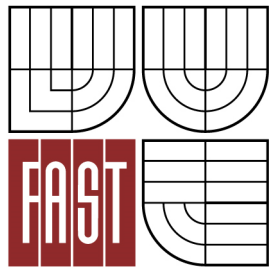




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

RECYKLOVANÉ KAMENIVO DO POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ
RECYCLED AGGREGATE TO PAVEMENT CONSTRUCTIONS OF ROADS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Klára Antošová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DUŠAN STEHLÍK, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Klára Antošová
Název Recyklované kamenivo do pozemních komunikací
Vedoucí diplomové práce Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce 16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

ČSN EN 13242 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickým pojivem
ČSN EN 12 620 Kamenivo do betonu
veřejně přístupné články a literatura z internetu
výzkumné zprávy zabývající se danou problematikou
diplomové práce z minulých let zabývající se podobnou problematikou
sborníky českých a zahraničních technických konferencí
apod.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Práce je zaměřená na sledování vlastností recyklovaného kameniva z betonu CB krytu dálnice D1 do nestmelených a stmelených směsí pro podkladní vrstvy vozovek pozemních komunikací. Návrh a posouzení využití sledovaného materiálu předpokládá ověření problematických vlastností recyklovaného kameniva. Výsledkem práce je příkladová studie využití recyklovaného kameniva z CB krytu dálnice D1 do pozemních komunikací.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



.....
Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá využitím recyklovaného kameniva z betonového recyklátu do stmelěných, nestmelěných a prolévaných vrstev pro podkladní vrstvy vozovek pozemních komunikací. Práce se dělí na praktickou a teoretickou část. Teoretická část práce se zabývá základními pojmy stavebního a demoličního odpadu, produkcí, vývojem a nakládání s tímto odpadem v České republice. Dále se zaměřuje na princip recyklace a využití betonového recyklátu v České republice a v zahraničí. Praktická část diplomové práce se zabývá laboratorním zkoušením a posouzením recyklovaného kameniva pro podkladní vrstvy vozovek pozemních komunikací. Výsledkem práce je příkladová studie využití recyklovaného kameniva.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pozemní komunikace, stavební a demoliční odpad, betonový recyklát, drtící jednotky, recyklace, azbest, síťový rozběr, tvarový index, odolnost proti drcení, odolnost proti zmrazování a rozmrazování, nasákavost, objemová hmotnost

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the use of recycled aggregate of concrete into bound, unbound and grouted courses for base layers of pavement. The work is divided into practical and theoretical part. The theoretical part deals with basic concepts of construction and demolition waste, production, development and management of this waste in the Czech Republic. It also focuses on the principle of recycling and the use of recycled concrete in the Czech Republic and abroad. The practical part of the thesis deals with laboratory testing and assessment of the recycled aggregates for base layers of pavement. The result is a case study of the use of recycled aggregates.

KEYWORDS

Roads, construction and demolition waste, recycled concrete, crushing units, recycling, asbestos, sieve analysis, shape index, resistance to crushing, resistance to freezing and thawing, water absorption, density

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Klára Antošová *Recyklované kamenivo do pozemních komunikací*. Brno, 2015. 93 s., 128 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16.1.2015

.....
podpis autora
Bc. Klára Antošová

Poděkování:

Ráda bych poděkovala mému vedoucímu diplomové práce Ing. Dušanu Stehlíkovi, Ph.D. za cenné rady a odbornou pomoc při vypracování práce a také Pavlu Strakovi a Matěji Šafránkovi za jejich ochotu a pomoc při provádění zkoušek v laboratoři ústavu pozemních komunikací.

Obsah

1. CÍL PRÁCE	10
2. ÚVOD.....	11
TEORETICKÁ ČÁST	12
3. UŽITÍ RECYKLÁTŮ ZE STAVEBNÍ VÝROBY	13
1) Základní pojmy	13
2) Vývoj a složení podnikového odpadu.....	14
3) Stavební a demoliční odpad v České republice.....	16
4) Azbest	18
5) Limitní hodnoty při posouzení environmentálních rizik recyklovaného kameniva	19
4. PRINCIP RECYKLACE STAVEBNÍHO A DEMOLIČNÍHO ODPADU	22
1) Recyklace prováděná přímo na stavbě	22
2) Recyklace prováděná ve stálé provozovně	23
3) Drtící jednotky.....	23
4) Třídící jednotky	26
5) Magnetické separátory.....	26
6) Recyklační linky	27
5. CENY BETONOVÉHO RECYKLÁTU.....	28
6. ZAHRANIČNÍ ZKUŠENOSTI A VYUŽITÍ BETONOVÉHO RECYKLÁTU.....	30
1) Možnosti využití betonového recyklátu ve světě.....	30
2) Využití betonového recyklátu v ČR	35
PRAKTICKÁ ČÁST	37
7. POPIS ZKOUŠENÝCH VZORKŮ.....	38
8. VYHOCENÍ ZKOUŠEK PRO KAMENIVO	40
1. Sítový rozbor	41
2. Tvarový index	48
3. Zkouška ekvivalentu písku.....	50
4. Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva.....	52
5. Metody pro stanovení odolnosti proti drcení metodou Los Angeles.....	54
6. Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti	56
7. Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování	63
9. ZHODNOCENÍ A SOUHRN VÝSLEDKŮ.....	65

1. Vyhodnocení zkoušek na recyklované kamenivo dle ČSN EN 13242 + A1 a ČSN EN 13043	65
2. Požadavky na kamenivo pro nestmelené vrstvy – vrstva z vibrovaného štěrku.....	72
3. Požadavky na kamenivo pro nestmelené podkladní vrstvy	73
4. Požadavky na kamenivo pro stmelené podkladní vrstvy - Směsi stmelené hydraulickými pojivy - směsi stmelené cementem.....	75
5. Požadavky na kamenivo pro stmelené podkladní vrstvy - Směsi stmelené hydraulickými pojivy - směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy	77
6. Prolévané vrstvy – Vrstva ze štěrku částečně vyplněného cementovou maltou	80
7. Prolévané vrstvy – Penetrační makadam.....	81
8. Prolévané vrstvy – Asfaltocementový beton.....	83
9. Prolévané vrstvy – Kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí	84
10. ZÁVĚR	85
ZKRATKY.....	87
POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE	88
SEZNAM OBRÁZKŮ	89
SEZNAM TABULEK	91
PŘÍLOHY – PROTOKOLY ZKOUŠEK.....	94

1. CÍL PRÁCE

Diplomová práce je zaměřená na využití recyklovaného kameniva jako stavebního materiálu do podkladních vrstev pozemních komunikací. Cílem je sledování výroby, vlastností a vhodnosti použití recyklovaného materiálu do jednotlivých vrstev pozemních komunikací. V praktické části je cílem práce sledovat především problematické vlastnosti recyklovaného kameniva jako je jeho vysoká nasákavost, malá odolnost vůči drcení zrn a nízká odolnost proti zmrazování a rozmrazování. Recyklované kamenivo je v průběhu celého zkoušení porovnáváno s vlastnostmi přírodního kameniva.

Betonový recyklát se pro použití do vrstev z vibrovaného štěrku bude posuzovat podle ČSN EN 73 6126-2, do směsí nestmelených podkladních vrstev podle ČSN EN 13285, do stmelených směsí podkladních vrstev podle ČSN EN 14227 a do vrstev prolévaných podle ČSN EN 73 6127.

2. ÚVOD

S rychlým růstem urbanizace a vývojem v oblasti výstavby, poptávka po přírodních materiálech a spotřebě betonu každým dnem roste. Beton je všude. Jedná se o druhou největší spotřebu materiálu po vodě a vytváří tak naše životní prostředí.

Změny v plánování infrastruktury a nová výstavba vede ke vzniku stavebních a demoličních odpadů. Podle odhadů vzniká v Evropě každý rok 900 milionů tun stavebního a demoličního odpadu. Likvidace tohoto odpadu se stává v dnešní době velkým problémem. Řešení pro tento problém jsou navzájem provázány a propojeny. Použití stavebního a demoličního odpadu z betonu jako náhrada přírodního kameniva je uznána jako životaschopný způsob, jak efektivně využít tento odpad. V praxi se setkáváme s pojmem betonový recyklát.

Použití recyklovaných materiálů ve stavebnictví je nezbytné pro trvale udržitelný rozvoj.

TEORETICKÁ ČÁST

3. UŽITÍ RECYKLÁTŮ ZE STAVEBNÍ VÝROBY

1) Základní pojmy

Dle předpisu č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech definuje pojmy:

- *recyklace odpadů* - jakýkoliv způsob využití odpadů, kterým je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky pro původní nebo jiné účely jejich použití, včetně přepracování organických materiálů; recyklací odpadů není energetické využití a zpracování na výrobky, materiály nebo látky, které mají být použity jako palivo nebo zásypový materiál
- *skladování odpadů* - přechodné soustředování odpadů v zařízení k tomu určeném po dobu nejvýše 3 let před jejich využitím nebo 1 roku před jejich odstraněním
- *využití odpadů* - činnost, jejímž výsledkem je, že odpad slouží užitečnému účelu tím, že nahradí materiály používané ke konkrétnímu účelu
- *nakládání s odpady* - shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů^[2]

Recyklovaný stavební materiál se člení:

- *recyklát z betonu* – je recyklované kamenivo získané drcením a tříděním betonu a betonových výrobků, obsah složky Rc $\geq 90\%$ hm., obsah (Ru + Rb) $\leq 6\%$, maximální obsah složky Rg $\leq 1\%$ hm. Maximální obsah jiných, ostatních a plovoucích částic (X+Y+FL) je 3% hm. FL se stanovuje objemově podle ČSN EN 933-11. Pozn. Maximální množství plovoucích částic (FL) je 1%.
- *recyklát z vozovek* – je recyklované kamenivo získané drcením a tříděním betonu, vrstev stmelených asfaltem nebo hydraulickým pojivem případně nestmelených vrstev a hrubozrnných zemin s celkovým obsahem složek Rc + Ra + Ru $\geq 95\%$ hm. Maximální obsah složky Ra je 30% hm. Maximální obsah jiných, ostatních a plovoucích částic (X+Y+FL) je 5% hm.
- *recyklát ze zdiva* – je recyklované kamenivo získané drcením a tříděním pálených a nepálených zdících prvků (např. cihly, obkladačky, vápenopískové prvky, pórobetonové tvárnice) a betonu s celkovým obsahem složek Rb + Rc + Ru $\geq 90\%$ hm. Složka jiných, ostatních a plovoucích částic (X+Y+FL) je maximálně 10% hm.
- *recyklát směsný* – je recyklát, získaný drcením a tříděním SDO, který se nepovažuje za kamenivo ve smyslu ČSN EN 12620+A1, ČSN EN 13043 nebo ČSN EN 13242+A1. Podíl hlavních složek není určen a obsah jiných, ostatních a plovoucích částic (X+Y+FL) je $\leq 10\%$ hm. Recyklát směsný je určen převážně jako náhrada

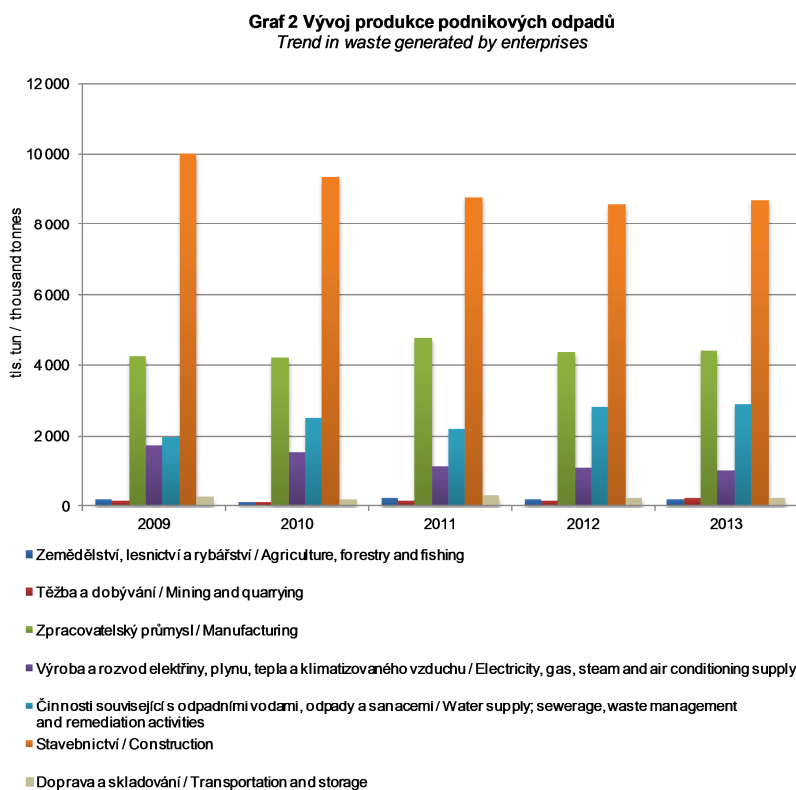
zemín pro stavbu násypů a úpravy podloží pozemních komunikací podle ČSN 73 6133, zásypy rýh, terénní úpravy apod.

- *R-materiál* – je asfaltová směs znovuzískaná odfrézováním asfaltových vrstev nebo drcením desek vybouraných z asfaltových vozovek nebo velkých kusů asfaltové směsi a asfaltové směsi z neshodné nebo nadbytečné výroby. Jedná se o více jak 95% asfaltových materiálů (Ra), s max. obsahem 5% hm. ostatních recyklovaných materiálů (Rc+Rb+Ru+X+Y+FL).
- *jiné částice (X)* – v souladu s ČSN EN 933-11 se jedná o přilnavé částice (tj. jemnozrné jílovité zeminy a nečistoty), různorodé částice jako kovy (železné a neželezné), neplovoucí dřevo, stavební plasty a pryž, sádrová omítka apod.;
- *ostatní částice (Y)* – jedná se o částice nestavebního charakteru např. papír, polyetylenové obaly, textil, organické materiály (např. humus, rašelina), apod. Z hlediska stanovování obsahu ostatních částic (Y) se tyto přiřazují při zkoušce podle ČSN EN 933-11 ke složce jiných částic (X).
- *plovoucí částice (FL)* – stanoví se v souladu s ČSN EN 933-11. Jedná se o částice, které plovou ve vodě (např. plovoucí dřevo, polystyrén, apod.).^[2]

2) Vývoj a složení podnikového odpadu

Činností ekonomických subjektů (podniků), jež jsou hlavními původci odpadů v ČR, vzniklo v roce 2013 celkem 20,1 milionu tun odpadu. Podniky vyprodukovaly 1 163 tisíc tun nebezpečných odpadů, což je téměř veškerá produkce nebezpečných odpadů v daném roce. Ačkoli celkově se produkce podnikových odpadů ve srovnání s rokem 2012 téměř nezměnila, byl zaznamenán nárůst o 27,3 % v odvětví zabývající těžbou a dobýváním, ten však byl způsoben zejména zvýšenou aktivitou ve stavební oblasti a tudíž vykázáním většího množství stavebních odpadů, než je pro tuto skupinu běžné.^[3]

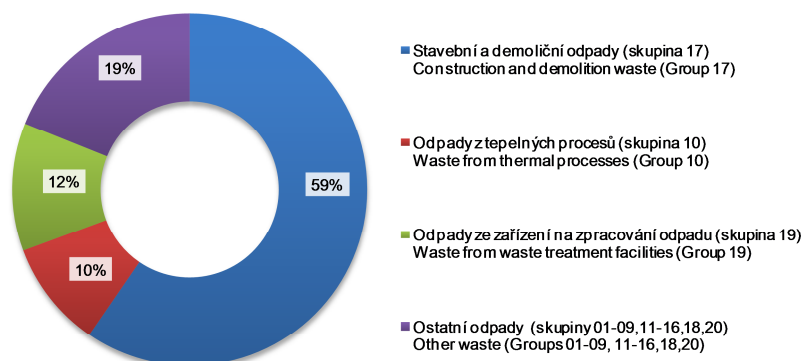
Tabulka 1 Vývoj produkce podnikových odpadů v ČR^[3]



Podnikový odpad vyprodukovaný v roce 2013 napříč všemi odvětvími byl podobně jako v minulých letech z hlavní části (59 %) tvořen odpady stavebními a demoličními. Ve sledovaném roce činila produkce odpadů skupiny 17 celkem 12 milionu tun, přičemž převažovala zemina a kamení, železo a ocel a beton.^[3]

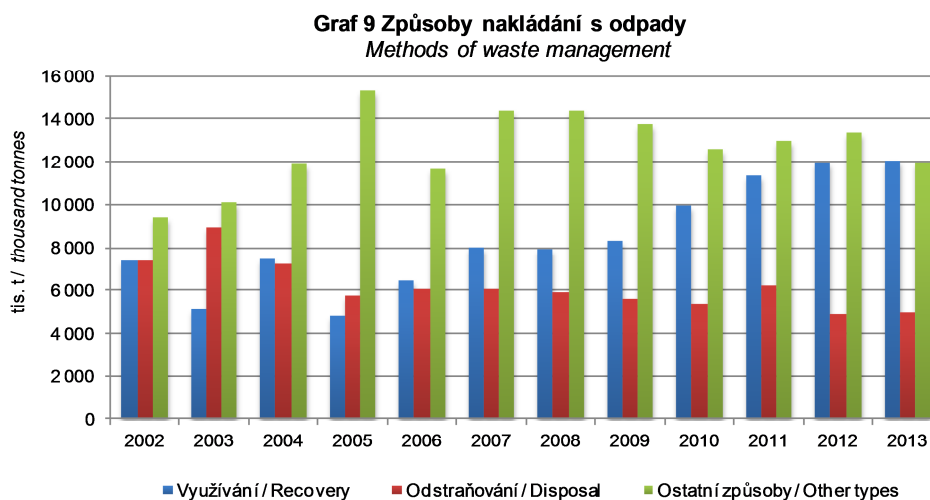
Tabulka 2 Složení produkce podnikových odpadů v roce 2013 v ČR^[3]

Graf 3 Složení produkce podnikových odpadů dle Katalogu odpadů v roce 2013
Structure of waste generated by enterprises by Waste Catalogue; 2013



V roce 2013 bylo nakládáno celkem s 29 milionu tun odpadu. Z tohoto množství bylo 12 mil. tun využito - R (41,6 %), 5 mil. tun odstraněno – D (17,1 %) a s 12 mil. tunami odpadu bylo nakládáno ostatními způsoby nakládání - N (41,3 %).^[3]

Tabulka 3 Způsob nakládání s odpady v ČR^[3]



3) Stavební a demoliční odpad v České republice

Poznatky vzešlé z výsledků z mnohaletých zkoušek vlastností kameniva a zároveň betonu vyrobeného z příměsí recyklátu se pomalu začínají promítat do legislativ jednotlivých zemí. Zároveň z mnoha publikovaných studií vyplývá, že jednou z nejproblematictějších vlastností recyklovaného kameniva je jeho vysoká pórovitost, která negativně ovlivňuje další vlastnosti, jako jsou objemová hmotnost, nasákavost, mrazuvzdornost, odolnost proti drcení a další.

Recyklované materiály jsou při správném použití mnohdy stejně hodnotné jako standardní přírodní suroviny a jejich využívání správným způsobem není na úkor kvality stavebního díla. Stavební a demoliční odpady nejsou homogenní, jejich součástí jsou i např. dřevo, sklo, plasty nebo kovy. Recykláty vyrobené ze stavebních a demoličních odpadů významně šetří nerostné surovinové zdroje, a to jak kamenivo, tak také ropu.

Produkce recyklovaného kameniva ze stavebních a demoličních odpadů se pohybuje v jednotlivých zemích EU kolem 5 % až 15 % produkce přírodního stavebního kameniva. Získávání stavebního a demoličního odpadu pro účely recyklace ovlivňuje řada faktorů, spojených se vznikem tohoto materiálu:^[6]

- charakter stavby, ze které stavební a demoliční odpad vzniká (demolice, rekonstrukce, nová stavba)
- množství a druhové složení stavebního a demoličního odpadu

- způsob provádění demolic (důsledné oddělování jednotlivých druhů stavebního a demoličního odpadu)

Nejčastější způsoby sběru stavebního a demoličního odpadu:

- původce (držitel odpadu) jej odevzdá v provozovně, která tento materiál přímo recykluje (recyklační linka stavebního a demoličního odpadu)
- původce (držitel odpadu) jej odevzdá k recyklaci v mezideponii stavebních a demoličních odpadů, která má souhlas k nakládání se stavebními a demoličními odpady
- recyklace a opětné použití stavebního a demoličního odpadu přímo v místě vzniku

Dovoz a vývoz stavebních a demoličních odpadů:

V odvětví recyklace stavebních a demoličních odpadů se nakládá se značnými hmotnostními toky při relativně nízkých cenách. Tento materiál je však výrazně zatížen přepravními náklady. Je prokázáno, že s ohledem na druh převáženého recyklovaného materiálu z inertní stavební sutě jsou maximální ekonomicky zdůvodnitelné přepravní vzdálenosti pouze do 20 až 30 km. Vzhledem k uvedenému limitujícímu ekonomickému parametru se se stavebními a demoličními odpady a recykláty z nich vyrobenými přeshraničně neobchoduje.^[6]

Produkce stavebního a demoličního odpadu:

Pro úspěšnou recyklaci je nezbytné provést důslednou separaci jednotlivých druhů stavebních a demoličních odpadů a jejich následné drcení a třídění, jakož i provádění důsledné kontroly kvality odebíraného stavebního a demoličního odpadu a předběžné zjišťování fyzikálně-mechanických vlastností.

V ČR je v současné době cca 90 podnikatelských subjektů, které vlastní jedno nebo více zařízení pro recyklaci stavební a demoliční sutě a mají veškerá nutná povolení a souhlasy k nakládání se stavebními a demoličními odpady. Celková roční kapacita recyklačních zařízení v ČR v současnosti dosahuje 15 miliónů tun ročně. V ČR vznikl poměrně stabilní trh s recyklovanými minerálními inertními stavebními materiály. Recyklované stavební a demoliční odpady se v podobě recyklovaného kameniva dostávají ke svým odběratelům dvěma způsoby, které vykazují obdobnou četnost:

- Odběratel odebírá vyrobené recyklované kamenivo u jeho výrobce v recyklačních provozovnách
- Odběratel recyklovaného kameniva je i původce stavebního a demoličního odpadu, z něžž je recyklované kamenivo vyrobeno v místě vzniku tohoto odpadu

Tabulka 4 Produkce minerálních stavebních a demoličních odpadů v roce 2013^[7]

Tab. 11 Produkce minerálních stavebních a demoličních odpadů v roce 2013

Generation of mineral construction and demolition waste; 2013

v t		Tonnes			
		Celkem <i>Total</i>	v tom:		
			nebezpečné <i>Hazardous</i>	ostatní <i>Non-hazardous</i>	
Produkce stavebních a demoličních odpadů celkem		11 996 178	397 941	11 598 237	Construction and demolition waste generation, total
z toho:					
beton, cihly, tašky a keramika	17 01	1 864 387	28 411	1 835 976	Concrete, bricks, tiles and ceramics
asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu	17 03	381 268	12 194	369 074	Bituminous mixtures, coal tar and tarred products
zemina (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst), kamení a vytěžená hlšina	17 05	7 578 985	311 002	7 267 983	Soil (including excavated soil from contaminated sites), stones and dredging spoil
jiné stavební a demoliční odpady	17 09	277 637	17 556	260 081	Other construction and demolition wastes

Tabulka 5 Způsoby nakládání s minerálními stavebními a demoličními odpady v roce 2013^[7]

Tab. 12 Způsoby nakládání s minerálními stavebními a demoličními odpady v roce 2013

Methods of waste management of mineral construction and demolition waste; 2013

v t		Tonnes				
		Vybrané skupiny odpadů dle Katalogu odpadů ¹⁾ <i>Selected group of waste according to the List of waste¹⁾</i>				
		17 01	17 03	17 05	17 09	
Nakládání se stavebními a demoličními odpady celkem		2 993 080	615 839	6 934 469	500 953	Waste management of construction and demolition waste, total
z toho:						
R5	recyklace/znovuzískání ostatních anorganických materiálů	1 470 154	360 966	1 035 937	93 996	Recycling/reclamation of other inorganic materials
D1	ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu	193 402	21 832	306 504	129 296	Deposit into or onto land
N1	využití odpadů na terénní úpravy	458 556	5 252	1 913 950	26 767	Use of wastes for landscaping
N11	využití odpadu na rekultivace skládek	31 956	i.d.	393 635	4 893	Use of waste for the deposit reclamation
N12	ukládání odpadů jako technologický materiál na zajištění skládky	205 038	8 889	204 807	106 154	Deposit of wastes as technological material to make landfills safe

4) Azbest

Azbest neboli osinek je minerál ze skupiny silikátů. Společnou vlastností všech azbestových minerálů je jejich vláknitá struktura, při níž délka mnohonásobně převyšuje průřez. Vlákna mají tendenci se stále štěpit po délce. Látkami obsahujícími azbest označujeme látky, přípravky, meziprodukty, výrobky a odpady obsahující více nežli 0,1 hmotnostních procent azbestu. Cestou vstupu azbestu do lidského organismu tj. expoziční cestou, jsou dýchací orgány. Negativní účinky azbestu na zdraví nespočítají v chemickém

působení, ale v mechanickém dráždění citlivých tkání zejména dýchacích orgánů, což může mít za následek iniciaci vzniku vážného onemocnění.

V České republice se v letech 1975 – 1990 ročně spotřebovalo kolem 50 000 tun azbestu. Ze sedmdesáti procent našel využití ve stavebnictví – nejčastěji na azbestocementové desky a potrubí, dále pak jako protipožární omítky, těsnící šňůry a azbestopryžové těsnění. Nejrizikovější skupinu ohrožovanou u nás azbestovými nemocemi tak dnes, kdy je v Evropské unii používání azbestu prakticky zakázáno, tvoří zejména pracovníci ve stavebnictví, údržbě nebo při čisticích pracích.^[19]

Výskyt azbestu ve stavebních a demoličních odpadech:

Při různých pracích spojených s údržbou objektů, demolicemi starých budov a zařízení, při rekonstrukcích budov, bytů, bytových jader v bytových domech a podobných stavebních úpravách se velmi často můžeme setkat se stavebními materiály obsahujícími azbest. Na jedné straně se při rekonstrukcích a úpravách objektů nebo bytů chceme zbavit azbestového nebezpečí v podobě potenciálně nebezpečného stavebního materiálu, ale na straně druhé vznikne potenciálně nebezpečný stavební a demoliční odpad.

Odpady obsahující azbest jsou klasifikovány jako odpady nebezpečné, vykazují nebezpečnou vlastnost H7 (karcinogenita). Tyto odpady již nelze nijak materiálově využívat. Je nutné je bezpečně odstraňovat ze životního prostředí za přísných podmínek ochrany zdraví a složek prostředí. Při předcházení vzniku azbestových odpadů a stanovení opatření při nutné manipulaci s nimi, jsou uplatňovány kroky, jejichž cílem je maximální možné snížení zdravotních rizik již v místě, kde tyto odpady mohou vznikat nebo vznikají.^[19]

5) Limitní hodnoty při posouzení environmentálních rizik recyklovaného kameniva

Při ukládání odpadů na skládky musí být minimalizována možnost chemických reakcí mezi různými druhy ukládaných odpadů.^[9]

Uplatnění recyklátů je omezeno nejen jeho mechanicko-fyzikálními vlastnostmi, ale i environmentálními riziky, které s jeho využitím souvisí. Recykláty ze stavebního a demoličního odpadu tedy musí splňovat nejen technické parametry dle požadavků na jejich konečné uplatnění dle příslušných ČSN EN, ale je třeba je posuzovat i z hlediska jejich potenciálního vlivu na životní prostředí a zdraví člověka. Ekologická vhodnost pro použití se prokazuje dle jejich chemického složení, obsahu škodlivých látek a možnosti jejich vylučování do okolního prostředí. Ekologická kritéria se vždy stanovují podle požadavků platné legislativy a podle požadavků na určitý druh odpadu. V legislativě ČR jsou proto

normou stanoveny maximální povolené limity obsahu jednotlivých škodlivin podle různého následného uplatnění recyklovaných materiálů. [8]

Ve volném betonovém recyklátu se ověřuje:

- Obsah přírodních radionuklidů
- Ekotoxicita
- Ekotoxikologické zkoušky se stanovují na vzorku stavebního výrobku s upravenou pH $7,8 \pm 0,2$ na 4 živých organizmech s ukazateli:
 - Stanovení akutní letální toxicity pro sladkovodní ryby
 - Zkouška inhibice pohyblivosti (*Daphnia magna* Straus) Perlooček
 - inhibice růstu sladkovodních řas - biomasa
 - inhibice růstu kořene hořčice bílé
- Stanovuje se obsah kovů (As, Ba, Cd, Co, Cr, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn) ve výluhu a stanovuje se rtuť ve výluhu.

Tabulka 6 Požadavky na výsledky ekotoxikologických testů, dle předpisu č. 294/2005 Sb. Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. [9]

Testovaný organismus	Doba působení [hodina]	I.	II.
Poecilia reticulata, nebo Brachydanio rerio	96	ryby nesmí vykazovat v ověřovacím testu výrazné změny chování ve srovnání s kontrolními vzorky a nesmí uhynout ani jedna ryba	ryby nesmí vykazovat v ověřovacím testu výrazné změny chování ve srovnání s kontrolními vzorky a nesmí uhynout ani jedna ryba
Daphnia magna Straus	48	procento imobilizace perlooček nesmí v ověřovacím testu přesáhnout 30 % ve srovnání s kontrolními vzorky	procento imobilizace perlooček nesmí v ověřovacím testu přesáhnout 30 % ve srovnání s kontrolními vzorky
Raphidocelis subcapitata (Selenastrum capricornutum) nebo Scenedesmus subspicatus	72	neprokáže se v ověřovacím testu inhibice růstu řasy větší než 30 % ve srovnání s kontrolními vzorky	neprokáže se v ověřovacím testu inhibice nebo stimulace růstu řasy větší než 30 % ve srovnání s kontrolními vzorky
semena Sinapis alba	72	neprokáže se v ověřovacím testu inhibice růstu kořene semene větší než 30 % ve srovnání s kontrolními vzorky	neprokáže se v ověřovacím testu inhibice nebo stimulace růstu kořene semene větší než 30 % ve srovnání s kontrolními vzorky

Nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů - koncentrací škodlivin ve vodném výluhu odpadu (v mg/l) pro jednotlivé třídy vyluhovatelnosti:

Tabulka 7 Nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů pro jednotlivé třídy vyluhovatelnosti, dle předpisu č. 294/2005 Sb. Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání^[9]

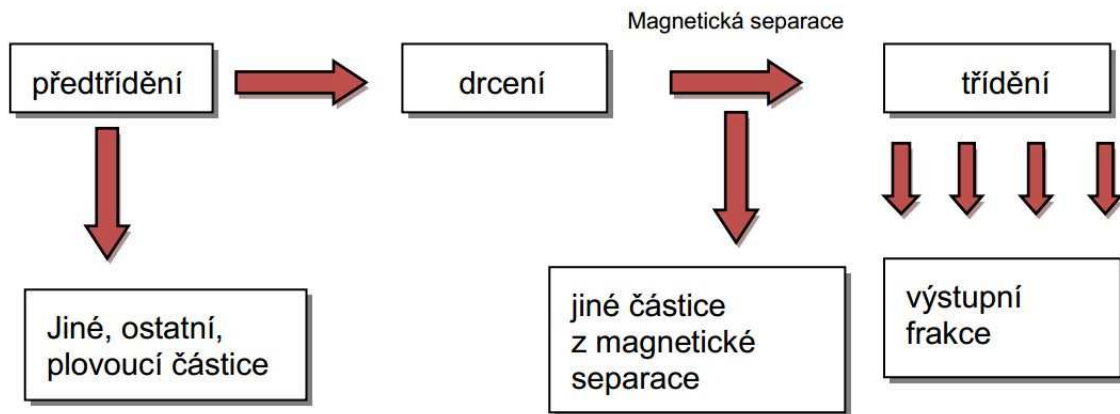
ukazatel	Třídy vyluhovatelnosti			
	I	Ila	Ilb	III
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DOC(rozpuštěný organický uhlík)	50	80	80	100
Fenolový index	0,1			
Chloridy	80	1500	1500	2 500
Fluoridy	1	30	15	50
sířany	100	3000	2 000	5 000
As	0,05	2,5	0,2	2,5
Ba	2	30	10	30
Cd	0,004	0,5	0,1	0,5
Cr celkový	0,05	7	1	7
Cu	0,2	10	5	10
Hg	0,001	0,2	0,02	0,2
Ni	0,04	4	1	4
Pb	0,05	5	1	5
Sb	0,006	0,5	0,07	0,5
Se	0,01	0,7	0,05	0,7
Zn	0,4	20	5	20
Mo	0,05	3	1	3
RL (rozpuštěné látky) ¹⁾	400	8 000	6 000	10 000
pH		≥6	≥6	

Tabulka 8 Nejvýše přípustné koncentrace škodlivin v sušině odpadů, dle předpisu č. 294/2005 Sb. Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.^[9]

Ukazatel	Jednotka	Limitní hodnota
Kovy		
As	mg/kg sušiny	10
Cd	mg/kg sušiny	1
Cr celk.	mg/kg sušiny	200
Hg	mg/kg sušiny	0,8
Ni	mg/kg sušiny	80
Pb	mg/kg sušiny	100
V	mg/kg sušiny	180
Monocyklické aromatické uhlovodíky(nehalo-genované)		
BTEX	mg/kg sušiny	0,4
Polycyklické aromatické uhlovodíky		
PAU	mg/kg sušiny	6
Chlorované alifatické uhlovodíky		
EOX	mg/kg sušiny	1
Ostatní uhlovodíky (směsné, nehalo-genované)		-
Uhlovodíky C ₁₀ - C ₄₀	mg/kg sušiny	300
Ostatní aromatické uhlovodíky (halo-genované)		
PCB	mg/kg sušiny	0,2

4. PRINCIP RECYKLACE STAVEBNÍHO A DEMOLIČNÍHO ODPADU

V celém procesu recyklace platí, že kvalita recyklátu a efektivnost celého procesu je přímo úměrná kvalitě demoličních prací, respektive třídění materiálu z demolice přímo v místě jejich vzniku.



Obrázek 1 Schéma třídění stavebního a demoličního odpadu ^[2]

Při recyklaci je nutné dbát zejména na třídění během demoličních prací: ^[10]

- oddělení kontaminovaných materiálů od nekontaminovaných
- oddělení cizorodých materiálů od minerálních sutí určených k recyklaci – některé látky by měly být odděleny do samostatných kontejnerů, zejména potom kovy, organické materiály (např. dřevo), některé minerální látky (např. kamenivo a maltovina) a další nebezpečné odpady (např. azbest)
- roztřídění minerální suti na základní druhy – cihelná stavební suť, betonová suť, živičné suť a výkopová zemina.

Recyklaci můžeme v základní části rozdělit na dva způsoby:

1) Recyklace prováděná přímo na stavbě

Tedy v místě vzniku stavebního demoličního odpadu (SDO). Použití této technologie podmiňuje zajištění dostatečného prostoru na deponování SDO, prostor pro jeho zpracování a následné využití recyklátu, vzniklého tímto technologickým postupem. Dále je nutný souhlas orgánů státní správy k provedení této činnosti přímo v prostoru stavby.

Výhodou tohoto způsobu jsou minimalizované náklady na odvoz materiálu ze stavby, poplatky za skládkovné, možnost využití recyklátu při realizaci nové výstavby. Nevýhodou je nutnost zajištění povolení recyklace v místě stavby, její zajištění co se týče prašnosti, hlučnosti, záboru prostoru a využití vyrobeného recyklátu. Ve většině případů zůstane některý druh recyklátů. Volba technologie pro zpracování SDO, který z možných drtičů a třídičů bude vhodnější využít dle druhu a množství materiálu.^[4]

2) Recyklace prováděná ve stálé provozně

Zabývá kompletně likvidací SDO, tj. příjmem jednotlivých druhů materiálů, jejich zpracováním a následným prodejem recyklátů. Materiál je nutno důsledně třídit podle druhů a odvážet na recyklační provozovnu v souladu s jejich provozním řádem. V případě potřeby je možné jako zpětné vytížení dopravních prostředků navážet recyklát potřebného druhu a množství v čase odpovídajícím potřebám stavby. Výhodou je možnost průběžná likvidace SDO, minimalizovaná ekologická zátěž prostoru stavby a minimální prostorové nároky na demoliční materiál. Možnost likvidace i minimálního množství SDO různých druhů.

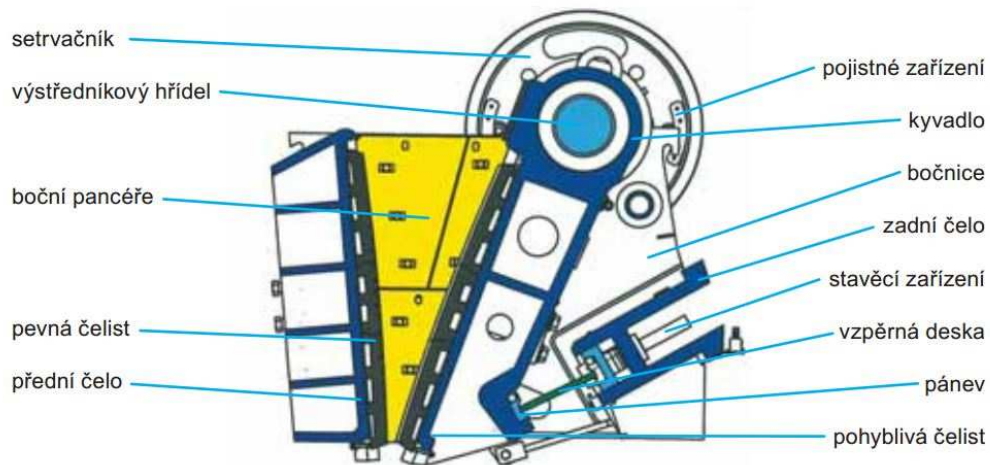
Nevýhodou je finanční náročnost - skládkovné a doprava SDO. Zajištění podmínek stanovených provozním řádem provozovny, která materiál bude přijímat ke zpracování.^[4]

3) Drtící jednotky

Drtící jednotky můžeme rozdělit na mobilní a semimobilní neboli kontejnerové a dále:

Čelistové jednotky

Čelistové jednotky slouží ke zpracování betonu, železobetonu a cihelné suti. Kusovitost vstupního materiálu se pohybuje mezi 50 a 100 cm. Čelistové drtiče můžeme dále rozdělit na jednovzpěrné a dvouvpěrné. Jednovzpěrné mají vyšší stupeň zdrobnění a lepší tvarovou hodnotu zrn. Dvouvpěrné mají možnost drcení extrémně pevných abrazivních materiálů. Dále můžeme rozlišovat jednotky na kolovém a pásovém podvozku.^[10]

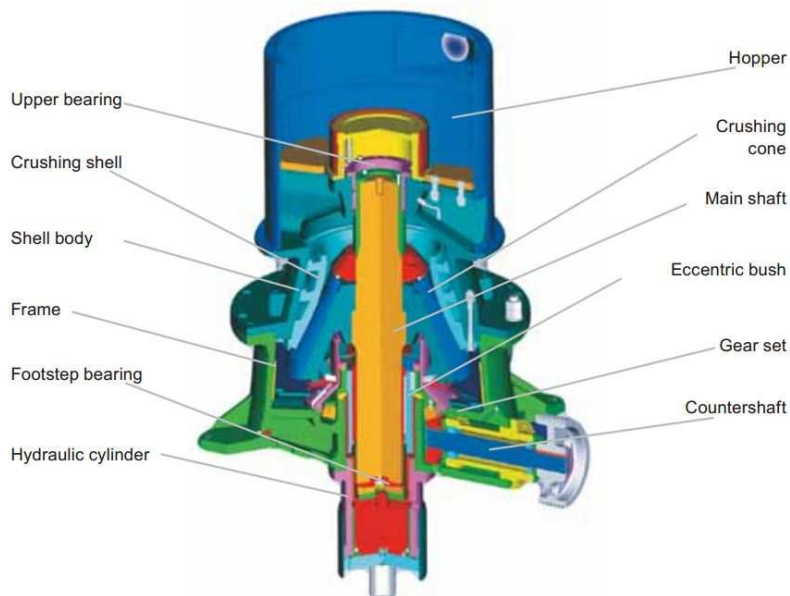


Obrázek 2 Schéma čelistového drtiče ^[20]

Kuželové jednotky

Kuželové jednotky slouží především ke zpracování přírodního kameniva (např. vápenec, pískovec, křemen či jiné podobné materiály).

Kusovitost vstupního materiálu se pohybuje mezi 5 a 25 cm. Mezi výhody patří mobilita, vysoký stupeň zdrobnění, snadná údržba a obsluha, optimální geometrie drtícího prostoru a vysoká kvalita konečného produktu. ^[10]



Obrázek 3 Schéma kuželového drtiče ^[20]

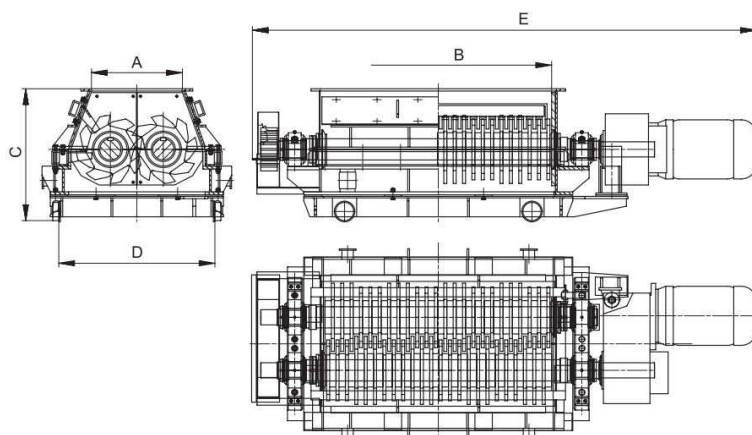


Obrázek 4 Mobilní kuželový drtič^[21]

Odrázové jednotky

Odrázové jednotky zpracovávají beton, železobeton, cihelnou suť, živičné kry a kamenivo se vstupními rozměry přibližně do 80 cm. Výhodami odrazových jednotek jsou vysoký výkon, velký stupeň zdrobnění, vynikající tvarový index a nenáročná údržba a obsluha.

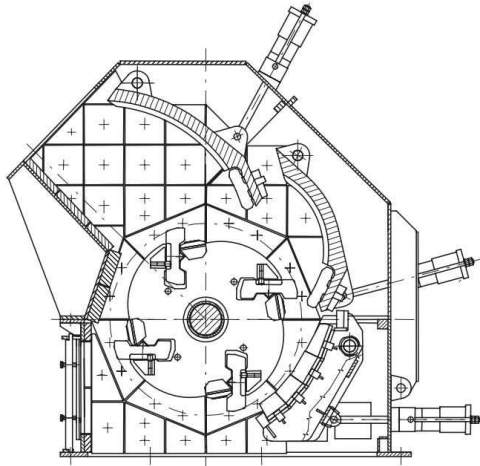
Primární odrazové drtiče se používají pro drcení středně tvrdých materiálů s otlukovostí vyšší než 30 %. Zpravidla pro jednostupňové primární drcení. S ohledem na velikost vstupního kusu (až 1,5 m³) jsou vybaveny třetí – dodrcovací deskou umístěnou pod rotorem. Dodrcovací deska kalibruje výstupní velikost produktu. Lze je rovněž nasadit na drcení recyklačních materiálů. Sekundární drtiče jsou nasazovány ve druhých, popř. třetích stupních drcení na středně tvrdé až tvrdé materiály. S ohledem na drcení tvrdších materiálů jsou drtiče vybaveny rotory s pevnou fixací lištou. ^[10]



Obrázek 5 Schéma odrazového drtiče^[20]

Válcové jednotky

V závislosti na velikosti výstupního zrna konečného produktu prochází materiál drtičem, kde je drcen mezi otáčejícími se válci nebo válci s drticími hřebeny. Drtič je elektronicky chráněn proti přetížení po vniknutí nedrtitelného předmětu. ^[10]



Obrázek 6 Schéma válcového drtiče^[20]

4) Třídící jednotky

Mobilní třídící jednotky můžeme rozdělit na mobilní a semimobilní neboli kontejnerové, dále na vibrační a rezonanční. Tyto stroje je možné použít pro třídění kameniva, štěrků, písků, cihelné sutě, drceného betonu, zeminy a dalších materiálů. Je možné tyto materiály třídít podle potřeby na několik frakcí. Mezi výhody patří vysoká provozní spolehlivost, nízké provozní náklady, vysoký výkon, velká sypná výška pásových dopravníků, možnost použití magnetického separátoru a váhy a možnost použití v širokém rozsahu okolních teplot. ^[10]

5) Magnetické separátory

Užívají se k odstraňování kovových částic z recyklované stavební suti.



Obrázek 7 Závěsný magnetický separátor ^[22]

6) Recyklační linky

Recyklační linky jsou složeny z drtičů, třídičů, magnetických separátorů, případně dalších zařízení. Mohou být jak na kolovém, tak na pásovém podvozku a je možné je rozdělit následovně: ^[10]

Mobilní recyklační linka

Semimobilní recyklační linka

Stacionární recyklační linka



Obrázek 8 Mobilní třídící linka odrazového drtiče ^[23]

5. CENY BETONOVÉHO RECYKLÁTU

Kalkulace cen recyklátu je stejně jako v jiných odvětvích velice obtížná. Cena výkupní ceny se liší zejména podle druhu inertní minerální sutě a její čistoty. Jako příklad lze uvést poplatky za prosté betony.

Tabulka 9 Výkupní cena stavebního a demoličního odpadu firmy SETRA, spol. s.r.o., ceny jsou uvedeny bez DPH

Prostý beton	cena za tunu	
do 50 x 50 cm	125	Kč
nad 50 x 50 cm, příměsí 5-10%	210	Kč
obtížně zpracovatelný	450	Kč
nad 100 x 100 cm, příměsí 10-20 %	350	Kč

V případě železobetonů nebo velkých kusů bývá cena vyšší. Prodejní cena recyklátů je přirozeně závislá jak na druhu materiálu, tak i na jeho geometrických vlastnostech, které jsou dány zejména druhem použitého drtiče a charakterem třídění.

Tabulka 10 Tab. Prodejní cena betonového recyklátu firmy SETRA, spol. s.r.o., ceny jsou uvedeny bez DPH

Betonový recyklát	cena za tunu	
frakce 0 - 12 mm	20	Kč
frakce 0 - 32 mm	90	Kč
frakce 4 - 8 mm	200	Kč
frakce 8 - 32 mm	135	Kč
frakce 32 - 80 mm	90	Kč

Prodejní ceny recyklátů jsou tedy obecně nižší než ceny přírodních nerostných materiálů obdobných vlastností i když je jejich výroba ekonomicky náročnější.

Tabulka 11 Tab. Prodejní cena přírodního kameniva firmy Heidelbergcement, ceny jsou uvedeny bez DPH

Přírodní kamenivo Bílý Kámen	cena za tunu	
frakce 0 - 8 mm	130	Kč
frakce 0 - 32 mm	150	Kč

frakce 4 - 8 mm	235	Kč
frakce 8 - 32 mm	190	Kč
frakce 32 - 80 mm	220	Kč

Výrobce recyklátů navíc musí prokazovat to, že jeho výrobky neobsahují nebezpečné látku (dle zákona o odpadech a navazujících předpisů). Toto se prokazuje laboratorními výluhovými zkouškami a také obsahem škodlivin v sušině. Je zcela přirozené, že zkoušky jsou spojeny se značnými náklady, které musí být přirozeně v cenách zohledněny.

6. ZAHRANIČNÍ ZKUŠENOSTI A VYUŽITÍ BETONOVÉHO RECYKLÁTU

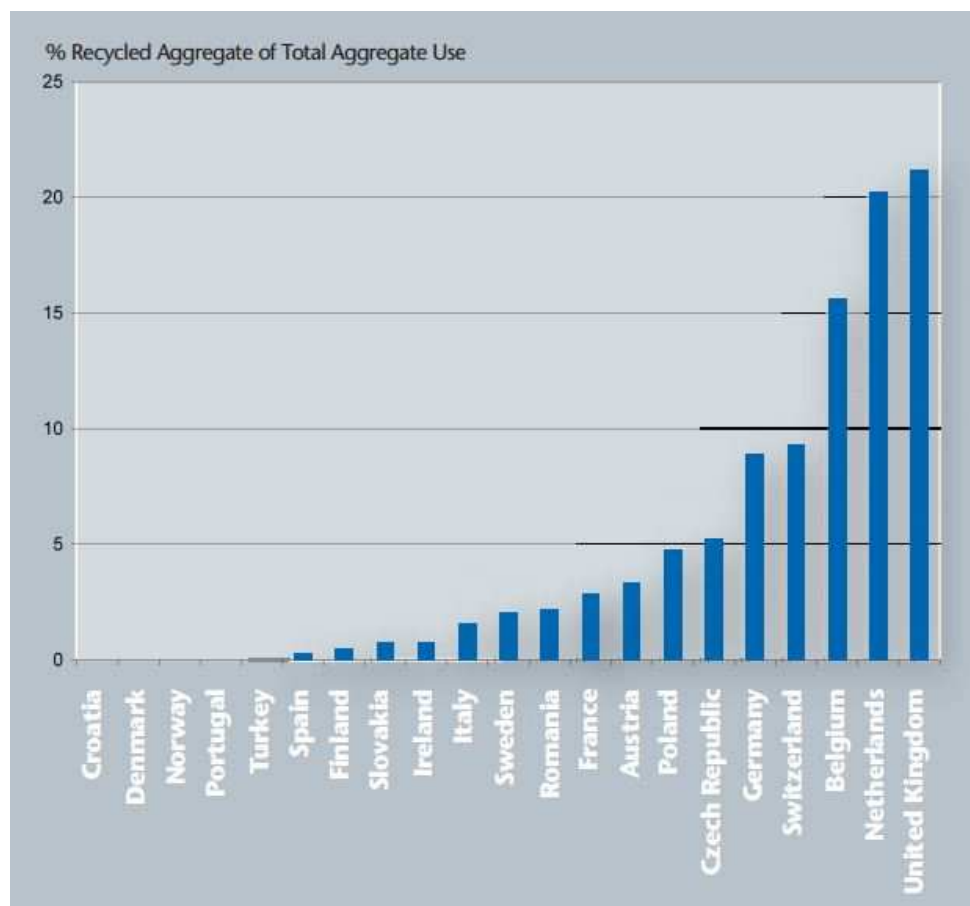
1) Možnosti využití betonového recyklátu ve světě

- Jako kamenivo (hrubé a drobné frakce)
- Jako bloky v původní nebo zmenšené velikosti

Použití jako recyklované kamenivo

Většina betonového recyklátu se používá jako kamenivo pro podkladní vrstvy pozemních komunikací. Kvalita vyrobeného betonového recyklátu závisí na kvalitě původního materiálu a stupni zpracování a třídění. Jemnější betonový recyklát může vytvořit produkt s vyšší užitnou hodnotou, ale má úměrně větší dopad na životní prostředí. Kvalita betonového recyklátu je obecně srovnatelná s kvalitou přírodního kameniva a možnosti použití jsou stejné.

Použití betonového recyklátu – recyklovaného kameniva představuje 6% až 8% z celkového množství použitého kameniva v Evropě. ^[12]



Obrázek 9 Procentuální zastoupení recyklovaného kameniva z celkového množství použitého kameniva. ^[12]

Použití jako hrubé recyklované kamenivo

Použití jako hrubé recyklované kamenivo se v zahraničí uplatňuje především pro podkladní vrstvy pozemní komunikace či úpravu zemní pláně. V USA je použití recyklovaného kameniva obecně velmi podporováno, především díky své rozlehlosti a rozmanitosti dálniční sítě a nedostatkem přírodních zdrojů. Můžeme se zde setkat až se 100% využitím recyklovaného kameniva do nově vznikajících všech dopravních infrastruktur. [12]

Využití jako kamenivo pro beton

National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) dospěla k závěru, že až 10% betonového recyklátu je vhodný jako náhrada přírodního kameniva. Velká Británie uvádí ve svém výzkumu, že až 20 % recyklovaného kameniva lze použít jako náhrada za přírodní kamenivo. Podle australských pokynů až 30% recyklovaného kameniva může být použito do konstrukčního betonu bez znatelného rozdílu funkčnosti a pevnosti ve srovnání s přírodním kamenivem. Německé pokyny uvádějí, že za určitých okolností může být recyklované kamenivo použito až 45% z celkového množství použitého kameniva do betonu, avšak v závislosti na požadované třídě betonu.

V některých zemích, zejména v Německu, Švýcarsku a Austrálii, je na trhu beton obsahující recyklované kamenivo. Jmenovitě například produkt Boral "green" concrete je volně prodejná předem připravená betonová směs využívající betonový recyklát. [12]

Použití jako nižší frakce kameniva

Jemná (drobná) frakce recyklovaného kameniva se používá místo přírodního písku. Je zde však důležité kontrolovat obsah malty, která může ovlivnit zpracovatelnost, pevnost, smršťování v důsledku vysoké absorpce vody.

Jemné (drobné) frakce recyklovaného kameniva také velmi často obsahují sádro, použití takového materiálu se stává obtížnější. Proto se jejich využití uplatňuje především jako materiál pro úpravu neúnosného podloží. (Sádra jakožto činidlo, které odnímá vodu a vlhkost). Vzhledem ke snižujícím se zásobám přírodního písku jako velmi těžko obnovitelného zdroje, nabízí se tato varianta jako velmi vhodná. [12]

Opakované použití v původní podobě

Opětovné použití bloků (trámy, panely, dutinové stropní desky) v původní podobě, nebo řezání na menší bloky je jedna z variant využití betonového odpadu bez nutnosti drcení. Například většina dutinových betonových stropních desek má konstantní rozpětí a lze snadno demontovat a znovu využít jako stavební díl.

Některé příklady využití betonového recyklátu v praxi:

- Betonový recyklát ze silniční stavební suti se stal vhodným materiálem pro vytváření umělých útesů pro ústřice v Chesapeake Bay, USA
- Letiště v Torontu využilo 450 000 tun betonové suti pro výstavbu nové odbavovací plochy a haly
- Thailand využívá stavební odpad na výrobu městského mobiliáře jako primární zdroj materiálu
- Letiště Gardermoen v Oslu povolilo využití více než 90% betonové suti pro rekonstrukci letištní plochy ^[12]

Příklady užití betonového recyklátu v některých státech světa:

- Japonsko

V Japonsku existuje směrnice TR A006 (2000) "Concrete using recycled aggregate". Jejím hlavním principem je, že malta může snížit kvalitu betonového recyklátu. Tento problém se projevuje ve zvýšené absorpci vody. Technický předpis je založen na klasifikaci betonového recyklátu vzhledem k množství pojiva. Protože vyšší obsah pojiva zvyšuje absorpční koeficient (nasákavost) a snižuje tak kvalitu betonového recyklátu. Bylo ustanoveno, že absorpce nesmí být víc než 7% pro hrubé kamenivo a 10% pro jemné kamenivo. Tato směrnice také uvádí metodu a postup pro kontrolu kvality. V nových betonových směsích lze použít až 100% hrubého betonového recyklátu a 50% směsi hrubého a jemného betonového recyklátu, avšak pouze v případě, že je vyloučené působení mrazu na konstrukci. ^[15]

- Velká Británie

Ve Velké Británii jsou vlastnosti použití betonového recyklátu definovány v BS 8500-2:2006. V Británii je dovoleno použít jakékoliv množství RCA (betonový recyklát) avšak v závislosti na typu nové betonové konstrukce. Ve většině případů je obsah betonového recyklátu limitován na 20% až 30% s maximální velikostí kameniva 16-20mm.

Norma definuje 4 třídy použití betonového recyklátu (všechny do pevnosti C40/50) :

- X0 pro konstrukce v prostředí s velmi nízkou vlhkostí vzduchu
- XC1-4 pro všechny konstrukce, které jsou vystaveny působení karbonatace (v suchých, vlhkých i cyklických podmínkách)

- DC1 pro konstrukce vystavené působení chloridů
- XF1 pro vertikální konstrukce vystavené působení dešti a mrazu s mírnou vlhkostí a bez působení rozmrazovacích solí. ^[15]

- Austrálie

Australský předpis definuje v dokumentu AS 1141 betonový recyklát jako hrubé částice s objemovou hmotností vyšší než 2100 kg/m³ s maximálním obsahem 2% cizích látek (cizích látek, kamenný materiál nebo jiné formy nečistot).

Definovaná třída 1 betonového recyklátu je vhodná pro použití do prostého nevyztuženého betonu, do železobetonu do pevnosti 40MPa a absorpci max. 6%.

Nejvyšší možné povolené množství betonového recyklátu je v Austrálii uváděno jako 30%. Velká pozornost je také věnována znečištění chemickými látkami, především obsahem sulfidů a chloridů, které mohou vést k rozvoji rozsáhlých chemických reakcí. ^[15]

- Švýcarsko

Ve Švýcarsku existuje směrnice OT 70085 z roku 2006, která definuje možnosti aplikací betonového recyklátu v závislosti na požadavcích dané konstrukce. Je zde dovoleno použít jak malé množství betonového recyklátu, které je okolo 20%, tak aby nebyly významně změněny vlastnosti nové betonové směsi, ale i 100%, za předpokladu vhodného použití a splnění všech požadovaných zkoušek pro betonovou směs. ^[15]

- Německo

Stejně jako v Dánsku je i v Německu kladen velký důraz na ochranu spodních vod. V německé směrnici DAfStb jsou uvedeny základní požadavky na recyklované kamenivo pro použití do betonu. Betonový recyklát je klasifikován jako kamenivo s objemovou hmotností nižší než 2200 kg/m³ a s pevností v tlaku nižší než 100 MPa.

V současné době lze využít téměř 90 % recyklovaného kameniva do nově vznikajících konstrukcí. ^[16]

- Španělsko

Ve Španělsku musí být recyklované kamenivo používáno pouze ve směsi s přírodními agregáty, aby se dosáhlo požadovaných vlastností. Použití betonového recyklátu je limitováno 20%, absorpcí vody maximálně 5% a obsahem jemných částic menší než 1%.^[16]

- Finsko

Výroba betonu ve Finsku je v souladu s EN 206-1 a EN 12620 + A1. Národní technický předpis č. 43 povoluje použití betonového recyklátu, ovšem za předpokladu splnění podmínek výše uvedených norem. Stále není v platnosti předpis, který by specifikoval použití betonového recyklátu v širším použití. Finsko se jakožto severská země musí potýkat s klimatickými problémy a to výrazně omezuje využití betonového recyklátu.^[15]

Zahraniční projekty IRCOW:

Ráda bych uvedla výsledky projektu IRCOW project, podporovaný Evropskou unií, který v říjnu 2014 publikoval závěry dvouletého projektu s názvem „Innovative Strategies for High-Grade Material Recovery from Construction and Demolition Waste“, kde bylo zkoumáno využití stavebního a demoličního odpadu.^[14]

Cíle projektu byly:

- standardizace betonových recyklátů založená na složení a obsahu znečišťujících materiálů
- podpora demoličních procesů, tj. třídění materiálů přímo u zdroje
- zavést nový systém (pořadník) pro demolice, regulace demolic
- vývoj a přizpůsobení nového systému poplatků za stavební a demoliční odpad pro recyklační závody na základě kvality příchozího materiálu

V současnosti jsou vyvíjeny nové recyklační linky založeny na třídění materiálu podle barev (artificial vision) či chemického složení materiálů (spektrometry, lasery, rentgeny, metoda NIR blízké červené spektrometrie). Tyto recyklační linky jsou úspěšně odzkoušeny na recyklaci plastů pocházejících z komunálního odpadu či recyklaci skla. Zkoušky pro stavební a demoliční odpad byly prováděny pouze v laboratorních podmínkách a to metodou pro barevné třídění a metodou Dual-Energy X-Ray Transmission, které by měly mechanicky přetřídit stavební a demoliční odpad a odstranit z něj nežádoucí materiál jako plast, sklo či

organické materiály. Výsledkem by měl být betonový recyklát vysoké kvality, vhodný pro široké využití ve stavebním inženýrství. ^[14]

Projekt IRCOW uvedl další možnosti využití recyklovaného materiálu, které byly například:

- Materiál z recyklovaného pórobetonu vhodný pro použití na podkladní vrstvu podlah obytných budov
- Betonová směs s hrubým recyklovaným kamenivem a recyklovaným keramickým pískem
- Směs z recyklovaného drceného písku
- Sádrokarton s recyklovanou sádrou
- Keramické kamenivo pro cihly^[14]

2) Využití betonového recyklátu v ČR

Použití recyklovaného kameniva pro výrobu betonů:

Na základě dosud provedených výzkumných prací a dosažených laboratorních a poloprovozních výsledků je možno konstatovat:

- obsah drceného betonu nepříznivě ovlivňuje konzistenci betonové směsi a pro zachování její potřebné konzistence je nutné zvýšit dávku záměsové vody (projeví se na pevnostech betonu).
- pevnosti betonu v tlaku jsou poněkud ovlivňovány oproti použití přírodního kameniva
- snižuje se objemová hmotnost zatvrdlého betonu
- pevnost v tlaku se snižuje o 10-15 %
- modul pružnosti je nižší o 15-20 %
- zvyšuje se součinitel dotvarování až o 50 %
- zvyšuje se smršťování a to o 20-40 %^[11]

Betonový recyklát frakce 16/32 lze využít jako příměsí do sekundárního betonu až do pevnostní třídy C20/25 a dále u výroby zdících prefabrikátů, jejichž plášť je vyroben z primárního betonu a jádro ze sekundárního betonu s 20 – 30% nižšími pevnostními vlastnostmi. ^[18]

Použití betonového recyklátu v dopravním stavitelství:

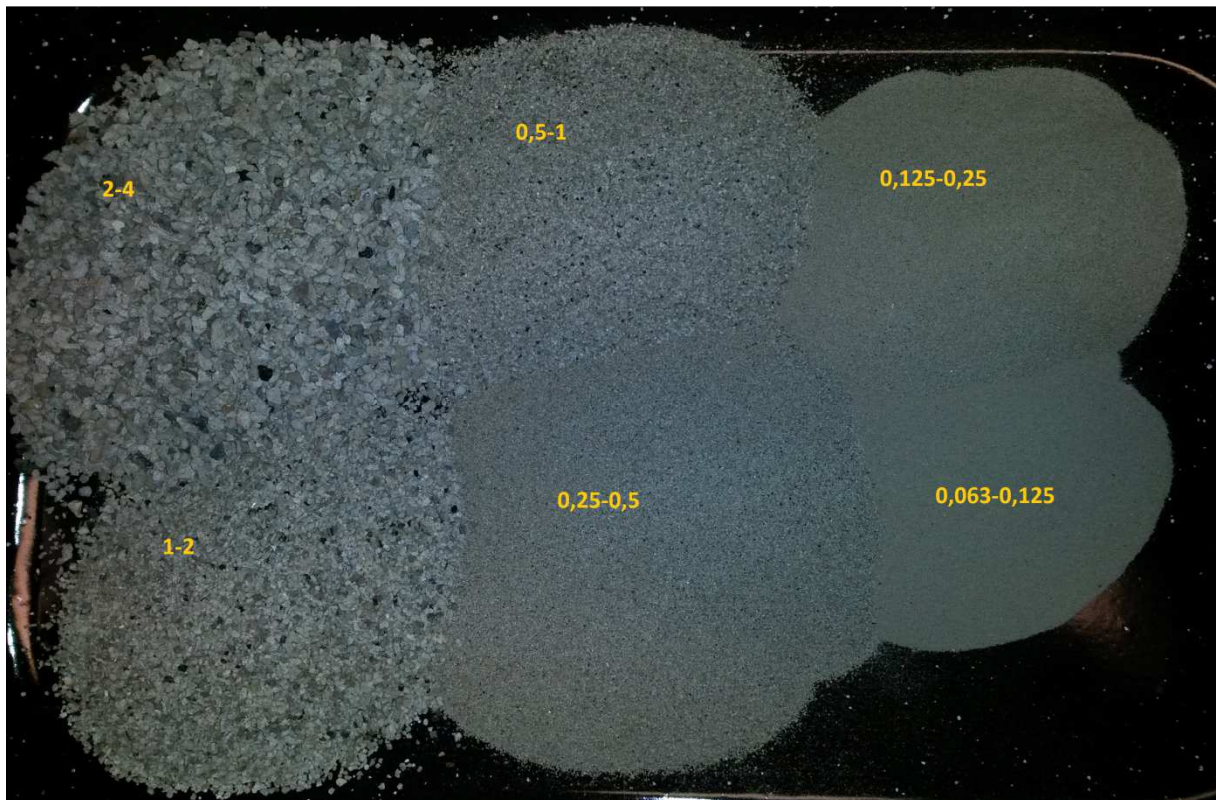
Betonový recyklát lze využít pro obsypy a zásypy inženýrských sítí, jako podkladní vrstvu komunikací a zpevněných ploch, na stavební komunikace, lesní cesty, protihlukové valy a ostatní terénní úpravy. Recyklát z betonu je vhodný také jako vstupní materiál pro

betonárky na výrobu betonů nižších pevnostních tříd jako stabilizačních, základových a dalších. ^[13]

Recyklát v jemných frakcích (0/16 mm) je svými vlastnostmi, stejně jako směsný recyklát (ale dosahuje lepších hodnot únosnosti, nasákavosti a namrzavosti), velmi vhodný pro použití do násypů těles komunikací, k zásypům IS, obsypům kabelů, vodovodů a kanalizačních sítí. Materiál je dobře zhutnitelný. ^[18]

Recyklát ve středních frakcích (0/32, 16/32) má uplatnění jako náhrada štěrku při vytváření podkladových a podsypových vrstev, u nichž je vyžadována vyšší pevnost než jaké je možné dosáhnout u standardního směsného recyklátu. ^[18]

Recyklát ve velkých frakcích (0/63, 32/63, 0/80, 32/80, 80< atd.) je možné použít jako umělé kamenivo při vytváření podkladových vrstev komunikací s větší zátěží než dovozuje recyklát vytvářený ze směsné stavební sutě. ^[18]



Obrázek 10 Frakce betonového recyklátu^[0]

PRAKTICKÁ ČÁST

7. POPIS ZKOUŠENÝCH VZORKŮ

Praktická část práce uvádí výsledky laboratorního měření, zaměřené na vlastnosti recyklovaného kameniva z betonového recyklátu a jejich možnost využití v pozemních komunikacích. Zjištěné hodnoty byly porovnávány s hodnotami naměřenými pro přírodní kamenivo do pozemních komunikací.

Pro vyhodnocení byly použity 3 vzorky betonového recyklátu. První zkušební vzorek - betonový recyklát frakce 0/32 od firmy DUFONEV R.C. a.s. z recyklační deponie v Brně Černovicích, kde se ročně zpracovává přes 100 000 tun stavebních a demoličních odpadů. Druhý zkušební vzorek - betonový recyklát frakce 0/80 pocházející z drtírny stavebního a demoličního odpadu SK-EKO Systems s.r.o. Pardubice - Rybitví. Původ obou recyklátů je směs z betonových výrobků – panely, nosné trámy, sloupy, železniční pražce apod. Třetí zkušební vzorek - betonový recyklát D1 frakce 0/22,4 byl dodán ve dvou variantách podrcení a to pomocí čelistového drtiče a drtiče kuželového. Posledním srovnávacím zkušebním vzorkem kameniva byla směs drobného a hrubého kameniva z kamenolomu Bílý Kámen. Všechny níže uvedené zkoušky byly provedeny v laboratoři Ústavu pozemních komunikací VUT FAST.



Obrázek 11 Hrubé přírodní kamenivo Bílý Kámen 8/11^[0]



Obrázek 12 Betonový recyklát Rybitví 0/80^[0]



Obrázek 13 Betonový recyklát DUFONEV 0/32^[0]



Obrázek 14 Betonový recyklát D1 0/22,4 –
čelistový drtič^[0]



Obrázek 15 Betonový recyklát D1 0/22,4 –
kuželový drtič^[0]

8. VYHOCENÍ ZKOUŠEK PRO KAMENIVO

Rozdělení zkoušek provedených na recyklovaném kamenivu a přírodním kamenivu:

➤ Zkoušení geometrických vlastností kameniva:

ČSN EN 933-1 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 1: Stanovení zrnitosti –
Sítový rozbor

ČSN EN 933-4 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 4: Stanovení tvaru zrn

ČSN EN 933-8 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 8: Zkouška ekvivalent
písku

ČSN EN 933-11 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 11: Zkouška klasifikace
složek hrubého recyklovaného kameniva

➤ Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva:

ČSN EN 1097- 2 Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 2: Metody
pro stanovení odolnosti proti drcení

ČSN EN 1097- 6 Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 6:
Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti

➤ Zkoušení odolnosti proti teplotám:

ČSN EN 1367- 1 Zkoušení odolnosti kameniva vůči teplotě a zvětrávání – Část 1: Stanovení
odolnosti proti zmrazování a rozmrazování

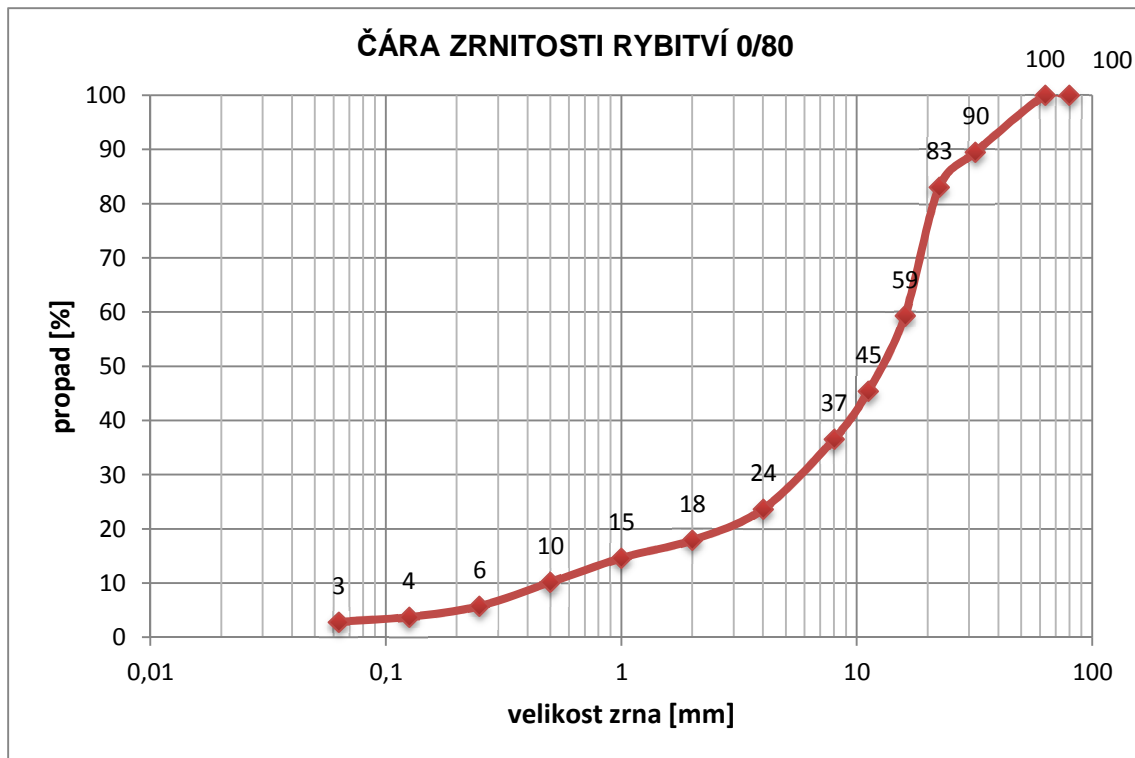
1. Sítový rozbor

Mezi základní geometrické vlastnosti patří sítový rozbor podle ČSN EN 933-1 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 1: Stanovení zrnitosti – Sítový rozbor. Jeho zkoušením se zjistí rozložení jednotlivých frakcí kameniva a množství jemných částic. Zvolila jsem metodu praní, protože recyklované kamenivo vykazovalo vizuálně větší množství jemných částic, které by v případě prosévání za sucha mohly zůstat na materiálu. Norma uvádí pro velikost maximálního zrna $D_{\max}=32$ mm hmotnost zkušební navážky 10 kg a pro $D_{\max}=80$ mm hmotnost zkušební navážky 40 kg, tuto hodnotu jsem z důvodů omezeného množství zkušebních vzorků a po konzultaci snížila na 4 kg pro všechny navážky recyklovaného a přírodního kameniva. Po proprání všech navážek, jsem kamenivo umístila na jednotlivých sítích do sušárny na (110 ± 5) °C a kamenivo jsem vysušila do ustálené hmotnosti. Hmotnost částic, které zůstaly na jednotlivých sítích, se porovnala s původní hmotností a procentuálně se vyjádřily propady.

Pro recyklované kamenivo z D1 se provedl sítový rozbor zvlášť pro podrcení čelistovým drtičem a kuželovým drtičem.

Betonový recyklát Rybitví 0/80 má od výrobce deklarovanou zrnitost 0/80, v mých zkušebních vzorcích chybí však zastoupení vyšších frakcí (63 mm a 80mm). Problém mohl nastat při odběrech vzorků, kdy nebyl odebrán reprezentativní vzorek se zastoupením všech frakcí.

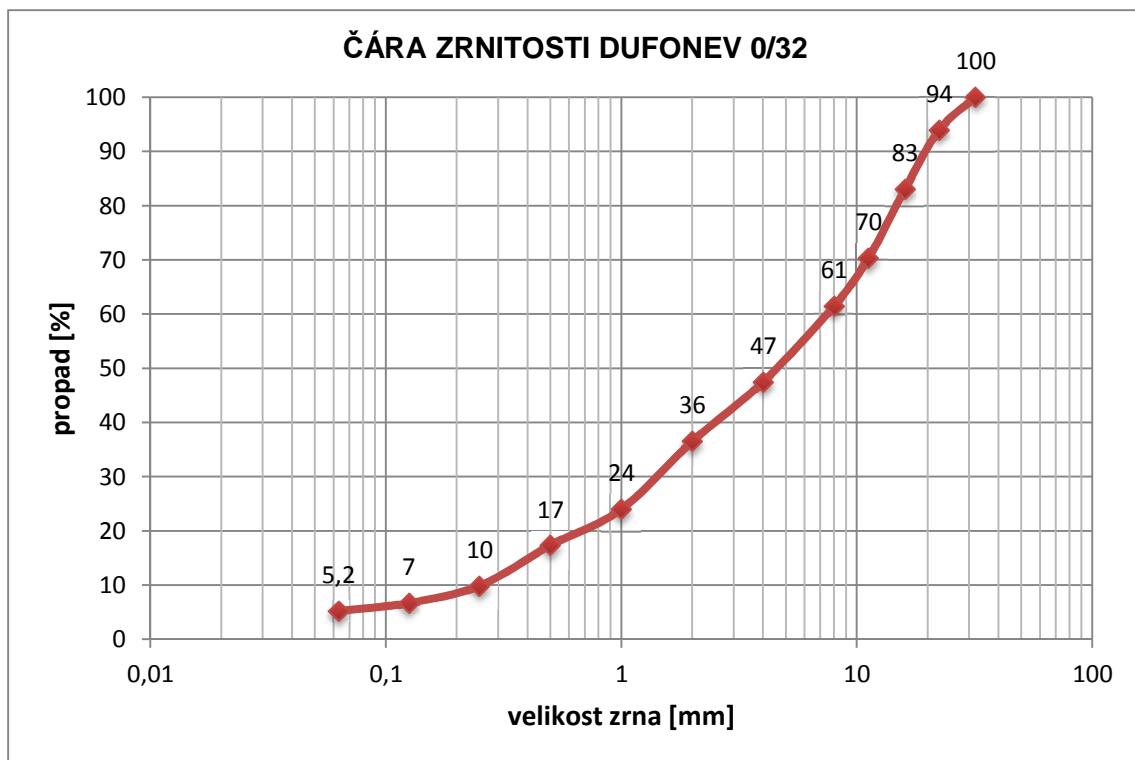
Čára zrnitosti přírodního kameniva Bílý Kámen byla převzata z dokumentu protokolu č. 01/1761/12, který byl volně dostupný na internetových stránkách. Vlastní sítový rozbor jsem neprovedla z důvodu nedostatku zkoušeného materiálu.



Obrázek 16 Čára zrnitosti Rybitví 0/80^[0]

Tabulka 12 Sítový rozbor Rybitví 0/80^[0]

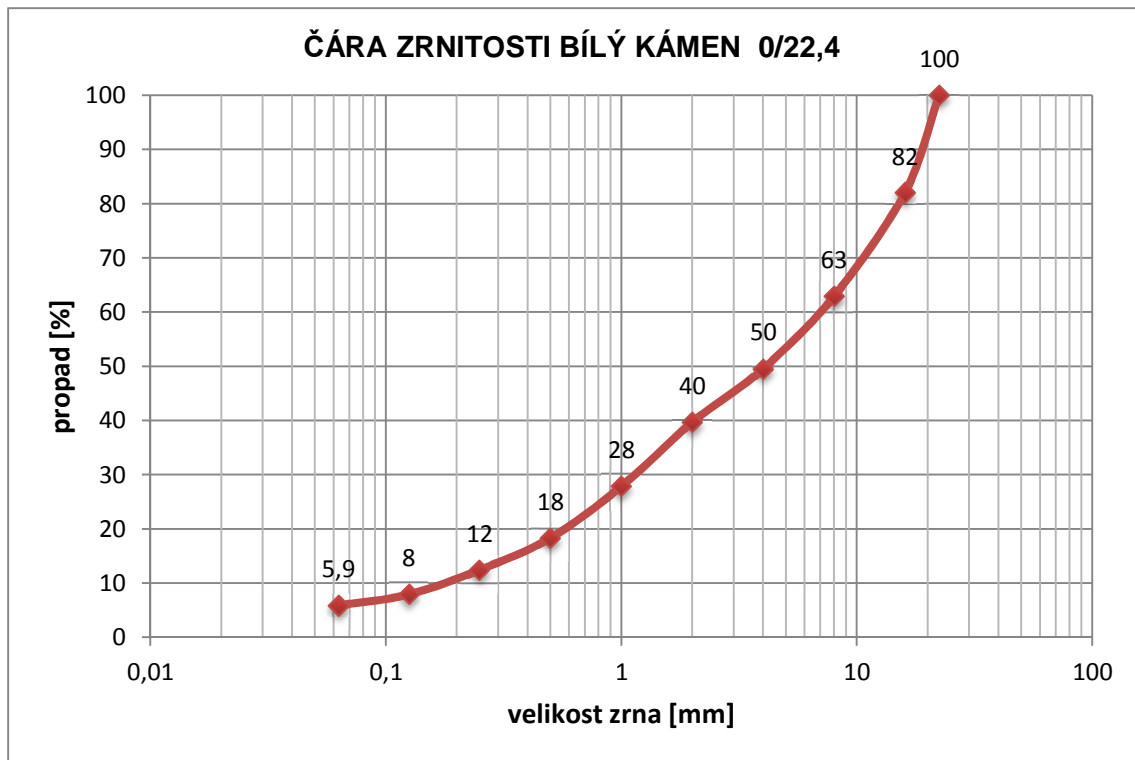
d [mm]	[g]	[%]	[%]
80	0,00	0,0	100
63	0,00	0,0	100
32	412,10	10,5	90
22,4	254,30	6,5	83
16	932,20	23,7	59
11,2	545,60	13,9	45
8	348,10	8,9	37
4	506,90	12,9	24
2	225,80	5,7	18
1	129,50	3,3	15
0,5	177,10	4,5	10
0,25	171,10	4,4	6
0,125	79,10	2,0	4
0,063	35,10	0,9	2,9
< 0,063	112,30	2,9	
celkem	3929,20	100,0	



Obrázek 17 Čára zrnitosti DUFONEV 0/32^[0]

Tabulka 13 Síťový rozbor DUFONEV 0/32^[0]

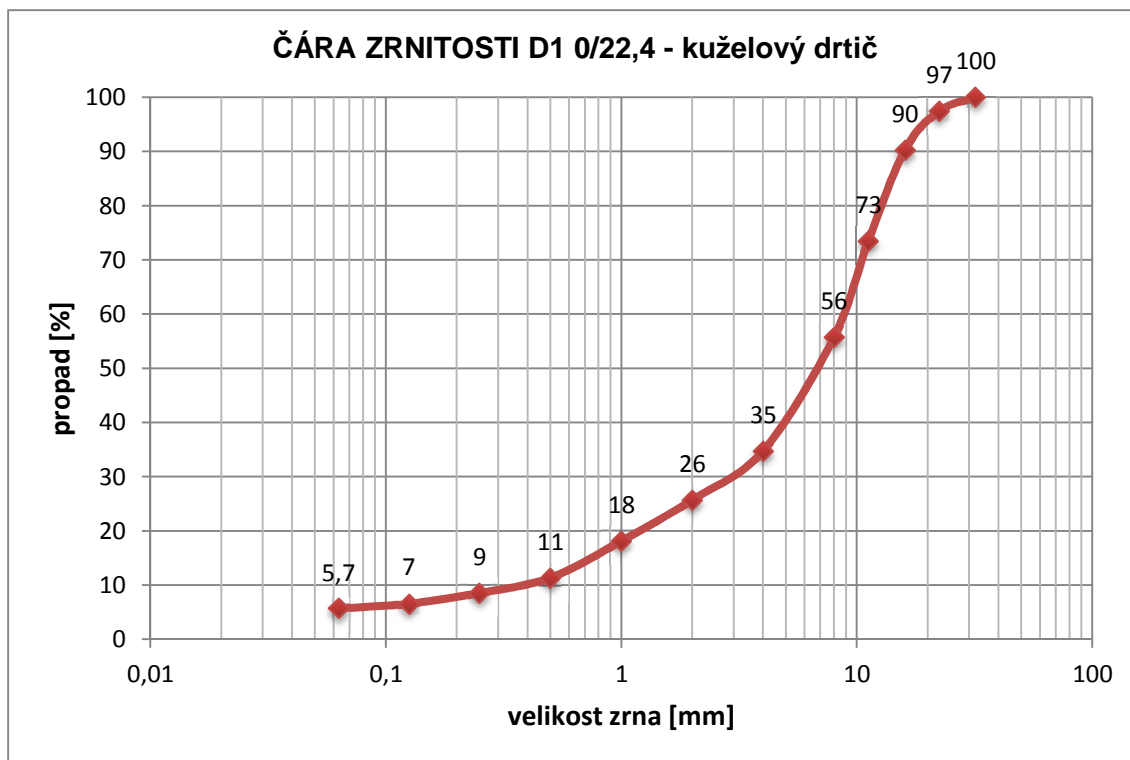
d [mm]	[g]	[%]	[%]
32	0,00	0,0	100
22,4	217,30	6,0	94
16	397,90	11,0	83
11,2	461,20	12,7	70
8	317,30	8,8	61
4	506,90	14,0	47
2	398,10	11,0	36
1	452,50	12,5	24
0,5	242,10	6,7	17
0,25	268,10	7,4	10
0,125	114,90	3,2	7
0,063	53,90	1,5	5,2
< 0,063	188,60	5,2	
celkem	3618,80	100,0	



Obrázek 18 Čára zrnitosti Bílý Kámen 0/22,4^[0]

Tabulka 14 Síťový rozbor Bílý Kámen 0/22,4^[0]

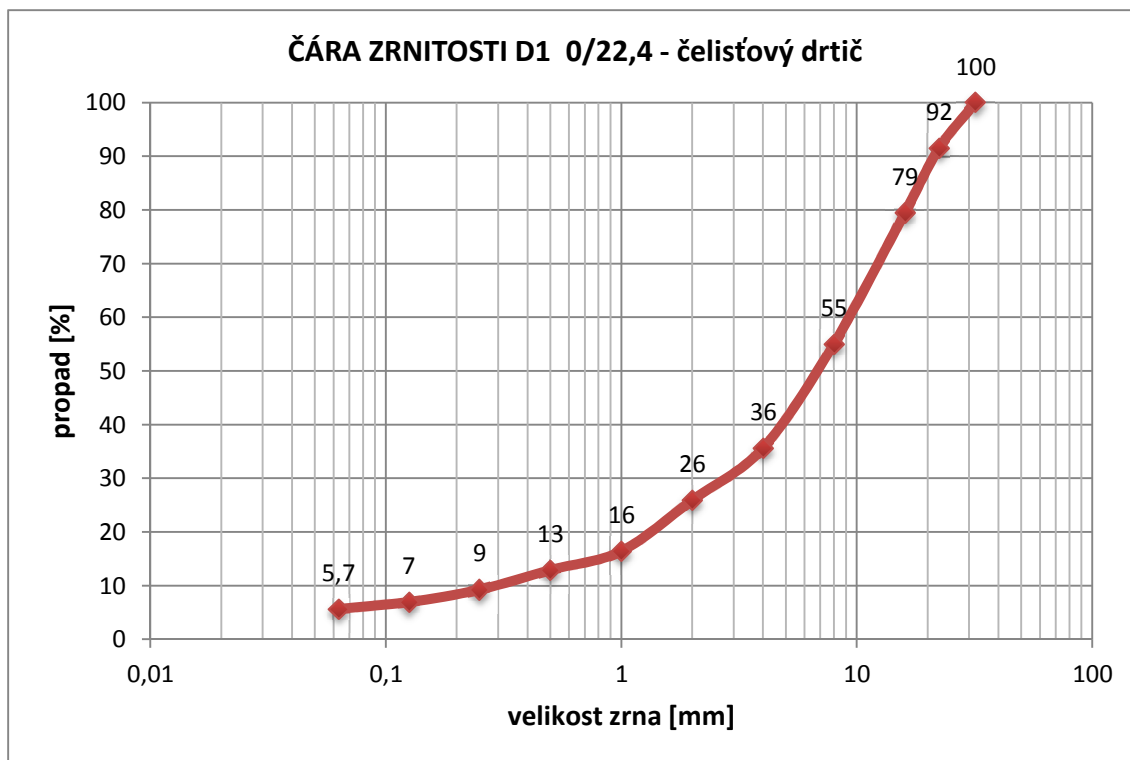
d [mm]	[g]	[%]	[%]
22,4	0,00	0,0	100
16	17,80	18,0	82
8	18,90	19,1	63
4	13,20	13,3	50
2	9,80	9,9	40
1	11,70	11,8	28
0,5	9,40	9,5	18
0,25	5,80	5,9	12
0,125	4,50	4,6	8
0,063	2,00	2,0	5,9
< 0,063	5,80	5,9	
celkem	98,90	100,00	



Obrázek 19 Čára zrnitosti D1 0/22,4 – kuželový drtič^[0]

Tabulka 15 Sítový rozbor D1 0/22,4 – kuželový drtič^[0]

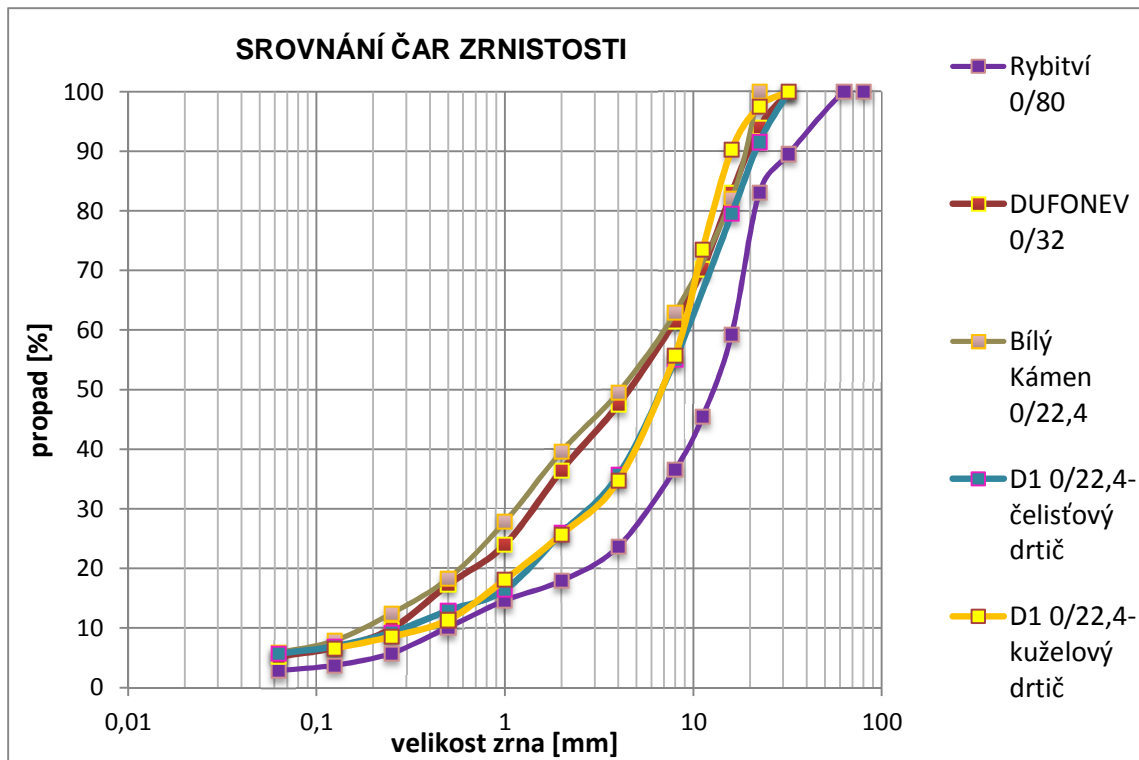
d [mm]	[g]	[%]	[%]
32	0,00	0,0	100
22,4	99,60	2,5	97
16	284,40	7,2	90
11,2	661,30	16,8	73
8	699,00	17,7	56
4	826,60	21,0	35
2	355,70	9,0	26
1	299,50	7,6	18
0,5	266,10	6,8	11
0,25	110,60	2,8	9
0,125	77,60	2,0	7
0,063	36,00	0,9	5,7
< 0,063	223,00	5,7	
celkem	3939,40	100,0	



Obrázek 20 Čára zrnitosti D1 0/22,4 – čelistový drtič^[0]

Tabulka 16 Síťový rozbor D1 0/22,4 – čelistový drtič^[0]

d [mm]	[g]	[%]	[%]
32	0,00	0,0	100
22,4	312,40	8,5	92
16	445,60	12,1	79
8	901,20	24,4	55
4	716,90	19,4	36
2	358,90	9,7	26
1	350,60	9,5	16
0,5	129,40	3,5	13
0,25	135,80	3,7	9
0,125	85,30	2,3	7
0,063	46,10	1,2	5,7
< 0,063	209,80	5,7	
celkem	3692,00	100,0	



Obrázek 21 Srovnání čar zrnitosti na zkušebních vzorcích^[0]



Obrázek 22 Sítový rozbor recyklovaného kameniva^[0]

2. Tvarový index

Tvarový index zrn kameniva se provádí podle ČSN EN 933-4 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 4: Stanovení tvaru zrn. Jednotlivá zrna vzorku jsou roztříděna na základě poměru jejich délky L k tloušťce E pomocí dvoučelistového posuvného měřítka. Tvarový index se vypočte jako hmotnostní podíl zrn, jejichž poměr L/E je větší než 3. Zkušební navážka musí být takové frakce, která splňuje podmínku $D \leq 2d$, kde D je velikost horního síta a d je velikost dolního síta.

Pro tuto zkoušku jsem zvolila frakci 8/16 pro recyklované kamenivo a frakci 8/11 pro kamenivo přírodní z důvodu omezeného množství zkušební vzorku. Celou navážku M_1 jsem roztřídila pomocí dvoučelistového posuvného měřítka na kubická M_3 a nekubická M_2 zrna kameniva na základě poměru L/E (L = délka zrna neboli největší rozměr zrna, E = tloušťka zrna neboli nejmenší rozměr zrna). Kubická zrna jsou ta, která mají poměr $L/E \leq 3$ a nekubická zrna mají poměr $L/E > 3$.

Recyklované kamenivo z D1 bylo dodáno ve dvou variantách podrcené čelistovým drtičem a kuželovým drtičem. Pro obě varianty byl proveden tvarový index pro srovnání způsobu podrcení. Z výsledků je zřejmé, že drcením čelistovým drtičem se dosáhlo vzniku více ostrohrannějších zrn než při podrcení kuželovým drtičem.

Tvarový index:

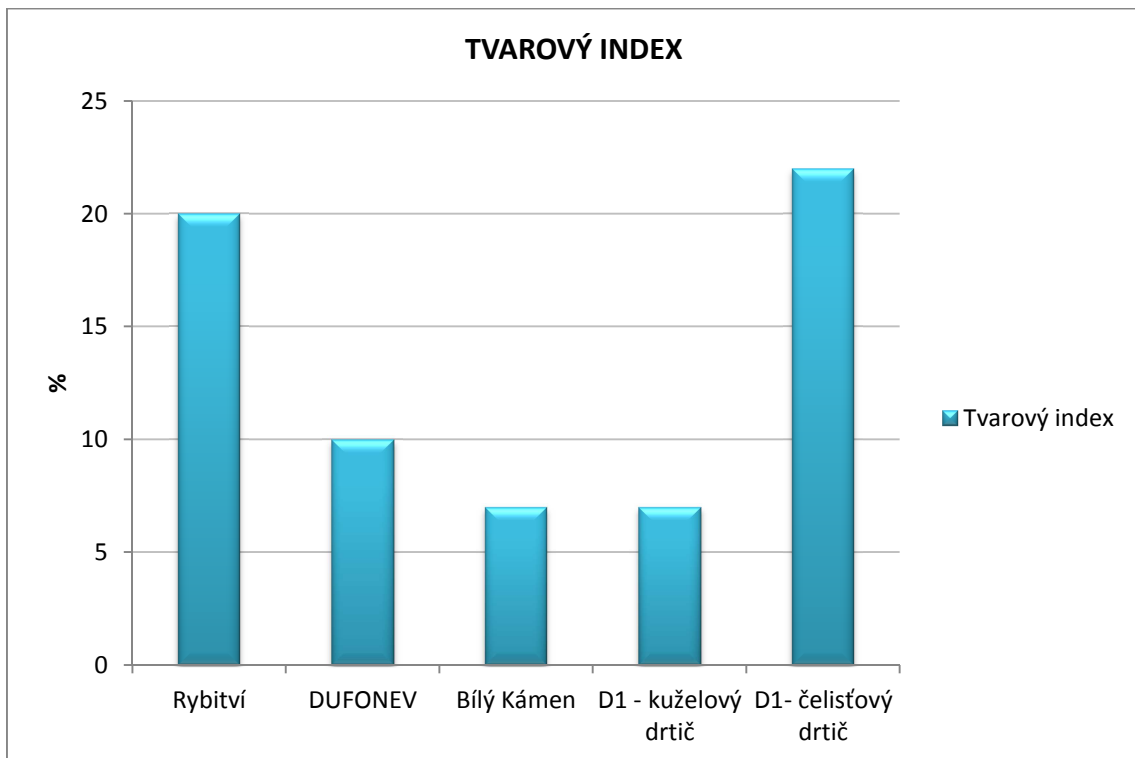
$$SI = 100 * \frac{M_2}{M_1}$$

Tabulka 17 Tvarový index SI v %

		Rybitví	DUFONEV	Bílý kámen	D1-kužel.	D1-čelist.
Hmotnost zkušební navážky	M_1 [g]	680	1368	400	400	400
Hmotnost nekubických zrn	M_2 [g]	139	136	28	29	88
Hmotnost kubických zrn	M_3 [g]	541	834	371	371	313
Tvarový index SI	SI	20	10	7	7	22



Obrázek 23 Tvarový index recyklovaného kameniva D1 0/22,4 – kuželový drtič^[0]



Obrázek 24 Srovnání tvarových indexů na zkušebních vzorcích^[0]

3. Zkouška ekvivalentu písku

Zkouška ekvivalentu písku kameniva se provádí podle ČSN EN 933-8 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 8: Zkouška ekvivalent písku. Odměrný válec se naplní koloidním roztokem po rysku udávající 100 ml a za pomoci trychtýře se vloží zkušební navážka písku (hmotnost zkušební navážky jsem vypočetla ze vztahu $120 \cdot (100+w)/100$ [g], kdy w je vlhkost písku (v % suché hmotnosti)), vlhkost zkušební navážky musela být menší než 2% ale větší než 0%. Po vložení navážky do válce jsem několikrát poklepala na dno válce a tím se odstranily bublinky. Navážku jsem nechala (10 ± 1) min nasáknout. Poté jsem roztok v odměrném válci protřásla (30 ± 1) sekund. Za pomoci proplachovací trubice jsem doplnila na potřebnou hodnotu koloidního roztoku a zároveň jsem smyla materiál ze stěn odměrného válce a pročeřila jsem usazeninu válce. Roztok se nechá usadit po dobu ($20 \pm 0,25$) min. Po usazení jsem pomocí zkušebního pístu a pravítka stanovila výšku usazeniny jako procento celkové výšky koloidního materiálu ve válci.

Koncentrovaný roztok jsem připravila z bezvodého chloridu vápenatého CaCl_2 , glycerinu, formaldehydu dle normy ČSN EN 933-8, poté byl připraven proplachovací roztok rozpuštěním koncentrovaného roztoku v destilované vodě.

$$SE = \frac{h_1}{h_2} * 100$$

Tabulka 18 Zkouška ekvivalentu písku^[0]

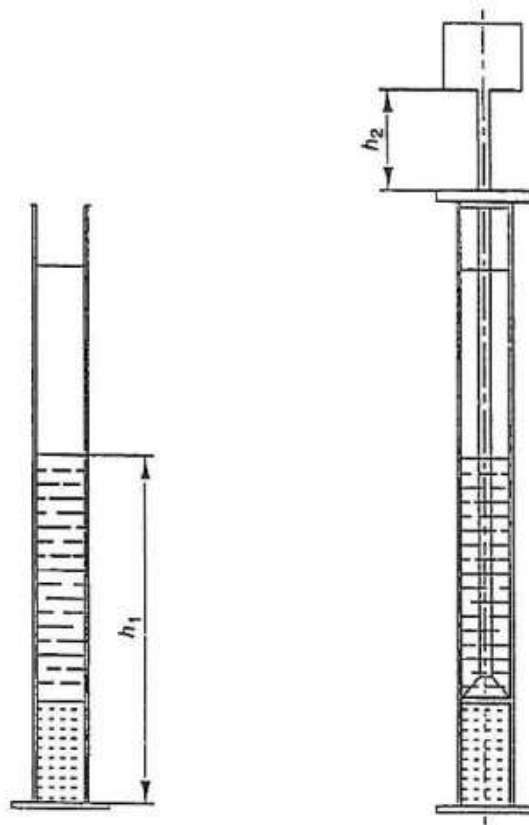
Ekvivalent písku			Rybitví 0/2		DUFONEV 0/2	
			vzorek č.1	vzorek č.2	vzorek č.1	vzorek č.2
Výška horní hlad roztoku od dna odm. válce	h_1	[cm]	8,95	9,75	10,85	11,35
Výška usazeniny	h_2	[cm]	7,3	7,7	5,45	5,45
Hodnota ekvivalentu písku	SE		81,6	79,0	50,2	48,0
	SE		80		49	
			Bílý Kámen 0/2		D1 0/2	
			vzorek č.1	vzorek č.2	vzorek č.1	vzorek č.2
			14,7	15,65	9,7	10,7
			7,55	7,3	8,23	8,37
			51,4	46,6	84,8	78,2
			49		82	



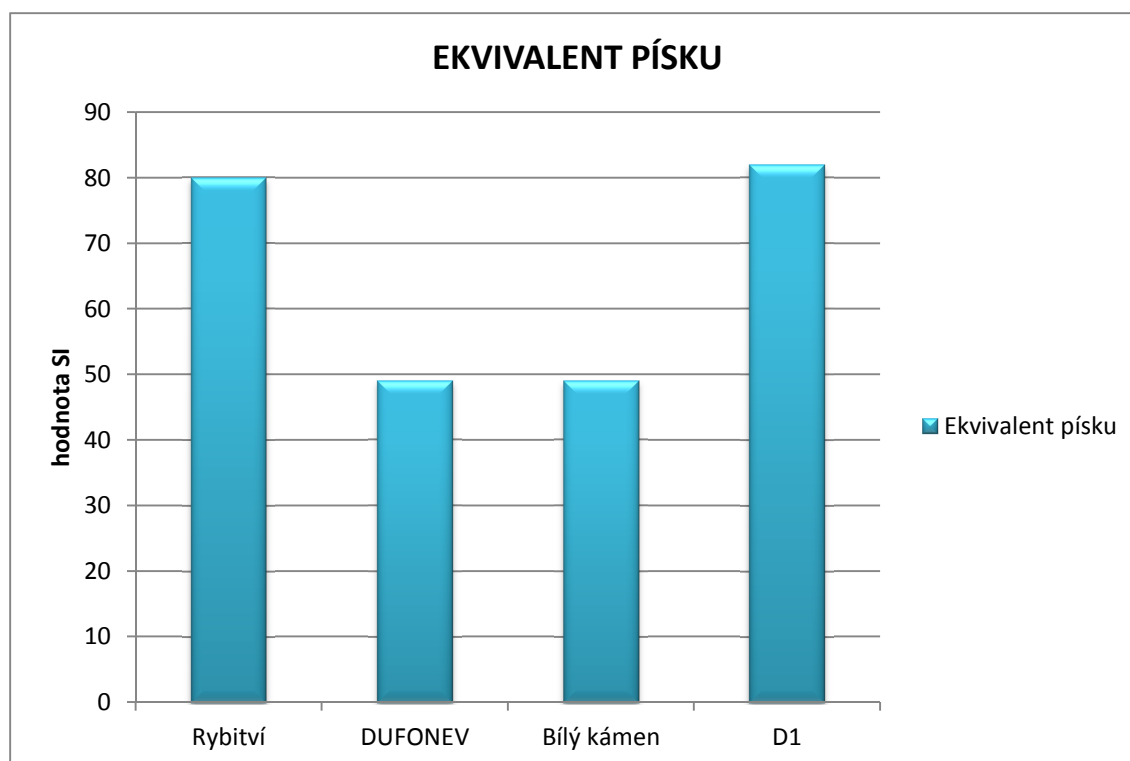
Obrázek 25 Zkouška ekvivalentu písku^[0]



Obrázek 26 Použité chemikálie pro ekvivalent písku^[0]



Obrázek 27 Měření výšky h_1 a h_2 pro zkoušku ekvivalent písku^[24]



Obrázek 28 Srovnání ekvivalentů písku na zkušebních vzorcích^[0]

4. Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva

Zkouška klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva se provádí podle ČSN EN 933-11 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – část 8: Zkouška klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva. Tato zkouška spočívá v ručním probrání částic navážky a zaznamenání jednotlivých dílčích hmotností. Zkušební vzorek jsem vysušila při teplotě (40 ± 5) °C do ustálené hmotnosti a zaznamenala jsem teplotu M_0 . Vzorek se proseje zkušebními sítí 63 mm a 4 mm, zaznamená se hmotnost M_{63} a M_4 a částice se vyřadí. Zaznamená se hmotnost M_1 jako zkušební navážka. Ze zkušební navážky se ponořením do vody odejmou plovoucí částice a jejich objem se zaznamená jako V_{FL} , zbytek neplovoucí navážky se po vysušení roztřídí – na složky **Rc**, **Ru**, **Rb**, **Ra**, **Rg** a **X**. Pro přírodní kamenivo nebyla tato zkouška uvažována.

Tabulka 19 Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva Rybitví 0/80^[0]

Hmotnost v sušárně vysušeného vzorku	M_0	2905	[g]
Hmotnost částic na sítě 63 mm	M_{63}	0	[g]
Hmotnost částic na sítě 4 mm	M_4	1644	[g]
Hmotnost zkušební navážky	M_1	1209	[g]
Hmotnost neplovoucích částic	M_2	1103,8	[g]

Hmotnost redukovaného zbytku neplovoucích částic					M ₃	1084,6	[g]
Objem plovoucích částic					F _{FL}	<1	[cm ³ /kg]
Složka					Podíly		
	X	M _X	0,3	[g]	0,02	[%]	
	Rc	M _{Rc}	0	[g]	0,00	[%]	
	Ru	M _{Ru}	0	[g]	0,00	[%]	
	Rb	M _{Rb}	3,3	[g]	0,28	[%]	
	Ra	M _{Ra}	15	[g]	1,26	[%]	
	Rg	M _{Rg}	0,6	[g]	0,05	[%]	

Tabulka 20 Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva DUFONEV 0/32^[0]

Hmotnost v sušárně vysušeného vzorku					M ₀	2856	[g]
Hmotnost částic na síť 63 mm					M ₆₃	0	[g]
Hmotnost částic na síť 4 mm					M ₄	1149	[g]
Hmotnost zkušební navážky					M ₁	1707	[g]
Hmotnost neplovoucích částic					M ₂	1642	[g]
Hmotnost redukovaného zbytku neplovoucích částic					M ₃	1599,5	[g]
Objem plovoucích částic					F _{FL}	<1	[cm ³ /kg]
Složka					Podíly		
	X	M _X	1,1	[g]	0,06	[%]	
	Rc	M _{Rc}	0	[g]	0,00	[%]	
	Ru	M _{Ru}	0	[g]	0,00	[%]	
	Rb	M _{Rb}	20,1	[g]	1,21	[%]	
	Ra	M _{Ra}	21,3	[g]	1,28	[%]	
	Rg	M _{Rg}	0	[g]	0,00	[%]	

Tabulka 21 Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva D1 0/22,4^[0]

Hmotnost v sušárně vysušeného vzorku					M ₀	2567	[g]
Hmotnost částic na síť 63 mm					M ₆₃	0	[g]
Hmotnost částic na síť 4 mm					M ₄	750	[g]
Hmotnost zkušební navážky					M ₁	1814,8	[g]
Hmotnost neplovoucích částic					M ₂	0	[g]
Hmotnost redukovaného zbytku neplovoucích částic					M ₃	0,0	[g]

Objem plovoucích částic					F _{FL}	<1	[cm ³ /kg]
Složka					Podíly		
	X	M _x	0	[g]	0,00	[%]	
	Rc	M _{Rc}	0	[g]	0,00	[%]	
	Ru	M _{Ru}	0	[g]	0,00	[%]	
	Rb	M _{Rb}	0	[g]	0,00	[%]	
	Ra	M _{Ra}	0	[g]	0,00	[%]	
	Rg	M _{Rg}	0	[g]	0,00	[%]	

5. Metody pro stanovení odolnosti proti drcení metodou Los Angeles

Podle ČSN EN 1097-2 Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – část 2: Metody pro stanovení odolnosti proti drcení. Tuto zkoušku lze provádět dvěma způsoby. Je to metoda zkouška rázem a zkouška metodou Los Angeles. Hlavní princip zkoušky je omýlení zkušební navážky pomocí ocelových koulí při předepsaném počtu otáček a hmotnostech koulí a navážky. Před prováděním vlastní zkoušky jsem si připravila zkušební navážku kameniva o předepsané frakci 10/14 pomocí metody praní a prosévání na zkušebních sítích a poté jsem tuto navážku vysušila do ustálené hmotnosti. Následně jsem do otlukového bubnu vložila 11 ocelových koulí a zkušební kamenivo. Otlukový buben byl nastaven na 500 otáček při rychlosti 33 otáček za 1 minutu. Po ukončení zkoušky bylo kamenivo včetně jemných částic a koulí vyjmuto z otlukového bubnu. Na podrceném kamenivu se provede síťový rozbor proséváním na síť velikosti 1,6 mm.

Metoda Los Angeles:

$$LA = \frac{5000 - m}{50}$$

Tabulka 22 Stanovení odolnosti proti drcení metodou Los Angeles^[0]

Otlukovost Los Angeles	Rybitví	DUFONE V	Bílý Kámen	D1
Hmotnost zkušební navážky [g]	(5000±5)	(5000±5)	(5000±5)	(5000±5)
Hmotnost zkušebních ocelových koulí [g]	4690-	4690-	3410-	4690-

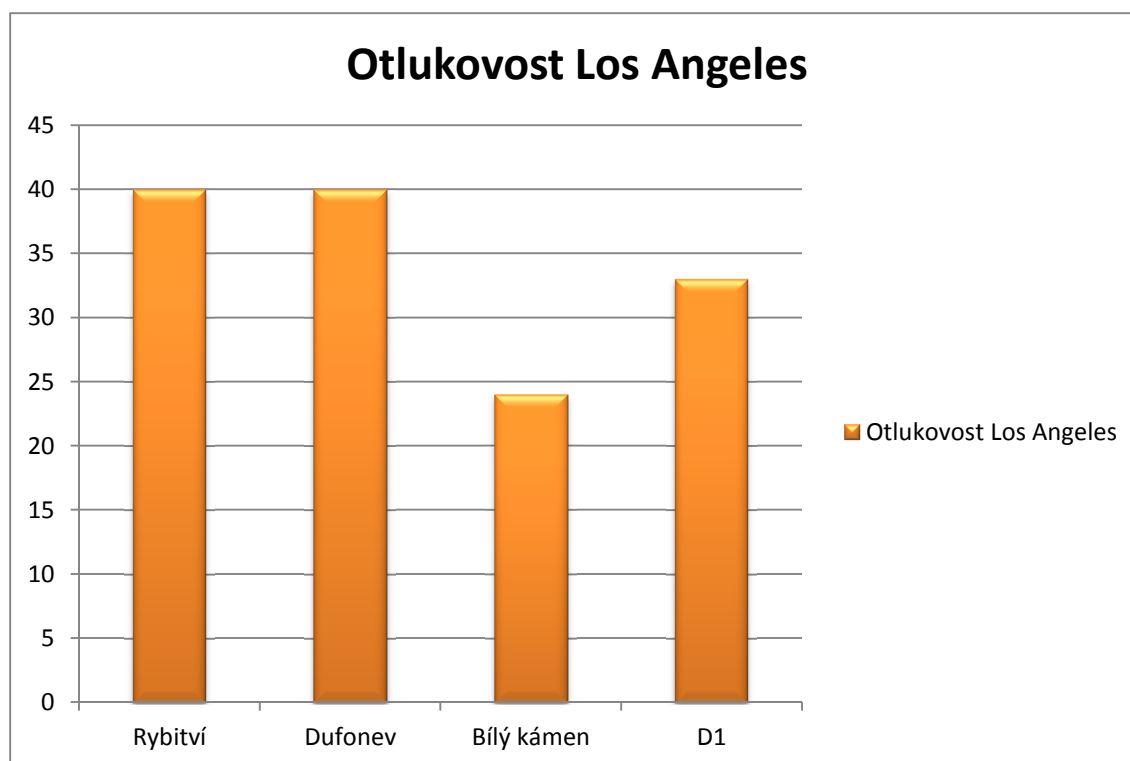
]	4860	4860	3540	4860
Hmotnost zůstatku na zkušební síť 1,6 mm	[g]	2992	3009	3778	3358,5
Součinitel Los Angeles	%	40	40	24	33
Deklarace / Kategorie		LA ₄₀	LA ₄₀	LA ₂₅	LA ₃₅



Obrázek 29 Otlukový buben Los Angeles^[0]



Obrázek 30 Otlukový buben Los Angeles^[0]



Obrázek 31 Srovnání výsledků zkoušky Los Angeles na zkušebních vzorcích^[0]

6. Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti

Norma ČSN EN 1097- 6 Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 6: Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti udává dva způsoby jak provést zkoušku nasákavosti. První metodou je metoda s drátěným košem, druhá pak metoda pyknometrická. Recyklované kamenivo bylo rozděleno na frakce 0,063 mm až 4 mm, 4 mm až 31,5 mm a 31,5 mm až 63 mm.

Připravenou zkušební navážku kameniva o frakci větší než 31,5 mm betonového recyklátu Rybitví 0/80 jsem vložila do drátěného koše a celý vzorek jsem ponořila do nádoby s vodou o teplotě 25°C, tak že voda přesahovala horní okraj koše nejméně o 50 mm. Ihned po ponoření jsem musela odstranit vzduch tak, že jsem 25krát zvedla koš asi 25 mm nad dno nádoby a opět ponořila, v intervalu jednoho cyklu za sekundu. Koš se zkušební navážkou jsem nechala ponořený ve vodě po dobu (24±0,5) hodin. Po uplynutí dané doby jsem koš protřepala, aby se opět odstranil vzduch. Vzorek jsem zvažila ve vodě **M2** a zaznamenala teplotu vody v °C. Poté se koš s kamenivem vyjmul z vody a nechal se několik minut okapat. Následně jsem kamenivo rozprostřela na suché savé látce, zrna jsem nechala bez přístupu slunečního světla a ani jiného zdroje tepla osušit do takové fáze, že kamenivo mělo mokry vzhled, ale již na sobě nemělo vodní film. Kamenivo jsem zvažila **M1**. Prázdný koš jsem opět ponořila do vody, 25krát jsem ho protřepala a stanovila hmotnost ve vodě **M3**.

Posledním krokem bylo přenesení kameniva na plochý táč a vložení do sušárny o teplotě (110 ± 5) °C na tak dlouho dokud se nedosáhne ustálené hmotnosti M_4 .

Zkušební navážku frakce od 4 mm do 31,5 mm jsem promyla, aby se odstranila jemnější zrna menší než 4 mm. Navážku jsem vložila do vody o teplotě 25°C v pyknometru a jemným převalováním a poklepáváním jsem odstranila přebytečný vzduch. Pyknometr jsem nechala ve vodní lázni $(24\pm 0,5)$ hodin. Po vyjmutí jsem opět odstranila vzduchové bubliny pomocí vakuového zařízení. Pyknometr jsem přeplnila vodou a přikryla víkem. Pyknometr jsem osušila a zvážila hmotnost M_3 . Kamenivo jsem poté přemístila na suchou utěrku a odníkala vlhkost až do té doby, kdy kamenivo nemělo viditelný vodní filtr, ale mělo stále mokrý vzhled. Kamenivo nasáklé vodou jsem zvážila M_1 a poté vysušila v sušárně při (110 ± 5) °C do ustálené hmotnosti M_4 .

Stejným principem jsem připravila navážku frakce 0,063 mm až 4 mm, zaznamenala hmotnost M_3 . Kamenivo se po vyjmutí z pyknometru rozprostře na táč a nechá osoušet proudem vzduchu až do fáze, kdy splní ověřovací zkoušku. Ověřovací zkouška se skládá z kovové formy a pěchu. Kovová forma se volně naplní kamenivem, 25krát se udusá pěchem a opatrně se zvedne. Vzorek recyklovaného kameniva dosáhl požadovaného osušení právě tehdy, kdy se kužel rozpadne. Zaznamená se hmotnost nasáklého kameniva M_1 a hmotnost kameniva vysušeného do ustálené hmotnosti M_4 .

Vztahy pro výpočet ρ_a , ρ_{rd} , ρ_{sad} , WA_{24} , pro frakce 0,063 mm až 4 mm a 4 mm až 31,5 mm:

$$\rho_a = \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)}$$

$$\rho_{rd} = \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

$$\rho_{sad} = \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

$$WA_{24} = \frac{(M_1 - M_4) * 100}{M_4}$$

Vztahy pro výpočet ρ_a , ρ_{rd} , ρ_{sad} , WA_{24} pro frakce 31,5mm až 63 mm:

$$\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)}$$

$$\rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

$$\rho_{sad} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

$$WA_{24} = \frac{(M_1 - M_4) * 100}{M_4}$$

Tabulka 23 Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti kameniva Rybitví 0/80^[0]

Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti	Rybitví	Frakce:	0,063/4	4/31,5	31,5/63
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	[Mg/m ³]	2,65	2,60	2,45
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	[Mg/m ³]	2,24	2,25	2,36
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. osušených	ρ_{ssd}	[Mg/m ³]	2,39	2,38	2,40
Nasákavost	WA ₂₄	[%]	7,01	5,92	1,62

Tabulka 24 Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti kameniva Dufonev 0/32^[0]

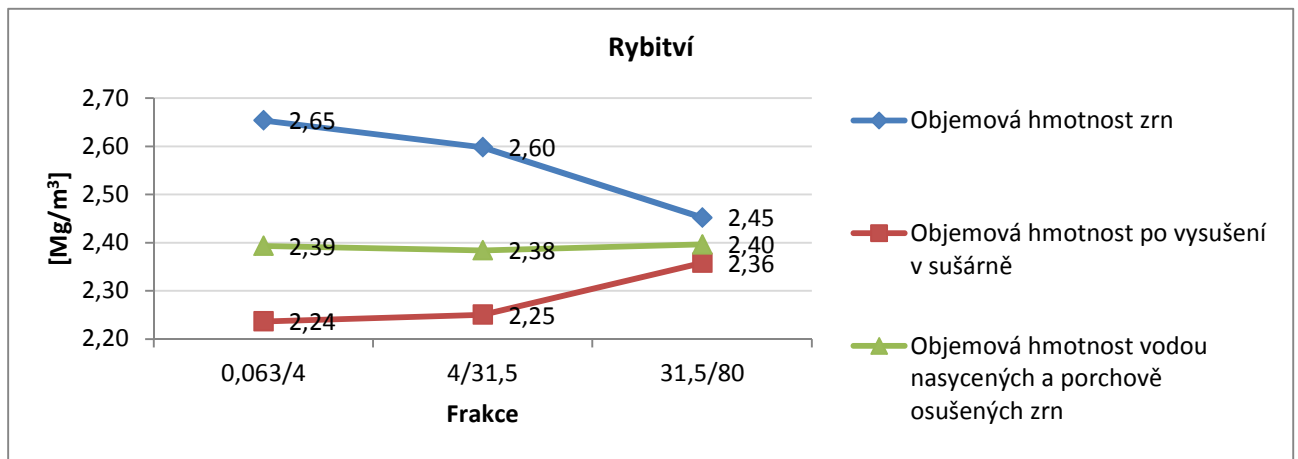
Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti	Dufonev	Frakce:	0,063/4	4/31,5
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	[Mg/m ³]	2,68	2,60
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	[Mg/m ³]	2,11	2,26
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. osušených	ρ_{ssd}	[Mg/m ³]	2,32	2,39
Nasákavost	WA ₂₄	[%]	10,01	5,87

Tabulka 25 Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti přírodního kameniva Bílý Kámen 0/22,4^[0]

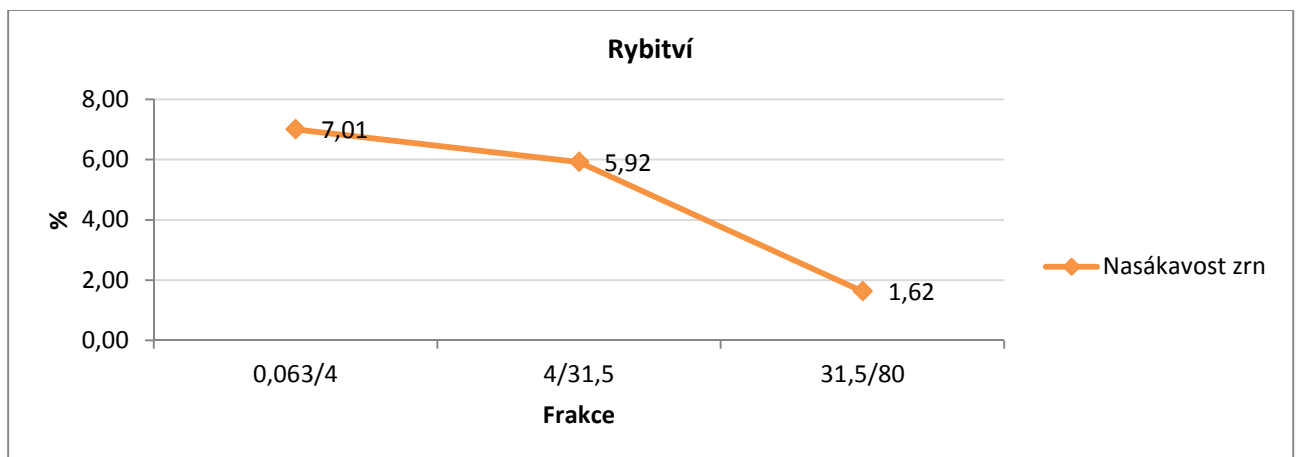
Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti	Bílý kámen	Frakce:	0,063/4	4/31,5
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	[Mg/m ³]	2,83	2,67
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	[Mg/m ³]	2,77	2,61
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. osušených	ρ_{ssd}	[Mg/m ³]	2,79	2,63
Nasákavost	WA ₂₄	[%]	0,72	0,82

Tabulka 26 Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti kameniva D1 0/22,4^[0]

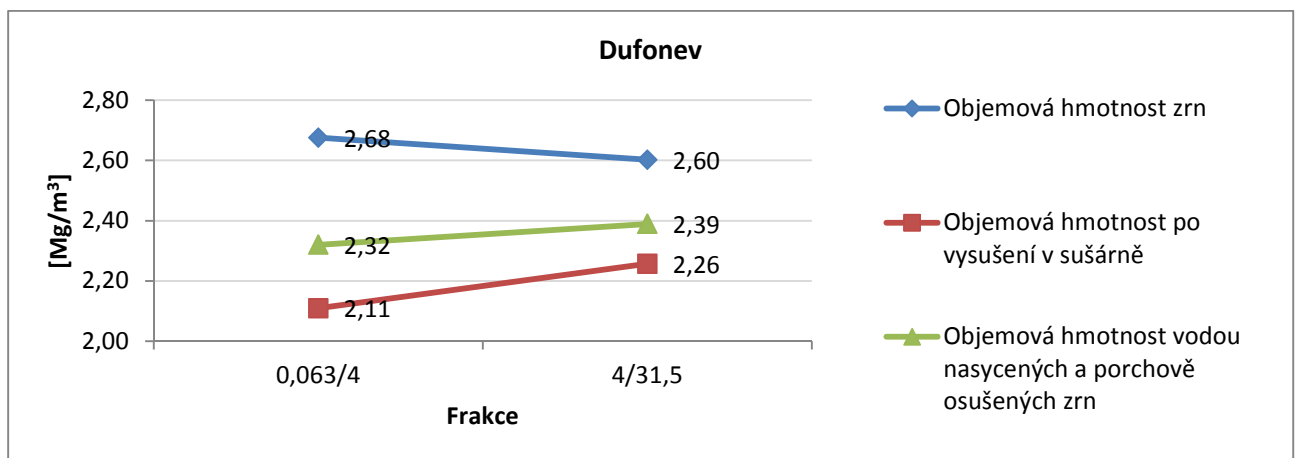
Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti	D1	Frakce:	0,063/4	4/31,5
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	[Mg/m ³]	2,01	2,59
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	[Mg/m ³]	1,79	2,26
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. osušených	ρ_{ssd}	[Mg/m ³]	1,90	2,39
Nasákavost	WA ₂₄	[%]	6,11	5,77



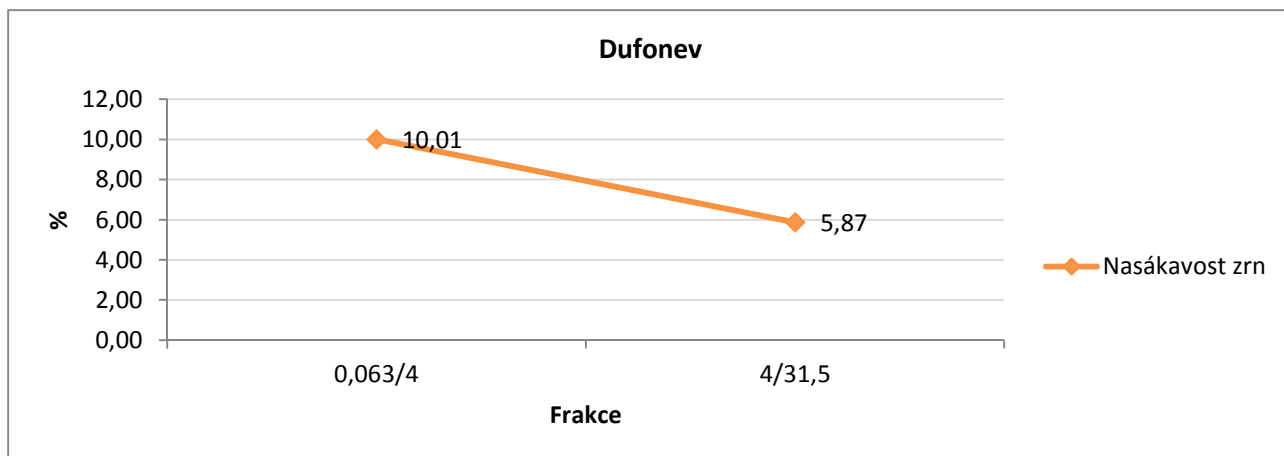
Obrázek 32 Srovnání výsledků zkoušky stanovení objemové hmotnosti zrn z Rybitví 0/80^[0]



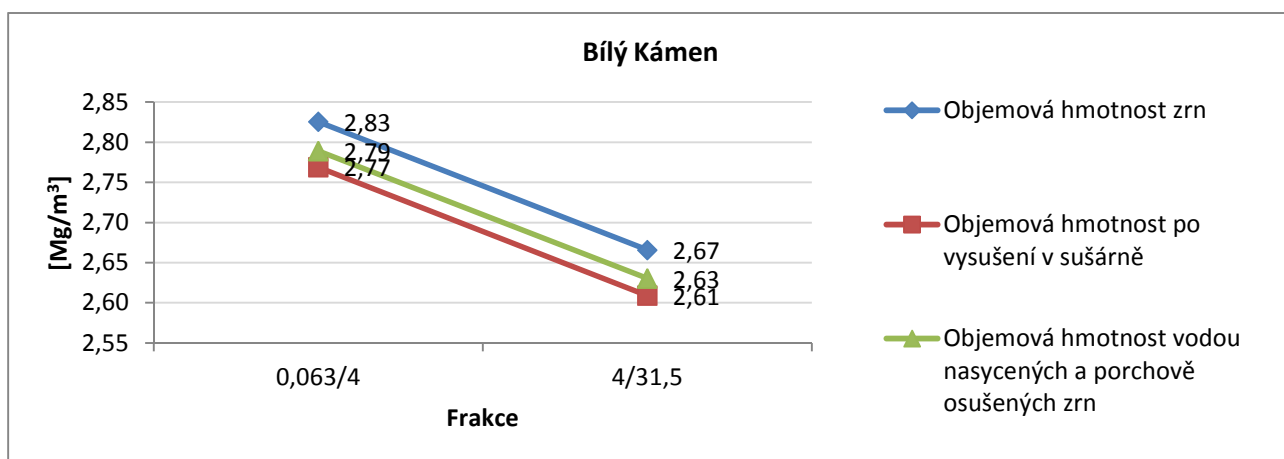
Obrázek 33 Srovnání výsledků zkoušky stanovení nasákavosti recyklovaného kameniva Rybitví 0/80^[0]



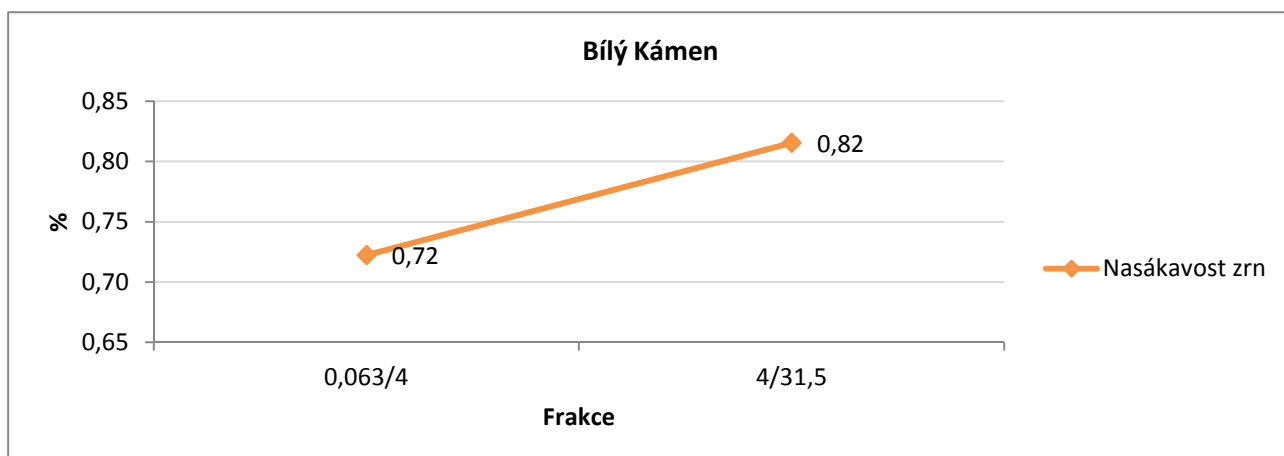
Obrázek 34 Srovnání výsledků zkoušky stanovení objemové hmotnosti zrn DUFONEV 0/32^[0]



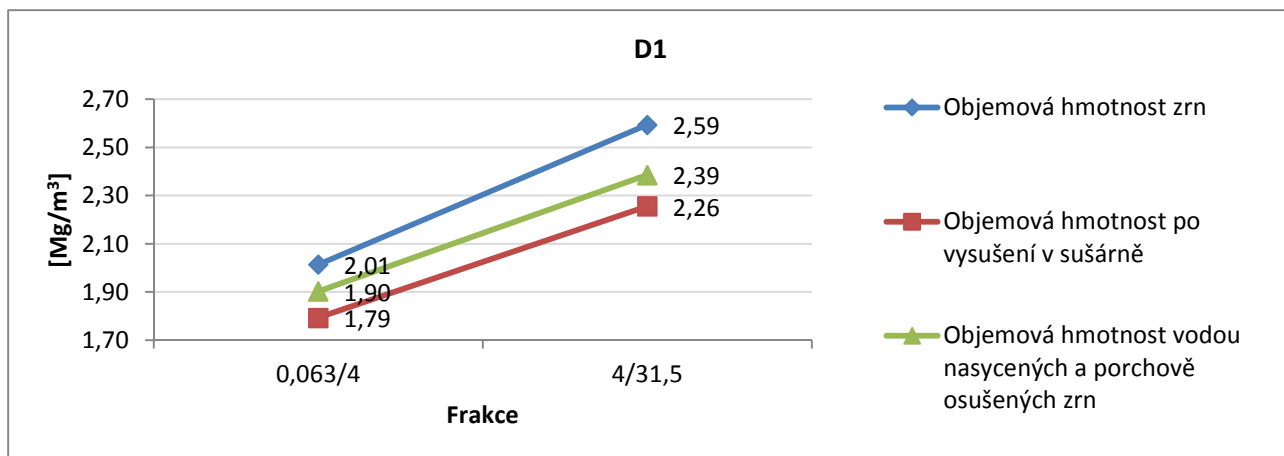
Obrázek 35 Srovnání výsledků zkoušky stanovení nasákavosti recyklovaného kameniva DUFONEV 0/32^[0]



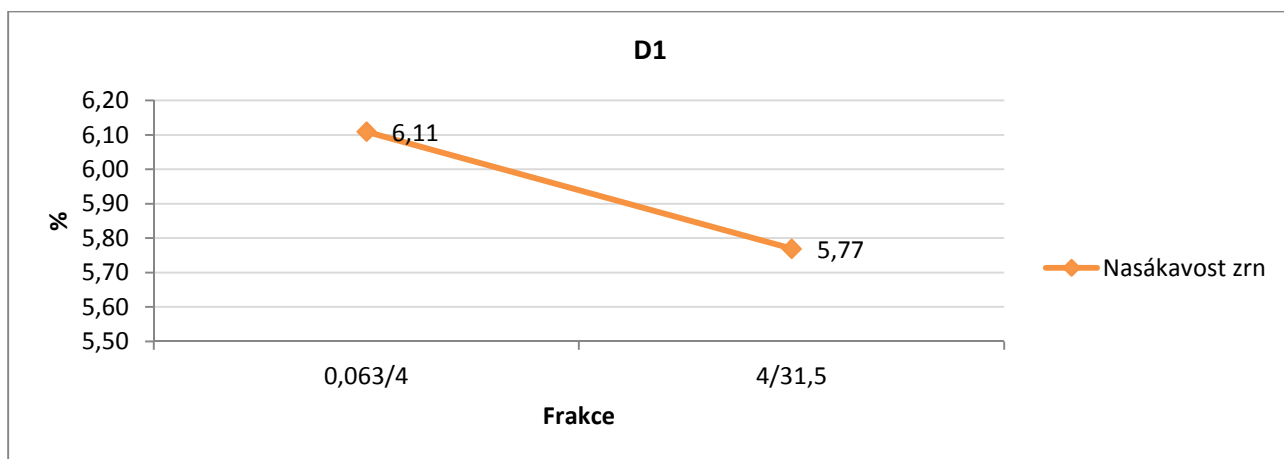
Obrázek 36 Srovnání výsledků zkoušky stanovení objemové hmotnosti zrn Bílý Kámen 0/22,4^[0]



Obrázek 37 Srovnání výsledků zkoušky stanovení nasákavosti přírodního kameniva Bílý Kámen 0/22,4^[0]



Obrázek 38 Srovnání výsledků zkoušky stanovení objemové hmotnosti zrn D1 0/22,4^[0]



Obrázek 39 Srovnání výsledků zkoušky stanovení nasákavosti recyklovaného kameniva D1 0/22,4^[0]



Obrázek 40 Pycnometr s frakcí 0/0,063 mm^[0]



Obrázek 41 Temperace na teplotu 25°C^[0]



Obrázek 42 Odstranění
bublin ve vakuu^[0]



Obrázek 43 Zkouška dosažení
povrchového osušení^[0]



Obrázek 44 Kužel
signalizující
vhodné
osušení^[0]

7. Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování

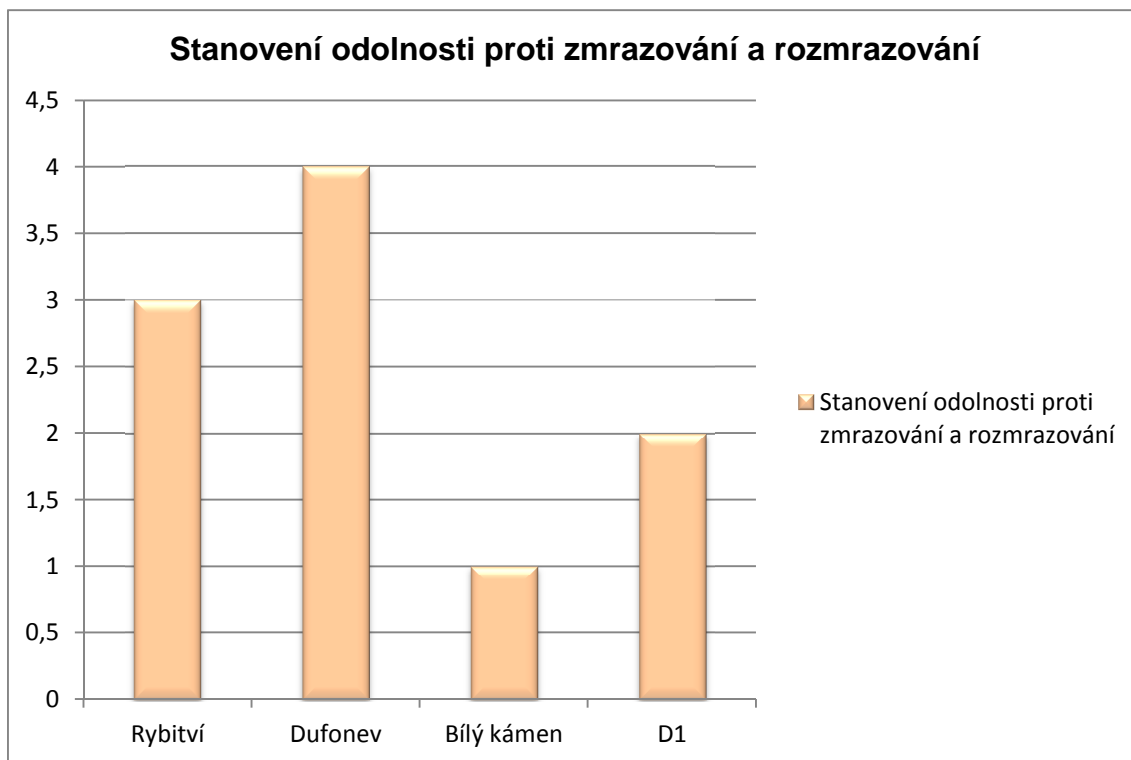
Zkoušku odolnosti jsem prováděla dle ČSN EN 1367- 1 Zkoušení odolnosti kameniva vůči teplotě a zvětrávání – Část 1: Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování. Prvním krokem zkoušky bylo promytí a odplavení nečistot z dílčí navážky 4/8. Poté jsem navážku vysušila do ustálené hmotnosti při $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, nechala jsem ji vychladit a poté zaznamenala hmotnost M_1 . Navážku jsem vložila do kovových nádob a ponořila jsem je do destilované vody při teplotě $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, přičemž hladina vody byla nejméně 10 mm nad dílčí navážkou po celou dobu (24 ± 1) hodin nasákavosti. Druhým krokem zkoušky po ukončení nasákavosti bylo zmrazování pod vodou. Nejprve jsem zkontrolovala, zda je hladina vody v každé nádobě nejméně 10 mm nad horním povrchem dílčí navážky a poté jsem nádoby přikryla poklicemi. Přikryté nádoby obsahující dílčí navážky jsem umístila do mrazicího boxu a poté byly vystaveny sérii 10 zmrazovacích a rozmrazovacích cyklů následujícím postupem:

- Teplota se snížila z $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ na $(0 \text{ až } -1)^\circ\text{C}$ během (150 ± 60) min a udržovala se na teplotě $(0 \text{ až } -1)^\circ\text{C}$ po dobu (210 ± 90) min.
- Teplota se snížila z $(0 \text{ až } -1)^\circ\text{C}$ na $(-17,5 \pm 2,5)^\circ\text{C}$ během (180 ± 60) min a udržovala na teplotě $(-17,5 \pm 2,5)^\circ\text{C}$ po dobu nejméně 240 min.
- V žádném případě nesměla teplota vzduchu poklesnout pod -22°C .
- Po ukončení každého zmrazovacího cyklu se kovové nádoby rozmrazily ponořením do vody o teplotě cca 20°C . Po ukončení každého rozmrazování mohly zůstat kovové nádoby ponořeny ve vodě o teplotě $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ nejdéle 10 hodin. Každý zmrazovací a rozmrazovací cyklus musí být ukončen během 24 hodin.

Po dokončení desátého cyklu jsem obsah každé kovové nádoby přesela a promyla na síti, které mělo velikost otvorů poloviny velikosti otvorů dolního síta, které bylo použito pro přípravu dílčí navážky. Byla zvolena frakce 4/8 a proto jsem použila síto 2 mm. Zůstatek na síti jsem vysušila při teplotě $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ do ustálené hmotnosti, nechala ho vychladnout na okolní teplotu a poté ihned zvážíla hmotnost M_2 .

Tabulka 27 Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování^[01]

Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování			Rybitví	DUFONE	Bílý Kámen	D1
Hmotnost počáteční dílčí navážky	M_1	[g]	2000	2000	2000	2000
Konečná hmotnost navážky, která zůstala na síti 2 mm	M_2	[g]	1935,6	1928,8	1982,9	1955,8
Procentní úbytek hmotnosti	F		3	4	1	2



Obrázek 45 Srovnání výsledků zkoušky stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování na zkušebních vzorcích^[0]



Obrázek 46 Zkouška odolnosti proti zmrazování a rozmrazování^[0]

9. ZHODNOCENÍ A SOUHRN VÝSLEDKŮ

1. Vyhodnocení zkoušek na recyklované kamenivo dle ČSN EN 13242 + A1 a ČSN EN 13043

Výsledky zkoušek na recyklované kamenivo byly zaříděny a kategorizovány dle ČSN EN 13242 + A1 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace a podle ČSN EN 13043 Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch.

1. POŽADAVKY NORMY ČSN EN 13242 + A1 NA GEOMETRICKÉ VLASTNOSTI:

Výsledné hodnoty síťového rozboru byly zaříděny jako směs kameniva, kamenivo hrubé či drobné do následujících tabulek:

Tabulka 28 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na zrnitost směsi kameniva^[0]

Všeobecné požadavky na zrnitost								
kamenivo	velikost	propad zrn v procentech hmotnosti					Kategorie G	
		2D	1,4D	D	d	d/2		
směs kameniva	d=0 a D> 6,3	–	100	85 až 99	–	–	G _A 85	
		100	98 až 100	80 až 99	–	–	G _A 80	
		100	–	75 až 99	–	–	G _A 75	
RYBITVÍ	D = 32	100	100	90			✓	G _A 85
DUFONEV	D = 22,4	100	100	94			✓	G _A 85
BÍLÝ KÁMEN	D = 16	100	100	82			✓	G _A 80
D1 - kuželový drtič	D = 22,4	100	100	97			✓	G _A 85
D1- čelistový drtič	D = 22,4	100	100	92			✓	G _A 85

Tabulka 29 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na zrnitost hrubého kameniva frakce 32/63 pro prolévané vrstvy^[0]

Všeobecné požadavky na zrnitost pro úzkou frakci 32/63								
kamenivo	velikost	propad zrn v procentech hmotnosti					hrubé	Kategorie G
		2D	1,4D	D nadsítné	d podsítné	d/2		
hrubé	d ≥ 1 a D > 2	100	98 až 100	85 až 99	0 až 15	0 až 5		G _C 85/15
		100	98 až 100	80 až 99	0 až 20	0 až 5		G _C 80/20
RYBITVÍ	32/63	100	100	100	58	–	×	nevyhoví
DUFONEV	není 32/63	–	–	–	–	–		nevyhoví
BÍLÝ KÁMEN	není 32/64	–	–	–	–	–		nevyhoví
D1 - kuželový drtič	není 32/65	–	–	–	–	–		nevyhoví
D1- čelistový drtič	není 32/66	–	–	–	–	–		nevyhoví

Tabulka 30 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na zrnitost hrubého kameniva frakce 8/16 pro prolévané vrstvy^[0]

Všeobecné požadavky na zrnitost pro úzkou frakci 8/16								
kamenivo	velikost	propad zrn v procentech hmotnosti					hrubé	Kategorie G
		2D	1,4D	D nadsítné	d podsítné	d/2		
hrubé	d ≥ 1 a D > 2	100	98 až 100	85 až 99	0 až 15	0 až 5		G _C 85/15
		100	98 až 100	80 až 99	0 až 20	0 až 5		G _C 80/20
RYBITVÍ	8/16	100	100	64	9	–	×	nevyhoví
DUFONEV	8/16	100	100	81	19	–	✓	G _C 80/20
BÍLÝ KÁMEN	8/16	100	100	70	16	–	×	nevyhoví
D1 - kuželový drtič	8/16	100	100	90	13	–	✓	G _C 80/20
D1- čelistový drtič	8/16	100	100	82	15	–	✓	G _C 80/20

Tabulka 31 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13043 – požadavky na zrnitost směsi kameniva pro prolévané vrstvy^[0]

Všeobecné požadavky na zrnitost pro směs kameniva								
kamenivo	velikost	propad zrn v procentech hmotnosti					směs	Kategorie G
		2D	1,4D	D nadsítné	d podsítné	d/2		
směs	d = 0 a D < 45	100	98 až 100	90 až 99	–	–		G _A 90
		100	98 až 100	85 až 99	–	–		G _A 85
RYBITVÍ	0/32	100	100	90	–	–	✓	G _A 90
DUFONEV	0/32	100	100	100	–	–	×	nevyhoví
BÍLÝ KÁMEN	0/32	100	100	100	–	–	×	nevyhoví
D1 - kuželový drtič	0/32	100	100	100	–	–	×	nevyhoví
D1- čelistový drtič	0/32	100	100	100	–	–	×	nevyhoví

Tabulka 32 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na zrnitost drobného kameniva frakce 0/4 pro prolévané vrstvy^[0]

Všeobecné požadavky na zrnitost drobné frakce 0/4								
kamenivo	velikost	propad zrn v procentech hmotnosti					drobné	Kategorie G
		2D	1,4D	D	d	d/2		
drobné	d = 0 a D ≤ 6,3	100	98 až 100	85 až 99	–	–		G _F 85
		100	98 až 100	80 až 99	–	–		G _F 80
RYBITVÍ	frakce 0/4	100	100	80	–	–	✓	G _F 80
DUFONEV	frakce 0/4	100	100	88	–	–	✓	G _F 85
BÍLÝ KÁMEN	frakce 0/4	100	100	77	–	–	×	nevyhoví
D1 - kuželový drtič	frakce 0/4	100	100	76	–	–	×	nevyhoví
D1- čelistový drtič	frakce 0/4	100	100	69	–	–	×	nevyhoví

Tvarový index zkoušený podle ČSN EN 933-4 se deklaroval do příslušných kategorií v tabulek 33 a 34 :

Tabulka 33 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na tvarový index^[0]

Kategorie pro max. hodnoty tvarového indexu	
Tvarový index	kategorie
	SI
≤ 20	SI ₂₀
≤ 40	SI ₄₀
≤ 55	SI ₅₅
≥ 55	SI _{Deklarovaná}
RYBITVÍ	SI ₂₀
DUFONEV	SI ₂₀
Bílý kámen	SI ₂₀
D1- kuželový drtič	SI ₂₀
D1- čelistový drtič	SI ₄₀

Tabulka 34 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13043 – požadavky na tvarový index^[0]

Kategorie pro max. hodnoty tvarového indexu	
Tvarový index	kategorie
	SI
≤ 15	SI ₁₅
≤ 20	SI ₂₀
≤ 25	SI ₂₅
≤ 30	SI ₃₀
≤ 35	SI ₃₅
≤ 50	SI ₅₀
≥ 55	SI _{Deklarovaná}
RYBITVÍ	SI ₂₀
DUFONEV	SI ₁₅
Bílý kámen	SI ₁₅
D1- kuželový drtič	SI ₁₅
D1- čelistový drtič	SI ₂₅

Obsah jemných částic u směsi kameniva je uveden v tabulce 35 a 36 :

Tabulka 35 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na obsah jemných částic^[0]

Kategorie pro max. hodnoty obsahu jemných čás.	
Tvarový index	kategorie
Propad v % hm. Sítem 0,063 mm	f
≤ 3	f ₃
≤ 5	f ₅
≤ 7	f ₇
≤ 9	f ₉
≤ 12	f ₁₂
≤ 15	f ₁₅
> 15	f _{Deklarovaná}
RYBITVÍ	f ₃
DUFONEV	f ₇
Bílý kámen	f ₅
D1- kuželový drtič	f ₇
D1- čelistový drtič	f ₇

Tabulka 36 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13043 – požadavky na obsah jemných částic^[0]

Kategorie pro max. hodnoty obsahu jemných čás.	
Tvarový index	kategorie
Propad v % hm. Sítem 0,063 mm	f
≤ 3	f ₃
≤ 5	f ₅
≤ 7	f ₇
≤ 9	f ₉
≤ 12	f ₁₂
≤ 15	f ₁₅
> 15	f _{Deklarovaná}
RYBITVÍ	f ₃
DUFONEV	f ₇
Bílý kámen	f ₅
D1- kuželový drtič	f ₇
D1- čelistový drtič	f ₇

2. POŽADAVKY NORMY ČSN EN 13242 + A1 NA FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI:

Zkušební metoda Los Angeles se použila jako referenční zkouška pro stanovení odolnosti proti drcení. Součinitel LA se deklaroval do příslušné kategorie dle tabulek 37 a 38 :

Tabulka 37 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na odolnost proti drcení^[0]

Kategorie pro max. hodnoty součinit. Los Angeles	
Součinitel Los Angeles	kategorie
	LA
≤ 20	LA ₂₀
≤ 25	LA ₂₅
≤ 30	LA ₃₀
≤ 35	LA ₃₅
≤ 40	LA ₄₀
≤ 45	LA ₄₅
≤ 50	LA ₅₀
≤ 60	LA ₆₀
> 60	LA _{Deklarovaná}
RYBITVÍ	LA ₄₀
DUFONEV	LA ₄₀
Bílý kámen	LA ₂₅
D1	LA ₃₅

Tabulka 38 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13043 – požadavky na odolnost proti drcení^[0]

Kategorie pro max. hodnoty součinit. Los Angeles	
Součinitel Los Angeles	kategorie
	LA
≤ 15	LA ₁₅
≤ 20	LA ₂₀
≤ 25	LA ₂₅
≤ 30	LA ₃₀
≤ 40	LA ₄₀
≤ 50	LA ₅₀
> 50	LA _{Deklarovaná}
RYBITVÍ	LA ₄₀
DUFONEV	LA ₄₀
Bílý kámen	LA ₂₅
D1	LA ₄₀

Výsledky zkoušky ČSN EN 933-11 jsou deklarovány v příslušné tabulky 39 :

Tabulka 39 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky obsah složek v hrubém recyklovaném kamenivu^[0]

Kategorie pro obsah složek v hrubém recyklovaném kamenivu	
	kategorie
RYBITVÍ	Rc ₉₀ Ra ₁₋
DUFONEV	Rc ₉₀ Ra ₁₋
Bílý kámen	-
D1	Rc ₉₀

3. POŽADAVKY NORMY ČSN EN 13242 + A1 NA TRVANLIVOST:

Kamenivo bylo na základě zkoušky ČSN EN 1097-6 a ČSN EN 1367- 1, zaříděno do následujících kategorií, dle tabulek 40 až 43 :

Tabulka 40 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky pro max. hodnotu nasákavosti vodou^[0]

Kategorie pro max. hodnotu nasákavosti vodou	
nasákavost vodou	kategorie
Procenta hmotnosti	WA ₂₄
≤ 1	WA ₂₄ 1
≤ 2	WA ₂₄ 2
RYBITVÍ	nevyhoví
DUFONEV	nevyhoví
Bílý kámen	WA ₂₄ 1
D1	nevyhoví

Tabulka 41 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13043 – požadavky pro max. hodnotu nasákavosti vodou^[0]

Kategorie pro max. hodnotu nasákavosti vodou	
nasákavost vodou	kategorie
Procenta hmotnosti	WA ₂₄
≤ 1	WA ₂₄ 1
≤ 2	WA ₂₄ 2
RYBITVÍ	nevyhoví
DUFONEV	nevyhoví
Bílý kámen	WA ₂₄ 1
D1	nevyhoví

Tabulka 42 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na odolnost proti zmrazování a rozmrazování^[0]

Odolnost proti zmrazování a rozmrazování	
Zmrazování a rozmrazování	kategorie
Ztráta hmotnosti v %	F
≤ 1	F ₁
≤ 2	F ₂
≤ 4	F ₄
≥ 4	F _{Deklarovaná}
RYBITVÍ	F ₄
DUFONEV	F ₄
Bílý kámen	F ₁
D1	F ₂

Tabulka 43 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13043 – požadavky na odolnost proti zmrazování a rozmrazování^[0]

Odolnost proti zmrazování a rozmrazování	
Zmrazování a rozmrazování	kategorie
Ztráta hmotnosti v %	F
≤ 1	F ₁
≤ 2	F ₂
≤ 4	F ₄
≥ 4	F _{Deklarovaná}
RYBITVÍ	F ₄
DUFONEV	F ₄
Bílý kámen	F ₁
D1	F ₂

2. Požadavky na kamenivo pro nestmelené vrstvy – vrstva z vibrovaného štěrku

Recyklované a přírodní kamenivo bylo zaříděno podle ČSN EN 13242 + A1 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace a bylo prověřena jeho vhodnost do podkladních vrstev definovaných v ČSN EN 73 6126-2 Stavba vozovek – Nestmelené vrstvy – Část 2: Vrstva z vibrovaného štěrku.

Vrstva z vibrovaného štěrku se smí pokládat jen na ochrannou vrstvu nebo takové podloží, které splňuje požadavky ČSN EN 73 6133. Podmínky pro zamezení vzájemné infiltrace vrstvy z vibrovaného štěrku a podloží (pláň nebo ochranná vrstva ležící přímo pod VŠ):

$$a) = \frac{32}{d_{85, \text{podloží}}} \leq 5$$

$$b) = \frac{50}{d_{50, \text{podloží}}} \leq 25$$

Tabulka 44 Požadavky na směr kameniva pro vibrovaný štěr VŠ^[0]

Požadavky na kamenivo pro vrstvy z vibrovaného štěrku dle ČSN EN 73 6126-2		
Vlastnost	Požadavek, dle ČSN EN 13242	
	Kamenná kostra 32/63	Výplňové kamenivo max 16
Požadavek na zrnistost	-	G _A 80
Tvarový index max.	SI ₄₀	SI ₅₅
Max. obsah jemných částic	-	f ₉
Odolnost proti drcení LA	LA ₄₀	LA ₅₀
Objemová hmotnost	bez požadavku	
Nasákavost vodou	WA ₂₄ NR	
Odolnost proti zmraz. a rozmr.	F ₄	

Tabulka 45 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro vrstvu z vibrovaného štěrku^[0]

Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva dle ČSN EN 13242 + A1					VYHOVUJE
DUFONEV	RYBITVÍ	D1 čelist.	D1 kužel.	BÍLÝ KÁM.	
G _A 85	G _A 85	G _A 85	G _A 85	G _A 80	✓
Sl ₂₀	Sl ₂₀	Sl ₄₀	Sl ₂₀	Sl ₂₀	✓
f ₇	f ₃	f ₇	f ₇	f ₅	✓
LA ₄₀	LA ₄₀	LA ₃₅	LA ₃₅	LA ₂₅	✓
2,18	2,28	2,02	2,02	2,69	✓
WA ₂₄ NR					✓
F ₄	F ₄	F ₂	F ₂	F ₁	✓

3. Požadavky na kamenivo pro nestmelené podkladní vrstvy

Recyklované a přírodní kamenivo bylo zaříděno podle ČSN EN 13242 + A1 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace a bylo prověřena jeho vhodnost do podkladních vrstev definovaných v ČSN EN 13285 Nestmelené směsi – specifikace.

Tabulka 46 Požadavky na směs kameniva pro nestmelené směsi MZK, MZKO, ŠD_A, ŠP_A, ŠD_B, ŠP_B^[0]

Požadavky na kamenivo pro nestmelené směsi dle ČSN EN 13285			
Vlastnost	Požadavek dle ČSN EN 13242 + A1		
	MZK, MZKO	ŠD _A , ŠP _A	ŠD _B , ŠP _B
Požadavek na zmitost	G _A 85	G _A 80	
Tvarový index	Sl ₄₀	Sl ₅₅	
Max. obsah jemných částic	f ₉	f ₁₂	
Odolnost proti drcení LA	LA ₄₀	LA ₅₀	LA ₅₀
Objemová hmotnost	deklarovaná hodnota		
Nasákavost vodou	WA ₂₄ NR		
Odolnost proti zmraz. a rozmr.	F ₄		
Požadavky na zmitost	G _A G _O	G _E	G _N
Max. obsah jemných částic	UF ₉		UF ₁₂
Min. obsah jemných částic	LF ₂		LF _N

Tabulka 47 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro nestmelené směsi MZK, MZKO, ŠD_A, ŠP_A, ŠD_B, ŠP_B^[0]

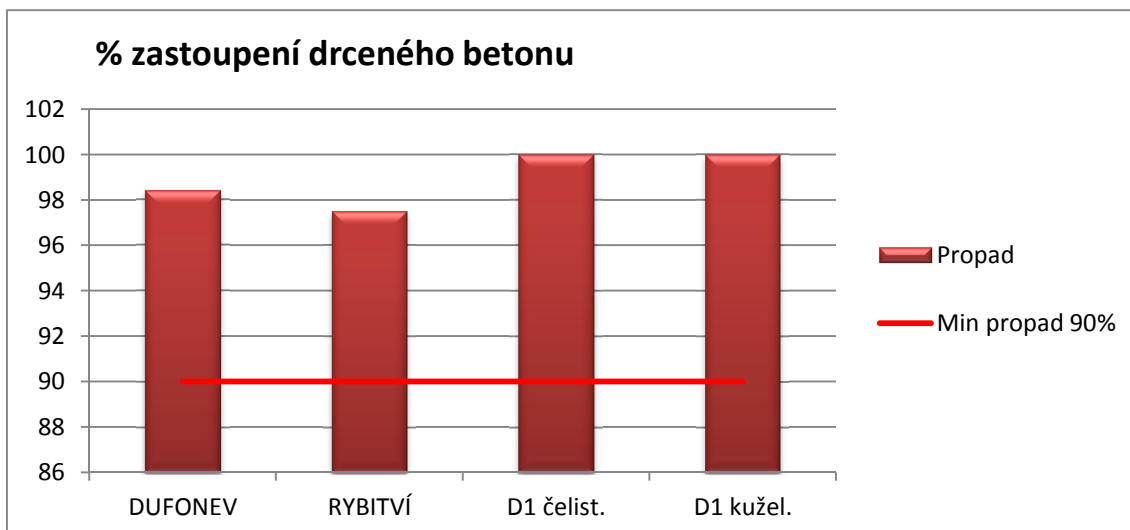
Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva dle ČSN EN 13242 + A1					
DUFONEV	RYBITVÍ	D1 čelist.	D1 kužel.	BÍLÝ KÁM.	VYHOVUJE
G _A 85	G _A 85	G _A 85	G _A 85	G _A 80	✓
SI ₂₀	SI ₂₀	SI ₄₀	SI ₂₀	SI ₂₀	✓
f ₇	f ₃	f ₇	f ₇	f ₅	✓
LA ₄₀	LA ₄₀	LA ₃₅	LA ₃₅	LA ₂₅	✓
deklarovaná hodnota					✓
WA ₂₄ NR					✓
F ₄	F ₄	F ₂	F ₂	F ₁	✓
G _O , G _E , G _U	G _A , G _B , G _C , G _E	G _C , G _E , G _U	G _A , G _B , G _C , G _P , G _W , G _E	G _A , G _B , G _C , G _P , G _V , G _E	✓
UF ₃	UF ₇	UF ₇	UF ₇	UF ₇	✓
LF ₂	LF ₄	LF ₄	LF ₄	LF ₄	✓

Dle přílohy A (informativní) - tabulky A.1 normy ČSN EN 13285 *Nestmelené směsi – specifikace*, složení směsi obsahující recyklované kamenivo, musí odpovídat následujícím požadavkům:

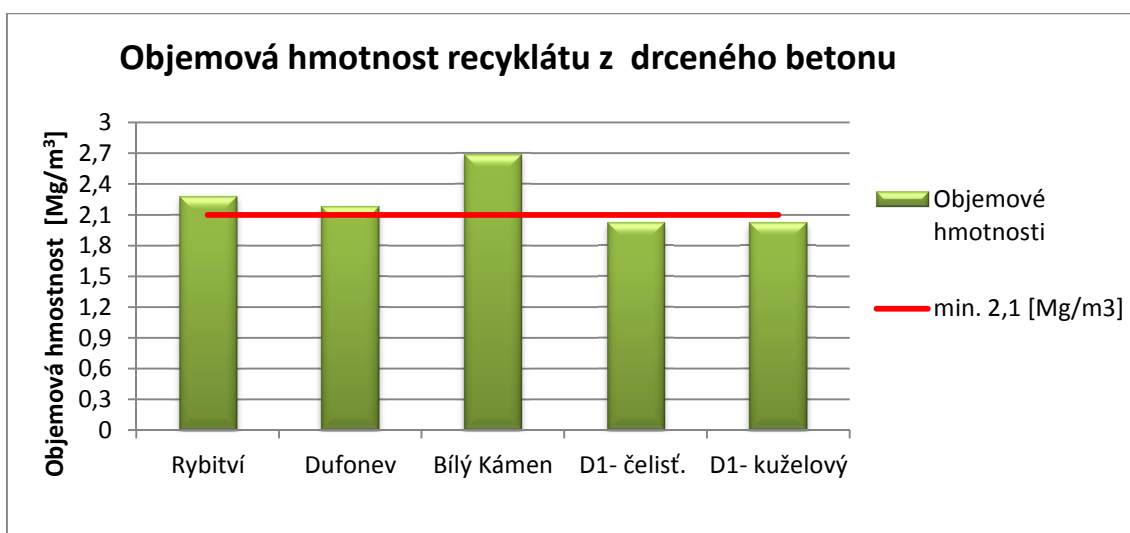
Tabulka 48 Požadavky na směs kameniva z drceného betonu^[25]

Tabulka A.1 – Směs kameniva z drceného betonu

Komponenty		Procento hmotnosti
Hlavní	Drcený beton (objemová hmotnost > 2,1 Mg/m ³) a kamenivo (včetně strusky)	≥ 90
Ostatní zrnité	Drcené zdívo	≤ 10
	Drcená recyklovaná asfaltová směs	≤ 5
Příměsí	Soudržné materiály (včetně jílu)	≤ 1
	Organické materiály	≤ 0,1



Obrázek 47 Srovnání objemové hmotnosti recyklátu z drceného betonu^[0]



Obrázek 48 Srovnání hmotnosti z recyklátu^[0]

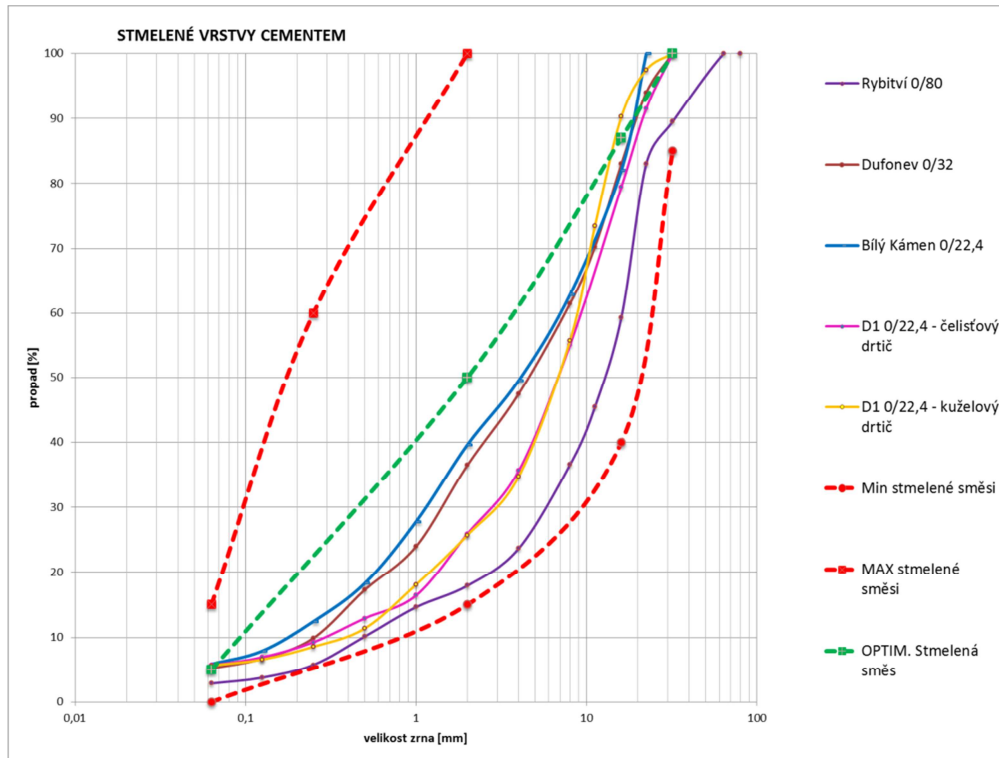
4. Požadavky na kamenivo pro stmelené podkladní vrstvy - Směsi stmelené hydraulickými pojivy - směsi stmelené cementem

Kamenivo pro ČSN EN 14227-1 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace - Část 1: Směsi stmelené cementem musí odpovídat požadavkům ČSN EN 13242 + A1 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace. Musí být buď drcené nebo nedrcené nebo musí být z kombinace obou kameniv. Druhy můžou být:

- a) Přírodní nebo umělé nebo
- b) Recyklované nebo

- c) Kombinace a) a b) zvolené poměry musí být stanoveny ve smlouvě a musí být dodrženy v toleranci $\pm 5\%$ hmotnosti vztažené k deklarovanému poměru

Zrnitost kameniva pro specifickou směs musí být zvolena uvnitř oboru zrnitosti:



Obrázek 49 Obor zrnitosti kameniva dle ČSN EN 13242 + A1 pro vrstvy stmelené cementem^[0]

Musí být použito kamenivo takové zrnitosti, aby příslušný návrh směsi stmelené cementem splňoval:

- třídu pevnosti $C_{1,5/2,0}$ a $C_{3/4}$ a obrázek 49 Obor zrnitosti kameniva dle ČSN EN 13242 + A1
- třídu pevnosti $C_{5/6}$, $C_{8/10}$, $C_{12/15}$ a vyšší požadavky přílohy B normy ČSN EN 13242 + A1 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace

Tabulka 49 Požadavky na kamenivo pro vrstvy stmelené cementem^[0]

Požadavky na kamenivo pro vrstvy stmelené cementem		
Vlastnost	Požadavek pro třídy pevnosti	
	$C_{1,5/2,0}, C_{3/4}$	$C_{5/8}, C_{8/10}$ a vyšší
Požadavek na zrnistost	G_{A80}	G_{A85}
Tvarový index	SI_{NR}	SI_{55}
Max. obsah jemných částic	f_{15}	f_9
Odolnost proti drčení LA	LA_{NR}	LA_{50}
Objemová hmotnost	deklarovaná hodnota	
Nasákavost vodou	WA_{24NR}	
Odolnost proti zmraz. a rozmr.	F_{NR}	

Tabulka 50 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro směsi stmelené cementem^[0]

Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro směsi stmelené cementem					VYHOVUJE
DUFONEV	RYBITVÍ	D1 čelist.	D1 kužel.	BÍLÝ KÁM.	
G_{A85}	G_{A85}	G_{A85}	G_{A85}	G_{A80}	✓
SI_{20}	SI_{20}	SI_{40}	SI_{20}	SI_{20}	✓
f_7	f_3	f_7	f_7	f_5	✓
LA_{40}	LA_{40}	LA_{35}	LA_{35}	LA_{25}	✓
deklarovaná hodnota					✓
WA_{24NR}					✓
F_{NR}					✓

5. Požadavky na kamenivo pro stmelené podkladní vrstvy - Směsi stmelené hydraulickými pojivy - směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy

Požadavky na kamenivo pro ČSN EN 14227-5 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 5: Směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy musí odpovídat požadavkům ČSN EN 13242 + A1 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace. Vlastnosti a vhodné kategorie kameniva se musí stanovit v závislosti na způsobu použití směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy a na dopravním zatížení.

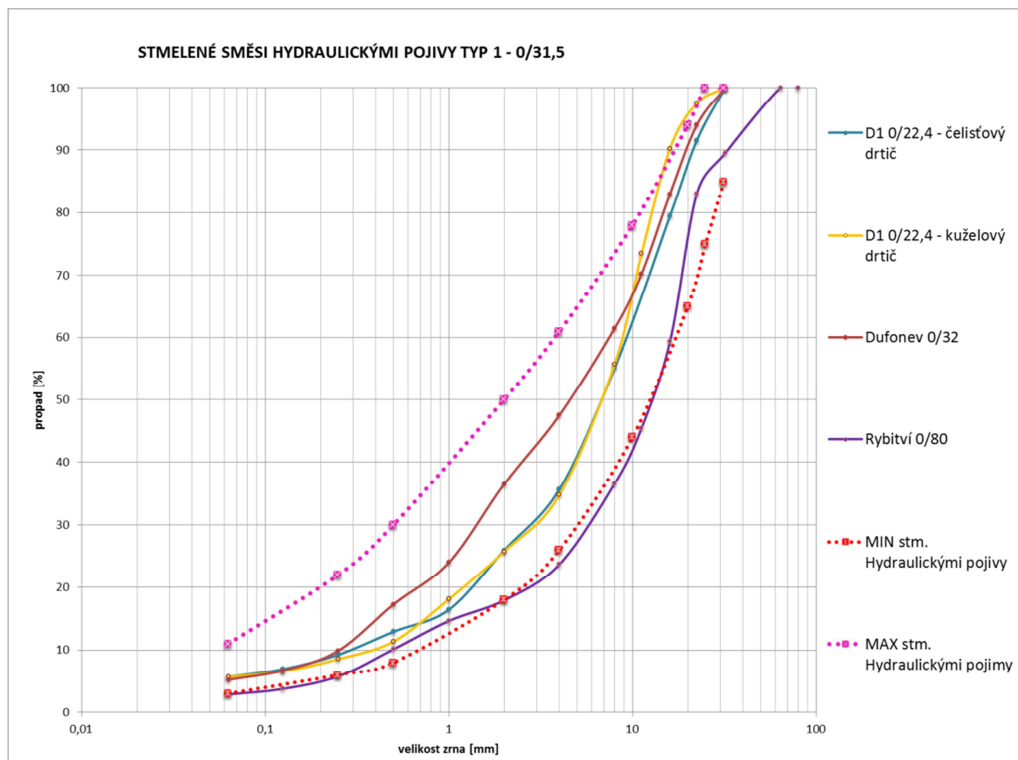
Tabulka 51 Požadavky na kamenivo pro vrstvy stmelené hydraulickými silničními pojivy^[0]

Požadavky na kamenivo pro vrstvy stmelené hydraulickými silničními pojivy		
Vlastnost	Požadavek pro třídy pevnosti	
	$C_{1,5/2,0}, C_{3/4}$	$C_{5/8}, C_{8/10}$ a vyšší
Požadavek na zrnistost	G_{A80}	G_{A85}
Tvarový index	SI_{NR}	SI_{55}
Max. obsah jemných částic	f_{15}	f_9
Odolnost proti drcení LA	LA_{NR}	LA_{50}
Objemová hmotnost	deklarovaná hodnota	
Nasákavost vodou	WA_{24NR}	
Odolnost proti zmraz. a rozmr.	F_{NR}	

Tabulka 52 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy^[0]

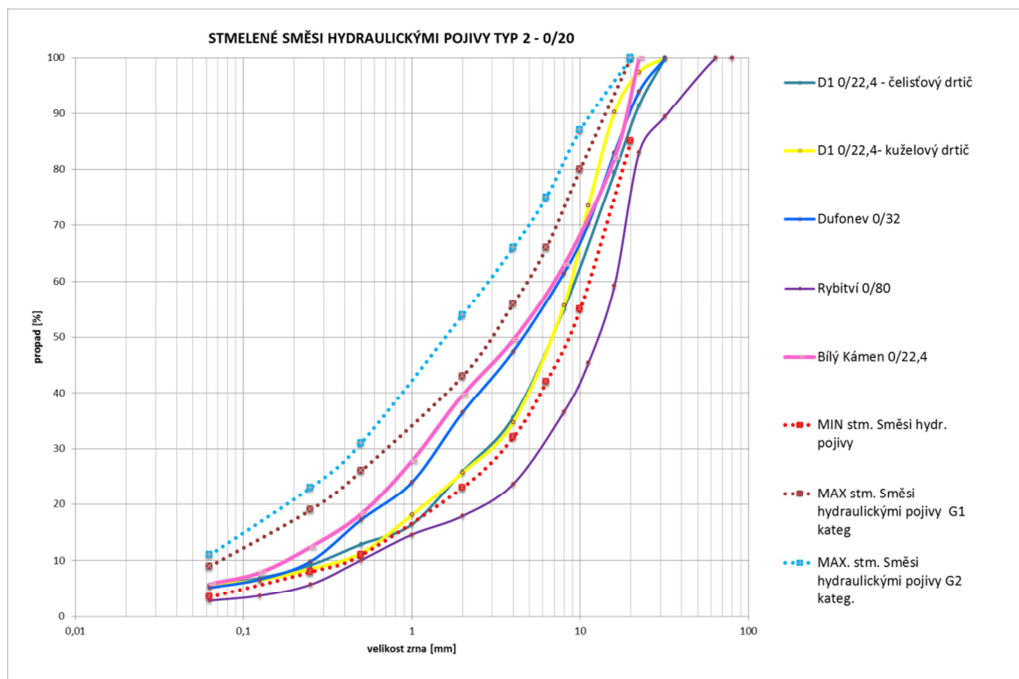
Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro vrstvy stmelené hydraulickými silničními pojivy					VYHOVUJE
DUFONEV	RYBITVÍ	D1 čelist.	D1 kužel.	BÍLÝ KÁM.	
G_{A85}	G_{A85}	G_{A85}	G_{A85}	G_{A80}	✓
SI_{20}	SI_{20}	SI_{40}	SI_{20}	SI_{20}	✓
f_7	f_3	f_7	f_7	f_5	✓
LA_{40}	LA_{40}	LA_{35}	LA_{35}	LA_{25}	✓
deklarovaná hodnota					✓
WA_{24NR}					✓
F_{NR}					✓

Směsi stmelené hydraulickými pojivy – typ 1, požadované zrnění 0/31,5:



Obrázek 50 Obor zrnitosti pro směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy – typ 1^[0]

Směsi stmelené hydraulickými pojivy – typ 2, požadavek hutnost a zrnění 0/20:



Obrázek 51 Obor zrnitosti pro směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy – typ 2^[0]

6. Prolévané vrstvy – Vrstva ze šterku částečně vyplněného cementovou maltou

Požadavky na kamenivo pro ČSN EN 73 6127-1 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – část 1: Vrstva ze šterku částečně vyplněného cementovou maltou musí odpovídat požadavkům ČSN EN 13242 + A1 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace.

Tabulka 53 Požadavky na kamenivo pro prolévané vrstvy – vrstva šterku částečně vyplněného cementovou maltou^[0]

Požadavky na kamenivo pro prolévané vrstvy - dle ČSN EN 73 6127 - 1		
Vlastnost	Požadavek dle ČSN EN 13242 + A1	
	Kamenná kostra	Kamenivo pro cementovou maltu
Zrnitost frakce	32/63	0/4
Požadavek na zrnitost	G _C 85/15	G _F 80
Tvarový index	SI ₄₀	–
Max. obsah jemných částic	f ₄	f ₁₀
Odolnost proti drčení LA	LA ₄₀	–
Objemová hmotnost	deklarovaná hodnota	
Nasákavost vodou	WA ₂₄ NR	
Odolnost proti zmraz. a rozmr.	F ₄	–

Tabulka 54 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro prolévané vrstvy – vrstva šterku částečně vyplněného cementovou maltou^[0]

Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva dle ČSN EN 13242 + A1							
Vlastnost	DUFONEV	RYBITVÍ	D1 čelist.	D1 kužel.	BÍLÝ KÁM.	VYHOVUJE	
						kamenná kostra	kam. cem. malta
Požadavek na zrnitost	G _F 80	G _F 85	–	–	–	✘	✓
Tvarový index	SI ₂₀	SI ₂₀	SI ₄₀	SI ₂₀	SI ₂₀	✓	✓
Max. obsah jemných částic	f ₇	f ₃	f ₇	f ₇	f ₅	✘	✓
Odolnost proti drčení LA	LA ₄₀	LA ₄₀	LA ₃₅	LA ₃₅	LA ₂₅	✓	✓
Objemová hmotnost	deklarovaná hodnota					✓	✓
Nasákavost vodou	WA ₂₄ NR					✓	✓
Odolnost proti zmraz. a rozmr.	F ₄	F ₄	F ₂	F ₂	F ₁	✓	✓

Všechny zkoušené betonové recykláty a přírodní kamenivo nevyhoví na požadavek normy ČSN EN 73 6127 – 1 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – část 1: Vrstva ze štěrku částečně vyplněného cementovou maltou pro kamennou kostru z důvodu nedostatečného množství frakce 32/63 a v případě recyklátu z Rybitví 0/80 nesplnění podmínek na zrnitost.

7. Prolévané vrstvy – Penetrační makadam

Požadavky na kamenivo pro ČSN EN 73 6127-2 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – část 2: Penetrační makadam musí odpovídat požadavkům ČSN EN 13242 + A1 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace.

Tabulka 55 Požadavky na kamenivo pro prolévané vrstvy – vrstva penetrační makadam^[0]

Požadavky na kamenivo pro prolévané vrstvy - dle ČSN EN 73 6127 - 2				
Vlastnost	Požadavek dle ČSN EN 13242 + A1			
	Kamenná kostra		Výplňové kamenivo	
	PMJ	PMH	PMJ	PMH
Zrnitost frakce	16/32	32/63 22/63	8/11 8/16 11/16	11/16 11/22 16/22
Požadavek na zrnitost	G _C 85/15		G _C 80/20	
Tvarový index	SI ₄₀		SI _{NR}	
Max. obsah jemných částic	f ₄			
Odolnost proti drcení LA	LA ₄₀		LA ₅₀	
Objemová hmotnost	deklarovaná hodnota			
Nasákavost vodou	WA ₂₄ NR			
Odolnost proti zmraz. a rozmr.	F ₄			

Tabulka 56 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro prolévané vrstvy – vrstva penetrační makadam^[0]

	Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva dle ČSN EN 13242 + A1						
	DUFONEV	RYBITVÍ	D1 čelist.	D1 kužel.	BÍLÝ KÁM.	VYHOVUJE	
						Kamenná kostra	Výplňové kamenivo
Požadavek na zrnitost	G _C 80/20	–	G _C 80/20	G _C 80/20	–	×	✓
Tvarový index	SI ₂₀	SI ₂₀	SI ₄₀	SI ₂₀	SI ₂₀	✓	✓
Max. obsah jemných částic	f ₇	f ₃	f ₇	f ₇	f ₅	✓	✓
Odolnost proti drcení LA	LA ₄₀	LA ₄₀	LA ₃₅	LA ₃₅	LA ₂₅	✓	✓
Objemová hmotnost	deklarovaná hodnota					✓	✓
Nasákavost vodou	WA ₂₄ NR					✓	✓
Odolnost proti zmraz. a rozmr.	F ₄	F ₄	F ₂	F ₂	F ₁	✓	✓

Všechny zkoušené betonové recykláty a přírodní kamenivo nevyhoví na požadavek na kamennou kostru pro zrnitost 12/32, 22/63, 32/63 normy ČSN EN 73 6127 – 1 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – část 2: Penetrační makadam z důvodu nedostatečného množství jednotlivých frakcí ve zkoušeném kamenivu. Pro ověření výplňového kameniva byla vybrána reprezentativní frakce 8/16, vhodnost použití ukazuje tabulka 56.

8. Prolévané vrstvy – Asfaltocementový beton

Požadavky na kamenivo pro ČSN EN 73 6127-3 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – část 3: Asfaltocementový beton musí odpovídat požadavkům ČSN EN 13043 Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch.

Tabulka 57 Požadavky na kamenivo pro prolévané vrstvy – vrstva asfaltocementového betonu^[0]

Požadavky na kamenivo pro prolévané vrstvy - dle ČSN EN 73 6127 - 3	
Vlastnost	Požadavek dle ČSN EN 13043
Požadavek na zrnitost	G _A 85
Tvarový index	SI ₃₀
Max. obsah jemných částic	f ₂₂
Odolnost proti drcení LA	LA ₃₀
Objemová hmotnost	deklarovaná hodnota
Nasákavost vodou	WA ₂₄ NR
Odolnost proti zmraz. a rozmr.	F ₂

Tabulka 58 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro prolévané vrstvy – vrstva asfaltocementového betonu^[0]

	Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva dle ČSN EN 13043							
	DUFONEV	RYBITVÍ	D1 čelist.	D1 kužel.	BÍLÝ KÁM.	VYHOVUJE		
Požadavek na zrnitost	nevyhoví	G _A 85	nevyhoví	nevyhoví	nevyhoví	✓	✓	
Tvarový index	SI ₁₅	SI ₂₀	SI ₂₅	SI ₁₅	SI ₁₅	✓	✓	
Max. obsah jemných částic	f ₇	f ₃	f ₇	f ₇	f ₅	✓	✓	
Odolnost proti drcení LA	LA ₄₀	LA ₄₀	LA ₄₀	LA ₄₀	LA ₂₅	✗	✓	
Objemová hmotnost	deklarovaná hodnota					✓	✓	
Nasákavost vodou	WA ₂₄ NR					✓	✓	
Odolnost proti zmraz. a rozmr.	F ₄	F ₄	F ₂	F ₂	F ₁	✓	✓	

Recyklované a přírodní kamenivo bylo zaříděno dle ČSN EN 13043 Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch a jako reprezentativní frakce kameniva byla vybrána frakce 0/32. Na dané požadavky dle ČSN EN 73 6127-3 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – část 3: Asfaltocementový beton nevyhovělo žádné ze zkoušených kameniv z důvodu nevyhovující zrnitosti a nedostatečné odolnosti proti drcení.

9. Prolévané vrstvy – Kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí

Požadavky na kamenivo pro ČSN EN 73 6127-4 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – část 4: Kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí musí odpovídat požadavkům ČSN EN 13242 + A1 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace.

Tabulka 59 Požadavky na kamenivo pro prolévané vrstvy – vrstva kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí^[0]

Požadavky na kamenivo pro prolévané vrstvy - dle ČSN EN 73 6127 - 4	
Vlastnost	Požadavek dle ČSN EN 13242 + A1
	Kamenná kostra
Zrnostost frakce	32/63
Požadavek na zrnostost	G _c 85/15
Tvarový index	Sl ₄₀
Max. obsah jemných částic	f ₄
Odolnost proti drčení LA	LA ₄₀
Objemová hmotnost	deklarovaná hodnota
Nasákavost vodou	WA ₂₄ NR
Odolnost proti zmraz. a rozmr.	F ₄

Tabulka 60 Výsledné hodnoty zkušného kameniva pro prolévané vrstvy – vrstva kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí^[0]

	Výsledné hodnoty zkušného kameniva dle ČSN EN 13242 + A1					
	DUFONEV	RYBITVÍ	D1 čelist.	D1 kužel.	BÍLÝ KÁM.	VYHOVUJE
	kamenná kostra					
Zrnostost frakce	frakce není	frakce není	frakce není	frakce není	frakce není	✘
Požadavek na zrnostost	nevyhoví	nevyhoví	nevyhoví	nevyhoví	nevyhoví	✘
Tvarový index	Sl ₂₀	Sl ₂₀	Sl ₄₀	Sl ₂₀	Sl ₂₀	✓
Max. obsah jemných částic	f ₇	f ₃	f ₇	f ₇	f ₅	✘
Odolnost proti drčení LA	LA ₄₀	LA ₄₀	LA ₃₅	LA ₃₅	LA ₂₅	✓
Objemová hmotnost	deklarovaná hodnota					✓
Nasákavost vodou	WA ₂₄ NR					✓
Odolnost proti zmraz. a rozmr.	F ₄	F ₄	F ₂	F ₂	F ₁	✓

Zkoušené betonové recykláty a přírodní kamenivo nevyhoví na požadavek na kamennou kostru pro ČSN EN 73 6127 – 4 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – část 2: Kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí z důvodu chybějící frakce 32/63.

10. ZÁVĚR

Cílem praktické části bylo zjistit, zda lze betonový recyklát, jako recyklované kamenivo, použít do směsí pro podkladní vrstvy pozemní komunikace.

Předtím než je možné použít recyklované kamenivo do podkladních vrstev vozovky, je třeba ověřit jeho vlastnosti, které se mohou oproti přírodnímu kamenivu v mnohém lišit. Zároveň, ale bylo prokázáno, že kvalita recyklovaného kameniva se může lišit i v rámci jednoho recyklačního střediska. Je tedy nutné klást důraz především na pečlivé třídění recyklátu tak, aby neobsahoval nevhodné hmoty (asfalt, keramiku, sklo, hlinu a další) a dále je důležitý způsob drcení betonového recyklátu na příslušné frakce tak, aby obsahoval co nejmenší množství jemných částic.

Pro použití betonového recyklátu v praxi je důležité ověřit problematické vlastnosti a věnovat jim zvláštní pozornost již před samotným návrhem vrstvy.

Betonový recyklát byl zařazen dle ČSN EN 13242 + A1 a ČSN EN 13043 pro kamenivo do podkladních vrstev pozemní komunikace.

Kamenivo pro:

- a) vrstvu z vibrovaného štěrku bylo posouzeno podle ČSN EN 73 6126-2
- b) nestmelené směsi dle ČSN EN 13285
- c) směsi stmelené hydraulickými pojivy, dle ČSN EN 14227-1 a ČSN EN 14227-5
- d) prolévané vrstvy, dle ČSN EN 73 6127 - 1 až 4

Obecně všechny betonové recykláty vyhověly na podmínky pro kamenivo do stmelených a nestmelených vrstev pozemních komunikací. Výsledky betonového recyklátu z recyklační deponie DUFONEV R.C. a.s. a Rybitví se lišily od recyklátu z cementobetonového krytu dálnice D1. Způsobeno to mohlo být tím, že jejich původ není zcela jasný. Mohlo se jednat o beton různého stáří, kvality a pevnosti. Recyklát z dálnice D1 se svými vlastnostmi nejvíce blížil vlastnostem přírodního kameniva. Dále z výsledků vyplývá, že jako vhodnější způsob drcení recyklátu z dálnice D1 se osvědčil kuželový drtič.

Jako největší problém se u betonových recyklátů jeví jeho nasákavost, odolnost proti zmrazování a rozmrazování a odolnost proti drcení. Kamenivo do nestmelených a stmelených směsí požaduje maximální hodnotu odolnosti proti zmrazování a rozmrazování F_4 (ztráta hmotnosti je \leq než 4%) a hodnotu odolnosti proti drcení LA_{40} (% propad na síť 1,6 mm) tomuto požadavku vyhověly všechny zkoušené betonové recykláty, ovšem výsledky recyklátu z recyklační deponie firmy DUFONEV R.C. a.s. a Rybitví se již blížily k hraniční hodnotě. Na druhou stranu informativní příloha A normy ČSN EN 13285 udává minimální objemovou hmotnost pro směs kameniva jako $2,1 \text{ Mg/m}^3$, na tuto podmínku nevyhovělo

recyklované kamenivo z cementobetonového krytu dálnice D1, kdy by mezi problémem mohl být druh použitého kameniva do původního cementobetonového krytu dálnice D1.

U prolévaných vrstev nevyhovělo recyklované ani přírodní kamenivo na kamennou kostru této vrstvy, která byla většinou tvořena hrubým kamenivem frakce 32/63. Způsobuje to nedostatečné zastoupení větších rozměrů zrn (32 mm, 63mm apod.). Dle mého názoru v případě podrcení betonového recyklátu na větší zrna (např. směs 0/90) či jiným způsobem drcení, by jak přírodní tak recyklované kamenivo vyhovělo na podmínky pro prolévané vrstvy, neboť na ostatní požadavky jako odolnost proti drcení či odolnost proti zmrazování a rozmrazování vyhoví.

Pro běžné využití recyklovaného kameniva je důležité dokázat, že směsi tohoto materiálu lze použít do konstrukcí vozovek, zejména u vozovek s nízkým dopravním zatížením nebo specifickým těžkým statickým zatížením. Jedná se především o vrstvy stmelené hydraulickými pojivy do podkladních vrstev s plným využitím množství betonových recyklátů. Tyto směsi z recyklátu splňují všechny příslušné požadavky, a proto není problém s jejich použitím do konstrukcí vozovek pozemních komunikací.

Podle platných EN se posuzuje vlastnost stmelené směsi, nikoli vlastnosti kameniva, což významně usnadňuje použití recyklátů, které mají v některých případech problém se stejnorodostí zejména zrnitostních parametrů a nasákavosti.

ZKRATKY

X	jiné částice (% hmotnosti) jako jíla a další přilnavé nečistoty, kovy (železné a neželezné), neplovoucí dřevo, stavební plasty a pryž, sádrová omítka
Y	ostatní částice (% hmotnosti) jako papír, polyetylenové obaly, textil, organické materiály, apod.
FL	plovoucí částice (cm ³ /kg) podle ČSN EN 933-11 – plovoucí dřevo, polystyrén, apod.
MZK	mechanicky zpevněné kamenivo podle ČSN EN 13285
ŠD _{A/B}	štěrkodrt' podle ČSN EN 13285, kvalitativní kategorie A, B
ŠP _{A/B}	štětkopísek podle ČSN EN 13285, kvalitativní kategorie A, B
Rc	beton, betonové výrobky, malta, betonové zdící prvky
Rb	pálené zdící prvky např. cihly a tvárnice, vápenopískovcové zdící prvky, neplovoucí pórobeton
Ru	nestmelené kamenivo, přírodní kámen, kamenivo ze směsi stmelené hydraulickým pojivem
Rg	sklo
Ra	asfaltové materiály
SDO	stavební a demoliční odpad
D	Ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu (skládkování), Hlubinná injektáž, Ukládání do povrchových nádrží, Ukládání do speciálně technicky provedených skládek, Konečné či trvalé uložení, Spalování na pevnině
N	Využití odpadů na rekultivace, terénní úpravy apod., Předání (dílů, odpadů) pro opětovné použití, Prodej odpadu jako suroviny (druhotné suroviny), Využití odpadu na rekultivace skládek, Ukládání odpadu jako technologický materiál na zajištění skládky
BTEX	Suma benzenu, toluenu, ethylbenzenu a xylenů
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky
EOX	Extrahovatelné organicky vázané halogeny
PCB	Polychlorované bifenyly
R	Recyklace / znovuzískání ostatních anorganických materiálů, Získání složek katalyzátorů, Regenerace kyselin a zásad, Aplikace do půdy, která je přínosem pro zemědělství nebo zlepšuje ekologii

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [0] Autorské fotografie a tabulky, pořízené v laboratoři VUT Brno, FAST, Ústavu pozemních komunikací, Veveří 95, 662 37 Brno, 2014-2015
- [1] CDRA, dostupné z: <http://www.cdrecycling.org/why-recycle->
- [2] TP 210. Užití recyklovaných stavebních demoličních materiálů do pozemních komunikací, technické podmínky MD ČR. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2011, dostupné z: <http://www.pjpk.cz/TP%20210.pdf>
- [3] Český statistický úřad, Ediční plán, dostupné z: [www.czso.cz/csu/2014edicniplan.nsf/t/6B0034E1A2/\\$File/28002014k.pdf](http://www.czso.cz/csu/2014edicniplan.nsf/t/6B0034E1A2/$File/28002014k.pdf)
- [4] Zkušenosti provozovatele recyklační linky stavebního a demoličního odpadu, Ing. Martin Wachsmann, Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice Recycling 2011, dostupné z: http://www.arasm.cz/dok/Sbornik_RECYCLING_2011.pdf
- [5] Třetíruka.cz, dostupné z: <http://www.tretiruka.cz/news/csu-mnozstvi-trideneho-odpadu-stagnuje/>
- [6] Politika druhotných surovin ČR, Politika druhotných surovin České republiky schválená vládou ČR dne 15.9.2014, dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument153352.html>
- [7] Český statistický úřad, dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/2014edicniplan.nsf/p/280020-14>
- [8] Limitní hodnoty při posouzení environmentálních rizik recyklovaného kameniva, Ondřej Vrbík, Vladimíra Vytlačilová, Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice Recycling 2013; dostupné z: http://www.arasm.cz/dok/Sbornik_RECYCLING_2013.pdf
- [9] Předpis č. 294/2005 Sb. Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, dostupné z: [http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/96F060C6A3D87823C125708F00317B16/\\$file/294-05%20-%20odpady%20na%20skl%C3%A1dky.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/96F060C6A3D87823C125708F00317B16/$file/294-05%20-%20odpady%20na%20skl%C3%A1dky.pdf)
- [10] Časopis Silnice Železnice, Recyklace vzniklé stavební suti s možností jejího využití, prof. Ing. Miloslav Novotný, CSc., dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/recyklace-vznikle-stavebni-suti-s-moznosti-jejeho-vyuziti/>
- [11] Základní druhy recyklátů a možnosti jejich využití + jakostní normy, dostupné z: <http://www.betonsrver.cz/druhy-recyklatu>

- [12] The Cement Sustainability Initiative, dostupné z:
www.wbcscement.org/pdf/CSI-RecyclingConcrete-FullReport.pdf
- [13] AZS 98, s.r.o., Recyklace stavebního odpadu, dostupné z:
www.azs98.cz/recyklace-stav-odpadu/recyklat/
- [14] IRCOW project, Innovative Strategies for High-Grade Material Recovery from Construction and Demolition Waste, dostupné z:
<http://www.ircow.eu/Downloads.aspx?menuid=m-4>
- [15] VTT Technical Research Centre of Finland, Reuse of recycled aggregates and other C&D wastes, dostupné z: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2012/VTT-R-05984-12.pdf>
- [16] Mikulíková P., Diplomová práce, Nestmelené a stmelené směsi z betonového recyklátu dálnice D1 (2014)
- [17] Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste, dostupné online z:
www.google.com/books
- [18] Dufonev a.s., dostupné z: http://www.dufonev.cz/popis_recyklatu.php
- [19] Bozpinco.cz, dostupné z: <http://www.bozpinco.cz/win/tisk.html?clanek=5285479>
- [20] PSP Engineering a.s, dostupné z: <http://www.pspeng.cz/Brochures.aspx>
- [21] INGÉS spol. s r.o., dostupné z:
<http://www.ingespraha.cz/produkty-2/extec-2/>
- [22] WAMAG s.r.o., dostupné z:
<http://www.wamag.cz/17-zavesne-permanentni-magneticke-separatory.html>
- [23] RESTA s.r.o., dostupné z:
<http://www.resta.cz/vyroba-drticich-a-tridicich-zarizeni/mobilni/tridici-jednotky.aspx>
- [24] ČSN EN 933-8 Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 8: Posouzení jemných částic - Zkouška ekvivalentu písku, 3/2000
- [25] ČSN EN 13285 Nestmelené směsi – Specifikace, 4/2011

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma třídění stavebního a demoličního odpadu

Obrázek 2 Schéma čelistového drtiče

Obrázek 3 Schéma kuželového drtiče

Obrázek 4 Mobilní kuželový drtič

Obrázek 5 Schéma odrazového drtiče

Obrázek 6 Schéma válcového drtiče

Obrázek 7 Závěsný magnetický separátor

Obrázek 8 Mobilní třídící linka odrazového drtiče

Obrázek 9 Procentuální zastoupení recyklovaného kameniva z celkového množství použitého kameniva

Obrázek 10 Frakce betonového recyklátu

Obrázek 11 Hrubé přírodní kamenivo Bílý Kámen 8/11

Obrázek 12 Betonový recyklát Rybitví 0/80

Obrázek 13 Betonový recyklát DUFONEV 0/32

Obrázek 14 Betonový recyklát D1 0/22,4 – čelistový drtič

Obrázek 15 Betonový recyklát D1 0/22,4 – kuželový drtič

Obrázek 16 Čára zrnitosti Rybitví 0/80

Obrázek 17 Čára zrnitosti DUFONEV 0/32

Obrázek 18 Čára zrnitosti Bílý Kámen 0/22,4

Obrázek 19 Čára zrnitosti D1 0/22,4 – kuželový drtič

Obrázek 20 Čára zrnitosti D1 0/22,4 – čelistový drtič

Obrázek 21 Srovnání čar zrnitosti na zkušebních vzorcích

Obrázek 22 Síťový rozbor recyklovaného kameniva

Obrázek 23 Tvarový index recyklovaného kameniva D1 0/22,4 – kuželový drtič

Obrázek 24 Srovnání tvarových indexů na zkušebních vzorcích

Obrázek 25 Zkouška ekvivalentu písku

Obrázek 26 Použité chemikálie pro ekvivalent písku

Obrázek 27 Měření výšky h_1 a h_2 pro zkoušku ekvivalent písku

Obrázek 28 Srovnání ekvivalentů písku na zkušebních vzorcích

Obrázek 29 Otlukový buben Los Angeles

Obrázek 30 Otlukový buben Los Angeles

Obrázek 31 Srovnání výsledků zkoušky Los Angeles na zkušebních vzorcích

Obrázek 32 Srovnání výsledků zkoušky stanovení objemové hmotnosti zrn z Rybitví 0/80

Obrázek 33 Srovnání výsledků zkoušky stanovení nasákavosti recyklovaného kameniva Rybitví 0/80

Obrázek 34 Srovnání výsledků zkoušky stanovení objemové hmotnosti zrn DUFONEV 0/32

Obrázek 35 Srovnání výsledků zkoušky stanovení nasákavosti recyklovaného kameniva DUFONEV 0/32

Obrázek 36 Srovnání výsledků zkoušky stanovení objemové hmotnosti zrn Bílý Kámen 0/22,4

Obrázek 37 Srovnání výsledků zkoušky stanovení nasákavosti přírodního kameniva Bílý Kámen 0/22,4

Obrázek 38 Srovnání výsledků zkoušky stanovení objemové hmotnosti zrn D1 0/22,4

Obrázek 39 Srovnání výsledků zkoušky stanovení nasákavosti recyklovaného kameniva D1 0/22,4

Obrázek 40 Pyknometr s frakcí 0/0,063 mm

Obrázek 41 Temperace na teplotu 25°C

Obrázek 42 Odtranění bublin ve vakuu

Obrázek 43 Zkouška dosažení povrchového osušení

Obrázek 44 Kužel signalizující vhodné osušení

Obrázek 45 Srovnání výsledků zkoušky stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování na zkušebních vzorcích

Obrázek 46 Zkouška odolnosti proti zmrazování a rozmrazování

Obrázek 47 Srovnání objemové hmotnosti recyklátu z drceného betonu

Obrázek 48 Srovnání hmotnosti z recyklátu

Obrázek 49 Obor zrnitosti kameniva dle ČSN EN 13242 + A1 pro vrstvy stmelené cementem

Obrázek 50 Obor zrnitosti pro směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy – typ 1

Obrázek 51 Obor zrnitosti pro směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy – typ 2

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vývoj produkce podnikových odpadů v ČR

Tabulka 2 Složení produkce podnikových odpadů v roce 2013 v ČR

Tabulka 3 Způsob nakládání s odpady v ČR

Tabulka 4 Produkce minerálních stavebních a demoličních odpadů v roce 2013

Tabulka 5 Způsoby nakládání s minerálními stavebními a demoličními odpady v roce 2013

Tabulka 6 Požadavky na výsledky ekotoxikologických testů, dle předpisu č. 294/2005 Sb. Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

Tabulka 7 Nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů pro jednotlivé třídy vyluhovatelnosti, dle předpisu č. 294/2005 Sb. Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

Tabulka 8 Nejvýše přípustné koncentrace škodlivin v sušině odpadů, dle předpisu č. 294/2005 Sb. Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

Tabulka 9 Výkupní cena stavebního a demoličního odpadu firmy SETRA, spol. s.r.o., ceny jsou uvedeny bez DPH

Tabulka 10 Tab. Prodejní cena betonového recyklátu firmy SETRA, spol. s.r.o., ceny jsou uvedeny bez DPH

Tabulka 11 Tab. Prodejní cena přírodního kameniva firmy Heidelbergcement, ceny jsou uvedeny bez DPH

Tabulka 12 Sítový rozbor Rybitví 0/80

Tabulka 13 Sítový rozbor DUFONEV 0/32

Tabulka 14 Sítový rozbor Bílý Kámen 0/22,4

Tabulka 15 Sítový rozbor D1 0/22,4 – kuželový drtič

Tabulka 16 Sítový rozbor D1 0/22,4 – čelistový drtič

Tabulka 17 Tvarový index SI v %

Tabulka 18 Zkouška ekvivalentu písku

Tabulka 19 Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva Rybitví 0/80

Tabulka 20 Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva DUFONEV 0/32

Tabulka 21 Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva D1 0/22,4

Tabulka 22 Stanovení odolnosti proti drcení metodou Los Angeles

Tabulka 23 Stanovení objemové hmotnost zrn a nasákavosti kameniva Rybitví 0/80

Tabulka 24 Stanovení objemové hmotnost zrn a nasákavosti kameniva Dufonev 0/32

Tabulka 25 Stanovení objemové hmotnost zrn a nasákavosti přírodního kameniva Bílý Kámen 0/22,4

Tabulka 26 Stanovení objemové hmotnost zrn a nasákavosti kameniva D1 0/22,4

Tabulka 27 Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování

Tabulka 28 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na zrnitost směsi kameniva

Tabulka 29 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na zrnitost hrubého kameniva frakce 32/63 pro prolévané vrstvy

Tabulka 30 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na zrnitost hrubého kameniva frakce 8/16 pro prolévané vrstvy

Tabulka 31 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13043 – požadavky na zrnitost směsi kameniva pro prolévané vrstvy

Tabulka 32 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na zrnitost drobného kameniva frakce 0/4 pro prolévané vrstvy

Tabulka 33 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na tvarový index

Tabulka 34 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13043 – požadavky na tvarový index

Tabulka 35 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na obsah jemných částic

Tabulka 36 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13043 – požadavky na obsah jemných částic

Tabulka 37 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na odolnost proti drcení

Tabulka 38 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13043 – požadavky na odolnost proti drcení

Tabulka 39 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky obsah složek v hrubém recyklovaném kamenivu

Tabulka 40 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky pro max. hodnotu nasákavosti vodou

Tabulka 41 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13043 – požadavky pro max. hodnotu nasákavosti vodou

Tabulka 42 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13242 + A1 – požadavky na odolnost proti zmrazování a rozmrazování

Tabulka 43 Požadavky dle normy dle ČSN EN 13043 – požadavky na odolnost proti zmrazování a rozmrazování

Tabulka 44 Požadavky na směs kameniva pro vibrovaný štěrku VŠ

Tabulka 45 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro vrstvu z vibrovaného štěrku

Tabulka 46 Požadavky na směs kameniva pro nestmelené směsi MZK, MZKO, ŠD_A, ŠP_A, ŠD_B, ŠP_B

Tabulka 47 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro nestmelené směsi MZK, MZKO, ŠD_A, ŠP_A, ŠD_B, ŠP_B

Tabulka 48 Požadavky na směs kameniva z drceného betonu

Tabulka 49 Požadavky na kamenivo pro vrstvy stmelené cementem

Tabulka 50 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro směsi stmelené cementem

Tabulka 51 Požadavky na kamenivo pro vrstvy stmelené hydraulickými silničními pojivy

Tabulka 52 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy

Tabulka 53 Požadavky na kamenivo pro prolévané vrstvy – vrstva štěrku částečně vyplněného cementovou maltou

Tabulka 54 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro prolévané vrstvy – vrstva štěrku částečně vyplněného cementovou maltou

Tabulka 55 Požadavky na kamenivo pro prolévané vrstvy – vrstva penetrační makadam

Tabulka 56 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro prolévané vrstvy – vrstva penetrační makadam

Tabulka 57 Požadavky na kamenivo pro prolévané vrstvy – vrstva asfaltocementového betonu

Tabulka 58 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro prolévané vrstvy – vrstva asfaltocementového betonu

Tabulka 59 Požadavky na kamenivo pro prolévané vrstvy – vrstva kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí

Tabulka 60 Výsledné hodnoty zkoušeného kameniva pro prolévané vrstvy – vrstva kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí

PŘÍLOHY – PROTOKOLY ZKOUŠEK

Stanovení zrnitosti – Síťový rozbor

BETONOVÝ RECYKLÁT RYBITVÍ 0/80

Norma: ČSN EN 933-1

Teplota vzduchu: 22°C

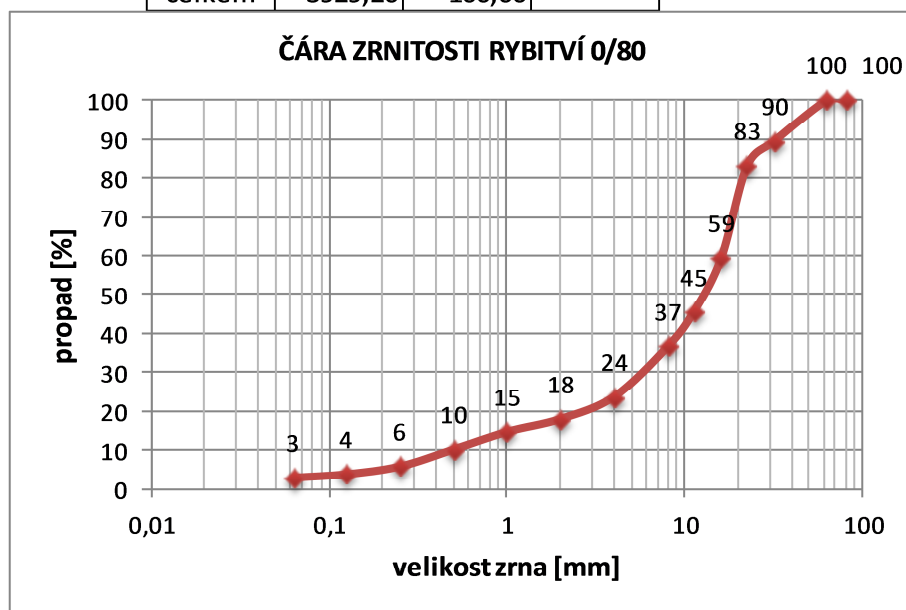
Datum: 11/2014

Teplota sušení: 110 °C

Frakce: 0/80

Metoda: Praní a prosévání

průměr oka	Zbytek na síť [g]	propad hm. [%]	propad hm. [%]
d [mm]	[g]	[%]	[%]
80	0,00	0,0	100
63	0,00	0,0	100
32	412,10	10,5	90
22,4	254,30	6,5	83
16	932,20	23,7	59
11,2	545,60	13,9	45
8	348,10	8,9	37
4	506,90	12,9	24
2	225,80	5,7	18
1	129,50	3,3	15
0,5	177,10	4,5	10
0,25	171,10	4,4	6
0,125	79,10	2,0	4
0,063	35,10	0,9	2,9
< 0,063	112,30	2,9	
celkem	3929,20	100,00	



Stanovení zrnitosti – Sítový rozbor

BETONOVÝ RECYKLÁT DUFONEF 0/32

Norma: ČSN EN 933-1

Datum: 11/2014

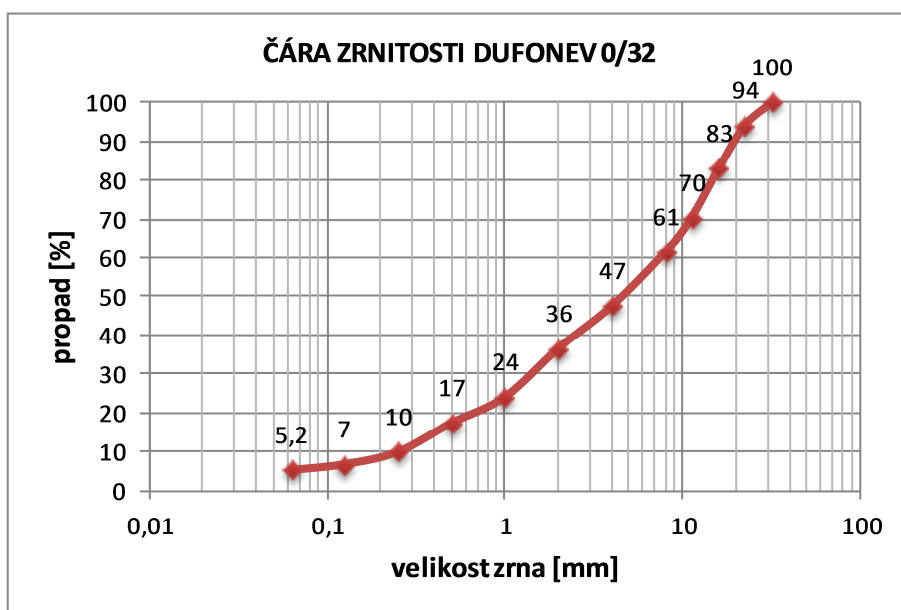
Frakce: 0/32

Metoda: Praní a prosévání

Teplota vzduchu: 22°C

Teplota sušení: 110 °C

průměr oka	Zbytek na síťě		propad hm.
d [mm]	[g]	[%]	[%]
32	0,00	0,0	100
22,4	217,30	6,0	94
16	397,90	11,0	83
11,2	461,20	12,7	70
8	317,30	8,8	61
4	506,90	14,0	47
2	398,10	11,0	36
1	452,50	12,5	24
0,5	242,10	6,7	17
0,25	268,10	7,4	10
0,125	114,90	3,2	7
0,063	53,90	1,5	5,2
< 0,063	188,60	5,2	
celkem	3618,80	100,0	



Stanovení zrnitosti – Sítový rozbor

PŘÍRODNÍ KAMENIVO BÍLÝ KÁMEN 0/22

Norma: ČSN EN 933-1

Datum: 11/2014

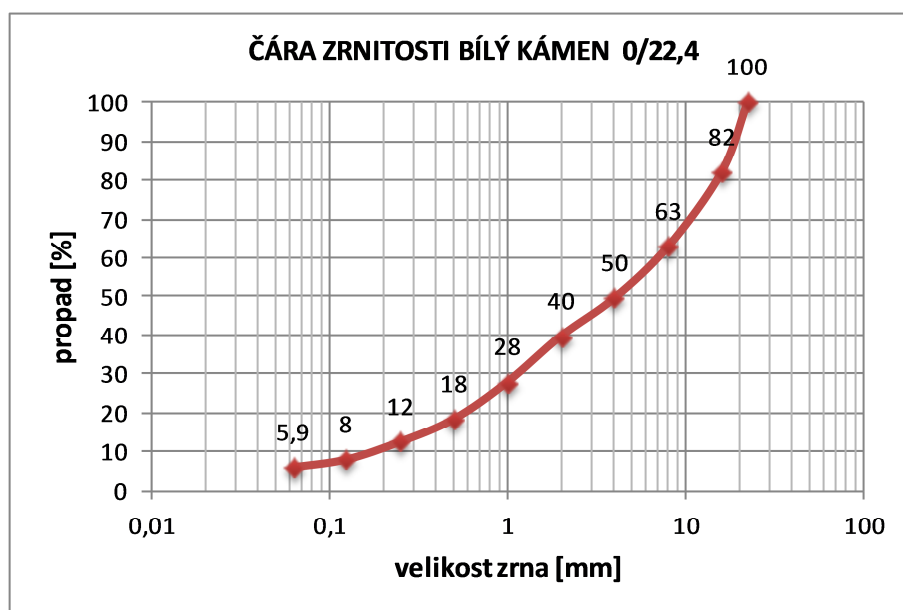
Frakce: 0/22

Metoda: Praní a prosévání

Teplota vzduchu: 22°C

Teplota sušení: 110°C

průměr oka	Zbytek na síť		propad hm.
d [mm]	[g]	[%]	[%]
22,4	0,00	0,0	100
16	17,80	18,0	82
8	18,90	19,1	63
4	13,20	13,3	50
2	9,80	9,9	40
1	11,70	11,8	28
0,5	9,40	9,5	18
0,25	5,80	5,9	12
0,125	4,50	4,6	8
0,063	2,00	2,0	5,9
< 0,063	5,80	5,9	
celkem	98,90	100,00	



Stanovení zrnitosti – Síťový rozbor

BETONOVÝ RECYKLÁT DÁLNIČE D1 0/22,4 - kuželový drtič

Norma: ČSN EN 933-1

Teplota vzduchu: 22°C

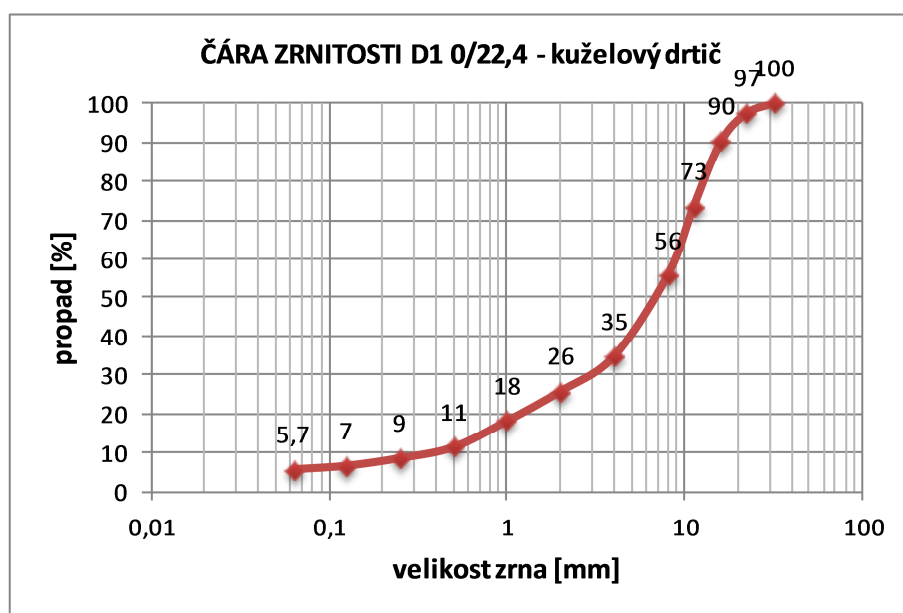
Datum: 12/2014

Teplota sušení: 110 °C

Frakce: 0/22,4

Metoda: Praní a prosévání

průměr oka	Zbytek na síťě		propad hm.
d [mm]	[g]	[%]	[%]
32	0,00	0,0	100
22,4	99,60	2,5	97
16	284,40	7,2	90
11,2	661,30	16,8	73
8	699,00	17,7	56
4	826,60	21,0	35
2	355,70	9,0	26
1	299,50	7,6	18
0,5	266,10	6,8	11
0,25	110,60	2,8	9
0,125	77,60	2,0	7
0,063	36,00	0,9	5,7
< 0,063	223,00	5,7	
celkem	3939,40	100,0	



Stanovení zrnitosti – Sítový rozbor

BETONOVÝ RECYKLÁT DÁLNICE D1 0/22,4 - čelistový drtič

Norma: ČSN EN 933-1

Datum: 12/2014

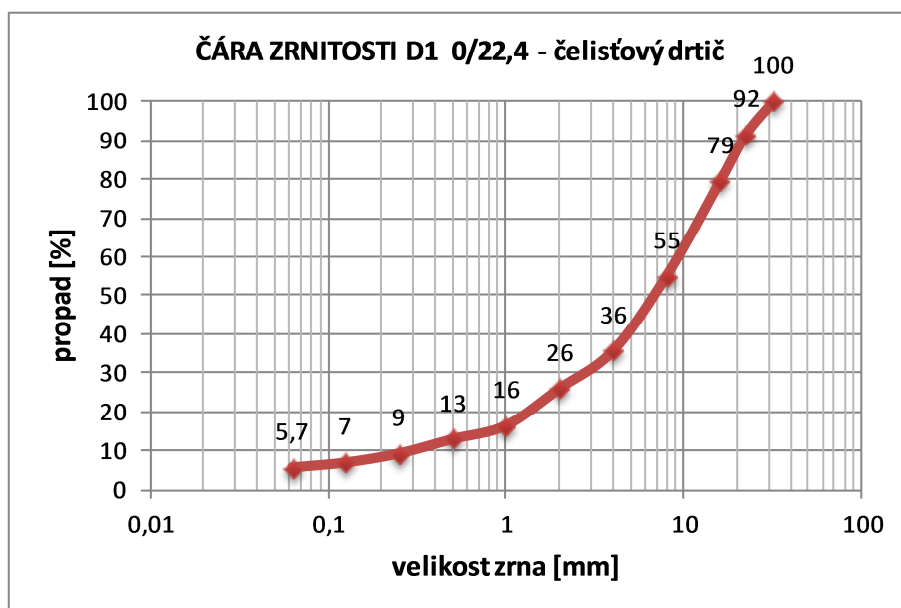
Frakce: 0/22,4

Metoda: Praní a prosévání

Teplota vzduchu: 22°C

Teplota sušení: 110 °C

průměr oka	Zbytek na sítě		propad hm.
d [mm]	[g]	[%]	[%]
32	0,00	0,0	100
22,4	312,40	8,5	92
16	445,60	12,1	79
8	901,20	24,4	55
4	716,90	19,4	36
2	358,90	9,7	26
1	350,60	9,5	16
0,5	129,40	3,5	13
0,25	135,80	3,7	9
0,125	85,30	2,3	7
0,063	46,10	1,2	5,7
< 0,063	209,80	5,7	
celkem	3692,00	100,0	



Stanovení tvaru zrn – Tvarový index

BETONOVÝ RECYKLÁT RYBITVÍ 0/80

Norma: ČSN EN 933-4	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	
Frakce: 8/16	

Hmotnost zkušební navážky	M ₁	680 [g]
Hmotnost nekubických zrn	M ₂	139 [g]
Hmotnost kubických zrn	M ₃	541 [g]
Tvarový index SI		20

Stanovení tvaru zrn – Tvarový index

BETONOVÝ RECYKLÁT DUFONEF 0/32

Norma: ČSN EN 933-4

Teplota vzduchu: 22°C

Datum: 11/2014

Frakce: 8/16

Hmotnost zkušební navážky

M_1 1368 [g]

Hmotnost nekubických zrn

M_2 136 [g]

Hmotnost kubických zrn

M_3 834 [g]

Tvarový index SI

10

Stanovení tvaru zrn – Tvarový index

PŘÍRODNÍ KAMENIVO BÍLÝ KÁMEN 0/22,4

Norma: ČSN EN 933-4	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	
Frakce: 8/11	

Hmotnost zkušební navážky	M ₁	400 [g]
Hmotnost nekubických zrn	M ₂	28 [g]
Hmotnost kubických zrn	M ₃	371 [g]
Tvarový index SI		7

Stanovení tvaru zrn – Tvarový index

BETONOVÝ RECYKLÁT DÁLNIČE D1 0/22,4 - kuželový drtič

Norma: ČSN EN 933-4	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 12/2014	
Frakce: 8/16	

Hmotnost zkušební navážky	M ₁	400 [g]
Hmotnost nekubických zrn	M ₂	29 [g]
Hmotnost kubických zrn	M ₃	371 [g]
Tvarový index SI		7

Stanovení tvaru zrn – Tvarový index

BETONOVÝ RECYKLÁT DÁLNIČE D1 0/22,4 - čeliťový drtič

Norma: ČSN EN 933-4

Teplota vzduchu: 22°C

Datum: 12/2014

Frakce: 8/16

Hmotnost zkušební navážky

M_1 400 [g]

Hmotnost nekubických zrn

M_2 88 [g]

Hmotnost kubických zrn

M_3 313 [g]

Tvarový index SI

22

Posouzení jemných částic - Zkouška ekvivalentu písku

BETONOVÝ RECYKLÁT RYBITVÍ 0/80

Norma: ČSN EN 933-8	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	Vlhkost vzorku: <2%
Frakce: 0/2	

Vzorek č. 1

Výška horní hladiny koloidního roztoku od dna odměr. válce	h_1	8,95 [cm]
Výška usazeniny	h_2	7,3 [cm]
Hodnota ekvivalentu písku	SE	81,6

Vzorek č. 2

Výška horní hladiny koloidního roztoku od dna odměr. válce	h_1	9,75 [cm]
Výška usazeniny	h_2	7,7 [cm]
Hodnota ekvivalentu písku	SE	79,0

Výsledná hodnota ekvivalentu písku	SE	80
---	-----------	-----------

Posouzení jemných částic - Zkouška ekvivalentu písku

BETONOVÝ RECYKLÁT DUFONEF 0/32

Norma: ČSN EN 933-8	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	Vlhkost vzorku: <2%
Frakce: 0/2	

Vzorek č. 1

Výška horní hladiny koloidního roztoku od dna odměr. válce	h_1	10,85 [cm]
Výška usazeniny	h_2	5,45 [cm]
Hodnota ekvivalentu písku	SE	50,2

Vzorek č. 2

Výška horní hladiny koloidního roztoku od dna odměr. válce	h_1	11,35 [cm]
Výška usazeniny	h_2	5,45 [cm]
Hodnota ekvivalentu písku	SE	48,0

Hodnota ekvivalentu písku	SE	49
----------------------------------	-----------	-----------

Posouzení jemných částic - Zkouška ekvivalentu písku

PŘÍRODNÍ KAMENIVO BÍLÝ KÁMEN 0/22,4

Norma: ČSN EN 933-8	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	Vlhkost vzorku: <2%
Frakce: 0/2	

Vzorek č. 1

Výška horní hladiny koloidního roztoku od dna odměr. válce	h_1	14,7 [cm]
Výška usazeniny	h_2	7,55 [cm]
Hodnota ekvivalentu písku	SE	51,4

Vzorek č. 2

Výška horní hladiny koloidního roztoku od dna odměr. válce	h_1	15,65 [cm]
Výška usazeniny	h_2	7,3 [cm]
Hodnota ekvivalentu písku	SE	46,6

Hodnota ekvivalentu písku	SE	49
----------------------------------	-----------	-----------

Posouzení jemných částic - Zkouška ekvivalentu písku

BETONOVÝ RECYKLÁT DÁLNIČE 0/22,4 D1

Norma: ČSN EN 933-8	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 12/2014	Vlhkost vzorku: <2%
Frakce: 0/2	

Vzorek č. 1

Výška horní hladiny koloidního roztoku od dna odměr. válce	h_1	9,7 [cm]
Výška usazeniny	h_2	8,23 [cm]
Hodnota ekvivalentu písku	SI	84,8

Vzorek č. 2

Výška horní hladiny koloidního roztoku od dna odměr. válce	h_1	10,7 [cm]
Výška usazeniny	h_2	8,37 [cm]
Hodnota ekvivalentu písku	SE	78,2

Hodnota ekvivalentu písku SE 82

Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva

BETONOVÝ RECYKLÁT RYBITVÍ 0/80

Norma: ČSN EN 933-11	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	Teplota sušení T: 45 °C
Frakce: 0/80	

Hmotnost v sušárně vysušeného vzorku	M_0	2905 [g]
Hmotnost částic na síť 63 mm	M_{63}	0 [g]
Hmotnost částic na síť 4 mm	M_4	1644 [g]
Hmotnost zkušební navážky	M_1	1209 [g]
Hmotnost neplovoucích částic	M_2	1103,8 [g]
Hmotnost redukováného zbytku neplovoucích částic	M_3	1084,6 [g]
Objem plovoucích částic	F_{FL}	<1 [cm ³ /kg]

Složka			Podíly
X	M_x	0,3 [g]	0,02 [%]
Rc	M_{Rc}	0 [g]	0,00 [%]
Ru	M_{Ru}	0 [g]	0,00 [%]
Rb	M_{Rb}	3,3 [g]	0,28 [%]
Ra	M_{Ra}	15 [g]	1,26 [%]
Rg	M_{Rg}	0,6 [g]	0,05 [%]

Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva

BETONOVÝ RECYKLÁT DUFONEF 0/32

Norma: ČSN EN 933-11	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	Teplota sušení T: 45 °C
Frakce: 0/32	

Hmotnost v sušárně vysušeného vzorku	M_0	2856 [g]
Hmotnost částic na síti 63 mm	M_{63}	0 [g]
Hmotnost částic na síti 4 mm	M_4	1149 [g]
Hmotnost zkušební navážky	M_1	1707 [g]
Hmotnost neplovoucích částic	M_2	1642 [g]
Hmotnost redukovaného zbytku neplovoucích částic	M_3	1599,5 [g]
Objem plovoucích částic	F_{FL}	<1 [cm ³ /kg]

Složka		Podíly	
X	M_x	1,1 [g]	0,06 [%]
Rc	M_{Rc}	0 [g]	0,00 [%]
Ru	M_{Ru}	0 [g]	0,00 [%]
Rb	M_{Rb}	20,1 [g]	1,21 [%]
Ra	M_{Ra}	21,3 [g]	1,28 [%]
Rg	M_{Rg}	0 [g]	0,00 [%]

Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva

BETONOVÝ RECYKLÁT DÁLNICE 0/22,4 D1

Norma: ČSN EN 933-11	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	Teplota sušení T: 45 °C
Frakce: 0/22,4	

Hmotnost v sušárně vysušeného vzorku	M_0	2567 [g]
Hmotnost částic na síti 63 mm	M_{63}	0 [g]
Hmotnost částic na síti 4 mm	M_4	750 [g]
Hmotnost zkušební navážky	M_1	1814,8 [g]
Hmotnost neplovoucích částic	M_2	0 [g]
Hmotnost redukovaného zbytku neplovoucích částic	M_3	0,0 [g]
Objem plovoucích částic	F_{FL}	<1 [cm ³ /kg]

Složka			Podíly
X	M_x	0 [g]	0,00 [%]
Rc	M_{Rc}	0 [g]	0,00 [%]
Ru	M_{Ru}	0 [g]	0,00 [%]
Rb	M_{Rb}	0 [g]	0,00 [%]
Ra	M_{Ra}	0 [g]	0,00 [%]
Rg	M_{Rg}	0 [g]	0,00 [%]

Stanovení odolnosti proti drcení

BETONOVÝ RECYKLÁT RYBITVÍ 0/80

Norma: ČSN EN 1097-2

Teplota vzduchu: 22°C

Datum: 11/2014

Frakce: 10/14

Hmotnost zkušební navážky (5000±5) [g]

Hmotnost zkušebních ocelových koulí 4690-4860 [g]

Hmotnost zůstatku na zkušební síti 1,6 mm 2992 [g]

Součinitel Los Angeles 40 %

Deklarace / Kategorie LA₄₀

Stanovení odolnosti proti drcení

BETONOVÝ RECYKLÁT DUFONEF 0/32

Norma: ČSN EN 1097-2

Teplota vzduchu: 22°C

Datum: 11/2014

Frakce: 10/14

Hmotnost zkušební navážky (5000±5) [g]

Hmotnost zkušebních ocelových koulí 4690-4860 [g]

Hmotnost zůstatku na zkušební síti 1,6 mm 3009 [g]

Součinitel Los Angeles 40 %

Deklarace / Kategorie LA₄₀

Stanovení odolnosti proti drcení

PŘÍRODNÍ KAMENIVO BÍLÝ KÁMEN 0/22,4

Norma: ČSN EN 1097-2

Teplota vzduchu: 22°C

Datum: 11/2014

Frakce: 4/8

Hmotnost zkušební navážky	(5000±5) [g]
Hmotnost zkušebních ocelových koulí	3410-3540 [g]
Hmotnost zůstatku na zkušební síti 1,6 mm	3778 [g]
Součinitel Los Angeles	24 %

Stanovení odolnosti proti drcení

BETONOVÝ RECYKLÁT DÁLNICE D1 0/22,4

Norma: ČSN EN 1097-2

Teplota vzduchu: 22°C

Datum: 12/2014

Frakce: 10/14

Hmotnost zkušební navážky (5000±5) [g]

Hmotnost zkušebních ocelových koulí 4690-4860 [g]

Hmotnost zůstatku na zkušební síti 1,6 mm 3358,5 [g]

Součinitel Los Angeles 33 %

Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti

BETONOVÝ RECYKLÁT RYBITVÍ 0/80

Norma: ČSN EN 1097-6	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	
Frakce: 0,063/4	

Hmotnost vodou nasyceného a povrchově osušeného kameniva	M_1	825,9 [g]
Hmotnost pyknometru obsahující vzorek kameniva nasyceného vodou	M_2	2495 [g]
Hmotnost pyknometru naplněného pouze vodou	M_3	2013,14 [g]
Hmotnost v sušárně vysušené navážky	M_4	771,8 [g]
Hustota vody při 25 °C	ρ_w	0,997 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	2,65 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	2,24 [g]
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. usušených	ρ_{ssd}	2,39 [g]
Nasákavost	WA_{24}	7,01 [%]

Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti

BETONOVÝ RECYKLÁT RYBITBVÍ 0/80

Norma: ČSN EN 1097-6	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	
Frakce: 4/31,5	

Hmotnost vodou nasyceného a povrchově osušeného kameniva	M_1	1012 [g]
Hmotnost pyknometru obsahující vzorek kameniva nasyceného vodou	M_2	2601,9 [g]
Hmotnost pyknometru naplněného pouze vodou	M_3	2013,14 [g]
Hmotnost v sušárně vysušené navážky	M_4	955,4 [g]
Hustota vody při 25 °C	ρ_w	0,997 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	2,60 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	2,25 [g]
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. usušených	ρ_{ssd}	2,38 [g]
Nasákavost	WA_{24}	5,92 [%]

Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti

BETONOVÝ RECYKLÁT RYBITBVÍ 0/80

Norma: ČSN EN 1097-6	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	Teplota vody: 25°C
Frakce: 31,5/63	

Hmotnost vodou nasyceného a povrchově osušeného kameniva	M_1	506,9 [g]
Hmotnost vzorku nasyceného kameniva ponořeného ve vodě	M_2	667,8 [g]
Hmotnost prázdného koše	M_3	371,8 [g]
Hmotnost zkušební navážky na vzduchu, vysušené	M_4	498,8 [g]
Hustota vody při 25 °C	ρ_w	0,997 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	2,45 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	2,36 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. usušených	ρ_{ssd}	2,40 [Mg/m ³]
Nasákavost	WA_{24}	1,62 [%]

Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti

BETONOVÝ RECYKLÁT DUFONEF 0/32

Norma: ČSN EN 1097-6	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	
Frakce: 0,063/4	

Hmotnost vodou nasyceného a povrchově osušeného kameniva	M_1	1077 [g]
Hmotnost pyknometru obsahující vzorek kameniva nasyceného vodou	M_2	2623,7 [g]
Hmotnost pyknometru naplněného pouze vodou	M_3	2009,51 [g]
Hmotnost v sušárně vysušené navážky	M_4	979 [g]
Hustota vody při 25 °C	ρ_w	0,997 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	2,68 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	2,11 [g]
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. usušených	ρ_{ssd}	2,32 [g]
Nasákavost	WA_{24}	10,01 [%]

Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti

BETONOVÝ RECYKLÁT DUFONEF 0/32

Norma: ČSN EN 1097-6	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	
Frakce: 4/31,5	

Hmotnost vodou nasyceného a povrchově osušeného kameniva	M_1	1035 [g]
Hmotnost pyknometru obsahující vzorek kameniva nasyceného vodou	M_2	2612,6 [g]
Hmotnost pyknometru naplněného pouze vodou	M_3	2009,51 [g]
Hmotnost v sušárně vysušené navážky	M_4	977,6 [g]
Hustota vody při 25 °C	ρ_w	0,997 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	2,60 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	2,26 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. usušených	ρ_{ssd}	2,39 [Mg/m ³]
Nasákavost	WA_{24}	5,87 [%]

Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti

PŘÍRODNÍ KAMENIVO BÍLY KÁMEN 0/22,4

Norma: ČSN EN 1097-6	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	
Frakce: 0,063/4	

Hmotnost vodou nasyceného a povrchově osušeného kameniva	M_1	948,3 [g]
Hmotnost pyknometru obsahující vzorek kameniva nasyceného vodou	M_2	2616 [g]
Hmotnost pyknometru naplněného pouze vodou	M_3	2006,7 [g]
Hmotnost v sušárně vysušené navážky	M_4	941,5 [g]
Hustota vody při 25 °C	ρ_w	0,997 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	2,83 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	2,77 [g]
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. usušených	ρ_{ssd}	2,79 [g]
Nasákavost	WA_{24}	0,72 [%]

Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti

PŘÍRODNÍ KAMENIVO BÍLY KÁMEN 0/22,4

Norma: ČSN EN 1097-6	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	
Frakce: 4/22,4	

Hmotnost vodou nasyceného a povrchově osušeného kameniva	M_1	1236 [g]
Hmotnost pyknometru obsahující vzorek kameniva nasyceného vodou	M_2	2777 [g]
Hmotnost pyknometru naplněného pouze vodou	M_3	2009,51 [g]
Hmotnost v sušárně vysušené navážky	M_4	1226 [g]
Hustota vody při 25 °C	ρ_w	0,997 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	2,67 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	2,61 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. usušených	ρ_{ssd}	2,63 [Mg/m ³]
Nasákavost	WA_{24}	0,82 [%]

Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti

BETONOVÝ RECYKLÁT DÁLNIČE D1 0/22,4

Norma: ČSN EN 1097-6	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 12/2014	
Frakce: 0,063/4	

Hmotnost vodou nasyceného a povrchově osušeného kameniva	M_1	891 [g]
Hmotnost pyknometru obsahující vzorek kameniva nasyceného vodou	M_2	2437,1 [g]
Hmotnost pyknometru naplněného pouze vodou	M_3	2013,14 [g]
Hmotnost v sušárně vysušené navážky	M_4	839,7 [g]
Hustota vody při 25 °C	ρ_w	0,997 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	2,01 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	1,79 [g]
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. usušených	ρ_{ssd}	1,90 [g]
Nasákavost	WA_{24}	6,11 [%]

Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti

BETONOVÝ RECYKLÁT DÁLNIČE D1 0/22,4

Norma: ČSN EN 1097-6	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 12/2014	
Frakce: 4/22,4	

Hmotnost vodou nasyceného a povrchově osušeného kameniva	M_1	1263,2 [g]
Hmotnost pyknometru obsahující vzorek kameniva nasyceného vodou	M_2	2745,8 [g]
Hmotnost pyknometru naplněného pouze vodou	M_3	2010,56 [g]
Hmotnost v sušárně vysušené navážky	M_4	1194,3 [g]
Hustota vody při 25 °C	ρ_w	0,997 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn	ρ_a	2,59 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost po vysušení v sušárně	ρ_{rd}	2,26 [Mg/m ³]
Objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrch. usušených	ρ_{ssd}	2,39 [Mg/m ³]
Nasákavost	WA_{24}	5,77 [%]

Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování

BETONOVÝ RECYKLÁT RYBITVÍ 0/80

Norma: ČSN EN 1367-1	Teplota vzduchu: 22 °C
Datum: 11/2014	Teplota sušení: 110 °C
Frakce: 4/8	

Hmotnost počáteční dílčí navážky	M ₁	2000 [g]
Konečná hmotnost navážky, která zůstala na síti 2 mm	M ₂	1935,6 [g]
Procentní úbytek hmotnosti	F	3

Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování

BETONOVÝ RECYKLÁT DUFONEV 0/32

Norma: ČSN EN 1367-1	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 11/2014	Teplota sušení: 110°C
Frakce: 4/8	

Hmotnost počáteční dílčí navážky	M_1	2000 [g]
Konečná hmotnost navážky, která zůstala na síti 2 mm	M_2	1928,8 [g]
Procentní úbytek hmotnosti	F	4

Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování

PŘÍRODNÍ KAMENIVO BÍLÝ KÁMEN 0/22,4

Norma: ČSN EN 1367-1
Datum: 11/2014
Frakce: 4/8

Teplota vzduchu: 22°C
Teplota sušení: 110°C

Hmotnost počáteční dílčí navážky	M_1	2000 [g]
Konečná hmotnost navážky, která zůstala na síťě 2 mm	M_2	1982,9 [g]
Procentní úbytek hmotnosti	F	1

Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování

BETONOVÝ RECYKLÁT DÁLNIČE D1 0/22,4

Norma: ČSN EN 1367-1	Teplota vzduchu: 22°C
Datum: 12/2014	Teplota sušení: 110 °C
Frakce: 4/8	

Hmotnost počáteční dílčí navážky	M_1	2000 [g]
Konečná hmotnost navážky, která zůstala na síť 2 mm	M_2	1955,8 [g]
Procentní úbytek hmotnosti	F	2