

VÝVOJ BETONU SE SNÍŽENÝM PH

Autoři: Ing. Radka Pernicová Ph.D.
a kolektiv

Praha, 2019

NÁZEV ZPRÁVY: Vývoj betonu se sníženým pH

NÁZEV PROJEKTU: Vývoj betonu se sníženým pH

IDENTIFIKACE V RÁMCI PROJEKTU: Závěrečná zpráva

ČÍSLO SMLOUVY: SO 2017 - 094

ŘEŠITELÉ: Kloknerův ústav ČVUT

AUTORSKÝ KOLEKTIV: Pernicová R., Kolísko J., Čítek D., Dobiáš D., Mandlík T., Kratochvíle L.

BIBLIOGRAFICKÝ ZÁPIS: PERNICOVA R., CITEK D., DOBIAS D., MANDLIK T., KRATOCHVILE L., KOLISKO J. (2019): Vývoj betonu se sníženým pH. – SÚRAO ZZ415/2019, 45 s.

Ing. Lucie Hausmannová, Ph.D.

Manažer projektu (SÚRAO)

18. 10. 2019

Ing. David Čítek

Manažer projektu (Kloknerův Ústav ČVUT)

18. 10. 2019

Obsah

1	Úvod	7
1.1	Etapa I	8
1.2	Etapa II	8
1.3	Etapa III	8
1.4	Etapa IV	8
1.5	Etapa V	9
2	Metodiky testování měřených veličin	10
2.1	Objemová hmotnost čerstvé směsi	10
2.2	Obsah vzduchu	11
2.3	Sednutí kužele	11
2.4	Teplota směsi při zamíchání	11
2.5	Objemová hmotnost	11
2.6	Mechanické vlastnosti	12
2.6.1	Pevnost v tahu ohybem	12
2.6.2	Pevnost v tlaku	12
2.6.3	Modul pružnosti	13
2.7	Nasákavost	13
2.8	Maximální hloubka průsaku	14
2.9	pH	14
2.10	Hydratační teplo	14
3	Vstupní suroviny	15
3.1	Cement	15
3.2	Kamenivo	15
3.3	Struska	15
3.4	Mikrosilika	15
3.5	Plastifikátor	15
3.6	Odpěňovač	15
4	Malta	16
4.1	Složení směsí	16
4.1.1	Receptura	16
4.1.2	Ošetřování vzorků	17
4.2	Fyzikální a materiálové vlastnosti	18
4.2.1	pH	18

4.2.2	Pevnost v tlaku.....	19
4.3	Závěr.....	19
5	Beton – sada I.....	20
5.1	Složení směsí.....	20
5.1.1	Receptura	20
5.1.2	Ošetřování vzorků	21
5.2	Fyzikální a materiálové vlastnosti.....	21
5.2.1	pH	21
5.2.2	Pevnost v tlaku.....	22
5.3	Závěr.....	22
6	Beton – sada II.....	23
6.1	Složení směsí.....	23
6.1.1	Receptura	23
6.1.2	Ošetřování vzorků	24
6.2	Fyzikální a materiálové vlastnosti.....	24
6.2.1	pH	24
6.2.2	Vlastnosti čerstvé směsi.....	25
6.2.3	Vlastnosti zatvrdlé směsi.....	26
6.3	Stříkaný beton.....	28
6.4	Závěr.....	28
7	Shrnutí	29

Seznam příloh:

Příloha 1 - Technický list: cement CEM II 52,5 R

Příloha 2 - Technický list: cement CEM I 42,5 R

Příloha 3 - Technický list: cement CEM II 42,5 bílý

Příloha 4 - Technický list: Kamenivo

Příloha 5 - Technický list: Struska

Příloha 6 - Technický list: Mikrosilika ELKEM

Příloha 7 - Technický list: plastifikátor Glenium ACE 300

Příloha 8 - Technický list: odpěňovač Agitan P841

Abstrakt

Tato zpráva se zabývá vývojem a výzkumem betonových směsí se sníženým pH určených do hlubinného úložiště radioaktivního odpadu. Vzhledem k různorodosti vlastností vstupních surovin, byly navrhovány směsi speciálně z materiálů pocházející z České republiky. Zpráva je rozdělena do tří částí. V první fázi došlo k navrhnutí velkého množství cementových malt, na kterých se zkoušel vliv aktivních přísad (mikrosilika, struska) na hodnotu pH v čase. Z výsledků pH cementových malt měřených po 90 dnech se v druhé fázi projektu navrhla pilotní receptura betonů. Jako nejlepší se jevila směs s nižším podílem cementu a vyšším podílem mikrosiliky. Struska sloužila pouze jako doplněk v řádu několika hmotnostních procent z celkového objemu pojiva. Na těchto směsích bylo provedeno i kontrolní měření základních materiálových charakteristik, jako je pH, objemová hmotnost a pevnost v tlaku. Třetí fáze projektu se zaměřila na testování základních fyzikálních veličin čerstvé i zatvrdlé betonové směsi. Pro ověření průmyslové výroby byla finální receptura namíchána v betonárně ve formě velkoobjemové betonáže. Součástí projektu bylo také odzkoušení aplikace výsledné směsi stříkanou metodou přímo v podzemní laboratoři PVP Bukov. Výsledná navrhnutá receptura splnila požadavek na hodnotu pH měřenou po 90-ti dnech a také její mechanické vlastnosti jsou srovnatelné s běžným betonem obsahující CEM I 42,5.

Klíčová slova

Hlubinné úložiště, pH, beton, fyzikální zkoušky

Abstract

This report deals with development and research of low pH concrete mixtures intended for deep geological repository of nuclear waste. Mixtures especially from materials originating in the Czech Republic have been designed due to the diversity of the raw materials' properties. The report is divided into three parts. In the first stage, a large number of cement mortars have been designed, on which the effect of active ingredients (microsilica, slag) on the pH value over time have been tested. From the results of the cement mortars' pH measured after 90 days, a pilot concrete formula has been designed in the second stage of the project. A mixture with a lower proportion of cement and a higher proportion of microsilica seemed to be the best. The slag served only as a supplement in the place value of several weight percent of the total binder volume. Also the control measurements of basic material characteristics such as pH, volumetric mass density and compressive strength have been performed on these mixtures. The third stage of the project focused on testing the basic physical quantities of fresh and hardened concrete mixture. To verify the industrial production the final formula has been mixed in the concrete plant in the form of large-volume casting. Part of the project was also testing the application of the resulting mixture by spraying directly in the PVP Bukov underground laboratory. The resulting designed formula have met the requirement for a pH value measured after 90 days and also its mechanical properties are comparable to conventional concrete containing CEM I 42.5.

Keywords

Deep Geological Repository, pH, Concrete, Physical Tests

1 Úvod

Tato zpráva byla zpracována v rámci zakázky od SÚRAO pro vývoj betonových směsí se sníženým pH. Problematika hlubinného úložiště (HÚ) vysoce radioaktivního odpadu a zabezpečení životních podmínek v jeho okolí je primárním cílem mnoha zemí a vědci po celém světě se snaží vyřešit tuto otázku. V ČR se předpokládá ukládání vyhořelého jaderného paliva v kovových ukládacích obalových souborech, které budou v ukládacích vrtech utěsněni bentonitem. Bentonit bude také použit k utěsnění a tím i uzavření zbylých podzemních prostor. V HÚ jako u většiny podzemních děl bude nutné použití betonu jako konstrukčního materiálu. Z literatury je však známo (Mohammed et al. 2016), že beton může negativně ovlivnit vlastnosti bentonitu, což je v případě HÚ nežádoucí. Proto se v mnoha zemích výzkum zaměřil na vývoj betonu se sníženým pH, čímž bude sníženo riziko negativního ovlivnění bentonitu. Konkrétně se jedná o beton, který si dlouhodobě uchovává hodnotu pH okolo 11 (Vehmas and Holt 2016).

Z prostudovaných zdrojů světové literatury (Vogt et al. 2009; Leivo et al. 2013; Vehmas and Holt 2016) vyplývá, že složení navržené betonové směsi s nízkým pH (okolo 11) je potřeba nahradit zhruba 50% cementu jinými chemicky aktivními přísadami a tedy zvýšit obsah SiO_2 ve směsi. Konkrétně se jedná o strusku, metakaolin, popílek či mikrosiliku. (El Bitouri et al. 2016) Vzhledem k nestabilitě a chemické různorodosti popílku se doporučuje zaměřit spíše na strusku a mikrosiliku. Žádný z prostudovaných zahraničních zdrojů neuvádí používání metakaolinu ve LPC směsích a proto se rozhodlo tuto aktivní přísadu v našem návrhu také nevyužít. Struska, která zvyšuje chemickou stabilitu směsi, se přidává hlavně do tříložkových směsí (cement-struska-mikrosilika). Aby směs byla dobře zpracovatelná, je nutné do ní přidat plastifikační přísady. Většinou se jejich podíl pohybuje v rozmezí 1 až 2 hmotnostního procenta z pojiva. (Cau Dit Coumes 2008)

Důležitým faktorem k navrhování směsí je určení poměru vápníku a křemíku tzv. Ca/Si poměr. Chemicky stabilní betonová směs by neměla mít poměr menší než 0,6. Optimální hodnota pro betony s nízkým pH se doporučuje v rozmezí 0,6-1,0 (nejlépe okolo 0,8). (Vehmas et al. 2016) Vzhledem k tomu, že pH betonu klesá v čase, doporučuje se měřit jeho hodnotu nejdříve v druhém týdnu od zamíchání směsi. Nejrychlejší pokles nastává v čerstvé směsi, kdy ze své obvyklé hodnoty okolo 12,5-13 klesá na hodnoty 10,5-12 dle zvolené směsi. V 90 dnech je směs již většinou stabilizovaná a vykazuje nízkou hodnotu pH, kterou si beton drží v dlouhodobém horizontu. (Zhang et al. 2011)

Tato zpráva uvádí návrh cementových směsí s nízkým pH určeným pro prostředí hlubinného úložiště radioaktivních odpadů odpovídající požadavku na hodnotou pH max. 11,2 měřené po 90 dnech. Zároveň musí tento materiál vykazovat srovnatelné mechanické vlastnosti (např. pevnost v tlaku) jako běžný beton s CEM I 42,5. Tyto charakteristiky musí být dosaženy po 90 dnech tvrdnutí zkušebních těles. Vzhledem k poznatkům získaných ze světové literatury byl projekt rozdělen do 5 etap, které kopírují logický vývoj směsi dle materiálních a fyzikálních požadavků. Cílem této souhrnné zprávy je soubor výsledků z prací provedených během celého trvání projektu.

1.1 Etapa I

V rámci etapy I byla zpracována rešerše o výzkumu betonových směsí se sníženým pH ve světě. Cílem této zprávy byl rozbor současného stavu vědeckých poznatků u nás i ve světě vztahující se k problematice betonu se sníženým pH určeným pro prostředí hlubinného úložiště radioaktivních odpadů. Rozbor literatury vztahující se k problematice betonu se sníženým pH je uveden v rešeršní zprávě TZ 243/2018 o betonech se sníženým pH zpracovaná Kloknerovým ústavem (Pernicova et al. 2018).

1.2 Etapa II

Cílem etapy II byl návrh receptur betonových směsí, které vznikly z poznatků získaných ze světové literatury. Je obecně přijímaný fakt, že pro dosažení nižšího pH je potřeba nahradit přibližně 50% cementu jinými aktivními přísadami (pucolány, mikrosilika, popílek, struska atd.). Jde tedy o to zvýšit obsah SiO_2 ve směsi. Složení prvních receptur se skládalo z nízkého obsahu cementu (pouze 50% pojiva) a poměrového množství dalších složek pojiva (struska a mikrosilika). Vzhledem k nestálosti vlastností popílku se rozhodlo tento materiál v navrhovaných směsích nevyužít. (Vehmas et al. 2016) V pozdější fázi se prvotní receptura upravovala podle průběžných výsledků pH a mechanických vlastností. Kompletní výsledky obsahuje souhrnná zpráva druhé etapy TZ 364/2018 o betonech se sníženým pH zpracovaná Kloknerovým ústavem (Pernicova et al. 1/2019).

1.3 Etapa III

Cílem etapy III byly analýzy mechanických a fyzikálních vlastností na tělesech z LPC, které byly navrhnuty v etapě II, v akreditované laboratoři po 28, 60 a 90 dnech od zamíchání (laboratorní produkce) včetně vyhodnocení výsledků. Nejdůležitější požadavky na čerstvou betonovou směs kromě nízkého pH byly vysoká zpracovatelnost směsi, malé smrštění a nízké hydratační teplo. U zatvrdlých vzorků se zjišťovaly především mechanické vlastnosti, smrštění a nasákavost. Vzhledem k prvotním výsledkům základních fyzikálních veličin se muselo přistoupit ještě k další modifikaci receptury. Konkrétně se jednalo o úpravu receptur za účelem zlepšení vlastností čerstvé směsi. Při zlepšení konzistence čerstvé směsi se objevil problém s obsahem vzduch ve směsi. Tento nežádoucí efekt byl odstraněn další modifikací v oblasti kameniva i vody a použitím odpěňovače. Kompletní výsledky obsahuje souhrnná zpráva třetí etapy TZ 405/2019 o betonech se sníženým pH zpracovaná Kloknerovým ústavem. (Pernicova et al. 8/2019)

1.4 Etapa IV

Cílem etapy IV byla velkoobjemová betonáž a produkce těles pro následnou materiálovou analýzu. Receptura LPC vycházejícího z návrhu nejlepšího složení v etapě III. Část vyrobených vzorků byla druhý den odvezena a uskladněna v PVP Bukov, kde budou uloženy do doby jejich zkoušení. Tyto vzorky slouží k dlouhodobým analýzám vlivu prostředí na beton. Druhá sada vzorků byla odvezena do laboratoří Kloknerova ústavu, kde byly měřeny jejich materiálové charakteristiky po 10, 20, 28, 60 a 90 dnech. Dále byla náplní čtvrté etapy aplikace LPC nástřikem v pracovišti PVP Bukov. Detailní popis velkoobjemové betonáže a aplikace

stříkaného betonu je součástí souhrnné zprávy TZ 407/2019 o betonech se sníženým pH zpracovaná Kloknerovým ústavem. (Čítek et al. 2019)

1.5 Etapa V

Cílem etapy V jsou analýzy mechanických a fyzikálních vlastností na tělesech z LPC (vyrobených v rámci velkoobjemové betonáže v etapě IV) v akreditované laboratoři po 10, 20, 28, 60 a 90 dnech. V etapě V byly měřeny materiálové vlastnosti betonu vycházejícího z návrhu v etapě III a vyrobeného v rámci etapy IV. Detailní výsledky jsou obsahem akreditovaného protokolu č. 308/19/AL. Kompletní výsledky obsahuje souhrnná zpráva páté etapy TZ 408/2019 o betonech se sníženým pH zpracovaná Kloknerovým ústavem. (Pernicova et al. 9/2019)

2 Metodiky testování měřených veličin

V této kapitole jsou shrnuty metodiky testování jednotlivých měřených veličin na čerstvé i zatvrdlé cementové směsi. Jednotlivé materiálové zkoušky byly vybrány s ohledem na vhodnost a důležitost pro betony se sníženým pH. (Vogt et al. 2009) Ve zprávě jsou uvedeny vždy průměrné hodnoty jednotlivých zkoušek a měření. Seznam zkoušek a analýz:

Čerstvá směs:

- Objemová hmotnost [Kg/m³]
- Obsah vzduchu - Permeabilita [%]
- Sednutí [mm]
- Teplota betonu při zamíchání [°C]

Zatvrdlá směs:

- Objemová hmotnost [Kg/m³]
- pH
- Smrštění [mm/m]
- Nasákavost [%]
- Modul pružnosti [GPa]
- Koeficient filtrace [m/s]
- Pevnost v tlaku [MPa]
- Pevnost v tahu [MPa]
- Max. hloubka průsaku [mm]
- Hydratační teplo [°C]

2.1 Objemová hmotnost čerstvé směsi

Ze základních fyzikálních vlastností se měřila objemová hmotnost směsi dle normy ČSN EN 12350-6. Podstatou zkoušky stanovení objemové hmotnosti čerstvého betonu je zhutnění čerstvého betonu v tuhé a vodotěsné nádobě známého objemu a hmotnosti a následného zvážení. Ke zjištění hmotnosti nádoby m_1 se nádoba zváží a tato hodnota se zaznamená. V závislosti na konzistenci betonu a metodě zhutňování se nádoba plní ve dvou a více vrstvách, aby se dosáhlo úplného zhutnění. Poté, co je nádoba řádně naplněna a čerstvý beton zhutněn, nádoba se zváží, aby se zjistila a zaznamenala hmotnost m_2 . Objemová hmotnost čerstvého betonu se poté vypočítá dle vztahu:

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (1)$$

kde D je objemová hmotnost čerstvého betonu [kg/m³], m_1 je hmotnost prázdné nádoby [kg], m_2 je hmotnost naplněné nádoby se zhutněným betonem [kg] a V je objem nádoby [m³]. Objemová hmotnost čerstvého betonu se zaokrouhlí na nejbližších 10 kg/m³.

2.2 Obsah vzduchu

Zkouška se provádí v souladu s normou ČSN EN 12350-7. Beton se do zkušební nádoby plní ve třech vrstvách přibližně stejné tloušťky. Ihned po uložení vrstvy do nádoby se beton zhutní tak, aby se dosáhlo úplného zhutnění. Příruba nádoby a víka se důkladně očistí. Víko se připevní k nádobě svorkami a poté se otevřou ventily pro nalévání a výtok vody. Přístroj se naplňuje vodou tak dlouho, dokud voda nezačne vytékat z druhého ventilu. Paličkou se poklepe na přístroj, aby se odstranily vzduchové bubliny. Ventily na vypuštění a odtok vody ze vzduchové komory se uzavřou a do vzduchové komory se pumpuje vzduch, dokud ručička tlakoměru neukazuje počáteční hodnotu tlaku, případně se tak docílí redukčním tlačítkem. Poté se otevře hlavní ventil vzduchu spouštěcím tlačítkem. Na tlakoměru se odečte hodnota tlaku, která odpovídá objemu obsaženého vzduchu v procentech.

2.3 Sednutí kužele

Tato zkouška je součástí zkoušení čerstvého betonu dle ČSN EN 12350-2. K provedení zkoušky je zapotřebí propichovací tyč, násypka, podkladní deska, lopatka a nádoba tvaru komolého kužele s předepsanými rozměry (Abramsův kužel). Forma i s podkladní deskou se navlhčí a forma se položí na vodorovnou podkladní desku. Forma musí být během plnění přichycená k podkladní desce přišlápnutím dvou příložek. Nádoba se plní ve třech vrstvách, každá o 1/3 výšky kužele. Každá vrstva se zhutňuje 25 vpichy propichovací tyčí tak, aby mírně zasahovaly do předchozí vrstvy (u 2. a 3. vrstvy). Jestliže po zhutnění beton nedosáhl k hornímu okraji, pak musíme přidat beton až po horní okraj. Přebytečný beton se odstraní. Forma se oddělí od betonu během 5 až 10 s. Ihned po zvednutí se změří sednutí. Výsledek se zaokrouhlí na 10 mm.

2.4 Teplota směsi při zamíchání

Měření teploty směsi (pokud je požadováno) se řídí dle normy ČSN EN 12350-1. Měření se provádí pomocí digitálního teploměru. Sonda teploměru se zavede do čerstvé směsi a po ustálení teploty na displeji měřícího zařízení se odečte teplota směsi.

2.5 Objemová hmotnost

Ze základních fyzikálních vlastností se měřila objemová hmotnost vzorků po 28 dnech vytvrzení. Objemová hmotnost se zjišťovala dle normy ČSN EN 12390-7. Objemová hmotnost se měřila na vzorcích určených pro pevnostní charakteristiky, tj těsně před provedením zkoušky pevnosti v tlaku u betonů. Tělesa byla zvážena a byly změřeny jejich rozměry. Následně se vypočítala objemová hmotnost z následujícího vztahu:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

kde ρ je objemová hmotnost [kg/m^3], m je hmotnost vzorku [kg] a V je objem tělesa [m^3].

2.6 Mechanické vlastnosti

V rámci mechanických vlastností se zkoušela pevnost v tahu ohybem, pevnost v tlaku a statický modul pružnosti v tlaku.

2.6.1 Pevnost v tahu ohybem

Zkouška stanovení pevnosti v tahu byla provedena na mechanickém lisu podle normy ČSN EN 12390-5. Pro každou záměs byla vyrobena 3 zkušební tělesa o velikosti 100x100x400 mm. Na těchto trácích byla stanovena pevnost v tahu čtyřbodovým ohybem f_{cf} [MPa] ve stáří 28, 60 a 90 dní. Po 24 hodinách zrání betonu ve formě se vzorky z forem vyjmuly a uložily do vodního prostředí. Vodní prostředí neboli vodní uložení znamená ponoření vzorků do pitné (kohoutkové) vody o teplotě $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. 27. den, tedy jeden den před samotnou zkouškou, byly vzorky uloženy na vzduchu a při teplotě $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Pro měření pevnosti v tahu byl použit měřicí přístroj Amsler 100 kN s metrologickým číslem S 12 006 M. Zkušební tělesa byla uložena do stroje kolmo na směr hutnění na válcové podpěry s rozponem 300 mm. Zatížení se přenášelo přes zatěžovací válce konstantní rychlostí. Výsledkem byla maximální hodnota síly dosažené při porušení tělesa. Výsledná pevnost v tahu za ohybu byla vypočítána podle následujícího vztahu:

$$f_{cf} = (F * l) / (d_1 * d_2^2) \quad (3)$$

$$f_c = \max \sigma_t = \frac{\max M}{W} \quad (4)$$

$$M = \frac{Fl}{4} \quad (5)$$

kde f_c je pevnost v tahu ohybem [MPa], F je maximální zatížení [N], l je vzdálenost mezi podpěrnými válečky [mm], d_1 a d_2 jsou rozměry příčného řezu tělesa [mm].

2.6.2 Pevnost v tlaku

Zkouška stanovení pevnosti v tlaku byla provedena podle normy ČSN EN 12390-3. Pro měření byly vytvořeny tři betonové vzorky ve tvaru krychle o velikosti hrany 150 mm. Po 24 hodinách zrání betonu ve formě se vzorky z forem vyjmuly a uložili do vodního prostředí (pitná voda o teplotě $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$). 27. den, tedy jeden den před samotnou zkouškou, byly vzorky uloženy na vzduchu při teplotě $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Pro měření pevnosti v tlaku byl použit měřicí přístroj INSTRON 3000 kN s metrologickým číslem S 12 005 M. Na těchto standardních krychlích byla stanovena pevnost v tlaku f_c [%] po 28 dnech vytvrdnutí. Konečná pevnost byla vypočítána podle rovnice (6). Konečná pevnost byla vypočítána podle následující rovnice:

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (6)$$

kde F maximální tlaková síla při porušení tělesa [N] a A_c je přitlačná plocha, na kterou je síla aplikována [mm²].

2.6.3 Modul pružnosti

Podstatou zkoušky stanovení statického modulu pružnosti v tlaku dle ČSN ISO 1920-10 je vystavování tělesa napětí 0,5 MPa a jedné třetiny pevnosti betonu v tlaku. Poté se zaznamenávají poměrná přetvoření při odpovídajících napětích. Modul pružnosti se vypočítá jako podíl rozdílu základního napětí a horního zatěžovacího napětí a rozdílu odpovídajících poměrných přetvoření.

Zkušební těleso s osově osazenými přístroji se umístí centricky ve zkušebním stroji. Vyvodí se základní napětí σ_b 0,5 MPa, udržuje se po dobu 60 s, poté se odečtou a zaznamenají údaje na všech přístrojích. Napětí se plynule zvyšuje v konstantním rozmezí 0,20 MPa/s až 0,60 MPa/s, dokud se napětí nerovná jedné třetině válcové pevnosti betonu v tlaku. Napětí se udržuje po dobu 60 s, údaje na všech přístrojích se odečtou a zaznamenají v průběhu následujících 30 s. Jestliže nejsou jednotlivá přetvoření v rozmezí ± 20 % od své průměrné hodnoty při σ_a , opraví se centraxe zkušební tělesa a zkouška se opakuje. Jestliže je centrování dostatečně přesné, sníží se zatížení na základní napětí stejnou rychlostí jako při zatěžování. Tento předběžný cyklus se opakuje nejméně dvakrát se stejnou rychlostí zatěžování a odlehčování a s udržováním napětí na hodnotách σ_a a σ_b po dobu 60 s. Po dokončení posledního předběžného zatěžovacího cyklu se vyčká 60 s při napětí σ_b a během následujících 30 s se zaznamenají poměrná přetvoření ε_b . Zkušební těleso se znovu zatíží předepsanou rychlostí na napětí σ_a , to se udržuje po dobu 60 s a během 30 s se zaznamenají poměrná přetvoření ε_a . Po dokončení všech měření se zatížení zkušební tělesa zvětšuje předepsanou rychlostí až do porušení. Statický modul pružnosti v tlaku E_c v MPa se poté vypočítá dle následujícího vztahu:

$$E_c = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{\sigma_a - \sigma_b}{\varepsilon_a - \varepsilon_b} \quad (7)$$

kde σ_a je horní zatěžovací napětí, v MPa [N/mm²], σ_b je základní napětí 0,5 [MPa], ε_a průměrné poměrné přetvoření při horním zatěžovacím napětí [-], ε_b průměrné poměrné přetvoření při základním zatěžovacím napětí [-]. Výsledek se vyjádří v GPa na 3 platné číslice, uvedou se stanovené moduly pružnosti každého zkušební tělesa a průměrná hodnota.

2.7 Nasákavost

Zkouška nasákavosti byla provedena dle normy ČSN 73 1316. Zkušební vzorky se uloží do nádoby s kohoutkovou vodou tak, aby měly co nejmenší výšku. Nádoba musí být nejméně o 5 cm vyšší než vložené vzorky. Do nádoby se naleje voda tak, aby zkoušené vzorky byly omočeny na výšku 3 cm. Každou hodinu se přilévá voda rovnoměrně tak, aby po třech hodinách byla hladina vody asi 1 cm nad povrchem vzorků. Hladina vody se po celou dobu nasakování vzorků udržuje ve výši asi 1 cm nad povrchem vzorků. Zkušební vzorky se sytí do stavu, ve kterém již nepřijímají vodu. Zkušební vzorky se před vážením opatrně otřou tak, aby povrch betonu byl rovnoměrně vlhký. Syčení vzorků je skončeno, jestliže během posledních 24 hodin nepřibyl na hmotnosti měřitelnou hodnotu. Po skončení syčení a vážení se zkušební vzorky vysuší do ustálené hmotnosti při teplotě 105 – 110 °C.

$$N_i = \frac{m_n - m_s}{m_s} * 100 \quad (8)$$

Kde m_n je hmotnost vzorku nasáklého vodou do ustálené hmotnosti [g] a m_s je hmotnost vysušeného vzorku [g].

2.8 Maximální hloubka průsaku

Podstatou zkoušky stanovení hloubky průsaku tlakovou vodou dle ČSN EN 12390-8 je působení tlakové vody na povrch ztvrdlého betonu. Vodní tlak nesmí být vyvozován na plochu, která byla upravována hladítkem. Zkušební těleso se upne do zařízení (Tlakoměrná soustava MP-U, metrologické číslo P 07 023 M) a nechá se působit vodní tlak (500 ± 50) KPa po dobu (72 ± 2) hodin.

Po skončení předepsané doby působení vodního tlaku se zkušební těleso vyjme ze zařízení a jeho povrch, na který působil vodní tlak, se otře, aby se odstranila přebytečná voda. Zkušební těleso se rozlomí v polovině, kolmo k povrchu, na který působil vodní tlak. Jakmile lomová plocha oschne natolik, že je zřetelně vidět průsak vody, označí se hranice průsaku na zkušebním tělese. Poté se změří a zaznamená největší hloubka průsaku od zkoušené plochy na nejbližší milimetr.

2.9 pH

Směsi se hodnotily z hlediska poklesu pH po 28 dnech a dále pH směsi v dlouhodobém horizontu, tj. po 56 a 90 dnech od zamíchání směsi. Zvolená zkouška pro zjišťování pH byla vyluhovací metoda, kdy jako médium je použita destilovaná voda. (Behnood et al. 2016) Vzorek byl v daném čase (28, 56 a 90 dní) vysušen a namlet na analytickou jemnost. Následně byl ze vzorku proveden vodný výluh v destilované vodě. Vzniklý roztok byl smíchán v hmotnostním poměru 1:1 (50 g vzorku s 50 ml destilované vody). Vyluhování probíhalo po dobu 5 minut v laboratorních podmínkách ($t = 22 \pm 3^\circ\text{C}$, $\text{RH} = 40\%$). Po této době byl vodný roztok (suspenze) daného vzorku analyzován pomocí pH metru. Do vzorku bylo vhozeno magnetické míchadlo a vzorek byl umístěn na magnetickou míchačku, aby v průběhu měření pH nedocházelo k usazování pevných částecek suspenze na dno. K měření pH byla využita pH skleněná elektroda, která byla kalibrována tříbodovou kalibrací s využitím pufrů. Měření pH bylo měřeno pH multimetrem inoLAB Multi 9420.

2.10 Hydratační teplo

Předmětem zkoušky bylo zjistit nejvyšší dosaženou teplotu vlivem hydratace cementu. Měření bylo prováděno na všech recepturách betonu. Měření bylo prováděno pomocí odporových teplotních čidel Pt1000. Teplotní snímače byly připojeny k měřicí ústředně Commet S0141. Odečítání teploty probíhalo kontinuálně každých 5 min. Rozšířená nejistota měření teploty je $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Pro zkoušky byla použita krychle o hraně 300 mm, vybetonována do formy z voděvzdorné překližky tloušťky 20 mm, která byla odizolována od okolního prostředí ze všech stran polystyrenem o tl. 100 mm. Vnější stěnu formy tvořila opět voděvzdorná překližka tloušťky 20 mm. Do středu tělesa bylo umístěno čidlo pro záznam teploty betonu, další snímač zaznamenával teplotu okolního prostředí.

3 Vstupní suroviny

Základním požadavkem na použité suroviny byl jejich původ a všechny možné suroviny pocházejí z České republiky. Se všemi těmito surovinami má Kloknerův ústav zkušenosti v oblasti navrhování betonových směsí.

3.1 Cement

Byl vybrán cement CEM II 52,5 R z cementárny Zementwerk Berlin (Čechy, sídlo firmy: Praha 10), CEM 42,5 R z cementárny Mokrá (Morava, sídlo firmy: Mokrá-Horákov, Brno-venkov) a nízkoalkalický bílý cement, který se však v České republice nevyrábí (země původu - Belgie). K testování bílého cementu, i když se nevyrábí v České republice, se přistoupilo hlavně kvůli tomu, že by nízkoalkalický cement mohl mít výrazný vliv na pokles pH betonové směsi. Technické listy cementů jsou v příloze 1 (CEM II 52,5 R), v příloze 2 (CEM I 42,5 R) a v příloze 3 (bílý CEM II 42,5).

3.2 Kamenivo

Kamenivo se navrhovalo ve třech velikostních frakcích. Jedná se o velikost zrna v rozmezí 0 - 4 mm, 4 – 8 mm a 8 – 16 mm. Všechny frakce pocházejí z lomu v Dobříři. Technický list je v příloze 4 této zprávy.

3.3 Struska

Struska pocházela z výrobního závodu Dětmorovice, společnosti CEMEX Czech Republic s.r.o. Jedná se o práškové latentně hydraulické pojivo bílé barvy. Technický list je v příloze 5 této zprávy.

3.4 Mikrosilika

Mikrosilika se v České republice nevyrábí a proto byla vybrána mikrosilika Elkem 970 od stejnojmenné norské firmy. Technický list je v příloze 6 této zprávy.

3.5 Plastifikátor

Jedná se o tekutý plastifikátor Glenium ACE 300 s obsahem sušiny 30-40% od firmy Basf. Je to inovovaná superplastifikační přísada druhé generace polykarboxylátetherů, která je vhodná pro výrobu betonu o vysoké konzistenci při nízkém vodním součiniteli. Technický list je v příloze 7 této zprávy.

3.6 Odpěňovač

Odpěňovač Agitan P841 je práškový přípravek od firmy Munzing, který se dávkuje do směsi v dávce 0,5hm% z celkové hmotnosti pojiva. Technický list je v příloze 8 této zprávy.

4 Malta

4.1 Složení směsí

4.1.1 Receptura

Pilotní návrh cementových receptur vznikl z poznatků získaných ze světové literatury, shrnutí lze nalézt v práci (Vogt et al. 2009; Leivo et al. 2013; Vehmas and Holt 2016) Pro dosažení nižšího pH je potřeba nahradit přibližně 50% cementu jinými aktivními přísadami. Návrh prvních receptur se tedy skládal z nízkého obsahu cementu (pouze 50% z celkového množství pojiva) a poměrového množství dalších složek pojiva (struska a mikrosilika). Vzhledem k nestálosti vlastností popílku se rozhodlo tento materiál v navrhovaných směsích nevyužít. Žádná z prostudovaných zahraničních publikací neuvádí metakaolin jako vhodnou přísadu betonů s požadavkem na nižší pH a proto nebyl v dalších fázích projektu pro návrh směsi využíván. Pilotní směs byla navržena jako cementová malta, tj. s plnivem pouze v jemné frakci a to ve velikosti zrna 0-4 mm. Důvodem, proč byly tyto úvodní záměsi navrhovány jako malty, byl malý objem míchacího zařízení (cca 1 litr), efektivnost a rychlost možné optimalizace směsi. Vodní součinitel byl zvolen 0,5. Prvotní odhad množství vody, pojiva i plastifikátoru vychází z rešeršní zprávy. (Pernicova et al. 2018) Návrh složení první sady vzorků je uveden v tabulce 1. Dávkování čerstvé směsi je vždy uváděno v kg na 1m³ směsi.

Tab. 1 Návrh prvotních receptur malty

Surovina [Kg]	REF I	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Písek Dobříň 0-4	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850
Cement CEM II 52,5 R	400	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Mikrosilika	-	100	120	140	150	170	30	50	70	80
Struska Dětmárovice	-	100	80	60	50	30	170	150	130	120
Voda	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Plastifikátor	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Ke snížení pH v cementové směsi může přispět i použití různého typu cementu. Kromě již zmíněného cementu CEM II 52,5 R byly navrženy zároveň směsi s cementem CEM I 42,5 R z cementárny Mokrá a s nízkoalkalickým bílým cementem, který se však v České republice nevyrábí (země původu - Belgie). Směsi s nízkoalkalickým cementem byly zkoušeny pro ověření předpokladu, zda bude mít změna cementu a jeho alkalita výrazný vliv na pokles pH betonové směsi. Bílý cement byl použit pouze do několika směsí pro zjištění trendu výsledných

hodnot pH. Kromě referenčního vzorku byly pro další fázi optimalizace směsi vybrány následující receptury: receptura 1 (stejný podíl strusky a mikrosiliky), receptura 5 (převaha mikrosiliky) a receptura 6 (převaha strusky).

Tab. 2 Návrh prvotních receptur s alternativním typem cementu

Surovina [Kg]	REF II	10	11	12	REF III	13	14	15
Písek Dobříň 0-4	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850
Cement CEM I 42,5 R	400	200	200	200	-	-	-	-
Bílý cement CEM II 42,5	-	-	-	-	400	200	200	200
Mikrosilika	-	100	170	30	-	100	170	30
Struska Dětmárovice	-	100	30	170	-	100	30	170
Voda	200	200	200	200	200	200	200	200
Plastifikátor	6	6	6	6	6	6	6	6

Z naměřených výsledků sad 1-15 vyplynulo, že největšího poklesu pH dosahují směsi s vysokým podílem mikrosiliky a naopak směsi s převažujícím podílem strusky vykazují jen mírný pokles v porovnání s referenčními vzorky. V dalších míchaných sadách 16-18 došlo u vybraných záměsí k dalšímu navýšení poměru mikrosiliky ve směsi na úkor cementu. Adekvátně k tomu byl upraven i poměr strusky. Přehled receptur se sníženým podílem cementu je shrnut v tabulce 3.

Tab. 3 Návrh receptur se sníženým podílem cementu

Surovina [Kg]	REF IV	16	17	18
Písek Dobříň 0-4	1850	1850	1850	1850
Cement CEM II 52,5 R	400	160	160	160
Mikrosilika	-	168	180	204
Struska Dětmárovice	-	72	60	36
Voda	200	200	200	200
Plastifikátor	6	6	6	6

4.1.2 Ošetřování vzorků

Uložení vzorků s cementem v prvotním stadiu jejich zrání se obecně považuje za vodní uložení (pitná voda o teplotě 20 °C ± 2 °C). Uložení vzorků ve vodě však může ovlivnit hodnotu pH

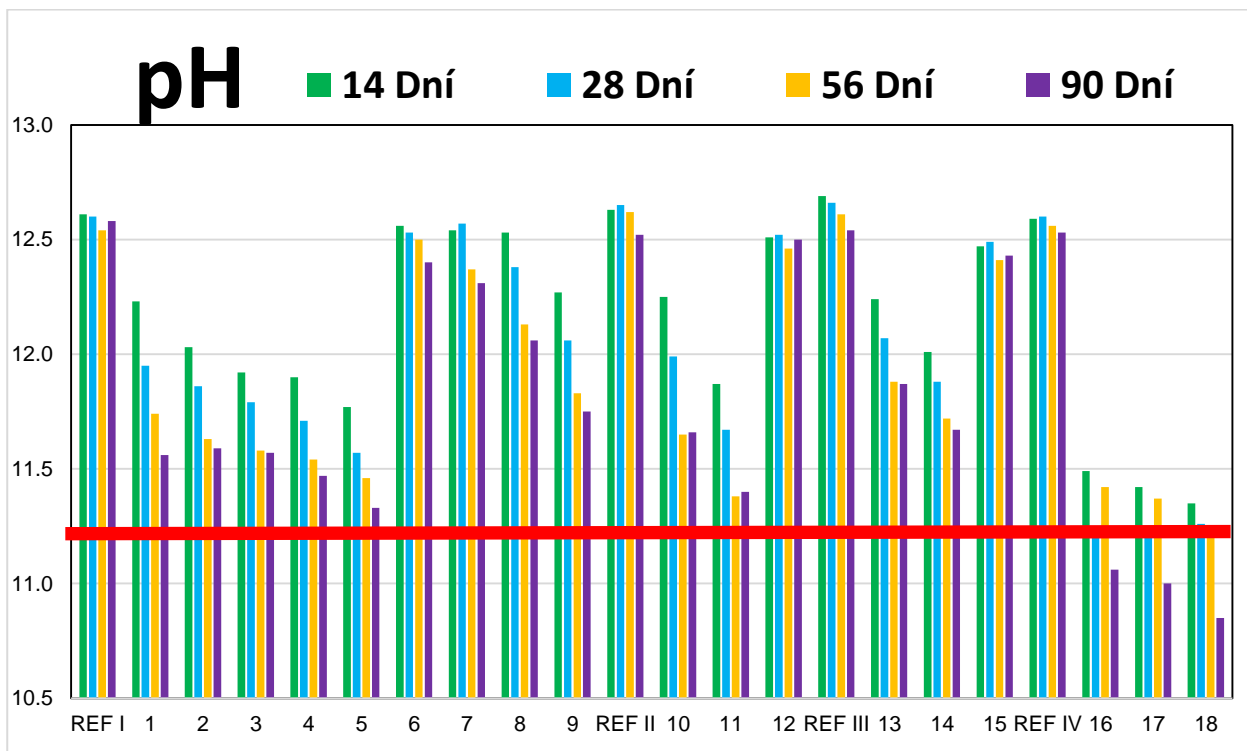
vzorku. Všechny vzorky byly tedy na minimální dobu po betonáži (24 hodin) ponechány ve formě a po odformování byly uloženy buď do klima-komory, nebo se ponořily do vodního uložení. Způsob dalšího ošetření závisel na zkoušce, pro kterou byly dané vzorky určeny. Pro měření mechanických vlastností a objemové hmotnosti byly vzorky ponechány ve vodním uložení až do dne zkoušky. Vzorky určené pro stanovení pH se po vyjmutí z forem uložily do klima-komory, která je schopna simulovat různé vlhkostní a teplotní prostředí. V našem případě byla zvolena velmi vysoká relativní vlhkost 90-95% a teplota 20-25°C. Vzorky určené pro stanovení pH byly ponechány v klima-komoře až do doby jejich zkoušení.

4.2 Fyzikální a materiálové vlastnosti

V této kapitole jsou shrnuty výsledky jednotlivých měření pH a pevnosti v tlaku v časovém sledu 28, 56 a 90 dní.

4.2.1 pH

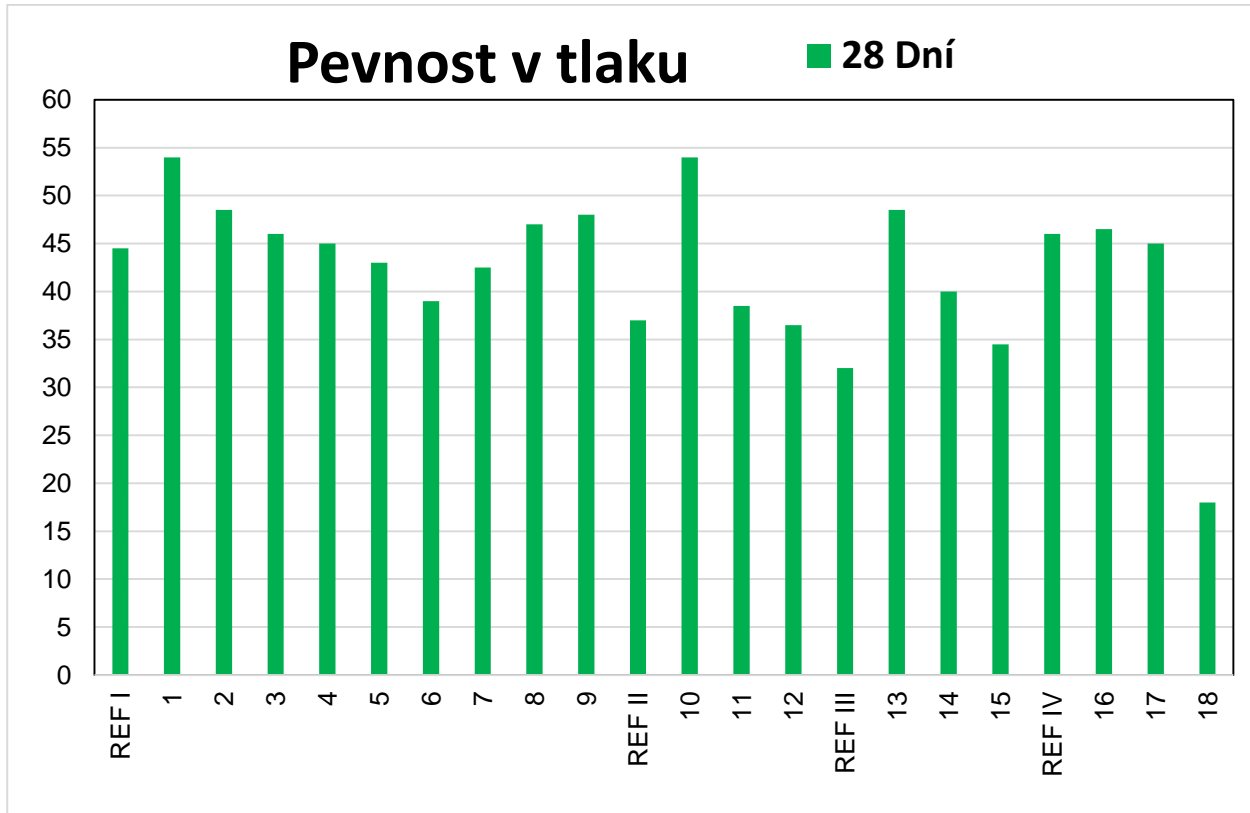
Základní testovanou charakteristikou malt byla hodnota pH měřená v závislosti na čase od zamíchání. Jednotlivá měření probíhala v čase 14, 28, 56 a 90 dní. Souhrnné výsledky uvádí graf na obrázku 1.



Obr. 1 Pokles pH cementové malty v závislosti na čase (červeně vyznačena požadovaná maximální hodnota pH 11,2 po 90-ti dnech)

4.2.2 Pevnost v tlaku

Druhým zkoumaným parametrem cementových směsí byla pevnost v tlaku. Výsledky jsou měřené po 28 dnech od zamíchání a výsledná data uvádí obrázek 2.



Obr. 2 Pevnost v tlaku cementových malt po 28-ti dnech

4.3 Závěr

Postupnou optimalizací a zkoušením směsí došlo k vybrání nejlepší cementové malty z hlediska pH, z níž vycházel návrh pilotních betonových směsí. Z počátečního návrhu malt (receptura 1 až 9) bylo zjištěno, že jako nejvhodnější se jeví směs s velkým množstvím mikrosiliky a malým množstvím cementu. Záměnou různého cementu v maltách (cement Mokrá – receptura 10 až 12 a nízkoalkalický cement receptura 13 až 15) bylo zjištěno, že nízkoalkalický cement nemá výrazný vliv na pokles pH cementové směsi a tedy se o jeho použití dále neuvažovalo. Jako poslední byly namíchány zkušební receptury 16 až 18, kde oproti předchozím směsím došlo k dalšímu navýšení poměru mikrosiliky na úkor cementu. Adekvátně k tomu byl upraven i poměr strusky. Za finální recepturu cementových malt můžeme považovat receptury 17 a 18. Z těchto směsí vycházel návrh pilotních receptur betonů. Tyto pilotní receptury byly označeny jako Sada I.

5 Beton – sada I

5.1 Složení směsí

5.1.1 Receptura

Prvotní návrhy receptur pro betonové směsi byly navrženy na základě poznatků zjištěných při zkouškách malt. Při návrhu se vycházelo z nejlepších dosažených výsledků pH u cementových malt (viz Obr. 1). Jako nejvhodnější se jevily receptury malty 17 a 18. Tyto směsi se vykazují vysokým podílem mikrosiliky (45-50% z pojiva) a nižším obsahem cementu (40% z pojiva). Dalším krokem z hlediska složení směsi bylo přidání hrubé frakce kameniva, tj. velikost zrna 8 až 16 mm. Vzhledem k přidavku kameniva bylo potřeba kvůli celkové zpracovatelnosti směsi navýšit i poměr plastifikátoru a to z 1,5% na 2% (počítáno na hmotnost pojiva). Tato hodnota je tedy stále přípustná podle poznatků získaných v aktuálně dostupných výstupech obdobného výzkumu. (Cau Dit Coumes 2008) Vzhledem k požadavku projektu na použití lokálních surovin, byl CEM II 52,5 nahrazen v nejslibnější variantě receptury B5 cementem CEM I 42,5 R z cementárny Mokrý.

Tab. 4 Návrh prvotních betonových receptur.

Surovina [Kg]	REF B I	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5
<i>Písek 0-4</i>	870	870	870	870	874	874
<i>Kamenivo 4/8</i>	370	370	370	370	374	374
<i>Kamenivo 8/16</i>	605	605	605	605	600	600
Kamenivo Dobříň	1845	1845	1845	1845	1848	1848
Cement CEM II 52,5 R	400	160	160	150	150	-
Cement CEM I 42,5 R					-	150
Mikrosilika	-	204	180	204	204	204
Struska Dětmorovice	-	36	60	46	36	36
Voda	170	170	170	170	182,5	185
Plastifikátor	8	8	8	8	8	8

5.1.2 Ošetřování vzorků

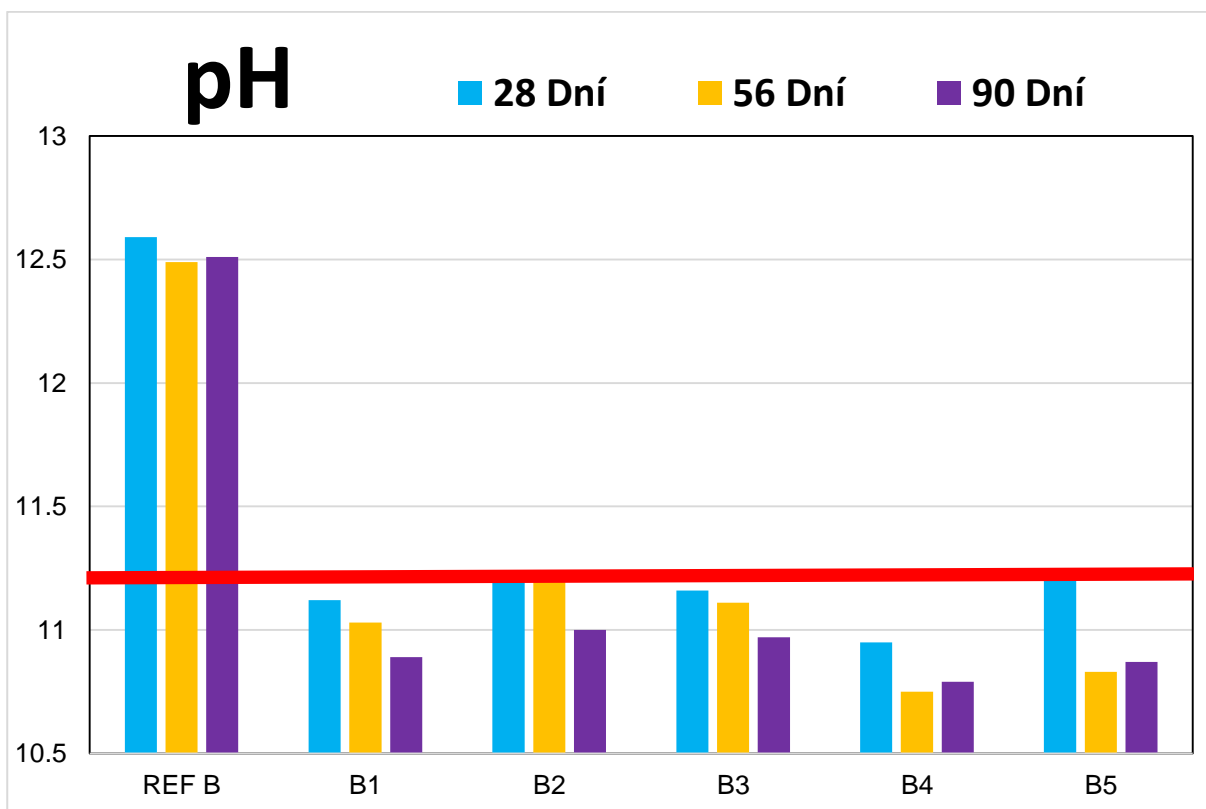
Všechny vzorky byly na minimální dobu (24 hodin) ponechány ve formě a po odformování byly uloženy do klima-komory, nebo se ponořily do vodního uložení. Způsob dalšího ošetření závisel na zkoušce, pro kterou byly dané vzorky určeny. Pro měření mechanických vlastností a objemové hmotnosti byly vzorky ponechány ve vodním uložení až do dne zkoušky. Vzorky určené pro stanovení pH se po vyjmutí z forem uložily do klima-komory, simulující různá vlhkostní a teplotní prostředí. V našem případě byla zvolena relativní vlhkost 90-95% a pokojová teplota 20-25°C. Tam byly vzorky ponechány až do doby jejich zkoušení.

5.2 Fyzikální a materiálové vlastnosti

V této kapitole jsou shrnuty výsledky jednotlivých měření pH a pevnosti v tlaku v časovém sledu 28, 56 a 90 dní.

5.2.1 pH

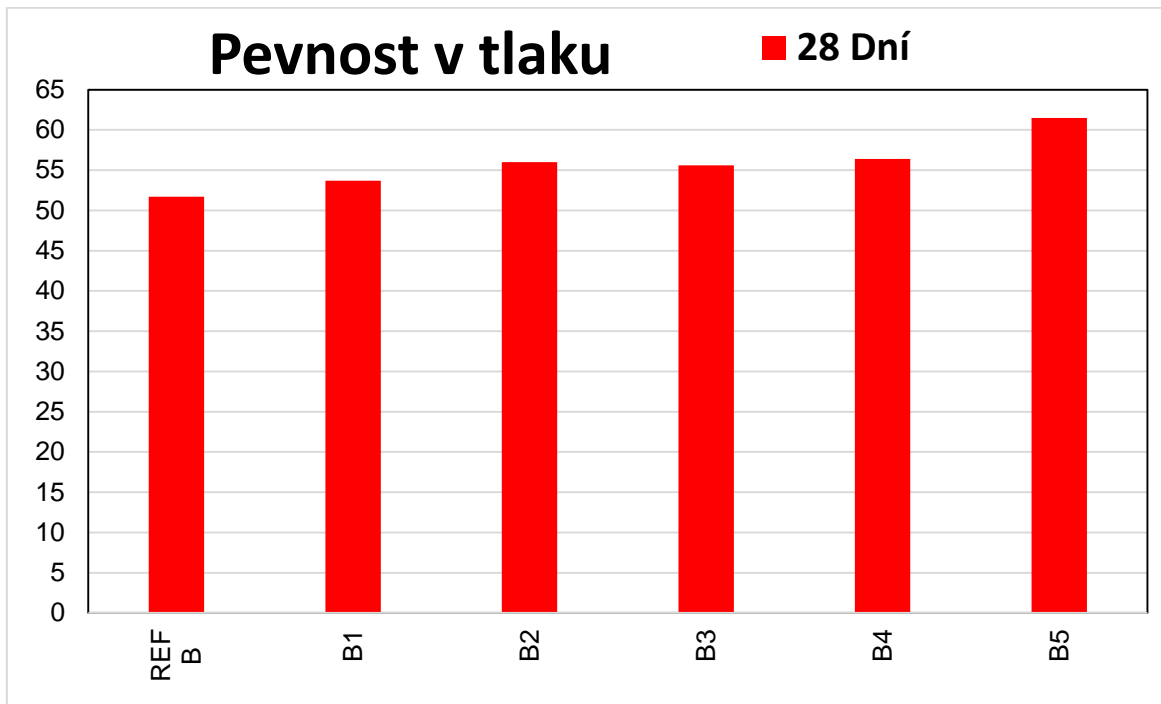
Základní testovanou charakteristikou betonů byla hodnota pH měřená v závislosti na čase od zamíchání. Výsledky uvádí obrázek 2.



Obr. 3 Pokles pH betonů v závislosti na čase (červeně vyznačena požadovaná maximální hodnota pH 11,2, po 90-ti dnech)

5.2.2 Pevnost v tlaku

Druhým zkoumaným parametrem pilotních betonových směsí byla pevnost v tlaku. Výsledky jsou měřené po 28 dnech od zamíchání a výsledná data uvádí obrázek 4.



Obr. 4 Pevnost v tlaku pilotních betonů po 28-ti dnech

5.3 Závěr

Návrh pilotních receptur betonu vycházel z poznatků o hodnotě pH cementových malt, konkrétně byly použity receptury 17 a 18. Tyto první receptury betonu B1 až B5 byly míchány se stejným vodním součinitelem, bez optimalizace z hlediska zpracovatelnosti a jiných vlastností čerstvé směsi. Přidáním hrubé frakce kameniva do receptur malt došlo k dalšímu poklesu pH a hodnoty betonů se pohybovaly již pod požadovanou hranicí. Dokonce klesly až na hodnoty pH pod 11. Jako nejvhodnější směsi pro další optimalizaci se jeví receptury B1 a B5, ze kterých byla odvozena druhá sada receptur betonových směsí. Optimálnost receptur se posuzovala nejen z hlediska hodnoty pH ale také v závislosti na mechanických vlastnostech a celkové práci se směsí.

6 Beton – sada II

6.1 Složení směsí

6.1.1 Receptura

Návrh betonových receptur sady II vycházel z poznatků první sady betonů (hodnota pH a pevnosti v tlaku) a byl odvozen od receptury B1. Nejúčinnější se tedy jevila směs s vysokým podílem mikrosiliky (51% z pojiva), nízkým podílem strusky (9% z pojiva) a obsahem cementu (40% z pojiva). Vznikly tak receptury B6 a B7.

Vzhledem k tomu, že se u první sady betonů neměřily vlastnosti čerstvé betonové směsi, musely být receptury dále upraveny vzhledem k výsledkům konzistence a zpracovatelnosti čerstvé směsi u receptur B6 a B7. Vznikly tedy receptury B8 a B9. U receptury B9 došlo k navýšení jemného a drobného kameniva (frakce 0/4 a frakce 4/8) a snížení hrubého kameniva (frakce 8/16) a dále byl navýšen objem záměsové vody. V návaznosti na tyto změny byla navrhována receptura B8, kde bylo upraveno množství pojiva na 351 kg na 1m³.

Při zlepšení konzistence čerstvé směsi se objevil problém s obsahem vzduch ve směsi. Tento nežádoucí efekt byl odstraněn další modifikací v oblasti kameniva i vody a použitím odpěňovače. Vznikly tak další receptury B 10 a B11. Součet všech organických substancí v suchém práškovém stavu (odpěňovač + plastifikátor) se pohyboval v rozmezí 1,5 - 2 hmotnostního procenta z celkového množství pojiva, což je obvyklá hodnota uváděná v aktuálně dostupných výstupech obdobného výzkumu. (Cau Dit Coumes 2008) Návrh složení směsí je uveden v tabulce 5. Dávkování čerstvé směsi je vždy uváděno v kg na 1m³ směsi.

Tab. 5 Návrh betonových receptur pro laboratorní zkoušení fyzikálních veličin

Surovina [Kg]	REF B II	B 6	B 7	B 8	B9	B10	B11	BF
<i>Písek 0-4</i>	885	880	840	868	935	895	895	895
<i>Kamenivo 4/8</i>	360	375	340	401	432	413	413	413
<i>Kamenivo 8/16</i>	605	605	570	392	422	404	404	404
Kamenivo Dobříň	1850	1860	1750	1661	1789	1712	1712	1712
Cement CEM I 42,5 R	300	120	160	140	120	140	140	140
Mikrosilika	-	153	204	179	153	179	179	179
Struska Dětmorovice	-	27	60	32	27	32	32	32
Voda	130	130	170	180	170	200	200	200

Surovina [Kg]	REF B II	B 6	B 7	B 8	B 9	B10	B11	BF
Plastifikátor	6	6	6	7	6	7	7	7
Odpěňovač	-	-	-	-	-	1,75	-	1,75

Jako finální směs byla vybrána receptur B10. Pro odlišení fyzikálních vlastností vzorků B10 vyrobených v laboratoři Kloknerova ústavu a ve velkoobjemové betonáži dne 21.5 2019, byla směs vyrobená v areálu firmy TBG Metrostav s.r.o. označena BF.

6.1.2 Ošetřování vzorků

Všechny vzorky byly na minimální dobu (24 hodin) ponechány ve formě. Po odformování způsob dalšího ošetření závisel na zkoušce, pro kterou byly dané vzorky určeny.

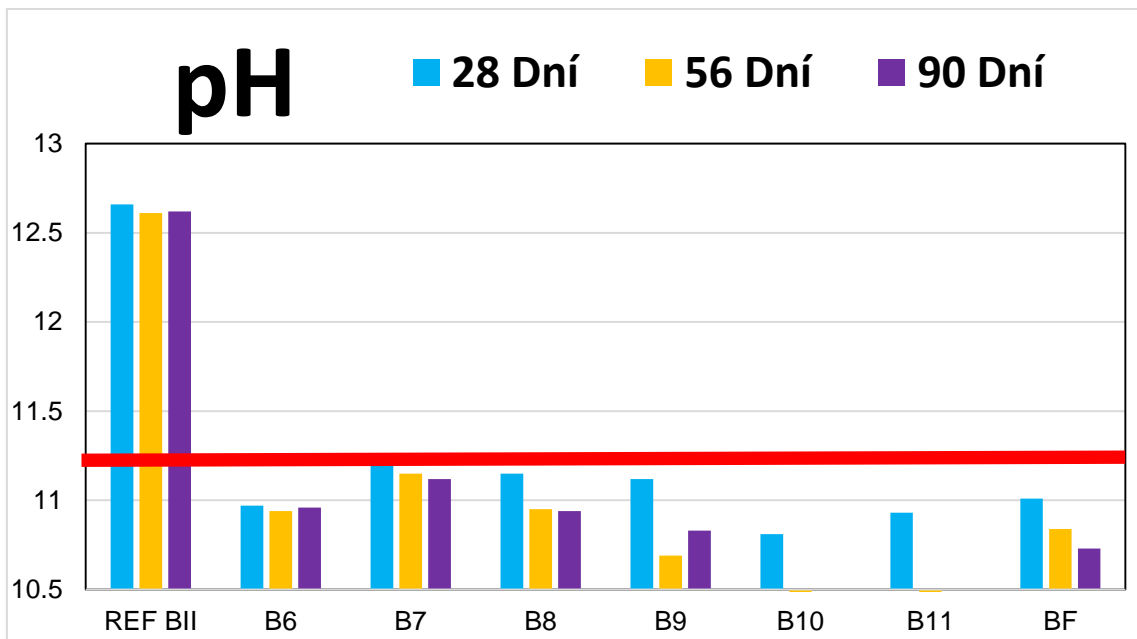
Pro měření mechanických vlastností, nasákavosti a maximální hloubky průsaku byly ponechány vzorky ve vodním uložení (pitná voda o teplotě $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$) až do jednoho dne před samotnou zkouškou. Na vzorcích mechanické vlastnosti se nejprve změřila objemová hmotnost a posléze pevnost v tahu a tlaku. Vzorky určené pro stanovení pH se po vyjmutí z forem (po 24 hodinách od výroby) uložily do klima-komory, kde byla nastavena relativní vlhkost 90-95% a tam byly ponechány až do doby jejich zkoušení. Vzorky určené pro smrštění se po 24 hodinách vyjmuly z formy a nechaly na vzduchu, kdy se relativní vlhkost udržuje na hodnotě okolo 50% a teplota v rozmezí 20-25°C. Vzorky pro koeficient filtrace byly odvrtny ze vzorků pro měření hydratačního tepla, po proběhnutí jeho měření. Vzorek pro měření hydratačního tepla má rozměry krychle o hraně 300 mm a je odlit do speciálních forem, které jsou odizolovány od vnějšího prostředí. V těchto formách zůstávají po celou dobu měření tj. do 28 dne od zamíchání. Po ukončení této zkoušky je z krychlí odvrtn válec o průměru podesty 100 mm, na kterém se dále měří koeficient filtrace.

6.2 Fyzikální a materiálové vlastnosti

V této kapitole jsou shrnuty výsledky jednotlivých měření jak na čerstvé, tak na zatvrdlé betonové směsi. Z důvodu prioritní důležitosti hodnoty pH se toto měření uvádí jako první a pro všechny navržené receptury.

6.2.1 pH

Základní testovanou charakteristikou betonů byla hodnota pH měřená v závislosti na čase od zamíchání. Výsledky uvádí graf na obrázku 3.



Obr. 5 Pokles pH betonů v závislosti na čase (červeně vyznačena požadovaná maximální hodnota pH 11,2, po 90-ti dnech)

Receptury B10 a B11 sloužily k ověření, zda přidání odpěňovače do směsi výrazně neovlivní výsledné pH. Hodnota pH byla měřena v tomto případě pouze po 28 dnech. Z naměřených výsledků pH u receptury B10 a B11 vyplývá, že odpěňovač má zanedbatelný vliv na hodnotu pH betonů. Závěrem lze říci, že všechny navrhnuté betony, včetně vzorků BF z velkoobjemové betonáže, splnily požadavek na maximální hodnotu pH 11,2 měřenou po 90 dnech od vytvrzení.

6.2.2 Vlastnosti čerstvé směsi

V této kapitole jsou shrnuty výsledky jednotlivých měření na čerstvé betonové směsi B6 až B F. Konkrétně se jedná o objemovou hmotnost, obsah čerstvého vzduchu, sednutí kužele a teplotu betonu při zamíchání. (Leivo at al. 2013). Přehled výsledků uvádí tabulka 6. Z tabulky je patrný postup při vývoji, kdy nejprve byly receptury optimalizovány z hlediska pH a pak po výběru nejvhodnějších variant bylo přistoupeno k optimalizaci z hlediska konzistence.

Tab. 6 Vlastnosti čerstvé betonové směsi.

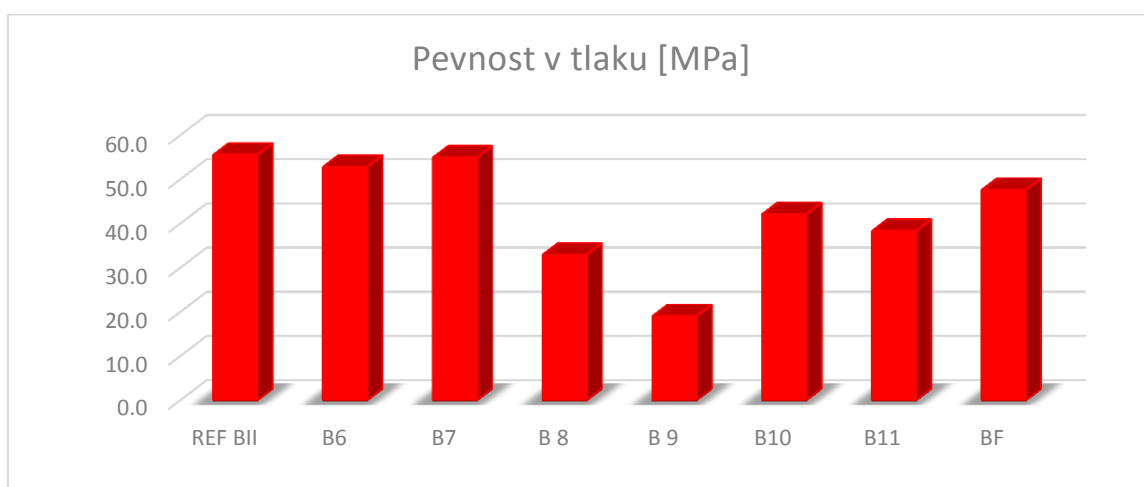
směs	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Obsah čerstvého vzduchu [%]	Sednutí kužele [mm]	Teplota betonu při zamíchání [°C]
REF B II	2340	4,2	7,5	20,8
B6	2240	5,1	0	20,6
B7	2270	2,2	0	21,8
B8	2110	8,0	130	19,7
B9	2060	11,4	130	20,0

směs	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Obsah čerstvého vzduchu [%]	Sednutí kužele [mm]	Teplota betonu při zamíchání [°C]
B10	2250	3,3	110	18,8
B11	2210	4,9	150	18,8
BF	2280	2,4	130	19,2

Důležitou veličinou je konzistence čerstvé betonové směsi, což zahrnuje především veličinu sednutí kužele a obsah čerstvého vzduchu ve směsi. Hodnoty sednutí kužele byly směřovány k třídě konzistence S3 (100 – 150 mm). Čím vyšší číslo, tím tekutější konzistence betonové směsi. Receptury B6 a B7 vykazovaly velmi nízké hodnoty sednutí kužele (v této fázi byl zvolen jednotný vodní součinitel), proto došlo k modifikaci směsi do receptury B8 a B9. Se zvyšující se konzistencí došlo ke zvýšení obsahu vzduchu ve směsi a tím snížení objemové hmotnosti a snížení pevnostních charakteristik. Řešením tohoto problému bylo přidání odpěňovací přísady do nově navržených receptur B10 a B11. Vlastnosti čerstvé betonové směsi u výsledné receptury BF z velkoobjemové betonáže již odpovídají charakteristice běžně dostupným betonovým směsím s normální hodnotou pH.

6.2.3 Vlastnosti zatvrdlé směsi

V této kapitole jsou shrnuty výsledky jednotlivých měření na zatvrdlé směsi po 28, 56 a 90 dnech. Materiálové a fyzikální veličiny byly stanovovány pouze na druhé sadě betonů (receptury B6 až B9 a BF). U receptur B10 a B11, které obsahují přísadu ve formě odpěňovače Agitan P841, se analyzovaly pouze mechanické vlastnosti kvůli ověření vlivu odpěňovače. Pevnost v tlaku po 28 dnech všech receptur sady II uvádí Obr. 4. Přehled ostatních výsledků fyzikálních veličin zatvrdlé směsi druhé sady betonů je zobrazen v tab. 7. Kompletní podrobné výsledky fyzikálních veličin obsahují souhrnné zprávy z třetí a páté etapy. (Pernicova et al. 8/2019; Pernicova et al. 9/2019)



Obr. 6 Pevnost v tlaku betonů měřeno po 28-ti dnech

Tab. 7 Vlastnosti zatvrdlé betonové směsi

Směs	Dny	REF BII	B6	B7	B 8	B 9	B F
objemová hmotnost [kg/m ³]	28	2390	2240	2220	2070	2040	2230
	60	2380	2190	2230	2030	2050	2240
	90	2370	2220	2200	2080	2040	2250
Pevnost v tlaku [MPa]	28	55,5	52,8	54,9	32,9	19,0	47,6
	60	60,1	53,0	61,7	37,7	31,8	50,8
	90	58,4	44,7	59,7	37,6	30,8	52,3
Modul pružnosti [GPa]	28	26,0	26,3	29,9	21,1	18,1	28,3
	60	29,2	28,3	28,1	22,0	19,0	27,8
	90	32,4	29,2	29,7	22,1	20,2	28,3
Max. hloubka průsaku [mm]	28	26	11	8	7	14	8
	60	39	10	5	8	7	7
	90	39	16	11	13	20	7
Nasákavost [%]	28	3,6	3,4	3,1	5,8	6,5	3,3
Hydratační teplo [°C]	28	42,8	33,4	37,6	34,3	30,3	30,3
Smrštění [mm/m]	28	-0,291	-0,477	-0,562	-0,358	-0,78	-
	60	-0,389	-0,546	-0,630	-0,389	-0,845	-
	90	-0,419	-0,596	-0,635	-0,405	-0,893	-
Pevnost v tahu [MPa]	28	4,8	5,2	7,4	3,3	3,1	-
	60	3,9	4,5	6,8	3,2	3,0	-
	90	4,6	4,3	5,7	3,4	3,6	-
Koeficient filtrace [m/s]	28	1,79E-12	5,7E-12	7,43E-13	3,27E-12	2E-11	-

6.3 Stříkaný beton

V rámci řešeného projektu byla řešena stříkaná varianta směsi LPC. Vzhledem k požadavku na nástřik v podzemí v PVP Bukov byla zvolena varianta suchého stříkání. Při této variantě stříkání je suchá směs pod tlakem přiváděna od plnicího stroje do hadice. Na konci hlavice dochází v hubici k mísení suché směsi s vodou a případně s urychlovačem, který nebyl v tomto případě použit. Množství vody ve směsi je regulováno podle vizuální kontroly nastříkané plochy (přidržitosti čerstvé směsi na poklad). Předem tedy nelze přesně určit množství vody ve směsi. Tloušťka nástřiku se pohybuje od 5-10 cm v závislosti na hrubosti povrchu. Stříkání probíhá vždy kolmo ke stříkanému povrchu.

Receptura stříkané směsi vycházela z kombinace výsledné varianty betonové směsi (BS). Vzhledem k metodě suchého stříkání byla zvolena varianta LPC malty, tedy směsi bez hrubého kameniva. Důvodem pro aplikaci malty byla nutnost předmíchání a napytlování suchých složek směsi a to lze pouze do určité frakce plniva. V PVP Bukov nebylo možné průběžné dodávkování hrubého kameniva. Pro nerovnoměrný povrch stěny (skály) je zároveň jemnozrnější a homogennější materiál vhodnější. Ze směsi byl oproti finální variantě B-350-F vyloučen plastifikátor i odpěňovač. Důvodem byl fakt, že pro aktivaci plastifikátoru je nutné důkladné promíchání se směsí. V tomto případě by byl do směsi dávkován až v hubici a tím pádem by nedošlo vzhledem k vysokému množství jemnozrných částic (zejména mikrosiliky) k dostatečnému promíchání. Směs s plastifikátorem by také mohla ve vertikální poloze ze stěny stékat. Výsledné složení receptury BS je uvedeno v následující tabulce 3.

Tab. 8 Složení maltové směsi na stříkaný beton

Surovina [Kg]	BS
Kamenivo Dobříň 0-4	1670
Cement CEM I 42,5 R	140
Mikrosilika	179
Struska Dětmárovice	32

6.4 Závěr

Výsledná navrhnutá směs BF splnila dané požadavky, aby směs po 90-ti dnech vykazovala hodnotu pH maximálně 11,2 a její mechanické vlastnosti jsou srovnatelné s běžným betonem obsahující CEM I 42,5. Organické substance v betonu se pohybují v rozmezí 1,5 - 2 hmotnostního procenta z celkového množství pojiva, což je obvyklá hodnota uváděná v aktuálně dostupných výstupech obdobného výzkumu. (Cau Dit Coumes 2008)

7 Shrnutí

Tato zpráva uvádí vývoj a výzkum cementových směsí se sníženým pH (označováno jako LPC z anglického výrazu „low pH concrete“) určených pro prostředí hlubinného úložiště radioaktivního odpadu. Návrh betonových směsí vycházel ze základních poznatků uváděných ve světové literatuře. (Vogt et al. 2009; Leivo et al. 2013; Vehmas and Holt 2016) Vzhledem k požadavkům použití surovin z České republiky však musel výzkum betonů probíhat od návrhu základních cementových malt, jejich materiálové složení se následně upravovalo v závislostech na nových skutečnostech získaných měřeními základních fyzikálních vlastností. Cílem tohoto projektu je návrh betonové receptury, která splňuje požadovaná kritéria na materiálové charakteristiky LPC. Především se jedná o návrh betonů s hodnotou pH max. 11,2 měřené po 90 dnech. Zároveň musí tento materiál vykazovat srovnatelné mechanické vlastnosti jako běžný beton s CEM I 42,5. Tyto charakteristiky musí být dosaženy po 90 dnech tvrdnutí zkušebních těles. Případné organické substance v LPC nesmí být v množství vyšším, než je uváděno v aktuálně dostupných výstupech obdobného výzkumu.

Celý projekt byl rozdělen do 5 etap, kdy každá z nich představovala milník ve vývoji betonu se sníženým pH. První etapa byla ryze rešeršní, kdy se shromažďovaly a třídily poznatky ze světové literatury o současném vývoji betonů se sníženým pH. S ohledem na získané informace byly v rámci druhé etapy navrhnutý první cementové malty. Receptury cementových malt 1 až 18 se lišily především množstvím jednotlivých přísad (mikrosilika a struska). U vybraných receptur malt 17 a 18, kde se hodnota pH pohybovala okolo 11, došlo k přidání hrubé frakce kameniva a byly tak vytvořeny prvotní betonové směsi. V závislosti na výsledku pH u těchto prvotních betonů (receptura B1 až B 5) se v rámci třetí etapy vytvořily receptury B6 až B11. Na těchto recepturách se měřily základní materiálové a fyzikální vlastnosti po 28, 56 a 90 dnech vytvrzování vzorků. Jako finální směs byla vybrána receptura B10. Aby byla směs reprodukovatelná ve velkém měřítku, muselo dojít k ověření vlastností i na vzorcích vyrobených v betonárce ve formě velkoobjemové betonáže. Pro potřeby aplikace v hlubinném úložišti bylo potřeba vyzkoušet také nástřik betonové směsi v podzemí. Velkoobjemová betonáž a aplikace stříkaného betonu byly součástí čtvrté etapy projektu. Pátá a závěrečná etapa se zaměřila na měření materiálových a fyzikálních vlastností betonové směsi (receptura BF), která byla vyrobena v rámci velkoobjemové betonáže, a to po 10, 20, 28, 60 a 90 dnech. Pro odlišení vzorků B10 vyrobených v laboratoři Kloknerova ústavu a ve velkoobjemové betonáži dne 21.5 2019, byla směs vyrobena v areálu firmy TBG Metrostav s.r.o. označena BF. Složení finální betonové směsi BF uvádí tabulka 8.

Tab. 9 Finální betonová směs BF v Kg na m³

Surovina [Kg]	BF
Kamenivo Dobříň	1712
Cement CEM I 42,5 R	140
Mikrosilika	179

Surovina [Kg]	BF
Struska Dětmárovice	32
Voda	200
Plastifikátor	7
Odpěňovač	1,75

Reference

Knihy, články, mapy kapitoly:

- BEHNOOD A., VAN TITTELBOOM K., DE BELIE N. (2016): Methods for measuring pH in concrete: A review. – *Construction and building materials*, 105, 176-188.
- CAU DIT COUMES C. (2008): Low pH cements for waste repositories : a review. – *Laboratoire d'Etude de l'Enrobage des Déchets*, 42 s.
- ČÍTEK D., PERNICOVA R., DOBIAS D., MANDLIK T., KRATOCHVILE L., KOLISKO J. (2019): TZ 407/2019 – Souhrnná zpráva 4. etapy k problematice betonu s nízkým pH určeným do prostředí úložiště radioaktivního odpadu. – SURAO, 20 s.
- EL BITOURI Y., BUFFO-LACARRIERE L., SELIER A., BOURBON X. (2016): Modelling of chemo-mechanical behaviour of low pH concretes. – *Cement and Concrete Research*, 81, 70-80.
- LEIVO M., HOLT E., VEHMAS T. (2013): Betonirakenteet ydinpolttoaineen loppusijoituksessa. – *Teknologian Tutkimuskeskus VTT*, 21 s.
- MOHAMMED H.M., PUSCH R., KNUTSSON S., WARR L.N. (2016): Hydrothermal alteration of clay and low pH concrete applicable to deep borehole disposal of high-level radioactive waste – A pilot study. – *Construction and building materials*, 104, 8 s.
- PERNICOVA R., ČÍTEK D., DOBIAS D., MANDLIK T., KRATOCHVILE L., KOLISKO J. (2018): TZ 243/2018 – Rešeršní zpráva k problematice betonu s nízkým pH určeným do prostředí úložiště radioaktivního odpadu. – SURAO, 22 s.
- PERNICOVA R., ČÍTEK D., DOBIAS D., MANDLIK T., KRATOCHVILE L., KOLISKO J. (1/2019): TZ 364/2018 – Souhrnná zpráva 2. etapy k problematice betonu s nízkým pH určeným do prostředí úložiště radioaktivního odpadu. – SURAO, 42 s.
- PERNICOVA R., ČÍTEK D., DOBIAS D., MANDLIK T., KRATOCHVILE L., KOLISKO J. (8/2019): TZ 405/2019 – Souhrnná zpráva 3. etapy k problematice betonu s nízkým pH určeným do prostředí úložiště radioaktivního odpadu. – SURAO, 28 s.

- PERNICOVA R., CITEK D., DOBIAS D., MANDLIK T., KRATOCHVILE L., KOLISKO J. (9/2019): TZ 408/2019 – Souhrnná zpráva 5. etapy k problematice betonu s nízkým pH určeným do prostředí úložiště radioaktivního odpadu. – SURAO, 23 s.
- VEHMAS T., HOLT E. (2016): WP1 Experimental studies – State of the art literature – review. – CEBAMA, 235 s.
- VOGT C., LAGERBLAD B., WALLIN K., BALDY F., JONASSON J.E. (2009): Low pH self-compacting concrete for deposition tunnel plugs. – Swedish Nuclear Fuel and waste Management - report R-09-07, 78 s.
- ZHANG T., CHEESEMAN C.R., VANDEPERRE L.J. (2011): Development of low-pH cementitious materials for HLRW repositories Resistance against ground waters aggression. – Cement and Concrete Research, 41, 439-442.

Technické normy a standardy:

- ČSN EN 12350-6. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 6: Objemová hmotnost*. Praha: Český normalizační institut. 2009.
- ČSN EN 12350-7. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 7: Obsah vzduchu - Tlakové metody*. Praha: Český normalizační institut. 2009.
- ČSN EN 12350-2. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 2: Zkouška sednutím*. Praha: Český normalizační institut. 2009.
- ČSN EN 12350-1 (731301). *Zkoušení čerstvého betonu - Část 1: Odběr vzorků*. Praha: Český normalizační institut. 2009.
- ČSN EN 12390-7. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu*. Praha: Český normalizační institut. 2009.
- ČSN EN 12390-5. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 5: Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles*. Praha: Český normalizační institut. 2009.
- ČSN EN 12390-3. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*. Praha: Český normalizační institut. 2009.
- ČSN ISO 1920-10. *Zkoušení betonu - Část 10: Stanovení statického modulu pružnosti v tlaku*. Praha: Český normalizační institut. 2016.
- ČSN 73 1316. *Stanovení vlhkosti, nasákavosti a vzlínivosti betonu*. Praha: Český normalizační institut. 1990-2003.
- ČSN EN 12 390-8. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou*. Praha: Český normalizační institut. 2009.

Příloha 1 - Technický list: CEM II 52,5 R

spenner
zementwerk
berlin

Produktinformation

CEM II/A-S 52,5 N

EN 197-1/EN 196

			Prüfwert	Norm
Chemische Daten	SO ₃	M.-%	3,4	≤ 4,0
	Cl ⁻	M.-%	0,04	≤ 0,10
	Na ₂ O Äquivalent	M.-%	0,74	
	Glühverlust	M.-%		
	unlöslicher Rückstand	M.-%		
	Chromat, wasserlöslich	ppm	< 2	
Physikalische Daten	Rückstand 90 µm	M.-%	0,1	
	Spez. Oberfläche nach Blaine	cm ² /g	4750	
	Raumbeständigkeit	mm	0,7	≤ 10
	Wasseranspruch	M.-%	30	
	Erstarren Beginn	Min	150	≥ 45
Druckfestigkeiten	1 Tag	MPa	2	
	2 Tage	MPa	36	≥ 20,0
	7 Tage	MPa		
	28 Tage	MPa	68	≥ 52,5

Hinweise auf den Umgang mit unseren Produkten entnehmen Sie bitte den Sicherheitsdatenblättern gemäß EG-Richtlinie 1907/2006. Die in unseren Druckschriften angegebenen Daten sind durchschnittliche Messwerte ohne Rechtsverbindlichkeit.

Spenner Zementwerk Berlin GmbH & Co. KG

Köpenicker Chaussee 9-10, D-10317 Berlin

Tel: 0 30 / 557 52-0 Fax: 0 30 / 557 52-10

Internet: www.spenner-zementwerk.de Email: info@spenner-zementwerk.de

Stand: Mai 2018

Příloha 2 - Technický list: CEM I 42,5 R

CEM I 42,5 R Portlandský cement EN 197-1

Výrobce: Českomoravský cement, a.s. – Závod Mokrá

Technický list
březen 2019



Charakteristické vlastnosti:

- rychlý nárůst pevností
- vysoká počáteční pevnost
- vysoká konečná pevnost
- rychlý vývin hydratačního tepla
- vyšší celkové hydratační teplo

Použití:

- betony běžných a vyšších pevnostních tříd
- betony s rychlým nárůstem pevnosti
- předpínané betony
- suché omítkové směsi a malty
- betonové zboží

Český cement:

- Symbol v národních barvách odkazuje na český původ zboží a českou identitu.
- Značka reprezentuje nový přístup, pokrok a úspěchy českého cementářského průmyslu.



Kvalita, bezpečnost, ekologie:

Kvalita výrobků, respekt k životnímu prostředí, důraz na bezpečnost zaměstnanců a hospodárné využívání energetických zdrojů patří k našim hlavním prioritám. Plnění požadavků příslušných systémů managementu je potvrzeno vydanými certifikáty:

- Management kvality ČSN EN ISO 9001
- Management bezpečnosti a ochrany zdraví při práci ČSN OHSAS 18001
- Environmentální management ČSN EN ISO 14001
- Management hospodaření s energií ČSN EN ISO 50001



Způsob dodání:

- volně ložený v autocisternách nebo železničních vagonch Raj
- balený v papírových pytlích 25 kg s polyetylenovou vložkou, na vratných paletách o celkové hmotnosti 1,4 t

Obsah složek		
Hlavní složka	Portlandský slínek	95–100 %
Doplňující složka		0–5 %

Druh, množství a kvalita hlavních i doplňujících složek se odvíjí od požadavků technické normy EN 197-1. Mezi složky nepatří siran vápenatý, který se přidává jako regulátor tuhnutí, ani případné přísady usnadňující výrobu nebo upravující vlastnosti cementu.

Českomoravský cement, a.s.
Technická podpora prodeje
technicka.podpora@cmcem.cz
+420 544 122 544

www.cmcem.cz

**ČESKOMORAVSKÝ
CEMENT**
HEIDELBERGCEMENT Group

CEM I 42,5 R

Portlandský cement

EN 197-1

Výrobce: Českomoravský cement, a.s. – Závod Mokrá

Technický list
březen 2019

Fyzikální a mechanické vlastnosti				Chemické vlastnosti			
Parametr	Průměrná hodnota	Metoda / poznámka	Parametr	Průměrná hodnota	Metoda / poznámka		
Pevnost v tlaku [MPa]	1 den	14	EN 196-1	CaO	63,7	EN 196-2	
	2 dny	30	EN 196-1	SiO ₂	19,6	EN 196-2	
	7 dní	53	EN 196-1	Al ₂ O ₃	4,8	EN 196-2	
	28 dní	60	EN 196-1	Fe ₂ O ₃	3,3	EN 196-2	
	56 dní	66	EN 196-1	MgO	1,4	EN 196-2	
	90 dní	67	EN 196-1	SO ₃	3,1	EN 196-2	
Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	1 den	4	EN 196-1	Cl ⁻	0,040	EN 196-2	
	2 dny	6	EN 196-1	K ₂ O	0,75	EN 196-2	
	7 dní	8	EN 196-1	Na ₂ O	0,19	EN 196-2	
	28 dní	9	EN 196-1	Na ₂ O ekvivalent [%]	0,69	EN 196-2	
	56 dní	9	EN 196-1	Nerozpustný zbytek [%]	0,7	EN 196-2	
	90 dní	9	EN 196-1	Ztráta žháním [%]	3,4	EN 196-2	
Normální konzistence [%]	27,4	EN 196-3	V případě, že cement obsahuje (ve smyslu Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) 1907/2006 přílohy XVII, čl. 47) redukční činidlo, které po smíchání s vodou snižuje obsah Cr ⁶⁺ v cementu pod hodnotu 0,0002 %, je toto činidlo účinné nejméně po dobu skladování cementu, po kterou musí být cement chráněn před působením vody a vysoké relativní vlhkosti vzduchu (nejvýše 75 %). Doba skladování cementu je 90 dnů od data uvedeného na obalu (balený cement) nebo od data expedice (volně ložený cement).				
Počátek tuhnutí [min]	183	EN 196-3					
Konec tuhnutí [min]	242	EN 196-3					
Objemová stálost [mm]	0,9	EN 196-3, Le Chatelier					
Měrný povrch [m ² ·kg ⁻¹]	408	EN 196-6, Blaine					
Měrná hmotnost [kg·m ⁻³]	3110	EN 196-6					
Sypná hmotnost [kg·m ⁻³] - v autocisterně	980	Přibližná hodnota při uložení cementu do cisterny.					
Sypná hmotnost [kg·m ⁻³] - v síle	1200–1600	Odhad při uskladnění v síle. Mění se v závislosti na míře setřesení cementu, době uskladnění nebo velikosti a zaplnění síla.					
Hydratační teplo [J·g ⁻¹]	7 dní	310					EN 196-8

Použití cementu dle stupňů vlivu prostředí podle ČSN P 73 2404																		
Bez rizika	Koroze způsobená karbonatací				Působení chloridů (ne z mořské vody)			Střídavé působení mrazu a rozmrazování				Chemicky agresivní prostředí			Obrus			
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ ^{a)}	✓ ^{a)}	✓	✓	✓

a) Při chemické síranové agresivitě se stupněm vlivu prostředí vyšším než XA1 - koncentrace síranových iontů SO₄²⁻ vyšší než 600 mg/litr v podzemní vodě nebo 3000 mg/kg (v případě kapilárního sání 2000 mg/kg) v rostlé zemině - se musí použít síranovzdorný cement SR. Při obsahu SO₄²⁻ - do 1500 mg/litr je možné použít CEM I s dostatečnou dávkou purolánové příměsí (například alespoň 20 % popílku).

Hodnoty uvedené v technickém listu mají čistě informativní charakter a mohou se lišit od hodnot konkrétních vzorků. Před jejich porovnáním s vlastnostmi jiných výrobků se prosím ujistěte, že všechna porovnávaná data byla získána pomocí totožných zkušebních postupů. V případě pochybností nás neváhejte kontaktovat.

Českomoravský cement, a.s.
Technická podpora prodeje
technicka.podpora@cmcem.cz
+420 544 122 544

www.cmcem.cz

**ČESKOMORAVSKÝ
CEMENT**
HEIDELBERGCEMENT Group

Příloha 3 - Technický list: bílý CEM II 42,5



CEM II/A-LL 42,5 N «White»

Cement voor esthetische toepassingen

Holcim (België) N.V. - Fabriek Le Teil



Holcim (België) N.V.
Avenue Robert Schuman 71 - B-1401 Nivelles
T +32 67 87 66 01 - F +32 67 87 91 30
Technical helpdesk:
technical.cement@lafargeholcim.com
www.holcim.be



CEM II/A-LL 42,5 N «White»

Ciment pour applications esthétiques



Le ciment CEM II/A-LL 42,5 N «White» est un ciment portland au calcaire dont les constituants principaux sont le clinker portland (K) et le calcaire (LL). La teneur en clinker est comprise entre 80% et 94%.

Caractéristiques particulières

- ▶ Ciment blanc à haut niveau de clarté
- ▶ Bonne ouvrabilité du mortier frais
- ▶ Durcissement et résistance normale

Domaines d'application préférentiels

- ▶ Mortier de maçonnerie et de pose, enduits et chapes
- ▶ Béton en milieu non-agressif de résistance moyenne à élevée
- ▶ Mortier ou béton à teinte blanche voir très clair ou avec ajouts de pigments

Recommandation particulière

- ▶ Bien protéger le béton ou le mortier contre une dessiccation prématurée afin d'éviter entre autre la pulvéulence de la surface

Contre-indications

- ▶ Béton ou mortier en milieu agressif
- ▶ Béton ou mortier appliqué par temps très chaud ou très froid
- ▶ En cas d'utilisation de granulats sensible à la réaction alcali-granulats si le béton est exposé à l'humidité
- ▶ Mortier de pose pour du carrelage en pierre naturelle contenant des matières organiques (ex. pierre blanche, marbre calcaire)

Pays	Documents de référence	Dénomination	Marque
Belgique	TRA 600 PTV 603	CEM II/A-LL 42,5 N White	Benor
France	NF P15-317 NF P15-318	CEM II/A-LL 42,5 N PM-CP2 Blanc	NF

Avantages du CEM II/A-LL 42,5 N «White»

- ▶ Confection de mortier ou béton à teinte blanche ou très claire
- ▶ Particulièrement adapté pour la confection de produits colorés à base de ciment

Caractéristiques techniques

Caractéristiques mécaniques et physiques *

	Unités	Résultats	Exigences Norme(s)
Prise			
Besoin en eau	%	27	-
Début	hh:mm	2:00	≥ 1:15
Fin	hh:mm	2:40	≤ 12:00
Stabilité	mm	< 1	≤ 10
Résistance à la compression			
2 jours	N/mm ²	27	≥ 10
28 jours	N/mm ²	54	≥ 42,5 / ≤ 62,5
Surface spécifique Blaine	m ² /kg	382	-
Masse volumique absolue	kg/m ³	3080	-
Refus au tamis de 200 µm	%	< 0,5	≤ 3,0
Valeur L* Minolta (échelle de noir/blanc)		93	-

Composition chimique *

	Résultats (%)	Exigences Norme(s)
CaO	66,3	-
SiO ₂	23,3	-
Al ₂ O ₃	2,3	-
Fe ₂ O ₃	0,2	-
MgO	0,4	-
Na ₂ O	0,32	-
K ₂ O	0,48	-
SO ₃	2,6	≤ 3,5
Cl ⁻	0,02	≤ 0,10
Perte au feu	4,5	-

* Remarque : Les résultats repris dans les tableaux sont basés sur des valeurs moyennes et sont donnés à titre purement indicatif et n'ont en aucun cas un caractère contractuel. En conséquence, ils ne sauraient engager la responsabilité de Holcim (Belgique) s.a.

Le CEM II/A-LL 42,5 N White est marqué CE en tant que CEM II/A-LL 42,5 N. Par le marquage CE, le fabricant prend la responsabilité de la conformité du produit aux performances déclarées dans sa Déclaration des Performances (DoP). En outre, le ciment porte plusieurs marques volontaires de qualité qui garantissent la conformité du produit aux spécifications techniques fixées dans les règlements de certifications concernés (voir tableau en haut de page).

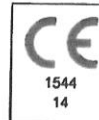
La Déclaration des performances (DoP) et la fiche de données de sécurité sont disponibles sur www.holcim.be.



Příloha 4 - Technický list: Kamenivo Dobříň

Prohlášení o vlastnostech č.28/Dob./CPR/2016

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



- Identifikační kód výrobku: **Dobříň, frakce 0/4**
Přírodní těžené kamenivo, hornina štěrkopískek
- Zamýšlené/zamýšlená použití:
Kamenivo pro přípravu betonu pro pozemní stavby, pozemní komunikace a jiné inženýrské stavby
Kamenivo pro malty pro pozemní stavby, pozemní komunikace a jiné inženýrské stavby
Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
- Výrobce: **CEMEX Sand, k.s., Masarykovo nám. 207, 763 61 Napajedla, IČ:479 06 201, tel.: +420 724 808 969, Provozovna DOBŘÍŇ 413 01 e-mail: zdenka.kocourova@cemex.com**
- Zplnomocněný zástupce: Karel Zuna, e-mail: Karel.Zuna@cemex.com, tel: 602475313
- Systém posuzování a ověřování stálosti vlastností (AVCP): **Systém 2+**
- 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: **Qualiform, a.s., Mlaty 672/8, 642 00 Brno, CZ, oznámený subjekt č. 1544**
- Deklarované vlastnosti:

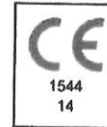
Základní charakteristiky	Vlastnosti (vztahující se na použití podle):			Harmonizované technické specifikace
	EN 12620	EN 13139	EN 13242	
Tvar zrn, frakce a objemová hmotnost				U základních charakteristik a vlastností uvedených ve sloupci: EN 12620 platí odkaz na: EN 12620:2002+A1:2008 EN 13139 platí odkaz na: EN 13139:2004 EN 13242 platí odkaz na: EN 13242:2002+A1:2007
- Frakce kameniva	0/4	0/4	0/4	
- Zrnitost	G _F 85	G _F 85	G _F 85	
- Tolerance pro zrnitost DK a směsi	G _F 10	NPD	G _F 10	
- Propad na středním síti HK s D/d > 2	NPD	-	-	
- Propad na středním síti HK s D/d ≥ 2	-	NPD	NPD	
- Tvar zrn hrubého kameniva – tvarový index	NPD	NPD	NPD	
- Tvar zrn hrubého kameniva – index plochosti	NPD	NPD	NPD	
- Procentní podíl drvených a lámaných zrn v HK	-	NPD	NPD	
- Objemová hmotnost	2,614 Mg/m ³	2,614 Mg/m ³	2,614 Mg/m ³	
Čistota				
- Obsah schráněk živočichů v HK	NPD	-	-	
- Obsah jemných částic	f ₅	Vyhovuje pro ktg1	F ₅	
- Kvalita jemných částic	NPD	NPD	NPD	
Afinita mezi hr. kamenivem a 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/ohřaditelnosti/obrusu				
- Odolnost proti otěru HK (mikro-Deval)	NPD	NPD	NPD	
- Odolnost proti ohřaditelnosti	NPD	NPD	-	
- Odolnost proti povrchovému obrusu	NPD	NPD	-	
- Odolnost proti obrusu pneumatikami a hroty	NPD	NPD	-	
Odolnost vůči tepelným šokům				
-	-	NPD	-	
Složky/obsah				
- Složky hrubého recyklovaného kameniva	NPD	-	NPD	
- Chloridy	≤ 0,01 % hm.	≤ 0,01 % hm.	-	
- Sírany rozpustné v kyselině	AS _{0,2}	AS _{0,2}	AS _{0,2}	
- Celková síra	Vyhovuje	Vyhovuje s 1% h m	S ₁	
- Obsah vodou rozpustných síranů v recykl. kamenivu	NPD	-	SS _{0,2}	
- Potenciální přítomnost humusu	Vyhovuje	Vyhovuje	Vyhovuje	
- Obsah lehkých znečišťujících částic	≤ 0,25 % hm.	≤ 0,25 % hm.	-	
- Obsah oxidu uhličitého v drobném kamenivu	NPD	-	-	
Objemová stálost				
- Objemová stálost-smřšťování 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 ≤ 1,5	WA ₂₄ 2	WA ₂₄ 2	
Nebezpečné látky				
- Emise radioaktivit	Ra 226 ≤ 30 Bq/kg, Index ≤ 1,0			
- Uvolňování těžkých kovů a polyaromatic. uhlovlodíků	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 hořčičným	NPD	NPD	NPD	
Odolnost proti rozpádnutí žedže				
-	-	NPD	NPD	
Trvanlivost proti alkalicko-křemičité reakci				
- Odolnost proti alkalicko-křemičité reakci	rozpínatost < 0,10 % D = 96,8, S = 24,20 mmol/l	rozpínatost < 0,10 % D = 96,8, S = 24,20 mmol/l	-	

8. 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:

V Dobříň 30.6.2016	Jméno a funkce	Jiří Duda, Manažer kvality	Podpis	Masarykovo nám. 207, 763 61 Napajedla IČ: 47906201 CEMEX - Sand, k.s. těžba a zpracování štěrkopísku
--------------------	----------------	----------------------------	--------	---

Prohlášení o vlastnostech č. 30/Dob./CPR/2016
podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011



- Identifikační kód výrobku: **Dobříň, frakce 4/8**
- Přírodní těžené kamenivo, hornina štěrkopísek**
- Zamýšlené/zamýšlená použití:
Kamenivo pro přípravu betonu pro pozemní stavby, pozemní komunikace a jiné inženýrské stavby
Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
- Výrobce: **CEMEX Sand, k.s., Masarykovo nám. 207, 763 61 Napajedla, IČ:479 06 201, tel.: +420 724 808 969, Provozovna DOBŘÍŇ 413 01 e-mail: zdenka.kocourova@cemex.com**
- Zplnomocněný zástupce: Karel Zuna, e-mail: Karel.Zuna@cemex.com, tel: 602475313
- Systém posuzování a ověřování stálosti vlastností: **Systém 2+**
- Harmonizovaná norma: EN 12620:2002+A1 Kamenivo do betonu, EN 13242:2002+A1:2007 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
Oznámený subjekt: **Qualiform, a.s., Mlaty 672/8,642 00 Brno, CZ, oznámený subjekt č. 1544**
- Deklarované vlastnosti:

Základní charakteristiky	Vlastnosti (vztahující se na použití podle):		Harmonizované technické specifikace
	EN 12620	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 13242 platí odkaz na: EN 13242:2002+A1:2007 Poznámka: Pokud se základní charakteristika nebo vlastnost nevztahuje k harmonizované technické specifikaci, řádek je v příslušném sloupci proškrtnut.
- Frakce kameniva	4/8	4/8	
- Zrnitost	G _c 85/20	G _c 85-15	
- Tolerance pro zrnitost HK	NPD	G _{Tc} 25/15	
- Propad na středním síti HK s D/d > 2	NPD	-	
- Propad na středním síti HK s D/d ≥ 2	-	45% hm.	
- Tvar zrn hrubého kameniva – tvarový index	S ₂₀	S ₂₀	
- Tvar zrn hrubého kameniva – index plochosti	NPD	NPD	
- Procentní podíl drcených a lámaných zrn v HK	-	NPD	
- Objemová hmotnost	2,611 Mg/m ³	2,611 Mg/m ³	
Čistota			
- Obsah schránek živočichů v HK	NPD	-	
- Obsah jemných částic	f _{1,5}	f ₂	
- Kvalita jemných částic	-	NPD	
Afinita mezi hr. kamenivem s asfaltovým pojivem			
- Průměrný stupeň obalení - asfalt 50/70, 70/100	-	-	
Odolnost proti drcení			
- Odolnost proti drcení metodou LA	LA ₂₅	LA ₂₅	
- Odolnost proti drcení rázem	NPD	NPD	
Odolnost proti otěru/ohladitelnosti/obrusu			
- Odolnost proti otěru HK (mikro-Deval)	NPD	NPD	
- Odolnost proti ohladitelnosti	PSV ₅₀	-	
- Odolnost proti povrchovému obrusu	NPD	-	
- Odolnost proti obrusu pneumatikami s hroty	NPD	-	
- Odolnost vůči tepelným šokům	-	-	
Složky/obsah			
- Složky hrubého recyklovaného kameniva	NPD	NPD	
- Chloridy	≤ 0,01 % hm.	-	
- Síraný rozpustný 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	NPD	NPD	
- Obsah lehkých znečišťujících částic	≤ 0,05 % hm.	-	
- Obsah oxidu uhličitého v drobném kamenivu	NPD	-	
Objemová stálost			
- Objemová stálost-smršování vysycháním	NPD	-	
- Rozpad křemičitanu vápenatého ve VCHVS	NPD	NPD	
- Rozpad železa ve VCHVS	NPD	NPD	
- Objemová stálost kameniva z ocelářské strusky	-	NPD	
Nežádnost	WA ₂₄ ≤ 0,9%hm	WA ₂₄ 1	
Nebezpečné látky			
- Emise radioaktivity	Ra 226 ≤ 30 Bq/kg, Index ≤ 1,0		
- Uvolňování těžkých kovů a polyaromatic. uhlovodíků	NPD	NPD	
- Uvolňování jiných nebezpečných látek	NPD	NPD	
Trvanlivost proti zmrazování a rozmrazování			
- Odolnost proti zmrazování a rozmrazování	F ₁	F ₁	
- Zkouška síranem hořčnatým	NPD	NPD	
Odolnost proti rozpadavosti čediče			
- Ztráta hmotnosti po vaření	-	NPD	
Trvanlivost proti alkalicko-křemičité reakci			
- Odolnost proti alkalicko-křemičité reakci	rozpínavost < 0,10 % D = 96,8, S = 24,20 mmol/l	-	

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 Dobříni 30.6.2016	Jméno a funkce	Jiří Duda, Manažer kvality	 CEMEX - Sand, k.s. těžba a zpracování štěrku Masarykovo nám. 207, 763 61 Napajedla IČ: 479 06 201 tel: +420 724 808 969 CZ47906201
---------------------	----------------	----------------------------	--

Prohlášení o vlastnostech č. 31/Dob./CPR/2016
 podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011



- Identifikační kód výrobku: **Dobříň, frakce 8/16**
- Přírodní těžené kamenivo, hornina štěrkopískek**
- Zamýšlené/zamýšlená použití:
 Kamenivo pro přípravu betonu pro pozemní stavby, pozemní komunikace a jiné inženýrské stavby
 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
- Výrobce: **CEMEX Sand, k.s., Masarykovo nám. 207, 763 61 Napajedla, IČ:479 06 201, tel.: +420 724 808 969, Provozovna DOBŘÍŇ 413 01 e-mail: zdenka.kocourova@cemex.com**
- Zplnomocněný zástupce: Karel Zuna, e-mail: Karel.Zuna@cemex.com, tel: 602475313
- Systém posuzování a ověřování stálosti vlastností: **Systém 2+**
- Harmonizovaná norma: EN 12620:2002+A1 Kamenivo do betonu, EN 13242:2002+A1:2007 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
 Oznamovaný subjekt: Qualiform, a.s., Mlaty 672/8, 642 00 Brno, CZ, oznamovaný subjekt č. 1544
- Deklarované vlastnosti:

Základní charakteristiky	Vlastnosti (vztahující se na použití podle):		Harmonizované technické specifikace
	EN 12620	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 13242 platí odkaz na: EN 13242:2002+A1:2007 Poznámka: Pokud se základní charakteristika nebo vlastnost nevztahuje k harmonizované technické specifikaci, řádek je v příslušném sloupci proškrtnut.
- Frakce kameniva	8/16	8/16	
- Zrnitost	G _C 85/20	G _C 85-15	
- Tolerance pro zrnitost HK	NPD	G _{T,C} 25/15	
- Propad na středním síti HK s D/d > 2	NPD	-	
- Propad na středním síti HK s D/d ≥ 2	-	40% hm.	
- Tvar zrn hrubého kameniva – tvarový index	S ₁₂₀	S ₁₂₀	
- Tvar zrn hrubého kameniva – index plochosti	NPD	NPD	
- Procentní podíl drcených a lámaných zrn v HK	-	NPD	
- Objemová hmotnost	2,607 Mg/m ³	2,607 Mg/m ³	
Čistota			
- Obsah schránek živočichů v HK	NPD	-	
- Obsah jemných částic	f _{1,5}	f ₂	
- Kvalita jemných částic	-	NPD	
Afinita mezi hr. kamenivem s asfaltovým pojivem			
- Průměrný stupeň obalení - asfalt 50/70, 70/100	-	-	
Odolnost proti drcení			
- Odolnost proti drcení metodou LA	LA ₂₅	LA ₂₅	
- Odolnost proti drcení rázem	NPD	NPD	
Odolnost proti otěru/ohraditelnosti/obrusu			
- Odolnost proti otěru HK (mikro-Deval)	NPD	NPD	
- Odolnost proti ohraditelnosti	NPD	-	
- Odolnost proti povrchovému obrusu	NPD	-	
- Odolnost proti obrusu pneumatikami s hroty	NPD	-	
Odolnost vůči tepelným šokům			
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	NPD	NPD	
- Obsah lehkých znečišťujících částic	≤ 0,05 % hm.	-	
- Obsah oxidu uhličitého v drobném kamenivu	NPD	-	
Objemová stálost			
- Objemová stálost-smršťování vysycháním	NPD	-	
- Rozpad křemičitanu vápenatého ve VCHVS	NPD	NPD	
- Rozpad železa ve VCHVS	NPD	NPD	
- Objemová stálost kameniva z ocelářské strusky	-	NPD	
Nasákavost	WA ₂₄ ≤ 0,9%hm	WA ₂₄ 1	
Nebezpečné látky			
- Emise radioaktivity	Ra 226 ≤ 30 Bq/kg, Index ≤ 1,0		
- Uvolňování těžkých kovů a polyaromatic. uhlovodíků	NPD	NPD	
- Uvolňování jiných nebezpečných látek	NPD	NPD	
Trvanlivost proti zmrazování a rozmrazování			
- Odolnost proti zmrazování a rozmrazování	F ₁	F ₁	
- Zkouška síranem hořečnatým	NPD	NPD	
Odolnost proti rozpadavosti čediče			
- Ztráta hmotnosti po vaření	-	NPD	
Trvanlivost proti alkalicko-křemičité reakci			
- Odolnost proti alkalicko-křemičité reakci	rozpínatost < 0,10 % D = 96,8, S = 24,20 mmol/l	-	

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 Dobříň 30.6.2016	Jméno a funkce	Jiří Duda, Manažer kvality	 Masarykovo nám. 207, 763 61 Napajedla IČ: 479 06 201
--------------------	----------------	----------------------------	---

Příloha 6 - Technický list: Mikrosilika ELKEM

Elkem Microsilica[®] Grade 940

Fibre Cement

FC2-01 Products

General

Elkem Microsilica[®] Grade 940 is dry silica fume available in two main forms:

- Undensified - 940 U with a typical bulk density of 200 - 350 kg/m³
- Densified - 940 D with a typical bulk density of 500 - 700 kg/m³

Packaging

The products are supplied in a range of packaging:

- 25 kg paper bags
- Big bags in a variety of designs and sizes depending on product and production plant.
- Bulk in road tanker

Special packaging can be supplied on request.

Storage & Handling

Elkem Microsilica[®] Grade 940 should be kept in dry storage. Products that have been subjected to moisture and allowed to dry again may result in inferior performance.

Quality Control

Elkem Materials is certified according to ISO 9001.

The chemical composition and physical properties are regularly tested.

Elkem Microsilica [®] Grade 940		
Chemical and physical requirements	Specification (characteristic values)	Frequency
SiO ₂ (%)	> 90	Weekly
H ₂ O (moisture content when packed, %)	< 1,0	Weekly
Loss on Ignition, LOI (%)	< 3,0	Weekly
Retained on 45 micron sieve (tested on Undensified, %)	< 1,5	Weekly
Bulk Density - Undensified (when packed, kg/m ³)	200 - 350	Weekly
Bulk Density - Densified (when packed, kg/m ³)	500 - 700	Weekly

The above Elkem specification refers to analysis performed using the Elkem Standard Test Methods for Microsilica. Elkem Standard Test Methods for Microsilica are available upon request.

DISCLAIMER:

The information given on this datasheet is based on many years of research and field experience and is accurate to the best knowledge of Elkem Materials. However, due to the numerous factors that can affect the performance of a fibre cement, with or without microsilica, Elkem Materials offers this information without guarantee and accepts no liability for any direct or indirect damages from its use.

Elkem Microsilica[®] is a registered trademark and belongs to Elkem Materials



Elkem ASA, Materials
P.O.Box 8126, Vaagsbygd
N-4675 Kristiansand - Norway

Telephone: +47 38 01 75 00
Telefax: +47 38 01 49 70
Internet: www.fibreceement.elkem.com
E-mail: fibreceement.materials@elkem.no



Příloha 7 - Technický list: plastifikátor Glenium ACE 300



We create chemistry

MASTERGLENium ACE 300

Energie pod kontrolou díky přísadám. Základní součást systému Zero Energy System. Druhá generace superplastifikačních přísad na bázi polykarboxylátetheru. Příklad je určena pro optimalizaci výroby prefabrikovaných stavebních prvků.

POPIS

- MasterGlenium ACE 300 je inovovaná superplastifikační přísada druhé generace polykarboxylátetherů.
- Specifické uspořádání molekul MasterGlenia ACE 300 urychluje hydrataci cementu. Velmi rychlá adsorpce molekul superplastifikační přísady na částice cementu v kombinaci s vysokým disperzním účinkem způsobí, že je pro hydratační reakci k dispozici významně větší volný povrch cementového zrna. Díky tomuto účinku dochází dříve k vývoji hydratačního tepla a k rychlému vzniku hydratačních produktů. V důsledku toho je v krátkém čase dosaženo vysokých pevností betonu.
- Superplastifikační přísada MasterGlenium ACE 300 je vhodná pro výrobu prefa prvků s využitím betonu o vysoké konzistenci při nízkém vodním součiniteli, bez segregace a následně s vysokými počátečními i konečnými pevnostmi.
- K docelení největšího účinku je vhodné MasterGlenium ACE 300 používat při teplotě prostředí nad +15 °C.

Použití MasterGlenium ACE 300 je v kombinaci s přísadou MasterMatrix doporučeno pro technologii Smart Dynamic Construction.

MasterGlenium ACE 300 splňuje požadavky normy ČSN EN 934-2 a je kompatibilní se všemi druhy cementů podle ČSN EN 197-1.

ZERO ENERGY SYSTÉM:

Zero Energy System je založen na kombinaci moderní superplastifikační přísady MasterGlenium ACE 300 a nové technologie **Smart Dynamic Construction**. Zero Energy System byl vyvinut s cílem pomoci výrobcům prefabrikovaného betonu racionalizovat výrobní procesy a šetřit náklady na energii společně se zlepšením kvality produktů i pracovních podmínek.

PŘEDNOSTI

Pro odvětví výroby prefabrikovaného betonu nabízí MasterGlenium ACE 300 následující přednosti:

- Možnost výroby samozhutitelného betonu s nízkým vodním součinitelem.
- Optimalizace výroby zkrácením doby potřebné pro odformování.
- Snížení teploty nebo úplná eliminace proteplování betonu ve formách.

- Eliminace energie potřebné pro uložení a hutnění (Zero Energy System)
- Zvýšení produktivity.
- Zlepšení vzhledu povrchu.
- Výroba odolných prefabrikovaných betonových prvků podle normy EN 206+A1.
- Zlepšení vlastností betonu jako jsou počáteční a konečná pevnost v tlaku a ohybu, přídržnost k oceli, modul pružnosti, smršťování a nepropustnost.

MasterGlenium ACE 300 je kompatibilní a jeho použití je doporučeno ve spojení s těmito produkty:

- MasterMatrix SDC 100 pro výrobu v konceptu **Smart Dynamic Construction**.
- Křemičitý úlet (mikrosilika) pro vysoce účinné betony (HPC) a pro zvýšení odolnosti betonu vůči chemicky agresivnímu prostředí.
- Prostředky MasterFinish pro snazší odformování betonu a dosažení lepšího vzhledu pohledového plochy.
- **MasterGlenium ACE 300 není kompatibilní s přísadami řady MasterRheobuild.**

POUŽITÍ

- MasterGlenium ACE 300 je tekutá látka, která se přidává do betonu v průběhu míchání.
- Smíchejte cement, příměsí, písek, hrubé kamenivo a 80 až 90% záměsové vody, dosáhnete tuhé homogenní směsi. Přidejte MasterGlenium ACE 300 a pokračujte v míchání dalších min. 60 sekund. Míchejte dále a upravte množství vody na požadovanou konzistenci betonu.
- Vyvarujte se nadávkování přísady na suché kamenivo.

TECHNICKÉ ÚDAJE

vzhled	kapalina
barva	jantarově žlutá
objemová hmotnost (při +20°C)	1,044 – 1,084 g/cm ³
obsah chloridů max.	0,1 % hm

DÁVKOVÁNÍ

- Normální doporučené dávkování pro MasterGlenium ACE 300 je 0,6 až 1,1 % cementu (pojiva).

MASTER®
» BUILDERS
 SOLUTIONS



We create chemistry

MASTERGLENIUM ACE 300

Energie pod kontrolou díky přísadám. Základní součást systému Zero Energy Systém. Druhá generace superplastifikačních přísad na bázi polykarboxylátetheru. Příklad je určena pro optimalizaci výroby prefabrikovaných stavebních prvků.

- Doporučené dávkování pro samozhutitelné betony s přísadou MasterMatrix je 0,8–1,3% cementu (pojiva).
- Ve speciálních případech je možné i jiné dávkování. V takovém případě se obraťte na technickou podporu pracovníka BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.

BALENÍ

- kanistr 20 kg
- sud 200 kg
- kontejner 1000 kg

SKLADOVÁNÍ

- MasterGlenium ACE 300 musí být skladováno při teplotě vyšší než +5°C.
- V případě zmrznutí výrobek opětovně rozehejte a před použitím pečlivě rozmíchejte.

BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPISY

Dbejte důsledně pokynů uvedených v bezpečnostním listě.

TECHNICKÁ PODPORA

Příslušný spolupracovník firmy BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. je Vám s dalšími informacemi a technickou podporou rád k dispozici.

Zde poskytnuté informace jsou pravdivé, představují naše nejlepší znalosti a jsou založeny nejen na laboratorních pracích, ale i na zkušenostech z terénu. Z důvodu mnoha faktorů ovlivňujících výsledky, tyto informace poskytujeme bez záruk nebo patentové odpovědnosti. Pro další informace prosím kontaktujte příslušného místního zástupce.

BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.
F. V. Veselého 2760/7, 193 00 Praha 9
Hala D2
tel.: +420 226 212 050
e-mail: info.cz@basf.com
www.master-builders-solutions.basf.cz

Zákaznický servis (přijem objednávek)
tel.: +420 469 607 160
fax: +420 469 607 161
e-mail: objednavky.cz@basf.com

Sídlo společnosti:
K Májov u 1244, 537 01 Chrudim
tel.: +420 469 607 111
fax: +420 469 607 112

**Divize Admixture systems
(informace k produktům)**
Mobil: +420 724 755 574

Pracovní podmínky a rozsah použití produktů jsou rozdílné. V technickém listu jsou uvedeny všeobecné pokyny ke zpracování materiálu. Zpracovatel je povinen přezkoušet vhodnost a možnost použití produktu pro zamýšlený účel. V případě požadavků nad rámec všeobecných pokynů je třeba si vyžádat poradenství odborných a technických poradců prodávajícího, které je poskytováno na základě žádosti kupujícího v rámci servisu zákazníkům a řídí se platnými všeobecnými podmínkami prodávajícího. Prodávající neodpovídá za škodu, odchýlí-li se kupující při aplikaci a zabudování výrobků do stavby od technických podmínek, skladovacích podmínek, pokynů výrobce a dob jejich použitelnosti. Aktuální informace o produktech firmy, stejně jako všeobecné obchodní podmínky, jsou dostupné na adrese www.master-builders-solutions.basf.cz.
Vydáno: srpen 2015. Novým vydáním pozbývá staré platnost.

MASTER®
» BUILDERS
SOLUTIONS

Příloha 8 - Technický list: odpěňovač Agitan P841



AGITAN® P 841

TECHNICAL INFORMATION

Powder defoamer

Composition:	Blend of defoamer components on silica	
Appearance:	powder	
Colour:	white	
Typical Properties:	Ash:	approx. 42 %
	Consistency:	free flowing powder
	Apparent density:	approx. 540 g/l
	Solubility in water:	dispersible in water

This information is intended as a guideline only and should not be used to issue specifications. Slight deviations do not affect application and capability of the product. For specifications please consult the Certificate of Analysis.

Properties/applications: AGITAN P 841 is recommended for application in dry blends which are dissolved in water before application. The addition of AGITAN P 841 results in low foaming solutions, specifically aqueous pastes or masses with very low air content. In some mortar systems AGITAN P 841 shows a plasticizing effect, meaning the spreading value is increased. This is ideal for jointless flooring compounds. In some systems setting time is prolonged but curing time is not influenced.

Main applications:

- Joint fillers and putties
- Leveling compounds
- Screeds (cement and anhydride based)
- Gypsum
- Cement
- Mortars
- Powder paints
- Adhesives

Recommended levels/use: Ladder studies are recommended to determine optimum concentration level. Normal dosage ranges from 0.1 to 1 % on finished product. Handling of AGITAN P 841 is particularly convenient with respect to flowability, dusting and ease of incorporation.

Storage/handling: AGITAN P 841 is not sensitive to freezing. For better handling it should be stored dry between 15 and 25 °C. The minimum shelf life in closed containers is 15 months from the date of manufacture.

Packaging: Pallet with 30 bags, 25 kg each (750 kg)

Our technical suggestions are based on data from many experiments and cannot represent a warranty of any kind as to their performance in other formulations. Customers must always verify our product's performance in their own systems. This technical data sheet replaces all previous issues.
EN

Revision: May 2017

MÜNZING CHEMIE GmbH
Münzingstrasse 2
74232 Abstatt

Tel.: +49(0)7131/987-0
Fax: +49(0)7131/987-125
sales.pca@munzing.com
www.munzing.com



SÚRAO

SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ
RADIOAKTIVNÍCH
ODPADŮ

NAŠE
BEZPEČNÁ
BUDOUCNOST

info@suraao.cz | www.suraao.cz