrnitosti podle ČSN EN 933-1, metodou praní a prosévání po zmanšení vzorku kvartací.**

| Velikost otvorů síta | | Propad sítem |
|---|---|---|
| - | mm | % hm. |
| | 22,4 | 100,0 |
| 2D | 16 | 100,0 |
| 1,4D | 11,2 | 100,0 |
| D | 8 | 97,8 |
| D/1,4 | 5,6 | 44,0 |
| d | 4 | 1,2 |
| d/2 | 2 | 0,7 |
| | 0,063 | 0,5 |




| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic *f* | ČSN EN 933-1 | % hm. | 0,5 | - |
| Tvarový index *SI* | ČSN EN 933-4 | % hm. | 15,3 | - |
| Podíl zrn ostrohranných | ČSN EN 933-5 | % hm. | 100 | - |
| Odolnost proti drcení *LA* [1] | ČSN EN 1097-2, kap. 5 | - | 8,5 | - |
| Ohladitelnost *PSV* [2] | ČSN EN 1097-8 | - | 51 | - |
| Nasákavost $WA_{24}$ | ČSN EN 1097-6 | % hm. | 0,3 | - |
| Zkouška síranem hořečnatým *MS* | ČSN EN 1367-2 | % hm. | - | - |
| Odolnost proti zmrazování a rozmrazování *F* [1] | ČSN EN 1367-1 | % hm. | 0,1 | - |
| Obsah chloridových solí | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 8 | % hm. | < 0,001 | - |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině *AS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12 | % hm. | 0,028 | - |
| Obsah celkové síry *S* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11 | % hm. | 0,090 | - |
| Obsah vodou rozpustných síranů *SS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10 | % hm. | 0,006 | - |
| Lehké znečišťující částice $m_{LPC}$ | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 14.2 | % hm. | 0,0 | - |
| Objemová hmotnost $\rho_{rd}$ | ČSN EN 1097-6 | Mg/m$^3$ | 2,942 | - |
| Sypná hmotnost volně sypaného kameniva | ČSN EN 1097-3 | Mg/m$^3$ | 1,398 | - |
| Sypná hmotnost setřeseného kameniva | ČSN EN 1097-3, příl. D | Mg/m$^3$ | 1,632 | - |
| Mezerovitost volně sypaná | ČSN EN 1097-3 | % | 52,5 | - |
| Mezerovitost setřesená | ČSN EN 1097-3, příl. D | % | 44,5 | - |

[1] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 10/14 mm.

[2] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 8/11 mm.

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TESTING LABORATORY 1044 ZKK s.r.o. HOŘICE

# PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA - ZKOUŠKA TYPU (TT)

## HRUBÉ DRCENÉ KAMENIVO frakce (*d/D*) **8/11**

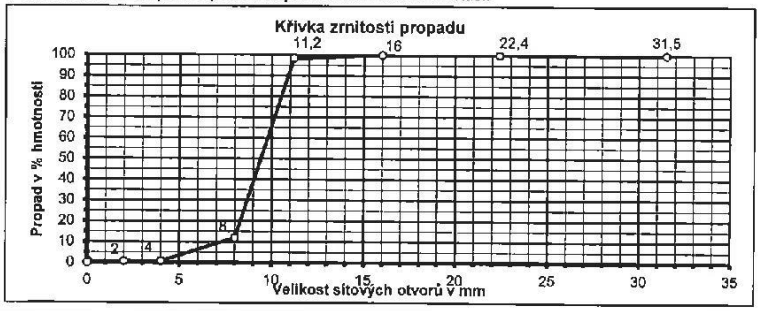
Zakázka čís. :
Provozovna :
Homina :

Místo odběru : **Skládka**
Datum odběru : **8.8.2018**
Odběr provedl za ZL : **J. Ptáček**

Vzorek číslo : **5563/18**
Zástupce klienta :

**Stanovení zrnitosti podle ČSN EN 933-1, metodou praní a prosévání po zmenšení vzorku kvartací.**

| Velikost otvorů síta | | Propad sítem |
|---|---|---|
| - | mm | % hm. |
| | 31,5 | 100,0 |
| 2D | 22,4 | 100,0 |
| 1,4D | 16 | 100,0 |
| D | 11,2 | 98,4 |
| d | 8 | 12,0 |
| d/2 | 4 | 0,7 |
| | 2 | 0,6 |
| | 0,063 | 0,5 |




| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic *f* | ČSN EN 933-1 | % hm. | 0,5 | - |
| Tvar zm - tvarový index *SI* | ČSN EN 933-4 | % hm. | 5,9 | - |
| Podíl zm ostrohranných | ČSN EN 933-5 | % hm. | 100 | - |
| Odolnost proti drcení *LA* [1] | ČSN EN 1097-2, kap. 5 | - | 8,5 | - |
| Ohladitelnost *PSV* [2] | ČSN EN 1097-8 | - | 51 | - |
| Nasákavost $WA_{24}$ | ČSN EN 1097-6 | % hm. | 0,3 | - |
| Zkouška síranem hořečnatým *MS* | ČSN EN 1367-2 | % hm. | - | - |
| Odolnost proti zmrazování a rozmrazování *F* [1] | ČSN EN 1367-1 | % hm. | 0,1 | - |
| Obsah chloridových solí | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 8 | % hm. | < 0,001 | - |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině *AS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12 | % hm. | 0,028 | - |
| Obsah celkové síry *S* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11 | % hm. | 0,090 | - |
| Obsah vodou rozpustných síranů *SS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10 | % hm. | 0,006 | - |
| Lehké znečišťující částice $m_{LPC}$ | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 14.2 | % hm. | 0,0 | - |
| Objemová hmotnost $\rho_{rd}$ | ČSN EN 1097-6 | $Mg/m^3$ | 2,939 | - |
| Sypná hmotnost volně sypaného kameniva | ČSN EN 1097-3 | $Mg/m^3$ | 1,447 | - |
| Sypná hmotnost setřeseného kameniva | ČSN EN 1097-3, příl. D | $Mg/m^3$ | 1,657 | - |
| Mezerovitost volně sypaná | ČSN EN 1097-3 | % | 50,8 | - |
| Mezerovitost setřesená | ČSN EN 1097-3, příl. D | % | 43,6 | - |

[1] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 10/14 mm.

[2] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 8/11 mm.

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TESTING LABORATORY 1045 ZKK s.r.o. ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ HOŘICE

# PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA - ZKOUŠKA TYPU (TT)

## HRUBÉ DRCENÉ KAMENIVO frakce (*d/D*) **8/16**

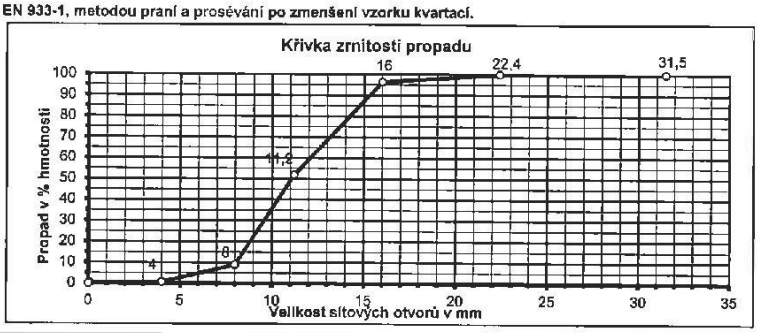
Zakázka čís. :
Provozovna :
Hornina :

Místo odběru : **Skládka**
Datum odběru : **8.8.2018**
Odběr provedl za ZL : **J. Ptáček**

Vzorek číslo : **5664/18**
Zástupce klienta :

**Stanovení zrnitosti podle ČSN EN 933-1, metodou praní a prosévání po zmenšení vzorku kvartací.**

| Velikost otvorů síta | | Propad sítem |
|---|---|---|
| - | mm | % hm. |
| | 45 | 100,0 |
| 2D | 31,5 | 100,0 |
| 1,4D | 22,4 | 100,0 |
| D | 16 | 96,3 |
| D/1,4 | 11,2 | 52,0 |
| d | 8 | 9,0 |
| d/2 | 4 | 0,6 |
| | 0,063 | 0,3 |




| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic *f* | ČSN EN 933-1 | % hm. | 0,3 | - |
| Tvarový index *SI* | ČSN EN 933-4 | % hm. | 4,8 | - |
| Podíl zrn ostrohranných | ČSN EN 933-5 | % hm. | 100 | - |
| Odolnost proti drcení *LA* [1] | ČSN EN 1097-2, kap. 5 | - | 8,5 | - |
| Ohladitelnost *PSV* [2] | ČSN EN 1097-8 | - | 51 | - |
| Nasákavost $WA_{24}$ | ČSN EN 1097-6 | % hm. | 0,2 | - |
| Zkouška síranem hořečnatým *MS* | ČSN EN 1367-2 | % hm. | - | - |
| Odolnost proti zmrazování a rozmrazování *F* [1] | ČSN EN 1367-1 | % hm. | 0,1 | - |
| Obsah chloridových solí | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 8 | % hm. | < 0,001 | - |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině *AS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12 | % hm. | 0,028 | - |
| Obsah celkové síry *S* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11 | % hm. | 0,090 | - |
| Obsah vodou rozpustných síranů *SS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10 | % hm. | 0,006 | - |
| Lehké znečišťující částice $m_{LPC}$ | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 14.2 | % hm. | 0,0 | - |
| Objemová hmotnost $\rho_{rd}$ | ČSN EN 1097-6 | $Mg/m^3$ | 2,937 | - |
| Sypná hmotnost volně sypaného kameniva | ČSN EN 1097-3 | $Mg/m^3$ | 1,490 | - |
| Sypná hmotnost setřeseného kameniva | ČSN EN 1097-3, příl. D | $Mg/m^3$ | 1,704 | - |
| Mezerovitost volně sypaná | ČSN EN 1097-3 | % | 49,3 | - |
| Mezerovitost setřesená | ČSN EN 1097-3, příl. D | % | 42,0 | - |

[1] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 10/14 mm.

[2] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 8/11 mm.

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TESTING LABORATORY ZKK HOŘICE

# PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA - ZKOUŠKA TYPU (TT)

## HRUBÉ DRCENÉ KAMENIVO frakce (*d/D*) 11/16

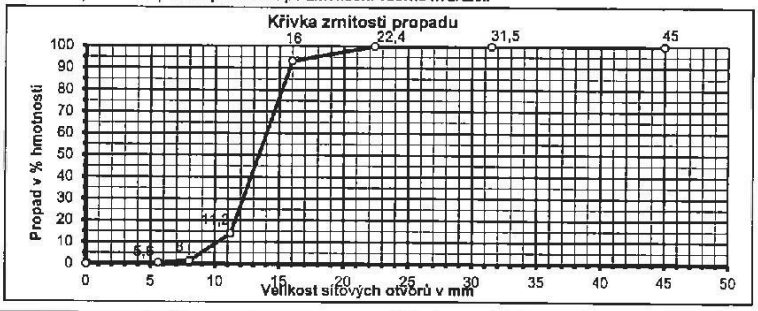
Zakázka čís. :
Provozovna :
Hornina :

Místo odběru : **Skládka**
Datum odběru : **8.8.2018**
Odběr provedl za ZL : **J. Ptáček**

Vzorek čís : **5665/18**
Zástupce klienta :

**Stanovení zrnitosti podle ČSN EN 933-1, metodou praní a prosévání po zmenšení vzorku kvartací.**

| Velikost otvorů síta | | Propad sítem |
|---|---|---|
| - | mm | % hm. |
| | **45** | **100,0** |
| 2D | **31,5** | **100,0** |
| 1,4D | **22,4** | **100,0** |
| D | **16** | **93,2** |
| d | **11,2** | **14,0** |
| | **8** | **1,4** |
| d/2 | **5,6** | **0,6** |
| | **0,063** | **0,4** |




| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic *f* | ČSN EN 933-1 | % hm. | **0,4** | - |
| Tvar zm - tvarový index *SI* | ČSN EN 933-4 | % hm. | **4,5** | - |
| Podíl zm ostrohranných | ČSN EN 933-5 | % hm. | **100** | - |
| Odolnost proti drcení *LA* [1] | ČSN EN 1097-2, kap. 5 | - | **8,5** | - |
| Ohladitelnost *PSV* [2] | ČSN EN 1097-8 | - | **51** | - |
| Nasákavost $WA_{24}$ | ČSN EN 1097-6 | % hm. | **0,2** | - |
| Zkouška síranem hořečnatým *MS* | ČSN EN 1367-2 | % hm. | - | - |
| Odolnost proti zmrazování a rozmrazování *F* [1] | ČSN EN 1367-1 | % hm. | **0,1** | - |
| Obsah chloridových solí | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 8 | % hm. | **< 0,001** | - |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině *AS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12 | % hm. | **0,028** | - |
| Obsah celkové síry *S* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11 | % hm. | **0,090** | - |
| Obsah vodou rozpustných síranů *SS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10 | % hm. | **0,006** | - |
| Lehké znečišťující částice $m_{LPC}$ | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 14.2 | % hm. | **0,0** | - |
| Objemová hmotnost $\rho_{rd}$ | ČSN EN 1097-6 | $Mg/m^3$ | **2,933** | - |
| Sypná hmotnost volně sypaného kameniva | ČSN EN 1097-3 | $Mg/m^3$ | **1,494** | - |
| Sypná hmotnost setřeseného kameniva | ČSN EN 1097-3, příl. D | $Mg/m^3$ | **1,744** | - |
| Mezerovitost volně sypaná | ČSN EN 1097-3 | % | **49,1** | - |
| Mezerovitost setřesená | ČSN EN 1097-3, příl. D | % | **40,5** | - |

[1] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 10/14 mm.

[2] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 8/11 mm.

# PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA - ZKOUŠKA TYPU (TT)

## HRUBÉ DRCENÉ KAMENIVO frakce (*d/D*) **11/22**

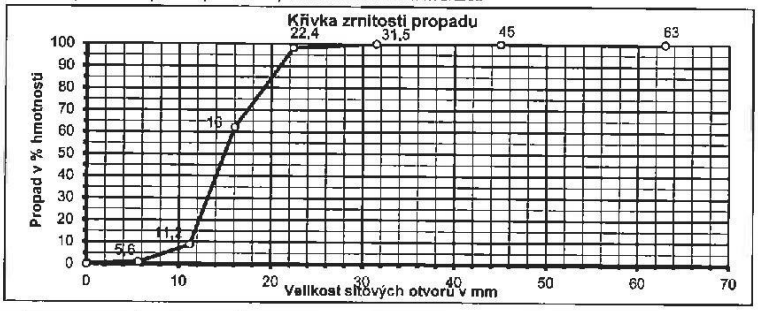
Zakázka čís. :
Provozovna :
Hornina :

Místo odběru : **Skládka**
Datum odběru : **8.8.2018**
Odběr provedl za ZL : **J. Ptáček**

Vzorek číslo : **5666/18**
Zástupce klienta :

**Stanovení zrnitosti podle ČSN EN 933-1, metodou praní a prosévání po zmenšení vzorku kvartací.**

| Velikost otvorů síta | | Propad sítem |
|---|---|---|
| - | mm | % hm. |
| | 63 | 100,0 |
| 2D | 45 | 100,0 |
| 1,4D | 31,5 | 100,0 |
| D | 22,4 | 98,2 |
| D/1,4 | 16 | 62,1 |
| d | 11,2 | 8,9 |
| d/2 | 5,6 | 1,0 |
| | 0,063 | 0,4 |




| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic *f* | ČSN EN 933-1 | % hm. | 0,4 | - |
| Tvarový index *SI* | ČSN EN 933-4 | % hm. | 3,3 | - |
| Podíl zrn ostrohranných | ČSN EN 933-5 | % hm. | 100 | - |
| Odolnost proti drcení *LA* [1] | ČSN EN 1097-2, kap. 5 | - | 8,5 | - |
| Nasákavost $WA_{24}$ | ČSN EN 1097-6 | % hm. | 0,2 | - |
| Zkouška síranem hořečnatým *MS* | ČSN EN 1367-2 | % hm. | - | - |
| Odolnost proti zmrazování a rozmrazování *F* [1] | ČSN EN 1367-1 | % hm. | 0,1 | - |
| Obsah chloridových solí | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 8 | % hm. | < 0,001 | - |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině *AS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12 | % hm. | 0,028 | - |
| Obsah celkové síry *S* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11 | % hm. | 0,090 | - |
| Obsah vodou rozpustných síranů *SS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10 | % hm. | 0,006 | - |
| Lehké znečišťující částice $m_{LPC}$ | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 14.2 | % hm. | 0,0 | - |
| Objemová hmotnost $\rho_{rd}$ | ČSN EN 1097-6 | $Mg/m^3$ | 2,927 | - |
| Sypná hmotnost volně sypaného kameniva | ČSN EN 1097-3 | $Mg/m^3$ | 1,447 | - |
| Sypná hmotnost setřeseného kameniva | ČSN EN 1097-3, příl. D | $Mg/m^3$ | 1,692 | - |
| Mezerovitost volně sypaná | ČSN EN 1097-3 | % | 50,6 | - |
| Mezerovitost setřesená | ČSN EN 1097-3, příl. D | % | 42,2 | - |

[1] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 10/14 mm.

ZKK

# PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA - ZKOUŠKA TYPU (TT)

## HRUBÉ DRCENÉ KAMENIVO frakce (*d/D*) **16/22**

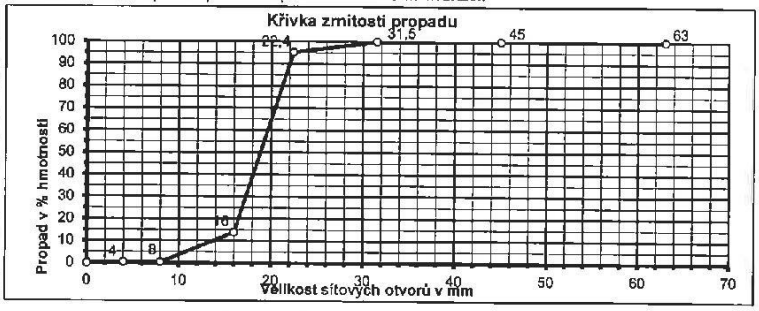
Zakázka čís. :
Provozovna :
Homina :

Místo odběru : **Skládka**
Datum odběru : **8.8.2018**
Odběr provedl za ZL : **J. Ptáček**

Vzorek číslo : **5667/18**
Zástupce klienta

**Stanovení zrnitosti podle ČSN EN 933-1, metodou praní a prosévání po zmenšení vzorku kvartací.**

| Velikost otvorů síta | | Propad sítem |
|---|---|---|
| - | mm | % hm. |
| | 63 | 100,0 |
| 2D | 45 | 100,0 |
| 1,4D | 31,5 | 100,0 |
| D | 22,4 | 95,2 |
| d | 16 | 13,9 |
| d/2 | 8 | 0,4 |
| | 4 | 0,3 |
| | 0,063 | 0,2 |




| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic *f* | ČSN EN 933-1 | % hm. | 0,2 | - |
| Tvarový index *SI* | ČSN EN 933-4 | % hm. | 3,4 | - |
| Podíl zm ostrohranných | ČSN EN 933-5 | % hm. | 100 | - |
| Odolnost proti drcení *LA* [1] | ČSN EN 1097-2, kap. 5 | - | 8,5 | - |
| Nasákavost $WA_{24}$ | ČSN EN 1097-6 | % hm. | 0,2 | - |
| Zkouška síranem hořečnatým *MS* | ČSN EN 1367-2 | % hm. | - | - |
| Odolnost proti zmrazování a rozmrazování *F* [1] | ČSN EN 1367-1 | % hm. | 0,1 | - |
| Obsah chloridových solí | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 8 | % hm. | < 0,001 | - |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině *AS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12 | % hm. | 0,028 | - |
| Obsah celkové síry *S* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11 | % hm. | 0,090 | - |
| Obsah vodou rozpustných síranů *SS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10 | % hm. | 0,006 | - |
| Lehké znečišťující částice $m_{LPC}$ | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 14.2 | % hm. | 0,0 | - |
| Objemová hmotnost $\rho_{rd}$ | ČSN EN 1097-6 | $Mg/m^3$ | 2,921 | - |
| Sypná hmotnost volně sypaného kameniva | ČSN EN 1097-3 | $Mg/m^3$ | 1,457 | - |
| Sypná hmotnost setřeseného kameniva | ČSN EN 1097-3, příl. D | $Mg/m^3$ | 1,702 | - |
| Mezerovitost volně sypaná | ČSN EN 1097-3 | % hm. | 50,1 | - |
| Mezerovitost setřesená | ČSN EN 1097-3, příl. D | % hm. | 41,8 | - |

[1] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 10/14 mm.

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA
TESTING LABORATORY
ZKK
ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ
HOŘICE

# PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA - ZKOUŠKA TYPU (TT)

## HRUBÉ DRCENÉ KAMENIVO frakce (*d/D*) 16/32

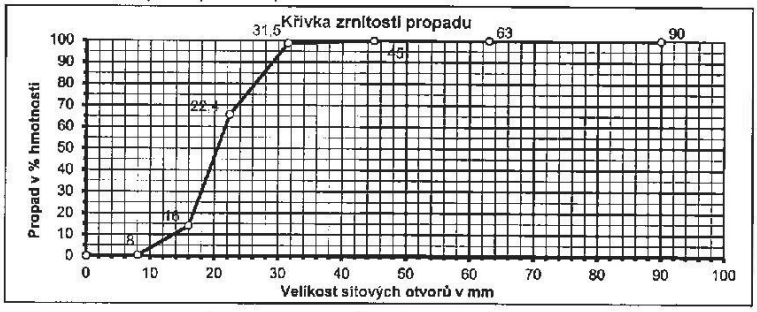
Zakázka čís. :
Provozovna :
Hornina :

Místo odběru : **Skládka**
Datum odběru : **8.8.2018**
Odběr provedl za ZL : **J. Ptáček**

Vzorek čís : **5668/18**
Zástupce klienta :

**Stanovení zrnitosti podle ČSN EN 933-1, metodou praní a prosévání po zmenšení vzorku kvartací.**

| Velikost otvorů síta | | Propad sítem |
|---|---|---|
| - | mm | % hm. |
| | 90 | 100,0 |
| 2D | 63 | 100,0 |
| 1,4D | 45 | 100,0 |
| D | 31,5 | 98,8 |
| D/1,4 | 22,4 | 65,7 |
| d | 16 | 14,0 |
| d/2 | 8 | 0,4 |
| | 0,063 | 0,3 |




| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic *f* | ČSN EN 933-1 | % hm. | 0,3 | - |
| Tvarový index *SI* | ČSN EN 933-4 | % hm. | 3,1 | - |
| Podíl zrn ostrohranných | ČSN EN 933-5 | % hm. | 100 | - |
| Odolnost proti drcení *LA* [1] | ČSN EN 1097-2, kap. 5 | - | 8,5 | - |
| Nasákavost $WA_{24}$ | ČSN EN 1097-6 | % hm. | 0,2 | - |
| Zkouška síranem hořečnatým *MS* | ČSN EN 1367-2 | % hm. | - | - |
| Odolnost proti zmrazování a rozmrazování *F* [1] | ČSN EN 1367-1 | % hm. | 0,1 | - |
| Obsah chloridových solí | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 8 | % hm. | < 0,001 | - |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině *AS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12 | % hm. | 0,028 | - |
| Obsah celkové síry *S* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11 | % hm. | 0,090 | - |
| Obsah vodou rozpustných síranů *SS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10 | % hm. | 0,006 | - |
| Lehké znečišťující částice $m_{LPC}$ | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 14.2 | % hm. | 0,0 | - |
| Objemová hmotnost $\rho_{rd}$ | ČSN EN 1097-6 | Mg/m$^3$ | 2,918 | - |
| Sypná hmotnost volně sypaného kameniva | ČSN EN 1097-3 | Mg/m$^3$ | 1,478 | - |
| Sypná hmotnost setřeseného kameniva | ČSN EN 1097-3, příl. D | Mg/m$^3$ | 1,725 | - |
| Mezerovitost volně sypaná | ČSN EN 1097-3 | % | 49,4 | - |
| Mezerovitost setřesená | ČSN EN 1097-3, příl. D | % | 40,9 | - |

[1] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 10/14 mm.

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TESTING LABORATORY ZKK s.r.o. ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ HOŘICE

# PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA - ZKOUŠKA TYPU (TT)

## HRUBÉ DRCENÉ KAMENIVO frakce (*d/D*) 32/63

Zakázka čís. :
Provozovna :
Hornina :

Místo odběru : **Skládka**
Datum odběru : **8.8.2018**
Odběr provedl za ZL : **J. Ptáček**

Vzorek číslo : **5669/18**
Zástupce klienta :

**Stanovení zrnitosti podle ČSN EN 933-1, metodou praní a prosévání po zmenšení vzorku kvartací.**

| Velikost otvorů síta | | Propad sítem |
|---|---|---|
| - | mm | % hm. |
| | 160 | 100,0 |
| 2D | 125 | 100,0 |
| 1,4D | 90 | 100,0 |
| D | 63 | 98,9 |
| D/1,4 | 45 | 32,8 |
| d | 31,5 | 2,2 |
| d/2 | 16 | 0,2 |
| | 0,063 | 0,1 |

| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic *f* | ČSN EN 933-1 | % hm. | 0,1 | - |
| Tvarový index *SI* | ČSN EN 933-4 | % hm. | 3,0 | - |
| Podíl zrn ostrohranných | ČSN EN 933-5 | % hm. | 100 | - |
| Odolnost proti drcení *LA* [1)] | ČSN EN 1097-2, kap. 5 | - | 8,5 | - |
| Nasákavost $WA_{24}$ | ČSN EN 1097-6 | % hm. | 0,2 | - |
| Zkouška síranem hořečnatým *MS* | ČSN EN 1367-2 | % hm. | - | - |
| Odolnost proti zmrazování a rozmrazování *F* [1)] | ČSN EN 1367-1 | % hm. | 0,1 | - |
| Obsah chloridových solí | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 8 | % hm. | < 0,001 | - |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině *AS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12 | % hm. | 0,028 | - |
| Obsah celkové síry *S* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11 | % hm. | 0,090 | - |
| Obsah vodou rozpustných síranů *SS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10 | % hm. | 0,006 | - |
| Objemová hmotnost $\rho_{rd}$ | ČSN EN 1097-6 | $Mg/m^3$ | 2,907 | - |
| Sypná hmotnost volně sypaného kameniva | ČSN EN 1097-3 | $Mg/m^3$ | 1,468 | - |
| Sypná hmotnost setřesaného kameniva | ČSN EN 1097-3, příl. D | $Mg/m^3$ | 1,653 | - |
| Mezerovitost volně sypaná | ČSN EN 1097-3 | % | 49,5 | - |
| Mezerovitost setřesená | ČSN EN 1097-3, příl. D | % | 43,1 | - |

[1)] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 10/14 mm.

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TESTING LABORATORY ZKK ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ HOŘICE

# PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA - ZKOUŠKA TYPU (TT)

## SMĚS DRCENÉHO KAMENIVA frakce (*d/D*) 0/32

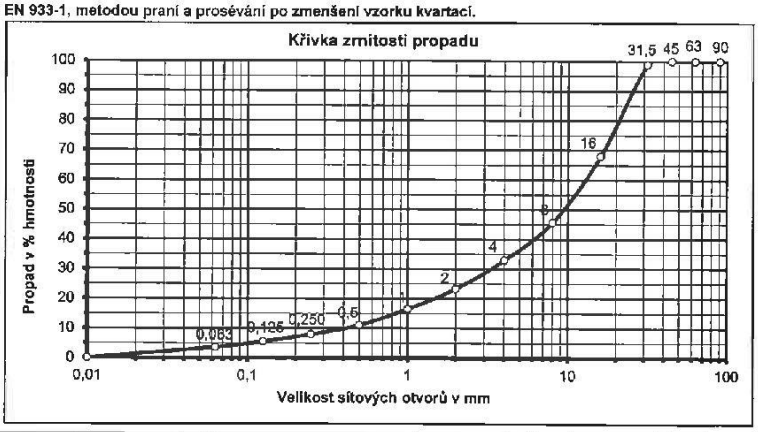
Zakázka čís. :
Provozovna :
Homina :

Místo odběru : **Skládka**
Datum odběru : **8.8.2018**
Odběr provedl za ZL : **J. Ptáček**

Vzorek číslo : **5670/18**
Zástupce klienta :

**Stanovení zrnitosti podle ČSN EN 933-1, metodou praní a prosévání po zmenšení vzorku kvartací.**

| Velikost otvorů síta | | Propad sítem |
|---|---|---|
| - | mm | % hm. |
| | 90 | 100,0 |
| 2D | 63 | 100,0 |
| 1,4D | 45 | 100,0 |
| D | 31,5 | 98,8 |
| D/2 | 16 | 68,0 |
| | 8 | 45,7 |
| | 4 | 32,9 |
| | 2 | 23,3 |
| | 1 | 16,5 |
| | 0,5 | 11,1 |
| | 0,250 | 8,0 |
| | 0,125 | 5,6 |
| | 0,063 | 3,7 |




| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic *f* | ČSN EN 933-1 | % hm. | 3,7 | - |
| Zkouška ekvivalentu písku $SE_4$ | ČSN EN 933-8+A1, příloha A | - | 54 | - |
| Mez plasticity $w_P$ | ČSN CEN ISO/TS 17892-12 | % | - | - |
| Mez tekutosti $w_L$ | | % | - | - |
| Index plasticity $I_P$ | | % | - | - |
| Vážený aritmetický průměr tvarového indexu *SI* | ČSN EN 933-4 | % hm. | 15,3 | - |
| Odolnost proti drcení *LA* [1] | ČSN EN 1097-2, kap. 5 | - | 8,5 | - |
| Nasákavost $WA_{24}$ | ČSN EN 1097-6 | % hm. | 0,6 | - |
| Zkouška síranem hořečnatým *MS* | ČSN EN 1367-2 | % hm. | - | - |
| Odolnost proti zmrazování a rozmrazování *F* [1] | ČSN EN 1367-1 | % hm. | 0,1 | - |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině *AS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12 | % hm. | 0,028 | - |
| Obsah celkové síry *S* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11 | % hm. | 0,090 | - |
| Obsah vodou rozpustných síranů *SS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10 | % hm. | 0,006 | - |
| Laboratorní sušená objemová hmotnost (modifikovaná Proctorova zkouška) | ČSN EN 13286-2, čl. 7.5 | kg/m$^3$ | 2320 | - |
| Optimální vlhkost zhutněné směsi | ČSN EN 13286-2, čl. 7.5 | % | 5,0 | - |
| Objemová hmotnost $\rho_p$ | ČSN EN 1097-6 | Mg/m$^3$ | 2,934 | - |
| Sypná hmotnost volně sypaného kameniva | ČSN EN 1097-3 | Mg/m$^3$ | 1,743 | - |
| Sypná hmotnost setřeseného kameniva | ČSN EN 1097-3, příl. D | Mg/m$^3$ | 2,060 | - |
| Mezerovitost volně sypaná | ČSN EN 1097-3 | % | 40,6 | - |
| Mezerovitost setřesená | ČSN EN 1097-3, příl. D | % | 29,8 | - |

[1] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 10/14 mm.

ZKUŠEBNA KAMENIVA TESTING LABORATORY 1046 ZKK s.r.o. ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ HOŘICE

# PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA - ZKOUŠKA TYPU (TT)

## SMĚS DRCENÉHO KAMENIVA frakce (*d/D*) 0/63

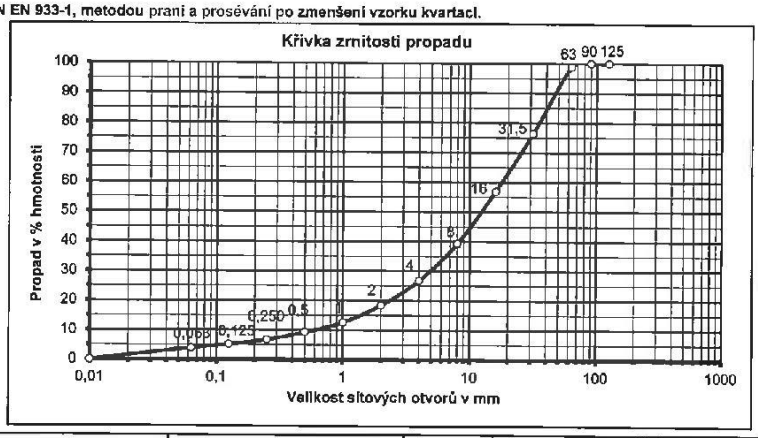
Zakázka čís. :
Provozovna :
Homina :

Místo odběru : **Skládka**
Datum odběru : **8.8.2018**
Odběr provedl za ZL : **J. Ptáček**

Vzorek číslo : **5671/18**
Zástupce klienta :

**Stanovení zrnitosti podle ČSN EN 933-1, metodou** praní a prosévání po zmenšení vzorku kvartací.

| Velikost otvorů síta | | Propad sítem |
|---|---|---|
| - | mm | % hm. |
| 2D | 125 | 100,0 |
| 1,4D | 90 | 100,0 |
| D | 63 | 98,9 |
| D/2 | 31,5 | 76,4 |
| | 16 | 56,9 |
| | 8 | 39,3 |
| | 4 | 26,7 |
| | 2 | 18,4 |
| | 1 | 12,6 |
| | 0,5 | 9,3 |
| | 0,250 | 6,8 |
| | 0,125 | 5,2 |
| | 0,063 | 4,0 |




| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic *f* | ČSN EN 933-1 | % hm. | 4,0 | - |
| Zkouška ekvivalentu písku $SE_4$ | ČSN EN 933-8+A1, příloha A | - | 63 | - |
| Mez plasticity $w_P$ | ČSN CEN ISO/TS 17892-12 | % | - | - |
| Mez tekutosti $w_L$ | | % | - | - |
| Index plasticity $I_P$ | | % | - | - |
| Vážený aritmetický průměr tvarového indexu *SI* | ČSN EN 933-4 | % hm. | 10,4 | - |
| Odolnost proti drcení *LA* [1] | ČSN EN 1097-2, kap. 5 | - | 8,5 | - |
| Nasákavost $WA_{24}$ | ČSN EN 1097-6 | % hm. | 0,7 | - |
| Zkouška síranem hořečnatým *MS* | ČSN EN 1367-2 | % hm. | - | - |
| Odolnost proti zmrazování a rozmrazování *F* [1] | ČSN EN 1367-1 | % hm. | 0,1 | - |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině *AS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12 | % hm. | 0,028 | - |
| Obsah celkové síry *S* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11 | % hm. | 0,090 | - |
| Obsah vodou rozpustných síranů *SS* | ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10 | % hm. | 0,006 | - |
| Laboratorní suchá objemová hmotnost (modifikovaná Proctorova zkouška) | ČSN EN 13286-2, čl. 7.5 | kg/m$^3$ | 2340 | - |
| Optimální vlhkost zhutněné směsi | ČSN EN 13286-2, čl. 7.5 | % | 3,8 | - |
| Objemová hmotnost $\rho_p$ | ČSN EN 1097-6 | Mg/m$^3$ | 2,928 | - |
| Sypná hmotnost volně sypaného kameniva | ČSN EN 1097-3 | Mg/m$^3$ | 1,728 | - |
| Sypná hmotnost setřeseného kameniva | ČSN EN 1097-3, příl. D | Mg/m$^3$ | 2,019 | - |
| Mezerovitost volně sypaná | ČSN EN 1097-3 | % | 41,0 | - |
| Mezerovitost setřesená | ČSN EN 1097-3, příl. D | % | 31,0 | - |

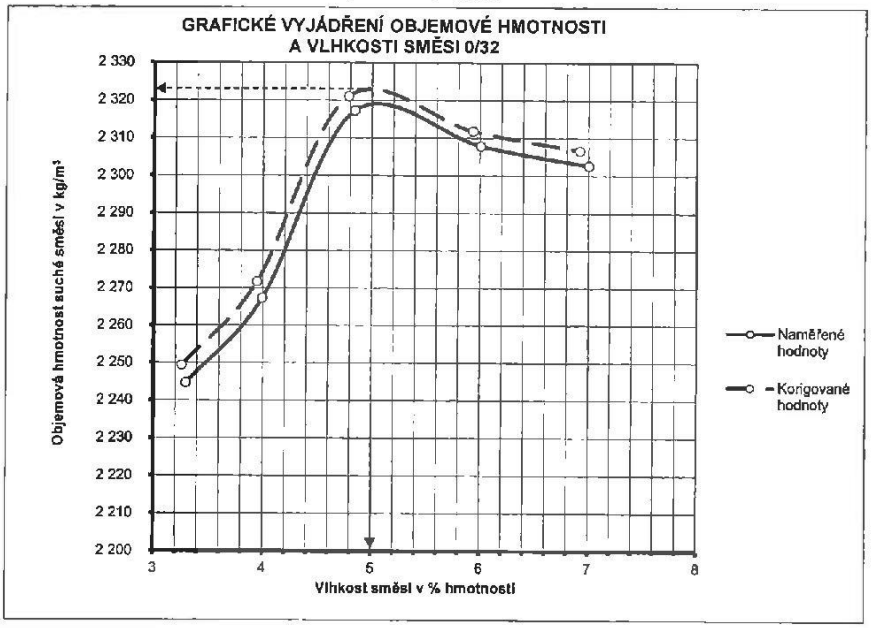
[1] Zkouška byla provedena ze zrnitostního podílu 10/14 mm.

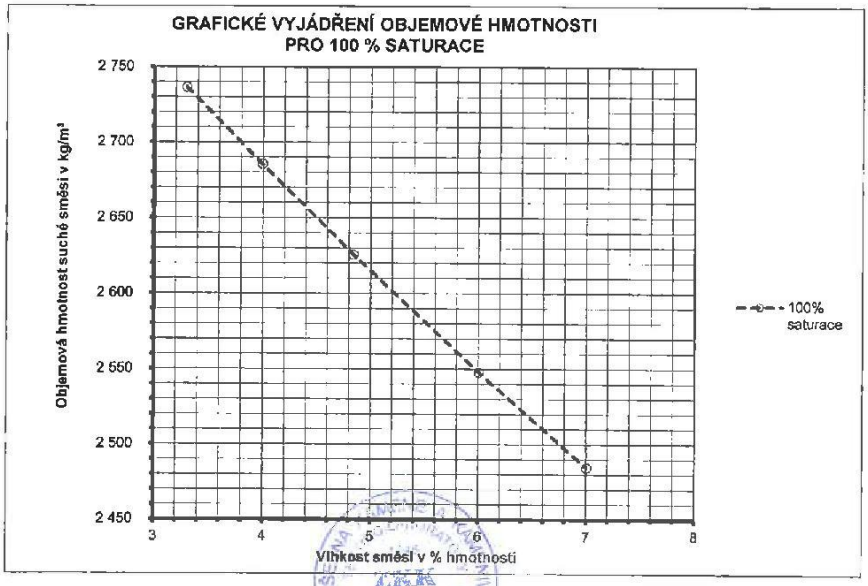
ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TESTING LABORATORY 1046 ZKK ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ HOŘICE

# PROCTOROVA ZKOUŠKA

## (MODIFIKOVANÁ)

podle ČSN EN 13286-2

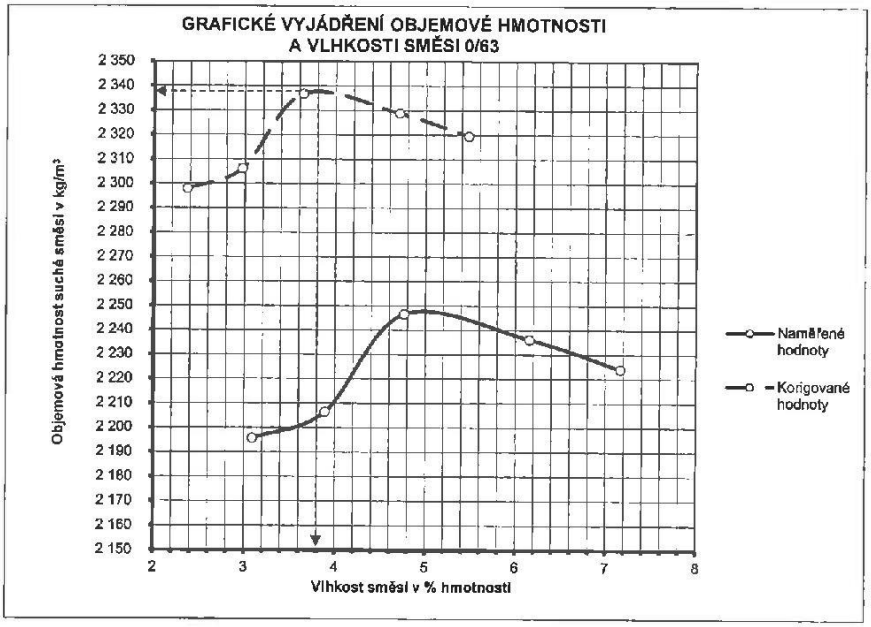


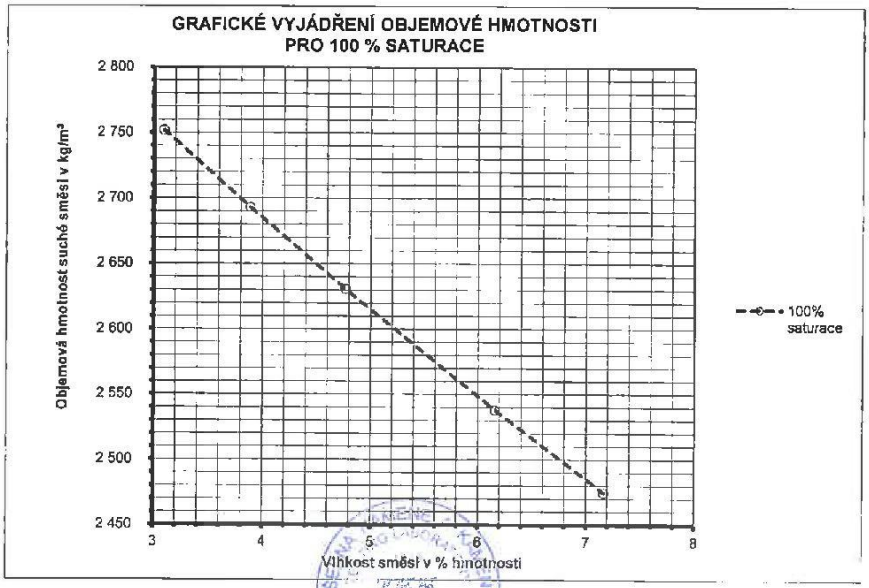



# PROCTOROVA ZKOUŠKA

## (MODIFIKOVANÁ)

podle ČSN EN 13286-2



# PETROGRAFICKÝ POPIS SUROVINY
# PRO POSOUZENÍ REAKTIVNOSTI DRCENÉHO KAMENIVA S ALKÁLIEMI

podle ČSN EN 932-3 Zkoušení všeobecných vlastností kameniva - Část 3: Postup a názvosloví pro jednoduchý petrografický popis
podle ČSN 72 1153 Petrografický rozbor přírodního stavebního kamene (výstup s ohledem na TP 137)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Zakázka číslo | | Provozovna | | Vypracoval | Ing. P. Paulíš |
| Vzorek číslo | 281/16 | Hornina | Spilit | Datum | 3.3.2016 |
| Číslo místa odběru | - | Druh kameniva | Přírodní drcené | Kontroloval | RNDr. K. Krutilová, Ph.D. |
| | | Způsob dobývání | Lomová těžba | Datum | 3.3.2016 |

| Surový vzorek | | Výbrusy horniny | | Nábrusy horniny | |
|---|---|---|---|---|---|
| Počet | 3 | Počet | 1 | Počet | - |
| Rozměry cm | 8-15 | Rozměry | 39x25 | Rozměry | - |

| Makroskopický popis | |
|---|---|
| Barva | Tmavě šedozelená |
| Textura | Všesměrná |
| Zrnitost hlavních složek | Jemnozrnná |
| Trhliny, póry, dutiny | Nenápadné tenké nepravidelné trhlinky vyplněné kalcitem |
| Znaky zvětrávání a přeměn | Nazelenalá makrobarva horniny indikuje alterační postižení |

**Mikroskopický popis**

| Mineralogické složení | Kvantit. zastoupení | Velikost | Tvar zrn | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| | % objemu | mm | | |
| Plagioklas (albit) | 46 | 0,0X a 0,X | lišty až tabulky | 0,X jsou drobné vyrostlice |
| Chlorit | 42 | 0,00X | lupínky a šupinky | bledě zelený |
| Kalcit | 4 | 0,0X | nepravidelná zrnka | v zákl. hmotě i v žilkách |
| Ilmenit | 7 | dtto | protáhlé nepravidelné tvary | - |
| Pyrit | 1 | dtto | izometrická zrnka | - |
| Celkem | 100 | - | - | - |
| Úhel undulózního zhášení křemene ve stupních | Monokrystalického | chybí | | |
| | Polykrystalického | chybí | | |
| Struktura horniny | Nevýrazně, drobně a nehojně porfyrická s apointersertální strukturou základní hmoty | | | |
| Textura horniny | Všesměrná | | | |
| Ostatní složky | Nezjištěny | | | |
| Orientace zrn | Izotropní, v náznaku mírně usměrněná | | | |
| Znaky zvětrávání a přeměn | Albitizace plagioklasů, chloritizace původních mafitů, mírná karbonatizace | | | |
| Tvar hranic křemenných zrn | Křemen chybí | | | |
| Deformační vlivy | Neprojevují se | | | |
| Přítomnost potencionálně reaktivních minerálů a hornin | Chlorit, malé množství pyritu | | | |

| | |
|---|---|
| Geologická příslušnost | Barrandienské neoproterozoikum |

| | | |
|---|---|---|
| Petrografické zařazení podle ČSN EN 932-3 | Spilit | |

## 5. PŘÍLOHY PROTOKOLU O ZKOUŠKÁCH

Bez příloh

- KONEC PROTOKOLU -

ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA TECHNOLOGICKÁ LABORATOŘ ZKK HOŘICE

*Příloha 6 - Zkouška typu použitého fileru*

**ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA, s.r.o.**
**STONE AND AGGREGATES TEST CENTRE, LTD.**
Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA
Testing laboratory No. 1046 accredited by Czech Accreditation Institute
Husova 675, 508 01 Hořice, Czech Republic telefon/fax 493 623 478 e-mail: azl@zkk.cz

ilac-MRA L 1046

Číslo zakázky a protokolu :
Počet výtisků : 2
Výtisk číslo : 1

# PROTOKOL O ZKOUŠKÁCH KAMENIVA

## POČÁTEČNÍ ZKOUŠKY TYPU (ITT)

### FILER JAKO KAMENIVO

| | |
|---|---|
| Objednatel | : |
| Objednávka číslo | : |
| Provozovna | : |
| Hornina | : **Vápencový mramor** |
| Druh kameniva | : **Přírodní drcené** |
| Vykonavatel | : Zkušebna kamene a kameniva, s.r.o.<br>Husova 675<br>508 01 Hořice |
| Řešitelské pracoviště | : Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA<br>ZL Hořice a pobočka Bílá Lhota |
| Datum provedení zkoušek | : |
| Protokol vystaven dne | : |
| Za správnost protokolu odpovídá | : **Jaroslava Soukupová**<br>zástupce vedoucího zkušební laboratoře |

Protokol obsahuje stran (včetně titulní) : **4**
Počet příloh : **4**
Protokol byl vystaven ve dvou vyhotoveních.
Výtisk číslo 1 obdržel objednatel, výtisk číslo 2 je uložen v archivu ZL.

Zkušebna kamene a kameniva s.r.o. Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA ZKK s.r.o. Hořice v Podkrkonoší

## 1. PŘEDMĚT ZKOUŠEK

**Vzorek byl odebrán a zaevidován takto :**

| | |
|---|---|
| Zakázka číslo | **2617/12** |
| Místo odběru | **Zásobník** |
| Datum odběru | **5.10.2012** |
| Vzorek odebral za ZL | **Ing. M. Hörbe ml.** |
| Zástupce objednatele | **Ing. I. Jebavá** |

| Vzorek kameniva | | | Číslo přílohy protokolu | |
|---|---|---|---|---|
| Frakce v mm | Číslo vzorku | Hmotnost v kg | Přehled výsledků zkoušek | Zrnitostní rozbor vč. křivek |
| **Filer** | **7496/12** | 20 | 2 | 3 |

## 2. ROZSAH A SPECIFIKACE ZKOUŠEK

Na základě objednávky Z-IO 435/12 byly provedeny zkoušky výrobku pro použití podle:

| | |
|---|---|
| ČSN EN 12620+A1 | Kamenivo do betonu |
| ČSN EN 13139 | Kamenivo pro malty |
| ČSN EN 13043 | Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch |

U všech zkoušek byla splněna podmínka o počtu souběžných stanovení a dodrženy požadavky na zkušební prostředí.
Použité přístroje a zařízení jsou metrologicky navázané ve shodě s metrologickým řádem ZL a odpovídají požadavkům ČSN EN 932-5.
Uvedené rozšířené nejistoty měření jsou založeny na standardní nejistotě měření násobené koeficientem rozšíření k = 2, což pro normální rozdělení poskytuje hladinu spolehlivosti 95 %.

## 3. POUŽITÉ POSTUPY A ZKUŠEBNÍ METODY

**Odběr vzorků kameniva**
podle ČSN EN 932-1.

**Zmenšování laboratorních vzorků**
podle ČSN EN 932-2.

**Stanovení jednoduchého petrografického popisu** [1)]
podle ČSN EN 932-3, Změna A1.

**Zkouška zrnitosti filerů (prosévání proudem vzduchu)**
podle ČSN EN 933-10.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,3 % hm.

**Zkouška methylenovou modří**
podle ČSN EN 933-9.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,78 g/kg.

**Stanovení potenciální přítomnosti humusu**
podle ČSN EN 1744-1, kap. 15.1.

**Stanovení měrné hmotnosti fileru - Pyknometrická zkouška**
podle ČSN EN 1097-7.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,023 Mg/m$^3$.

Zkušebna kamene a kameniva s.r.o. Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA ZKK s.r.o. Hořice v Podkrkonoší

**Stanovení vlhkosti sušením v sušárně**
podle ČSN EN 1097-5.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,1 % hm.

**Zkouška delta kroužek a kulička**
podle ČSN EN 13179-1.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 2 °C .

**Stanovení asfaltového čísla**
podle ČSN EN 13179-2.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 2.

**Stanovení oxidu vápenatého a hořečnatého komplexometrickou metodou (titračně)**
podle Technické specifikace zkušební laboratoře TS 20 (ČSN 72 1216).
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je pro stanovení oxidu vápenatého 0,17 % hm. a pro stanovení oxidu hořečnatého 1,69 % hm.

**Stanovení rozpustnosti fileru ve vodě**
podle ČSN EN 1744-1, kap.16.2.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,1 % hm.

**Stanovení vodou rozpustných chloridových solí potenciometricky**
podle ČSN EN 1744-1, kap. 8.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,0001 % hm.

**Stanovení obsahu celkové síry [2)]**
podle ČSN EN 1744-1, kap. 11.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,006 % hm.

**Stanovení síranů rozpustných v kyselině [2)]**
podle ČSN EN 1744-1, kap. 12.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je 0,008 % hm.

**Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti**
podle ČSN EN 1097-6, Změna A1, Oprava 1.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je pro stanovení objemové hmotnosti pyknometricky 0,019 Mg/m$^3$, pro stanovení objemové hmotnosti hydrostaticky 0,021 Mg/m$^3$ a pro stanovení nasákavosti 0,1 % hm.

**Stanovení sypné hmotnosti a mezerovitosti volně sypaného kameniva [3)]**
podle ČSN EN 1097-3.
Hodnota rozšířené nejistoty měření zkušební metody je pro stanovení sypné hmotnosti 0,010 Mg/m$^3$, pro stanovení mezerovitosti volně sypané 2,6 %, setřesené hmotnosti 0,007 Mg/m$^3$ a pro stanovení setřesené mezerovitosti 2,3 %.

*Vysvětlivky:*
[1)] Výsledek zkoušky byl převzat z aktuálního Protokolu o zkouškách č. 21/11.
[2)] Výsledek zkoušky byl převzat z aktuálního Protokolu o zkouškách č. 2618/12.
[3)] Ke stanovení sypné hmotnosti setřeseného kameniva bylo použito vibračního stolu s frekvencí 2880 (± 2,5 %) a amplitudou 1 mm. Doba vibrování je 180 ± 5 s.

## 4. VÝSLEDKY ZKOUŠEK

Přehled výsledků zkoušek fileru je uveden v Příloze číslo 2
Zrnitostní rozbor fileru včetně křivky je uveden v Příloze číslo 3

Zkušebna kamene a kameniva s.r.o. Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA ZKK s.r.o. Hořice v Podkrkonoší

## 5. ZÁVĚR

Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušených vzorků.
Bez písemného souhlasu ZL nesmí být tento protokol reprodukován jinak než celý.
Stížnost nebo námitku k protokolu lze vznést písemně k vedoucímu ZL do 15 dnů od doručení.

## 6. PŘÍLOHY PROTOKOLU O ZKOUŠKÁCH

1 Protokol o odběru - převzetí vzorků, Zakázkový list
2 Přehled výsledků zkoušek fileru
3 Zrnitostní rozbor včetně křivky zrnitosti fileru
4 Petrografický popis

- konec protokolu -

Zkušebna kamene a kameniva s.r.o. Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA ZKK s.r.o. Hořice v Podkrkonoší

# PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA
## POČÁTEČNÍ ZKOUŠKY TYPU (ITT)
### FILER JAKO KAMENIVO

Zakázka čís. :
Provozovna :
Hornina :

Místo odběru : **Zásobník**
Datum odběru : **5.10.2012**
Odběr provedl za ZL : **Ing. M. Hörbe ml.**

Vzorek číslo : **7496/12**
Zástupce objednatele : **Ing. I. Jebavá**

| Zrnitost kameniva | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota propadu | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Propad sítovými otvory (mm) | | | | |
| 4 | ČSN EN 933-10 | % hm. | 100,0 | |
| 2 | ČSN EN 933-10 | % hm. | 100,0 | |
| 0,125 | ČSN EN 933-10 | % hm. | 96,2 | |
| 0,063 | ČSN EN 933-10 | % hm. | 71,3 | |

| Vlastnost | Zkušební metoda | Jednotky | Hodnota | Poznámka |
|---|---|---|---|---|
| Obsah jemných částic | ČSN EN 933-10 | % hm. | 71,3 | |
| Jakost jemných částic | | | | |
| Zkouška ztrátou sušením | ČSN 72 1187 | % hm. | - | |
| Zkouška methylenovou modří $MB_F$ | ČSN EN 933-9 | g/kg | 1,7 | |
| Potenciální přítomnost humusu | ČSN EN 1744-1, kap. 15.1 | - | Negativní zkouška | |
| Obsah vody - vlhkost | ČSN EN 1097-5 | % hm. | 0,1 | |
| Měrná hmotnost | ČSN EN 1097-7 | $Mg/m^3$ | 2,766 | |
| Objemová hmotnost | ČSN EN 1097-6 | $Mg/m^3$ | 2,743 | |
| Nasákavost | ČSN EN 1097-6 | % hm. | - | |
| Sypná hmotnost | ČSN EN 1097-3 | $Mg/m^3$ | 1,115 | |
| Delta kroužek a kulička | ČSN EN 13179-1 | °C | 15,3 | |
| Rozpustnost ve vodě | ČSN EN 1744-1, kap.16.2 | % hm. | 1,0 | |
| Obsah $Ca(OH)_2$ | TS 20 (ČSN 72 1216) | % hm. | - | |
| Obsah uhličitanů celkem | TS 20 (ČSN 72 1216) | % hm. | 98,2 | |
| Obsah chloridových solí | ČSN EN 1744-1, kap. 8 | % hm. | 0,0004 | |
| Obsah síranů rozpustných v kyselině [1)] | ČSN EN 1744-1, kap. 12 | % hm. | 0,013 | |
| Obsah celkové síry [1)] | ČSN EN 1744-1, kap. 11 | % hm. | 0,023 | |
| Obsah vodou rozpustných síranů | ČSN EN 1744-1, kap. 10 | % hm. | - | |
| Asfaltové číslo | ČSN EN 13179-2 | - | 28 | |

[1)] Výsledek zkoušky byl převzat z aktuálního Protokolu o zkouškách č. 2618/12.

Za správnost odpovídá : **Jaroslava Soukupová**
zástupce vedoucího zkušební laboratoře

Zkušebna kamene a kameniva s.r.o. Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA ZKK s.r.o. Hořice v Podkrkonoší

# ZKUŠEBNA KAMENE A KAMENIVA, s.r.o.

Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA

Husova 675, 508 01 Hořice telefon/fax 493 623 478 e-mail: azl@zkk.cz




## PROTOKOL O ODBĚRU - PŘEVZETÍ VZORKŮ KAMENIVA

## ZAKÁZKOVÝ LIST

Příloha č. 1

podle ČSN EN 932-1

Zákazník :

Provozovna :

Hornina : (Krystalický vápenec) VÁPENCOVÝ MRAMOR

Druh kameniva[1] : PDK

Zakázka (protokol) číslo : 2617/12

Datum a hodina odběru : 5. 10. 2012

Datum převzetí vzorku a otevření zakázky :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Povětrnostní podmínky : | | | Místo těžby : | | | Odstřel č.: | | |
| Popis technologie[2] : | | | Kvalita těžené suroviny : STANDARD | | | | | |
| Účel použití kameniva : stavební účely | | | Způsob přepravy vzorků do ZL : VOZ ZKK | | | Ujeté km: | | |
| POPIS ODBĚRU VZORKŮ | | | Balení vzorků: PAPÍR PYTEL | | | Identifikace dávky : | | Kontinuální výroba[3] |
| Postup odběru | Použité zařízení | Frakce d/D v mm | Počet dílč. vzorků | Hmotnost dílčího vz. | Cel. hmotn. vzorku v kg | Počet balení | Účel odběru[4] | Číslo vzorku |
| ZÁKAZNÍK | ODBĚR ZAŘ. | Filer | 5 | 4 | 20 | 1 | KR | 7496/12 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Odběr byl proveden podle "Plánu odběru vzorků" (SD 40), který obsahuje časový plán odběru, postupy a metody vzorkování, za účasti níže podepsaných zástupců zúčastněných stran, kteří svými podpisy stvrzují, že uvedená činnost byla provedena v souladu ČSN EN 932-1.

**Rozsah zkoušek dle požadavku zákazníka je stanoven smlouvou (objednávkou) číslo :** Z-10 435/12

**Zákazník souhlasí :**

- s provedením některé ze zkoušek v jiné akreditované ZL v případě kapacitních omezení nebo poruchy zařízení ZL 1046 nebo příp. stanovením Ra materiálu
- se sdělením výsledků kontrolních zkoušek jednodušším způsobem (tabelárně)

[1] **Druh kameniva,** doplní se dle skutečnosti : PTK - přírodní těžené, PDK - přírodní drcené, UM - umělé, REC - recykláty

[2] **Popis technologie**, doplní se dle skutečnosti : SL - stabilní linka, ML - mobilní linka

[3] **Kontinuální výroba** - dávkou se rozumí množství materiálu vyrobeného v mezidobí prováděných zkoušek

[4] **Zkratky rozsahu zkoušek**: ITT - počáteční zkouška typu, KT - týdenní, KM - měsíční, KQ - čtvrtletní, KP - půlroční, KR - roční, D - dohled, K - kontrolní, REAL - reaktivnost kameniva v betonu s alkaliemi, OPAK - opakované, S - speciální

| | Jméno, příjmení: | Funkce: | Podpis: |
|---|---|---|---|
| Za ZL 1046 | ING. MIR. HÖRBE | VEDOUCÍ ZL 1046 | [signature] |
| Za zákazníka | ING. I. JEDAIÁ | VOZ | |

Poznámky:

Zakázku přezkoumal a zaevidoval: [signature] Hořice dne 5. 10. 12

Zkušebna kamene a kameniva s.r.o. Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA ZKK s.r.o. Hořice v Podkrkonoší

# ZRNITOST FILERŮ (PROSÉVÁNÍ PROUDEM VZDUCHU)

## POČÁTEČNÍ ZKOUŠKY TYPU (ITT)

podle ČSN EN 933-10

Zakázka č. :
Provozovna :
Hornina :

Vzorek č. : **7496/12**
Provedl : **L. Bubelínyová**
Datum : **26.11.2012**

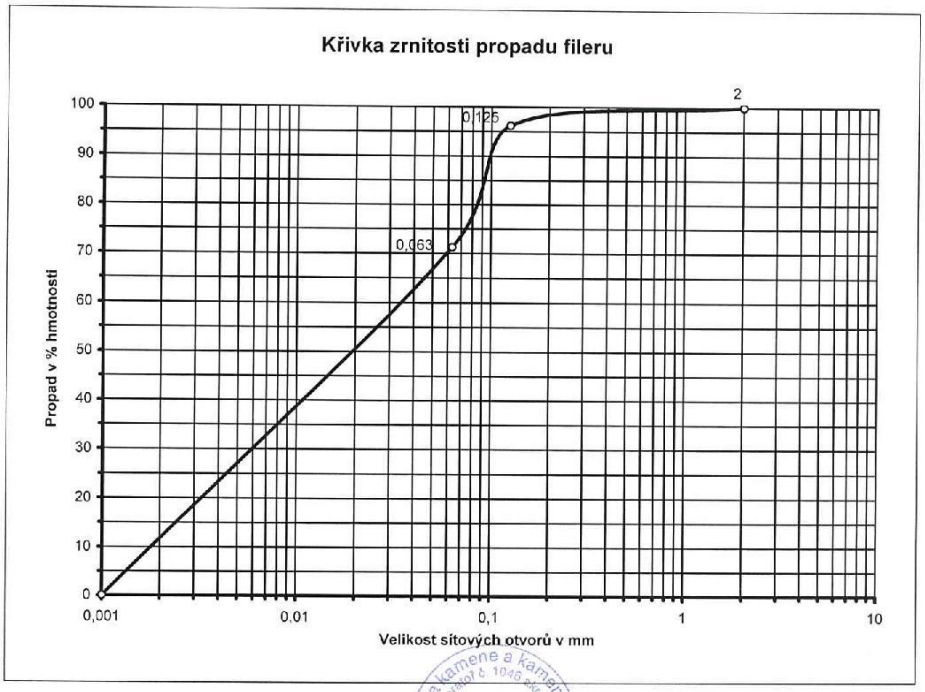
Kontrola : **J. Soukupová**
Datum : **26.11.2012**

| Velikost otvoru síta | | Hmotnost a procento zůstatku materiálu na sítu | | | | | Součtová procenta propadu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1. stanovení | | 2. stanovení | | Průměr | |
| mm | Označ. | g | % hm. | g | % hm. | % hm. | % hm. |
| **2** | $R_3$ | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** | **100,0** |
| **0,125** | $R_2$ | 2,0 | 4,0 | 1,8 | 3,6 | **3,8** | **96,2** |
| **0,063** | $R_1$ | 14,5 | 28,8 | 14,3 | 28,7 | **28,7** | **71,3** |
| **Celkem** | $M_1$ | 50,3 | | 49,9 | | | |

**Výpočtové vzorce**

Procentu zůstatku materiálu = $R_i$ / $M_1$ x 100

Součtová procenta propadu = 100 - ( $R_i$ / $M_1$ x 100)




Zkušebna kamene a kameniva s.r.o. Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA
ZKK s.r.o.
Hořice v Podkrkonoší

# JEDNODUCHÝ PETROGRAFICKÝ POPIS
## PŘÍRODNÍHO DRCENÉHO KAMENIVA

podle ČSN EN 932-3, Změna A1, Zkoušení všeobecných vlastností kameniva - Část 3: Postup a názvosloví pro jednoduchý petrografický popis

| | |
|---|---|
| Zakázka číslo | **21/11** |
| Vzorek číslo | **58/11** |
| Číslo místa odběru | - |
| | |

| | |
|---|---|
| Provozovna | |
| Hornina | |
| Druh kameniva | **Přírodní drcené** |
| Způsob dobývání | **Lomové** |

| | |
|---|---|
| Provedl | **Ing. P. Pauliš** |
| Datum | **14.2.2011** |
| Kontroloval | **Mgr. K. Krutilová** |
| Datum | **14.2.2011** |

| **Surový vzorek** | |
|---|---|
| Počet | 500 g |
| Rozměry cm | 0-3 |

| **Výbrusy horniny** | |
|---|---|
| Počet | 1 |
| Rozměry | standard |

| **Nábrusy horniny** | |
|---|---|
| Počet | - |
| Rozměry | - |

| **Makroskopický popis** | |
|---|---|
| Barva | Světlá, bělavá, slabě narůžovělá |
| Textura | Všesměrná |
| Zrnitost hlavních složek | Pod hranicí makroskopické rozlišitelnosti |
| Trhliny, póry, dutiny | Drobné puklinky |
| Znaky zvětrávání a přeměn | Nejsou |

**Mikroskopický popis**

| **Mineralogické složení** | **Kvantit. zastoupení** % objemu | **Velikost** mm | **Tvar zrn** | **Poznámka** |
|---|---|---|---|---|
| Kalcit | 98 | až 0,5 | zrnitý | |
| Křemen | 1 | do 0,2 | zrnitý | |
| Akcesorie | 1 | 0,1 | lupínky | muskovit |
| Pyrhotin | 0 | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| **Celkem** | 100 | - | - | - |

| | |
|---|---|
| Struktura horniny | Granoblastická |
| Textura horniny | Všesměrná |
| Ostatní složky | Nejsou |
| Orientace zrn | Izotropní |
| Znaky zvětrávání a přeměn | Nejsou |

| | |
|---|---|
| **Geologická příslušnost** | Krkonošské krystalinikum |

| | | |
|---|---|---|
| **Petrografické zařazení podle ČSN EN 932-3** | **Vápencový mramor** | **Krystalický vápenec** |

Zkušebna kamene a kameniva s.r.o. Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA ZKK s.r.o. Hořice v Podkrkonoší

Česká rafinérská

# PROHLÁŠENÍ O VLASTNOSTECH

**č. 001 CPR 2013-07-01**

podle kapitoly II a přílohy III NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh

1. Jedinečný identifikační kód typu výrobku:

   Silniční asfalt podle ČSN EN 12591

2. Typ umožňující identifikaci stavebních výrobků podle čl. 11 odst. 4:

   Silniční asfalt 50/70, silniční asfalt 70/100, silniční asfalt 160/220

3. Zamýšlená použití v souladu s příslušnou harmonizovanou technickou specifikací podle předpokladu výrobce:

   Silniční asfalty 50/70, 70/100 a 160/220 jsou nemodifikované ropné asfalty. Za normální teploty jsou to polotuhé až tuhé směsi stejnorodých bitumenů ropného původu bez obsahu vody a mechanických nečistot. Dvojčíslí v názvu označuje deklarované rozmezí penetrace při 25 °C.

   Silniční asfalty jsou určeny zejména pro přípravu obalových směsí, litých asfaltů, na výstavbu a údržbu asfaltových vozovek a konstrukcí pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch, chodníků, při výrobě asfaltového betonu atp.

4. Firma a kontaktní adresa výrobce podle čl. 11 odst. 5:

   ČESKÁ RAFINÉRSKÁ, a.s., rafinérie Litvínov
   Záluží 2, 436 01 Litvínov
   IČO: 62741772, DIČ: CZ62741772

5. Jméno a kontaktní adresa zplnomocněného zástupce, jehož plná moc se vztahuje na úkoly uvedené v čl. 12 odst. 2:

   ČESKÁ RAFINÉRSKÁ, a.s., rafinérie Litvínov
   Záluží 2, 436 01 Litvínov
   IČO: 62741772, DIČ: CZ62741772

6. Systém posuzování a ověřování stálostí vlastností stavebních výrobků, jak je uvedeno v příloze V:

   Systém posuzování a ověřování stálosti vlastností 2+.

7. V případě prohlášení o vlastnostech týkajících se stavebního výrobku, na který se vztahuje harmonizovaná norma:

   Institut pro testování a certifikaci (ITC), a.s., Zlín, Česká republika, notifikovaná osoba č. 1023, provedl certifikaci podle systému 2+ a vydal CERTIFIKÁT CE systému řízení výroby No. 1023 – CPD – 0233 F a ZÁVĚREČNÝ PROTOKOL č.j.: 753500382/2010.

8. V případě prohlášení o vlastnostech týkajících se stavebního výrobku, pro který bylo vydáno evropské technické posouzení:

   NPD

Česká rafinérská

9. Vlastnosti uvedené v prohlášení:

| Základní charakteristiky podle ČSN EN 12591 | Vlastnost | | | Harmonizované technické specifikace |
|---|---|---|---|---|
| | Typ50/70 | Typ 70/100 | Typ 160/220 | |
| Penetrace při 25 °C, 0,1 mm | 50 – 70 | 70 – 100 | 160 – 220 | ČSN EN 1426 |
| Bod měknutí, °C | 46 – 54 | 43 – 51 | 39 – 47 | ČSN EN 1427 |
| Odolnost proti stárnutí při 163 °C (RTFOT)<br>Změna hmotnosti, %<br>Zbylá penetrace, %<br>Zvýšení bodu měknutí, °C | <br>≤ 0,5<br>≥ 50<br>≤ 11 | <br>≤ 0,5<br>≥ 46<br>≤ 11 | <br>≤ 0,5<br>≥ 370<br>≤ 12 | ČSN EN 12607-1 |
| Bod vzplanutí, °C | ≥ 230 | ≥ 230 | ≥ 230 | ČSN EN ISO 2592 |
| Rozpustnost, % | ≥ 99,0 | ≥ 99,0 | ≥ 99,0 | ČSN EN 12592 |
| Bod lámavosti podle Fraasse, °C | ≤ -8 | ≤ -10 | ≤ -15 | ČSN EN 12593 |
| Uvolňování nebezpečných látek | NPD | NPD | NPD | ČSN EN 12591, b. 5.3 |

10. Vlastnosti výrobku uvedeného v bodě 1 a 2 jsou v souladu s vlastnostmi uvedenými v bodě 9:

Toto prohlášení se vydává na výhradní odpovědnost výrobce uvedeného v bodě 4 s využitím přechodného ustanovení podle čl. 66 nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011.

Podepsáno za výrobce a jeho jménem:

Ing. Václav Pražák, vedoucí řízení kvality produktů
(jméno a funkce)

Česká rafinérská
ČESKÁ RAFINÉRSKÁ, a. s.
ODDĚLENÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
A KVALITY PRODUKTŮ
Litvínov
8200-01

V Litvínově dne 1. července 2013
(místo a datum vydání)

(podpis)

*Příloha 8 - Rozměry válcových zkušebních těles*

| Těleso | Směs | $d_1$ [mm] | $d_2$ [mm] | $h_1$ [mm] | $h_2$ [mm] | $h_3$ [mm] | $h_4$ [mm] | d [mm] | h [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0A | 0 | 101,65 | 101,97 | 61,73 | 60,95 | 61,26 | 62,33 | **101,81** | **61,57** |
| 0B | 0 | 102,08 | 101,83 | 61,42 | 61,79 | 60,93 | 60,48 | **101,96** | **61,16** |
| 0C | 0 | 102,10 | 101,61 | 62,39 | 61,57 | 61,29 | 62,22 | **101,86** | **61,87** |
| 0D | 0 | 102,02 | 102,00 | 61,06 | 62,27 | 62,52 | 61,53 | **102,01** | **61,85** |
| 0E | 0 | 102,57 | 102,38 | 61,78 | 60,30 | 60,06 | 61,22 | **102,48** | **60,84** |
| 0F | 0 | 101,88 | 101,75 | 61,63 | 62,29 | 61,64 | 61,03 | **101,82** | **61,65** |
| 0A | 0 | 101,97 | 101,70 | 58,43 | 58,85 | 59,60 | 59,53 | **101,84** | **59,10** |
| 0B | 0 | 101,40 | 101,92 | 59,84 | 59,05 | 58,25 | 57,77 | **101,66** | **58,73** |
| 0C | 0 | 103,59 | 102,89 | 57,17 | 56,01 | 56,29 | 56,72 | **103,24** | **56,55** |
| 0D | 0 | 101,90 | 102,05 | 59,10 | 58,76 | 59,52 | 59,73 | **101,98** | **59,28** |
| 0E | 0 | 101,57 | 102,01 | 58,68 | 59,01 | 59,88 | 59,54 | **101,79** | **59,28** |
| 0F | 0 | 101,90 | 101,97 | 59,25 | 59,40 | 58,65 | 58,26 | **101,94** | **58,89** |
| 0G | 0 | 102,28 | 102,57 | 58,74 | 58,09 | 57,61 | 58,36 | **102,43** | **58,20** |
| 0H | 0 | 103,33 | 103,28 | 57,22 | 57,49 | 56,81 | 56,45 | **103,31** | **56,99** |
| 1A | 1 | 101,99 | 102,13 | 62,07 | 62,69 | 63,18 | 62,36 | **102,06** | **62,58** |
| 1B | 1 | 102,14 | 101,89 | 62,04 | 62,61 | 63,08 | 61,94 | **102,02** | **62,42** |
| 1C | 1 | 102,29 | 102,35 | 62,43 | 61,49 | 61,57 | 62,11 | **102,32** | **61,90** |
| 1D | 1 | 101,88 | 101,69 | 63,03 | 62,19 | 61,94 | 62,78 | **101,79** | **62,49** |
| 1E | 1 | 102,35 | 102,28 | 61,80 | 62,52 | 62,91 | 62,06 | **102,32** | **62,32** |
| 1F | 1 | 101,84 | 101,80 | 63,10 | 63,22 | 62,74 | 61,23 | **101,82** | **62,57** |
| 1A | 1 | 103,32 | 102,97 | 58,46 | 58,38 | 59,01 | 58,94 | **103,15** | **58,70** |
| 1B | 1 | 101,74 | 101,80 | 59,37 | 60,38 | 60,93 | 60,07 | **101,77** | **60,19** |
| 1C | 1 | 103,74 | 103,47 | 57,90 | 58,90 | 57,88 | 56,78 | **103,61** | **57,87** |
| 1D | 1 | 102,01 | 101,90 | 59,01 | 59,28 | 60,21 | 59,80 | **101,96** | **59,58** |
| 1E | 1 | 102,90 | 103,24 | 58,27 | 57,93 | 58,28 | 58,91 | **103,07** | **58,35** |
| 1F | 1 | 101,81 | 101,71 | 59,84 | 59,54 | 60,34 | 60,49 | **101,76** | **60,05** |
| 1G | 1 | 102,11 | 101,99 | 59,37 | 59,95 | 59,77 | 59,14 | **102,05** | **59,56** |
| 1H | 1 | 101,87 | 101,92 | 59,63 | 58,93 | 60,00 | 60,68 | **101,90** | **59,81** |
| 2A | 2 | 102,53 | 102,12 | 64,84 | 64,81 | 64,15 | 64,37 | **102,33** | **64,54** |
| 2B | 2 | 101,83 | 101,98 | 65,34 | 65,13 | 64,58 | 64,38 | **101,91** | **64,86** |
| 2C | 2 | 102,86 | 103,10 | 64,11 | 64,05 | 63,40 | 63,69 | **102,98** | **63,81** |
| 2D | 2 | 102,33 | 102,35 | 64,41 | 64,13 | 63,42 | 63,88 | **102,34** | **63,96** |
| 2E | 2 | 102,35 | 102,12 | 64,53 | 65,36 | 65,21 | 64,45 | **102,24** | **64,89** |
| 2F | 2 | 103,47 | 103,51 | 63,57 | 63,48 | 62,91 | 62,60 | **103,49** | **63,14** |
| 2A | 2 | 101,86 | 101,88 | 63,66 | 63,14 | 62,11 | 62,85 | **101,87** | **62,94** |
| 2B | 2 | 101,96 | 101,76 | 62,99 | 62,03 | 61,90 | 63,13 | **101,86** | **62,51** |
| 2C | 2 | 101,73 | 101,89 | 62,94 | 62,33 | 62,02 | 63,26 | **101,81** | **62,64** |
| 2D | 2 | 102,17 | 102,29 | 61,75 | 62,01 | 61,24 | 60,99 | **102,23** | **61,50** |
| 2E | 2 | 101,43 | 101,63 | 61,53 | 63,34 | 62,22 | 61,67 | **101,53** | **62,19** |
| 2F | 2 | 103,52 | 103,58 | 60,96 | 60,77 | 59,99 | 59,60 | **103,55** | **60,33** |
| 2G | 2 | 101,87 | 101,67 | 61,97 | 62,29 | 61,04 | 61,16 | **101,77** | **61,62** |
| 2H | 2 | 102,33 | 102,16 | 60,00 | 61,31 | 61,68 | 61,55 | **102,25** | **61,14** |
| 3A | 3 | 101,98 | 101,79 | 60,37 | 60,22 | 60,33 | 60,77 | **101,89** | **60,42** |
| 3B | 3 | 101,82 | 101,98 | 60,92 | 61,43 | 61,28 | 60,42 | **101,90** | **61,01** |
| 3C | 3 | 101,98 | 101,95 | 60,45 | 60,65 | 60,02 | 60,18 | **101,97** | **60,33** |
| 3D | 3 | 102,35 | 102,58 | 61,00 | 60,44 | 60,11 | 60,84 | **102,47** | **60,60** |
| 3E | 3 | 102,01 | 101,92 | 61,01 | 59,86 | 60,15 | 60,72 | **101,97** | **60,44** |
| 3F | 3 | 101,86 | 102,00 | 59,91 | 60,53 | 60,91 | 60,44 | **101,93** | **60,45** |
| 3A | 3 | 101,80 | 101,44 | 58,01 | 57,88 | 57,13 | 57,68 | **101,62** | **57,68** |
| 3B | 3 | 101,77 | 101,87 | 57,38 | 58,47 | 57,85 | 51,10 | **101,82** | **56,20** |
| 3C | 3 | 101,82 | 101,95 | 58,39 | 57,49 | 57,51 | 58,06 | **101,89** | **57,86** |
| 3D | 3 | 103,75 | 103,41 | 55,74 | 56,04 | 55,36 | 55,44 | **103,58** | **55,65** |
| 3E | 3 | 101,83 | 101,61 | 58,02 | 57,15 | 57,29 | 58,30 | **101,72** | **57,69** |
| 3F | 3 | 103,08 | 103,20 | 56,84 | 57,07 | 56,28 | 56,11 | **103,14** | **56,58** |
| 3G | 3 | 102,97 | 103,07 | 56,97 | 56,27 | 55,90 | 56,59 | **103,02** | **56,43** |
| 3H | 3 | 102,00 | 101,81 | 58,58 | 58,10 | 57,51 | 57,62 | **101,91** | **57,95** |
| 4A | 4 | 101,95 | 101,64 | 60,44 | 59,90 | 60,12 | 60,61 | **101,80** | **60,27** |
| 4B | 4 | 101,85 | 101,59 | 60,82 | 60,02 | 59,88 | 60,94 | **101,72** | **60,42** |
| 4C | 4 | 101,75 | 101,63 | 60,79 | 61,27 | 60,77 | 60,30 | **101,69** | **60,78** |
| 4D | 4 | 101,62 | 101,60 | 60,91 | 61,39 | 61,00 | 60,55 | **101,61** | **60,96** |
| 4E | 4 | 102,25 | 102,10 | 59,63 | 59,35 | 60,04 | 60,15 | **102,18** | **59,79** |
| 4F | 4 | 101,80 | 101,93 | 60,63 | 60,26 | 61,06 | 61,09 | **101,87** | **60,76** |
| 4A | 4 | 101,90 | 101,76 | 58,36 | 57,53 | 57,65 | 58,59 | **101,83** | **58,03** |
| 4B | 4 | 102,46 | 102,36 | 57,72 | 57,23 | 57,06 | 57,70 | **102,41** | **57,43** |
| 4C | 4 | 103,16 | 103,05 | 56,92 | 56,45 | 57,50 | 56,58 | **103,11** | **56,86** |
| 4D | 4 | 101,88 | 101,75 | 58,50 | 58,68 | 57,97 | 57,67 | **101,82** | **58,21** |
| 4E | 4 | 101,85 | 101,89 | 58,14 | 58,68 | 58,24 | 57,23 | **101,87** | **58,07** |
| 4F | 4 | 103,17 | 103,25 | 56,11 | 55,97 | 56,94 | 56,97 | **103,21** | **56,50** |
| 4G | 4 | 101,81 | 101,74 | 58,24 | 58,63 | 58,38 | 57,71 | **101,78** | **58,24** |
| 4H | 4 | 102,33 | 102,20 | 58,12 | 57,67 | 57,10 | 57,24 | **102,27** | **57,53** |

*Příloha 9 - Výšky zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem*

| Deska | $h_1$ [mm] | $h_2$ [mm] | $h_3$ [mm] | $h_4$ [mm] | $h_5$ [mm] | $h_6$ [mm] | h [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **0A** | 39,27 | 39,14 | 40,68 | 39,24 | 38,68 | 40,35 | **39,56** |
| **0B** | 39,39 | 39,03 | 40,77 | 39,19 | 38,60 | 40,29 | **39,55** |
| **1A** | 39,41 | 39,81 | 40,04 | 39,36 | 38,93 | 41,18 | **39,79** |
| **1B** | 39,39 | 39,91 | 40,09 | 39,78 | 37,90 | 40,79 | **39,64** |
| **2A** | 39,25 | 38,50 | 41,47 | 39,38 | 39,63 | 40,30 | **39,76** |
| **2B** | 38,66 | 39,51 | 39,92 | 39,44 | 39,65 | 40,50 | **39,61** |
| **3A** | 38,40 | 38,28 | 40,74 | 40,30 | 40,77 | 41,01 | **39,92** |
| **3B** | 40,53 | 39,13 | 39,87 | 39,46 | 39,24 | 41,57 | **39,97** |
| **4A** | 39,09 | 39,74 | 41,65 | 39,32 | 38,89 | 42,08 | **40,13** |
| **4B** | 39,00 | 38,78 | 41,28 | 40,83 | 38,35 | 41,34 | **39,93** |
| **31** | 39,89 | 39,46 | 40,72 | 39,65 | 39,77 | 40,48 | **40,00** |
| **32** | 39,34 | 39,71 | 40,78 | 39,36 | 38,95 | 40,35 | **39,75** |

*Příloha 10 - Objemová hmotnost zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem – nasycený suchý povrch (SSD)*

| Deska | $m_1$ [g] | $m_2$ [g] | $m_3$ [g] | $t_w$ [°C] | $\rho_w$ [Mg/m3] | $\rho_{bssd}$ [Mg/m3] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **0A** | 8460,4 | 5198,5 | 8479,6 | 23,5 | 0,997 | **2,572** |
| **0B** | 8467,6 | 5203,5 | 8479,1 | 23,5 | 0,997 | **2,579** |
| **1A** | 8328,0 | 5068,1 | 8344,5 | 24,2 | 0,997 | **2,535** |
| **1B** | 8321,3 | 5078,8 | 8339,6 | 24,2 | 0,997 | **2,545** |
| **2A** | 8071,0 | 4886,4 | 8124,1 | 21,9 | 0,998 | **2,488** |
| **2B** | 8049,6 | 4844,0 | 8089,0 | 21,9 | 0,998 | **2,475** |
| **3A** | 8534,9 | 5240,6 | 8546,3 | 21,1 | 0,998 | **2,577** |
| **3B** | 8528,0 | 5249,9 | 8542,1 | 21,1 | 0,998 | **2,585** |
| **4A** | 8517,2 | 5255,1 | 8538,1 | 22,9 | 0,998 | **2,588** |
| **4B** | 8523,3 | 5231,9 | 8547,3 | 22,9 | 0,998 | **2,565** |
| **31** | 8528,7 | 5230,6 | 8541,7 | 22,6 | 0,998 | **2,570** |
| **31** | 8525,5 | 5242,3 | 8533,1 | 22,6 | 0,998 | **2,585** |

*Příloha 11 - Míra zhutnění a mezerovitost zkušebních těles pro zkoušku pojíždění kolem*

| Deska | $\rho_b$ [kg/m$^3$] | $\rho_m$ [kg/m$^3$] | Mezerovitost $V_m$ | Průměrná objemová hmotnost MT [kg/m$^3$] | Míra zhutnění |
|---|---|---|---|---|---|
| **0A** | 2 572,060 | 2 636,609 | 2,4% | 2 547,198 | 100,98% |
| **0B** | 2 578,571 | 2 636,609 | 2,2% | 2 547,198 | 101,23% |
| **1A** | 2 535,002 | 2 642,756 | 4,1% | 2 509,789 | 101,00% |
| **1B** | 2 545,081 | 2 642,756 | 3,7% | 2 509,789 | 101,41% |
| **2A** | 2 487,501 | 2 693,871 | 7,7% | 2 435,333 | 102,14% |
| **2B** | 2 475,325 | 2 693,871 | 8,1% | 2 435,333 | 101,64% |
| **3A** | 2 576,823 | 2 634,451 | 2,2% | 2 570,109 | 100,26% |
| **3B** | 2 585,298 | 2 634,451 | 1,9% | 2 570,109 | 100,59% |
| **4A** | 2 588,201 | 2 660,036 | 2,7% | 2 566,891 | 100,83% |
| **4B** | 2 564,744 | 2 660,036 | 3,6% | 2 566,891 | 99,92% |
| **31** | 2 569,883 | 2 634,451 | 2,5% | 2 570,109 | 99,99% |
| **32** | 2 584,765 | 2 634,451 | 1,9% | 2 570,109 | 100,57% |

## Vliv poměru kameniva 0/2 a 2/4 na objemovou hmotnost

| Směs | Vzorek | Objemová hmotnost zkušebních těles [Mg/m$^3$] | Půměrná objemová hmotnost skupiny [Mg/m$^3$] | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 2/4 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0A | 2,540 | 2,547 | 60% | 40% |
| 0 | 0B | 2,550 | | | |
| 0 | 0C | 2,544 | | | |
| 0 | 0D | 2,542 | | | |
| 0 | 0E | 2,558 | | | |
| 0 | 0F | 2,551 | | | |
| 1 | 1A | 2,508 | 2,510 | 50% | 50% |
| 1 | 1B | 2,509 | | | |
| 1 | 1C | 2,521 | | | |
| 1 | 1D | 2,514 | | | |
| 1 | 1E | 2,492 | | | |
| 1 | 1F | 2,514 | | | |
| 2 | 2A | 2,441 | 2,435 | 40% | 60% |
| 2 | 2B | 2,440 | | | |
| 2 | 2C | 2,426 | | | |
| 2 | 2D | 2,442 | | | |
| 2 | 2E | 2,432 | | | |
| 2 | 2F | 2,431 | | | |
| 3 | 3A | 2,566 | 2,570 | 70% | 30% |
| 3 | 3B | 2,565 | | | |
| 3 | 3C | 2,580 | | | |
| 3 | 3D | 2,562 | | | |
| 3 | 3E | 2,571 | | | |
| 3 | 3F | 2,577 | | | |
| 4 | 4A | 2,568 | 2,567 | 80% | 20% |
| 4 | 4B | 2,578 | | | |
| 4 | 4C | 2,559 | | | |
| 4 | 4D | 2,567 | | | |
| 4 | 4E | 2,566 | | | |
| 4 | 4F | 2,564 | | | |

*Příloha 12 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na objemovou hmotnost*

| Směs | Těleso | Teplota při zkoušce [°C] | Upravený modul tuhosti E´ [MPa] | | | Ověření rozmezí dle ČSN EN 12697-26 (-20 % až +10 % od průměrné hodnoty) | | Průměrná hodnota modulu tuhosti směsi [Mpa] | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1. směr | 2. směr | Průměrná hodnota | | | | |
| 0 | 0a | 0 | 16 626,00 | 17 311,00 | 16 968,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | **16 856,3** | 60% |
| | 0b | | 17 552,00 | 17 968,00 | 17 760,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0c | | 16 241,00 | 15 501,00 | 15 871,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0d | | 14 944,00 | 16 003,00 | 15 473,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0e | | 17 440,00 | 18 105,00 | 17 772,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0f | | 17 504,00 | 17 080,00 | 17 292,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 1 | 1a | | 15 749,00 | 15 412,00 | 15 580,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | **15 191,8** | 50% |
| | 1b | | 16 173,00 | 16 230,00 | 16 201,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1c | | 14 759,00 | 15 337,00 | 15 048,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1d | | 14 914,00 | 15 237,00 | 15 075,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1e | | 14 754,00 | 14 883,00 | 14 818,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1f | | 14 346,00 | 14 507,00 | 14 426,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 2 | 2a | | 15 065,00 | 14 345,00 | 14 705,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | **13 845,3** | 40% |
| | 2b | | 15 032,00 | 14 588,00 | 14 810,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2c | | 13 379,00 | 13 391,00 | 13 385,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2d | | 13 693,00 | 13 811,00 | 13 752,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2e | | 14 314,00 | 13 704,00 | 14 009,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2f | | 12 255,00 | 12 567,00 | 12 411,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 3 | 3a | | 22 533,00 | 21 359,00 | 21 946,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | **20 246,3** | 70% |
| | 3b | | 19 079,00 | 19 373,00 | 19 226,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3c | | 19 944,00 | 20 962,00 | 20 453,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3d | | 21 046,00 | 20 225,00 | 20 635,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3e | | 19 979,00 | 19 630,00 | 19 804,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3f | | 19 436,00 | 19 390,00 | 19 413,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 4 | 4a | | 24 810,00 | 21 130,00 | 22 970,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | **21 632,9** | 80% |
| | 4b | | 22 274,00 | 21 867,00 | 22 070,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4c | | 23 935,00 | 20 751,00 | 22 343,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4d | | 20 527,00 | 20 979,00 | 20 753,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4e | | 21 390,00 | 22 107,00 | 21 748,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4f | | 20 663,00 | 19 162,00 | 19 912,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |

| Směs | Těleso | Teplota při zkoušce [°C] | Upravený modul tuhosti E´ [MPa] | | | Ověření rozmezí dle ČSN EN 12697-26 (-20 % až +10 % od průměrné hodnoty) | | Průměrná hodnota modulu tuhosti směsi [Mpa] | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1. směr | 2. směr | Průměmá hodnota | | | | |
| 0 | 0a | 15 | 6 327,00 | 6 096,00 | 6 211,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | **6 135,3** | 60% |
| | 0b | | 6 218,00 | 5 965,00 | 6 091,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0c | | 5 875,00 | 5 875,00 | 5 875,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0d | | 6 334,00 | 6 399,00 | 6 366,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0e | | 6 168,00 | 5 801,00 | 5 984,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0f | | 6 243,00 | 6 322,00 | 6 282,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 1 | 1a | | 6 688,00 | 6 984,00 | 6 836,00 | Vyhovuje | Nevyhovuje | **5 726,9** | 50% |
| | 1b | | 6 042,00 | 5 953,00 | 5 997,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1c | | 5 377,00 | 5 210,00 | 5 293,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1d | | 5 157,00 | 5 246,00 | 5 201,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1e | | 5 879,00 | 5 835,00 | 5 857,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1f | | 6 422,00 | 6 148,00 | 6 285,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 2 | 2a | | 5 350,00 | 5 200,00 | 5 275,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | **5 067,8** | 40% |
| | 2b | | 4 708,00 | 4 806,00 | 4 757,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2c | | 5 316,00 | 5 356,00 | 5 336,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2d | | 5 172,00 | 5 256,00 | 5 214,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2e | | 5 196,00 | 5 168,00 | 5 182,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2f | | 4 673,00 | 4 613,00 | 4 643,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 3 | 3a | | 9 249,00 | 9 718,00 | 9 483,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | **8 811,1** | 70% |
| | 3b | | 8 963,00 | 9 425,00 | 9 194,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3c | | 8 889,00 | 9 390,00 | 9 139,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3d | | 8 282,00 | 8 104,00 | 8 193,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3e | | 8 484,00 | 8 278,00 | 8 381,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3f | | 8 658,00 | 8 293,00 | 8 475,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 4 | 4a | | 9 048,00 | 8 648,00 | 8 848,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | **8 642,7** | 80% |
| | 4b | | 7 740,00 | 7 547,00 | 7 643,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4c | | 9 159,00 | 9 478,00 | 9 318,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4d | | 8 855,00 | 8 751,00 | 8 803,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4e | | 8 739,00 | 8 892,00 | 8 815,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4f | | 8 620,00 | 8 235,00 | 8 427,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |

*Příloha 15 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na modul tuhosti při 27 °C*

| Směs | Těleso | Teplota při zkoušce [°C] | Upravený modul tuhosti E´ [MPa] | | | Ověření rozmezí dle ČSN EN 12697-26 (-20 % až +10 % od průměrné hodnoty) | | Průměrná hodnota modulu tuhosti směsi [Mpa] | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1. směr | 2. směr | Průměmá hodnota | | | | |
| 0 | 0a | 27 | 1 979,00 | 2 044,00 | 2 011,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | **1 855,3** | 60% |
| | 0b | | 1 924,00 | 1 834,00 | 1 879,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0c | | 1 822,00 | 1 858,00 | 1 840,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0d | | 1 807,00 | 1 715,00 | 1 761,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0e | | 1 838,00 | 1 735,00 | 1 786,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0f | | 1 940,00 | 1 768,00 | 1 854,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 1 | 1a | | 1 931,00 | 1 824,00 | 1 877,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | **1 709,9** | 50% |
| | 1b | | 2 062,00 | 1 998,00 | 2 030,00 | Vyhovuje | Nevyhovuje | | |
| | 1c | | 1 698,00 | 1 586,00 | 1 642,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1d | | 1 685,00 | 1 557,00 | 1 621,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1e | | 1 679,00 | 1 593,00 | 1 636,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1f | | 1 764,00 | 1 782,00 | 1 773,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 2 | 2a | | 1 571,00 | 1 521,00 | 1 546,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | **1 539,9** | 40% |
| | 2b | | 1 611,00 | 1 653,00 | 1 632,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2c | | 1 344,00 | 1 439,00 | 1 391,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2d | | 1 636,00 | 1 528,00 | 1 582,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2e | | 1 605,00 | 1 586,00 | 1 595,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2f | | 1 497,00 | 1 488,00 | 1 492,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 3 | 3a | | 2 868,00 | 2 898,00 | 2 883,00 | Vyhovuje | Nevyhovuje | **2 544,4** | 70% |
| | 3b | | 2 271,00 | 2 487,00 | 2 379,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3c | | 2 875,00 | 2 692,00 | 2 783,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3d | | 2 411,00 | 2 264,00 | 2 337,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3e | | 2 569,00 | 2 599,00 | 2 584,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3f | | 2 648,00 | 2 628,00 | 2 638,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 4 | 4a | | 3 186,00 | 2 964,00 | 3 075,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | **2 871,3** | 80% |
| | 4b | | 2 831,00 | 2 735,00 | 2 783,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4c | | 3 207,00 | 3 074,00 | 3 140,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4d | | 2 568,00 | 2 751,00 | 2 659,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4e | | 2 873,00 | 2 635,00 | 2 754,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4f | | 2 899,00 | 2 733,00 | 2 816,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |

*Příloha 16 - Vliv poměru kameniva 0/2 mm a 2/4 mm na modul tuhosti při 40 °C*

| Směs | Těleso | Teplota při zkoušce [°C] | Upravený modul tuhosti E´ [MPa] | | | Ověření rozmezí dle ČSN EN 12697-26 (-20 % až +10 % od průměrné hodnoty) | | Průměrná hodnota modulu tuhosti směsi [Mpa] | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1. směr | 2. směr | Průměmá hodnota | | | | |
| 0 | 0a | 40 | 717,00 | 669,00 | 693,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | **711,1** | 60% |
| | 0b | | 751,00 | 735,00 | 743,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0c | | 724,00 | 649,00 | 686,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0d | | 717,00 | 614,00 | 665,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0e | | 761,00 | 685,00 | 723,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 0f | | 775,00 | 736,00 | 755,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 1 | 1a | | 660,00 | 578,00 | 619,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | **604,7** | 50% |
| | 1b | | 766,00 | 658,00 | 712,00 | Vyhovuje | Nevyhovuje | | |
| | 1c | | 658,00 | 590,00 | 624,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1d | | 580,00 | 547,00 | 563,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1e | | 548,00 | 572,00 | 560,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 1f | | 684,00 | 630,00 | 657,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 2 | 2a | | 577,00 | 588,00 | 582,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | **536,9** | 40% |
| | 2b | | 579,00 | 559,00 | 569,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2c | | 509,00 | 569,00 | 539,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2d | | 584,00 | 534,00 | 559,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2e | | 561,00 | 508,00 | 534,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 2f | | 453,00 | 422,00 | 437,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 3 | 3a | | 969,00 | 959,00 | 964,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | **990,5** | 70% |
| | 3b | | 694,00 | 749,00 | 721,50 | Nevyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3c | | 1 098,00 | 1 143,00 | 1 120,50 | Vyhovuje | Nevyhovuje | | |
| | 3d | | 1 011,00 | 1 009,00 | 1 010,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 3e | | 1 171,00 | 1 123,00 | 1 147,00 | Vyhovuje | Nevyhovuje | | |
| | 3f | | 870,00 | 865,00 | 867,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| 4 | 4a | | 982,00 | 1 006,00 | 994,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | **964,7** | 80% |
| | 4b | | 951,00 | 878,00 | 914,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4c | | 1 019,00 | 1 037,00 | 1 028,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4d | | 935,00 | 957,00 | 946,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4e | | 984,00 | 892,00 | 938,00 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |
| | 4f | | 941,00 | 994,00 | 967,50 | Vyhovuje | Vyhovuje | | |

*Příloha 17 - Výsledky zkoušky odolnosti proti šíření mrazové trhliny 1*

| Směs | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 | Průměrná objemová hmotnost skupiny [Mg/m$^3$] | Průměrná mezerovitost skupiny | Těleso | Deformace | Síla | Hloubka drážky | Přetvoření | | Napětí při porušení (EN 2019) | | Faktor f | Rozdíl od průměru | Faktor f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | (mm) | (kN) | (mm) | (%) | | (MPa) | | (-) | | (-) |
| 0 | 60% | 2,547 | 3,4% | Fikar 0 (0 °C) A | 0,91 | 9,45 | 10 | 1,90% | 1,80% | 1,88 | 1,86 | 7,511 | -3% | 4,795 |
| 0 | | | | Fikar 0 (0 °C) B | 1,08 | 11,27 | 10 | 2,16% | | 2,17 | | 7,367 | -16% | 4,795 |
| 0 | | | | Fikar 0 (0 °C) C | 0,57 | 7,67 | 10 | 1,17% | | 1,52 | | 7,457 | 18% | 4,795 |
| 0 | | | | Fikar 0 (0 °C) D | 1,02 | 8,91 | 10 | 2,08% | | 1,74 | | 7,437 | 6% | 4,794 |
| 0 | | | | Fikar 0 (0 °C) E | 0,84 | 9,72 | 10 | 1,68% | | 1,88 | | 7,362 | 0% | 4,794 |
| 0 | | | | Fikar 0 (0 °C) F | 0,89 | 10,11 | 10 | 1,79% | | 1,96 | | 7,393 | -5% | 4,794 |
| 0 | 60% | 2,547 | 3,4% | Fikar 0 (25 °C) A´ | - | - | 10 | | 2,41% | | 0,36 | | | 4,794 |
| 0 | | | | Fikar 0 (25 °C) B´ | 1,30 | 1,79 | 10 | 2,70% | | 0,35 | | 7,499 | 2% | 4,794 |
| 0 | | | | Fikar 0 (25 °C) C´ | 1,09 | 1,98 | 10 | 2,21% | | 0,38 | | 7,414 | -5% | 4,794 |
| 0 | | | | Fikar 0 (25 °C) D´ | 1,02 | 1,78 | 10 | 2,09% | | 0,35 | | 7,448 | 2% | 4,794 |
| 0 | | | | Fikar 0 (25 °C) E´ | 1,14 | 1,61 | 10 | 2,35% | | 0,32 | | 7,473 | 10% | 4,794 |
| 0 | | | | Fikar 0 (25 °C) F´ | 1,32 | 1,98 | 10 | 2,72% | | 0,39 | | 7,474 | -9% | 4,794 |
| 1 | 50% | 2,510 | 5,0% | Fikar 1 (0 °C) A | 0,90 | 9,03 | 10 | 1,82% | 1,99% | 1,79 | 1,67 | 7,405 | -6% | 4,794 |
| 1 | | | | Fikar 1 (0 °C) B | 1,12 | 8,57 | 10 | 2,33% | | 1,73 | | 7,505 | -4% | 4,794 |
| 1 | | | | Fikar 1 (0 °C) C | 0,67 | 8,43 | 10 | 1,37% | | 1,68 | | 7,439 | 0% | 4,794 |
| 1 | | | | Fikar 1 (0 °C) D | 0,73 | 8,15 | 10 | 1,52% | | 1,63 | | 7,516 | 1% | 4,795 |
| 1 | | | | Fikar 1 (0 °C) E | 0,95 | 8,06 | 10 | 1,97% | | 1,61 | | 7,490 | 3% | 4,794 |
| 1 | | | | Fikar 1 (0 °C) F | 1,47 | 10,29 | 10 | 2,94% | | 1,58 | | 7,368 | 7% | 4,794 |
| 1 | 50% | 2,510 | 5,0% | Fikar 1 (25 °C) A´ | 1,72 | 2,10 | 10 | 3,53% | 3,15% | 0,41 | 0,36 | 7,456 | -16% | 4,794 |
| 1 | | | | Fikar 1 (25 °C) B´ | 1,19 | 2,02 | 10 | 2,38% | | 0,39 | | 7,372 | -8% | 4,794 |
| 1 | | | | Fikar 1 (25 °C) C´ | 1,55 | 1,91 | 10 | 3,13% | | 0,37 | | 7,407 | -3% | 4,794 |
| 1 | | | | Fikar 1 (25 °C) D´ | 2,11 | 1,78 | 10 | 4,23% | | 0,34 | | 7,379 | 4% | 4,794 |
| 1 | | | | Fikar 1 (25 °C) E´ | 1,31 | 1,67 | 10 | 2,62% | | 0,33 | | 7,364 | 9% | 4,794 |
| 1 | | | | Fikar 1 (25 °C) F´ | 1,43 | 1,50 | 10 | 2,99% | | 0,30 | | 7,525 | 15% | 4,795 |
| 2 | 40% | 2,435 | 9,6% | Fikar 2 (0 °C) A | 1,06 | 8,95 | 10 | 2,09% | 2,24% | 1,73 | 1,59 | 7,325 | -7% | 4,794 |
| 2 | | | | Fikar 2 (0 °C) B | 1,03 | 7,66 | 10 | 2,17% | | 1,55 | | 7,546 | 1% | 4,795 |
| 2 | | | | Fikar 2 (0 °C) C | - | - | 10 | | | | | | | 4,793 |
| 2 | | | | Fikar 2 (0 °C) D | 0,68 | 6,69 | 10 | 1,40% | | 1,32 | | 7,479 | 17% | 4,794 |
| 2 | | | | Fikar 2 (0 °C) E | 1,64 | 9,10 | 10 | 3,30% | | 1,76 | | 7,386 | -10% | 4,794 |
| 2 | | | | Fikar 2 (0 °C) F | - | - | 10 | | | | | | | 4,793 |
| 2 | 40% | 2,435 | 9,6% | Fikar 2 (25 °C) A´ | 0,97 | 1,54 | 10 | 2,03% | 2,83% | 0,30 | 0,32 | 7,517 | 2% | 4,794 |
| 2 | | | | Fikar 2 (25 °C) B´ | 1,57 | 1,84 | 10 | 3,08% | | 0,35 | | 7,304 | -10% | 4,794 |
| 2 | | | | Fikar 2 (25 °C) C´ | 2,52 | 1,41 | 10 | 5,23% | | 0,28 | | 7,496 | 11% | 4,794 |
| 2 | | | | Fikar 2 (25 °C) D´ | 1,12 | 1,77 | 10 | 2,22% | | 0,34 | | 7,343 | -7% | 4,795 |
| 2 | | | | Fikar 2 (25 °C) E´ | 1,12 | 1,58 | 10 | 2,32% | | 0,31 | | 7,485 | 1% | 4,794 |
| 2 | | | | Fikar 2 (25 °C) F´ | 1,07 | 1,58 | 10 | 2,11% | | 0,31 | | 7,325 | 3% | 4,793 |
| 3 | 70% | 2,570 | 2,4% | Fikar 3 (0 °C) A | 0,64 | 8,83 | 10 | 1,37% | 1,39% | 1,75 | 1,58 | 7,614 | -12% | 4,795 |
| 3 | | | | Fikar 3 (0 °C) B | 0,70 | 9,07 | 10 | 1,38% | | 1,82 | | 7,315 | -12% | 4,795 |
| 3 | | | | Fikar 3 (0 °C) C | - | - | 10 | | | | | | | 4,794 |
| 3 | | | | Fikar 3 (0 °C) D | 0,67 | 7,09 | 10 | 1,43% | | 1,39 | | 7,595 | 11% | 4,794 |
| 3 | | | | Fikar 3 (0 °C) E | 0,65 | 7,06 | 10 | 1,40% | | 1,38 | | 7,613 | 12% | 4,795 |
| 3 | | | | Fikar 3 (0 °C) F | - | - | 10 | | | | | | | 4,794 |
| 3 | 70% | 2,570 | 2,4% | Fikar 3 (25 °C) A´ | 1,19 | 2,68 | 10 | 2,32% | 2,28% | 0,52 | 0,46 | 7,284 | -11% | 4,794 |
| 3 | | | | Fikar 3 (25 °C) B´ | 1,03 | 1,99 | 10 | 2,20% | | 0,39 | | 7,601 | 14% | 4,794 |
| 3 | | | | Fikar 3 (25 °C) C´ | 0,93 | 2,15 | 10 | 1,95% | | 0,43 | | 7,534 | 6% | 4,794 |
| 3 | | | | Fikar 3 (25 °C) D´ | 1,24 | 2,76 | 10 | 2,41% | | 0,54 | | 7,266 | -15% | 4,793 |
| 3 | | | | Fikar 3 (25 °C) E´ | 1,42 | 2,67 | 10 | 2,76% | | 0,52 | | 7,269 | -10% | 4,794 |
| 3 | | | | Fikar 3 (25 °C) F´ | 0,97 | 1,98 | 10 | 2,07% | | 0,38 | | 7,584 | 16% | 4,794 |
| 4 | 80% | 2,567 | 3,5% | Fikar 4 (0 °C) A | 0,94 | 10,56 | 10 | 1,82% | 1,45% | 2,07 | 1,68 | 7,261 | -22% | 4,794 |
| 4 | | | | Fikar 4 (0 °C) B | 0,94 | 8,56 | 10 | 1,85% | | 1,68 | | 7,319 | 0% | 4,795 |
| 4 | | | | Fikar 4 (0 °C) C | 0,66 | 8,38 | 10 | 1,30% | | 1,64 | | 7,316 | 3% | 4,794 |
| 4 | | | | Fikar 4 (0 °C) D | 0,41 | 6,51 | 10 | 0,87% | | 1,30 | | 7,591 | 20% | 4,796 |
| 4 | | | | Fikar 4 (0 °C) E | 0,83 | 9,67 | 10 | 1,63% | | 1,91 | | 7,303 | -13% | 4,794 |
| 4 | | | | Fikar 4 (0 °C) F | 0,60 | 7,37 | 10 | 1,25% | | 1,47 | | 7,511 | 11% | 4,796 |
| 4 | 80% | 2,567 | 3,5% | Fikar 4 (25 °C) C´ | 0,96 | 2,04 | 10 | 2,01% | 2,16% | 0,41 | 0,48 | 7,535 | 13% | 4,796 |
| 4 | | | | Fikar 4 (25 °C) D´ | 1,19 | 2,86 | 10 | 2,30% | | 0,56 | | 7,259 | -15% | 4,794 |
| 4 | | | | Fikar 4 (25 °C) E´ | 1,23 | 1,97 | 10 | 2,57% | | 0,40 | | 7,515 | 16% | 4,795 |
| 4 | | | | Fikar 4 (25 °C) F´ | 1,24 | 2,61 | 10 | 2,43% | | 0,51 | | 7,302 | -6% | 4,795 |
| 4 | | | | Fikar 4 (25 °C) A´ | 0,80 | 2,23 | 10 | 1,71% | | 0,45 | | 7,587 | 4% | 4,795 |
| 4 | | | | Fikar 4 (25 °C) B´ | 0,91 | 2,73 | 10 | 1,91% | | 0,53 | | 7,532 | -14% | 4,795 |

*Příloha 18 - Výsledky zkoušky odolnosti proti šíření mrazové trhliny 2*

| Směs | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 | Půměrná objemová hmotnost skupiny [Mg/m$^3$] | Průměrná mezerovitost skupiny | Lomová houževnatost (EN 2019) (N/mm^3/2) | | SMODCH .P | Teplotní citlivost směsi na lomovou houževnatost - | Rozdíl od průměru | Práce do max. hodnoty (W) (J) | | SMODCH .P | Celková práce zkoušky (Wmax) (J) | | SMODCH .P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | | | 50,5 | | | | -1% | 3,6 | | | 4,9 | | |
| 0 | | | | 58,2 | | | | -17% | | | | | | |
| 0 | 60% | 2,547 | 3,4% | 40,8 | 49,9 | 5,3 | 5,16 | 18% | 1,7 | 3,1 | 0,7 | | 5,6 | 0,5 |
| 0 | | | | 46,8 | | | | 6% | 3,5 | | | 6,1 | | |
| 0 | | | | 50,5 | | | | -1% | 3,0 | | | 5,4 | | |
| 0 | | | | 52,6 | | | | -5% | 3,4 | | | 5,9 | | |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | | | | 9,5 | | | | 2% | 1,5 | | | 4,3 | | |
| 0 | 60% | 2,547 | 3,4% | 10,2 | 9,7 | 0,6 | 5,16 | -6% | 1,2 | 1,3 | 0,2 | 3,9 | 3,8 | 0,6 |
| 0 | | | | 9,5 | | | | 2% | 1,2 | | | 3,3 | | |
| 0 | | | | 8,6 | | | | 11% | 1,1 | | | 3,0 | | |
| 0 | | | | 10,5 | | | | -9% | 1,6 | | | 4,6 | | |
| 1 | | | | 48,0 | | | | -7% | 3,2 | | | 4,7 | | |
| 1 | | | | 46,5 | | | | -4% | 3,3 | | | 4,9 | | |
| 1 | 50% | 2,510 | 5,0% | 45,1 | 44,8 | 1,9 | 4,69 | -1% | 2,5 | 3,2 | 0,6 | 4,2 | 4,8 | 0,3 |
| 1 | | | | 43,9 | | | | 2% | 2,5 | | | 4,9 | | |
| 1 | | | | 43,1 | | | | 4% | 3,4 | | | 4,9 | | |
| 1 | | | | 42,4 | | | | 5% | 4,3 | | | 5,2 | | |
| 1 | | | | 11,0 | | | | -15% | 2,0 | | | 4,8 | | |
| 1 | | | | 10,4 | | | | -9% | 1,2 | | | 4,4 | | |
| 1 | 50% | 2,510 | 5,0% | 9,9 | 9,6 | 1,0 | 4,69 | -4% | 1,6 | 1,5 | 0,3 | 4,4 | 4,5 | 0,4 |
| 1 | | | | 9,3 | | | | 3% | 1,9 | | | 5,0 | | |
| 1 | | | | 8,8 | | | | 8% | 1,1 | | | 3,8 | | |
| 1 | | | | 8,0 | | | | 16% | 1,1 | | | | | |
| 2 | | | | 46,4 | | | | -8% | 3,8 | | | 6,0 | | |
| 2 | | | | 41,6 | | | | 3% | 3,3 | | | 5,2 | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 40% | 2,435 | 9,6% | 35,3 | 42,7 | 4,8 | 5,02 | 18% | 1,9 | 3,0 | 0,8 | 3,7 | 5,0 | 1,0 |
| 2 | | | | 47,4 | | | | -10% | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | 8,2 | | | | 4% | 0,8 | | | 3,0 | | |
| 2 | | | | 9,5 | | | | -12% | 1,7 | | | 4,4 | | |
| 2 | 40% | 2,435 | 9,6% | 7,5 | 8,5 | 0,7 | 5,02 | 12% | 2,1 | 1,4 | 0,4 | 4,7 | 3,9 | 0,5 |
| 2 | | | | 9,2 | | | | -8% | 1,2 | | | 4,1 | | |
| 2 | | | | 8,3 | | | | 2% | 1,2 | | | 3,5 | | |
| 2 | | | | 8,3 | | | | 2% | 1,2 | | | 3,8 | | |
| 3 | | | | 47,0 | | | | -10% | 2,4 | | | 3,8 | | |
| 3 | | | | 49,0 | | | | -15% | 2,3 | | | 3,6 | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 70% | 2,570 | 2,4% | 37,3 | 42,6 | 5,5 | 3,43 | 12% | 1,7 | 2,1 | 0,3 | 3,6 | 3,9 | 0,4 |
| 3 | | | | 37,0 | | | | 13% | 2,0 | | | 4,5 | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | 14,0 | | | | -13% | 2,0 | | | 4,8 | | |
| 3 | | | | 10,4 | | | | 16% | 1,3 | | | 3,0 | | |
| 3 | 70% | 2,570 | 2,4% | 11,4 | 12,4 | 1,8 | 3,43 | 8% | 1,2 | 1,6 | 0,4 | 3,0 | 3,9 | 0,9 |
| 3 | | | | 14,5 | | | | -17% | 1,9 | | | | | |
| 3 | | | | 13,9 | | | | -12% | 2,0 | | | 5,1 | | |
| 3 | | | | 10,2 | | | | 18% | 1,1 | | | 3,6 | | |
| 4 | | | | 55,6 | | | | -23% | 3,7 | | | 6,8 | | |
| 4 | | | | 45,2 | | | | 0% | 3,2 | | | 6,2 | | |
| 4 | 80% | 2,567 | 3,5% | 44,0 | 45,1 | 6,9 | 3,52 | 2% | 2,0 | 2,8 | 0,8 | 3,2 | 4,4 | 1,6 |
| 4 | | | | 34,8 | | | | 23% | | | | 3,2 | | |
| 4 | | | | 51,4 | | | | -14% | 3,4 | | | 4,5 | | |
| 4 | | | | 39,6 | | | | 12% | 1,7 | | | 2,7 | | |
| 4 | | | | 10,9 | | | | 14% | 1,3 | | | 3,2 | | |
| 4 | | | | 15,0 | | | | -17% | 1,8 | | | 5,0 | | |
| 4 | 80% | 2,567 | 3,5% | 10,6 | 12,8 | 1,7 | 3,52 | 17% | 1,5 | 1,5 | 0,2 | 3,4 | 3,9 | 0,7 |
| 4 | | | | 13,8 | | | | -8% | 1,6 | | | 3,9 | | |
| 4 | | | | 12,0 | | | | 6% | | | | | | |
| 4 | | | | 14,4 | | | | -12% | | | | | | |

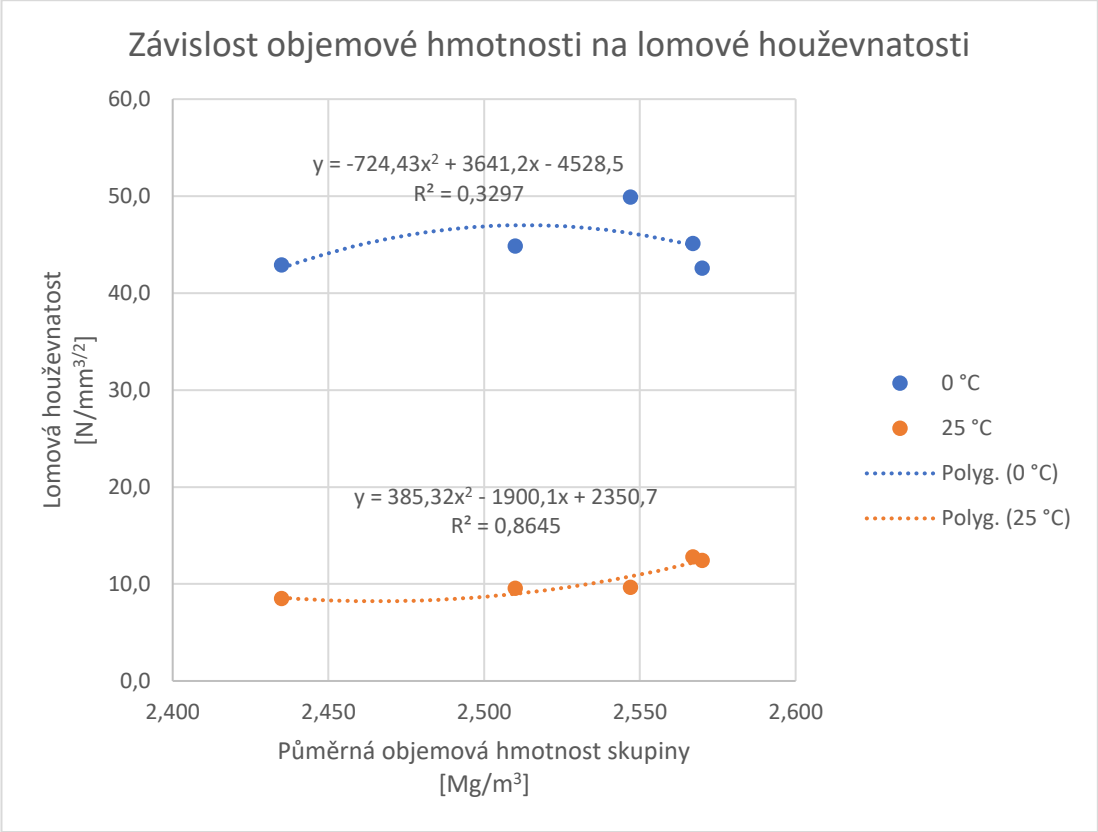
*Příloha 19 - Výsledky zkoušky odolnosti proti šíření mrazové trhliny 3*

| Směs | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 | Půměrná objemová hmotnost skupiny [Mg/m$^3$] | Průměrná mezerovitost skupiny | Lomová energie do Fmax - Gf,max (J/m2) | | SMODCH.P | Teplotní citlivost směsí na lomovou energii - | Celková lomová energie - Gf (J/m2) | | SMODCH.P | Teplotní citlivost směsi na celkovou lomovou energii - |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 60% | 2,547 | 3,4% | 1921 | 1552 | 363 | 2,26 | 2613 | 2832 | 200 | 1,45 |
| 0 | | | | | | | | | | | |
| 0 | | | | 888 | | | | | | | |
| 0 | | | | 1790 | | | | 3115 | | | |
| 0 | | | | 1478 | | | | 2677 | | | |
| 0 | | | | 1684 | | | | 2923 | | | |
| 0 | 60% | 2,547 | 3,4% | | 688 | 94 | 2,26 | | 1959 | 302 | 1,45 |
| 0 | | | | 759 | | | | 2226 | | | |
| 0 | | | | 614 | | | | 1921 | | | |
| 0 | | | | 621 | | | | 1706 | | | |
| 0 | | | | 607 | | | | 1572 | | | |
| 0 | | | | 838 | | | | 2371 | | | |
| 1 | 50% | 2,510 | 5,0% | 1620 | 1582 | 201 | 2,11 | 2368 | 2405 | 235 | 1,08 |
| 1 | | | | 1776 | | | | 2656 | | | |
| 1 | | | | 1294 | | | | 2179 | | | |
| 1 | | | | 1328 | | | | 2620 | | | |
| 1 | | | | 1798 | | | | 2581 | | | |
| 1 | | | | 1678 | | | | 2030 | | | |
| 1 | 50% | 2,510 | 5,0% | 1005 | 750 | 170 | 2,11 | 2451 | 2235 | 223 | 1,08 |
| 1 | | | | 598 | | | | 2163 | | | |
| 1 | | | | 815 | | | | 2207 | | | |
| 1 | | | | 913 | | | | 2484 | | | |
| 1 | | | | 560 | | | | 1870 | | | |
| 1 | | | | 612 | | | | | | | |
| 2 | 40% | 2,435 | 9,6% | 1836 | 1534 | 393 | 2,22 | 2893 | 2547 | 456 | 1,29 |
| 2 | | | | 1787 | | | | 2845 | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | 980 | | | | 1902 | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 2 | 40% | 2,435 | 9,6% | 440 | 691 | 210 | 2,22 | 1612 | 1980 | 262 | 1,29 |
| 2 | | | | 812 | | | | 2101 | | | |
| 2 | | | | 1091 | | | | 2460 | | | |
| 2 | | | | 570 | | | | 1989 | | | |
| 2 | | | | 643 | | | | 1826 | | | |
| 2 | | | | 589 | | | | 1890 | | | |
| 3 | 70% | 2,570 | 2,4% | 1319 | 1122 | 136 | 1,43 | 2094 | 2070 | 237 | 1,05 |
| 3 | | | | 1156 | | | | 1809 | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | 948 | | | | 1936 | | | |
| 3 | | | | 1066 | | | | 2440 | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 3 | 70% | 2,570 | 2,4% | 952 | 784 | 151 | 1,43 | 2327 | 1974 | 350 | 1,05 |
| 3 | | | | 680 | | | | 1626 | | | |
| 3 | | | | 628 | | | | 1587 | | | |
| 3 | | | | 909 | | | | | | | |
| 3 | | | | 934 | | | | 2433 | | | |
| 3 | | | | 599 | | | | 1899 | | | |
| 4 | 80% | 2,567 | 3,5% | 1752 | 1368 | 367 | 1,78 | 3244 | 2196 | 706 | 1,13 |
| 4 | | | | 1553 | | | | 3003 | | | |
| 4 | | | | 961 | | | | 1532 | | | |
| 4 | | | | | | | | 1753 | | | |
| 4 | | | | 1684 | | | | 2225 | | | |
| 4 | | | | 890 | | | | 1419 | | | |
| 4 | 80% | 2,567 | 3,5% | 665 | 770 | 68 | 1,78 | 1677 | 1946 | 260 | 1,13 |
| 4 | | | | 856 | | | | 2372 | | | |
| 4 | | | | 781 | | | | 1826 | | | |
| 4 | | | | 777 | | | | 1908 | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | |

*Příloha 20 - Výsledky zkoušky odolnosti proti šíření mrazové trhliny 4*

| Směs | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 | Půměrná objemová hmotnost skupiny [Mg/m$^3$] | Průměrná mezerovitost skupiny | Úhel zatěžování mezi 0 a 0,5 Fmax - α (°) | | SMODCH.P | Teplotní citlivost směsi na úhel zatěžování - |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 60% | 2,547 | 3,4% | 85,0 | 85,3 | 0,9 | 1,47 |
| 0 | | | | 84,9 | | | |
| 0 | | | | 86,7 | | | |
| 0 | | | | 83,8 | | | |
| 0 | | | | 85,8 | | | |
| 0 | | | | 85,6 | | | |
| 0 | 60% | 2,547 | 3,4% | | 57,9 | 3,0 | 1,47 |
| 0 | | | | 54,7 | | | |
| 0 | | | | 62,4 | | | |
| 0 | | | | 60,1 | | | |
| 0 | | | | 55,1 | | | |
| 0 | | | | 57,2 | | | |
| 1 | 50% | 2,510 | 5,0% | 85,1 | 84,5 | 1,2 | 1,68 |
| 1 | | | | 83,2 | | | |
| 1 | | | | 86,2 | | | |
| 1 | | | | 85,8 | | | |
| 1 | | | | 83,6 | | | |
| 1 | | | | 83,4 | | | |
| 1 | 50% | 2,510 | 5,0% | 50,2 | 50,3 | 6,0 | 1,68 |
| 1 | | | | 60,6 | | | |
| 1 | | | | 49,6 | | | |
| 1 | | | | 40,7 | | | |
| 1 | | | | 53,0 | | | |
| 1 | | | | 47,6 | | | |
| 2 | 40% | 2,435 | 9,6% | 84,2 | 83,1 | 1,6 | 1,63 |
| 2 | | | | 82,8 | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 2 | | | | 84,7 | | | |
| 2 | | | | 80,6 | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 2 | 40% | 2,435 | 9,6% | 58,9 | 51,1 | 10,2 | 1,63 |
| 2 | | | | 49,1 | | | |
| 2 | | | | 29,5 | | | |
| 2 | | | | 58,7 | | | |
| 2 | | | | 55,1 | | | |
| 2 | | | | 55,4 | | | |
| 3 | 70% | 2,570 | 2,4% | 86,8 | 86,3 | 0,4 | 1,31 |
| 3 | | | | 86,6 | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 3 | | | | 85,8 | | | |
| 3 | | | | 86,1 | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 3 | 70% | 2,570 | 2,4% | 67,4 | 65,8 | 1,9 | 1,31 |
| 3 | | | | 64,0 | | | |
| 3 | | | | 68,3 | | | |
| 3 | | | | 66,8 | | | |
| 3 | | | | 63,3 | | | |
| 3 | | | | 64,8 | | | |
| 4 | 80% | 2,567 | 3,5% | 85,5 | 85,6 | 0,8 | 1,30 |
| 4 | | | | 84,3 | | | |
| 4 | | | | 86,4 | | | |
| 4 | | | | 86,7 | | | |
| 4 | | | | 85,2 | | | |
| 4 | | | | 85,6 | | | |
| 4 | 80% | 2,567 | 3,5% | 66,6 | 65,9 | 3,3 | 1,30 |
| 4 | | | | 70,1 | | | |
| 4 | | | | 60,8 | | | |
| 4 | | | | 66,0 | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |

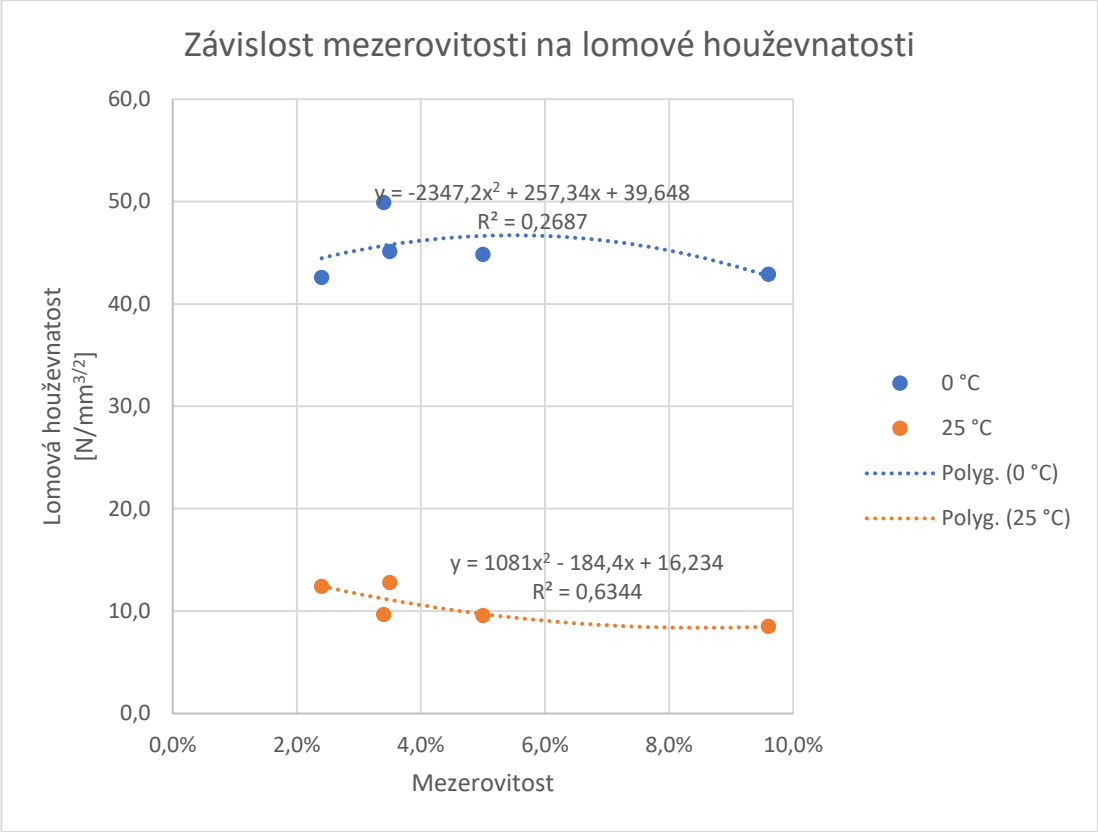
*Příloha 21 - Závislost objemové hmotnosti na lomové houževnatosti*



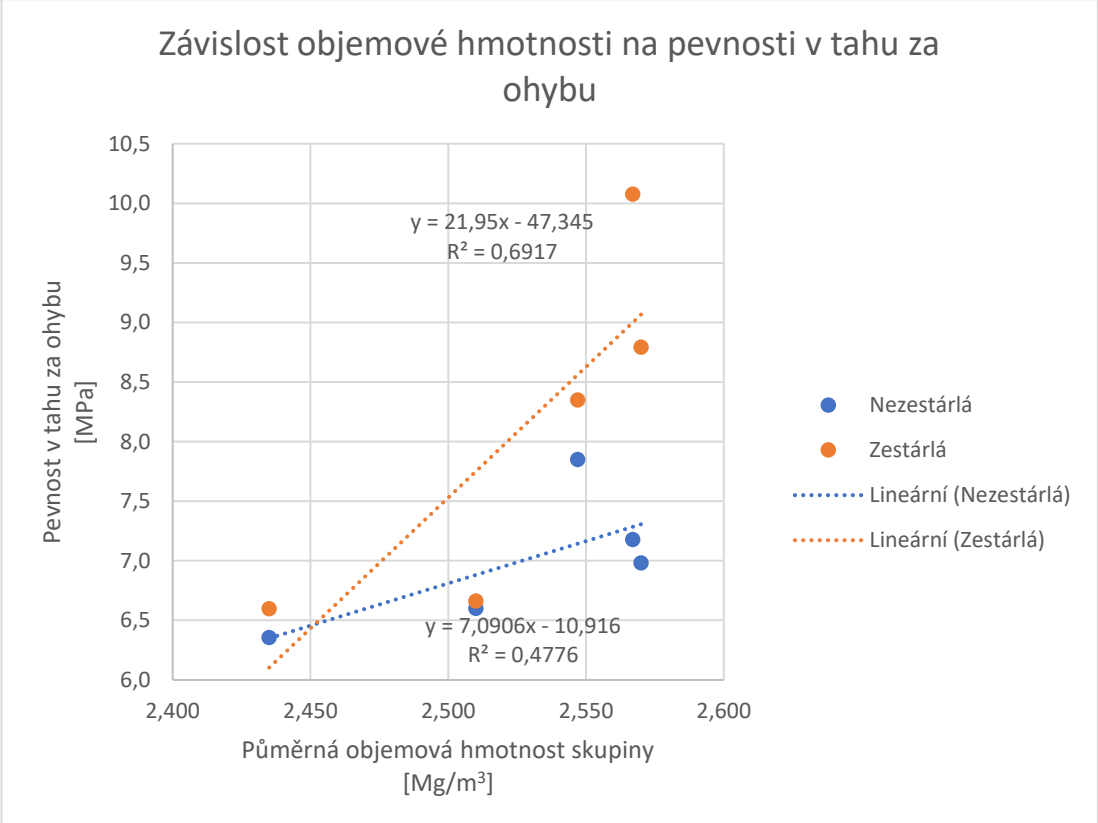
*Příloha 22 - Výsledky zkoušky vlastností směsí v tahu za ohybu*

| Směs | Poměr 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2 | Půměrná objemová hmotnost skupiny [Mg/m$^3$] | Průměrná mezerovitost skupiny | Deformace [mm] | | Síla [kN] | | Pevnost v tahu za ohybu [MPa] | | IA | Modul tuhosti v tahu za ohybu [MPa] | | IA | Energie do max. hodnoty [J] | | IA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Nezestárlá | Zestárlá | Nezestárlá | Zestárlá | Nezestárlá | Zestárlá | | Nezestárlá | Zestárlá | | Nezestárlá | Zestárlá | |
| 0 | 60% | 2,547 | 3,4% | 1,7 | 1,7 | 1,5 | 1,7 | 7,8 | 8,4 | 1,1 | 1223 | 1352 | 1,1 | 1,84 | 1,88 | 1,0 |
| 1 | 50% | 2,510 | 5,0% | 1,8 | 1,6 | 1,3 | 1,4 | 6,6 | 6,7 | 1,0 | 1009 | 1108 | 1,1 | 1,72 | 1,50 | 0,9 |
| 2 | 40% | 2,435 | 9,6% | 1,7 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 6,4 | 6,6 | 1,0 | 1011 | 1270 | 1,3 | 1,62 | 0,95 | 0,6 |
| 3 | 70% | 2,570 | 2,4% | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,9 | 7,0 | 8,8 | 1,3 | 1006 | 1407 | 1,4 | 1,89 | 1,91 | 1,0 |
| 4 | 80% | 2,567 | 3,5% | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 2,2 | 7,2 | 10,1 | 1,4 | 1140 | 1571 | 1,4 | 1,65 | 2,24 | 1,4 |

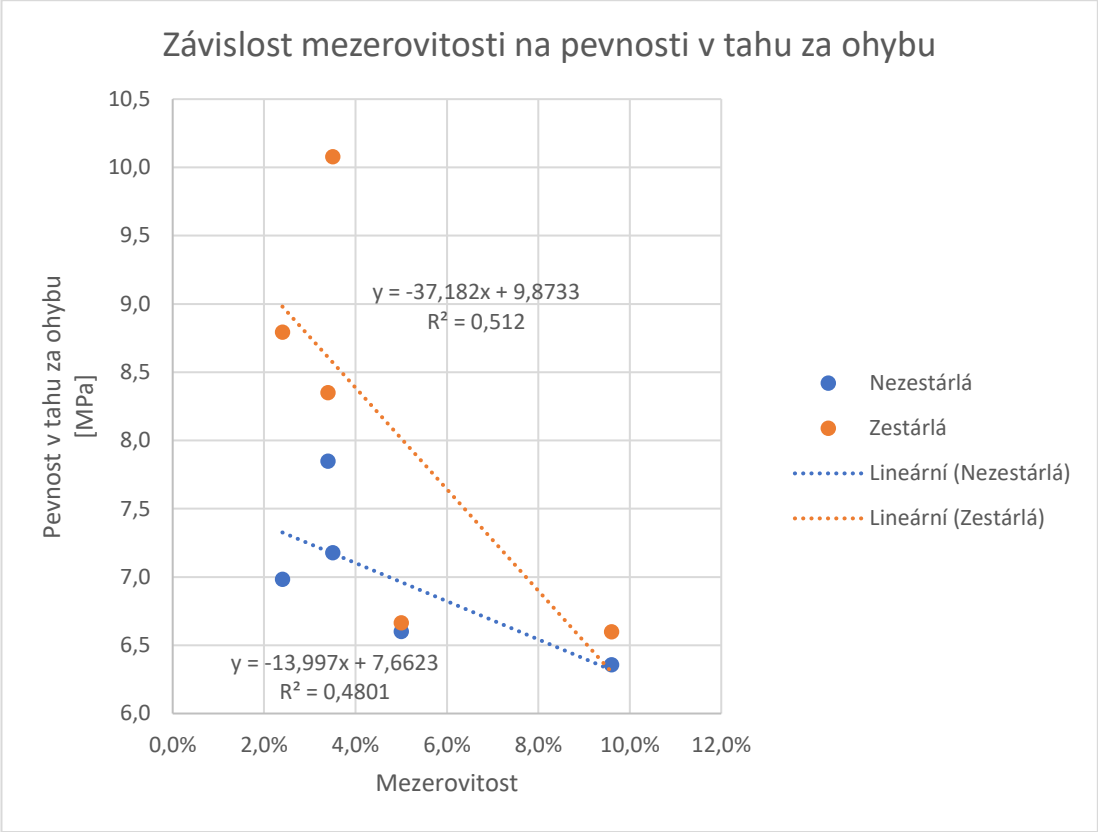
*Příloha 23 - Závislost mezerovitosti na lomové houževnatosti*



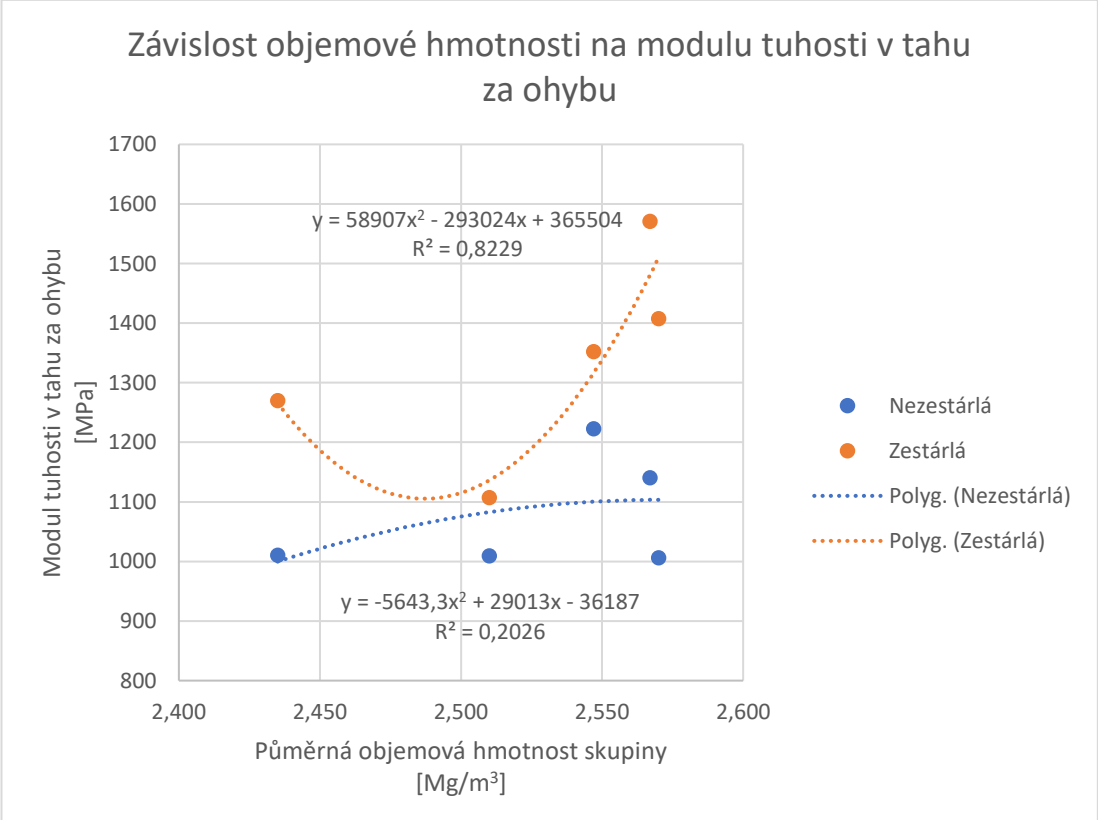

*Příloha 24 - Závislost objemové hmotnosti na pevnosti v tahu za ohybu*



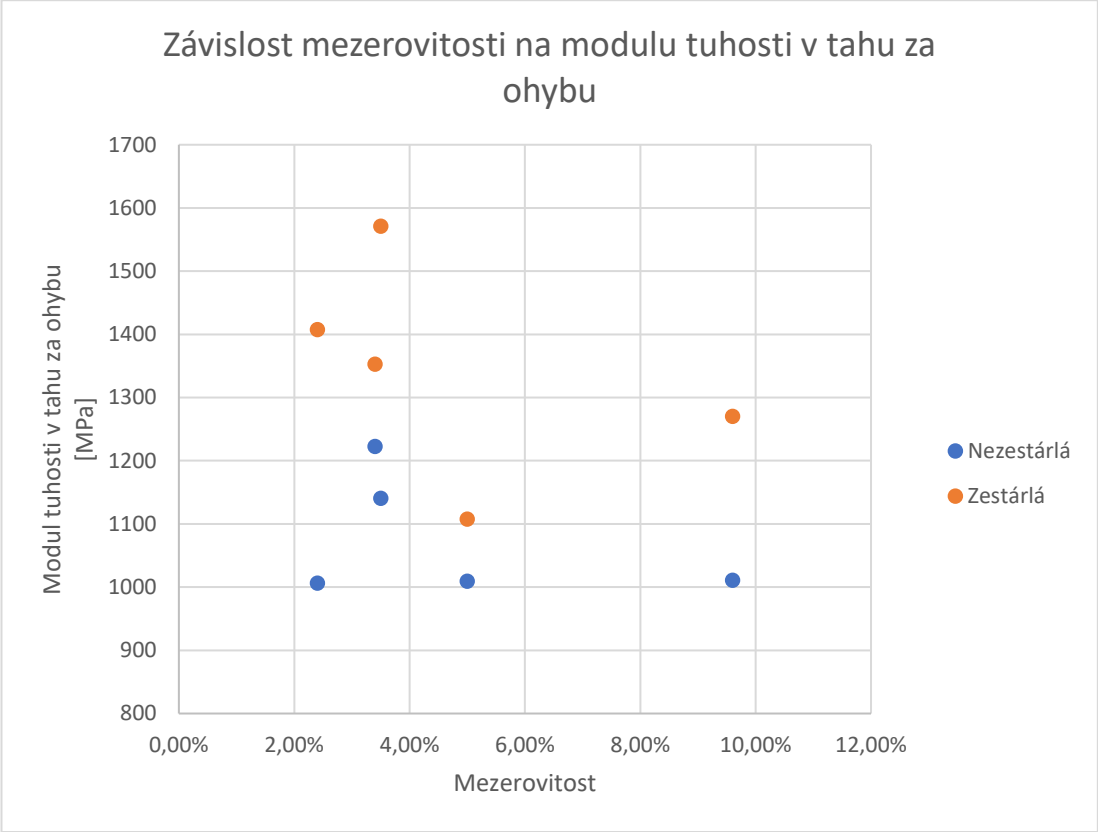
*Příloha 25 - Závislost mezerovitosti na pevnosti v tahu za ohybu*




*Příloha 26 - Závislost objemové hmotnosti na modulu tuhosti v tahu za ohybu*



*Příloha 27 - Závislost mezerovitosti na modulu tuhosti v tahu za ohybu*




*Příloha 28 - Vyhodnocení praktické části - 1*

| **Poměr kameniva 0/2 a 2/4 vyjádřen v obsahu 0/2** | **Objemová hmotnost [Mg/m$^3$]** | **Mezerovitost [%]** | **Poznámka** | **Přírůstek hloubky koleje WTS$_{AIR}$** [mm/10$^3$ cyklů] | **Poměrná hloubka koleje PRD$_{AIR}$** [%] |
|---|---|---|---|---|---|
| 80% | 2,567 | 3,5% | | 0,016 | 1,7 |
| 70% | 2,570 | 2,4% | NEVYHOVUJE ČSN | 0,026 | 4,2 |
| 60% | 2,547 | 3,4% | | 0,014 | 2,9 |
| 50% | 2,510 | 5,0% | NEVYHOVUJE ČSN | 0,011 | 2,3 |
| 40% | 2,435 | 9,6% | NEVYHOVUJE ČSN | 0,019 | 2,3 |

*Příloha 29 - Vyhodnocení praktické části - 2*

| **Objemová hmotnost [Mg/m$^3$]** | **Poměr pevnosti v příčném tahu ITSR** | **Modul tuhosti směsi 0 °C [Mpa]** | **Modul tuhosti směsi 15 °C [Mpa]** | **Modul tuhosti směsi 27 °C [Mpa]** | **Modul tuhosti směsi 40 °C [Mpa]** |
|---|---|---|---|---|---|
| 2,567 | 83,82% | 21 632,9 | 8 642,7 | 2 871,3 | 964,7 |
| 2,570 | 84,63% | 20 246,3 | 8 811,1 | 2 544,4 | 990,5 |
| 2,547 | 92,09% | 16 856,3 | 6 135,3 | 1 855,3 | 711,1 |
| 2,510 | 95,08% | 15 191,8 | 5 726,9 | 1 709,9 | 604,7 |
| 2,435 | 89,79% | 13 845,3 | 5 067,8 | 1 539,9 | 536,9 |

*Příloha 30 - Vyhodnocení praktické části - 3*

| Objemová hmotnost [Mg/m$^3$] | Lomová houževnatost 0 °C [N/mm^3/2] | Lomová houževnatost 25 °C [N/mm^3/2] | Úhel zatěžování α 0 °C [°] | Úhel zatěžování α 25 °C [°] | Pevnost v tahu za ohybu - nezestárlá [MPa] | Pevnost v tahu za ohybu - zestárlá [MPa] | Index stárnutí (Pevnost) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,567 | 45,1 | 12,8 | 85,6 | 65,9 | 7,2 | 10,1 | 1,4 |
| 2,570 | 42,6 | 12,4 | 86,3 | 65,8 | 7,0 | 8,8 | 1,3 |
| 2,547 | 49,9 | 9,7 | 85,3 | 57,9 | 7,8 | 8,4 | 1,1 |
| 2,510 | 44,8 | 9,6 | 84,5 | 50,3 | 6,6 | 6,7 | 1,0 |
| 2,435 | 42,9 | 8,5 | 83,5 | 51,1 | 6,4 | 6,6 | 1,0 |

*Příloha 31 - Vyhodnocení praktické části - 4*

| Objemová hmotnost [Mg/m$^3$] | Modul tuhosti v tahu za ohybu - nezestárlá [MPa] | Modul tuhosti v tahu za ohybu - zestárlá [MPa] | Index stárnutí (Modul tuhosti) | Energie do max. hodnoty - nezestárlá [J] | Energie do max. hodnoty - zestárlá [J] | Index stárnutí (Energie) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,567 | 1 140 | 1 571 | 1,4 | 1,65 | 2,24 | 1,4 |
| 2,570 | 1 006 | 1 407 | 1,4 | 1,89 | 1,91 | 1,0 |
| 2,547 | 1 223 | 1 352 | 1,1 | 1,84 | 1,88 | 1,0 |
| 2,510 | 1 009 | 1 108 | 1,1 | 1,72 | 1,50 | 0,9 |
| 2,435 | 1 011 | 1 270 | 1,3 | 1,62 | 0,95 | 0,6 |