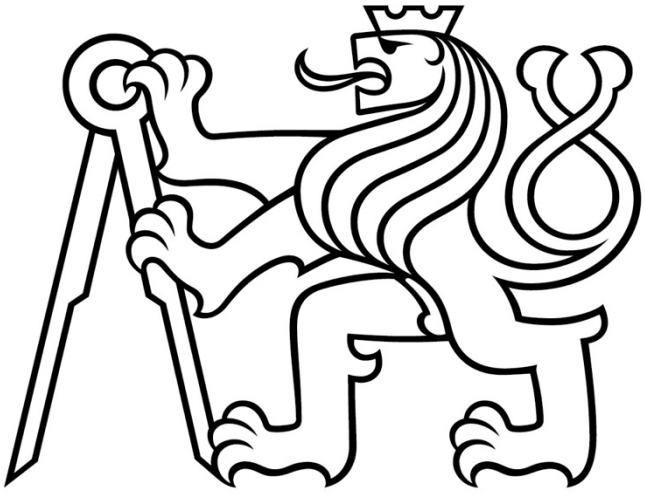
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



Bakalářská práce

Analytická studie porovnávající výsledné mechanické vlastnosti betonu vyrobených v laboratorních a průmyslových podmínkách

Vypracovala: Ing. Eva Prokopová, MBA

Studijní program – **STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ**

Studijní obor – **Konstrukce pozemních staveb**

Vedoucí práce: **Ing. Josef Fládr, PhD.**

Praha 2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Prokopová** Jméno: **Eva** Osobní číslo: **426350**

Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**

Zadávající katedra/ústav: **Katedra betonových a zděných konstrukcí**

Studijní program: **Stavební inženýrství**

Studijní obor: **Konstrukce pozemních staveb**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Analytická studie porovnávající výsledné mechanické vlastnosti betonu vyrobeného v laboratorních a průmyslových podmínkách

Název bakalářské práce anglicky:

Analytical study comparing resulting mechanical properties of laboratory made concrete and concrete produced in industrial conditions

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Josef Fládr, Ph.D., katedra betonových a zděných konstrukcí FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **20.02.2019** Termín odevzdání bakalářské práce: **05.01.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Josef Fládr, Ph.D. podpis vedoucí(ho) práce	podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry	prof. Ing. Jiří Máca, CSc. podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání	Podpis studentky

© ČVUT v Praze, Design: ČVUT v Praze, VIC

Prohlášení:

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

V Praze dne 5. ledna 2020

.....

Ing. Eva Prokopová, MBA

Abstrakt:

Bakalářská práce porovnává výsledné mechanické vlastnosti betonů vyrobených v laboratorních a průmyslových podmínkách. Práce je rozdělena na teoretickou a experimentální část. Teoretická část popisuje vlastnosti základních surovin pro výrobu betonu, stanovuje zásadní parametry ovlivňující výsledné vlastnosti ztvrdlého betonu a popisuje zásadní rozdíly při výrobě betonu v laboratorních a průmyslových podmínkách. Experimentální část je věnována výrobě betonových vzorků podle stejné receptury a ze stejných surovin v prostředí laboratoře a v prostředí betonárny a provedení zkoušek základních vlastností ztvrdlého betonu (objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku, pevnosti v příčném tahu, pevnosti v tahu ohybem a statického modulu pružnosti). Výsledky zkoušek z obou prostředí jsou porovnány mezi sebou a závěrem zhodnoceny s teoretickými předpoklady.

Klíčová slova: průmyslová výroba betonu, výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti

Abstract:

The bachelor thesis compares mechanical performance of concrete made in laboratory and industrial conditions. The work is divided into a theoretical part and an experimental part. The theoretical part describes the properties of the main components needed to make concrete, determines the key parameters that influence the final performance of hardened concrete, and describes the main differences when concrete is made in laboratory and industrial conditions. The experimental part is dedicated to the production of concrete test specimens, using the same formula and components, in the laboratory environment and the environment of a concrete plant, and the testing of the main performance of the hardened concrete (density, compressive strength, tensile splitting strength, flexural strength and secant modulus of elasticity in compression). The test results from the two different environments are compared and reviewed in context with the theoretical assumptions.

Keywords: manufacture of ready-mixed concrete, making and curing of specimens for strength tests

Poděkování:

Děkuji všem za jejich cenné podněty a připomínky, které mi pomohly při vypracování této práce. Ráda bych též poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Josefu Fládrovi, PhD. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, bez které by tato práce sotva mohla vzniknout. V neposlední řadě patří můj dík všem členům mé rodiny i okruhu přátel za jejich morální podporu, kterou mi poskytli v době, kdy jsem tuto práci zpracovávala.

V Praze dne 5. ledna 2020

.....

Ing. Eva Prokopová, MBA

1. Seznam použitých zkratek

Zkratka	Popis
ČSN	česká technická norma
ČSN P	česká předběžná technická norma
ČSN EN	evropská norma zahrnutá v systému ČSN
EN	evropská norma
laboratoř EC	technologická laboratoř Experimentálního centra, Fakulta stavební ČVUT v Praze
laboratoř K-133	laboratoř Katedry betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební ČVUT v Praze
betonárna Plazy	betonárna firmy HOFMAN – výroba a transport betonu, autodoprava s.r.o. působící v okrese Mladá Boleslav
CEM	cement podle EN 197-1
I,II, III, IV, V	druh cementu podle podílu příměsí
42,5	normová pevnost cementu po 28 dnech
R	cement s vysokými počátečními pevnostmi
D_{max}	největší zrno kameniva
S4	konzistence betonu dle sednutí kužele (Abrams)

2. Úvod

2.1. Právní rámec výroby betonu v ČR

Pro beton jako výrobek platí v ČR dvě základní legislativní skupiny předpisů, a to předpisy pro uvádění výrobků na trh a předpisy pro technické parametry betonu.

Základním národním předpisem pro uvádění výrobků na trh je zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, který nabyl účinnosti 1. září 1997 a následně byl novelizován celkem 20 změnami, z nichž poslední účinná změna je změna č. 265/2017 Sb. Novela zákona č. 277/2019 Sb. bude účinná až od 1.1.2022 a souvisí výhradně s další integrací mezinárodních smluv do českého právního řádu [1].

Z hlediska evropských právních předpisů, které jsou pro ČR závazné, základní požadavky pro uvádění stavebních výrobků na trh stanovuje nařízení evropského parlamentu a rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS. Nařízení se stalo součástí právního řádu ČR od 1. července 2013 a stanovuje pravidla, jak formulovat vlastnosti stavebních výrobků ve vztahu k jejich základním charakteristikám a jak u těchto produktů používat označení CE. Označení CE na výrobku vyjadřuje, že výrobek splňuje technické požadavky stanovené obecně závaznými předpisy a že byl při posouzení jeho shody dodržen stanovený postup. Nařízení také upravuje náležitosti dokumentu prohlášení o vlastnostech, které vydává výrobce regulovaného stavebního výrobku. Výrobce garantuje správnost údajů obsažených v prohlášení a nese za údaje obsažené v tomto prohlášení zodpovědnost [2].

Výrobky, které by mohly ve zvýšené míře ohrozit zdraví nebo bezpečnost osob, majetek, životní prostředí nebo jiný veřejný zájem, jsou regulovány technickými normami. Podmínky pro posuzování shody a posouzení systému řízení výroby betonu pevnostních tříd C12/15 a vyšších upravuje nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky se změnami č. 312/2005 Sb. a č. 215/2016 Sb. [3].

Základním předpisem stanovujícím technické parametry čerstvého a ztvrdlého betonu, způsob jejich stanovení a použitelnost pro prokazování shody je stanoven ČSN EN 206+A1 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda [4] a ČSN P 73 2404 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda – Doplňující informace [5]. Je nutné specifikovat beton jako typový beton nebo jako beton předepsaného složení. Ve své práci se věnuji výhradně typovému betonu, který jsme použili pro výrobu zkušebních vzorků v experimentální části práce. Mezi základní požadavky na typový beton patří: požadavek, aby beton vyhovoval ČSN EN 206+A1 [4]; třída pevnosti betonu v tlaku; stupeň vlivu prostředí; D_{max}; stupeň obsahu chloridů; a stupeň nebo určená hodnota konzistence.
Beton je zrnitý kompozitní výrobek z kameniva, které tvoří hlavní nosnou kostru, pojiva, kterým je především hydratovaný cement, vody a soustavy pórů. Všechny materiály použité pro jeho výrobu musí být schváleny pro použití v ČR. Výrobci jednotlivých materiálů vydávají pro každý druh materiálu vhodného pro výrobu betonu prohlášení o vlastnostech. Složky betonu nesmí obsahovat škodlivé látky v takovém množství, které by ohrozilo trvanlivost betonu nebo mohlo být příčinou koroze výztuže. Jelikož beton se vyrábí s použitím vedlejších energetických odpadních surovin (zejména popílku, škváry, strusky) a kameniva, které může obsahovat přírodní radionuklidy, musí výrobce betonu zajistit požadavek na ochranu obyvatelstva proti nebezpečnému radiačnímu záření ve smyslu zákona č. 263/2016 Sb.,

atomový zákon [6] a vyhlášky č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje [7]. Požadavky jsou rozděleny na stavby, ve kterých pobývají lidé, a na jiné stavby. Limitní hodnoty nesmí být překročeny. Nevyhovující výrobek nesmí být uveden do oběhu. Pro posouzení výrobku je rozhodující hodnota naměřená na hotovém výrobku (betonu), ne hodnoty jednotlivých složek betonu.

Před uvedením typového betonu na trh musí výrobce betonu objednat u akreditované laboratoře provedení průkazní zkoušky, kterou prokáže, že beton určitého složení při použití stejných materiálů a podmínek výroby betonu vyhoví technickým požadavkům na čerstvý a ztvrdlý beton. Specifikace typového betonu stanovené a vyzkoušené v akreditované laboratoři musí být průběžně kontrolovány na betonárně. Kontrolní zkoušky prováděné na zkušebních tělesech prokazují, že typový beton má shodné vlastnosti jako při průkazní zkoušce betonu [1] [2] [3]. Specifikace typového betonu je možné během výroby betonu na betonárně průběžně upravovat pouze odpovědným technologem betonárny a pouze v toleranci úprav povolených technickými normami, které se vztahují k výrobě betonu [4] [5].

Během výroby betonu je nezbytné sledovat statistiky prováděných zkoušek a při změně vnějších podmínek (např. jiné venkovní teplotě, době dopravy) je nutné dodržovat požadavky technologických parametrů (zejména konzistence). Minimální intervaly provádění zkoušek upravuje a vyžaduje ČSN EN 206+A1 [4], ale množství skutečně provedených zkoušek, si určí výrobce betonu, a to obvykle v závislosti na požadavcích zákazníků, důležitosti a náročnosti stavby, výsledků historických zkoušek typového betonu a normou povolených úprav specifikace.

2.2. Volba tématu bakalářské práce

Dle empirických zkoušek výroba v prostředí akreditované laboratoře a betonárny není stejná, a to i při dodržení stejných surovin a specifikace typového betonu. Do výroby betonu (zde je výroba myšlena v širším kontextu a zahrnuje i proces ošetřování betonu) vstupují další vlivy jako např. nestejnorodost vstupních materiálů, proměnlivé okolní podmínky (zejména nepříznivé vlivy počasí), přesnost vážení, technické atributy dalších zařízení (míchačky, vibrační nástroje, formy zkušebních těles, chladící komory a vany) a v neposlední řadě i lidský faktor, který se v procesu výroby betonu podílí na řadě úkonů. Všechny tyto faktory mohou výrobu betonu ovlivnit a mít tak vliv na výsledné fyzikálně-mechanické a trvanlivostní vlastnosti betonu, které není možné dopředu určit.

Z této premisy vychází i nutnost ověření specifikací typového betonu na betonárně v návaznosti na provedení průkazních zkoušek typového betonu v akreditované laboratoři. Certifikovaný systém řízení výroby betonu vyžaduje po výrobci betonu průběžně kontrolními zkouškami ověřovat, že beton má vlastnosti, které výrobce betonu zákazníkovi deklaruje v prohlášení o shodě [1]. Nicméně, výrobci betonu tak činí i z vlastních důvodů, protože v konkurenčním prostředí betonáren v ČR, hraje významnou roli ekonomika, a výrobce betonu se snaží typový beton vyrobit pomocí co možná nejekonomičtější a nejefektivněji fungující receptury. Výrobce betonu průběžně a pravidelně vyhodnocuje statistiky prováděných kontrolních zkoušek a aktivně reaguje na situace kdy vyrobený typový beton deklarované vlastnosti neplní s dostatečnou jistotou, ale i na situace kdy vyrobený typový beton by deklarované vlastnosti plnil až s příliš velkou jistotou.

Bakalářská práce porovnává výsledné mechanické vlastnosti betonu vyrobeného v laboratorních a průmyslových podmínkách. Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a experimentální část. Teoretická část popisuje vlastnosti základních surovin pro výrobu betonu, stanovuje zásadní parametry ovlivňující výsledné vlastnosti ztvrdlého betonu a popisuje zásadní rozdíly při výrobě betonu v laboratorních a průmyslových podmínkách. Experimentální část je věnována výrobě zkušebních vzorků podle stejné receptury a ze stejných surovin v prostředí laboratoře a v prostředí betonárny a provedení zkoušek základních vlastností ztvrdlého betonu (objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku, pevnosti v příčném tahu, pevnosti v tahu ohybem a statického modulu pružnosti).

Zkušební tělesa byla vyrobena v laboratoři EC a na betonárně Plazy. Všechna tělesa jsme vyzkoušeli na stejných zařízeních v laboratoři K-133 ve stáří 28 dní. Výsledky zkoušek z obou prostředí jsou v závěru mé práce porovnány mezi sebou a zhodnoceny s teoretickými předpoklady.

Obrázek 1: Betonárna Plazy

3. Teoretická část

3.1. Vlastnosti základních surovin pro výrobu betonu

Základní vstupní suroviny pro výrobu betonu jsou cement, hrubé a drobné kamenivo, voda, přísady a příměsi. Při vlastní výrobě betonu se používají různé druhy a množství těchto surovin, jejichž kombinace definují výsledné vlastnosti jednotlivých typů betonu jako např. pevnost v tlaku, pevnost v tahu ohybem, pevnost v příčném tahu, objemovou hmotnost, vodní součinitel, konzistenci, odolnost proti průsaku vody, modul pružnosti).

3.1.1. Cement

3.1.1.1. Popis a funkce materiálu v betonu

Cement je jemně mletý anorganický materiál, který se získává pálením (tzv. kalcinací při teplotě 1 450 °C) ze směsi vápence, jílu a železné rudy. Produktem z procesu kalcinace je portlandský slínek (hlavní složka cementu), který se při výrobě cementu dále jemně mele se sádrovcem a může být kombinován s dalšími aktivními složkami nebo chemickými příměsi k výrobě směsných cementů.

Výsledný jemně mletý prášek (cement) smíchaný s vodou vytváří hmotu (cementovou kaši), která v důsledku chemických hydratačních reakcí a procesů nejdříve tuhne a následně tvrdne v tzv. cementový kámen, který je schopen odolávat mechanickému namáhání a vyznačuje se pevností a stálostí na suchu i ve vodě.

Cement je považován za nejdůležitější složku betonu a celosvětově se řadí mezi nejpoužívanější stavební materiály. Má vynikající pevnost v tlaku a trvanlivost. Díky těmto vlastnostem se cement obecně řadí mezi stavební materiály s ekonomicky výhodným poměrem pevnosti v přepočtu na jednotkové náklady a životnost [8].

3.1.1.2. Klasifikace cementů

Jelikož cementy nejsou stejné a různé cementy (a to i při stejném vodním součiniteli a všech ostatních parametrech betonu) propůjčují betonu různé vlastnosti, je třeba cementy klasifikovat na základě jejich vlastností a jejich složení.

Cementy a jejich označení definuje technická norma ČSN EN 197-1 ed. 2 Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití [9], která určuje specifikace pro 39 cementů. Definice každého cementu zahrnuje poměry složek, jejichž kombinací je možno vyrobit určitou skupinu výrobků v rozsahu devíti pevnostních tříd. Definice zahrnuje rovněž požadavky na složky, které musí být splněny, a požadavky na mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti. Norma určuje kritéria shody a postupy pro jejich stanovení a uvádí nezbytné požadavky na trvanlivost. Výrobce cementu je každý měsíc povinen zveřejnit statistické hodnocení kvality a chemismu každého cementu, který vyrábí.

Složení každého z výrobků v souboru cementů pro obecné použití musí být v souladu s předepsaným procentuálním složením (poměry složek podle % hmotnosti) druhu hlavní

složky (portlandský slínek, vysokopecní struska, křemičitý úlet, přírodní a přírodní kalcinované pucolány, křemičitý a vápenatý popílek, kalcinovaná břidlice a vápenec) a doplňující složky.

Dle EN 197-1 [9] jsou cementy pro obecné použití rozděleny do 5 hlavních druhů cementu podle směsnosti takto:

- CEM I Portlandský cement – obsahuje portlandský slínek a maximálně 5 % doplňujících složek
- CEM II Portlandský cement směsný – obsahuje portlandský slínek a max. 35 % dalších složek
- CEM III Vysokopecní cement – tvořen portlandským slínkem a vyšším procentuálním zastoupením vysokopecní strusky
- CEM IV Pucolánový cement – obsahuje portlandský slínek a max. 55 % pucolánových příměsí. V České republice není aktuálně vyráběn.
- CEM V Směsný cement – tvořen portlandským slínkem, vysokopecní struskou, elektrárenským popílkem a pucolánovými příměsemi.

CEM cementy jsou složeny z malých zrnek různých složek a musí být ve svém složení statisticky homogenní. Technologie výroby cementu musí zaručit, aby se složení CEM cementů pohybovalo v mezích EN 197-1 [9]. CEM cement musí při odpovídajícím dávkování a vhodném smíchání s kamenivem a vodou umožnit výrobu betonů zachovávajících po dostatečnou dobu vhodnou zpracovatelnost a po předepsané době musí mít požadovanou pevnost a dlouhodobou objemovou stálost.

3.1.1.3. Zkoušení cementu

Technická norma ČSN EN 196-1 Metody zkoušení cementu – Část 1: Stanovení pevnosti [10] určuje metodu pro stanovení pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu cementové malty. Předepsané zkoušky se provádějí na zkušebních tělesech ve tvaru trámečku o rozměrech 40 x 40 x 160 mm.

Na třech zkušebních tělesech se nejprve provede tříbodová zkouška pevnosti v ohybu a následně na vzniklých šesti zlomcích zkušebních trámečků se vyzkouší pevnost v tlaku.

3.1.1.4. Výroba cementu v ČR

Výroba cementu v ČR aktuálně probíhá v pěti výrobních závodech, které patří čtyřem různým podnikatelským skupinám. V roce 2018 bylo v ČR vyrobeno 4 428 000 tun cementu, oproti roku 2017 je jednalo o nárůst 9,8 %. Všichni výrobci cementu jsou členy Svazu výrobců cementu v ČR. Cementárny v Mokré, v Radotíně a prodejní terminál v Králově Dvoře náležejí společnosti Českomoravský cement, a.s., která je součástí koncernu Heidelberg Cement Group. Cementárna Lafarge Cement, a. s. v Čížkovicích je členem skupiny LafargeHolcim, cementárna v Prachovicích patří společnosti CEMEX Czech Republic, s.r.o. a Cement Hranice, akciová společnost je součástí skupiny Buzzi. Všichni výrobci cementu jsou členy Svazu výrobců cementu v ČR [11].

Obrázek 2: Výroba cementu v ČR [11]

Výroba cementu představuje značnou ekologickou zátěž. Se vzrůstající produkcí betonu, celosvětová výroba činí 1,5 až 3 tuny betonu na obyvatele ročně, rostou i emise cementáren, které vypouští do ovzduší 5 až 7 % z celosvětových emisí CO_2 [12]. Takto vysoké číslo je především dané velkou produkcí betonových konstrukcí. Pokud ovšem porovnáme energii, potřebnou k výrobě ocelových konstrukcí nebo nároky na výpal keramických cihel, betonové konstrukce vycházejí nejekologičtěji [13].

Za účelem snížení emisí CO_2 a využití druhotných surovin nabývá mimořádného významu výroba cementů s více hlavními složkami. Ekologické hledisko však není jediným důvodem. Portlandské směsné cementy jsou dobrou alternativou běžného portlandského cementu i z technického hlediska. Díky možnosti kombinovat několik hlavních složek umožňují směsné cementy využít výhody i nevýhody jednotlivých hlavních složek. Směsné cementy jsou vyráběny z portlandského cementu a cementových doplňkových materiálů, jako je mletá granulovaná vysokopecní struska, popílek, křemičitý úlet, kalcinovaného jílu, vápenného hydrátu a další pucolánů. Využití směsných cementů při přípravě čerstvého betonu snižuje obsah záměsové vody, zlepšuje zpracovatelnost betonu, zabraňuje alkalické reakci kameniva a snižuje vývin hydratačního tepla. Z pohledu výrobce cementu hraje svou roli také poměr nákladů na výrobu konkrétního cementu k tržní ceně cementu.

3.1.1.5. Cement použitý pro výrobu betonových vzorků

Pro výrobu transportbetonu je na betonárně Plazy primárně užíván volně ložený cement CEM I 42,5 R Prachovice (výrobce CEMEX Czech Republic, s.r.o.). Tento cement jsme použili pro výrobu betonových vzorků v experimentální části mé práce.

Dle EN 197-1 [9] se jedná o portlandský cement pevnostní třídy 42,5 s vysokými počátečními pevnostmi. Počáteční pevností cementu se rozumí pevnost po 2 dnech a stanovení se provádí podle ČSN EN 196-1 [10]. Výrobce u tohoto cementu garantuje minimální pevnost v tlaku 42,5 MPa po 28 dnech a minimální počáteční pevnost 20 MPa po 2 dnech. Výrobce cementu v souladu s nařízením [2] dokládá a vydává prohlášení o vlastnostech deklarující, že vlastnosti cementu jsou ve shodě se souborem deklarovaných vlastností. Prohlášení výrobce o

vlastnostech cementu použitého při výrobě betonových vzorků a statistické hodnocení kvality a chemismu tohoto cementu v prosinci 2018 je uvedeno v Příloze č. [1] a č. [2] této práce [8].

3.1.2. Kamenivo

3.1.2.1. Popis a funkce materiálu v betonu

Kamenivo je zrnitý materiál, který je obvykle chemicky neaktivní. Kamenivo zaujímá 75 až 80 % objemu betonu a jeho hlavní funkcí je vytvoření pevné kostry v betonu s minimální mezerovitostí. Proto obsahuje různě velká zrna ve vhodném poměru [14]. Kamenivo propůjčuje betonu lepší objemovou stabilitu, trvanlivost a zejména pevnost.

Pevnost kameniva je vyšší než pevnost výsledného betonu a běžně se pohybuje od 30 do 150 MPa podle konkrétního typu horniny a místa těžby. Kritická část kompozitu se nachází na rozhraní kameniva a cementového tmelu. Během hydratace cementu dochází k formování vnitřní struktury, tvoří se póry a souvislé kapiláry jejichž rozložení a velikost zásadně ovlivní konečnou pevnost betonu [15].

Ne každé kamenivo, je vhodné pro výrobu betonu. Kamenivo musí mít vhodnou zrnitost, musí být mrazuvzdorné a prosté škodlivých látek (typicky chloridy, sírany, reaktivní silika, jíly a organické látky), které by mohly snižovat trvanlivost betonu.

3.1.2.2. Dělení kameniva

Kamenivo je složeno z množství samostatných zrn. Výrobci betonu nejčastěji kamenivo dělí podle velikosti na jednotlivé frakce. Pokud jsou zrna kameniva menší než 4 mm, označuje se kamenivo jako písek, pokud jsou zrna větší, hovoří se o hrubém kamenivu. Rozlišují se dva základní typy přírodního hrubého kameniva – štěrk a drť. Štěrk je těžen z řek nebo kopaný v pískovnách a jeho zrna jsou oválná, s hladkým povrchem. Drť vzniká drcením hornin, její zrna se vyznačují nepravidelným tvarem a drsným povrchem.

Kamenivo do betonu definuje technická norma ČSN EN 12620+A1 Kamenivo do betonu [18], která určuje vlastnosti kameniva získaného úpravou přírodního, umělého nebo recyklovaného materiálu. Zahrnuje kameniva, která mají objemovou hmotnost větší než 2 000 kg/m3 pro všechny druhy betonů vyráběných ve shodě s ČSN EN 206+A1 [4]. Výrobce kameniva v souladu s nařízením [2] dokládá a vydává prohlášení o shodě, že vlastnosti daného kameniva jsou ve shodě se souborem deklarovaných vlastností. Z hlediska výroby betonu mezi nejdůležitější zkoušky kameniva dokládané protokoly od výrobce kameniva typicky patří počáteční zkoušky typu (ITT), zkoušky reaktivnosti kameniva s alkáliemi a zkoušky stanovení obsahu přírodních radionuklidů v kamenivu.

3.1.2.3. Kamenivo použité pro výrobu betonových vzorků

Pro výrobu transportbetonu jsou na betonárně Hofman Plazy užívány kameniva od výrobců EUROVIA Kamenolomy, a.s., České štěrkopísky spol. s r.o. a Pískovna Sojovice, s.r.o. Pro výrobu betonových vzorků v experimentální části mé práce jsme použili recepturu s následujícími kamenivy:

- DTK 0/4 Sojovice (výrobce Pískovna Sojovice, s.r.o.) – přírodní drobné těžené kamenivo frakce 0/4 z pískovny Sojovice u Staré Boleslavi
- HDK 8/16 Chlum (výrobce EUROVIA Kamenolomy, a.s.) – přírodní hrubé drcené kamenivo (hornina znělec) frakce 8/16 z lomu Chlum u České Lípy
- HDK 16/22 Chlum (výrobce EUROVIA Kamenolomy, a.s.) – přírodní hrubé drcené kamenivo (hornina znělec) frakce 16/22 z lomu Chlum u České Lípy

Prohlášení výrobce o vlastnostech kameniva použitého pro výrobu betonových vzorků jsou uvedena v Přílohách č. [3] až [5] této práce [19].

3.1.3. Příměs – popílek

3.1.3.1. Popis a funkce materiálu v betonu

Popílek používaný při výrobě betonu je anorganická zplodina vznikající při spalování pevných, zpravidla jemně mletých, paliv v uhelných elektrárnách. Jelikož popílek obsahuje amorfní siliku a vykazuje pucolánovou aktivitu, jedná se o latentně hydraulickou příměs. Při výrobě betonu na betonárně se popílek přidává k portlandskému cementu jako minerální příměs. V letních měsících, při odstávkách uhelných elektráren, bývá popílek pro výrobu betonu nedostatkovým zbožím a betonárny mají problém se zajištěním dostatečného množství popílku pro svoji výrobu betonu. Popílek zlepšuje zpracovatelnost a čerpatelnost betonu, nahrazuje cement v receptuře a dodává betonu i lepší barvu (potvrzeno názorem mnoha zákazníků).

3.1.3.2. Technické požadavky na popílek – příměs do betonu

Popílek - příměs do betonu definuje norma ČSN EN 450-1 Popílek do betonu – Část 1: Definice, specifikace a kritéria shody [20], která stanovuje požadavky na chemické a fyzikální vlastnosti, i postupy kontroly jakosti pro křemičitý popílek pro použití jako příměs druhu II pro výrobu betonu. Pro hodnocení shody popílku s ČSN EN 450-1 slouží norma ČSN EN 450-2 Popílek do betonu – Část 2: Hodnocení shody [21].

3.1.3.3. Popílek použitý pro výrobu betonových vzorků

Pro výrobu transportbetonu je na betonárně Plazy používán popílek Elektrárna Mělník III, a.s. (výrobce ČEZ, a.s.). V průkazních zkouškách je popílek dokladován jako příměs do betonu druhu II. Výrobce popílku (obdobně jako u cementu) v souladu s nařízením [2] dokládá a vydává prohlášení, že vlastnosti daného popílku jsou ve shodě se souborem deklarovaných vlastností. Prohlášení výrobce o vlastnostech a osvědčení o stálosti vlastností popílku použitého při výrobě betonových vzorků je uvedeno v Přílohách č. [6] a [7] této práce [22].

3.1.4. Přísady

3.1.4.1. Popis a funkce materiálu v betonu

Přísada je chemická látka, která upravuje některou z vlastností čerstvého nebo ztvrdlého betonu. Dodává se v tekuté podobě a dávkuje se v malém množství od 0,2 do 5 % hmotnosti cementu použitého v receptuře [23].

Přísady do betonu z hlediska definic a požadavků upravuje ČSN EN 934-2 Přísady do betonu, malty a injektážní malty - Část 2: Přísady do betonu - Definice, požadavky, shoda, označování a značení štítkem [24]. Norma se vztahuje na přísady do prostého, vyztuženého i předpjatého betonu, které se používají do betonu vyráběného na stavbě, transportbetonu i betonu pro výrobu prefabrikátů. Požadavky na vlastnosti obsažené v normě se týkají přísad používaných výhradně v betonu normální konzistence. Norma neupravuje chemické složení přísad. Přísady jsou navrhovány na míru konkrétnímu výrobku cementu.

Přísady mají v betonu různé funkce. ČSN EN 934-2 [24] blíže specifikuje tyto požadavky:

- vodoredukující / plastifikační přísada
- silně vodoredukující / superplastifikační přísada
- stabilizační přísada
- provzdušňovací přísada
- přísada urychlující tuhnutí
- přísada urychlující tvrdnutí
- přísada zpomalující tuhnutí
- těsnící přísada
- vodoredukující / plastifikační přísada zpomalující tuhnutí
- silně vodoredukující / superplastifikační přísada zpomalující tuhnutí
- vodoredukující / plastifikační přísada urychlující tuhnutí
- přísada upravující viskozitu

3.1.4.2. Technické požadavky na plastifikační přísadu

V receptuře pro výrobu našich betonových vzorků se vyskytuje pouze plastifikační přísada, proto se ve své práci věnuji výhradně této přísadě, která se do betonu přidává s následujícími záměry:

- zlepšování zpracovatelnosti čerstvého betonu a tím omezení použití intenzivní vibrace při zhutňování betonu;
- snížení množství záměsové vody a tím redukování vodního součinitele, tak se zvyšuje pevnost a trvanlivost betonu;
- snížení množství vody i cementu, a tak při dobré zpracovatelnosti je předpoklad snížení dotvarování a smrštění [25].

ČSN EN 934-2 [24] definuje vodoredukující plastifikační přísadu jako přísadu, která bez ovlivnění konzistence umožňuje redukci obsahu vody v dané betonové směsi, nebo která bez ovlivnění obsahu vody zvětšuje sednutí / rozlití nebo umožňuje oba účinky současně. Kromě obecných požadavků norma stanovuje i požadavky specifické, které vyžadují, aby plastifikační přísadou byly ovlivněny vlastnosti následovně:

- redukce vody o více než 5 % při stejné konzistenci stanovené sednutím nebo rozlitím ve srovnání s kontrolní směsí;
- pevnost v tlaku má vzrůst za 7 a 28 dní nejméně na 110 % hodnoty kontrolní směsi;
- obsah vzduchu v čerstvém betonu smí vzrůst maximálně o 2 objemová % proti kontrolní směsi.

3.1.4.3. Přísada použitá pro výrobu betonových vzorků – Stacheplast 110

Betonárna Plazy odebírá přísady betonu od dvou různých výrobců stavební chemie. Jedná se o společnost STACHEMA CZ s.r.o a Sika CZ, s.r.o. Pro výrobu našich betonových vzorků jsme použili výrobek s označením Stacheplast 110 (výrobce STACHEMA CZ s.r.o.). Jedná se o plastifikační přísadu na bázi lignosulfonátů, která se používá pro transportbetony do pevnostní třídy C25/30. Prohlášení výrobce o vlastnostech tohoto výrobku je uvedeno v Příloze č. [8] této práce [26].

3.1.5. Voda

3.1.5.1. Popis a funkce materiálu v betonu

Voda je společně s cementem a kamenivem jednou ze tří hlavních složek při výrobě betonu. Technologicky lze vodu rozdělit na vodu záměsovou tj. vodu dávkovanou při mísení čerstvého betonu a na vodu ošetřovací tj. vodu dodávanou po zatuhnutí betonu po několik dnů pro udržení betonu ve vlhkém stavu. Oba druhy musí vyhovět kvalitativním požadavkům [25].

Voda má v čerstvém betonu dvě základní funkce: (1) spolupodílí se s cementem na hydrataci (bez vody by cement nehydratoval a tedy ani netvrdnul) a (2) ovlivňuje zpracovatelnost betonu. Účinný obsah vody je takové množství vody, které je k dispozici pro hydrataci betonové směsi. ČSN EN 206+A1 [4] ho definuje jako rozdíl mezi celkovým obsahem vody přítomným v čerstvém betonu a vodou nasáknutou kamenivem. Minimální potřeba vody pro hydrataci se pohybuje v rozmezí 25 až 35 % hmotnosti cementu [23]. Přebytek vody nad potřebu hydratace sice zlepšuje zpracovatelnost, ale zároveň z důvodu výskytu většího množství pórů a kapilár způsobuje snížení kvality betonu co do pevnosti a trvanlivosti. Cílem ošetřovací vody je doplňovat vodu, která z betonu mizí vlivem vysychání, a chladit povrch betonu v případě, že dochází k jeho zahřívání vlivem přímého oslunění v letních měsících.

3.1.5.2. Technické požadavky na záměsovou vodu

Záměsovou vodu definuje technická norma ČSN EN 1008 Záměsová voda do betonu – Specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně, jako záměsové vody betonu [27], která určuje požadavky na vodu, která je vhodná pro výrobu betonu, který vyhovuje technickým normám pro beton [4] [5]. Norma popisuje požadavky na kvalitu vody a zkušební postupy u jednotlivých zdrojů vody. Voda pro použití do betonu musí vyhovovat chemickým požadavkům (posuzuje se obsah chloridů, síranů, alkálií a škodlivého znečištění) nebo požadavkům na dobu tuhnutí a pevnost. Ošetřovací voda není normou upravena.

3.1.5.3. Klasifikace typů vod dle ČSN EN 1008 [27]

Vhodnost vody pro výrobu betonu obecně závisí na jejím zdroji a z toho vyplývá i použitelnost konkrétního zdroje vody. Norma rozlišuje následující zdroje:

- pitná voda
- voda získaná při recyklaci v betonárně
- podzemní voda
- povrchová voda a odpadní průmyslová voda

- mořská nebo brakická (poloslaná) voda
- splašková voda

Pouze pitná voda je použitelná do betonu bez zkoušení. Při použití jiného zdroje vody jako záměsové vody musí výrobce betonu zajistit chemický rozbor vody, který prokáže, že zdroj vody vyhoví ČSN EN 1008 [27]. Splašková voda není pro výrobu betonu vhodná. Mořskou nebo brakickou vodu lze použít do betonu bez výztuže, ale obecně není vhodná pro výrobu železobetonu a předpjatého betonu.

3.1.5.4. Voda použitá pro výrobu betonových vzorků

Pro výrobu betonových vzorků v obou prostředích jsme použili pitnou vodu z místního vodovodního řádu, která vyhovuje požadavkům na záměsovou vodu bez nutnosti zkoušení.

3.2. Zásadní parametry ovlivňující výsledné vlastnosti ztvrdlého betonu

Technologii výroby zkušebních těles můžeme rozdělit na fázi: (1) dávkování a mísení složek betonu, (2) ukládání do forem, zhutňování a evidenci zkušebních těles, a (3) odstranění formy a ošetřování zkušebních těles do stáří 28 dní.

3.2.1. Dávkování a mísení složek betonu

Úspěšná technologie výroby betonu vždy vychází z přesného hmotnostního dávkování jednotlivých složek čerstvého betonu a kvalitního mísení složek betonu v míchačce. Důležitou roli hraje i pořadí přidávání jednotlivých složek do betonové záměsi. Čas potřebný pro mísení složek betonu je odvozen od velikosti a schopnosti míchačky přeměnit betonovou záměs v homogenní materiál.

V současnosti je výroba betonu v centrálních betonárnách vysoce sofistikovaný proces řízený počítači, do kterých je zadáno velké množství dat. Vlastní míchání je kontrolováno kamerovými systémy, konzistoměry a vlhkoměry. Přesto může při výrobě občas dojít k chybám způsobených lidským faktorem, ale i neočekávanou poruchou zařízení typu: (1) kontaminace vstupních materiálů (cement, kamenivo), (2) záměny vstupních materiálů (cement/popílek, druh přísady) a (3) poruchy vážícího systému, předávkování složek. Tato rizika je třeba snížit na minimum zejména důsledným dodržováním systému řízení výroby a ve fázi expedice betonu výstupní kontrolou [28].

Z vlastní zkušenosti z provozování betonárny, největší riziko a problém spatřuji v záměně objednané a vyrobené specifikace betonu způsobené špatnou komunikací uvnitř organizace zákazníka, výrobce betonu a mezi těmito subjekty navzájem.

3.2.2. Ukládání do formy, zhutňování a evidence zkušebních těles

Pevnost ztvrdlého betonu se zjišťuje na normovaných zkušebních tělesech. Tvar, rozměry a tolerance vyráběných betonových zkušebních těles ve tvaru krychlí, válců a hranolů a forem požadovaných při jejich výrobě definuje norma ČSN EN 12390-1 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy [29]. Zkušební formy musí

být vodotěsné a nenasákavé. Kalibrované formy musí být zhotoveny z oceli nebo litiny. Ostatní formy mohou být zhotoveny z jakéhokoliv jiného vhodného materiálu jehož parametry dlouhodobě vyhoví parametrům normy. Při výrobě zkušebních těles ve formách je nutno dbát na to, aby zkušební tělesa měla předepsané rozměry s přípustnými tolerancemi rozměrů, kolmosti stěn a hran a rovinnosti ploch. Přípustné tolerance zkušebních těles kladou značné nároky na tuhost a přesnost rozměrů používaných forem.

Správný postup při odběrů vzorků čerstvého betonu definuje norma ČSN EN 12350-1 Zkoušení čerstvého betonu – Část 1: Odběr vzorků a zkušební zařízení [30]. Pokud není stanoveno jinak, prokazuje se pevnost na tělesech stáří 28 dní a zkoušením ztvrdlého betonu se zabývá norma ČSN EN 12390-2 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti [31], která specifikuje metody pro výrobu a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti ze zatvrdlého betonu.

Pro snadnější odformování je vhodné beton ukládat do forem ošetřených separačním prostředkem, který sníží soudržnost mezi betonem a formou a tím zajistí požadovanou kvalitu povrchu betonu. V závislosti na konzistenci betonu a způsobu zhutňování vzorku se formy plní v jedné nebo více vrstvách. Vzorek je nezbytné vždy dostatečně zhutnit, tak aby obsahoval jen minimální množství vzduchových bublin (s výhradou provzdušněného betonu). Zhutňování se provádí ihned po naplnění formy obvykle na vibračním stole a cílem je dosažení homogenity složení čerstvého betonu, který se ukládáním do formy nerozmísí. Po zhutnění se odstraní přebytečný beton a povrch vzorku se urovná zednickou lžící nebo hladítkem. Vyrobená tělesa se musí nesmazatelně označit a provést záznam o jejich výrobě do laboratorního deníku betonárny.

V odborné praxi je diskutována věrohodnost výsledků zkoušek fyzikálně-mechanických a zejména trvanlivostních charakteristik ztvrdlých betonů s ohledem na použitý typ a konstrukci zkušebních forem pro výrobu zkušebních těles, druh použitých separačních prostředků a vliv uložení zkušebních těles po jejich odformování. Tato problematika je diskutována nejen dodavateli a odběrateli betonů, ale v neposlední řadě i zkušebními laboratořemi, které tyto zkoušky provádějí, poskytují jejich výsledky a jsou povinny se z titulu akreditace účastnit mezilaboratorních porovnávacích zkoušek. Z uvedených důvodů byl na Ústavu stavebního zkušebnictví FAST VUT v Brně ve spolupráci s firmou Betotech, s.r.o., proveden jednoduchý experiment s cílem ukázat stěžejní vlivy použitých zkušebních metod na výsledky zkoušek a napovědět, jakým způsobem přistupovat k této problematice v praxi. Experimentální projekt byl řešen v rámci bakalářské práce s názvem „Vliv typu zkušebních forem a ošetřování těles na výsledky fyzikálně mechanických a trvanlivostních zkoušek ztvrdlého betonu“ [32].

3.2.3. Odstranění formy a ošetřování zkušebních těles

Zkušební tělesa se ponechají ve formě minimálně 16 hodin, maximálně však 3 dny, přičemž je nutno zabránit otřesům, vibracím a vysoušení jejich povrchu. Za účelem omezení vypařování vody je vhodné ihned po betonáži povrch těles zakrýt PE fólií. Teplota prostředí pro skladování zkušebních těles uložených ve formě by se měla pohybovat mezi 18 a 22 °C.

Po vyjmutí z formy se zkušební tělesa ošetřují až do doby těsně před zkoušením ve vodní lázni o teplotě 20 ± 2 °C nebo v klimatizované komoře o teplotě 20 ± 2 °C a vlhkosti vyšší než 95 %. Opatření mají minimalizovat negativní vlivy okolí působící na čerstvý a mladý beton. Je prokázáno, že je-li ošetřování vodou aplikováno ve chvíli, kdy začíná teplota betonu růst, bude

eliminována velká část autogenního smrštění. Pokud není beton adekvátně ošetřován, dochází k porušení betonu tvorbou trhlin, které výrazně snižují jeho pevnost a trvanlivost [23].

Deklarované zkoušky ztvrdlého betonu se provádí po 28 dnech od výroby zkušebních těles. Jelikož se u zkušebních těles stanovuje i objemová hmotnost je vhodné tělesa z vodní lázně vyndat o den dříve, aby nebyla nasáklá vodou a výsledky tím nebyly zkreslené.

3.3. Rozdíly při výrobě betonu v laboratorních a průmyslových podmínkách

Hlavní rozdíly při výrobě betonu v laboratorních a průmyslových podmínkách spatřuji v (1) dávkování a mísení složek betonu, (2) odběru vzorků a výrobě zkušebních těles, a (3) ošetřování zkušebních těles.

3.3.1. Dávkování a mísení složek betonu

Zde se domnívám, že pokud budeme uvažovat, že porovnáváme plně automatizovanou moderní betonárnu s certifikovaným systémem řízení výroby a akreditovanou laboratoř, tak by výhoda měla být spíše na straně výrobce betonu, a to z následujících důvodů: (1) obě prostředí pracují s obdobně přesnými váhami, nicméně u betonárny je minimalizovaný vliv lidského faktoru, a tedy i prostoru pro nepřesnost a chybu např. ve vážení a záměně složek betonu, a (2) betonárny disponují technicky sofistikovanými míchačkami, které umožňují velmi rychle a efektivně přeměnit betonovou záměs v homogenní směs čerstvého betonu. Míchačky laboratoří běžně stupně této technické sofistikovatelnosti nedosahují.

Samozřejmě v obou prostředích budou rozhodovat kvalifikovanost a odborné zkušenosti pracovníků zodpovědných za svěřené úkoly. I pokud zcela vyloučíme ostatní faktory a budeme uvažovat pouze případnou technickou výhodu míchačky, zůstane sporné, jak případně vyhodnotit a vyčíslit právě míru vlivu tohoto faktoru na výsledné mechanické vlastnosti betonu. Jelikož beton není novinkou posledního století, lze se domnívat, že tento faktor nebude mít zásadní váhu. Nesporným pozitivem moderních betonáren bude schopnost vyrobit velké množství kvalitního betonu za krátký časový úsek. Toto je však výhradně záležitostí ekonomiky provozu betonárny, nikoliv výsledných mechanických vlastností betonu.

3.3.2. Odběr vzorků a výroba zkušebních těles

V praxi může být komplikovanější odběr vzorků na betonárně, jelikož čerstvý beton je nejdříve namíchán do autodomíchávače a teprve z něj se následně odebírá čerstvý beton pro výrobu zkušebních těles. Množství betonové směsi odebrané pro výrobu zkušebních těles by nemělo být menší než 0,3 m^3, aby nebyla ovlivněna homogenita betonové směsi vypouštěním z autodomíchávače.

U odběru vzorků v prostředí betonárny a v prostředí laboratoře se jedná především o problém reprezentativnosti výběrového vzorku. V laboratorním prostředí se obvykle vlastní záměs rovná objemu betonové směsi určenému pro výrobu zkušebních těles. Betonárna však při běžném provozu vyrobí 4 až 5 záměsí o objemu 1,8 m^3 a z těch až následně odebírá vzorek čerstvého betonu pro výrobu zkušebních těles, přičemž vzorek musí odebrat z autodomíchávače. Z tohoto pohledu u betonárny existuje riziko, že nebude odebrán

reprezentativní vzorek. Zde těžko hovořit o výhodě nebo nevýhodě jednoho nebo druhého prostředí. Tato skutečnost spíše komplikuje jakékoliv porovnání výsledků z obou prostředí, neboť vnáší do porovnání vzorků z jakéhokoliv hlediska těžko kvantifikovatelnou nejistotu.

3.3.3. Ošetřování zkušebních těles

Způsoby ošetřování betonu se přímo vážou k požadavkům zajistit odpovídající prostředí pro zdárné zrání betonu. Jejich cílem je zabránit ztrátě vody, která by chyběla pro hydrataci a jejíž nedostatečné množství by způsobovalo rozvoj trhlin a zabránit působení vnějších vlivů prostředí [33].

Jednoznačnou výhodou laboratorních podmínek je, že nejsou zatíženy proměnlivými vlivy počasí, které by mohly působit nepříznivě v době zrání těles do stáří 28 dní. Naopak zkušební tělesa vyrobená na betonárně mohou být negativně ovlivněna běžným provozem betonárny a jejím prostředím v tom smyslu, že se jim (ne nutně v každém okamžiku a správný čas) dostane normových podmínek [31].

Typicky se bude jednat o případy, že (1) zkušební tělesa nebudou odformována ve stáří 16 až 72 hodin, (2) po odformování nebudou předepsaným způsobem ošetřována, (3) ve vodní lázni dojde k ztrátě označení těles nebo (4) tělesa nebudou vyzkoušena ve stáří 28 dní, ale mnohem později. Klimatizované vlhké komory nebo vodní lázně s řízenou teplotou nejsou běžným standardem v prostředí betonárny. Navíc zkušební tělesa vyrobená na betonárně mohou též být negativně ovlivněna jejich převozem do zkušební laboratoře, protože při převozu může dojít k uražení jejich hran nebo rohů.

Obrázek 3: Příklad nevhodné vodní lázně

Obrázek 4: Příklad špatně označených těles

Pokud platí, že hodnoty sledovaných mechanických vlastností betonu rostou s délkou času, po který bylo umožněno betonu hydratovat [34], lze předpokládat, že lépe ošetřované zkušební vzorky (při vyloučení všech ostatních vlivů) by měly vyjít lépe z hlediska pevnosti v tlaku. Z pohledu ošetřování by laboratorní prostředí mělo mít jednoznačnou výhodu oproti prostředí betonárny, a zkušební vzorky ošetřované v laboratoři by měly podle teoretických předpokladů dosáhnout vyšších pevností v tlaku.

4. Experimentální část

Experimentální část je těžištěm bakalářské práce obsahující popis výroby a ošetřování zkušebních těles v obou prostředích, výsledky a závěry experimentu, na jehož základě byly odvozeny celkové závěry bakalářské práce.

Cílem experimentu bylo porovnat výsledky základních vlastností ztvrdlého betonu vyrobeného v prostředí laboratoře a v prostředí betonárny a tyto výsledky zhodnotit s teoretickými předpoklady.

Předmětem experimentu byly následující zkušební postupy:

- ČSN EN 12390-7 – Objemová hmotnost [35]
- ČSN EN 12390-3 – Pevnost v tlaku [36]
- ČSN EN 12390-6 – Pevnost v příčném tahu [37]
- ČSN EN 12390-5 – Pevnost v tahu ohybem [38]
- ČSN EN 12390-13 – Statický modul pružnosti - metoda A [39]

Pro výrobu sad zkušebních vzorků jsme s vedoucím mé bakalářské práce vybrali typový beton C25/30 - XC3 - Cl 0,4 - Dmax 22 mm - S4 [4]. Jedná se o recepturu betonu z průkazních zkoušek, kterou pro betonárnu Hofman Plazy navrhla zkušební laboratoř STACHEMA CZ s.r.o v Zibohlavech u Kolína.

Tabulka 1: Receptura betonu pevnostní třídy C25/30

Pevnostní třída betonu **Stupně vlivu prostředí – předpokládaná životnost 50 let**		**C25/30** **X0, XC1-XC3**
CEM I 42,5 R Prachovice	kg	290
DTK 0/4 Sojovice	kg	820
HDK 8/16 Chlum	kg	590
HDK 16/22 Chlum	kg	295
Stacheplast 110	kg	2,90
Popílek Mělník	kg	50
voda	l	183
objemová hmotnost čerstvého betonu	kg/m³	2228
vodní součinitel dle ČSN EN 206+A1	-	0,55
konzistence (sednutí kužele)	mm	S4-170

Pro výrobu zkušebních těles v obou prostředích jsme použili složky betonu, které přesně odpovídaly receptuře zvoleného betonu.

Pro účely experimentu bylo nutné veškerý materiál (drobné a hrubé kamenivo dvou různých frakcí, cement, popílek a plastifikační přísadu) přepravit z betonárny Hofman Plazy do laboratoře EC. Jako záměsová voda v obou prostředích byla použita pitná voda z místních vodovodních řádů.

Obrázek 5: Převoz materiálu z betonárny

Obrázek 6: Laboratoř EC

4.1. Výroba zkušebních těles v prostředí laboratoře

Výroba zkušebních těles proběhla 12. listopadu 2019 v laboratoři EC pod odborným vedením a za pomoci vedoucího mé bakalářské práce Ing. Josefa Fládra, PhD. Pro účely experimentu jsme vyrobili 9 zkušebních těles tvaru krychle s hranou 150 mm (pro zjištění pevnosti v tlaku a pevnosti v příčném tahu) a 3 hranoly o rozměrech 100 x 100 x 400 mm (pro zjištění statického modulu pružnosti – metodou A a pevnosti v tahu ohybem).

Pro výrobu zkušebních hranolů byly použity ocelové formy, protože lépe zabezpečují rovinnost zatěžovacích stran. Pro výrobu zkušebních krychlí jsme použili formy se zvýšenou přesností.

Obrázek 7: Formy pro trámce

Obrázek 8: Formy pro krychle - laboratoř EC

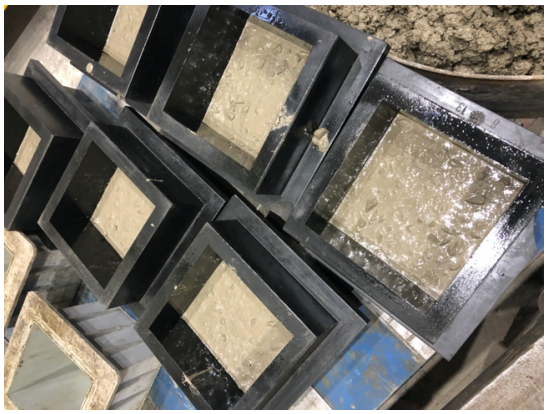
Pro zhotovení všech 12 zkušebních těles jsme připravili betonovou záměs o objemu 0,045 m³, tzn. všechny složky receptury (kromě vody) jsme vykrátili číslem 22,22 odpovídající upravenému podílu námi vyráběné betonové záměsi (1 : 0,045). Jelikož kamenivo dovezené z betonárny Plazy obsahovalo značné množství vody a nebylo možné jej před betonáží vysušit, bylo nutné odhadnout podíl jeho vlhkosti. Při výpočtu množství vody pro naši laboratorní záměs (snahou bylo abychom obě sady vzorků zamíchali se stejným vodním součinitelem), jsme pracovali s hodnotou 10 % vlhkosti u drobného kameniva a 2 % vlhkosti u hrubého kameniva. Na základě odhadu vlhkosti dovezeného kameniva, výsledkem našeho výpočtu bylo přidání 3 975 g vody do laboratorní záměsi. Všechny složky betonu byly s dostatečnou přesností odměřeny na kalibrované digitální váze a zamíchány v automatické míchačce.

Laboratorní míchačka má celkový objem 0,1 m³ a měla by být teoreticky schopná účinně mísit betonové směsi v rozpětí hodnot od 0,01 do 0,06 m³. Při výrobě betonové směsi pro náš experiment, míchačka k mísení užívala 45 % svého celkového objemu, a zdálo se, že mísení tohoto objemu se blíží horní hranici objemu směsi, který je laboratorní míchačka schopná přeměnit v homogenní betonovou směs.

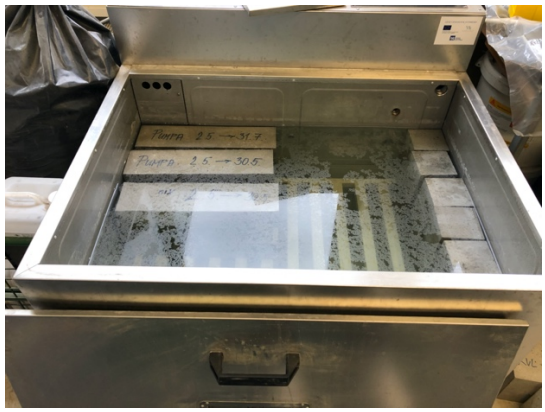
Obrázek 9: Navážené složky betonu

Obrázek 10: Laboratorní míchačka

Zhotovenou betonovou směs jsme uložili do forem vymazaných minerálním olejem pro snadnější odbednění. Každé vyrobené těleso bylo zhutněno na vibračním stolku. Po zhutnění jsme odstranili přebytečný beton, povrch tělesa urovnali zednickou lžící a všechna vyrobená tělesa řádně označili. Po 24 hodinách od betonáže proběhlo odformování vzorků a všechna tělesa byla až do jednoho dne před zkouškou uložena ve vodní lázni laboratoře K-133, která trvale udržuje teplotu vody 20 ± 2 °C. Předepsané zkoušky těles proběhly dne 10. prosince 2019, tj. ve stáří zkušebních těles 28 dní jak vyžaduje norma [4]. Zkouška pevnosti v tlaku byla provedena na hydraulickém lisu, jehož kalibrační list je uveden v Příloze č. [9].



Obrázek 11: Plnění forem na vibračním stolku



Obrázek 12: Vodní lázeň v laboratoři K-133

4.2. Výroba zkušebních těles v prostředí betonárny

Betonárna Hofman Plazy byla uvedena do provozu v roce 2002. Jedná se o lokálního výrobce transportbetonu působícího v okrese Mladá Boleslav. Betonárna je vybavena řídícím systémem e-Mix od společnosti Martek Elektronik s.r.o. V mísícím jádru je osazena dvouhřídelová míchačka BHS DKXS 2,25 s nuceným intenzivním mísením a s maximálním teoretickým

výkonem 104 m³/hod betonové směsi. Míchací proces probíhá automaticky a je řízen dálkově z přilehlé budovy velína.

Betonárna má věžové uspořádání s třemi ocelovými sily na uskladnění cementu/popílku s jednotlivou kapacitou 100 t. Kamenivo je skladováno volně v pěti železobetonových boxech. Doprava kameniva do míchačky je zajišťována strmým pásovým dopravníkem. Areál betonárny disponuje 8 500 m2 obslužných zpevněných ploch.

Obrázek 13: Věžové uspořádání

Obrázek 14: Míchačka BHS

Obrázek 15: Pásový dopravník

Výroba zkušebních těles na betonárně proběhla dne 21. listopadu 2019. Pro účely experimentu jsem vyrobila 6 zkušebních těles tvaru krychle s hranou 150 mm (3 vzorky pro zjištění pevnosti v tlaku a 3 vzorky pro zjištění pevnosti v příčném tahu) a 3 hranoly o rozměrech 100 x 100 x 400 mm pro zjištění statického modulu pružnosti a následně pevnosti v tahu ohybem na stejných tělesech.

Betonová záměs, z které byl odebrán vzorek pro výrobu zkušebních těles, měla objem 1,8 m³. Míchačka betonárny má celkový objem 3,38 m³ a je schopná mísit betonové směsi v rozpětí hodnot od 0,4 do 2,25 m³. Při výrobě betonové směsi pro náš experiment, míchačka k mísení užívala cca 53 % svého celkového objemu. Betonárna má tenzometrické váhy a dávka drobného kameniva je automaticky upravována o aktuální vlhkost váženého materiálu. Váhy jsou kalibrované a ačkoliv norma povoluje až 3 % chybu z váženého množství (cementu, vody, kameniva, příměsí), váhy betonárny pracují dle kalibračních listů s podstatně menší chybou. Největší chybu vykazuje váha na kamenivo, nicméně i zde se chyba pohybuje do 1 %, a to pouze u horní hranice možného zatížení váhy (odchylka 3 kg u 4 000 kg před kalibrací). Kalibrační list váhy na kamenivo je uveden v Příloze č. [10].

Výroba zkušebních těles proběhla za běžného provozu betonárny. Čerstvý beton byl nejdříve namíchán do autodomíchávače a z něj byl následně odebrán vzorek pro výrobu všech zkušebních těles. Pro výrobu zkušebních hranolů byly použity ocelové formy, které jsem si pro experiment zapůjčila z laboratoře K-133. Pro výrobu zkušebních krychlí jsem použila formy se zvýšenou přesností, které betonárna běžně používá pro výrobu zkušebních těles. Všechna tělesa jsem řádně zhutnila na vibrační desce, přebytečný beton jsem odstranila a povrch tělesa urovnala zednickou lžící. Vyrobené vzorky jsem označila a o jejich výrobě pořídila záznam do laboratorního deníku betonárny.

Obrázek 16: Formy pro krychle – betonárna

Obrázek 17: Vibrační deska pro zhutnění těles

Po 24 hodinách od betonáže proběhlo odformování vzorků a všechna tělesa byla ponořena do plastové vany s vodou. Prostor betonárny pro skladování zkušebních těles nemá regulaci teploty, jedná se o betonový „bunkr“, který je schopen udržet relativně stabilní teplotu od jara do podzimu. V zimním období je v něm chladněji než předpokládají normové podmínky [31], a to samé platí o teplotě vody ve vaně. Průměrná teplota vody ve vaně se v období ošetřování zkušebních vzorků (do stáří těles 20 dní) pohybovala od 6 do 10 °C.

Vyrobené vzorky jsem 11. prosince 2019 převezla do laboratoře K-133. Všechny vzorky jsme umístili do vodní lázně, která trvale udržuje teplotu vody 20 ± 2 °C. Podobně jako v případě vzorků vyrobených v laboratoři K-133, jsme všechna tělesa jeden den před zkouškou vyndali z vodní lázně, aby nebyla nasáklá vodou a výsledky tím nebyly zkreslené. Předepsané zkoušky proběhly 19. prosince 2019, tj. ve staří zkušebních těles 28 dní jak vyžaduje norma [4].

4.3. Provedení zkoušek základních vlastností betonu

K provedení zkoušek základních vlastností betonu jsme vyrobili celkem 15 zkušebních tělesech tvaru krychle s hranou 150 mm a 6 zkušebních tělesech tvaru hranolu s rozměry 100 x 100 x 400 mm. Všechna tělesa jsme zkoušeli ve stáří 28 dní v laboratoři K-133 na stejných zařízeních. Zkouška 12 těles vyrobených v laboratoři EC proběhla 10. prosince 2019 a zkouška 9 těles vyrobených na betonárně Plazy proběhla 18. prosince 2019.

U krychlí jsme stanovili rozměry, hmotnost a vypočetli objemovou hmotnost [35]. Následně jsme provedli zkoušku pevnosti v tlaku [36] u 6 těles vyrobených v laboratoři EC a 3 těles vyrobených na betonárně Plazy a zkoušku pevnosti v příčném tahu [37] u 3 těles vyrobených v laboratoři EC a 3 těles vyrobených na betonárně Plazy. Výsledky laboratorních zkoušek krychlí jsou v Příloze č. [11] této práce.

U hranolů jsme stanovili rozměry, hmotnost a vypočetli objemovou hmotnost [35]. Tři tělesa byla vyrobena v laboratoři EC a 3 tělesa byla vyrobena na betonárně Plazy. U všech hranolů jsme provedli zkoušku statického modulu pružnosti – metodou A [39], na jejímž základě byl stanoven sečnový modul pružnosti. Na stejných tělesech jsme následně provedli zkoušku pevnosti v tahu ohybem [38]. Výsledky laboratorních zkoušek hranolů jsou v Příloze č. [12] této práce.

4.3.1. Objemová hmotnost ztvrdlého betonu

Tabulka 2 shrnuje výsledky porovnání stanovení objemových hmotností ztvrdlého betonu [35] na celkem 15 zkušebních krychlích a 6 hranolech v obou prostředích. Za referenční hodnotu byla zvolena objemová hmotnost receptury uvedené v průkazních zkouškách v Tabulce 1: Receptura betonu pevnostní třídy C25/30.

Tabulka 2: Souhrnné výsledky objemových hmotností ztvrdlého betonu [35]

Tvar tělesa	Průkazní zkouška	Laboratoř EC	Rozdíl	Betonárna Plazy	Rozdíl	Absolutní rozdíl mezi prostředími
	kg/m3	kg/m3	%	kg/m3	%	%
Krychle	2228	2227	-0,045	2233	+0,224	0,269
Hranol	2228	2246	+0,808	2224	-0,180	0,988

Hodnoty objemových hmotností u obou prostředí byly spočteny jako aritmetické průměry stanovených hodnot objemových hmotností u jednotlivých těles daného prostředí. U těles vyrobených v laboratoři EC byl aritmetický průměr vypočten z 9 krychelných vzorků a 3 hranolových vzorků. U betonárny Plazy byl aritmetický průměr vypočten z 6 krychelných vzorků a 3 hranolových vzorků. Stanovené objemové hmotnosti jednotlivých vzorků jsou uvedeny v Přílohách č. [11] a [12] této práce.

U obou prostředí Tabulka 2 dále vyčísluje rozdíl v % od referenční hodnoty a absolutní rozdíl v % mezi aritmetickým průměrem objemové hmotnosti krychelných a hranolových vzorků z obou prostředí.

Obrázek 18: Vzorky vyrobené v EC laboratoři

Obrázek 19: Vzorky vyrobené na betonárně Plazy

4.3.2. Pevnost v tlaku

Tabulka 3 shrnuje výsledky porovnání stanovení pevnosti v tlaku na celkem 9 zkušebních krychlích v obou prostředích [36]. Hodnoty pevností v tlaku u obou prostředí byly spočteny jako aritmetické průměry pevností v tlaku zjištěných u jednotlivých těles daného prostředí. U těles vyrobených v laboratoři EC byl aritmetický průměr vypočten z 6 krychelných vzorků. U betonárny Plazy byl aritmetický průměr vypočten z 3 krychelných vzorků. Zjištěné pevnosti v tlaku jednotlivých vzorků jsou uvedeny v Příloze č. [11] této práce.

Tabulka 3: Souhrnné výsledky pevností v tlaku zkušebních těles [36]

Tvar tělesa	Betonárna Plazy	Laboratoř EC	Rozdíl	Rozdíl
	MPa	MPa	MPa	%
Krychle	36,5	51,3	+14,8	+40,55

Tabulka 3 dále vyčísluje rozdíl v MPa a v % mezi aritmetickým průměrem pevnosti v tlaku krychlí vyrobených na betonárně Plazy a aritmetickým průměrem pevnosti v tlaku krychlí vyrobených v laboratoři EC. Rozdíly jsou vztaženy k hodnotám zjištěným na betonárně, které lépe odpovídají charakteristikám betonu pevnostní třídy C25/30.

Obrázek 20: Zkouška pevnosti v tlaku

Obrázek 21: Krychle po zkoušce pevnosti v tlaku

4.3.3. Pevnost v příčném tahu

Tabulka 4 shrnuje výsledky porovnání stanovení pevnosti v příčném tahu na celkem 6 zkušebních krychlích v obou prostředích [37]. Hodnoty pevností v příčném tahu u obou prostředí byly spočteny jako aritmetické průměry pevností v příčném tahu zjištěných u jednotlivých těles daného prostředí. U obou prostředí byl aritmetický průměr vypočten z 3 krychelných vzorků. Zjištěné pevnosti v tlaku jednotlivých vzorků jsou uvedeny v Příloze č. [11] této práce.

Tabulka 4: Souhrnné výsledky pevností v příčném tahu zkušebních těles [37]

Tvar tělesa	Betonárna Plazy	Laboratoř EC	Rozdíl	Rozdíl
	MPa	MPa	MPa	%
Krychle	2,0	3,1	+1,1	+55,0

Tabulka 4 dále vyčísluje rozdíl v MPa a v % mezi aritmetickým průměrem pevnosti v příčném tahu krychlí vyrobených na betonárně Plazy a aritmetickým průměrem pevnosti v příčném tahu krychlí vyrobených v laboratoři EC. Rozdíly jsou vztaženy k hodnotám zjištěným na betonárně, které lépe odpovídají charakteristikám betonu pevnostní třídy C25/30.

Obrázek 22: Zkouška pevnosti v příčném tahu

Obrázek 23: Krychle po zkoušce pevnosti v příčném tahu

4.3.4. Pevnost v tahu ohybem

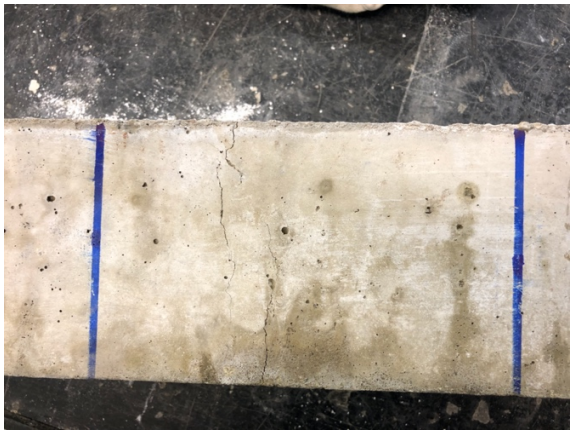
Tabulka 5 shrnuje výsledky porovnání stanovení pevnosti v tahu ohybem na celkem 6 zkušebních hranolech v obou prostředích [38]. Hodnoty pevností v tahu ohybem u obou prostředí byly spočteny jako aritmetické průměry pevností v tahu ohybem zjištěných u jednotlivých těles daného prostředí. U obou prostředí byl aritmetický průměr vypočten z 3 hranolových vzorků. Zjištěné pevnosti v tahu ohybem jednotlivých vzorků jsou uvedeny v Příloze č. [12] této práce.

Tabulka 5: Souhrnné výsledky pevností v tahu ohybem zkušebních těles [38]

Tvar tělesa	**Betonárna Plazy**	**Laboratoř EC**	**Rozdíl**	**Rozdíl**
	MPa	MPa	MPa	%
Hranol	2,7	4,1	+1,4	+51,85

Tabulka 5 dále vyčísluje rozdíl v MPa a v % mezi aritmetickým průměrem pevnosti v tahu ohybem hranolů vyrobených na betonárně Plazy a aritmetickým průměrem pevnosti v tahu ohybem hranolů vyrobených v laboratoři EC. Rozdíly jsou vztaženy k hodnotám zjištěným na betonárně, které lépe odpovídají charakteristikám betonu pevnostní třídy C25/30.

Obrázek 24: Zkouška pevnosti v tahu ohybem



Obrázek 25: Hranol po zkoušce pevnosti v tahu ohybem

4.3.5. Statický modul pružnosti

Tabulka 6 prezentuje a porovnává výsledky stanovení statického modulu pružnosti na celkem 6 zkušebních hranolech v obou prostředích [39]. K určení horní zatěžovací meze při zkoušce statického modulu pružnosti u každého prostředí posloužila zjištěna krychelná pevnost betonu v tlaku u daného prostředí. Hodnoty statického modulu pružnosti u obou prostředí byly spočteny jako aritmetické průměry sečnového modulu pružnosti zjištěného u jednotlivých hranolů daného prostředí. U těles vyrobených v laboratoři EC byl aritmetický průměr vypočten z 3 hranolových vzorků. U betonárny Plazy byl aritmetický průměr vypočten pouze z 2 hranolových vzorků, neboť jeden hranol byl při zkoušce poškozen. Protokol o průběhu zkoušky u prvního vzorku laboratoře EC je uveden v Příloze č. [13] této práce.

Tabulka 6: Výsledky stanovení statického modulu pružnosti [39]

Tvar tělesa	**Betonárna Plazy**	**Laboratoř EC**	**Rozdíl**	**Rozdíl**
Hranol	GPa	GPa	GPa	%
1		35,5		
2	32,5	36,9		
3	31,9	36,4		
Průměr	**32,2**	**36,3**	**4,1**	**+12,73**

Tabulka 6 dále vyčísluje rozdíl v GPa a v % mezi aritmetickým průměrem statického modulu pružnosti hranolů vyrobených na betonárně Plazy a aritmetickým průměrem statického modulu pružnosti hranolů vyrobených v laboratoři EC. Z důvodu konzistentního přístupu k porovnávání jsou rozdíly opět vztaženy k hodnotám zjištěným na betonárně.

Obrázek 26: Měření statického modulu pružnosti

Obrázek 27: Nežádoucí porušení tělesa

4.4. Porovnání výsledků a zhodnocení výsledků s teoretickými předpoklady

V souladu s teoretickými předpoklady zkušební vzorky vyrobené a ošetřované v laboratorních podmínkách vyšly z hlediska všech zkoumaných pevnostních charakteristik (pevnost v tlaku, pevnost v příčném tahu, pevnost v tahu ohybem a modul pružnosti) lépe než zkušební vzorky vyrobené v průmyslovém prostředí.

Z hlediska objemové hmotnosti ztvrdlého betonu lze uzavřít, že všechny zkušební krychle mají téměř totožnou objemovou hmotnost, která se shoduje s objemovou hmotností, která byla receptuře předepsána v průkazních zkouškách. U zkušebních hranolů vychází rozdíl nepatrně větší, ale i zde se rozdíl pohybuje v řádu dvou desítek gramů a v procentuálním vyjádření do 1 procenta což lze označit za statisticky nevýznamný rozdíl, který může být způsoben vlivem naplnění formy hranolu. Objemová hmotnost souvisí i se správným zhutněním zkušebních vzorků. Z porovnání výsledků, lze tedy vyvodit, že zkušební tělesa v obou prostředích musela být správně zhutněna.

U pevnosti v tlaku jsme u zkušebních vzorků vyrobených v laboratorním prostředí zaznamenali nárůst o 40 % oproti pevnosti v tlaku, která byla změřena u zkušebních těles vyrobených v prostředí betonárny. U pevnosti v příčném tahu a pevnosti v tahu ohybem je tento nárůst dokonce více než 50 %. U statistického modulu pružnosti vzorky z laboratorního prostředí dosahují o 12,73 % vyšších hodnot (nárůst o 4,1 GPa) než vzorky vyrobené v prostředí betonárny.

5. Závěr

Významnou výhodou laboratorního prostředí je normové prostředí pro ošetřování zkušebních těles. Splnění tohoto požadavku u betonáren je v praxi velmi komplikované. Výsledky nasvědčují tomu, že vzhledem k zimnímu ročnímu období, hydratační proces v prostředí betonárny mohl být významně zpomalen, nedodržením normových podmínek pro uložení těles v době ošetřování. Výsledky zkoušek potvrdily i dřívějším experimentem ověřenou hypotézu, že hodnoty pevností v tlaku a hodnoty dynamického a statického modulu pružnosti rostou s délkou hydratačního procesu [34].

Jelikož jsme ani u jednoho prostředí neměřili zpracovatelnost čerstvého betonu, nemůžeme porovnat a ověřit, zda obě záměsi byly vyrobeny se stejným vodním součinitelem a odpovídaly konzistenci sednutí kužele S4 (Abrams) předepsané v receptuře z průkazních zkoušek. Pro zvýšení věrohodnosti experimentu považuji za důležité uvést, že vzorky v rámci jednotlivých prostředí a zkoušených pevnostních charakteristik nevykazují statisticky významné směrodatné odchylky, což vypovídá o homogenitě betonové směsi použité při jejich výrobě a správném zhutnění. Ostatní nepopsané faktory byly buď podobné v obou prostředích nebo neměly významnou schopnost výsledek ovlivnit.

Závěrem považuji za důležité zmínit, že obecně je velmi těžké tyto subjekty porovnávat, protože jejich cíle a úkoly jsou dosti odlišné. Betonárna vyrábí beton ve velkém pro zákazníky a nutně potřebuje mít jistotu, že ve více než 95 % vyrobila pro zákazníka beton deklarovaných vlastností. Většina procesů na betonárně je plně automatizovaných a tím se významně snižuje riziko pochybení lidského faktoru při výrobě čerstvého betonu. Laboratoř nedodává beton zákazníkům na stavby a nenese tedy zodpovědnost za každý vyrobený m^3. Laboratoř spíše experimentuje, navrhuje receptury a zkouší vyrobit beton s lepšími mechanickými vlastnostmi nebo případně s menšími náklady. Pro svůj experiment má k dispozici teoreticky neomezené množství pokusů a veškeré vybavení odpovídající normovým požadavkům. Pokud by ho laboratoř neměla, nedostala by akreditaci. Betonárna má vždy pokus pouze jeden a z tohoto důvodu se betonárna musí snažit o to, aby vždy stála ve svých rozhodnutích na straně bezpečnosti. Pokud všechny zkušební vzorky betonárny i v nedokonalých podmínkách ošetřování splní normové požadavky odpovídající pevnostní třídě navržené receptury, tento požadavek betonárna splnila.

6. Seznam použité literatury

[1] Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

[2] Nařízení evropského parlamentu a rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se ruší směrnice Rady 89/106/EHS

[3] Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve znění pozdějších předpisů

[4] ČSN EN 206+A1 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, Praha, Duben 2018

[5] ČSN P 73 2404 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda – Doplňující informace, Praha, Leden 2016

[6] Zákona č. 263/2016 Sb., atomový zákon

[7] Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje

[8] Internetové stránky https://www.cemex.cz

[9] ČSN EN 197-1 ed. 2 Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití, Praha, Duben 2012

[10] ČSN EN 196-1 Metody zkoušení cementu – Část 1: Stanovení pevnosti, Praha, Říjen 2016

[11] Internetové stránky http://www.svcement.cz

[12] Prof. Ing. Petr Hájek, CSc., Ing. Ctislav Fiala, PhD. – Hodnocení životního cyklu betonových konstrukcí – časopis Beton 5/2015. BETON TKS, s.r.o.

[13] Petr Pytlík, Technologie betonu. 2. vyd. Brno: VUTIUM, 2000 učebnice VUT

[14] Doc. Ing. Rudolf Hela, CSc., Ing. Radomír Sokolář, PhD. - Zkušebnictví a technologie - MODUL BI02-MO1 – Technologie betonu, stavební keramika (elektronická skripta VUT v Brně, FAST)

[15] Bc. Vendula Davidová – Faktory ovlivňující smrštění kompozitů na bázi portlandského cementu. Praha, 2018. Diplomová práce. ČVUT, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Pavel Reiterman, PhD.

[16] Mario Collepardi - Moderní beton, ČKAIT, Praha, 2006

[17] Pierre-Claude Aitcin: Vysokohodnotný beton, ČKAIT, Praha, 2005

[18] ČSN EN 12620+A1 Kamenivo do betonu, ČSNI, Praha, Listopad 2008

[19] Internetové stránky http://www.euroviakamenolomy.cz

[20] ČSN EN 450-1 Popílek do betonu – Část 1: Definice, specifikace a kritéria shody, Praha, Únor 2013

[21] ČSN EN 450-2 Popílek do betonu – Část 2: Hodnocení shody, Praha, Říjen 2005

[22] Internetové stránky https://www.cez.cz

[23] Internetové stránky http://www.ebeton.cz

[24] ČSN EN 934-2 Přísady do betonu, malty a injektážní malty - Část 2: Přísady do betonu - Definice, požadavky, shoda, označování a značení štítkem, Praha, Prosinec 2012

[25] Doc. Ing. Rudolf Hela, CSc., Technologie betonu (elektronická skripta VUT v Brně, FAST)

[26] Internetové stránky https://www.stachema.cz

[27] ČSN EN 1008 Záměsová voda do betonu – Specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně, jako záměsové vody do betonu, Praha, Květen 2003

[28] Ing. Vladimír Veselý - Jak (ne)pracovat s betonem – výroba, doprava a ukládání betonu – časopis Beton 5/2017 - BETON TKS, s.r.o.

[29] ČSN EN 12390-1 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy, Praha, Únor 2013

[30] ČSN EN 12350-1 Zkoušení čerstvého betonu – Část 1: Odběr vzorků a zkušební zařízení, Praha, Září 2019

[31] ČSN EN 12390-2 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti, Praha, Září 2019

[32] Doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D, Ing. Oldřich Žalud, Ing. Petr Misák, Ing. Barbara Kucharczyková, PhD., Ivo Rumel – Vliv zkušebních forem a ošetřování těles na výsledky zkoušek fyzikálně-mechanických a trvanlivostních charakteristik ztvrdlého betonu – časopis Beton 4/2011 - BETON TKS, s.r.o.

[33] Ing. Vladimír Veselý - Jak (ne)pracovat s betonem – Ošetřování betonu - časopis Beton 6/2017 - BETON TKS, s.r.o.

[34] Prof. Ing. Jiří Adámek, CSc., Ing. Petr Cikrle, PhD., Ing. Ondřej Pospíchal, Ing. Dalibor Kocáb – Vliv délky hydratace cementu na mechanické vlastnosti betonu, FAST VUT Brno, Ústav stavebního zkušebnictví, 2014

[35] ČSN EN 12390-7 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu, Září 2019

[36] ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles, Praha, Září 2019

[37] ČSN EN 12390-6 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 6: Pevnost v příčném tahu zkušebních těles, Praha, Červen 2010

[38] ČSN EN 12390-5 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 5: Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles, Praha, Září 2019

[39] ČSN EN 12390-13 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 13: Stanovení sečnového modulu pružnosti v tlaku, Únor 2014

7. Seznam tabulek

Tabulka 1: Receptura betonu pevnostní třídy C25/30

Tabulka 2: Souhrnné výsledky objemových hmotností ztvrdlého betonu [35]

Tabulka 3: Souhrnné výsledky pevností v tlaku zkušebních těles [36]

Tabulka 4: Souhrnné výsledky pevností v příčném tahu zkušebních těles [37]

Tabulka 5: Souhrnné výsledky pevností v tahu ohybem zkušebních těles [38]

Tabulka 6: Výsledky stanovení statického modulu pružnosti [39]

8. Seznam obrázků

Obrázek 1: Betonárna Plazy

Obrázek 2: Výroba cementu v ČR [11]

Obrázek 3: Příklad nevhodné vodní lázně

Obrázek 4: Příklad špatně označených těles

Obrázek 5: Převoz materiálu z betonárny

Obrázek 6: Laboratoř EC

Obrázek 7: Formy pro trámce

Obrázek 8: Formy pro krychle - laboratoř

Obrázek 9: Navážené složky betonu

Obrázek 10: Laboratorní míchačka

Obrázek 11: Plnění forem na vibračním stolku

Obrázek 12: Vodní lázeň v laboratoři K-133

Obrázek 13: Věžové uspořádání

Obrázek 14: Míchačka BHS - betonárna

Obrázek 15: Pásový dopravník

Obrázek 16: Formy pro krychle – betonárna

Obrázek 17: Vibrační deska pro zhutnění těles

Obrázek 18: Vzorky vyrobené v EC laboratoři

Obrázek 19: Vzorky vyrobené na betonárně Plazy

Obrázek 20: Zkouška pevnosti v tlaku

Obrázek 21: Krychle po zkoušce pevnosti v příčném tahu

Obrázek 22: Zkouška pevnosti v příčném tahu

Obrázek 23: Krychle po zkoušce pevnosti v příčném tahu

Obrázek 24: Zkouška pevnosti v tahu ohybem

Obrázek 25: Hranol po zkoušce pevnosti v tahu ohybem

Obrázek 26: Měření statického modulu pružnosti

Obrázek 27: Nežádoucí porušení tělesa

9. Seznam příloh

[1] Prohlášení výrobce o vlastnostech portlandského cementu EN 191-1 CEM I 42,5 R Prachovice

[2] Statistické hodnocení kvality a chemismu cementu EN 191-1 CEM I 42,5 R Prachovice v prosinci 2018

[3] Prohlášení výrobce o vlastnostech – přírodní těžené kamenivo Sojovice frakce 0/4 mm praná

[4] Prohlášení výrobce o vlastnostech – přírodní drcené kamenivo Chlum frakce 8/16 mm

[5] Prohlášení výrobce o vlastnostech – přírodní drcené kamenivo Chlum frakce 16/22 mm

[6] Prohlášení výrobce o vlastnostech popílku

[7] Osvědčení o stálosti vlastností popílku

[8] Prohlášení výrobce o vlastnostech – Stacheplast 110

[9] Kalibrační list 1051-KL-10358-18 ze dne 24.4.2018 (lis laboratoře K-133)

[10] Kalibrační list KL-2017-11-356 ze dne 28.11.2017 (váha kameniva betonárny)

[11] Výsledky laboratorních zkoušek zkušebních krychlí

[12] Výsledky laboratorních zkoušek zkušebních hranolů

[13] Protokol o průběhu zkoušky sečnového modulu pružnosti

Prohlášení o vlastnostech

č. 1020-CPR-040 019097-15

1. Jedinečný identifikační kód typu výrobku: Portlandský cement EN 197-1-CEM – I 42,5 R
2. Zamýšlené použití nebo zamýšlená použití: Příprava betonu, malty, injektážní malty a jiných směsí pro stavění a pro výrobu stavebních výrobků
3. Výrobce: CEMEX Cement, k.s., Tovární 296, 53804 Prachovice, Česká republika
4. Systém POSV: 1+
5. Harmonizovaná norma: EN 197-1:2011

   Oznámený subjekt: Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., Prosecká 811/76a, Praha 9, NB 1020
6. Deklarované vlastnosti:

Základní charakteristiky	Vlastnosti	Harmonizovaná technická specifikace
Cement pro obecné použití - složení	CEM I	EN 197-1:2011
Pevnost v tlaku (počáteční a normalizovaná pevnost)	42,5 R	
Počátek tuhnutí	splněno	
Nerozpustný zbytek	splněno	
Ztráta žíháním	splněno	
Objemová stálost	splněno	
Obsah síranů	splněno	
Hydratační teplo	splněno	
Obsah chloridů	splněno	

Toto prohlášení o vlastnostech je zpřístupněno na internetové stránce výrobce: www.cemex.cz

Vlastnosti výše uvedeného výrobku jsou ve shodě se souborem deklarovaných vlastností. Toto prohlášení o vlastnostech se v souladu s nařízením (EU) č. 305/2011 vydává na výhradní odpovědnost výrobce uvedeného výše.

Podepsáno za výrobce a jeho jménem:

Karol Czubara

V Prachovicích dne 18.5.2015

CEMEX Czech Republic, s.r.o; Výroba cementu Prachovice
Tovární 296
538 04 Prachovice

Statistické hodnocení kvality a chemismu cementu dle ČSN EN 197-1 ed. 2

Cement CEM I 42,5 R
Období: 12/2018

	Statistické hodnocení chemismu cementu													
Číslo vzorku	Ztráta žíháním	Nerozpustný podíl	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3	K2O	Na2O	Na2O-ekvivalent	Cl-	Cr 6+	C3A (ve slinku)
jedn.	%hm.	%hm.	%hm.	%hm.	%hm.	%hm.	%hm.	%hm.	%hm.	%hm.	%hm.	%hm.	ppm	%hm.
3.12.	4.82	0.49	18.22	5.21	3.01	62.88	2.45	3.25	0.70	0.41	0.87	0.08	-	
6.12.	-	-	18.26	5.21	2.93	62.85	2.39	3.31	0.74	0.41	0.89	0.08	-	
10.12.	-	-	18.20	5.19	2.99	62.87	2.44	3.30	0.70	0.42	0.87	0.08	-	
12.12.	4.95	0.47	18.06	5.19	3.01	62.85	2.41	3.33	0.68	0.40	0.85	0.08	-	
27.12.	-	-	18.29	5.12	2.96	63.00	2.33	3.18	0.70	0.38	0.85	0.09	-	
průměr	4.89	0.48	18.21	5.18	2.98	62.89	2.40	3.27	0.70	0.40	0.87	0.08	-	7.78
min.	4.82	0.47	18.06	5.12	2.93	62.85	2.33	3.18	0.68	0.38	0.85	0.08	-	
max.	4.95	0.49	18.29	5.21	3.01	63.00	2.45	3.33	0.74	0.42	0.89	0.09	-	
st.d.			0.09	0.04	0.03	0.06	0.05	0.06	0.02	0.02	0.02	0.00	-	
četnost	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	

	FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI					PEVNOSTI			
Číslo vzorku	Specifický povrch	Záměsová voda	Počátek tuhnutí	Doba tuhnutí	Objemová stálost (Le Chat)	Tlak 2-dny	Tlak 28-dnů	Ohyb 2-dny	Ohyb 28-dnů
jedn.	cm2/g	%hm.	min.	min.	mm	MPa	MPa	MPa	MPa
3.12.	3527	28.4	200	286	1.0	31.5	54.6	6.2	8.9
6.12.	3370	28.2	207	287	-	26.7	51.8	5.5	9.4
10.12.	3396	28.2	210	325	0.0	30.0	55.1	6.1	9.5
12.12.	3495	28.2	210	336	-	30.6	56.6	6.5	9.9
27.12.	3412	28.2	180	285	0.0	30.2	55.2	6.1	8.8
průměr	3440	28.2	201	304	0.3	29.8	54.7	6.1	9.3
min.	3370	28.2	180	285	0.0	26.7	51.8	5.5	8.8
max.	3527	28.4	210	336	1.0	31.5	56.6	6.5	9.9
st.d.	67	0.1	13	25	0.4	1.8	1.8	0.3	0.4
četnost	5	5	5	5	3	5	5	5	5

Obch.oddělení :
tel : 469 810 450
fax : 469 810 451

V Prachovicích
Datum : 08.02.2019

Ing. Paweł Zgrzebny
Kvalita a technologie

Příloha č. 2

Příloha č. 3

Prohlášení o vlastnostech č. 37/CPR/2019

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č.305/2011 (a č. 574/2014)

CE
1392
14

1. Identifikační kód výrobku: **SOJOVICE frakce 0/4 praná**
   Přírodní těžené kamenivo, hornina štěrkopísek
2. Zamýšlené/zamýšlená použití:
   Kamenivo pro přípravu betonu pro pozemní stavby, pozemní komunikace a jiné inženýrské stavby
   Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch
   Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
3. Výrobce: **Pískovna Sojovice, s.r.o., Sojovice čp.196, 294 75 Sojovice, okres Mladá Boleslav, IČ: 47 54 19 11, tel.: ++420 326 921 218, 326 921 123, e-mail: vpokorny@piskovnasojovice.cz, prodej@piskovnasojovice.cz**
4. Jméno a kontaktní adresa zplnomocněného zástupce: -
5. Systém posuzování a ověřování stálosti vlastností (AVCP): **Systém 2+**
6. Harmonizovaná norma: EN 12620:2002+A1:2008 Kamenivo do betonu, EN 13043:2002/AC:2004 Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch, EN 13242:2002+A1:2007 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulické pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
   Oznámený subjekt: **Zkušebna kamene a kameniva, s.r.o., oznámený subjekt č. 1392**
7. Deklarované vlastnosti:

Základní charakteristiky	Vlastnosti (vztahující se na použití podle):			Harmonizované technické specifikace
	EN 12620	EN 13043	EN 13242	
Tvar zrn, frakce a objemová hmotnost				U základních charakteristik a vlastností uvedených ve sloupci: **EN 12620** platí odkaz na: **EN 12620:2002+A1:2008** **EN 13043** platí odkaz na: **EN 13043:2002/AC:2004** **EN 13242** platí odkaz na: **EN 13242:2002+A1:2007**
- Frakce kameniva	0/4 praná	0/4 praná	0/4 praná	
- Zrnitost	G_F 85	G_A 85	G_F 85	
- Tolerance pro zrnitost DK a směsi	Síto: 4= 98%; 1= 75%; 0,250= 20% hm.	$G_{TC}10$	GT_F10	
- Propad na středním sítě HK s $D/d > 2$	NPD	-	-	
- Propad na středním sítě HK s $D/d \geq 2$	-	NPD	NPD	
- Tvar zrn hrubého kameniva – tvarový index	NPD	NPD	NPD	
- Tvar zrn hrubého kameniva – index plochosti	NPD	NPD	NPD	
- Procentní podíl drcených a lámaných zrn v HK	-	NPD	NPD	
- Objemová hmotnost	2,608 Mg/m³	2,608 Mg/m³	2,608 Mg/m³	
Čistota				
- Obsah schránek živočichů v HK	NPD	-	-	
- Obsah jemných částic	f_3	f_3	f_7	
- Kvalita jemných částic	NPD	NPD	NPD	
Afinita mezi hr. kamenivem s asfaltovým pojivem				
- Průměrný stupeň obalení - asfalt 50/70, 70/100	-	NPD	-	
Odolnost proti drcení				
- Odolnost proti drcení metodou *LA*	NPD	NPD	NPD	
- Odolnost proti drcení rázem	NPD	NPD	NPD	
Odolnost proti otěru/ohladitelnosti/obrusu				
- Odolnost proti otěru HK (mikro-Deval)	NPD	NPD	NPD	
- Odolnost proti ohladitelnosti	NPD	NPD	-	
- Odolnost proti povrchovému obrusu	NPD	NPD	-	
- Odolnost proti obrusu pneumatikami s hroty	NPD	NPD	-	
Odolnost vůči tepelným šokům	-	NPD	-	
Složky/Obsah				
- Složky hrubého recyklovaného kameniva	NPD	-	NPD	
- Chloridy	≤ 0,01 % hm.	-	-	
- Sírany rozpustné v kyselině	$AS_{0,2}$	-	$AS_{0,2}$	
- Celková síra	Vyhovuje	-	S_1	
- Obsah vodou rozpustných síranů v recykl. kamenivu	NPD	-	NPD	
- Potenciální přítomnost humusu	Vyhovuje	-	Vyhovuje	
- Obsah lehkých znečišťujících částic	≤ 0,25 % hm.	$m_{LPC}0,5$	-	
- Obsah oxidu uhličitého v drobném kamenivu	NPD	-	-	
Objemová stálost				
- Objemová stálost-smršťování vysycháním	NPD	-	-	
- Rozpad křemičitanu vápenatého ve VCHVS	NPD	NPD	NPD	
- Rozpad železa ve VCHVS	NPD	NPD	NPD	
- Objemová stálost kameniva z ocelářské strusky	-	NPD	NPD	
Nasákavost	$WA_{24} \leq 1,5$	-	WA_{24} 2	
Nebezpečné látky				
- Emise radioaktivity	Index ≤ 1,0			
- Uvolňování těžkých kovů a polyaromatic. uhlovodíků	NPD	NPD	NPD	
- Uvolňování jiných nebezpečných látek	NPD	NPD	NPD	
Trvanlivost proti zmrazování a rozmrazování				
- Odolnost proti zmrazování a rozmrazování	NPD	NPD	NPD	
- Zkouška síranem hořečnatým	NPD	NPD	NPD	
Odolnost proti rozpadavosti čediče	-	NPD	NPD	
Trvanlivost proti alkalicko-křemičité reakci				
- Odolnost proti alkalicko křemičité reakci	rozpínavost < 0,07 %	-	-	
	D=79 , S=29 mmol/l	-	-	

Poznámka: Pokud se základní charakteristika nebo vlastnost nevztahuje k harmonizované technické specifikaci, řádek je v příslušném sloupci proškrtnut.

8. Vlastnosti výše uvedeného výrobku jsou ve shodě se souborem deklarovaných vlastností. Toto prohlášení o vlastnostech se vydává na výhradní odpovědnost výrobce uvedeného výše.

Podepsáno za výrobce a jeho jménem:

V Sojovicích, 11.3.2019	Jméno a funkce	Ing. Václav Pokorný, jednatel společnosti	Podpis	

Příloha č. 4

Prohlášení o vlastnostech č. 192A/6

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011

CE
1517
13

1. Identifikační kód výrobku: **121A2100011 CHLUM**
2. Typové označení výrobku: **Přírodní drcené kamenivo – frakce 8/16**
3. Zamýšlená použití stavebního výrobku:
   Kamenivo pro přípravu betonu pro pozemní stavby, pozemní komunikace a jiné inženýrské stavby
   Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch
   Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
4. Výrobce: **EUROVIA Kamenolomy, a.s., Londýnská ul. 637/79a, 460 01 Liberec XI – Růžodol I., IČ: 27 09 66 70**
5. Zplnomocněný zástupce: -
6. Systém posuzování a ověřování stálosti vlastností stavebního výrobku: **2+**
7. Oznámený subjekt: **Stavcert, s. r.o., U Výstaviště 3, 170 00 Praha 7, oznámený subjekt č. 1517**
   provedl počáteční inspekci ve výrobním závodě a systému řízení výroby, provádí průběžný dozor, posuzování a hodnocení systému řízení výroby, a vydal Osvědčení o shodě řízení výroby (Certifikát SŘV) č.: **1517-CPR- 010079**.
8. Evropské technické posouzení: nebylo vydáno
9. Vlastnosti uvedené v prohlášení: viz tabulka

Základní charakteristiky	**Vlastnosti** (vztahující se na použití podle):			**Harmonizované technické specifikace**
	EN 12620	**EN 13043**	**EN 13242**	
Tvar zrn, frakce a objemová hmotnost				U základních charakteristik a vlastností uvedených ve sloupci: **EN 12620** platí odkaz na: **EN 12620:2002+A1:2008** **EN 13043** platí odkaz na: **EN 13043:2002** **EN 13242** platí odkaz na: **EN 13242:2002+A1:2007**
- Zrnitost	G_C 85/20	G_C 90/15	G_C 85/15	
- Tolerance pro zrnitost HK s D/d ≥ 2	G_T15	$G_{25/15}$	GT_C 25/15	
- Tvar zrn hrubého kameniva – tvarový index	SI_{20}	SI_{25}	SI_{40}	
- Tvar zrn hrubého kameniva – index plochosti	NPD	NPD	NPD	
- Procentní podíl drcených a lámaných zrn v HK	-	$C_{100/0}$	$C_{90/3}$	
- Objemová hmotnost	2,423 Mg/m^3	2,423 Mg/m^3	2,423 Mg/m^3	
Čistota				
- Obsah schránek živočichů v HK	NPD	-	-	
- Obsah jemných částic	$f_{1,5}$	f_1	f_4	
- Kvalita jemných částic	-	NPD	NPD	
Odolnost proti drcení				
- Odolnost proti drcení metodou LA	LA_{20}	LA_{25}	LA_{40}	
- Odolnost proti drcení rázem	NPD	NPD	NPD	
Odolnost proti otěru/ohladitelnosti/obrusu				
- Odolnost proti otěru HK (mikro-Deval)	NPD	NPD	NPD	
- Odolnost proti ohladitelnosti	$PSV_{44\ (deklarovaná)}$	$PSV_{44\ (deklarovaná)}$	-	
- Odolnost proti povrchovému obrusu	NPD	NPD	-	
- Odolnost proti obrusu pneumatikami s hroty	NPD	NPD	-	
Odolnost vůči tepelným šokům	-	NPD	-	
Složky/Obsah				
- Složky hrubého recyklovaného kameniva	NPD	-	NPD	
- Chloridy	≤ 0,01 % hm.	-	-	
- Sírany rozpustné v kyselině	$AS_{0,2}$	-	$AS_{0,2}$	
- Celková síra	Vyhovuje	-	S_1	
- Obsah vodou rozpustných síranů v recykl. kamenivu	$SS_{0,2}$	-	$SS_{0,2}$	
- Potenciální přítomnost humusu	Vyhovuje	-	NPD	
- Obsah lehkých znečišťujících částic	≤ 0,05 % hm.	m_{LPC}0,1	-	
- Obsah oxidu uhličitého v drobném kamenivu	NPD	-	-	
Objemová stálost				
- Objemová stálost-smršťování vysycháním	NPD	-	-	
- Rozpad křemičitanu vápenatého ve VCHVS	NPD	NPD	NPD	*Poznámka: Pokud se základní charakteristika nebo vlastnost nevztahuje k harmonizované technické specifikaci, řádek je v příslušném sloupci proškrtnut.*
- Rozpad železa ve VCHVS	NPD	NPD	NPD	
- Objemová stálost kameniva z ocelářské strusky	-	NPD	NPD	
Nasákavost	WA_{24} ≤ 2%	-	WA_{24} 2	
Nebezpečné látky				
- Obsah přírodních radionuklidů	Ra 226 ≤ 120 Bq/kg / Index ≤ 2,0			
- Uvolňování jiných nebezpečných látek	NPD	NPD	NPD	
Trvanlivost proti zmrazování a rozmrazování				
- Odolnost proti zmrazování a rozmrazování	F_1	F_1	F_1	
- Zkouška síranem hořečnatým	MS_{18}	MS_{18}	MS_{18}	
Odolnost proti rozpadavosti čediče				
- Ztráta hmotnosti po vaření	-	NPD	NPD	
- Zvýšení součinitele LA po vaření	-	NPD	NPD	
Trvanlivost proti alkalicko-křemičité reakci				
- Alkalicko-křemičitá reakce	< 0,07 %			
Petrografický druh kameniva	znělec			

10. Vlastnosti výrobku jsou ve shodě s vlastnostmi uvedenými v bodě 9.

Toto prohlášení o vlastnostech se vydává na výhradní odpovědnost výrobce uvedeného v bodě 4. Podepsáno za výrobce a jeho jménem:

V Liberci, 1. 1. 2015	Jméno a funkce	Ing. Zuzana Sazimová, vedoucí technolog	Podpis	

Ing. Zuzana Sazimová

Příloha č. 5

Prohlášení o vlastnostech č. 192A/7

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011

CE
1517
13

1. Identifikační kód výrobku: **121A2000011 CHLUM**
2. Typové označení výrobku: **Přírodní drcené kamenivo – frakce 16/22**
3. Zamýšlená použití stavebního výrobku:
   Kamenivo pro přípravu betonu pro pozemní stavby, pozemní komunikace a jiné inženýrské stavby
   Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch
   Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
4. Výrobce: **EUROVIA Kamenolomy, a.s., Londýnská ul. 637/79a, 460 01 Liberec XI – Růžodol I., IČ: 27 09 66 70**
5. Zplnomocněný zástupce: -
6. Systém posuzování a ověřování stálosti vlastností stavebního výrobku: **2+**
7. Oznámený subjekt: **Stavcert, s. r.o., U Výstaviště 3, 170 00 Praha 7, oznámený subjekt č. 1517**
   provedl počáteční inspekci ve výrobním závodě a systému řízení výroby, provádí průběžný dozor, posuzování a hodnocení systému řízení výroby, a vydal Osvědčení o shodě řízení výroby (Certifikát SŘV) č.: **1517-CPR- 010079**.
8. Evropské technické posouzení: nebylo vydáno
9. Vlastnosti uvedené v prohlášení: viz tabulka

Základní charakteristiky	**Vlastnosti** (vztahující se na použití podle):			**Harmonizované technické specifikace**
	EN 12620	**EN 13043**	**EN 13242**	
Tvar zrn, frakce a objemová hmotnost				U základních charakteristik a vlastností uvedených ve sloupci: **EN 12620** platí odkaz na: **EN 12620:2002+A1:2008** **EN 13043** platí odkaz na: **EN 13043:2002** **EN 13242** platí odkaz na: **EN 13242:2002+A1:2007**
- Zrnitost	G_C 85/20	G_C 90/15	G_C 85/15	
- Tolerance pro zrnitost HK s D/d ≥ 2	NPD	NPD	NPD	
- Tvar zrn hrubého kameniva – tvarový index	SI_{20}	SI_{25}	SI_{40}	
- Tvar zrn hrubého kameniva – index plochosti	NPD	NPD	NPD	
- Procentní podíl drcených a lámaných zrn v HK	-	$C_{100/0}$	$C_{90/3}$	
- Objemová hmotnost	2,419 Mg/m^3	2,419 Mg/m^3	2,419 Mg/m^3	
Čistota				
- Obsah schránek živočichů v HK	NPD	-	-	
- Obsah jemných částic	$f_{1,5}$	f_1	f_4	
- Kvalita jemných částic	-	NPD	NPD	
Odolnost proti drcení				
- Odolnost proti drcení metodou LA	LA_{20}	LA_{25}	LA_{40}	
- Odolnost proti drcení rázem	NPD	NPD	NPD	
Odolnost proti otěru/ohladitelnosti/obrusu				
- Odolnost proti otěru HK (mikro-Deval)	NPD	NPD	NPD	
- Odolnost proti ohladitelnosti	$PSV_{44\ (deklarovaná)}$	$PSV_{44\ (deklarovaná)}$	-	
- Odolnost proti povrchovému obrusu	NPD	NPD	-	
- Odolnost proti obrusu pneumatikami s hroty	NPD	NPD	-	
Odolnost vůči tepelným šokům	-	NPD	-	
Složky/Obsah				
- Složky hrubého recyklovaného kameniva	NPD	-	NPD	
- Chloridy	≤ 0,01 % hm.	-	-	
- Sírany rozpustné v kyselině	$AS_{0,2}$	-	$AS_{0,2}$	
- Celková síra	Vyhovuje	-	S_1	
- Obsah vodou rozpustných síranů v recykl. kamenivu	$SS_{0,2}$	-	$SS_{0,2}$	
- Potenciální přítomnost humusu	Vyhovuje	-	NPD	
- Obsah lehkých znečišťujících částic	≤ 0,05 % hm.	$m_{LPC}0,1$	-	
- Obsah oxidu uhličitého v drobném kamenivu	NPD	-	-	
Objemová stálost				
- Objemová stálost-smršťování vysycháním	NPD	-	-	
- Rozpad křemičitanu vápenatého ve VCHVS	NPD	NPD	NPD	*Poznámka: Pokud se základní charakteristika nebo vlastnost nevztahuje k harmonizované technické specifikaci, řádek je v příslušném sloupci proškrtnut.*
- Rozpad železa ve VCHVS	NPD	NPD	NPD	
- Objemová stálost kameniva z ocelářské strusky	-	NPD	NPD	
Nasákavost	WA_{24} ≤ 2%	-	WA_{24} 2	
Nebezpečné látky				
- Obsah přírodních radionuklidů	Ra 226 ≤ 120 Bq/kg / Index ≤ 2,0			
- Uvolňování jiných nebezpečných látek	NPD	NPD	NPD	
Trvanlivost proti zmrazování a rozmrazování				
- Odolnost proti zmrazování a rozmrazování	F_1	F_1	F_1	
- Zkouška síranem hořečnatým	MS_{18}	MS_{18}	MS_{18}	
Odolnost proti rozpadavosti čediče				
- Ztráta hmotnosti po vaření	-	NPD	NPD	
- Zvýšení součinitele LA po vaření	-	NPD	NPD	
Trvanlivost proti alkalicko-křemičité reakci				
- Alkalicko-křemičitá reakce	< 0,07 %			
Petrografický druh kameniva	znělec			

10. Vlastnosti výrobku jsou ve shodě s vlastnostmi uvedenými v bodě 9.

Toto prohlášení o vlastnostech se vydává na výhradní odpovědnost výrobce uvedeného v bodě 4. Podepsáno za výrobce a jeho jménem:

V Liberci, 1. 1. 2015	Jméno a funkce	Ing. Zuzana Sazimová, vedoucí technolog	Podpis	

Ing. Zuzana Sazimová

PROHLÁŠENÍ O VLASTNOSTECH

č. 03/01 – 2014

Výrobek:	Popílek do betonu EN 450-1:2012
Typové označení:	Popílek do betonu z hnědého uhlí jako příměs druhu II do betonu
Zamýšlené použití:	Popílek pro beton
Výrobce:	ČEZ, a. s. Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4 IČ: 45274649, DIČ: CZ45274649
Výrobna:	Elektrárna Mělník, 277 03 Horní Počaply
Systém posuzování a ověřování stálosti vlastností:	1+
Oznámený subjekt:	TZUS Praha, s. p., Prosecká 811/76a, Praha 9, Oznámený subjekt 1020 vydal Osvědčení o stálosti vlastností č. 1020–CPR–040 027144

Vlastnosti uvedené v prohlášení:

Základní charakteristiky:	Vlastnost:	Harmonizované technické specifikace:
Index účinnosti po 28 dnech:	≥ 75 %	ČSN EN 450-1, ČSN EN 196-1
Index účinnosti po 90 dnech:	≥ 85 %	ČSN EN 450-1, ČSN EN 196-1
Objemová stálost:	≤ 10 mm	ČSN EN 450-1, ČSN EN 196-3
Ztráta žíháním:	kategorie A	ČSN EN 450-1, ČSN EN 196-2
Měrná hmotnost:	1800 – 2200 $kg.m^{-3}$	ČSN EN 196-6
Jemnost:	kategorie N	ČSN EN 451-2
Obsah síranů:	≤ 3 %	ČSN EN 196-2
Obsah CaO aktivního:	≤ 10 %	ČSN EN 196-2, ČSN EN 197-1
Obsah CaO volného:	≤ 2,5 %	ČSN EN 451-1
Obsah chloridů:	≤ 0,1 %	ČSN EN 196-2
Hmotnostní aktivita Ra^{226}:	≤ 300 $Bq.kg^{-1}$	Doporučení SÚJB 2009
Index hmotnostní aktivity:	≤ 2	Doporučení SÚJB 2009

Vlastnosti výrobku jsou ve shodě s vlastnostmi uvedenými v tabulce.
Toto prohlášení o vlastnostech se vydává na výhradní odpovědnost výrobce.

Jménem výrobce:

Ing. Miroslav Krpec, ředitel ČEZ, a. s., OJ Elektrárny Mělník

Mělník, dne: 22.4.2014

Podpis: .....

TECHNICKÝ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV STAVEBNÍ PRAHA, s.p.
Technical and Test Institute for Construction Prague
Akreditovaná zkušební laboratoř, Autorizovaná osoba, Notifikovaná osoba, Oznámený subjekt, Subjekt pro technické posuzování, Certifikační orgán, Inspekční orgán / Accredited Testing Laboratory, Authorized Body, Notified Body, Technical Assessment Body, Certification Body, Inspection Body, Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 - Prosek, Czech Republic

Oznámený subjekt 1020

OSVĚDČENÍ O STÁLOSTI VLASTNOSTÍ

certifikát

č. 1020 – CPR – 040 027144

V souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011 (nařízení o stavebních výrobcích - CPR) se vydává toto osvědčení pro stavební výrobek:

Popílek do betonu z hnědého uhlí

(výrobek je určen jako příměs druhu II do betonu)

který byl vyroben výrobcem nebo pro výrobce:

ČEZ, a. s.

Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4

IČ 45 27 46 49

a byl vyroben ve výrobně:

OJ Elektrárny Mělník

277 03 Horní Počaply

Toto osvědčení prokazuje, že byla uplatněna všechna ustanovení týkající se posuzování a ověřování stálosti vlastností a vlastnosti popsaných v příloze ZA normy

EN 450-1:2012

v rámci systému 1+ a že

výrobek splňuje všechny výše stanovené požadavky.

Toto osvědčení bylo poprvé vydáno 12.01.2007 jako certifikát podle CPD a platí, dokud se nezmění zkušební metody a/nebo požadavky na systém řízení výroby obsažené v harmonizované normě použité při posuzování vlastností deklarovaných charakteristik a pokud se výrazně nezmění výrobek a/nebo výrobní podmínky v místě výroby.

TECHNICKÝ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV STAVEBNÍ PRAHA, s.p. OZNÁMENÝ SUBJEKT 1020 ÚNM2 04

Teplice 18. dubna 2014

Ing. Pavel Rubáš, Ph.D.
zástupce vedoucího oznámeného subjektu

STACHEPLAST 110

PROHLÁŠENÍ O VLASTNOSTECH

Č. 10200025000/1

1. Jedinečný identifikační kód typu výrobku:

EN 934-2: T 2 //72

2. Typ, série nebo sériové číslo nebo jakýkoliv jiný prvek umožňující identifikaci stavebních výrobků podle čl. 11 odst. 4:

Číslo šarže: najdete na obalu výrobku a průvodní dokumentaci

3. Zamýšlené použití nebo zamýšlená použití stavebního výrobku v souladu s příslušnou harmonizovanou technickou specifikací podle předpokladu výrobce:

Plastifikační přísada do betonu dle EN 934-2+A1:2012

4. Jméno, firma nebo registrovaná obchodní známka a kontaktní adresa výrobce podle čl. 11 odst. 5:

STACHEMA CZ s.r.o.
Zibohlavy 1
Kolín 280 02

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

Bc. Martin Váša
výrobní ředitel

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

Systém 2+

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

Notifikovaná osoba č. 0921- QDB se sídlem Mainzer Landstaβe 55 D-60329 Frankfurt am Main provedla počáteční inspekci v místě výroby a řízení výroby ve výrobním závodě i průběžného dohledu, posuzování a schvalování řízení výroby u výrobce v souladu se systémem 2+ a vydal: Certifikát řízení výroby číslo 0921-CPR-2000.

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

Nevztahuje se

9. Vlastnosti uvedené v prohlášení

Základní charakteristiky	Vlastnost	Harmonizované technické specifikace
Obsah chloridových iontů	≤ 0,1 hm.%	EN 934-2
Obsah alkálií	≤ 8 %	EN 934-2
Korozivní vlastnosti	Výrobek obsahuje pouze složky uvedené v EN 934-1:2008 příloha A.1	EN 934-2
Redukce vody	Ve zkušební směsi ≥ 5 % ve srovnání s kontrolní směsí	EN 934-2
Pevnost v tlaku	Po 7 a 28 dnech: Zkušební směs ≥ 110 % kontrolní směsi	EN 934-2
Obsah vzduchu v čerstvém betonu	Ve zkušební směsi maximálně o 2 objemová % více než v kontrolní směsi	EN 934-2
Nebezpečné látky	NPD	EN 934-2

Pokud byla použita podle článku 37 nebo 38 specifická technická dokumentace, požadavky, které výrobek splňuje:

Nevztahuje se

10. Vlastnost výrobku uvedené v bodě 1 a 2 je ve shodě s vlastností uvedenou v bodě 9.
Toto prohlášení o vlastnostech se vydává na výhradní odpovědnost výrobce uvedeného v bodě 4.

Podepsáno za výrobce a jeho jménem:

Bc. Martin Váša, výrobní ředitel

Zibohlavy, 1.7.2013

(místo a datum vydání)

(podpis)

Český metrologický institut
Okružní 31, 638 00 Brno
tel. +420 545 555 111
www.cmi.cz

K 2202

Kalibrační laboratoř č. 2202 akreditovaná Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005

Pracoviště: Oblastní inspektorát Praha, Radiová1136/ 3, 102 00 Praha 10
Oddělení mechanických zkoušek materiálu, tel. +420 266020111, fax. +420 272704852

KALIBRAČNÍ LIST

1051-KL-10358-18

Datum vystavení: 24.4.2018 List 1 ze 2 listů

Zákazník: **České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební - Experimentální centrum**
Thákurova 7 . 166 29 Praha 6

Měřidlo: **Zkušební stroj pro stanovení pevnosti materiálu v tahu a tlaku.**
Nejvyšší zatížení.: 5000 kN
Zkoušené rozsahy: (0 -1000) kN , (0 - 5000) kN
Rok výroby : 1973
Měřicí ústrojí : olejový snímač tlaku + digit. převodník WE 2108

Výrobce: VEB

Typ: hydraulický

Výrobní číslo: 283/7

Výsledky kalibrace byly získány za podmínek a s použitím postupu uvedených v tomto kalibračním listě a vztahují se pouze k době a místu provedení kalibrace.

Datum kalibrace: 24.4.2018

Kalibraci provedl: **Ředitel oblastního inspektorátu:**

Český metrologický institut -10/2-

Jaroslav Městka

Ing. Vladimír Peršl

Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu provádějící laboratoře rozmnožován jinak než v celkovém počtu listů.

Použité etalony:	Typ a výrobní č.	Nejistota měření	Kalibrační list	Platnost do:
	C6/87683/5 MN	W_{max} = 0,11 %	12110 PTB	13.4.2020
	Z4A/102730025/100 kN	W_{max} = 0,11%	8011-KL-F0088-17	27.6.2019

Kalibrační postup: **ČMI č. 151-MP-C001**

Místo kalibrace: **Laboratoř D – 019 , Fakulta stavební, P-6**

Podmínky prostředí: změřená teplota vzduchu (23,2 ± 1,0) °C, g = 9,81 m . s^{-2}.

Podmínky kalibrace: teplota vzduchu (23 ± 10) °C, g = 9,81 m . s^{-2}.

Výsledky kalibrace:

Stroj nebyl seřizován.

rozsah: (0 - 5000) kN TLAK lis		rozšířená nejistota
stupnice stroje kN	chyba q %	měření W %
5000	-0,62	0,35
4000	-0,46	0,35
3000	-0,45	0,35
2000	-0,51	0,35
1000	-0,66	0,35
500	-0,67	0,35
250	-0,69	0,36
100	-0,69	0,35
50	-0,71	0,35

rozsah (0- 1000)kN TLAK trhačka		rozšířená nejistota
Stupnice stroje kN	chyba q %	měření W %
1000	0,19	0,36
500	-0,07	0,36
250	-0,13	0,36
100	0,10	0,35
50	-0,23	0,35
25	-0,50	0,35
10	-0,50	0,35

Software Labtest – kontrolován výstup síly – displej stroje

Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA–4/02. Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu *k*, který odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %, což pro normální rozdělení odpovídá koeficientu rozšíření *k* = 2.

Vyjádření o plnění specifikace: **Stroj splňuje podmínky ČSN EN ISO 7500-1 v rozsahu:**
(0 až 1000) kN od 10 kN do 1000 kN tah + tlak třída přesnosti 1
(0 až 5000) kN od 50 kN do 5000 kN tlak třída přesnosti 1

Konec kalibračního listu.

Český metrologický institut
Oblastní inspektorát Praha
Radiová 3
102 00 Praha
-4-

Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu provádějící laboratoře rozmnožován jinak než v celkovém počtu listů.

Příloha č. 10

PRODEJ - SERVIS
VÁHY JARÝ
VÁHY - POKLADNY

Jarý Michal
Husovo nám. 18
294 71 Benátky nad Jizerou
☎+420 326 316 578
+420 608 126 060
IČ: 69367183
DIČ: CZ7609270977

K A L I B R A Č N Í L I S T

KL-2017-11- 356

Datum kalibrace: **28.11.2017**

Zadavatel: Hofman-výroba a transport betonu,
autodoprava s.r.o.
Plazy 27
293 01 Mladá Boleslav

Měřidlo: tenzometrická váha na kamenivo
Nosič - výrobní číslo: **ID číslo:**
Výrobce: **Typ:**
Vyhodnocovací jednotka - v.č. 1650711
Výrobce: Mercos **Typ:DMP 06**

Zařazení měřidla: nestanovené

Horní mez váživosti (Max:) 6000kg
Hodnota dílku váhy (d): 1kg
Třída přesnosti: III
Umístění měřidla: Betonárna Plazy

Použité etalony: kalibrační list č.4051-KL-E0006-17,4051-KL-E0008-17.Kalibrováno v ČMI Liberec,dne 22.1.2017,23.1.2017.Osvědčení o registraci-100-OR-0008-13.

Podmínky měření:
Teplota vzduchu: 4°C
Relativní vlhkost vzduchu: 43%

Metoda měření: Váha byla zkoušena podle ČSN EN 45501

Jmenovité zatížení váhy	Indikace váhy před seřízením	Indikace váhy po seřízení	Odchylka měření / korekce
200kg	200kg	200kg	0
400kg	400kg	400kg	0
600kg	600kg	600kg	0
800kg	801kg	801kg	1kg
1000kg	1002kg	1002kg	2kg
2000kg	2001kg	2001kg	1kg
3000kg	3002kg	3002kg	2kg
4000kg	4003kg	4003kg	3kg

Výsledky kalibrace: Výsledky měření byly získány za podmínek a s použitím postupů uvedených v tomto kalibračním listu a vztahují se k době a místu provedení kalibrace. Korekce jmenovitých hodnot zatížení byla určena porovnáním se sekundárními etalony hmotnosti IV. řádu. Korekce (určená jako rozdíl: hodnota zatížení mínus údaj váhy) je vyjádřena formou standardní hmotnosti.

Kalibraci provedl: Jarý Michal + Drábek Petr

Razítko a podpis:

VÁHY JARÝ
Jarý Michal
Husovo náměstí 18
29471 Benátky nad Jizerou
tel./fax: 326 316 578
IČ: 69367183 DIČ: CZ7609270977
www.vahyjary.cz

Odborné doporučení:

Váha vyhovuje dle naměřených hodnot.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Thákurova 7, 166 28 PRAHA - 6, tel : 224 354 627 , fax : 224 354 446 , email : k133@fsv.cvut.cz

ODBORNÁ LABORATOŘ KATEDRY BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Zpráva o zkoušce

ze dne: 18.12.2019 Číslo protokolu : PT_eva/2019

Zákazník Pořadované číslo :

Akce Poznámka :

Výsledky laboratorních zkoušek

Číslo vzorku	Rozměry tělesa			Hmot. tělesa	Objem. hmot.	Datum		Stáří vzorku	Tah za ohybu		Tlak		Příčný tah		Poznámka ke zkoušce
	Délka	Šířka	Výška			výroby	zkoušky		síla	pevnost	síla	pevnost	síla	pevnost	
	mm	mm	mm	g	kg/m^3	d.m.r.	d.m.r.	dny	kN	MPa	kN	MPa	kN	MPa	
1.1	149,7	149,0	149,9	7451	2229	12/11/19	10/12/19	28			1204,0	54,0			
1.3	149,7	148,5	149,8	7405	2225	12/11/19	10/12/19	28			1212,3	54,5			
1.4	149,2	152,1	149,8	7493	2204	12/11/19	10/12/19	28			909,8	40,1			
1.5	149,8	145,2	149,8	7275	2231	12/11/19	10/12/19	28			1137,8	52,3			
1.7	149,8	150,6	149,9	7433	2199	12/11/19	10/12/19	28			1238,0	54,9			
1.9	149,7	148,1	149,7	7369	2220	12/11/19	10/12/19	28			1157,1	52,2			
		průměr			**2218**						**1143,2**	**51,3**			
1.2	149,2	144,8	149,5	7293	2259	12/11/19	10/12/19	28					122,0	3,6	
1.6	149,1	148,0	149,1	7369	2240	12/11/19	10/12/19	28					107,5	3,1	
1.8	150,1	147,6	149,8	7418	2236	12/11/19	10/12/19	28					93,5	2,7	
		průměr			**2245**								**107,6**	**3,1**	
2.1	150,2	151,6	150,3	7650	2234	21/11/19	18/12/19	28			835,7	36,7			
2.2	150,3	150,2	150,2	7590	2238	21/11/19	18/12/19	28			850,0	37,7			
2.3	150,4	152,8	150,4	7660	2217	21/11/19	18/12/19	28			805,4	35,0			
		průměr			**2230**						**830,4**	**36,5**			
2.4	150,2	151,1	150,3	7620	2251	21/11/19	18/12/19	28					63,6	1,8	
2.5	150,5	151,0	150,3	7680	2249	21/11/19	18/12/19	28					77,3	2,2	
2.6	150,8	152,2	150,2	7610	2208	21/11/19	18/12/19	28					70,5	2,0	
		průměr			**2236**								**70,5**	**2,0**	

Typ zkouš	: Tlak	Zkoušel	: Ing. Josef Fládr, Ph.D.	Podpis	:
Druh vzor	: Krychle 150x150x150	Vypracoval	: Ing. Josef Fládr, Ph.D.	Podpis	:
Teplota	: 22 °C	Vedoucí laboratoře	: Ing. Josef Fládr, Ph.D.	Podpis	:
Relativní v	: 38%	Kontroloval	: Ing. Josef Fládr, Ph.D.	Podpis	:

Příloha č. 11

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Thákurova 7, 166 28 PRAHA - 6, tel : 224 354 627 , fax : 224 354 446 , email : k133@fsv.cvut.cz

ODBORNÁ LABORATOŘ KATEDRY BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Zpráva o zkoušce

ze dne: 18/12/19 Číslo protokolu : PO_Eva/2019

Zákazník Pořadované číslo :

Akce Poznámka :

Výsledky laboratorních zkoušek

Číslo vzorku	Rozměry tělesa			Hmot. tělesa	Objem. hmot.	Datum		Stáří vzorku	Tah za ohybu		Tlak		Příčný tah		Poznámka ke zkoušce
	Délka	Šířka	Výška			výroby	zkoušky		síla	pevnost	síla	pevnost	síla	pevnost	
	mm	mm	mm	g	kg/m^3	d.m.r.	d.m.r.	dny	kN	MPa	kN	MPa	kN	MPa	
1.1	79,7	100,2	399,9	7171	2247	12/11/19	11/12/19	28	11,5	4,3					
1.2	86,1	99,9	399,9	7746	2252	12/11/19	11/12/19	28	11,6	4,1					
1.3	88,9	100,2	401,6	8007	2238	12/11/19	11/12/19	28	12,1	4,1					
		průměr			**2246**				**11,7**	**4,1**					
2.1	101,3	101,6	400,1	9050	2198	21/11/19	18/12/19	28							poškozený vzorek
2.2	102,1	100,3	400,0	9150	2234	21/11/19	18/12/19	28	9,88	2,9					
2.3	100,0	99,9	399,9	8945	2239	21/11/19	18/12/19	28	8,24	2,5					
		průměr			**2224**				**9,06**	**2,70**					

Typ zkouš	: Tah za ohybu 4B	Zkoušel	: Ing. Josef Fládr, Ph.D.	Podpis	:
Druh vzor	: Trámec 100x100x400	Vypracoval	: Ing. Josef Fládr, Ph.D.	Podpis	:
Teplota	: 22 °C	Vedoucí laboratoře	: Ing. Josef Fládr, Ph.D.	Podpis	:
Relativní v	: 38%	Kontroloval	: Ing. Josef Fládr, Ph.D.	Podpis	:

Příloha č. 12

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
Thákurova 7, 166 28 PRAHA - 6, tel : 224 354 627 , fax : 224 354 446 , email : k133@fsv.cvut.cz
ODBORNÁ LABORATOŘ KATEDRY BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Zpráva o zkoušce	Číslo prot. :
Zákazník :	Poř. číslo :
Akce:	Poznámka :

Výsledky laboratorních zkoušek

Stanovení modulu pružnosti dle ČSN EN 12390-13

Číslo vzorku	Ozn. Tělesa	Datum výroby [d.m.r]	Datum zkoušky [d.m.r]	Stáří vzorku [dny]	Těleso
1	Eva	12.11.2019	10.12.2019	28	Krychle 150x150x150

Šířka [mm]	Výška [mm]	Hmotnost [kg]	Objemová hmotnost [kg/m3]	Měřená vzdálenost [mm]	Síla při domáčknutí [kN]	Tlaková pevnost [MPa]
100,16	79,69	7171,45	**2247**	160		**0,00**

	[kN]	Napětí [MPa]	Posun 1 [mm]	Posun 2 [mm]	Průměrné přetvoření [-]
počáteční síla	15,19	1,903	0,0000	0,0000	0,00000000
střední síla	50,92	6,379	0,0211	0,0181	0,00012250
počáteční síla	14,92	1,869	0,0004	0,0005	0,00000250
střední síla	50,11	6,278	0,0213	0,0176	0,00012156
počáteční síla	14,88	1,865	0,0004	0,0006	0,00000313
střední síla	50,30	6,302	0,0218	0,0174	0,00012250
počáteční síla	15,04	1,884	0,0009	0,0013	0,00000688
střední síla	50,46	6,322	0,0221	0,0174	0,00012344
maximální síla	129,60	16,237	0,0685	0,0692	0,00043031
střední síla	50,00	6,264	0,0244	0,0242	0,00015188
maximální síla	128,91	16,151	0,0698	0,0702	0,00043750
střední síla	49,92	6,254	0,0257	0,0258	0,00016094
maximální síla	130,49	16,348	0,0711	0,0713	0,00044500

Počáteční modul pružnosti	32,31	GPa
Sečnový modul pružnosti	**35,54**	**GPa**

				Podpis
Typ zkoušky :	Příčný tah	Zkoušel	: Ing. Josef Fládr, Ph.D.	:
		Vypracoval	: Ing. Josef Fládr, Ph.D.	:
Teplota	: 22 °C	Vedoucí laboratoře	: Ing. Josef Fládr, Ph.D.	:
Rel. vlhkost	: 38%	Kontroloval	: Ing. Josef Fládr, Ph.D.	: