

**Majitel:**

České lupkové závody a.s.

Pecínov 1171

271 01 Nové Strašecí

IČ: 26423367

DIČ:CZ26423367

Zapsaná v OR u MS Praha, oddíl B, vložka 6958

Výzkumný ústav stavebních hmot, a.s.

Hněvkovského 30/65

617 00 Brno

IČ: 26232511

DIČ: CZ26232511

Zapsaná v OR u Krajského soudu v Brně, oddíl B, vložka 3470

Univerzita Pardubice

Veřejná vysoká škola zřízená zákonem

Studentská 95

532 10 Pardubice

IČ: 00216275

DIČ: CZ00216275

**Původce:**

Ing. Dana Kubátová, Ph.D., Hybešova 800/25, 682 01 Vyškov

Ing. René Čechmánek, Svitavské nábřeží 920/31, 614 00 Brno

Ing. Pavel Roubíček, Heřmanova 41, 170 00 Praha 7

Bc. Linda Cinibulková, K Horce 396, 273 08 Pchery

Ing. Karol Bayer, Petra Bezruče 90, 570 01 Litomyšl

Ing. Renata Tišlová, Ph.D., Korouhev, 569 93 Korouhev

## **Anorganické geopolymerní pojivo pro doplňování kamenného podkladu**

### Oblast techniky

Technické řešení se týká návrhu dvousložkového pojiva pro obnovu a doplňování kamenných podkladů architektury 1. pol. 20. století.

### Dosavadní stav techniky

Pro doplňování kamenných povrchů je možné v současné době používat buď kámen přírodní anebo kámen umělý. U přírodního kamene ovšem vyvstává problém s dostupností historických lomů. Umělý kámen lze aplikovat na defektní povrchy nanášením plastického tmelu přímo na kámen, případně použít podpurné armatury. Druhá aplikace se provádí litím nebo dusáním směsi umělého kamene do formy. Umělý kámen by měl splňovat různá kritéria. Použitý materiál se musí dobře snášet s původním kamenem, musí být chemicky odolný. Svými mechanickými vlastnostmi nesmí způsobovat poškozování opravného povrchu, to předpokládá uzpůsobení zejména přilnavosti, pevnosti, teplotní roztažnosti, nasákavosti a paropropustnosti. Z vizuálního hlediska by měl opravný materiál odpovídat co nejvíce původnímu materiálu texturou, strukturou, barevností a úpravou povrchu.

Základními složkami umělého kamene jsou plnivo a pojivo. Pojivo může být organické nebo anorganické. Mezi anorganická pojiva patří především portlandský cement a hydraulická vápna. Nejvíce používanými organickými pojivy jsou epoxidové a polyesterové pryskyřice. V praxi je často volen zjednodušující přístup založený na užití prefabrikovaných maltových směsí, které mají zpravidla odlišné složení i vlastnosti od původních materiálů.

Navrhované technické řešení spočívá ve vytvoření vhodného opravného materiálu, který splňuje specifika doplňovaných historických podkladů z hlediska vzhledu i zpracovatelských a materiálových vlastností. Materiálové vlastnosti vyvinuté opravné směsi byly navrženy na základě podrobného studia vlastností vzorků historických povrchů. Zpracovatelské i finální vlastnosti byly ověřeny navazujícími praktickými aplikacemi a zkouškami.

## Podstata technického řešení

Opravnou směs tvoří dvousložkové pojivo, jehož suchá a kapalná složka se mísí v přesném poměru. Suché složky tvoří směs metakaolinu a strusky, minoritní příměs tvoří vápenný hydrát. Kapalnou složkou je alkalický aktivátor.

Technické řešení využívá pro výrobu doplňovacího materiálu pro kamenný podklad dvousložkové pojivo, jehož hlavní složkou je geopolymerní matrice na bázi metakaolinu a strusky (98-99 hm. %) a vápenný hydrát (1-2 hm. %). Suchá směs je aktivována alkalickým aktivátorem v poměru 5:3,5. Doporučené orientační dávkování pro směs s pískem je 1:3 dílů hmotnosti.

Nespornou výhodou tohoto materiálu, oproti běžně používaným tradičním materiálům, je nižší uhlíková stopa při jeho výrobě. V případě geopolymérů se vznik emisí CO<sub>2</sub> snižuje o více než 50 % ve srovnání s pojivy na bázi cementu. Dalšími výhodami pojiva jsou zejména kratší doba zpracovatelnosti oproti klasickým cementovým pojivům. Pozitivem geopolymerních směsí je rozsáhlá možnost modifikace plnivy, která jsou schopna měnit vlastnosti kompozitů a přiblížit se vlastnostem originálních materiálů, jako je například pískovec, vápenec nebo opuka. Další výhodou je možnost probarvování různými typy pigmentů.

## Příklady uskutečnění technického řešení

Pro přípravu doplňovacího materiálu byla vyhotovena suchá směs, jejíž složení je uvedeno v tabulce č. 1. Jako plnivo byl použit písek Střeleč (0-4 mm) v poměru 1:3 (suchá směs:písek). Po homogenizaci bylo ke směsi přidáno draselné vodní sklo v poměru 5:3,5 (suchá směs:vodní sklo).

Tabulka 1: Příklad složení směsi pro doplňovací materiál pro betonový podklad

<b>Surovina</b>	<b>složení hm. %</b>
Geopolymerní směs na bázi metakaolinu a strusky	99
Vápenný hydrát CL 90 (dle EN 459-1)	1

U vyrobených směsí byla stanovena doba tuhnutí dle ČSN EN 1015-9. Doba tuhnutí směsi byla 140 min. Dále byly připraveny vzorky ve tvaru zkušebních trámců o rozměru 40x40x160 mm a pro zkoušky přídržnosti byla na desky z pískovců nanášena rovnoměrná

vrstva směsi. Po konečném vyzrání a vytvrzení vzorků při teplotě 20 °C a vlhkosti 95 % byly po 28 a 90 dnech zjištěny následující parametry viz tabulka č. 2. Naměřené parametry byly porovnávány s výsledky na referenčních vzorcích, jimiž jsou vzorky pískovcového kamene. V tabulce č. 2 jsou uvedeny mezní naměřené hodnoty.

Tabulka 2: Vybrané fyzikálně mechanické parametry

Parametr	28 dní	90 dní	Referenční vzorek
Objemová hmotnost (kg/m <sup>3</sup> ) ČSN EN 1015-10	2094	2100	1960-2180
Celková nasákavost vodou (hm. %) ČSN EN 1015-10	10,6	10,8	6,1-12,2
Pevnost v tahu za ohybu (MPa) ČSN EN 1015-11	4,8	6,8	1,8-10
Pevnost v tlaku (MPa) ČSN EN 1015-11	45,5	52,3	23,0-78,0
Modul pružnosti (GPa) ČSN EN 14146	16,5	18,5	15-21,5
Přídržnost k podkladu (MPa) ČSN EN 1015-12	1,8-2,4	1,7-2,3	-

## NÁROKY NA OCHRANU

1. Anorganické dvousložkové pojivo pro doplňování kamenného podkladu **vyznačující se tím**, že obsahuje 98-99 % geopolymerní matrice na bázi metakaolinu a strusky a 1-2 % vápenného hydrátu.