

Slovenská technická univerzita v Bratislave  
Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave

Ing. Ivan Janotka, CSc.

AUTOREFERÁT  
dizertácie na získanie vedeckej hodnosti doktora vied

***DEGRADÁCIA BETÓNU V REAKTOROCH JADROVÝCH  
ELEKTRÁRNÍ A V DIAĽNIČNOM TUNELI ÚČINKOM  
VYSOKEJ TEPLoty***

Číslo a názov vedného odboru:  
020424 - Náuka o nekovových materiáloch a stavebných hmotách

Bratislava, Január 2015

Dizertačná práca bola vypracovaná v rámci riešenia domácich a medzinárodných projektov na Ústave stavebníctva a architektúry SAV v Bratislave.

Uchádzač: Ing. Ivan Janotka, CSc.  
Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o., Bratislava  
Ústav stavebníctva a architektúry SAV, Bratislava

Oponenti:

1. prof. Ing. Robert Černý, DrSc., [cernyr@fsv.cvut.cz](mailto:cernyr@fsv.cvut.cz)  
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra materiálového inženýrství a chemie, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice, Česká republika
2. prof. Ing. Pavel Fellner, DrSc., [pavel.fellner@stuba.sk](mailto:pavel.fellner@stuba.sk)  
Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Ústav anorganickej chémie, technológie a materiálov, Oddelenie anorganickej chémie, Radlinského 9, 812 37 Bratislava
3. prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc., [havlica@fch.vutbr.cz](mailto:havlica@fch.vutbr.cz) (člen obhajobnej komisie )  
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie materiálů, Purkyňova 118, Královo Pole, 612 00 Brno, Česká republika
4. doc. RNDr. František Lofaj, DrSc., [flofaj@imr.saske.sk](mailto:flofaj@imr.saske.sk)  
Slovenská akadémia vied, Ústav materiálového výskumu, Watsonova 47, 043 53 Košice

Stanovisko k dizertácii vypracoval Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o. v Bratislave.

Autoreferát bol rozoslaný dňa 28. 5. 2015.

Obhajoba dizertácie sa koná dňa 23. 06. 2015 pred komisiou pre obhajoby doktorských dizertácií vo vednom odbore 020424 - Náuka o nekovových materiáloch a stavebných hmotách v zasadačke Materiálovotechnologickej fakulte STU č. 105 v Trnave na Paulínskej ulici 16 o 11.00 hodine.

S dizertáciou sa možno oboznámiť na sekretariáte Komisie pre obhajoby doktorských dizertačných prác v odbore 0206600 - Materiálové inžinierstvo a 020424 - Náuka o nekovových materiáloch a stavebných hmotách pri STU Bratislava, MTF Trnava (u pani Bc. Aleny Michálikovej) na Paulínskej 16, 917 24 Trnava.

prof. Ing. Jozef Janovec, DrSc.  
Predseda komisie pre obhajoby doktorských  
dizertačných prác vo vednom odbore 020424 -  
Náuka o nekovových materiáloch a stavebných hmotách  
Materiálovotechnologická fakulta STU Trnava, Ústav materiálov,  
Bottova 25, 917 24 Trnava

## OBSAH

|                                                                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. ÚVOD .....</b>                                                                                                               | <b>1</b>  |
| <b>2. SÚČASNÝ STAV PROBLEMATIKY .....</b>                                                                                          | <b>2</b>  |
| 2.1 Všeobecne platné pravidlá pre zhotovenie vysokohodnotného betónu s vysokou trvanlivosťou.....                                  | 2         |
| 2.2 Chovanie betónu pri vysokých teplotách .....                                                                                   | 3         |
| 2.3 Skúšobné metódy pre zhodnotenie účinku vysokej teploty na štruktúru betónu .....                                               | 6         |
| <b>3. CIELE DIZERTAČNEJ PRÁCE .....</b>                                                                                            | <b>10</b> |
| <b>4. POUŽITÉ METÓDY VÝSKUMU .....</b>                                                                                             | <b>11</b> |
| <b>5. VÝSLEDKY DIZERTAČNEJ PRÁCE .....</b>                                                                                         | <b>12</b> |
| 5.1 Jadrové elektrárne .....                                                                                                       | 12        |
| 5.2 Diaľničný tunel.....                                                                                                           | 16        |
| <b>6. ZÁVERY DÔLEŽITÉ PRE ĎALŠÍ ROZVOJ VEDY A PRAX.....</b>                                                                        | <b>23</b> |
| 6.1 Jadrové elektrárne .....                                                                                                       | 23        |
| 6.2 Diaľničný tunel.....                                                                                                           | 23        |
| <b>7. LITERATÚRA .....</b>                                                                                                         | <b>26</b> |
| <b>8. SUMMARY.....</b>                                                                                                             | <b>33</b> |
| <b>9. ZUSAMMENFASSUNG .....</b>                                                                                                    | <b>34</b> |
| <b>10. RESUMEN .....</b>                                                                                                           | <b>35</b> |
| <b>11. ZOZNAM PRÍLOH .....</b>                                                                                                     | <b>36</b> |
| <b>12. ZOZNAM PUBLIKÁCIÍ EVIDOVANÝCH VO WOS A CITÁCIÍ .....</b>                                                                    | <b>38</b> |
| <b>13. ZOZNAM PUBLIKÁCIÍ ZA ROK 2014 VO WOS A CITÁCIÍ (s dôrazom najmä na WOS a SCOPUS) – doplnenie bodu 12 k 1. 12. 2014.....</b> | <b>63</b> |

## 1. ÚVOD

Objekty civilnej infraštruktúry, ako sú mosty, tunely, dopravné, priehradné a navigačné zariadenia, jadrové elektrárne a bytové domy, predstavujú betónové konštrukcie, ktorých technicky významné vlastnosti sú nevyhnutnou podmienkou pre bezpečnosť a ochranu obsluhujúceho personálu a širokej verejnosti. Betón ako dominantný stavebný materiál vo svete sa používa na výstavbu základnej infraštruktúry pre dopravu, priemysel, obchod a bývanie. Výhody, ktoré prináša spoločnosti sú obrovské [1]. Starnutie betónových konštrukcií môže negatívne ovplyvniť ich schopnosť odolávať prevádzkovým podmienkam, extrémnym environmentálnym nárokom alebo následkom prevádzkových nehôd a zvýšiť riziko pre zdravie a bezpečnosť verejnosti, pokiaľ nie je pod kontrolou. Kontrolu procesu starnutia v existujúcich a nových betónových konštrukciách regulujú vypracované technické smernice. V súčasnosti sa považuje za štandardné navrhovanie trvanlivosti betónov na plánovanú životnosť konštrukcie 100 rokov bez potreby náročnej sanácie okrem bežnej údržby; vývoj smeruje k horizontu životnosti až 500 rokov [2].

Moderný betón predstavuje viac než jednoduchú zmes cementu, vody a kameniva. Je veľmi dôležité vedieť navrhnuť kvalitné betónové zmesi, ktoré charakterizuje nielen krátkodobá pevnosť v tlaku, ale aj dlhodobá, ktorú si udržiava po celú dobu životnosti konštrukcie pri existujúcich environmentálnych podmienkach a prípadných havarijných udalostiach [3, 4]. Zodpovedný, odborne kvalifikovaný prístup na zabezpečenie požadovanej trvanlivosti betónu zahŕňa výber vhodného cementu, kameniva, prímiesí a prísad pre optimálne zloženie betónovej receptúry, spôsob výroby napr. poradie dávkovania jednotlivých zložiek, spôsob a intenzita miešania čerstvej zmesi jej zhutňovania, dopravy, ukladania na stavenisku a počiatočného ošetrovania mladého betónu. Požadovaná trvanlivosť betónu sa nedosahuje iba nadobudnutím pevností. Naopak, treba sa zaoberať inými aspektmi trvanlivosti betónu a to kvalitou vytvorenej mikroštruktúry a pórovej štruktúry a jej zmenami v čase pri bežných environmentálnych podmienkach, ale najmä pri agresívnom pôsobení rôznych médií, nevynímajúc vysoké teploty a priamy vplyv ohňa.

Optimálny návrh zloženia betónovej zmesi predstavuje základnú podmienku pre zhotovenie betónu, ktorý je v konečnom efekte schopný odolať nielen náporu zvýšenej teploty pri jednorazovom ohreve a po vychladnutí na  $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ , ale aj pri opakovanom zohrievaní a chladení, najmä s odolnosťou proti teplotnému šoku, ktorý okamžite vzniká pri hasení vodou alebo iným spôsobom chladenia jeho povrchu. Súčasný stav poznania preferuje ako najlepší materiálový variant riešenia protipožiarnej odolnosti dobre pripravený, vysokohodnotný betón s rozptýlenou vlákňitou výstužou [5, 6].

## 2. SÚČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

### 2.1 Všeobecne platné pravidlá pre zhotovenie vysokohodnotného betónu s vysokou trvanlivosťou

Cement napr. Portlandský alebo Portlandský troskový cement a prímеси musia byť kompatibilné s použitým superplastifikátorom. Vysokohodnotný betón obsahuje ako prímеси najmä popolček, mletú granulovanú vysokopecnú trosku alebo kremičitý úlet. Ďalšou nevyhnutnou podmienkou je čo najlepšia spracovateľnosť čerstvej zmesi (plasticita) pri čo najnižšom objeme zámesovej vody, použitej na zhotovenie betónu. Tento technologicky nevyhnutný krok zabezpečuje aplikácia superplastifikátora. Modelová verzia vysokohodnotného betónu vyznieva nasledovne: celkový obsah cementových materiálov (cement a prímеси, ktoré sú zakomponované do zmesového cementu už v cementárni) predstavuje 400 až 550 kg/m<sup>3</sup>. Obsah prímесí v cemente použitom pre vysokohodnotný betón predstavuje 5 až 25 % hmotnostných. Zmesové cementy z vyšším obsahom prímесí sa pre vysokohodnotné betóny už nepoužívajú. Dávka superplastifikátora sa pohybuje medzi 5 až 15 litrami na jeden kubický meter betónu. Táto dávka umožňuje zníženie obsahu vody o 45 až 75 litrov na kubický meter betónu oproti neplastifikovanému betónu. Superplastifikátor je látka organického pôvodu s vysokým povrchovým zmáčacím efektom, ktorá následne nesmie negatívne pôsobiť na hydratáciu cementu a tým zhoršovať úžitkové vlastnosti betónu. V praxi sa navrhovanie receptúry vysokohodnotného betónu odlišuje od modelového systému v závislosti od hmotnostných podielov a vlastností jednotlivých zložiek berúc do úvahy aj požadované vlastnosti betónu pri prevádzke. Vysokohodnotný betón pre uvažované použitie v priehradovom telese sa vyznačuje iným zložením ako pre aplikáciu v jadrových elektrárnach alebo všade tam, kde sa potencionálne počíta s efektom teplotnej záťažce počas životnosti konštrukcie. Vysokohodnotný betón s možnosťou expozície vysokým teplotám prednostne obsahuje ako jednu zložku rozptýlenú vláknitú polypropylénovú (PP) výstuž. Receptúry vysokohodnotného betónu a tiež transportbetónu, pretože dnes sa betón predovšetkým vyrába v betonárni a transportuje sa na miesto staveniska, predstavujú výrobné know-how, ktoré si výrobcovia strážia. Výrobnú spracovateľnosť, nevyhnutne potrebnú pre ukladanie/čerpanie čerstvej zmesi na stavenisku, si vysokohodnotný transportbetón musí udržať do doby 90 minút od výroby po dovoze na miesto určenia. Špičkové transportbetóny disponujú 120 až 150 - 180 minútovou rovnakou alebo len jemne zníženou spracovateľnosťou od momentu zhotovenia čerstvej zmesi. Súčasný objem výroby transportbetónu na Slovensku predstavuje viac ako 85 % podiel, zvyšok pozostáva z liateho a prefabrikovaného betónu. Navrhnutie kvalitného betónu, splňujúceho najnáročnejšie požiadavky na jeho parametre v čerstvom a zatvrdnutom

stave, možno považovať za istý druh „technického umenia“ podobne ako architektonické projekty. Laická verejnosť mnohokrát považuje betón za niečo „jednoduché“ pretože si ho každý dokáže pre vlastnú potrebu zhotoviť sám. Jedným zo zámerov tejto práce je ukázať, že betón predstavuje vysoko sofistikovaný konštrukčný materiál, ktorý nie je bežne dostupnými úžitkovými vlastnosťami a objemom výroby vo svete doteraz prekonaný a zrejme ani v blízkej budúcnosti nebude. O tom svedčí skutočnosť, že celosvetová evidovaná výroba betónu je podľa dnešných štatistík približne 5,5 milióna ton [7, 8].

Ďalšou nevyhnutnou technologicky dôležitou podmienkou pre zhotovenie vysokohodnotného betónu je zabezpečenie vysokej kontroly všetkých vstupných materiálov a postupov výroby, najmä dávkovania prísad, ktoré sa nesmú kvalitatívne ani kvantitatívne počas doby výroby určenej triedy betónu meniť. Nesmie sa meniť ani druh použitého kameniva, ani jeho granulometrické zloženie. Moderná betonáreň predstavuje továreň na betón, v ktorej sa celý výrobný proces riadi a kontroluje počítačom tak, aby výsledný produkt – hotový betón disponoval vždy rovnakými reologickými vlastnosťami v čerstvom stave a úžitkovými vlastnosťami po zatvrdnutí. Každý certifikovaný výrobca betónu alebo striekaného betónu musí kontinuálne preukazovať prvotriedny systém jeho výroby a kontroly [9, 10]. V Slovenskej republike odborné inšpekcie a certifikačné rozhodnutia o kvalite betónu vydáva Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o., Bratislava, ktorý dokáže postulovať aj vlastné receptúry vysokohodnotného betónu.

## **2.2 Chovanie betónu pri vysokých teplotách**

Pri vystavení vysokým teplotám zostatková pevnosť vysokohodnotného betónu v tlaku sa zníži približne na 25 až 35 % pôvodnej pevnosti po pôsobení teploty 800 °C a približne na 8 až 12 % po agresívnom účinku teploty 1 200 °C [9, 11]. Statický modul pružnosti sa znižuje o 5 až 15 % po expozícii teplotám v rozmedzí od 100 °C do 300 °C. Pri účinku teploty 800 °C statický modul pružnosti dokumentuje len 20 až 25 % z pôvodnej hodnoty zistenej pri teplote prostredia ( $20 \pm 1$ ) °C [11, 12 a 13]. Túto redukciu spôsobuje strata vody viazanej v gélových hydratačných produktoch a v portlandite  $\text{Ca(OH)}_2$ , ktorej následkom je vytvorená hrubšia pórová štruktúra. Vzniknutú pórovú štruktúru špecifikujú namiesto viazanej vody v hydratovanej fáze betónu vzduchové bublinky a/alebo viac vyvinutá sieť otvorených pórov. Pevnosti a statické moduly pružnosti betónu sa preto znižujú. Betóny podrobené teplotnému zaťaženiu evidujú vznik vlásočnicových mikrotrhlín približne od teploty pôsobenia 85 °C. Mikrotrhliny súvisia s rôznou teplotnou rozťažnosťou cementovej matrice a kameniva, ktoré sa zhodne prejavujú pri teplotnom zaťažení. Ďalší rozvoj mikrotrhlín súvisí s následnou väčšou

mobilitou vlhkosti uvoľňovaním viazanej vody z hydratovanej fázy a mechanickým poškodením celistvosti stykovej (tranzitnej) zóny medzi cementovou matricou a kamenivom. Jav mikrotrhlinkovania sa v betóne významne eliminuje použitím rozptýlenej vláknitej polypropylénovej (PP) výstuže, ktorej efektivita použitia sa stane viac prospešnou až pri teplote medzi 400 až 500 °C pri eliminácii neželaného javu odpraskávania betónu [14, 15, 16 a 17]. Kamenivo s prevažne kremičitým charakterom použité v betóne podlieha pri vysokých teplotách modifikačným zmenám. Pri teplote približne 550 °C sa  $\alpha$  - kremeň transformuje na  $\beta$  - kremeň. Túto fázovú transformáciu sprevádza zväčšenie jeho objemu približne o 1 percento. Nárast objemu kameniva vedie k expanzii a drobeniu betónu. Expanzia kameniva vyvoláva nielen radiálne trhliny v cementovej matrici, ktoré obklopujú zrná kameniva, ale aj ďalší intenzívnejší rast už vzniknutých trhlín. Z pohľadu vyhodnotenia citlivosti kameniva v betóne v rade kremenec – vápenec – pieskovec – žula – čadič na teplotné zaťaženie, najvyššiu citlivosť dokumentuje kremenec a najnižšiu čadičové kamenivo [18, 19 a 20]. Obsah vlhkosti na jednej strane, pórovitosť a pevnosť betónu na strane druhej znamenajú dva hlavné faktory, ktoré determinujú teplotou vyvolané silné odpraskávanie betónu. Odpraskávanie pozorované najmä v teplotnom rozsahu 400 až 500 °C je dôsledkom dvoch súbežne pôsobiacich procesov: termomechanického, v ktorom napätie vzniká v gradientoch tepelnej deformácie v betóne a termohydraulického, v ktorom k odpraskávaniu dochádza z dôvodu vytvorenia vlhkostných tlakových polí vo vytvorenom systéme pórov. Teplotná rozťažnosť uvoľnenej kvapalnej vody pôvodne viazanej v hydratačných produktoch, ktorá sa mení na paru a transport pary do vnútorných častí betónových vrstiev zohrávajú významnú úlohu pri narastaní tlaku tejto pary [21, 22]. Rýchlosť, ktorou sa parou nasýtený front pohybuje smerom od ohriateho povrchu betónu závisí od pórovej štruktúry, predovšetkým od vytvoreného systému otvorených pórov, ich veľkosti a režimu zohrievania povrchu betónu. Ak sa para nemôže pohybovať dostatočne rýchlo cez systém pórov, predbehne ju postupujúci tepelný front. To spôsobí extrémnu intenzitu vyparovania a taký nárast tlaku pary v pórovom systéme, ktorý vedie až k silnej deštrukcii. Ak pevnosť betónu v ťahu je nízka a nedostatočná nato, aby odolala ťažným silám, ktoré vznikajú pod povrchom, tak sa z povrchu odrazu odlúpi kusová vrstva betónu vo forme silného odprasknutia. Odpraskávanie je nebezpečný fyzikálny jav pretože oddelené kusy „odpáleného“ betónu predstavujú „agresívny projektíl“, ktorý môže spôsobiť vážne zranenie. Vysokohodnotný betón s nízkou priepustnosťou preukazuje väčšiu náchylnosť k tomuto typu poruchy, najmä ak sa vyznačuje vysokým obsahom vnútornej vlhkosti [23, 24, 25 a 26] v dôsledku vonkajšieho environmentálneho uloženia. Pridanie PP vlákien predstavuje jeden zo spôsobov ako sa vyhnúť javu odpraskávania vo vysokohodnotnom betóne. Pri teplote 160 až

170°C sa PP vlákna roztavia, pričom vytvárajú malé dutiny v mikroštruktúre betónu, čím vzniká hustá sieť rezervoárov, ktoré môžu byť vyplnené vytvorenou parou po uvoľnení viazanej vody z reakčných produktov hydratácie cementu. Vytvorené rezervoáre účinne znižujú narastanie tlaku pary. Dutiny môžu tiež pôsobiť ako inhibítory vzniku ďalších trhlín. Optimálne dávkovanie PP vlákien je 1 až 3 kg/m<sup>3</sup> betónu, dĺžka vlákien je priemerne okolo 20 mm. Polypropylénová výstuž predstavuje účinnú prevenciu javu odpraskávania v betóne s pevnosťami v tlaku do 100 MPa [27, 28, 29 a 30].

Cementová matrica, podobne ako kamenivo, podlieha pri pôsobení vysokých teplôt trvalej kvalitatívnej zmene. Matrica stráca absorbovanú vodu medzi 65 až 80 °C a voľnú vodu najmä medzi 80 a 100 °C. Mikroštruktúra cementovej matrice eviduje degradačné zmeny pri pôsobení teploty medzi 100 až 400 °C v dôsledku straty viazanej vody v gélových hydratačných produktoch C-S-H a C-A-H druhu (kalcium silikát hydráty a kalcium aluminát hydráty). Touto degradačnou zmenou sa evokuje nárast pórovitosti. Začína sa navršovať podiel makropórov nad zastúpením prítomných mikropórov. Evidentné poškodenie celistvosti hydratovanej fázy sa uskutočňuje medzi teplotami pôsobenia 400 až 600 °C dehydroxyláciou portlanditu Ca(OH)<sub>2</sub>, z ktorého sa uvoľňuje kryštalicky viazaná voda a objavuje sa CaO. Súčasne sa ukončuje dehydratácia C-S-H gélov ich rekryštalizáciou na dikalcium silikát  $\beta$ -C<sub>2</sub>S, ktorá zvyčajne končí až pri teplote 800 - 900 °C. Tieto mikroštruktúrne zmeny sa prejavujú evidentným zhoršením pórovej štruktúry, špecifikovanej prevažným zastúpením makropórov s polomerom nad 7 500 nm a zvyšujúcou sa priepustnosťou betónu. Pri teplotnom účinku 600 až 900 °C sa disociuje vápenec CaCO<sub>3</sub> ako karbonatizačný produkt pôvodnej gélovej hydratovanej fázy C-S-H, C-A-H a portlanditu Ca(OH)<sub>2</sub> na CaO a CO<sub>2</sub>. Viazaný oxid uhličitý stráca v tomto teplotnom intervale aj vápencové (ak je prítomné) a dolomitické (CaCO<sub>3</sub> × MgCO<sub>3</sub>) kamenivo. Pri teplote medzi 800 a 1 000 °C nastáva rozklad tobermoritu C<sub>5</sub>S<sub>6</sub>H<sub>5</sub>, ktorý predstavuje spojivovú fázu s najpevnejšie chemicky viazanou vodou [19, 31]. Mikroštruktúra cementovej matrice pri pôsobení teploty nad 800 °C vykazuje zostatkové (reziduálne) mechanické vlastnosti v dôsledku extrémne vysokej pórovitosti [32]. Zmeny v pórovej štruktúre, najmä v celkovej pórovitosti a rozdelení veľkosti pórov, poskytujú cenné informácie o postupnom zhoršovaní mechanických vlastností betónu vystaveného vysokej teplote. Pórovú štruktúru betónu vystavenému teplote 800 °C a vyššej špecifikuje vysoký podiel makropórov, ktoré sa vyskytujú na mieste pôvodnej hydratovanej fázy po strate viazanej vody [19, 33, 34 a 35]. Výsledky vlastného výskumu [36 až 42] dokumentujú straty mechanických vlastností betónu ovplyvnených degradáciou prostredníctvom zmien vyvolaných v základných procesoch hydratácie cementu v spojivovej matici betónu exponovaného teplotami do 800 °C (publikácie



projektu EÚ CEC/PECO 1992 a 1993; Dizertačná práca dokumentuje zoznam 9 záverečných správ).

V každom prípade sa po požiari musí vykonať komplexná diagnostika fyzického a chemického stavu betónu. Táto diagnostika je nevyhnutne potrebná ak teplota pôsobenia na betón dosiahla úroveň 600 °C [31, 43, a 44]. Iný zdroj dokumentuje predpísanú komplexnú diagnostiku a sanáciu betónu pri pôsobení teplôt v intervale od 300 do 600 °C, maximálne do 600 °C [43]. Betón je po pôsobení vysokej teploty alebo požiaru opäť vystavený bežným environmentálnym podmienkam, ktoré napomáhajú obnoveniu jeho pevnosti a zlepšeniu trvanlivosti. Tento proces sa označuje ako regenerácia betónu, ktorú špecifikuje rehydratačný proces vypálených fáz (CaO,  $\beta$  - C<sub>2</sub>S). Rehydratácia vytvára menej dokonalé a veľkosťou menšie hydratačné produkty v porovnaní s pôvodnými, ktoré sa deponujú v priestore makropórov, vzniknutých po uvoľnení viazanej vody z pôvodnej hydratovanej fázy. Obnovenie pevnosti a trvanlivosti betónu rehydratačnými procesmi je nedokonalé; betón nedosahuje svoju pôvodnú kvalitu ako pred požiarom [45]. Tabuľka 1 a 2 vyjadruje sumarizovanie poznatkov o vplyve mechanizmov na pevnosť betónu pri prvom pôsobení vysokej teploty a požiaru a následnom vychladnutí na (20 ± 1) °C [43].

### **2.3 Skúšobné metódy pre zhodnotenie účinku vysokej teploty na štruktúru betónu**

Štruktúralne eurokódy stanovujú požiadavky na stavebné a inžinierske práce, pokiaľ ide o spoľahlivosť, adekvátnu kvalitu v prevádzkových podmienkach a trvanlivosť konštrukčného betónu. Pre zabezpečenie trvanlivosti proces navrhovania vyžaduje niekoľko potrebných krokov. Tie sú predmetom Eurokódu 2 [96] a európskej normy EN 206-1 [97] pre technológie betónu. V relevantnom systéme európskych noriem, ktorý poskytuje všetky zásady pre štruktúralne návrhy a projekty trvanlivosti možno rozlíšiť štyri projekčné úrovne. Úroveň (trieda) 4 sa týka monumentálnych stavebných konštrukcií, mostov a iných inžinierskych stavieb, ako sú tunely s požadovanou konštrukčnou životnosťou 100 rokov [11]. Degradáčne faktory (napr. vystavenie požiaru) ovplyvňujú stratu kvality betónu alebo ocele v napadnutých konštrukciách. Aby sa čo najviac zabránilo degradačným procesom, vypracovali sa projektové postupy pre vyššie spomenuté betónové konštrukcie, vrátane skúšobníctva s ďalšími dôležitými projektovými fázami: bežný mechanický projekt a projekt životnosti. Konečný projekt zahŕňa oba varianty navrhovania konštrukcie (v našom prípade - tunela), pričom predovšetkým berie do úvahy stratu kvality betónu a zabudovanej ocelevej výstuže, trhlíkovanie, drobenie a

odpraskávanie betónu, ktoré vizuálne poukazujú na degradačný proces, vedúci v konečnom efekte k strate úžitkových vlastností betónu zabudovaného do konštrukcie [46].

Tabuľka 1 Mechanizmy ovplyvňujúce pevnosť betónu s nechráneným povrchom počas prvotného ohrevu (nezaznamenáva sa relatívny stupeň dôležitosti)

| Mechanizmus                                                                        | Približný teplotný rozsah (°C) | Nárast (N) alebo strata (S) pevnosti betónu |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|
| Teplotná nestabilita kameniva                                                      | závislosť na kamenive          | S                                           |
| Teplotná inkompatibilita a parazitické napätia uvoľnené pri prechodnom dotvarovaní | 20-600 +                       | S                                           |
| Zmeny v pevnosti stykovej väzby cement-kamenivo                                    | 40 a viac                      | N alebo S*                                  |
| Chemická reakcia kamenivo-cementová matrica                                        | 20-200 +                       | N alebo S*                                  |
| Nárast teploty v hydratovanom systéme voda-gél                                     | 20-200 §                       | S                                           |
| Urýchlená hydratácia                                                               | 20- 90 §                       | N                                           |
| Urýchlená hydratácia                                                               | 90-200 §                       | N alebo S                                   |
| Strata voľnej vody                                                                 | 20-100 §                       | N                                           |
| Strata chemicky viazanej vody                                                      | 80-200 §                       | N                                           |
| Hydrotermálne reakcie                                                              | 100-200 §                      | N alebo S                                   |
| Zmeny v pórovom tlaku▪                                                             | 100-200 §                      | S                                           |
| Zmrašťovacie napätia (uvoľnené pri prechodnom dotvarovaní)                         | 20-200 §                       | S                                           |
| Zmeny v chemickej väzbe hydratovaného C-S-H                                        | 100-300 §                      | N (?)                                       |
| Pokles pórovitosti                                                                 | 20 - 80 §                      | S <sup>+</sup>                              |
| Nárast pórovitosti                                                                 | 280-600 <sup>+</sup>           | S (možno už bezvýznamný)                    |
| Rozklad Ca(OH) <sub>2</sub>                                                        | 390-450                        | S <sup>+</sup>                              |
| Termický efekt                                                                     | 600 + (tavenie pri 1 350°C)    | S                                           |
| 2. stupeň poškodenia chemických väzieb                                             | 600-750                        | S                                           |
| Keramické viazanie                                                                 | 800                            | S                                           |
| Trhliny v dôsledku teplotného napätia (stress cracking)                            | 200                            | S                                           |

Vysvetlenie symbolov vzťahnutých k Tabuľke 1:

\* Závisí od zložiek betónovej zmesi.

+ Viac významné nad 300 °C v dôsledku vzniku trhlín okolo Ca(OH)<sub>2</sub> a hydratovaných zrn cementu

<sup>+</sup> Významné nad 600 °C

§ Strata vlhkosti sa predpokladá pri 100 °C.

▪ I keď sa jedná o napätia uvoľnené pri prechodnom dotvarovaní, explózie sa môžu vyskytovať pri zvýšenej rýchlosti ohrevu

Tabuľka 2 Mechanizmy ovplyvňujúce pevnosť betónu s nechráneným povrchom pri zvýšenej teplote, počas chladnutia a po vychladnutí na 20 °C

| Mechanizmus                                                                                                                                                | Nárast (N) alebo strata (S)<br>pevnosti betónu                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1.) <i>Pri zvýšenej teplote</i><br/>Zmeny v pevnosti sa uskutočňujú pri hociktorom prebiehajúcom procese v betóne opísanom v tejto tabuľke.</p>         | Teplotné rozsahy a účinky teploty na betón sa detailne špecifikujú v Tabuľke 1. |
| <p>2.) <i>Počas chladnutia*</i><br/>Parazitické medzi časticové napätia+<br/>Termické napätia+<br/>Termické efekty<sup>+</sup></p>                         | S<br>S<br>N                                                                     |
| <p>3.) <i>Po vychladnutí*</i><br/>Rehydratácia<br/>Hydratácia nehydratovaných zŕn cementu<br/>Expanzia<br/>Hydratácia voľného vápna<br/>Karbonatizácia</p> | N<br>N<br>S<br>S<br>N                                                           |

Vysvetlenie symbolov vzťahnutých k Tabuľke 2:

\* Ak sa betón chladí vodou, potom sa kombinuje účinok 2 a 3. efektu.

+ Napätia nepodliehajú relaxácii pri prechodnom dotvarovaní, ktoré sa neobjavuje počas chladnutia.

<sup>+</sup> Významný nad 600 °C.

Ak sa betón vystaví druhému ohrevu, parazitické a termické napätia budú opačne orientované, pričom účinok teploty zapríčini zníženie horúcej pevnosti (pevnosť zistená pri vysokej teplote), ktoré sa prejaví najmä nad 600 až 700 °C.

Pre účel spoľahlivého skúšobníctva tunelov vystavených požiarom sa vypracoval súbor odporúčaní, ktoré platia pre konštrukčné použitie betónu počas prevádzkových, ale aj za havarijných podmienok [47]. Expozičné teploty sa pohybujú v rozmedzí od 20 do 750 °C alebo môžu byť aj vyššie v závislosti od meracej spôsobilosti skúšobného zariadenia. Prevádzkové podmienky zvyčajne zahŕňajú dlhodobé vystavenie teplotám v rozsahu od 20 do 200 °C a vlhkosti medzi dvoma hraničnými podmienkami [48]:

Hraničné podmienky „d“: suchý betón,

Hraničné podmienky „nd“: vlhkosťou nasýtený betón.

Všeobecne sa hraničné podmienky vymedzujú nasledovne: podmienka „d“ sa viaže k betónu dlhodobo exponovanému v prostredí suchého vzduchu s maximálnou hrúbkou konštrukcie do 400 mm, alebo časť konštrukcie od povrchu betónu vystavenému suchému vzduchu do hĺbky 200 mm. Hraničná podmienka „nd“ sa definuje pre konštrukcie v styku s vlhkosťou alebo vodou nasledovne : a) konštrukcie vystavené vlhkosti bez ohľadu na ich rozmer, b) časti konštrukcie nachádzajúce sa v hĺbke väčšej ako 200 mm od povrchu vystavenému vzduchu a c) všetky betónové konštrukcie pod vodou. Havarijnú situáciu, z užšieho pohľadu na teplotný efekt,

zvyčajne zahŕňajú krátkodobé vystavenie teplotám v rozmedzí 20 až 750 °C alebo vyšším a stavy prechodnej vlhkosti, t. j. betón môže vysychať pri zohrievaní a navlhčovať sa pri chladení v bežných environmentálnych podmienkach charakterizovaných buď iba prítomnou vlhkosťou alebo extrémne a šokovo zaťažených pri polievaní či hasení vodou [49]. Správa o základných vlastnostiach betónu pri vysokých teplotách dokumentuje nasledovné položky: obsah a druh cementu, vodný súčiniteľ, obsah a mineralogický druh kameniva, údaje o modifikátoroch cementu (prímesi a prísady), režim tuhnutia a tvrdnutia betónu, hmotnosť a rozmery skúšobných vzoriek betónu (pred a po skúške podľa zvoleného režimu teplotnej prípadne teplotno - vlhkostnej záťaže), počiatočný obsah vlhkosti, normovanú kockovú alebo valcovú pevnosť, zistenú pevnosť v tlaku a pevnosť v ťahu pri ohybe, pracovné diagramy stanovenia deformácie v závislosti od zaťaženia, vek betónu v čase skúšky, použité skúšobné zariadenie (presne popísané, ak nie je v súlade s technickou normou), spôsob a dobu základného ošetrovania betónu v laboratórnych podmienkach až po moment zahájenia ohrevu, kompletný režim ohrevu (podmienky zdvíhania, udržiavania teploty na požadovanom maxime a podmienky chladenia, pričom treba evidovať každú odchýlku od odporúčaných skúšobných parametrov, napr. pri rýchlosti zohrievania alebo chladenia), mesto a inštitúciu, v ktorej sa experiment vykonal, dátum skúšky a číslo Protokolu o skúške.

Ďalšie položky sa môžu evidovať podľa dostupnosti: zrnitosť a maximálna veľkosť kameniva, hmotnostný pomer kameniva k cementu, reologické vlastnosti čerstvého betónu (spracovateľnosť čerstvej zmesi, obsah vzduchu, objemová hmotnosť). Veľmi podobné postupy sa aplikujú pre zhotovenie Protokolu o skúške modulu pružnosti betónu [50], tepelného napätia [51], prechodného dotvarovania pre prevádzkové a havarijné podmienky [52], ustáleného dotvarovania a obnovy dotvarovania pre prevádzkové a havarijné podmienky, [53], zmrašťovania pre prevádzkové a havarijné podmienky [54], ukotvenia [55] a relaxácie [56]. Problematika účinkov vysokej teploty (ohňa, požiaru) na betón je široká a zložitá. Vyvolaný degradačný efekt na betón sa overuje spoľahlivými skúškami. Nižšie prezentovaný prehľad so zdrojmi literatúry predstavuje seriózny súbor existujúcich metód skúšania betónu poškodeného požiarom:

| <b>Skúšobná metóda</b>                                | <b>Číslo citácie</b>           |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Vizuálna prehliadka                                | 57                             |
| 2. Pevnosť v tlaku a pevnosť väzby, modul pružnosti   | 31, 35, 58, 59, 60, 61, 62, 63 |
| 3. Modul priľnavosti v šmyku a test ťahovej únosnosti | 44, 64                         |
| 4. Krehkosť                                           | 65                             |

|                                                                                                          |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 5. Odolnosť voči lomu                                                                                    | 66                 |
| 6. Zmrašťovanie a dotvarovanie                                                                           | 67, 68             |
| 7. Šírka trhliny, pórovitosť, priepustnosť                                                               | 25, 59, 69, 70, 71 |
| 8. Tepelné namáhanie                                                                                     | 72                 |
| 9. Drobenie a tlak v póroch                                                                              | 22, 38             |
| 10. Optická mikroskopia (štúdia z tenkého rezu)                                                          | 16                 |
| 11. Hmotnostná strata, zmena objemu, hustota                                                             | 73                 |
| 12. Štúdie RTG, TG-DTA, SEM                                                                              | 23, 31, 69, 74, 75 |
| 13. Tepelné vlastnosti (entalpia, merné teplo, teplo reakcie,<br>tepelná vodivosť a tepelná difuzivita), | 76, 77, 78.        |

### 3. CIELE DIZERTAČNEJ PRÁCE

Táto dizertačná práca sa zaoberá popisom

1) experimentálneho výskumu uskutočneného s cieľom študovať tepelno-mechanické vlastnosti betónu použitého v jadrových elektrárnach Temelín (Česká republika), Mochovce (Slovensko) a Penly (Francúzsko) z hľadiska degradácie jeho štrukturálnej integrity medzi 40 a 800 °C, uskutočneného v rámci EÚ projektu CEC-PECO 1992 a 1993. Na experimenty sme vyrobili vzorky betónu buď priamo na mieste JE (betonáreň Temelín) alebo sme cement a kamenivo v JE odobrali (Mochovce) a po dovezení na ÚSTARCH SAV sme zhotovili potrebný počet betónových kociek a trámčov alebo zložky potrebné na výrobu betónu nám boli doručené nákladnou dopravou z JE Penly, aby sme následne sami zhotovili skúšobné vzorky betónu. Pre tento cieľ nám všetky tri JE odtajnili použité receptúry betónu, ktoré sa detailne prezentujú v Dizertačnej práci.

2) požiarneho veľkopokusu, ktorú realizovali v roku 2005 AUTOBRENNERO Trento (Taliansko) a ÚSTARCH SAV, Bratislava (Slovensko) ako zodpovední koordinátori (technické riadenie skúšky - AUTOBRENNERO a vedecké vyhodnotenie výsledkov - ÚSTARCH SAV) a ďalšie zúčastnené inštitúcie v diaľničnom tuneli Virgolo neďaleko mesta Bolzano (Taliansko) v rámci EÚ projektu UPTUN 2002 - 2006.

3) vlastných experimentálnych výsledkov aplikovaného výskumu šiestich druhov striekaného betónu, cielene vyvinutých pre použitie v tuneli Virgolo, týkajúcich sa najmä štúdia mikroštruktúry, pórovej štruktúry a zmien priepustnosti striekaného betónu po simulovanom požiari.

V projekte UPTUN som koordinoval vedecký výskum materiálového zhodnotenia striekaných betónov; ďalej prezentujem iba výsledky získané na svojom pracovisku SAV.

Vzorky striekaného betónu vystavené požiaru v tuneli Virgolo od šiestich výrobcov spolu s referenčnými telesami uloženými v laboratórnych podmienkach sme kuriérom prevzali na ÚSTARCH SAV na určenie mechanického a degradačného rozsahu poškodenia, najmä z pohľadu zmien mikroštruktúry a pórovej štruktúry. Jednotlivé vzorky betónu sme podľa jednotlivých výrobcov/aplikátorov označili nasledujúcim spôsobom: A: TECNOCHEM, Taliansko (TCM); B: SCHRETTTER, Rakúsko (SCHR); C: DEGUSSA, Švajčiarsko (DGS); D: CTG ITALCEMENTO, Taliansko (CTG); E: PORR, Rakúsko (PORR) a F: THERMAL CERAMICS, Taliansko (TCK). Aplikované receptúry striekaného betónu sa navzájom odlišovali použitým cementom, kamenivom, prísadami a prísadami, vláknitou výstužou, vzájomnými pomermi rozhodujúcich zložiek, dávkovaním superplastifikátorov a vláknaitej výstuže. Základný rámec materiálového zloženia použitých striekaných betónov, nie však detailne pretože receptúry neboli odtajnené a technologických postupov nástreku, sumarizuje Tabuľka 3.

#### 4. POUŽITÉ METÓDY VÝSKUMU

Röntgenové difrakčné záznamy sa zaznamenali na difraktometri Philips s automatickým systémom pre záznam dát za použitia  $\text{CuK}\alpha$  žiarenia a Ni-filtra. Termická analýza (TG a DTA) sa uskutočnila na prístroji Derivatograph Q 1500 (MOM Budapešť). Pre každý záznam sa použilo 200 mg práškovej vzorky v režime ohrevu od 20 °C do 1 000 °C pri rýchlosti 20 °C/min. Pórová štruktúra sa skúmala ortuťovou porozimetriou (MIP) za použitia vysokotlakového porozimetra mod. 2000 a makroporozimetrickej jednotky mod. 120 (Carlo Erba Science). Z nameraných údajov sa vypočítali koeficienty priepustnosti vzoriek betónu a striekaného betónu podľa metodiky ÚSTARCH SAV. Mikroskopické pozorovanie povrchu sa vykonalo polarizačným mikroskopom Meopta s externým osvetľovacím zariadením od spoločnosti Schott. Obrázok nasnímaný čierno-bielym fotoaparátom CCD typu Oskar sa preniesol video adaptérom na monitor počítača a následne sa uložil na disk špeciálnym softvérom. Na mikroskopické pozorovanie skúšobných vzoriek sa použil objektív s malou ohniskovou vzdialenosťou (typ 2-celkové zväčšenie 40 ×).

Tabuľka 3 Údaje výrobcov o aplikovaných striekaných betónoch v tuneli Virgolo

| Výrobca/aplikátor | Základná charakteristika |
|-------------------|--------------------------|
|-------------------|--------------------------|

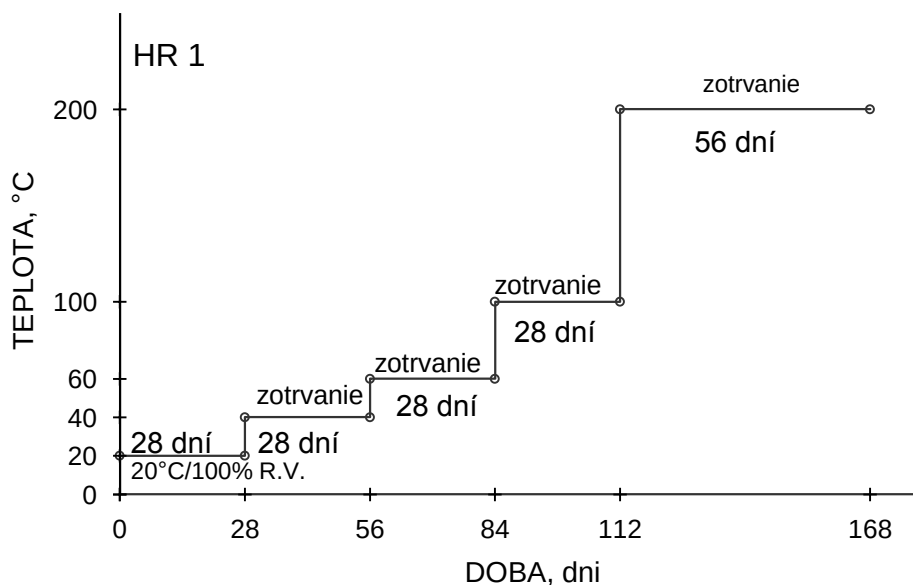
|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CTG Italcemento  | Suchá prefabrikovaná zmes pozostávajúca z cementu druhu CEM I s obsahom $C_3A < 8 \%$ a drveného kameniva s kontinuálne narastajúcim zrnitostným zložením do maximálnej veľkosti 6,3 mm, obsahujúca polymérne vlákna a superplastifikátor.                                                      |
| DEGUSSA          | Cemento-kompozitné spojivo unikátnych vlastností, ktoré sa nanáša automatizovaným systémom striekania, umožňujúcim vysokú produktivitu práce, silne kompaktný povrch a zaručene rovnakú hrúbku nástreku.                                                                                        |
| PORR             | Striekaný betón aplikovaný mokrým spôsobom nanášania, obsahujúci PP vlákna a špeciálne horečnaté železnato-silikátové kamenivo; výhody zhotoveného nástreku spočívajú vo vysokej pevnosti, nízkej tepelnej vodivosti a zníženej hrúbke vrstvy potrebnej na krytie zabudovanej ocelevej výstuže. |
| SCHRETTER        | Striekaný betón aplikovaný suchým spôsobom nanášania pre použitie v tuneli; odolnosť proti požiaru sa garantuje podľa rakúskej smernice pre vláknom vystužený betón, ktorú vydala Rakúska spoločnosť pre výrobu a technológiu konštrukčného betónu.                                             |
| TECNOCHEM        | Multifunkčný striekaný betón, ktorého hlavná úžitková prednosť je rýchla a jednoduchá odstrániteľnosť ohňom poškodeného materiálu; na garantovanie tejto špeciálnej vlastnosti slúži vyvinuté navrhovanie materiálového zloženia tohto výrobku zo špeciálnych komponentov.                      |
| THERMAL CERAMICS | Špeciálna malta, ktorá sa nanáša striekaním ako ohňo - vzdorná ochranná bariéra, vyznačujúca sa dokonale kompaktným, umývateľným a maľovacím povrchom a odolnosťou proti teplotnému šoku; atakovaná malta si uchováva svoje pôvodné mechanické vlastnosti aj po požiarom zaťažení.              |

## 5. VÝSLEDKY DIZERTAČNEJ PRÁCE

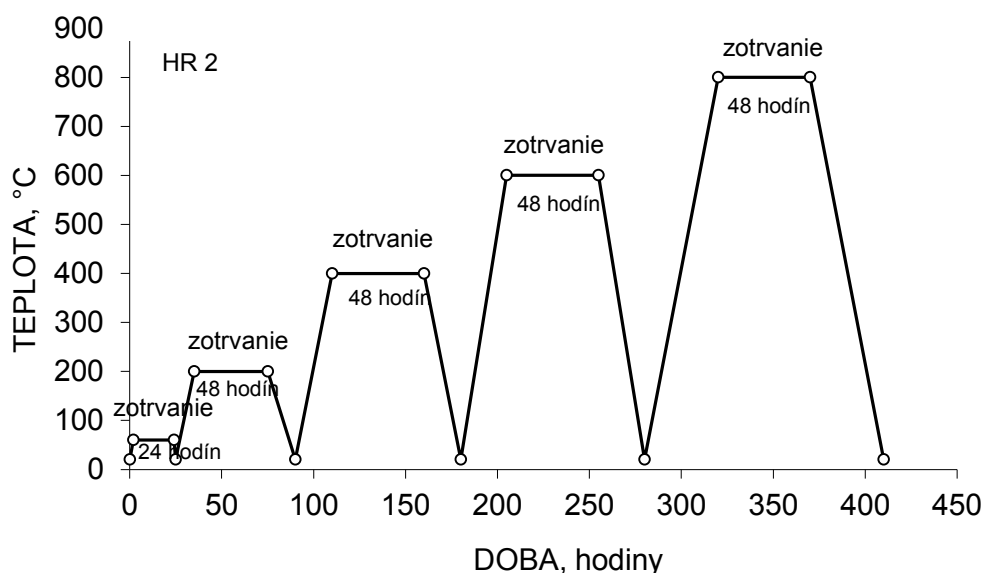
### 5.1 Jadrové elektrárne

Výsledky prezentujú reziduálne vlastnosti betónových vzoriek z jadrovej elektrárne Temelín, Mochovce a Penly vystavených pôsobeniu teplôt do 800 °C. Hlavný záber výskumu sa venuje vzťahom medzi pevnosťou v tlaku, stavom mikroštruktúry (obsah vody viazanej v reakčných produktoch hydratácie cementu) a pórovej štruktúry betónu [objem pórov, stredná veľkosť (medián) polomeru pórov, celková pórovitosť a priepustnosť] po pôsobení zvoleného teplotného zaťaženia v čase. Po zhotovení skúšobných vzoriek normovanej veľkosti [kocky o hrane 100 mm a trámce veľkosti (100 × 100 × 400 mm)] a ich odformovaní sa betóny ošetrovali pri teplote (20 ± 1) °C na vzduchu s relatívnou vlhkosťou 100 % (R. H.) po dobu 1 deň alebo 28 dní (základné ošetrovanie). Experimentálny režim ohrevu 1 (HR1) pozostáva z postupného zvýšenia teploty na 40 °C, 60 °C, 100 °C a 200 °C; režim ohrevu 2 (HR2) eviduje

zvýšenie pôsobiacej teploty hneď na 200 °C a potom na 400 °C, 600 °C a 800 °C. Vizuálnu predstavu o režimoch ohrevu ilustruje obrázok 1 a 2. Po zvolených expozíciách sa vzorky pred ďalšími skúškami nechali vychladnúť na referenčnú teplotu. Referenčné úložné prostredie tvoril suchý vzduch s teplotou  $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$  a relatívnou vlhkosťou (R.V.) 60 %.



Obrázok 1 Režim zohrievania medzi teplotami 20 a 200 °C (HR1)



Obrázok 2 Režim zohrievania medzi teplotami 200 až 800 °C (HR2)

Vzťahy medzi hodnotami pevnosti v tlaku, priemerného polomeru (mediánu) všetkých pórov a mikropórov (do 7 500 nm), priepustnosťou a obsahom vody viazanej v cementovej matrici



medzi 20 a 800 °C odhaľujú vzájomné súvislosti medzi nimi v závislosti na zvyšujúcej sa teplote. 28 - dňová doba pôsobenia teploty 200 °C pri HR 1 vo vzťahu k 2-dňovej expozícii pri HR 2 vyúsťuje do hrubšej pórovej štruktúry betónu. Vysvetlenie spočíva v rozdielne vytvorených kvalitatívnych parametroch pórovej štruktúry v betóne pri účinku teploty 200 °C počas 28 - dňového agresívneho pôsobenia oproti krátkodobej, iba 2-dňovej záťaži. Čím vyššia je dosiahnutá teplota pri jej súčasne dlhšom pôsobení na betón, tým intenzívnejšie sa vytvára hrubšia pórová štruktúra s vyššou priepustnosťou betónu. Tieto zmeny sa prejavujú výraznejšie pri prevýšení teploty 400 °C, ktorú určujem ako **kritickú teplotu**. Nad touto teplotou sa evidoval výrazný pokles pevnosti v úzkej súčinnosti s nárastom priepustnosti betónu. Naše zistenia potvrdzujú teplotu 400 °C ako kritickú pre zostatkové vlastnosti betónu z každej JE [71]. Rázný pokles pevností betónu nad teplotou 400 °C a najmä nad 600 °C sa objasňuje vysokou objemovou redukciou reakčných produktov hydratácie cementu v dôsledku straty uvoľnenej viazanej vody z cementovej matrice, ktorú nahrádzajú vzduchové póry. Teplota pôsobenia 800 °C už spôsobuje rozpad štrukturálnej integrity betónu [71]. TG-DTA štúdium ukazuje, že objemové zastúpenie gélových hydratačných produktov cementu a  $\text{Ca(OH)}_2$  sa postupne, ale nepatrne znižuje po kritickú teplotu 400 °C. Táto strata naberá na rozsahu medzi teplotou pôsobenia 400 a 600 °C keď dôsledkom strát kryštalický viazanej vody v spojivovej cementovej matrici je vznik makropórov ( $r > 7\,500\text{ nm}$ ) a tým prepad pevností betónu. Namiesto pevnej fázy stabilných gélových produktov hydratácie cementu a portlanditu  $\text{Ca(OH)}_2$  sa v betóne vyskytujú vzduchové póry. Pevnostné straty sú dôsledkom degradácie betónu spôsobenej zmenami v základných procesoch hydratácie cementu pri pôsobení vysokej teploty na betón a zhrubnutím jeho pórovej štruktúry. Negatívny účinok vysokej teploty na pevnosti sa rozhodujúcim spôsobom prejavuje nad kritickou teplotou 400 °C, pričom sa nad ňou dramaticky zvyšujú koeficienty priepustnosti betónu [39, 40, 71].

Poškodenie štrukturálnej integrity betónu *účinkom pôsobenia zvýšených teplôt* závisí od: 1) straty obsahu viazanej vody v reakčných produktoch hydratácie cementu a  $\text{Ca(OH)}_2$ , 2) tvorby vzduchových pórov v dôsledku nahradenia fázy objemných cementových hydrátov najmä veľkými pórmí, 3) poklesu pevnosti v dôsledku zhrubnutia pórovej štruktúry a 4) zvýšenia koeficientu priepustnosti [39, 40, 41]. Poškodenie štrukturálnej integrity betónu *podľa materiálového zloženia a jeho receptúry* závisí predovšetkým od zastúpenia použitých prímiesí a prísad, najmä superplastifikátorov. Vysokohodnotný betón sa vyznačuje lepšími počiatočnými vlastnosťami pri 20 °C a 200 °C a vyššími zostatkovými hodnotami pevnosti v tlaku a statického modulu pružnosti pri 800 °C [38, 39 a 42] v porovnaní s bežným betónom

[36, 37]. Z tohto dôvodu pre konštrukcie s predpokladaným výskytom havárií, pri ktorých sa v priestore s kontaktom na konštrukčný betón zvyšuje teplota do 200 °C (tzv. malé havárie v jadrových elektrárnach) alebo sa zvýši extrémne požiarom (tunel) **rozhodne odporúčam** aplikáciu vysokohodnotných betónov. Mechanická a štrukturálna degradácia betónu pôsobením vysokých teplôt primárne závisí od dosiahnutej teploty a doby jej pôsobenia a sekundárne od zloženia betónovej zmesi. Zloženie betónovej zmesi dokážeme ovplyvňovať, preto tento pozitívny technologický zásah sa musí využiť pri navrhovaní betónu so zvýšenou odolnosťou proti agresívnemu pôsobeniu vysokých teplôt.

Na základe doterajších poznatkov profilujem nasledujúce závery rozhodujúceho významu:

- 1) Priepustnosti sú vhodné experimentálne stanovené indikátory pre špecifikáciu štrukturálnej integrity betónu vystaveného pôsobeniu vysokých teplôt do 800 °C, pričom sa javia byť rovnako dobrými a užitočnými exaktne definovanými premennými určujúcimi fyzický stav betónu ako pevnosti v tlaku.
- 2) Priepustnosť betónu považujem za rozhodujúci parameter preukazujúci jeho trvanlivosť.
- 3) Pevnosti a priepustnosti betónu predstavujú navzájom kohézne premenné zhodne determinujúce životnosť betónu po vysokej teplotnej záťaži.
- 4) Existuje súvislosť nielen medzi pevnosťou a priepustnosťou betónu v závislosti na pôsobiacej vysokej teplote, ale aj súvislosti medzi pevnosťou a obsahom vody viazanej v hydratovanej fáze a pevnosťou ako aj strednou veľkosťou (mediánom) polomeru všetkých pórov. Terajšie zistenia vyvracajú predchádzajúce poznatky [5, 6], ktoré tvrdia, že pevnosť a priepustnosť sú dva odlišné aspekty betónu, ktorý jeden negarantuje druhý.
- 5) Za kritickú teplotu pôsobenia, ktorá sa nesmie prevýšiť, aby sa garantovala ešte spoľahlivá mikroštrukturálna integrita bez evidentného poškodenia hydratovanej fázy a životnosť betónu v horizonte desiatok rokov po teplotnom zaťažení sa určuje teplota 400 °C.
- 6) Zistenie o kritickej teplote betónu rovnej 400 °C je v plnom súlade s poznatkami prof. Gabriela Khouryho z Imperial College, Londýn a jeho spolupracovníkov [79 až 89], vedeckého garanta projektu UPTUN (výsledky prezentuje časť 5.2). Kritická teplota betónu určená hodnotou 400 °C sa stala kľúčovým **vedecky ustanoveným parametrom pre technické riešenie ochrany existujúcich tunelov pred požiarom** v projekte UPTUN (2002 - 2006).

## 5.2 Dial'ničný tunel

V kontexte európskeho výskumného projektu UPTUN (UPgrade of existing TUNnels - modernizácia existujúcich tunelov) sme zrealizovali veľký požiarny experiment v tuneli Virgolo na brennerskej diaľnici neďaleko mesta Bolzano v Taliansku. Virgolo je štandardne profilovaný tunel s výškou 6,5 m, šírkou 10,0 m a dĺžkou 860 m. Predmetom výskumu boli účinky umelo vyvolaného, ale kontrolovaného požiaru na celkový stav tunela po požiar. Úlohou materiálového výskumu bola identifikácia fyzického a chemického stavu aplikovaných striekaných betónov. Pre dosiahnutie tohto cieľa sme vybrali tri rôzne ekvivalenty požiarneho zaťaženia: 10 MW, 20 MW a 30 MW. Tabuľka 4 predstavuje všeobecne platné ekvivalenty požiarneho zaťaženia [90, 91].

V tuneli Virgolo sme simulovali požiar veľkého auta (10 MW), nákladiaku či autobusu (20 MW) a kamiónu (30 MW). Inštalovali sme signálny systém evidujúci vznik ohňa a tri druhy oheň zaháňajúcich technických zariadení, ktoré sa po zahájení simulácie zaktivizovali a vznikajúci požiar začali hasiť. Požiarne zaťaženie sme zabezpečili spaľovaním motorovej nafty, ktorá bola uložená vo veľkých oceľových nádržiach. Po riadenom zapálení hasičmi každá nádrž vyprodukovala zaťaženie na úrovni 5 MW. Pred veľkopokusom sme v spolupráci so zainteresovanými firmami naniesli na steny tunela 6 rôznych druhov striekaných betónov a vznikajúci požiar začali hasiť. Ďalej prezentované výsledky popisujú fyzický a chemický stav striekaných betónov pri simulácii horenia autobusu alebo nákladiaku (20 MW). Po zapálení

Tabuľka 4 Vzájomné porovnanie intenzity požiarneho zaťaženia podľa dopravného prostriedku

| Skutočný scenár horenia | Ekvivalent požiarneho zaťaženia |
|-------------------------|---------------------------------|
| malé auto               | 2.5 MW                          |
| stredné veľké auto      | 5.0 MW                          |
| veľké auto              | 10.0 MW                         |
| minibus                 | 15.0 MW                         |
| autobus/nákladiak       | 20.0 MW                         |
| kamión                  | 30.0 MW                         |
| vlak                    | 100.0 MW                        |

ohňa sme evidovali rýchly nárast teploty vzduchu približne na 180 °C. Oheň-monitorujúci signál zaktivizoval systém hasenia vodnou hmlou (water mist) po niekoľkých minútach od vzniku požiaru. Maximálne dosiahnutú teplotu vzduchu 212 °C zaznamenali termo snímače nainštalované na povrchu striekaného betónu vystavenému priamemu účinku simulovaného

požiaru. Technicky želateľným a vedecky podloženým cieľom veľkopokusu bola najvyššie dosiahnuteľná teplota vzduchu maximálne na úrovni kritickej teploty 400 °C (Khoury a Janotka). Po dosiahnutí maximálnej teploty hasenie pokračovalo a snímané hodnoty teploty vzduchu na povrch striekaného betónu klesli do 12,33 až 12,37 minút na hodnotu 34 °C, ktorá avizovala jeho ukončenie, aj keď táto teplota presahovala počiatočnú o 19 °C. Získali sme technicky dôležitý poznatok v tom, že dôsledná prevádzková inštalácia oheň-monitorujúceho a oheň-zahášajúceho zariadenia vedie k relatívne rýchlej likvidácii vznikajúceho požiaru. S určitou nadsádzkou možno uzavrieť, že v technicky upgradovaných existujúcich tuneloch týmto spôsobom „budeme vedieť požiar eliminovať resp. utlmiť skôr ako sa prejaví v plnej ničivej sile“. Konštatovali sme, že teplota vzduchu priamo pôsobiaca na povrch striekaných betónov neprevýšila namerané maximum 212 °C. Pri simulácii požiaru ekvivalentom požiarneho zaťaženia 30 MW sme registrovali maximálnu dosiahnutú teplotu vzduchu s priamym kontaktom na betón 335 °C pri použití techniky hasenia vodným štítom (water shield). Veľkopokus sa ukončil úplným uhasením ohňa do 16,16 - 16,46 minút, ochladením vzduchu v tuneli na 53 °C (počiatočná pred pokusom + 20 °C), odinštalovaním signálnych zariadení na verifikáciu ich stavu (ďalšej funkčnosti) a odobratím vzoriek striekaného betónu pre materiálové skúšky doručené na ÚSTARCH SAV a k iným projektovým partnerom. Vzorky sa odobrali z výšky 6,5 m nad zapálenými nádržami. Pre tento účel sa tunel segmentoval na tri samostatné úseky pre realizáciu veľkopokusu pri každom ekvivalente horenia 10, 20 a 30 MW. Informácia o činnosti zainteresovaných partnerov pri požiarom veľkopokuse pri 20 MW sa prezentuje v Tabuľke 5. Veľkopokus preukázal technickú vyspelosť dnešnej spoločnosti nainštalovaním oheň-monitorujúcich a oheň-zahášajúcich signalizačných zariadení, schopných uhasiť simulované horenie tak, že teplota vzduchu pôsobiaca na povrch striekaných betónov neprevýšila vedecky odôvodnenú kritickú teplotu 400 °C. Striekané betóny sú schopné naďalej si plniť svoju materiálovú funkčnosť bez významného obmedzenia ich životnosti. Pri nekontrolovanom požiari by sme dospeli k totálnemu zničeniu tunela. Virgolo obnovil svoju auto prevádzku do 3 dní po veľkopokuse, keď sa vyčistil na “civilizovanú” úroveň.

Pred samotným veľkopokusom sme realizovali laboratórne skúšky verifikujúce odolnosť vybraných striekaných betónov proti pôsobeniu teploty až do 1 000 °C. Po nich sme vykonali

Tabuľka 5 Popisy skúšaných parametrov a aktivít, aplikovaných metód a spoluriešiteľských organizácií

| Opis parametra a aktivity                 | Skúšanie/Metódy | Organizácia                                                     |
|-------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------|
| Meranie teploty<br>v striekaných betónoch | Termočlánky     | <b>AUTOBRENNERO</b><br><b>technický koordinátor</b><br>IKI, SGK |

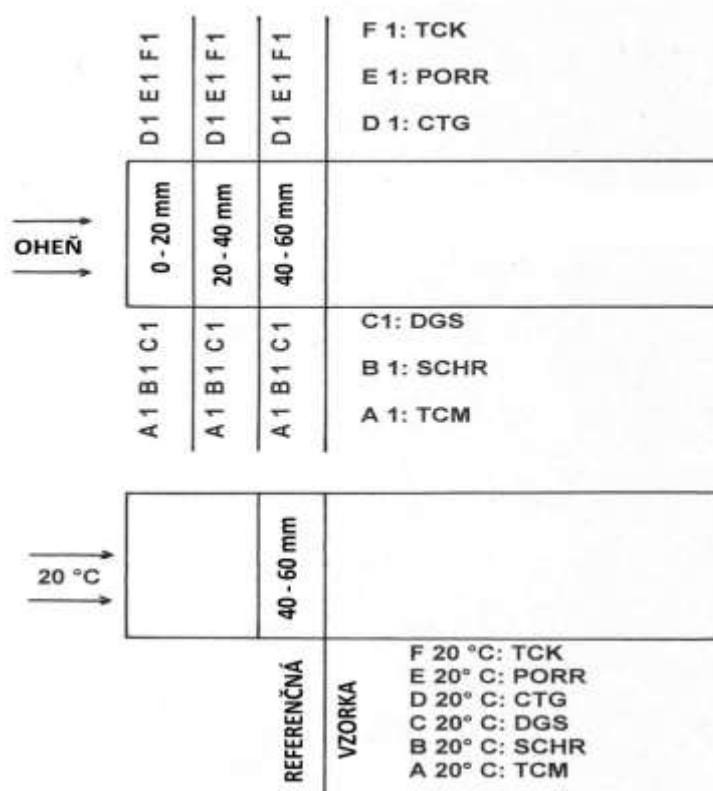
|                                                                                                    |                                           |                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Protipožiarna inštalácia na tunelovú zátku (tunnel plug)                                           | Balónová priehrada                        | LINDSTRAND                                                         |
| Protipožiarna inštalácia na vodnú hmlu (water mist)                                                | Voda                                      | FOGTEC/SEMCO                                                       |
| Protipožiarna inštalácia na vodnú bariéru (water shield)                                           | Vodná stena (water wall)                  | APT                                                                |
| Inštalácia signalizačného systému vzniku požiaru                                                   | Signálny systém                           | AUTOBRENNERO<br>GIFAS, SWAREPLEX                                   |
| Zmeny fáz<br>1. po ohreve na 1 000°C<br>2. po ohreve v minituneli<br>3. po uskutočnení veľkopokusu | RTG TG-DTA<br>Optická mikroskopia         | <b>ÚSTARCH SAV</b><br><b>vedecký koordinátor</b><br>(Ivan Janotka) |
| Pórová štruktúra a priepustnosť striekaného betónu pri skúškach podľa 1., 2., a 3                  | Ortuťová porozimetria                     | ÚSTARCH SAV                                                        |
| Pórová štruktúra a ďalšia Mikroštruktúrna analýza                                                  | SN 562162/1<br>švajčiarska norma          | SGK                                                                |
| Odolnosť proti ohňu                                                                                | Laboratórne skúšky na ohňovzdornosť       | IKI, SGK                                                           |
| Pevnosť v tlaku a ťahu pri ohybe<br>Statický modul pružnosti                                       | Na kockách a trámoch                      | ÚSTARCH SAV<br>a TU KOŠICE                                         |
| Lomová energia a pevnosť v tlaku a pri ohybe                                                       | Kocky a trojbodová ohybová skúška, trámce | BOKU - IKI                                                         |
| Čistenie striekaného betónu po veľkopokuse                                                         | Vysokotlaková vodná vodná tryska          | AUTOBRENNERO                                                       |

d ďalšiu prípravnú skúšku v “minituneli”, ktorý demonštroval zmenšenú kópiu skutočného tunela. Na skúšky (mechanické, chemické) sme použili jadrové valcové vývrty zo striekaného betónu odobraté pre tento účel po simulovanom požiari v tuneli Virgolo spolu s referenčnými vzorkami rovnakého pôvodu, ale ošetrovanými mimo tunela pri teplote  $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ . Výsledky rozhodujúceho významu sumarizujú spoločné záverečné správy projektu [92 až 95]. Vek striekaných betónov nezávisle od spôsobu ich expozície bol v dobe vykonávania skúšok približne 90 dní. Pozornosť sme orientovali najmä na priame a nepriame účinky teploty vzduchu v tuneli a na s nimi súvisiace zmeny jednotlivých parametrov pórovej štruktúry a relevantných koeficientov priepustnosti. Nové zistenia prekonalí doterajšie poznatky zo skúšok betónu z jadrových elektrární. Obrázok 3 špecifikuje metodický postup pri skúškach vzoriek striekaného betónu z veľkopokusu. Jednotlivé vzorky sme podrobnejšie identifikovali zmenami v mikroštruktúre a pórovej štruktúre po 20 mm vrstvách vyrezaných z valcových jadier o priemere 100 mm. Výsledky podrobne dokumentuje Dizertačná práca. Skúšobné vzorky striekaného betónu sme označili podľa jednotlivých výrobcov nasledovným spôsobom: A (TECNOCHEM), B (SCHRETTTER), C (DEGUSSA), D (CTG ITALCEMENTO), E (PORR) a F (THERMAL CERAMICS).

Pre bližšiu špecifikáciu materiálových charakteristík sa vzorky rozdelili do štyroch skupín:

- 1) Vzorky predstavujúce povrchovú vrstvu 0-20 mm, ktorá bola priamo ovplyvnená zvýšenou teplotou (212 ° C) a potom pri hasení vodnou hmlou (vodou).
- 2) Vzorky získané z hĺbky 20 až 40 mm, ktoré boli nepriamo ovplyvnené zvýšenou teplotou.
- 3) Vzorky z hĺbky 40 až 60 mm ktoré mohli byť zanedbateľne nepriamo ovplyvnené zvýšenou teplotou, až neovplyvnené.
- 4) Referenčné vzorky (40-60 mm ref), ktoré predstavujú striekaný betón uložený pri laboratórnej teplote ( $20 \pm 1$  °C), pričom pri tejto hĺbke sa neuvažuje s ovplyvnením mikroštruktúry a pórovej štruktúry karbonatizáciou.

**Valcové vývrty striekaného betónu z tunela Virgolo**



Obrázok 3 Metodika odberu vzoriek striekaných betónov z tunela Virgolo na rekognoskáciu mikroštruktúry a pórovej štruktúry

Z tohto pohľadu je možné určiť a porovnať vplyv externého pôsobenia teploty na pórovú štruktúru striekaného betónu porovnaním porozimetrických údajov vzoriek v príslušných skupinách **I** a **II**:

**I.** vzorky teplotne nepriamo exponovanej vrstvy 40 až 60 mm striekaného betónu oproti teplotne priamo exponovanej povrchovej vrstve 0 až 20 mm, čo predstavuje *priamy vplyv*

zvýšenej teploty počas simulácie požiaru a následného chladenia vodnou hmlou (vodou) na povrchovú vrstvu striekaného betónu.

**II.** referenčné vzorky striekaného betónu z hĺbky 40 až 60 mm ošetrované pri  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$  oproti teplotne nepriamo exponovanej vrstve 40 až 60 mm z veľkopokusu, čo dokumentuje *nepriamy vplyv teploty v hlbšej vrstve bez priameho účinku chladenia vodnou hmlou (vodou) pri ochladzovaní striekaného betónu.*

### Vyhodnotenie priameho a nepriameho účinku teploty

**I.** *Priamy účinok teploty a vody (40-60 mm oproti povrchovým 0-20 mm priamo vystaveným ohňu a potom chladeniu vodnou hmlou - vodou)*

Tabuľka 6 dokazuje, že vplyv zvýšenej teploty na maximálnu hodnotu  $212^\circ\text{C}$  iniciuje zhrubnutie pórovej štruktúry povrchovej vrstvy oproti vnútornej vrstve, pričom za zmeny jednoznačného charakteru možno považovať najmä zvýšenie celkového objemu pórov ( $V_{TP}$ ) a celkovej pórovitosti (TP) pri súčasnom znížení objemovej hmotnosti (BD). Stav pórovej štruktúry striekaného betónu z povrchovej priamo exponovanej vrstvy 0 až 20 mm je mierne zhoršený v porovnaní so striekaným betónom vo vrstve 40 až 60 mm. Zmeny koeficientu priepustnosti kopírujú preukázané zhrubnutie (zväčšenie pórov), ale nie jednoznačne. Pozorované zmeny v pórovej štruktúre sú relatívne malé a môžu sa vysvetľovať aj tvorbou mikrotrhlín pri teplotách s maximom  $212^\circ\text{C}$ , najmä za reálneho predpokladu odlišnej tepelnej rozťažnosti cementovej matrice a kameniva.

**I.** *Nepriamy účinok teploty (referenčných 40-60 mm pri  $20^\circ\text{C}$  oproti 40-60 mm bez priameho účinku teploty a chladenia vodnou hmlou pri ochladzovaní striekaného betónu).*

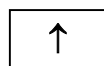
Tabuľka 7 zreteľne dokumentuje, že striekané betóny podľa nepriameho vplyvu pôsobenia teploty  $212^\circ\text{C}$  na pórovú štruktúru sa principiálne rozdeľujú do dvoch skupín: Prvú skupinu predstavujú striekané betóny A až C, pri ktorých nepriamy vplyv zvýšenej teploty bez následného účinku chladením vodnou hmlou (vodou) spôsobuje dokonca zjemnenie pórovej

Tabuľka 6 Identifikované zmeny v parametroch pórovej štruktúry ako následok priameho účinku teploty vzduchu  $212^\circ\text{C}$  na povrchovú vrstvu striekaného betónu následne náhle ochladeného vodnou hmlou (vodou)

| Striekaný betón    | $V_{TP}$ | Macro | $M_{TP}$ | TP | BD | K |
|--------------------|----------|-------|----------|----|----|---|
| <b>A TECNOCHEM</b> | ↑        | ↑     | ↑        | ↑  | ↓  | ↓ |
| <b>B SCHRETER</b>  | ↑        | ↑     | ↓        | ↑  | ↓  | ↑ |
| <b>C DEGUSSA</b>   | ↑        | ↓     | ↑        | ↑  | ↓  | ↑ |

|                           |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|
| <b>D CTG ITALCEMENTO</b>  | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↓ | ↑ |
| <b>E PORR</b>             | ↑ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | ↓ |
| <b>F THERMAL CERAMICS</b> | ↑ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ |

Vysvetlenie skratiek v záhlaví Tabuľky 6:  $V_{TP}$  – celkový objem pórov ( $\text{mm}^3/\text{g}$ ), Macro – podiel makropórov s polomerom nad 7 500 nm,  $M_{TP}$  – stredná hodnota (medián) polomeru všetkých pórov v rozsahu od 3,5 nm do 0,06 mm, TP - celková pórovitosť (%), BD - objemová hmotnosť ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), K – vypočítaný koeficient priepustnosti ( $\times 10^{-10} \text{ m/s}$ )



**NÁRAST** hodnoty sledovaného parametra

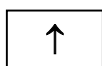


**POKLES** hodnoty sledovaného parametra

Tabuľka 7 Identifikované zmeny v parametroch pórovej štruktúry ako následok nepriameho účinku teploty vzduchu 212 °C na podpovrchovú vrstvu striekaného betónu bez následného chladenia vodnou hmlou (vodou)

| Striekaný betón           | $V_{TP}$ | Macro | $M_{TP}$ | TP | BD | K |
|---------------------------|----------|-------|----------|----|----|---|
| <b>A TECNOCHEM</b>        | ↓        | ↓     | ↑        | ↓  | ↑  | ↑ |
| <b>B SCHRETER</b>         | ↓        | ↑     | ↓        | ↓  | ↑  | ↑ |
| <b>C DEGUSSA</b>          | ↓        | ↑     | ↓        | ↓  | ↑  | ↓ |
| <b>D CTG ITALCEMENTO</b>  | ↑        | ↑     | ↓        | ↑  | ↓  | ↑ |
| <b>E PORR</b>             | ↑        | ↑     | ↑        | ↑  | ↓  | ↑ |
| <b>F THERMAL CERAMICS</b> | ↑        | ↑     | ↓        | ↑  | ↓  | ↓ |

Vysvetlenie skratiek: vid' Tabuľku 6



**NÁRAST** hodnoty sledovaného parametra



**POKLES** hodnoty sledovaného parametra

štruktúry: celkový objem pórov ako aj celková pórovitosť sa znižujú pri zvýšení objemovej hmotnosti. Stav pórovej štruktúry striekaného betónu s nepriamym účinkom teploty bez následného rýchleho chladenia sa mierne zlepšuje, ale nie podstatne. Relevantná zmena koeficientu priepustnosti nadväzuje na zjemnenie pórovej štruktúry (zahustenie) vo vzorke striekaného betónu C. Druhú skupinu tvoria striekané betóny D až F, pri ktorých rovnaký vplyv pôsobiacej teploty evokuje jemné zhrubnutie pórovej štruktúry: celkový objem pórov a celková pórovitosť sa zvýšia pri znížení objemovej hmotnosti. Stav pórovej štruktúry sa v tomto prípade mierne zhoršuje, ale nie podstatne. Relevantná zmena koeficientu priepustnosti úplne zodpovedá tomuto zhoršeniu pri striekanom betóne D a E.

Výsledky rozhodujúceho významu získané pri simulovaní požiaru v diaľničnom tuneli Virgolo pri ekvivalente požiarneho zaťaženia 20 MW, odpovedajúceho horeniu nákladniaku alebo autobusu sumarizujeme nasledovne:



- 1) Všetkých šesť vzoriek striekaného betónu vystavených zvýšenej teplote vzduchu na maximálnu hodnotu 212 °C a následnému ochladeniu na  $(20 \pm 1)$  °C preukazuje taký vážny potenciál hydratovanej fázy, ktorý naďalej zaisťuje ich technicky významné vlastnosti.
- 2) Vzniknuté mikrotrhliny vyskytujúce sa na povrchu striekaných betónov sú dôsledkom odlišného teplotného správania sa hydratovanej cementovej matrice a kameniva. Ich ďalšie rozširovanie v bežných environmentálnych podmienkach sa počas nášho skúmania nezistilo a preto sa nepredpokladá ani v budúcnosti.
- 3) Všetky striekané betóny sa vyznačujú dobre vyvinutou, hutnou pórovou štruktúrou. Kvalitatívne parametre pórovej štruktúry pri pôsobení teploty 212 °C a po ochladení vodnou hmlou na  $(20 \pm 1)$  °C úzko korelujú so stanovenými parametrami pórovej štruktúry rovnakých striekaných betónov trvale ošetrovaných v laboratóriu pri teplote  $(20 \pm 1)$  °C.
- 4) Priepustnosť striekaných betónov po simulovanom požiari a ošetrovaných v ideálnych laboratórnych podmienkach je rádovo rovnaká ( $\times 10^{-10}$ ) m/s, zatiaľ čo pri teplote 1 000 °C, simulujúcej nekontrolovateľný požiar je o 1 až 2 poriadky vyššia v dôsledku evidentného degradačného poškodenia mikroštruktúry.
- 5) Získané výsledky potvrdili predchádzajúce vedecké poznatky prof. Gabriela A. Khouryho a naše poznatky získané štúdiom vlastností betónu vystavenému agresívnemu pôsobeniu teplôt do 800 °C v projekte CEC-PECO 1992 a 1993. Cementová matrica betónu je reálne schopná odolať degradačnému účinku do úrovne pôsobenia kritickej teploty 400 °C bez evidentného poškodenia mikroštruktúry a pórovej štruktúry.
- 6) Všetkých šesť striekaných betónov splňuje vysoké materiálové a technologické nároky, ktoré sa dnes kladú na kvalitu striekaného betónu ako jedného zo súboru všetkých opatrení potrebných pre protipožiarnu ochranu tunela z hľadiska bezpečnosti cestujúcich a prevádzky.
- 7) Dokázali sme technickú odôvodnenosť dodatočnej protipožiarnej ochrany existujúcich tunelov za použitia moderných oheň-monitorujúcich a oheň-zahášajúcich technických zariadení tak, že rozvinutie požiaru sa utlmí relatívne rýchlo po jeho vzniku, pričom teplota vzduchu s priamym kontaktom na striekaný betón neprevýši vedecky odôvodnenú kritickú hodnotu 400 °C.

- 8) Striekaný betón alebo betón degraduje s ťažkou ujmov na kvalite mikroštruktúry a pórovej štruktúry pri vystavení teplote 1 000 °C simulujúcej skutočný požiar a následnom ochladení na 20 °C.

## 6. ZÁVERY DÔLEŽITÉ PRE ĎALŠÍ ROZVOJ VEDY A PRAX

### 6.1 Jadrové elektrárne

Popri verifikovaní rozhodujúcich technicky významných vlastností betónu z obálky reaktora jadrovej elektrárne (JE) Temelín (ČR), Mochovce (SR) a Penly (Francúzsko) v rámci projektu EÚ CEC/PECO 1992 a 1993, *prínos práce dôležitý pre ďalší rozvoj vedy* spočíva v stanovení reakčného mechanizmu štruktúrálnej degradácie betónu a v určení vzájomných súvislostí medzi obsahom vody viazanej v hydratačných produktoch cementu, mediánom polomeru pórov resp. celkovou pórovitosťou a pevnosťou v tlaku. V betónoch vystavených teplote do 800 °C som ako vedecké nóvum stanovil a zhodnotil priame vzťahy medzi koeficientom priepustnosti betónu z JE a obsahom viazanej vody, mediánom polomeru pórov a pevnosťou v tlaku. Formuloval som dôležitý záver, že priepustnosť betónu je rovnako dôležitý kvalitatívny parameter rozsahu jeho štruktúrálnej degradácie ako dovtedy zaužívané posudzovanie iba reziduálnou pevnosťou. Určil som maximálne dosiahnuteľnú teplotu pôsobenia na betón 400 °C, pri ktorej betón ešte nepodlieha takej štruktúrálnej degradácii, ktorá predstavuje pre jeho ďalšiu trvanlivosť a životnosť po vychladnutí na 20 °C už kritický fyzický stav. Hodnotu 400 °C deklarujem ako **kritickú teplotu**. Dopátrali sme sa k rovnakému poznatku ako prof. Gabriel A. Khoury z Imperial College, Londýn, neskorší vedecký garant projektu UPTUN.

*Hlavný prínos pre prax* znamená určenie kritickej teploty 400 °C ako hornej limitnej teploty, pri pôsobení ktorej si betón ešte udrží mechanické úžitkové vlastnosti (pevnosť v tlaku, statický modul pružnosti), stav mikroštruktúry a pórovej štruktúry na úrovni spôsobilej pre jeho ďalšiu dlhodobú životnosť v konštrukcii bez potreby náročnej sanácie po teplotnom zaťažení. Jeden zo vstupných, pevne zakotvených technických parametrov pri neskoršom požiarom veľkopokuse v tuneli Virgolo bola podmienka uhasenia simulovaného ohňa tak, aby teplota vzduchu s priamym kontaktom na povrch striekaných betónov neprevýšila kritickú hodnotu 400 °C.

### 6.2 Diaľničný tunel

*Prínos práce dôležitý pre ďalší rozvoj vedy* spočíva vo vypracovaní *Jednotnej metodiky skúšania degradácie betónu pri pôsobení zvýšených teplôt a ohňa* na základe výsledkov vlastného výskumu, [viď časť 11, Príloha 1]. Aplikačný projekt UPTUN poznatkovo a

skúsenostne nadviazal na viac zameraný výskum do základnej oblasti v CEC-PECO programoch. V spolupráci so zahraničnými výrobcami betónu sme pripravili na laboratórne skúšky vzorky striekaného betónu, ktoré sme vystavili ohrevu v laboratórnej peci pri teplote pôsobenia 1 000 °C. Zrealizovali sme laboratórne mechanické skúšky, štúdium degradácie mikroštruktúry v laboratórnych podmienkach pri referenčnej teplote 20 °C a 1 000 °C, skúšky z minitunela, predstavujúceho zmenšený model tunela Virgolo a skúšky z veľkovýpalu diaľničného tunela Virgolo. **Skúšky striekaných betónov z veľkovýpalu tunela Virgolo som koordinoval na medzinárodnej úrovni** (viď časť 11, Príloha 2 ATR výkaz projektu UPTUN).

**Ďalšie dôležité prínosy pre rozvoj vedy** špecifikujú nasledovné skutočnosti:

- 1) Pri teplotnej záťaži pôsobiacej na striekaný betón treba rovnako ako v cementovej matrici verifikovať materiálové charakteristiky samotného kameniva a jeho vplyv na chovanie striekaného betónu.
- 2) Pri navrhovaní receptúry striekaného betónu treba klásť dôraz na výber cementu, kameniva, prímiesí, prísad a vláknitej výstuže. Týmto spôsobom dokážeme navrhnúť optimálnu receptúru striekaného betónu so zvýšenou odolnosťou proti účinku vysokých teplôt a ohňa. Hore uvedené tvrdenia platia aj pre liaty či prefabrikovaný betón.
- 3) Koeficient priepustnosti betónu klasifikujem ako významný parameter štruktúrálnej integrity betónu. Tento parciálny záver plne podporuje predchádzajúce zistenie z CEC-PECO, že priepustnosť betónu predstavuje kľúčový hodnotiaci parameter jeho štruktúrálnej integrity a budúcej trvanlivosti/životnosti po teplotnej záťaži.
- 4) Degradácia betónu vysokou teplotou alebo ohňom sa najlepšie definuje v súčinnosti stanovenia a porovnania jeho reziduálnej pevnosti a statického modulu pružnosti, stavu mikroštruktúry a pórovej štruktúry a koeficienta priepustnosti, pre ktorý súbor vedeckých vyhodnotení som zaviedol nový pojem **Index štruktúrálnej kvality-  $I_{sq}$** .
- 5) Optimálne degradačné zhodnotenie betónu vysokou teplotou alebo ohňom sa funkčne špecifikuje nasledovne: *dosiahnutý stupeň degradácie betónu* = f (*Index štruktúrálnej kvality*).
- 6) Hodnoty *Indexu štruktúrálnej kvality* betónu závisia predovšetkým od priameho účinku vysokej teploty/ohňa a zaháňajúcej vody v kontakte s povrchovou vrstvou striekaného betónu (betónu) a tiež od nepriameho účinku vysokej teploty/ohňa v nižších pod povrchových vrstvách betónu.
- 7) Zmeny priameho a nepriameho účinku teploty na *Index štruktúrálnej kvality* som špecifikoval pre šesť druhov navrhnutého a priemyselne zhotoveného striekaného

betónu. Parametre stanovenej pórovej štruktúry, ako jedného sledovaného indikátora, ktoré rozhodujúcim spôsobom determinujú *Index štruktúrálna kvality* sú: objem všetkých pórov a mikropórov v betóne, podiel makropórov s polomerom nad 7 500 nm, stredná veľkosť (medián) polomeru všetkých pórov a mikropórov, celková pórovitosť a objemová hmotnosť betónu vystavenému účinku vysokej teploty.

- 8) Súbor šiestich striekaných betónov s odlišnosťami v materiálovom zložení a rozsah vykonaných skúšok umožňujú reálne predpokladať už dostatočne hodnoverný štatistický súbor, na základe ktorého sa môžu získané poznatky zovšeobecňovať; v blízkej budúcnosti možno len ťažko očakávať podobný alebo ešte väčší realizačný pokus ako ten uskutočnený v tuneli Virgolo.
- 9) Zhodnotenie fyzického a chemického stavu betónu *Indexom štruktúrálna kvality* vykonávan v rámci realizačného výskumu pre prax, súdnoznaleckých posudkov prezentovaných TSÚS a APVV projektu zameraného na rekognoskáciu fyzického a chemického stavu konštrukčného betónu na 100 ročných mostoch, teda aj pre iné expozičné podmienky konštrukčného betónu ako predstavuje pôsobenie vysokých teplôt.

Celospoločenský prínos práce pre prax možno sumarizovať nasledovne:

- 1) Preukázali sme takú úroveň technickej vyspelosti, s ktorou dokážeme realizovať technické opatrenia, ktoré minimalizujú intenzitu požiaru v tuneli s výrazným eliminovaním fatálnych udalostí a škôd na majetku. Technickou a funkčnou súčinnosťou oheň-monitorujúcich a ohen-zahášajúcich zariadení inštalovaných v tuneli a optimálnymi materiálovými a technologickými opatreniami pri aplikácii striekaného betónu sa dosiahne technicky prijateľné poškodenie tunela bez potreby rozsiahlej sanácie alebo kompletnej rekonštrukcie tunela.
- 2) Súbor navrhnutých a veľkopokusne odskúšaných opatrení v tuneli garantuje uhasenie vznikajúceho ohňa po jeho vzniku do niekoľkých desiatok minút, pričom maximálna teplota vzduchu s kontaktom na priamo exponovaný povrch striekaného betónu sa pohybuje v rozmedzí 212 °C (simulácia horenia nákladiaku alebo autobusu – 20 MW) až 335 °C (simulácia horenia kamiónu – 30 MW). Priame pôsobenie teploty vzduchu na povrch striekaného betónu je o 188 °C resp. o 65 °C pod kritickou teplotou 400 °C.
- 3) Potvrdil som kvalitatívny stav pórovej štruktúry striekaných betónov po simulovanom požiari na úrovni blízkej stavu pórovej štruktúry pri uložení v ideálnom referenčnom prostredí ( $20 \pm 1$ ) °C. Tento poznatok je dôležitý pre budúcu životnosť betónu.

- 4) Po účinku teploty medzi 200 až 400 °C odporúčam pravidelnejšie monitorovať fyzický stav striekaného betónu v tuneli, prípadne viac poškodené časti v alebo blízko centra uhaseného požiaru renovovať sanačnou maltou alebo jeho povrch penetrovať nepriepustným náterom. Oproti následkom nekontrolovateľného požiaru, ktorý vedie k totálnemu zničeniu tunela, opísané technicky a materiálovo zrealizované riešenie protipožiarnej ochrany tunela znamená významný prínos k celoeurópskej technickej a celospoločenskej objednávke v blízkej budúcnosti.

## **7. LITERATÚRA**

1. Concrete and the Environment, Prepared by a Working Party of The Concrete Society's Materials Group Concrete Vol. 35, 2001, No. 8, pp. 39-46.
2. International RILEM Workshop on Life Prediction and Ageing Management of Concrete Structures, Reported by Dan J. Naus and Michael W. Johnston, Materials and Structures, Vol. 32, 2001, No. 242, pp. 458-466.
3. Aitcin, P.-C.: Cements of yesterday and today. Concrete of tomorrow, Cement and Concrete Research Vol. 30, 2000, No. 9, pp. 1349-1359.
4. Dhir, R.K., Tittle, P.A. J., McCarty, M.J.: Role of cement content in specification for durability of concrete - a review, Concrete, Vol. 34, 2000, No. 10, pp. 68-76.
5. Neville, A. M.: Consideration of Durability of Concrete Structures Past, Present and Future, Materials and Structures, Vol. 34, 2001, No. 236, pp. 114-118.
6. Bournazel, J.P., Moranville, M.: Durability of Concrete. The Crossroad between Chemistry and Mechanics, Cement and Concrete Research, Vol. 27, 1997, No. 10, pp. 1543-1552.
7. Caijun, S., Jimenez, A.F., Palomo, A.: New Cements for 21<sup>th</sup> century: the pursuit of an alternative to Portland cement, Cement and Concrete Research, Special Issue: 13<sup>th</sup> International Congress on the Chemistry of Cement, Vol. 41, 2011, No. 7, pp. 750 - 763.
8. Schneider, M., Romer, M., Tschudin, M., Bolio, H.: Sustainable cements production – present and future, Cement and Concrete Research, Special Issue: 13<sup>th</sup> International Congress on the Chemistry of Cement, Vol. 41, 2011, No. 7, pp. 642 - 650.
9. Tasong, W.A., Cripps, J.C., Lynsdale, C.J.: Aggregate-Cement Chemical Interactions, Cement and Concrete Research, Vol. 28, 1998, No. 7, pp. 1037-1048.
10. Neville, A., Aitcin, P.-C.: High Performance Concrete-an overview, Materials and Structures, Vol. 31, 1998, No. 206, pp. 111-117.
11. Litzner, H.-V., Becker, A.: Design of concrete structures for durability and strength, to Eurocode 2, Materials and Structures, Vol. 32, 1999, No. 219, pp. 323-330.

12. Phan, L. T., Lawson, J. R., Daris, F. L.: Effects of elevated temperature exposure on heating characteristics, spalling and residual properties of high performance concrete, *Materials and Structures*, Vol. 34, 2001, No. 236, pp. 83-92.
13. Castillo, C., Durrani, A. J.: Effect of Transient High Temperature on High-Strength Concrete, *ACI Materials Journal*, Vol. 87, 1990, No. 1, pp. 47-53.
14. Larrard, F., Belloc, A.: The Influence of Aggregate on the Compressive Strength of Normal and High-Strength Concrete, *ACI Materials Journal*, Vol. 94, 1997, No. 5, pp. 417-426.
15. Patel, H.H., Bland, C.H., Poole, A.B.: The Microstructure of Concrete Cured at Elevated Temperatures, *Cement and Concrete Research*, Vol. 25, 1995, No. 3, pp. 485-490.
16. Riley, M.A.: Possible new method for the assessment of fire-damaged concrete, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 43, 1991, No. 155, pp. 87-92.
17. Nassif, A.Y., Burley, E., Radgen, S.: A new quantitative method of assessing fire damage to concrete structures, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 47, 1995, No. 172, pp. 271-278.
18. Cetin, A., Carrasquillo R. L.: High-Performance Concrete. Influence of Coarse Aggregates on Mechanical Properties, *ACI Materials Journal*, Vol. 95, 1998, No. 3, pp. 252-261.
19. Wei-Ming Lin, Lin, T.D., Couche-Powers, L.J.: Microstructure of Fire-Damaged Concrete, *ACI Materials Journal*, Vol. 93, 1996, No. 3, pp. 199-205.
20. Tasong, W.A., Lynsdale, C.J., Cripps, J.C.: Aggregate-cement paste interface Part I. Influence of aggregate geochemistry, *Cement and Concrete Research*, Vol. 29, 1999, No. 9, pp. 1019-1025.
21. Chan, S.Y.N., Peng, G.F., Anson, M.: Fire Behaviour of High-Performance Concrete Made with Silica Fume at Various Moisture Contents, *ACI Materials Journal*, Vol. 96, 1999, No. 8, pp. 403-409.
22. Kalifa, P., Menneteau, F-D., Quenard, D.: Spalling and pore pressure in HPC at high temperatures, *Cement and Concrete Research*, Vol. 30, 2000, No. 12, pp. 1915-1927.
23. Saad, M., Abo-El-Enein, S. A., Hanna, G. B., Kotkata, M. F.: Effect of Temperature on Physical and Mechanical Properties of Concrete Containing Silica Fume, *Cement and Concrete Research*, Vol. 26, 1996, No. 5, pp. 669-675.
24. Xuli Fu, Chung, D. D. L.: Effect of Admixtures on Thermal and Thermo-mechanical Behaviour of Cement Paste, *ACI Materials Journal*, Vol. 96, 1999, No. 4, pp. 455-461.
25. Poon Ch-S., Azhar, S., Anson, M., Wong, Y-L.: Comparison of the strength and durability performance of normal-and high-strength pozzolanic concretes at elevated temperatures, *Cement and Concrete Research*, Vol. 31, 2001, No. 9, pp. 1291-1300.

26. Shuttleworth, P.: Fire protection of precast concrete tunnel linings on the Channel Tunnel Rail Link, *Concrete*, Vol. 35, 2001, No. 4, pp. 38-39.
27. Purisms, J.A.: High-strength concrete and five, *Concrete*, Vol. 34, 2000, No. 3, pp. 49-50.
28. Kalifa, P., Menneteau, F-D., Quenard, D.: Spalling and pore pressure in HPC at high temperatures, *Cement and Concrete Research*, Vol. 30, 2000, No. 12, pp. 1915-1927.
29. Kalifa, P., Chéné, G., Gallé, C.: High-temperature behaviour of HPC with polypropylene fibres. From spalling to microstructure, *Cement and Concrete Research*, Vol. 31, 2001, No. 10, pp. 1487-1499.
30. Fibrin, A.K.: Polypropylene fibres reduce explosive spalling in fire, *Concrete*, Vol. 35, 2001, No. 4, pp. 40-41.
31. Handoo, S.K., Agarwal, S., Agarwal, S.K.: Physicochemical, mineralogical and morphological characteristics of concrete exposed at elevated temperatures, *Cement and Concrete Research*, Vol. 32, 2002, No. 7, pp. 1009-1018.
32. Lhang, B., Bicanic, N., Pearce, C.J., Phillips, D.V.: Relationship between brittleness and moisture loss of concrete exposed to high temperatures, *Cement and Concrete Research*, Vol. 32, 2002, No. 3, pp. 363-371.
33. Luo, X., Sun, W., Chan, Y.N.: Residual compressive strength and microstructure of high performance concrete after exposure to high temperature. *Materials and Structures*, Vol. 33, 2000, No. 229, pp. 294-298.
34. Chan, S.Y.N., Peng, G., Chan, J.K.W.: Comparison between high strength concrete and normal strength concrete subjected to high temperature, *Materials and Structures*, Vol. 29, 1996, No. 194, pp. 616-619.
35. Ehm, C., Schneider, V.: The high temperature behaviour of concrete under biaxial conditions, *Cement and Concrete Research*, Vol. 15, 1985, No. 1, pp. 27-34.
36. Janotka, I., Nürnbergerová, T.: Concrete behaviour in reactor envelope of a nuclear power plant at temperatures up to 200°C, *The Arabian Journal for Science and engineering*, Vol. 24, 1999, No. 18, 19-32.
37. Janotka, I., Nürnbergerová, T.: Concrete behaviour in Mochovce reactor envelope at temperatures up to 200°C, *Building Research Journal*, Vol. 47, 1999, No. 2, 143-161.
38. Janotka, I., Nürnbergerová, T.: Thermo-mechanical properties of Penly reactor envelope at temperatures up to 200°C, *Materials and Structures*, Vol. 32, 1999. No. 224, 719-726.
39. Janotka, I., Nürnbergerová, T., Nad', L.: Behaviour of high-strength concrete with dolomitic aggregate at high temperatures, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 52, 2000, No. 6, 399-409.

40. Janotka, I., Nürnbergerová, T.: Effect of temperature on structural quality of the cement paste and high-strength concrete with silica fume, *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 235, 2005, No. 8, pp. 2019 – 2032.
41. Janotka, I., Mojumdar, S.C.: Thermal analysis at the evaluation of concrete damage by high temperatures, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 81, 2005, No.1, pp. 197-203.
42. Janotka, I., Nürnbergerová, T.: Effect of temperature on structural quality of high-strength concrete with silica fume, (súčasť Národnej správy SR na fib kongrese o betóne a predpätom betóne, október 2002, Osaka), *Inžinierske stavby*, Vol. 50, 2002 No. 2, 2002, pp. 6 – 11.
43. Khoury, G.A.: Compressive strength of concrete at high temperatures: a reassessment, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 44, 1992, No. 161, pp. 291-309.
44. Diederichs, V., Schneider, V.: Bond strength at high temperatures, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 33, 1981, No. 115, pp. 75-84.
45. Poon, Ch-S., Azhar, S., Anson, M., Wong, Y-L.: Strength and durability recovery of fire-damaged concrete after post-fire-curing, *Cement and Concrete Research*, Vol. 31, 2001, No. 9, pp. 1307-1318.
46. Sarja, A.: Durability design of concrete structures-Committee report 130-CSL, *Materials and Structures*, Vol. 33, 2000, No. 225, pp. 14-20.
47. RILEM TC 129-MHT: Test methods for mechanical properties of concrete at high temperatures, *Recommendations*, Part 4: Tensile strength for service and accident conditions, *Materials and Structures*, Vol. 32, 2000, No. 33, pp. 219-223.
48. Schneider, V.: Properties of materials at temperatures-Concrete, RILEM-Report 44-PHT, 2<sup>nd</sup> edition, Kassel, June 1986.
49. RILEM TC 129-MHT: Test methods for mechanical properties of concrete at high temperatures, *Recommendations*, Part 1: Introduction, Part 2: Stress-strain relation, Part 3: Compressive strength for service and accident conditions. *Materials and Structures*, Vol. 28, 1995, No. 181, pp. 410-414.
50. RILEM TC 129-MHT: Tests methods for mechanical properties of concrete at high temperatures, *Recommendations*: Part 5 - Modulus of elasticity
51. RILEM TC 129-MHT: Tests methods for mechanical properties of concrete at high temperatures, *Recommendations*: Part 6 - Thermal strain
52. RILEM TC 129-MHT: Tests methods for mechanical properties of concrete at high temperatures, *Recommendations*: Part 7 - Transient creep.



53. RILEM TC 129-MHT: Tests methods for mechanical properties of concrete at high temperatures, Recommendations: Part 8 - Steady - state creep and creep recovery.
54. RILEM TC 129-MHT: Tests methods for mechanical properties of concrete at high temperatures, Recommendations: Part 9 - Shrinkage.
55. RILEM TC 129-MHT: Tests methods for mechanical properties of concrete at high temperatures, Recommendations: Part 10 – Restraint.
56. RILEM TC 129-MHT: Tests methods for mechanical properties of concrete at high temperatures, Recommendations: Part 11 - Relaxation
57. Short, N.R., Purkiss, J.A., Guise, I. E.: Assessment of fire damaged concrete using colour image analysis, *Construction and Building Materials*, Vol. 15, 2001, No. 1, pp. 9-15.
58. Bo Wu, Xiao-ping Su, Hui Li, Jie Yuan: Effect of High Temperature on Residual Mechanical Properties of Confined and Unconfined High-Strength Concrete, *ACI, Materials Journal*, Vol. 99, 2002, No. 4, pp. 399-407.
59. Chan, S.Y.N., Lou, X., Sun, W.: Effect of high temperature and cooling regimes on the compressive strength and pore properties of high performance concrete, *Construction and Building Materials*, Vol. 14, 2000, No. 5, pp. 261-266.
60. Chan, S.Y.N., Lou, X., Sun, W.: Compressive strength and pore structure of high-performance concrete after exposure to high temperature up to 800 °C, *Cement and Concrete Research*, Vol. 30, 2000, No. 2, pp. 247-251.
61. Chan, Y.N., Peng, G.F., Anson, M.: Residual strength and pore structure of high-strength concrete after exposure to high temperature, *Cement and Concrete Composites*, Vol. 21, 1999, No. 1, pp. 23-27.
62. Phan, L.T.: Fire performance of high-strength concrete, a report of the state-of-the-art, NISTIR 5934, Dec. 1996, 57-58 (web information).
63. El-Hawary, M.M., Hamoush, S.A.: Bond shear modulus of reinforced concrete at high temperatures, *Engineering Fracture Mechanics*, Vol. 55, 1996, No. 6, pp. 991-999.
64. El-Hawary, M.M., Hamoush, S.A.: Bond shear modulus of reinforced concrete at high temperatures, *Engineering Fracture Mechanics*, Vol. 55, 1996, No. 6, pp. 991-999.
65. Zhang, B., Bicanic, N., Pearce, Ch.C., Philips, D.V.: Relationship between brittleness and moisture loss of concrete exposed to high temperatures, *Cement and Concrete Research*, Vol. 32, 2002, No. 3, pp. 363-371.
66. Abdel-Fattah, H., Hamoush, S.A.: Variation of the fracture toughness of concrete with temperature, *Construction and Building Materials*, Vol. 11, 1997, No. 2, pp. 105-108.

67. Branch, J., Rawling, A., Hannant, D.S., Mulheron, M.: The effects of fibres on the plastic shrinkage cracking of high strength concrete, *Materials and Structures*, Vol. 35, 2002, No. 247, pp. 189-194.
68. Thienel, K.-Ch., Rostásy, F.S.: Transient creep of concrete under biaxial stress and high temperature, *Cement and Concrete Research*, Vol. 26, 1996, No. 9, pp. 1409-1422.
69. Grattan-Bellew, P.E.: Microstructural investigations of deteriorated Portland cement concretes, *Construction and Building Materials*, Vol. 10, 1996, No. 1, pp. 3-16.
70. Vydra, V., Vodák, F., Kapičková, O., Hošková, Š.: Effect of temperature on porosity of concrete for nuclear-safety structures, *Cement and Concrete Research*, Vol. 31, 2001, No. 7, pp. 1023-1026.
71. Janotka, I., Bágel', L.: Pore structures, permeabilities and compressive strengths of concrete at temperatures up to 800 °C, *ACI Materials Journal*, Vol. 90, 2002, No. 2, pp. 196-200.
72. Kim, J.J., Jeon, S.E., Kim, J.K.: Development of new device for measuring thermal stresses, *Cement and Concrete Research*, Vol. 32, 2002, No. 10, pp. 1645-1651.
73. Flynn, D.R.: Response of high performance concrete to fire condition: review of thermal property data and measurement techniques, NIST GCR 99-767, Final report, Dec. 1998 (web information).
74. Saad, M., Abo-El-Enein, S.A., Hanna, G.B., Kotkata, M.F.: Effect of silica fume on the phase composition and microstructure of thermally treated concrete, *Cement and Concrete Research*, Vol. 26, 1996, No. 10, pp. 1479-1484.
75. Cioni, P., Croce, P., Salvatore, W.: Assessing fire damage to r.c. elements, *Fire Safety Journal*, Vol. 36, 2001, No. 2, pp. 181-199.
76. El-Hawary, M.M., Ragab, A.M., Osman, K.M., Abd El-Razak, M.M.: Behaviour investigation of concrete slabs subjected to high temperatures, *Computers and Structures*, Vol. 61, 1996, No. 2, pp. 345-360.
77. Shin, K.Y., Kim, S.B., Kim, J.H., Chung, M., Jung, P.S.: Thermo-physical properties and transient heat transfer of concrete at elevated temperatures, *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 212, 2002, No. 1-3, pp. 233-241.
78. Yamazaki, N.: Structural behaviour to reinforced concrete structures at high temperatures, *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 156, 1995, No. 1-2, pp. 121-138.
79. Khoury, G.A., Majorana, C.E.: Introduction. Course on Effect of Heat on Concrete, 9-13 June 2003, Udine, Italy.
80. Alonso, C., Andrade, C., Castellone, M. and Khoury, G.A.: Microstructure-Solid Phases. Course on Effect of Heat on Concrete, 9-13 June 2003, Udine, Italy.

81. Alonso, C., Andrade, C., Khoury, G.A.: Porosity and Microcracking. Course on Effect of Heat on Concrete, 9-13 June 2003, Udine, Italy.
82. Andrade, C., Alonso, C., Khoury, G.A.: Microstructure and Moisture. Course on Effect of Heat on Concrete, 9-13 June 2003, Udine, Italy.
83. Andrade, C., Alonso, C., Khoury, G.A.: Relating Microstructure to Properties. Course on Effect of Heat on Concrete, 9-13 June 2003, Udine, Italy.
84. Khoury, G. A.: Testing Conditions. Course on Effect of Heat on Concrete, 9-13 June 2003, Udine, Italy.
85. Khoury, G., Majorana, C.E.: Thermo-Hydral Behaviour. Course on Effect of Heat on Concrete, 9-13 June 2003, Udine, Italy.
86. Khoury, G.A.: Creep and Shrinkage. Course on Effect of Heat on Concrete, 9-13 June 2003, Udine, Italy.
87. Khoury, G.A.: Stress-Strain Behaviour. Course on Effect of Heat on Concrete, 9-13 June 2003, Udine, Italy.
88. Khoury, G.A.: Spalling. Course on Effect of Heat on Concrete, 9-13 June 2003, Udine, Italy.
89. Khoury, G.A.: Applications-Fire and Assessment. Course on Effect of Heat on Concrete, 9-13 June 2003, Udine, Italy.
90. Bergmeister, K., Haack, A., Matousek, M.: Tunnelsicherheit, Betonkalender; Artikel: VII, 2005, S. 519 ff, Ernst Sohn,
91. Bergmeister, K. UPTUN project, Test report-Virgl/Virgolo tunnel, No. 875-05-004, Institute of Structural Engineering, Vienna, 2005, 88 p.
92. Bergmeister, K. et al.: UPTUN project, WorkPackage 6 Report: State of the Art Report on Full Scale Testing of Tunnels under Fire, August 2003, 143 p.
93. Bergmeister, K. et al.: UPTUN project, Workpackage 6 Report: Real scale tunnel fire tests – Virgl/Virgolo tunnel, Bozen/Bolzano, February 2005, 180 p.
94. UPTUN project, Workpackage 6 Report: Innovative shotcrete mixtures under high temperatures, December 2005, 302 p.
95. Bergmeister et al: UPTUN project, WorkPackage 6 Report: Recommendations on upgrading of existing European tunnels. Guidance for protective systems in case of fire in tunnels, December 2005, 15 p.
96. Eurokód 2 EN 1992-1-2 Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1.2 Navrhovanie na účinky požiaru (Design of concrete structures. Part 1.2 Structural fire design).

97. STN EN 206-1: 2002 Betón. Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda. Zmena: A1 - 11/04, A2 - 9/05, NA - 6/09 a jej oprava O1 - 10/11 (Concrete. Part 1: Specification, performance, production and conformity).

## 8. SUMMARY

This Dissertation Work is concerned by the results of structural degradation of concrete used at Temelín (Czech Republic), Mochovce (Slovakia), and Penly (France) nuclear power plants between temperature load 40°C and 800°C and six novel shotcrete types used in the large scale fire test in the motorway tunnel Virgolo near to Bolzano (Italy).

These scientific contributions have been found decisive during our studies:

- 1.) The temperature-dependent concrete damage is influenced by the cement content and its quality, volume of the admixture and the addition, type, quality of the aggregates including its grading, and volume of the superplasticizer that has to be fully compatible with the cement employed. To make high-durable concrete, it is essential to have precisely proposed high-performance concrete or shotcrete mixture composition and high-quality control of inputting materials and concrete-making procedure.
- 2.) Thermal analysis (TG-DTA) with a close connection with mercury intrusion porosimetry (MIP) resulting in calculated permeability coefficient on the basis of the measured pore structure variables together with the measured Young's (static) modulus of elasticity and strength values are suitable techniques for the evaluation of the concrete structural integrity when exposed to high-temperature attack. All methods give reliable and mutually consistent results.

- 3.) The temperature load of 400 °C is stated as the critical, this temperature has to be not exceeded for maintaining residual properties of high-performance concrete still suitable for next long service life.
- 4.) The assessed compressive strength, Young's modulus of elasticity values with TG - DTA and MIP evaluations covering also permeability coefficients mean together a new parameter showing complex structural quality deterioration of concrete and shotcrete exposed to the temperature load, which is called Index of structural quality.

These practical contributions have been found important during our studies:

- 5.) The installed technical precautions (fire-monitoring and fire-suppressing devices) and the proposed shotcrete mixture compositions proved quick fire suppress within a couple of minutes without exceeding the critical temperature for concrete 400 °C at 10, 20 and 30 MW fire equivalent data simulating firing the large car, truck/bus and lorry (camion).
- 6.) Six novel shotcrete types have sufficient supply of binding hydrate phase and still well-developed pore structure after exposing to suppressed fire during large-scale fire test. The formed qualitative parameters of pore structures at the maxima of achieved temperature loads of 212 °C (20 MW) and 335 °C (30 MW) are more similar by important parameters to that found at  $(20 \pm 1)$  °C in a laboratory.

## 9. ZUSAMMENFASSUNG

Diese Dissertation beschäftigt sich mit den Ergebnissen struktureller Degradation von Konstruktionsbetonen von Kernkraftwerken, welche in Temelín (Tschechische Republik), Mochovce (Slowakei) und Penly (Frankreich) einer Temperaturbelastung von 40°C bis 800°C ausgesetzt waren sowie weiteren sechs neuen Spritzbetonsorten, welche während einer umfangreichen Brandstreckenprüfung im Autobahntunnel Virgolo nahe Bozen (Italien) verwendet wurden. Folgende wissenschaftliche Erkenntnisse konnten im Zuge dieser Forschungsarbeit gewonnen werden:

- 1.) Die temperaturabhängige Schädigung des Betons wird sowohl von Zementgehalt und -qualität, als auch von Art und Dosierung von Betonzusatzstoffen, der Gesteinsart, Qualität und Kornverteilung der verwendeten Gesteinskörnung sowie der Menge des verwendeten Fließmittels beeinflusst. Letzteres sollte dabei eine hohe Kompatibilität mit der verwendeten Zementart aufweisen. Um einen äußerst langlebigen Beton herstellen zu können, sind die Ausarbeitung einer sorgfältig abgestimmten Betonzusammensetzung für die diversen Hochleistungs- oder Spritzbetonarten, eine umfassende Qualitätskontrollen der einzelnen Komponenten sowie ein optimiertes und überwachtes Herstellungsverfahren unerlässlich.

- 2.) Mittels thermischer Analysen (TG-DTA), in Verbindung mit Quecksilber-Intrusionsporosimetrie-Messungen (MIP), konnten Permeabilitätskoeffizienten auf Basis der gemessenen Porenstrukturkennwerte ermittelt werden. Gemeinsam mit den ermittelten statischen E-Moduln sowie den Festigkeitswerten der unterschiedlichen Betonsorten erhält man ein geeignetes Verfahren zur qualitativen Zustandsbeurteilung von Betonstrukturen, welche einer Hochtemperaturbelastung ausgesetzt wurden. Alle genannten Methoden lieferten verlässliche und untereinander vergleichbare Ergebnisse.
- 3.) Eine Temperaturbelastung von 400°C kann als kritisch angesehen werden; diese Temperatur darf nicht überschritten werden, da ansonsten die Gebrauchstauglichkeit von Hochleistungsbetonen und deren Lebensdauer negativ beeinflusst werden.
- 4.) Die Einzelparаметer Druckfestigkeit und E-Modul können gemeinsam mit den Daten aus TG-DTA- sowie MIP-Analyse, welche auch die Ermittlung von Permeabilitätskoeffizienten beinhaltet, zu einer neuen Kennzahl zusammengefasst werden. Dies ermöglicht die Zustandsbeurteilung des komplexen Schädigungsgrades der Betonstruktur und kann als Qualitätsindex einer vorliegenden Betonstruktur mit spezifischem Schädigungsgrad herangezogen werden (Index of structural quality).

Folgende praktische Erkenntnisse konnten aus der Studie gewonnen werden:

- 5.) Die technischen Vorkehrungen (Brandüberwachung und Brandschutzeinrichtungen) sowie die vorgeschlagene Spritzbetonzusammensetzung zeigten eine rasche Brandbekämpfungswirkung innerhalb weniger Minuten, ohne die kritische Temperatur von 400°C bei einer Brandlast von 10, 20 und 30 MW, was dem Abbrennen eines größeren Autos, Kleinlastwagen/Busses bzw. LKWs entspricht, zu überschreiten.
- 6.) Die sechs neu entwickelten Spritzbetonarten zeigten auch nach einem großräumigen Brandversuch noch einen ausreichenden Anteil an Hydratphasen und eine gut entwickelte Porenstruktur. Die bei einer Temperaturbelastung von 212°C (20 MW) und 335°C (30 MW) ausgebildeten Porenstrukturen zeigten eine deutliche Ähnlichkeit im Unterschied zu der unter Standardlaborbedingungen (20±1°C) entwickelten Porenstruktur der jeweiligen Betonsorte.

## 10. RESUMEN

Este trabajo de Tesis presenta los resultados de la degradación estructural del hormigón utilizado en las plantas de energía nuclear de Temelín (República Checa), Mochovce (Eslovaquia) y Penly (Francia), trabajando en el rango de temperatura entre 40 °C y 800 °C y con seis tipos nuevos de hormigón proyectado utilizados en un ensayo al fuego a gran escala en el túnel de la autopista Virgolo cerca de Bolzano (Italia).

Las principales contribuciones científicas que se han derivado de nuestros estudios son:

- 1.) La relación deterioro del hormigón-temperatura depende del contenido de cemento y de su calidad, el volumen de aditivo y de la adición, del tipo y la calidad de los áridos, incluyendo su tamaño de partícula, y del volumen o contenido del superplastificante, que tiene que ser totalmente compatible con el cemento empleado. Para fabricar un hormigón de elevada durabilidad es esencial tener una dosificación precisa de este hormigón de altas prestaciones o del hormigón proyectado, un buen control de la calidad de los materiales empleados y del proceso de preparación del hormigón.
- 2.) A través del análisis térmicos (TG-DTA) con una estrecha conexión con la porosimetría de intrusión de mercurio (MIP) se obtienen valores del coeficiente de permeabilidad sobre la base de las medidas de la estructura de poro; esto junto con las medidas del módulo de elasticidad de Young (estático) y los valores de resistencia son parámetros adecuados para la evaluación de la calidad estructural de hormigón cuando se expone a altas temperaturas. Todos los métodos dan resultados fiables y coherentes entre sí.

- 3.) La temperatura de 400 °C se considera crítica; esta temperatura no puede ser excedida para mantener las propiedades residuales del hormigón de altas prestaciones y que pueda seguir manteniendo una larga vida útil.
- 4.) La evaluación de la resistencia a la compresión, los valores de módulo de elasticidad de Young, los datos obtenidos a través de TG-DTA y MIP, con los coeficientes de permeabilidad junto a un nuevo parámetro que muestra el complejo deterioro estructural de la calidad del hormigón y el hormigón proyectado expuesto a altas temperaturas, define un índice que se denomina Índice de calidad estructural.

Las siguientes importantes contribuciones prácticas se han derivado de nuestros estudios:

- 5.) Los sistemas de seguridad instalados (vigilancia contra el fuego y dispositivos de supresión de incendios) y las composiciones de las mezclas de hormigón proyectado diseñado proveen de una rápida (par de minutos) supresión de incendios, sin sobrepasar la temperatura crítica para el hormigón de 400 °C a 10, 20 y 30 MW de fuego simulando en coches grandes, camiones y autobuses.
- 6.) Los seis nuevos tipos de hormigones proyectados mantienen suficiente fase hidratada así como una estructura porosa bien desarrollada después de su exposición al fuego durante los test de fuego a gran escala. Las estructuras porosas formadas en las máximas cargas de temperatura a 212 °C (20 MW) y 335 °C (30 MW) son parecidas a parámetros encontrados a  $(20 \pm 1)$  °C en laboratorio.

## 11. ZOZNAM PRÍLOH

**Príloha 1** Zoznam vlastných záverečných prác na projekte UPTUN (2002 – 2006), „Cost - effective, sustainable and innovative upgrading methods for fire safety in existing tunnels“

1. Janotka, I. et al: Task 6.1 Report: The information from previous tests (FIT, DARTS, Sirtaki, Eureka, Memorial Tunnel tests etc.) in Eastern Europe, ICASA Bratislava, (ICASA = ÚSTARCH SAV), May 2003.
2. Janotka, I. et al: Task 6 State - of - Art Report: Analysis of the state of affairs in materials behaviour, testing, modelling and standardization of concrete exposed to high temperatures and fire, ICASA Bratislava July 2003, (This report was elaborated on the basis of international collaboration).
3. Janotka, I. et al: Task 6.2 Report: **Methods for testing and evaluation procedures of concrete at the ambient and high temperatures**, ICASA Bratislava, April 2004, (= Metodika).
4. Janotka, I. et al: Task 6.3 Progress Report I: Mechanical properties of the concrete at 20 °C and residual concrete properties after heating to 1 000 °C, ICASA Bratislava, June 2005.
5. Janotka, I. et al: Task 6.3 Progress Report II: Microstructure development of the concrete (binding matrix and aggregates) at 20 °C and 1 000 °C, ICASA Bratislava, July 2005.

6. Janotka, I. et al: Task 6.3 Progress Report III: Microstructure development of the concrete from minitunnel test (specimens of series S) and concrete from railroad track (specimens of series T – Virgolo tunnel), ICASA Bratislava, October 2005.
7. Janotka, I. et al: Task 6.3 Progress Report IV: Microstructure assessment of concrete specimens (mineralogical composition, porosity and permeability) from large-scale fire test in Virgolo tunnel, ICASA Bratislava, January 2006.

**Príloha 2** ATR (Activity – Task – Research) list pre veľkovýpal tunela Virgolo, Bolzano

|                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Task 6-3: <b>DEMONSTRATION AFTER UPGRADING</b>                                                                                                                                                                                                           |                                |                                                                                               |
| WorkPackage                                                                                                                                                                                                                                              | <b>WP6</b>                     | Task/Activity <b>6-3</b>                                                                      |
| Task/Activity Leader                                                                                                                                                                                                                                     | <b>ICASA/BRENNERO</b>          | Partners <b>TNO, ENEA, NBL, FOGTEC, SEMCO, CTG, LINDSTRAND, TRAFICON, CETu, FSD, CERVENKA</b> |
| Dependency from                                                                                                                                                                                                                                          | <b>WP1, WP2, WP3, WP4, WP5</b> | Dependency to <b>WP7, feedback to WP1-4</b>                                                   |
| <b>Objectives</b>                                                                                                                                                                                                                                        |                                |                                                                                               |
| To investigate the innovative measures in realistic configurations and combinations to determine their actual beneficial effect.                                                                                                                         |                                |                                                                                               |
| To gather validation information for the models developed in the other workpackages.                                                                                                                                                                     |                                |                                                                                               |
| <b>Technical content</b>                                                                                                                                                                                                                                 |                                |                                                                                               |
| <b>ICASA:</b> collect the results of the tests realised in the real-scale fire simulation; produce the report to be delivered; coordinate the Task                                                                                                       |                                |                                                                                               |
| BRENNERO: provide input from Task 6-1; provide a tunnel for the fire simulation; coordinate the real-scale fire simulation in tunnel; provide assistance on behaviour control of technical installations applied in the fire simulation                  |                                |                                                                                               |
| TNO: provide for quality control (reviewer)                                                                                                                                                                                                              |                                |                                                                                               |
| ENEA: provide assistance on behaviour control of the fire simulation                                                                                                                                                                                     |                                |                                                                                               |
| NBL: provide assistance on behaviour control of fire technologies applied in the fire simulation                                                                                                                                                         |                                |                                                                                               |
| FOGTEC: provide assistance on behaviour control of fire suppression systems applied in the fire simulation                                                                                                                                               |                                |                                                                                               |
| SEMCO: provide assistance on behaviour control of technical installations applied in the fire simulation                                                                                                                                                 |                                |                                                                                               |
| CTG: provide fire resistant materials to be tested in the fire simulation; provide assistance on behaviour control of concrete applied in the fire simulation; provide assistance on behaviour control of anchors and connections in the fire simulation |                                |                                                                                               |
| LINDSTRAND: provide inflatable structures to be tested in the fire simulation; provide assistance on behaviour control of fire isolating systems applied in the fire simulation                                                                          |                                |                                                                                               |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                   |                                                                               |                    |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| TRAFICON: provide input from Task 6-1; provide assistance on behaviour control of monitoring and detecting devices applied in the fire simulation<br>CETu: provide assistance on control of emergency procedures and communication systems applied in the fire simulation<br>FSD: provide assistance on control behaviour of fire detection and suppression systems applied in the fire simulation<br>CERVENKA: provide the structural analysis of the tunnel and analyse the behaviour of concrete structures applied in the fire simulation |                   |                                                                               |                    |                    |
| <i>Results and deliverables</i><br>D6.3-Report: Validation report on theoretical model of WP5, month 42.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |                                                                               |                    |                    |
| <i>Resources and Costs</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |                                                                               |                    |                    |
| <i>partner</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <i>man months</i> | <i>Labour costs</i>                                                           | <i>other costs</i> | <i>total costs</i> |
| 1. ICASA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 5,0               | EURO                                                                          | EURO               | EURO               |
| 2. BRENNERO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 6,0               | €                                                                             | €                  | €                  |
| 3. TNO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,2               | .....                                                                         | .....              | .....              |
| 4. ENEA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,0               | .....                                                                         | .....              | .....              |
| 5. NBL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2,0               | .....                                                                         | .....              | .....              |
| 6. FOGTEC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3,3               | .....                                                                         | .....              | .....              |
| 7. SEMCO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4,1               | .....                                                                         | .....              | .....              |
| 8. CTG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 8,0               | .....                                                                         | .....              | .....              |
| 9. Lindstrand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4,0               | .....                                                                         | .....              | .....              |
| 10. TRAFICON                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4,5               | .....                                                                         | .....              | .....              |
| 11. CETu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2,5               | .....                                                                         | .....              | .....              |
| 12. FSD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2,5               | .....                                                                         | .....              | .....              |
| 13. CERVENKA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3,0               | .....                                                                         | .....              | .....              |
| total                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 46,1              | .....                                                                         | .....              | .....              |
| <i>Start date:</i> 01/12/04                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                   | <i>End date:</i> <i>draft report</i> 31/01/06<br><i>final report</i> 28/02/06 |                    |                    |

## 12. ZOZNAM PUBLIKÁCIÍ EVIDOVANÝCH VO WOS A CITÁCIÍ aktualizovaný k 13. 5. 2014

- 1.) Krajci, L., JANOTKA, I., Puertas, F., Palacios, M., Kuliffayova, M.: Long-term properties of cement composites with various metakaolinite content. CERAMICS-Silikaty, Vol. 57, 2013, No. 1, pp. 74-81.

Citácie z WOS: -

- 2.) Kuliffayova, M., Krajci, L., JANOTKA, I., Smatko, V.: Thermal behaviour and characterization of cement composites with burnt kaolin sand. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 108, 2012, No. 2, pp. 425-432.

Citácie z WOS: 3 ×

Wongkeo, W., Thongsanitgam, P., Chindaprasirt, P., Chaipanich, A.: Thermogravimetry of ternary cement blends. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 113, 2013, No. 3, pp. 1079-1090.

Ciobanu, C., Lazau, I., Pacurariu, C.: Investigation of the cellulose ethers on the Portland cement hydration by thermal analysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 112, 2013, No. 1, pp. 325-330.

Ciobanu, C., Lazau, I., Pacurariu, C.: Investigation regarding the effect of viscosity modifying admixtures upon the Portland cement hydration using thermal analysis, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 112, 2013, No. 1, pp. 331-338.

- 3.) Frankovska, J., Andrejkovicova, S., JANOTKA, I.: Effect of NaCl on hydraulic properties of bentonite and bentonite-palygorskite mixture. *Geosynthetics International*, Vol. 17, 2010, No. 4, pp. 250-259.

Citácie z WOS: 5 ×

Galambos, M., Dano, M., Rosскопfova, O., Sersen, F., Kufcakova, J., Adamcova, R., Rajec, P.: Effect of gamma-irradiation on adsorption properties of Slovak bentonites. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. Vol. 292, 2012, No.2, pp. 481-492.

Galambos, M., Suchanek, P., M., Rosскопfova, O.: Sorption of anthropogenic radionuclides on natural and synthetic inorganic sorbents. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 293, 2012, No. 2, pp. 613-633.

Galambos, M., Osacky, M., Rosскопfova, O., Krajniak, A., Rajec, P.: Comparative study of strontium adsorption on dioctahedral and trioctahedral smectites. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 293, 2012 no. 3, p. 889-897.

Galambos, M., Magula, M., Dano, M., Osacky, M., Rosскопfova, O., Rajec, P.: Comparative study of caesium adsorption on dioctahedral and trioctahedral smectites. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 293, 2012 no. 3, p. 829-837.

Galambos, M., Rosскопfova, O., Kufcakova, J., Rajec, P.: Utilization of Slovak bentonites in deposition of high-level radioactive waste and spent nuclear fuel. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 288, 2011, No. 3, pp. 765-777.

- 4.) Krajci, L., Mojumdar, S. C., Kuliffayova, M., JANOTKA, I.: Microstructure of Portland cement mortar amended by burnt kaolin sand. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 100, 2010, No. 3, pp. 779-787.

Citácie z WOS: 1 ×

Zhang, T. S., Yu, Q. J., Wei, J. X., Li, J. X.: Investigation on mechanical properties, durability and microstructural development of steel slag blended cements. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 110, 2012, No. 2, pp. 663-639.

- 5.) JANOTKA, I., Puertas, F., Palacios, M., Kuliffayova, M., Varga, C.: Metakaolin sand-blended-cement pastes: Rheology, hydration process and mechanical properties. *Construction and Building Materials*, Vol. 24, 2010, No. 5, p. 791-802.

Citácie z WOS: 12 ×

Sepulcre A. A., Pinilla M. J., Hernandez O. F.: Microstructural analysis of aerated cement pastes with fly ash: Metakaolin and sepiolite additions. *Construction and Building Materials*, Vol. 47, Oct.2013, p. 282-292.

Rashad, A. M.: Metakaolin as cementitious material: History, sources, production and composition - A comprehensive overview. *Construction and Building Materials*, Vol. 41, Apr. 2013, pp. 303-318.

Frias, M.; Garcia, R.; Vigil de la Villa, R., Villar, E.: The effect of binary pozzolan mix on the mineralogical changes in the ternary activated paper sludge-fly ash-Ca(OH)<sub>2</sub> system. *Construction and Building Materials*, Vol. 38, Jan. 2013, pp. 48-53.

Pentrak, M., Madejova, J., Andrejkovicova, S., Uhlik, P., Komadel, P.: Stability of kaolin sand from the Vysny Petrovec deposit (south Slovakia) in an acid environment. *Geologica Carpathica*, Vol. 63, 2012, No. 6, pp. 503-512.

Tydlitat, V., Zakoutsky, J., Volfova, P., Cerny, R.: Hydration heat development in blended cements containing fine-ground ceramics. *Thermochimica Acta*, Vol. 543, Sep. 2013, pp. 125-129.

Mansour, M. S., Abadlia, M. T., Jauberthie, R., Messaoudene, I.: Metakaolin as a pozzolan for high-performance mortar. *Cement-Wapno-Beton*, Vol. 17, 2012, No. 2, pp.: 102 - +.

Chai, Y., Bai, P., Liu, Z., Feng, F., Qiu, Y., Gong, C., Tian, Y.: Preparation and Properties of C<sub>2</sub>AS-CAS<sub>2</sub> Composite Pavement Bricks. Edited by Zhang, H. M., Wu, B. Conference: International Symposium on Chemical Engineering and Materials Properties (ISCMP 2011), Shenyang, China, November 04-06, 2011. Chemical Engineering and Materials Properties, PTS 1 and 2, Book Series: *Advanced Materials Research*, Vol. 391-392, Part: 1-2, 2012, pp. 457-461.

Frias, M., Vigil de la Villa, R., Sanchez de Rojas, M. I., Medina, C., Juan Valdes, A.: Scientific Aspects of Kaolinite Based Coal Mining Wastes in Pozzolan/Ca(OH)<sub>2</sub> System. *Journal of the American Ceramic Society*, Vol. 95, 2012, No. 1, pp. 386-391.

Khater, H. M.: Influence of Metakaolin on Resistivity of Cement Mortar to Magnesium Chloride Solution. *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 23, 2011, No. 9, pp.1295-1301.

Siddique, R., Khan, M. I.: Metakaolin. Book Authors: Siddique, R., Khan, M. I., Supplementary Cementing Materials, Book Series: *Engineering Materials*, 2011, pp. 175-230.

Martinez-Reyes, J., Alavez-Ramirez, R., Montes-Garcia, P., Jimenez-Quero, V.: Mineralogical effect on the pozzolanic reactivity of a Mexican lacustrine soil. Conference: 5<sup>th</sup> Kumamoto International Workshop on Fracture, Acoustic Emission and Nondestructive Evaluation in Concrete (KIFA-5), Kumamoto, Japan, September 17-18, 2009. *Construction and Building Materials*, Vol. 24, 2010, No. 12, Special Issue: SI, pp. 2650-2657.

Khater, H. M.: Influence of Metakaolin Resistivity of Cement Mortar to Magnesium Chloride Solution. *CERAMICS-Silikaty*, Vol. 54, 2010, No. 4, pp. 325-333.

- 6.) JANOTKA, I., Puertas, F., Palacios, M., Varga, C., Krajci, L.: Metakaolin sand – a promising addition for Portland cement. *Materiales de Construcción*, Vol. 60, 2010, No. 298, p. 73-88. Citácie WOS: ×

Citácie z WOS: 1 ×

Frias, M., Savastano, H., Villar, E., de Rojas, M. I. S., Santos, S.: Characterization and properties of blended cement matrices containing activated bamboo leaf wastes. *Cement and Concrete Composites*, Vol. 34, 2012, No. 9, pp. 1019-1023.

- 7.) Mojumdar, S. C., Prasad, R., Sun, L., Venart, J.E. S., Eichhorn, S. H., Iqbal, M., Elkamel, A., Madhurambal, G., Meenakshisundaram, S., Varshney, K. G., Verenkar, V.M. S., Jona, E., JANOTKA, I., Ray, A., Chowdury, B.: An introduction to thermodynamic modelling, thermal analysis and calorimetry. *Research Journal of chemistry and environment*, Vol. 13, 2009, No. 4, pp. 86-103.

Citácie z WOS: 1 ×

Rishikeshi, S. N., Joshi, S.: Cu-ZnO nanocrystalites by aqueous thermolysis method. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 109, no. 3, 2012, pp. 1473-1479.

- 8.) Andrejkovicova, S., Rocha, F., JANOTKA, I., Komadel, P.: An investigation into the use of blends of two bentonites for geosynthetic clay liners. *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 26, 2008, No. 5, pp. 436-445.

Citácie z WOS: 10 ×

Galambos, M., Suchanek, P., Roszkopfova, O.: Sorption of anthropogenic radionuclides on natural and synthetic inorganic sorbents. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 293, 2012, No. 2, pp. 613-633.

Galambos, M., Dano, M., Roszkopfova, O., Sersen, F., Kufcaková, J., Adamcová, R., Rajec, P.: Effect of gamma-irradiation on adsorption properties of Slovak bentonites. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 292, 2012, No. 2, pp. 481-492.

Siemens, G., Take, W.A., Rowe, R.K., Brachman, R.W.I.: Numerical investigation of transient hydration of unsaturated geosynthetic clay liners. *Geosynthetics International*, Vol. 19, 2012, No. 3, pp. 232-251.

Beddoe, R. A.; Take, W. A., Rowe, R. K.: Water-Retention Behavior of Geosynthetic Clay Liners. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 137, 2011, No.11, pp. 1028-1038.

Galambos, M., Roszkopfova, O., Kufcaková, J., Rajec, P.: Utilization of Slovak bentonites of high-level radioactive waste and spent nuclear fuel. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 288, 2011, No. 3, pp. 765-777.

Beddoe, R. A., Take, W. A., Rowe, R. K.: Development of suction measurement techniques to quantify the water retention behaviour of GCLs. *Geosynthetics International*, Vol. 17, 2010, No. 5, pp. 301-312.

Bostwick, L., Rowe, R. K., Take, W. A., Brachman, R. W. I.: Anisotropy and directional shrinkage of geosynthetic clay liners. *Geosynthetics International*, Vol. 17, 2010, No. 3, pp. 157-170.

Galambos, M., Paucová, V., Kufcaková, J., Roszkopfova, O., Rajec, P., Adamcová, R.: Cerium sorption on bentonites and montmorillonite K10. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 284, 2010, No. 1, pp. 55-64.

Galambos, M., Kufcaková, J., Roszkopfova, O., Rajec, P.: Adsorption of caesium and strontium on natrified bentonites. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 283, 2010, No. 3, pp. 803-813.

Guyonnet, D., Touze-Foltz, N., Norotte, V., Pothier, C., Didier, G., Gailhanou, H., Blanc, P., Warmont, F.: Performance-based indicators for controlling geosynthetic clay liners in landfill applications. *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 27, 2009, No. 5, pp. 321-331

**9.) JANOTKA, I., Mojumdar S.C. Degree of hydration in cement paste and C<sub>3</sub>A - sodium carbonate-water systems. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 90, 2007, No. 3, pp. 645-652.**

**Citácie z WOS: 6 ×**

Ciobanu, C., Lazau, I. Pacurariu, C.: Investigation regarding the effect of viscosity modifying admixtures upon the Portland cement hydration using thermal analysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 112, 2013, No. 1, pp. 331-338.

Noor-Ul-Amin.: Use of clay as a cement replacement in mortar and its chemical activation to reduce the cost and emission of greenhouse gases. *Construction and Building Materials*, 2012, Vol. 34, Sep. 2012, pp. 381-384.

Jose Sanchez-Herrero, M., Fernandez-Jimenez, A., Palomo, A.: Alkaline Hydration of Tricalcium Aluminate. *Journal of the American Ceramic Society*, Vol. 95, 2012, No. 10, pp. 3317-3324.

Yao, Y., Yang, D. W., Zeng, J. L., Sun, L. X., Li, W. J.: Influences of fly ash and fluorgypsum on the hydration heat and compressive strength of cement. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 106, 2011, No. 3, pp. 869-874.

Yao, Y., Yang, D. W., Zeng, J. L., Sun, L. X., Li, W. J.: Influences of fly ash and fluorgypsum on the hydration heat and compressive strength of cement. Edited by Monteiro, S.N., Verhulst, D.E., Anyalebechi, P. N., Pomykala, J.A., Conference: Symposium of the Extraction-and-Processing-Division (EPD) held during 140<sup>th</sup> TMS Annual Meeting and Exhibition. San Diego, Canada, February 27- March 03, 2011. *EPD CONGRESS 2011*, 2011, pp. 1083-1090.

Tailby, J., MacKenzie, K. J. D.: Structure and mechanical properties of aluminosilicate geopolymer composites with Portland cement and its constituent minerals. *Cement and Concrete Research*, Vol. 40, 2010, No. 5, pp. 787-794.

- 10.) JANOTKA, I., Krajci, L.: Sulphate resistance and passivation ability of the mortar made from pozzolan cement with zeolite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 94, 2008, No. 1, pp. 7-14.**

**Citácie z WOS: 7 ×**

Valipour, M., Pargar, F., Shekarchi, M., Khani, S., Moradian, M.: In situ study of chloride ingress in concretes containing natural zeolite, metakaolin and silica fume exposed to various exposure conditions in a harsh marine environment. *Construction and Building Materials*, Vol. 46, Sep. 2013, pp. 63-70.

Snellings, R., Mertens, G., Adriaens, R., Elsen, J.: In situ synchrotron X-ray powder diffraction study of the early age hydration of cements blended with zeolite and quartzite fines and water-reducing agent. *Applied Clay Science*, Vol. 72, Feb. 2013, pp. 124-131.

Petkova, V., Stoyanov, V., Pelovski, Y.: TG-DTG-DTA in studying white self-compacting cement mortars. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 109, 2012, No. 2, pp. 797-806.

Zhang, T., Yu, Q., Wei, J., Li, J.: Investigation on mechanical properties, durability and micro-structural development of steel slag blended cements. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 110, 2012, No. 2, pp. 633-639.

Snellings, R., Mertens, G., Elsen, J.: Calorimetric evolution of the early pozzolanic reaction of natural zeolites. Conference: 17<sup>th</sup> Russian International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia, Russia, 2009, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 101, 2010, No. 1, pp. 97-105.

Gawlicki, M., Nocun-Wczelik, W., Bak, L.: Calorimetry in the studies of cement hydration. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 100, 2010, No.2, pp. 571-576.

Jerga, J., Krizma, M.: Mechanical Testing of Metallic Fibre Concrete. Edited by Kohoutkova, A., Conference: 5<sup>th</sup> International Conference Fibre Concrete, Prague, Czech Republic, September 17-18, 2009, *Fibre Concrete 2009: Technology, Design, Application*, 2009, pp. 111-117.

- 11.) Kostrab, G., Lovic, M., JANOTKA, I., Bajus, M., Mravec, D.: tert-Butylation of Diphenylamine over Zeolite Catalysts - Part 1: Catalyst screening and optimization of reaction conditions. *Applied Catalysis A - General* Vol. 235, 2008, No. 1, pp. 74-81,**

**Citácie z WOS: 5 ×**

Zhao, Z., Jin, R., Lin, X., Wang, G.: H3PW12O40/MCM-41 Mesoporous Solid Acids as Promising Catalysts for the Alkenylation of p-Xylene with Phenylacetylene. *Energy Sources Part A, Recovery Utilization and Environmental Effects*, Vol. 35, 2013, No. 18, pp.1761-1769.

Golubev, V. A., Sen, V. D.: Preparative syntheses of bis(4-tert-butylphenyl)aminoxyl. *Russian Journal of Organic Chemistry*, Vol. 49, 2013, No. 4, pp. 555-558.

Zhao, Z., Dai, Y., Bao, T., Li, R.Z., Wang, G.R.: Direct alkenylation of aromatics with phenylacetylene over supported H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub> catalysts as a clean and highly efficient approach to producing alpha-arylstyrenes. *Journal of Catalysis*, Vol. 288, Apr. 2012, pp. 44-53.

Zheng, C., Sun, X.: Low cost and non-surfactant synthesis of fluorinated alumina modified with magnesium for condensation of aniline to diphenylamine. *Journal of Fluorine Chemistry*, Vol. 135, Mar. 2012, pp. 373-378.

Tian, X., Xie, Y.S., Zuo, H.: 4-(p-Tolylamino)benzaldehyde. *Acta Crystallographica Section E – Structure Reports Online*, Part 11, Vol. 66, Nov 2010, pp. O2828-U283.

- 12.) Andrejkovicova, S., JANOTKA, I., Komadel, P.: Evaluation of geotechnical properties of bentonite from Lieskovec deposit, Slovakia. *Applied Clay Science*, Vol. 38, 2008, No. 3-4, pp. 297-303.**

**Citácie z WOS: 8 ×**

Melichova, Z., Hromada, L.: Adsorption of Pb<sup>2+</sup> and Cu<sup>2+</sup> Ions from Aqueous Solutions on Natural Bentonite. *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 22, 2013, No. 2, pp. 457-464.

Galambos, M., Magula, M. Dano, M., Osacky, M., Roskopfova, O., Rajec, P.: Comparative study of caesium adsorption on dioctahedral and trioctahedral smectites. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 293, 2012, No. 3, pp. 829-837.

Galambos, M., Osacky, M., Roskopfova, O., Krajnak, A., Rajec, P.: Comparative study of strontium adsorption on dioctahedral and trioctahedral smectites. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 293, 2012, No. 3, pp. 889-897.

Galambos, M., Suchanek, P., Roskopfova, O.: Sorption of anthropogenic radionuclides on natural and synthetic inorganic sorbents. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 293, 2012, No. 2, pp. 613-633.

Galambos, M., Roskopfova, O., Kufcakova, J., Rajec, P.: Utilization of Slovak bentonites of high-level radioactive waste and spent nuclear fuel. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 288, 2011, No. 3, pp. 765-777.

Gautier, M., Muller, F., Le Forestier, L., Beny, J. M., Guegan, R.: NH<sub>4</sub>-smectite: Characterization, hydration properties and hydromechanical behavior. *Applied Clay Science*, Vol. 49, Jul. 2010, No. 3, pp. 247-254.

Galambos, M., Paucova, V., Kufcakova, J., Roskopfova, O., Rajec, P., Adamcova, R: Cerium sorption on bentonites and montmorillonite K10. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 284, 2010, No. 1, pp. 55-64.

Galambos, M., Kufcakova, J., Roskopfova, O., Rajec, P.: Adsorption of caesium and strontium on natrified bentonites. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 283, 2010, No. 3, pp. 803-813.

- 13.) Kostrab, G., Lovic, M., JANOTKA, I., Bajus, M., Mravec, D.: tert-Butylation of Toluene with Isobutylene over Zeolite Catalysts: Influence of Water. *Applied Catalysis A: General*, Vol. 323, 2007 No. 30, pp. 210-218.**

**Citácie z WOS: 5 ×**

Xu, W., Miller, S. J., Agrawal, P. K., Jones, C. W.: Positive Effect of Water on Zeolite BEA Catalyzed Alkylation of Phenol with Propylene. *Catalysis Letters*, Vol. 144, Mar. 2014, No. 3, pp. 434-438.

Wang, Q., Fan, H., Wu, S., Zhang, Z., Zhang, P., Han, B.: Water as an additive to enhance the ring opening of naphthalene. *Green Chemistry*, Vol. 14, 2012, No. 4, pp. 1152-1158.

Nie, L., Resasco, D. E.: Improving carbon retention in biomass conversion by alkylation

of phenolics with small oxygenates. *Applied Catalysis A- General*, 2012, Vol. 447, 2012, pp. 14-21.

Smith, K., El-Hiti, G. A.: Use of zeolites for greener and more para-selective electrophilic aromatic substitution reactions. *Green Chemistry*, Vol. 13, 2011, No. 7, pp. 1579-1608.

Vivier, L., Duprez, D.: Ceria-Based Solid Catalysts for Organic Chemistry. *Chemsuschem*, Vol. 3 2010, No. 6, pp. 654-678.

- 14.) JANOTKA, I., Krajci, L., Mojumdar, S. C.: Performance of sulfoaluminate-belite cement with high C4A3 content. CERAMICS-Silikaty, 2007, Vol. 51, 2007, No. 2, pp 74-81.**

**Citácie z WOS: 9 ×**

Alvarez-Pinazo, G., Cuesta, A., Garcia-Mate, M., Santacruz, I., Losilla, E. R., Sanfelix, S. G., Fauth, F., Aranda, M. A. G., De la Torre, A. G.: In-situ early-age hydration study of sulfobelite cements by synchrotron powder diffraction. *Cement and Concrete Research*, Vol. 44, Feb. 2014, pp. 12-19.

Aranda, M. A. G., De la Torre, A. G.: Sulfoaluminate cement. Edited by Pacheco Torgal, F; Jalali, S; Labrincha, J. Eco-Efficient Concrete. Book Series: Woodhead Publishing Series in *Civil and Structural Engineering*, 2013, No. 42, pp. 488-522.

Chen, I. A., Hargis, C. W., Juenger, M. C. G.: Understanding expansion in calcium sulfoaluminate-belite cements. *Cement and Concrete Research*, Vol. 42, 2012, No. 1, pp. 51-60.

Alvarez-Pinazo, G., Cuesta, A., Garcia-Mate, M., Santacruz, I., Losilla, E. R., De la Torre, A. G., Leon-Reina, L., Aranda, M. A. G.: Rietveld quantitative phase analysis of Yeelimite-containing cements. *Cement and Concrete Research*, Vol. 42, 2012, No. 7, pp. 960-971.

Chen, I. A., Hargis, C. W., Juenger, M. C. G. Reply to the discussion of the paper Understanding expansion in calcium sulfoaluminate-belite cements by G. L. Valenti, M. Marroccoli, M. L. Pace, A. T., *Cement and Concrete Research*, Vol. 42, 2012, No. 11, pp. 1560-1562.

De la Torre, A. G., Cuberos, A. J. M., Alvarez-Pinazo, G., Cuesta, A., Aranda, M.A.G.: In situ powder diffraction study of belite sulfoaluminate clinkering. *Journal of Synchrotron Radiation*, Part 3, Vol. 18, May 2011, pp. 506-514.

Cuberos, A. J. M., De la Torre, A. G., Alvarez-Pinazo, G., Martin-Sedeno, M.C., Schollbach, K., Poellmann, H., Aranda, M.A.G.: Active Iron-Rich Belite Sulfoaluminate Cements: Clinkering and Hydration. *Environmental Science and Technology*, Vol. 44, 2010, No. 17, pp. 6855-6862.

Selcuk, N., Soner, I., Selcuk, E.: Synthesis of special cement with fluidised bed combustion ashes. *Advances in Cement Research*, Vol. 22, 2010, No. 2, pp. 107-113.

Martin-Sedeno, C., Cuberos, A. J. M., De la Torre, A. G., Alvarez-Pinazo, G., Ordonez, L. M., Gateshki, M., Aranda, M. A. G.: Aluminum-rich belite sulfoaluminate cements: Clinkering and early age hydration. *Cement and Concrete Research*, Vol. 40, 2010, No. 3, pp. 359-369.

- 15.) Krajci, L., JANOTKA, I., Kraus, I., Jamnicky, P. Burnt kaolin sand as pozzolanic material for cement hydration. CERAMICS-Silikaty, Vol. 51, 2007, No. 4, pp. 217-224.**

**Citácie z WOS: 6 ×**

Gawas, U. B., Mojumdar, S. C., Verenkar, V. M. S.: Ni<sub>0.5</sub>Mn<sub>0.1</sub>Zn<sub>0.4</sub>Fe<sub>2</sub>(C<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>3</sub> center dot 6N(2)H(4) precursor and Ni<sub>0.5</sub>Mn<sub>0.1</sub>Zn<sub>0.4</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticle. Conference: 18<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian-Thermal-Analysis-Society, Mississauga, Canada,

May 13-14, 2008, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 96, 2009, No. 1, pp. 49-52.

Gonsalves, L. R., Verenkar, V. M. S., Mojumdar, S. C.: Preparation and characterization of  $\text{Co}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2(\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_4)(3)$  center dot  $6\text{N}(2)\text{H}(4)$ . Conference: 18<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian-Thermal-Analysis-Society, Mississauga, Canada, May 13-14, 2008, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 96, 2009, No. 1, pp. 53-57.

Madhurambal, G., Subha, R., Mojumdar, S. C.: Crystallization and thermal characterization of calcium hydrogen phosphate dihydrate crystals. Conference: 18<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian-Thermal-Analysis-Society, Mississauga, Canada, May 13-14, 2008, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 96, 2009, No. 1, pp. 73-76.

Vasudevan, G., AnbuSrinivasan, P., Madhurambal, G., Mojumdar, S.C.: Thermal analysis, effect of dopants, spectral characterisation and growth aspects of KAP crystals. Conference: 18<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian-Thermal-Analysis-Society, Mississauga, Canada, May 13-14, 2008, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 96, 2009, No. 1, pp. 99-102.

Bylina, I., Trevani, L., Mojumdar, S. C., Tremaine, P., Papangelakis, V. G.: Measurement of reaction enthalpy during pressure oxidation of sulphide minerals. Conference: 18<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian-Thermal-Analysis-Society, Mississauga, Canada, May 13-14, 2008, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 96, 2009, No. 1, pp. 117-124.

More, A., Verenkar, V. M. S., Mojumdar, S. C.: Nickel ferrite nanoparticles synthesis from novel fumarato-hydrazine precursor. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 94, 2008, No. 1, pp. 63-67.

- 16.) Kostrab, G., Mravec, D., Bajus, M., JANOTKA, I., Sugi, Y., Cho, S. J., Kim, J. H.: tert-Butylation of Toluene over Mordenite and Cerium-modified Mordenite Catalysts. *Applied Catalysis A: General*, Vol. 299, 2006, p. 122-130.

#### Citácie z WOS: 7 ×

Chen, L., Shi, L.: Study on Activated Bentonite Applied to tert-Butylation of Toluene. *China Petroleum Processing and Petrochemical Technology*, Vol. 13, 2011, No. 1, pp. 38-44.

Smith, K., El-Hiti, G. A.: Use of zeolites for greener and more para-selective electrophilic aromatic substitution reactions. *Green Chemistry*, Vol. 13, 2011, No. 7, pp. 1579-1608.

Chen, L.B., Dong, H.J., Shi, L.: Study on Alkylation of Toluene with tert-Butanol over  $\text{La}_2\text{O}_3$ -Modified HY Zeolite. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, Vol. 49, 2010, No. 16, pp.7234-7238.

Dong, H.J., Shi, L.: Alkylation of Toluene with t-Butyl Alcohol over Zeolite Catalysts. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, Vol. 49, 2010, No. 5, pp. 2091-2095.

Mojumdar, S. C., Sain, M., Prasad, R. C., Sun, L., Venart, J. E. S.: Selected thermoanalytical methods and their applications from medicine to construction. Conference: 16<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian Thermal Analysis Society, Amsterdam, Canada, May, 09-10, 2006, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 90, 2007, No. 3, pp. 653-662.

Vivier, L., Duprez, D.: Ceria-Based Solid Catalysts for Organic Chemistry. *Chemsuschem*, Vol. 3, 2010, No. 6, pp. 654-678.

Mignoni, M. L., Petkowicz, D. I., Machado, N. R. C. F., Pergher, S. B. C.: Synthesis of mordenite using kaolin as Si and Al source. *Applied Clay Science*, Vol. 41, 2008, No.1-2, pp. 99-104.



- 17.) JANOTKA, I., Nürnberggerova, T.: Effect of temperature on structural quality of the cement paste and high-strength concrete with silica fume. *Nuclear Engineering and Design*, 2005, Vol. 235, 2005, No. 17-19, pp. 2019-2032. – nosná publikácia DP

Citácie z WOS: 20 ×

- Khan, M. S.: Flexural strength of concrete subjected to thermal cyclic loads. *KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol. 18, 2014, No. 1, pp. 249-252.
- Al-Nimry, H., Haddad, R., Afram, S., Abdel-Halim, M.: Effectiveness of advanced composites in repairing heat-damaged RC columns. *Materials and Structures*, Vol. 46, 2013, No. 11, pp. 1843-1860.
- Yesilmen, S., Gurbuz, A.: Evaluation of Boron Ore in Cement Production. *Materials and Manufacturing Processes*, 2012, Vol. 27, 2012, No. 11, pp. 1245-1250.
- Rashad, A.M., Zeedan, S.R.A.: Preliminary study of blended pastes of cement and quartz powder under the effect of elevated temperature. *Construction and Building Materials*, Vol. 29, 2012, pp. 672-681.
- Gencil, O.: Effect of elevated temperatures on mechanical properties of high-strength concrete containing varying proportions of hematite. *Fire and Materials*, Vol. 36, 2012, No. 3, pp. 217-230.
- Meng, T., Chen, Y., Jin, X., Zhan, S., Qian, X.: Development and design of composite cementitious material at long-time circular elevated temperature in metallurgy environment. *Construction and Building Materials*, 2012, Vol. 35, 2012, pp. 368-375.
- Li, L.J., Xie, W.F., Liu, F., Guo, Y.C., Deng, J.: Fire performance of high-strength concrete reinforced with recycled rubber particles. *Magazine of Concrete Research*, Vol. 63, 2011, No. 3, pp. 187-195.
- Liu, F., Chen, G., Li, L.J.: Performance of Rubberized High Strength Concrete After Fire. Edited by Li, L.J, Conference: International Conference on Structures and Building Materials Guangzhou, China, January 07-09, 2011. Advances in Structures, PTS 1-5 Book Series: *Advanced Materials Research*, Part: 1-5, Vol. 163-167, pp. 1403-1408.
- Demirel, B., Kelestemur, O.: Effect of elevated temperature on the mechanical properties of concrete produced with finely ground pumice and silica fume. *Fire Safety Journal*, Vol. 45, 2010, No. 6-8, pp. 385-391.
- Gong, H., Zhang, Y., Che, S.: Influence of Carbon Black on Properties of PZT-Cement Piezoelectric Composites. *Journal of Composite Materials*, Vol. 44, 2010, No. 23, pp. 2747-2757.
- Arioz, O.: Retained properties of concrete exposed to high temperatures: Size effect. *Fire and Materials*, Vol. 33, 2009, No. 5, pp. 211-222.
- Bingol, A. F., Gul, R.: Residual bond strength between steel bars and concrete after elevated temperatures. *Fire Safety Journal*, Vol. 44, 2009, No. 6, pp. 854-859.
- Gong, H., Li, Z., Zhang, Y., Fan, R.: Piezoelectric and dielectric behavior of 0-3 cement-based composites mixed with carbon black. *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 29, 2009, No.10, pp. 2013-2019.
- Bingol, A. F., Gul, R.: Effect of elevated temperatures and cooling regimes on normal strength concrete. *Fire and Materials*, Vol. 33, 2009, No. 2, pp. 79-88.
- Care, S., Effect of temperature on porosity and on chloride diffusion in cement pastes. *Construction and Building Materials*, Vol. 22, 2008, No. 7, pp. 1560-1573.
- Garcia-Gonzalez, C. A., el Grouh, N., Hidalgo, A., Fraile, J., Lopez-Periago, A. M., Andrade, C. Domingo, C.: New insights on the use of supercritical carbon dioxide for the accelerated carbonation of cement pastes. *Journal of Supercritical Fluids*, Vol. 43, 2008, No. 3, pp.500-509.

Bingoel, A. F., Guel, R.: An Experimental Study on the Compressive Strength on Concrete and Bond Strength between Steel Bars and Concrete Exposed to Elevated Temperatures up to 700 °C. Edited by Zhou, X. G., Tam, C.T., Han, L.H, Conference: 3<sup>rd</sup> International Conference on Concrete Future Yantai, China, October 17-19, 2008, *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on the Concrete Future*, 2008, pp. 83-90

Arioz, O.: Effects of elevated temperatures on properties of concrete. *Fire Safety Journal*, Vol. 42, 2007, No. 8, pp. 516-522.

Garcia-Gonzalez, C. A., Hidalgo, A., Fraile, J., Lopez-Periago, A. M., Andrade, C., Domingo, C.: Porosity and water permeability study of supercritical carbonated cement pastes involving mineral additions. *Industrial and Chemistry Research*, Vol. 46, 2007, No. 8, pp. 2488-2496.

Heikal, M.: Effect of temperature on the structure and strength properties of cement pastes containing fly ash alone or in combination with limestone. *CERAMICS-Silikaty*, Vol. 50, 2006, No. 3, pp. 167-177.

- 18.) JANOTKA, I., Mojumdar, S. C.: Thermal analysis at the evaluation of concrete damage by high temperatures. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 81, 2005, No. 1, pp. 197-203. – nosná publikácia DP

#### Citácie z WOS: 21 ×

Ashteyat, A. M., Haddad, R. H., Ismeik, M.: Prediction of mechanical properties of post-heated self-compacting concrete using non-destructive tests. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, Vol. 18, 2014, No. 1, pp. 1-10.

Wen J., Yu, H.F., Li, Y., Wu C.Y., Dong J.M, Zheng, L.N.: Effects of H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> and Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> on mechanical properties and water resistance of thermally decomposed magnesium oxychloride cement. *Journal of Central South University*, Vol. 20, 2013, No.12, pp. 3729-3735.

Chambers, B., Pickles, C. A., Tumidajski, P. J.: Temperature Dependencies of the Permittivities and Microwave Shielding Effectiveness of a Carbon-containing Electrically Conductive Concrete. *High Temperature Materials and Processes*, Vol. 32, 2013, No. 5, pp. 427-435.

Di Luzio, G., Biolzi, L.: Assessing the residual fracture properties of thermally damaged high strength concrete. *Mechanics of Materials*, Vol. 64, 2013, pp. 27-43.

Serpell, R., Lopez, M.: Reactivated cementitious materials from hydrated cement paste wastes. *Cement and Concrete Composites*, Volume: 39, May 2013, pp. 104-114.

Uysal, M.: Self-compacting concrete incorporating filler additives: Performance at high temperatures. *Construction and Building Materials*, Vol. 26,, 2012, No. 1, pp. 701-706.

Uysal, M., Tanyildizi, H.: Estimation of compressive strength of self compacting concrete containing polypropylene fiber and mineral additives exposed to high temperature using artificial neural network. *Construction and Building Materials*, Vol. 27, 2012, no. 1, pp. 404-414.

Uysal, M., Yilmaz, K., Ipek, M.: Properties and behavior of self-compacting concrete produced with GBFS and FA additives subjected to high temperatures. *Construction and Building Materials*, 2012, Vol. 28, 2012, No. 1, pp. 321-326.

Wosmuciaccia, G., Biolzi, L.: Thermal degradation of fiber reinforced extruded materials. *Fire Safety Journal*, 2012, Vol. 49, 2012, No., pp. 89-99.

Yao, Y., Yang, D.W. Zeng, J.L., Sun, L.X., Li, W. J.: Influences of fly ash and fluorgypsum on the hydration heat and compressive strength of cement. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 106, 2011, No. 3, pp. 869-874.

Yuksel, I., Siddique, R., Ozkan, O.: Influence of high temperature on the properties of concretes made with industrial by-products as fine aggregate replacement. *Construction and Building Materials*, Vol. 25, 2011, No. 2, Special Issue: SI, pp. 967-972.

Yang, D., Yao, Y., Liu, Y., Tong, H.X.: Modification of the Waste Fluorgypsum and its Comprehensive Utilization with Fly Ash in Concrete. Edited by Cao, Z., Sun, L., Cao, X. Q., Conference: International Conference on Chemical Engineering and Advanced Materials, Changsha, China, May 28-30, 2011, Fundamental of Chemical Engineering, PTS 1-3 Book Series: **Advanced Materials Research**, Part: 1-3, Vol. 233-235, 2011, pp. 2881-2884.

Yang, D. W., Yao, Y., Zeng, J. L., Sun, L. X.: Influence of Fly Ash and Fluorgypsum on the Hydration Heat and Compressive Strength of Cement. Edited by Monteiro, S.N., Verhulst, D.E., Anyalebechi, P.N., Conference: Symposium of the Extraction-and-Processing-Division (EPD) held during 140<sup>th</sup> TMS Annual Meeting and Exhibition, San Diego, Canada, February 27-March 03, 2011, *EPD Congress 2011*, pp. 1083-1090.

Cattaneo, S., Biolzi, L.: Assessment of Thermal Damage in Hybrid Fiber-Reinforced Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 22, 2010, No. 9, pp. 836-845

Di Luzio, G., Muciaccia, G., Biolzi, L.: Size Effect in Thermally Damaged Concrete. *International Journal of Damage Mechanics*, Vol. 19, 2010, No. 5, pp. 631-656.

Cattaneo, S.: Self-Consolidating Concrete. Edited by Sentowski, J. T., Concrete Materials: Properties, Performance and Applications. Book Series: **Materials Science and Technologies** 2009, pp. 117-169.

Biolzi, L., Cattaneo, S., Rosati, G.: Evaluating residual properties of thermally damaged concrete. **Cement and Concrete Composites**, Vol. 30, 2008, No. 10, pp. 907-916.

Stepkowska, E. T., Aviles, M. A., Blanes, J. M., Perez-Rodriguez, J. L.: Gradual transformation of Ca(OH)<sub>2</sub> into CaCO<sub>3</sub> on cement hydration - XRD study. Conference: Calorimetry and Thermal Analysis Conference, Santiago de Compostela, Spain, July 09-12, 2006, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 87, 2007, No. 1, pp. 189-198.

Ozkan, O.: Heat effects on cements produced with GBSF and SS additives. Conference: Brasil Conference on Non-Conventional Materials and Technologies in the Eco-Construction and Infrastructure, Pirassununga, Brazil, 2004, *Journal of Materials Science*, Vol. 41, 2006, No. 21, pp. 7130-7140.

Heikal, M.: Effect of temperature on the structure and strength properties of cement pastes containing fly ash alone or in combination with limestone. **CERAMICS-Silikaty**, Vol. 50, 2006, No. 3, pp. 167-177.

Drabik, M., Tunega, D., Balkovic, S., Fajnor, V.S.: Computer simulations of hydrogen bonds for better understanding of the data of thermal analysis of thaumasite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 85, 2006, No. 2, pp. 469-475.

- 19.) Dananaj, I., Frankovska, J., JANOTKA, I.: The influence of smectite content on microstructure and geotechnical properties of calcium and sodium bentonites, *Applied Clay Science*, Vol. 28, 2005, No. 1-4, pp. 223-232.

#### Citácie z WOS: 9 ×

Varela, A. N., Gomez-Peral, L. E., Richiano, S., Poire, D.I G.: Distinguishing Similar Volcanic Source Areas from an Integrated Provenance Analysis: Implications for Foreland Andean Basins. *Journal of Sedimentary Research*, Vol. 83, 2013, No. 3-4, pp. 258-276.

Caglar, B., Afsin, B., Koksall, E., Tabak, A., Eren, E.: Characterization of Unye Bentonite after Treatment with Sulfuric Acid. *Quimica Nova*, Vol. 36, 2013, No. 7, pp. 955-959.

Milutinovic-Nikolic, A., Dostanic, J., Bankovic, P., Jovic-Jovicic, N., Lukic, S., Rosic, B., Jovanovic, D.: A new type of bentonite-based non-woven composite. *Journal of Serbian Chemical Society*, Vol. 76, 2011, No.10, pp. 1411-1425.

Guyonnet, D., Touze-Foltz, N., Norotte, V., Pothier, C., Didier, G., Gailhanou, H., Blanc, P., Warmont, F.: Performance-based indicators for controlling geosynthetic clay liners in landfill applications. *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 27, 2009, No. 5, pp. 321-331.

Klinkenberg, M., Rickertsen, N., Kaufhold, S., Dohrman, R., Siegesmund, S.: Abrasivity by bentonite dispersions. *Applied Clay Science*, Vol. 46, 2009, No. 1, pp. 37-42.

Melkior, T., Gaucher, E. C., Brouard, C., Yahiaoui, S., Thoby, D., Clinard, C., Ferrage, E., Guyonnet, D., Tourmassat, C., Coelho, D.: Na<sup>+</sup> and HTO diffusion in compacted bentonite: Effect of surface chemistry and related texture. *Journal of Hydrology*, Vol. 370, 2009, No. 1-4, pp. 9-20.

de Koff, J. P., Lee, B. D., Dungan, R. S.: Amelioration of Physical Strength in Waste Foundry Green Sands for Reuse as a Soil Amendment. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 37, 2008, No. 6, pp. 2332-2338.

Jona, E., Sapietova, M., Snircova, S., Pajtasova, M., Ondrusova, D., Pavlik, V., Lajdova, L., Mojumdar, S.C.: Characterization and Thermal Properties of Ni-Exchanged Montmorillonite with Benzimidazol. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 94, 2008, No. 1, 69-73.

Bekkour, K., Leyama, M., Benchabane, A., Scrivener, O.: Time-dependent rheological behavior of bentonite suspensions: An experimental study. *Journal of Hydrology*, Vol. 49, 2005, No. 6, pp. 1329-1345.

**20.) Mravec, D., Hudec, J., JANOTKA, I.: Some possibilities of catalytic and noncatalytic utilization of zeolites. Chemical Papers - Chemicke zvesti, 2005, Vol. 59, 2005, No.1, pp. 62-69.**

#### **Citácie z WOS: 11 ×**

Shon, C.S., Kim, Y.S.: Evaluation of West Texas natural zeolite as an alternative of ASTM Class F fly ash. *Construction and Building Materials*, Vol. 47, Oct. 2013, pp. 389-396.

Asgari, N., Haghighi, M., Shafiei, S.: Synthesis and physicochemical characterization of nanostructured Pd/ceria-clinoptilolite catalyst used for p-xylene abatement from waste gas streams at low temperature. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. 88, 2013, No. 4, pp. 690-703.

Sadaba, I., Gorbanev, Y., Kegnaes, S., Putluru, S. S. R., Berg, R. W., Riisager, A.: Catalytic Performance of Zeolite-Supported Vanadia in the Aerobic Oxidation of 5-hydroxymethylfurfural to 2, 5-diformylfuran. *Chemcatchem*, Vol. 5, 2013, No. 1, pp. 284-293.

Keipour, H., Khalilzadeh, M. A., Hosseini, A., Pilevar, A., Zareyee, D.: An active and selective heterogeneous catalytic system for Michael addition. *Chinese Chemical Letters*, Vol. 23, 2012, No. 5, pp. 537-540.

Rauter, A. P., Xavier, N. M.; Lucas, S. D., Santos, M.: Zeolites and Other Silicon-Based Promoters in Carbohydrate Chemistry, Edited by Horton, D., *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*, Vol. 63, 2010, Book Series: *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*, pp. 29-99.

Tumolva, L., Park, J.Y., Kim, J. S., Miller, A. L., Chow, J. C., Watson, J. G., Park, K.: Morphological and Elemental Classification of Freshly Emitted Soot Particles and Atmospheric Ultrafine Particles using the TEM/EDS. *Aerosol Science and Technology*, Vol. 44, 2010, No. 3, pp. 202-215.

Naik, B., Ghosh, N. N.: A Review on Chemical Methodologies for Preparation of Mesoporous Silica and Alumina Based Materials. *Recent Patents on Nanotechnology*, Vol. 3, 2009, No. 3, pp. 213-224.

Xavier, N. M., Lucas, S. D., Rauter, A. P.: Zeolites as efficient catalysts for key transformations in carbohydrate chemistry. *Journal of Molecular Catalysis A - Chemical*, Vol. 305, 2009, No. 1-2, pp. 84-89.

Halasz, I., Agarwal, M., Li, R., Miller, N.: Structural Distinction of Silica Gels Using FTIR and Raman Spectroscopy. Edited by Kaskel, S, Llewellyn, P., Rodriguez R. F., Conference: 8<sup>th</sup>

International Symposium on the Characterisation of Porous Solids Location: University of Edinburgh, Edinburgh, Scotland, June 10-13, 2008, Characterization of Porous Solids VIII, Book Series: **Royal Society of Chemistry Special Publications**, 2009, No. 318, pp. 416 - 423.

Droahna, I., Asaftei, I., Bilba, N.: Textural properties of chabazite crystalized from Cs<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>-aluminosilicate gels. **Environmental Engineering and Management Journal**, Vol. 7, 2008, No. 3, pp. 233-240.

Droahna, I., Asaftei, I., Bilba, N.: Synthesis of ferrierite/zsm-35 type zeolite with ethylenediamine as template. **Environmental Engineering and Management Journal**, Vol. 7, 2008, No. 2, pp. 81-88.

- 21.) Krajci, L., JANOTKA, I.: Significance of steel electrical resistance method in the evaluation of reinforcement corrosion in cementitious systems. **Materiales de Construcción**, Vol. 54, 2004, No. 274, pp. 17-31.

Citácie z WOS: -

- 22.) JANOTKA, I., Krajci, L.: Effect of polymer on structural characteristics and steel corrosion of cement-poor mortar. **Chemical Papers – Chemicke zvesti**, Volume: 58, 2004, No. 2, pp. 79-86.

Citácie z WOS: 2 ×

Li, T., Aoki, K., Chen, J., Nishiumi, T.: Voltamperic electrodes modified with swollen polyacrylic latex particles. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, Vol. 656, 2011, No. 1-2, Special Issue: SI, pp. 279-284.

Radu, T., Simon, S., Prejmorean, C., Simon, V., Colceriu, A., Tamas, C. Silaghi-Dumitrescu, L.: Thermoanalytical characterisation of new dental ionomer biocomposites. Conference: 5<sup>th</sup> International Conference on New Research Trends in Materials Science, Sibiu, Romania, September, 2007, **Journal of Optoelectronics and Advanced Materials**, Vol. 10, 2008, No. 4, pp. 958-960.

- 23.) JANOTKA, I., Krajci, L., Dzivak, M.: Properties and utilization of zeolite-blended Portland cements. **Clays and Clay Minerals**, Vol. 51, 2003, No. 6, pp. 616-624.

Citácie z WOS: 18 ×

Saghiri, M. A., Garcia-Godoy, F., Gutmann, J. L., Lotfi, M., Asatourian, A., Ahmadi, H.: Push-out bond strength of a nano-modified mineral trioxide aggregate, **Dental Traumatology**, Vol. 29, 2013, No. 4, pp. 323-327.

Vaiciukyniene, D., Skipkiunas, G., Dauksys, M., Sasnauskas, V.: Cement hydration with zeolite-based additive. **CHEMIJA**, Vol. 24, 2013, No. 4, pp. 271-278.

Saghiri, M. A., Asatourian, A., Garcia-Godoy, F., Gutmann, J. L., Sheibani, N.: The Impact of Thermocycling Process on the Dislodgement Force of Different Endodontic Cements. **Biomed Research International**, 2013, Article Number: 317185.

Najimi, M., Sobhani, J., Ahmadi, B., Shekarchi, M.: An experimental study on durability properties of concrete containing zeolite as a highly reactive natural pozzolan. **Construction and Building Materials**, Vol. 35, Oct. 2012, pp. 1023-1033.

Shafie, A. H., An, W., Hejazi, S. A. H., Sawada, J. A., Kuznicki, S. M.: Natural zeolite-based cement composite membranes for H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> separation. **Separation and Purification Technology**, Vol. 88, Mar. 2012, pp. 24-28.

Snellings, R., Mertens, G., Elsen, J.: Supplementary Cementitious Materials. Edited by Broekmans, M.A.T.M, Pollmann, H., Applied Mineralogy of Cement and Concrete, Book Series: **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, Vol. 74, 2012, pp. 211-278.

Vaiciukyniene, D., Skipkiunas, G., Sasnauskas, V., Dauksys, M.: Cement compositions with modified hydrosodalite. **CHEMIJA**, Vol. 23, 2012, No. 3, pp. 147-154.

Andrejkovicova, S., Ferraz, E., Velosa, A. L., Silva, A. S., Rocha, F.: Air Lime Mortars with Incorporation of Sepiolite and Synthetic Pellets, **Acta Geodynamica et Geomaterialia**, Vol. 9, 2012, No. 1, pp. 79-91.

Lilkov, V., Rostovsky, I., Petrov, O.: Physical and mechanical characteristics of cement mortars and concretes with addition of clinoptilolite from Beli Plast deposit (Bulgaria), silica fume and fly ash. Conference: 8<sup>th</sup> International Conference on the Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites, Sofia, Bulgaria, July 10-18, 2010, **Clay Minerals**, Vol. 46, 2011, No. 2, Special Issue: SI, pp. 213-223.

Lilkov, V., Petrov, O., Tzvetanova, Y.: Rheological, porosimetric, and SEM studies of cements with additions of natural zeolites. Conference: 8<sup>th</sup> International Conference on the Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites, Sofia, Bulgaria, July 10-18, 2010, **Clay Minerals**, Vol. 46, 2011, No. 2, Special Issue: SI, pp. 225-232.

Ganjegunte, G. K., Vance, G. F., Gregory, R. W., Urynowicz, M. A., Surdam, R. C.: Improving Saline-Sodic Coalbed Natural Gas Water Quality Using Natural Zeolites, **Journal of Environmental Quality**, Vol. 40, 2011, No. 1, pp. 57-66.

Snellings, R., Mertens, G., Gasharova, B., Garbev, K., Elsen, J.: The pozzolanic reaction between clinoptilolite and portlandite: a time and spatially resolved IR study. **European Journal of Mineralogy**, Vol. 22, 2010, No. 6, pp. 767-777.

Gutierrez, M., Escudey, M., Escrig, J., Denardin, J. C., Altbir, D., Fabris, J. D., Cavalcante, L. C. D., Teresa Garcia-Gonzalez, M.: Preparation and Characterization of Magnetic Composites Based on a Natural Zeolite, **Clays and Clay Minerals**, Vol. 58, 2010, No. 5, pp. 589-595.

Snellings, R., Mertens, G., Hertsens, S., Elsen, J.: The zeolite-lime pozzolanic reaction: Reaction kinetics and products by in situ synchrotron X-ray powder diffraction. **Microporous and Mesoporous Materials**, Vol. 126, 2009, No. 1-2, pp. 40-49.

Halle, T., Nakhla, G., Allouche, E.: Evaluation of the resistance of mortars coated with silver bearing zeolite to bacterial-induced corrosion. **Corrosion Science**, Vol. 50, 2008, No. 3, pp. 713-720.

Colella, C.: Natural Zeolites and Environment, Edited by Cejka, J; Bekkum, H. V, Corma, A., Introduction to Zeolite Science and Practice, Book Series: **Studies in Surface Science and Catalysis**, Vol. 168, 2007, pp. 999-1035.

Skipkiunas, G., Sasnauskas, V., Dauksys, M., Palubinskaite, D.: Peculiarities of hydration of cement paste with addition of hydrosodalite. **Materials Science – Poland**, Vol. 25, 2007, No. 3, pp. 627-635.

Perraki, T; Kakali, G; Kontori, E.: Characterization and pozzolanic activity of thermally treated zeolite. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Vol. 82, 2005, No. 1, pp. 109-113.

- 24.) JANOTKA, I., Krajci, L., Ray, A., Mojumdar, S. C.: The hydration phase and pore structure formation in the blends of sulfoaluminate-belite cement with Portland cement. **Cement and Concrete Research**, Vol. 33, 2003, No. 4, pp. 489-497.

Palou, M. T., Bagel, L., Zivica, V., Kuliffayova, M., Kozankova, J.: Influence of hydrothermal curing regimes on the hydration of fiber-reinforced cement composites. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Vol. 113, 2013, No. 1, pp. 219-229.

Brien, J. V.; Mahboub, K. C.: Influence of polymer type on adhesion performance of a blended cement mortar. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, Vol. 43, 2013, pp. 7-13.

Aranda, M. A. G., De la Torre, A. G.: Sulfoaluminate cement. Edited by Pacheco Torgal, F., Jalali, S., Labrincha, J., Eco-Efficient Concrete, Book Series: **Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering**, 2013, No. 42, pp. 488-522.

Palou, M., Bagel, L.: Preparation and properties of cementitious composites for geothermal applications. Conference: 5<sup>th</sup> Meeting on Chemistry and Life, Brno, Czech Republic, September 14-16, 2011, **Chemical Papers**, Vol. 66, 2012, No. 9, pp. 881-890.

Lee, B. Y., Kurtis, K. E.: Proposed Acceleratory Effect of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles on Belite Hydration: Preliminary Results, **Journal of the American Ceramic Society**, Vol. 95, 2012, No. 1, pp. 365-368.

Juenger, M. C. G., Winnefeld, F., Provis, J. L., Ideker, J. H.: Advances in alternative cementitious binders. **Cement and Concrete Research**, Vol. 41, 2011, No. 12, Special Issue: SI, pp. 1232-1243.

Senff, L., Castela, A., Hajjaji, W., Hotza, D., Labrincha, J. A.: Formulations of sulfobelite cement through design of experiments. **Construction and Building Materials**, Vol. 25, 2011, No. 8, pp. 3410-3416.

Rodrigues, F. A., Joekes, I.: Cement industry: sustainability, challenges and perspectives. **Environmental Chemistry Letters**, Vol. 9, 2011, No. 2, pp. 151-166.

Zhou, J., Yao, Z., Zhou, J.: Crystallinity and mechanical properties of PLA/POE blends. Edited by Kim, Y.H., Yarlagadda, P., Zhang, X. D., Conference: International Conference on Materials and Products Manufacturing Technology, Chengdu, China, October 28-30, 2011, Advanced Materials and Structures, PTS 1 and 2 Book Series: **Advanced Materials Research**, 2011, Part: 1-2, Vol. 235-336, pp. 886-890.

Winnefeld, F., Lothenbach, B.: Hydration of calcium sulfoaluminate cements - Experimental findings and thermodynamic modelling. **Cement and Concrete Research**, Vol. 40, 2010, No. 8, pp. 1239-1247.

Alonso, M. C., Garcia Calvo, J. L., Hidalgo, A., Fernandez Luco, L.: Development and application of low-pH concretes for structural purposes in geological repository systems. Edited by Ahn, J; Apted, M. J., Geological Repository Systems for Safe Disposal of Spent Nuclear Fuels and Radioactive, Book Series: **Woodhead Publishing Series in Energy**, 2010, No. 9, pp. 286-322.

Liu Z. C., Wang F. Z., Zhang Y.H., Hu, S.G.: Influence of Sulfoaluminate Cement Addition on the Early Age Properties of CA Mortar. Edited by Wang, P., Zhong, S., Conference: 6<sup>th</sup> Asian Symposium on Polymers in Concrete, Shanghai, China, October 29-30, 2009, *Proceedings of the 6<sup>th</sup> Asian Symposium on Polymers in Concrete*, 2009, pp. 523-529.

Coumes, C. C. D., Courtois, S., Nectoux, D., Leclercq, S., Bourbon, X.: Formulating a low-alkalinity, high-resistance and low-heat concrete for radioactive waste repositories. **Cement and Concrete Research**, Vol. 36, 2006, No. 12, pp. 2152-2163.

Doval, M., Palou, M., Kovar, V.: Heat evolution and mechanism of hydration in CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SO<sub>3</sub> system. **CERAMICS-Silikaty**, Vol. 49, 2005, No. 2, pp. 104-108.

25.) JANOTKA, I., Bagel, L: Pore structure, permeabilities, and compressive strengths of concrete at temperatures up to 800 °C – Author's closure. **ACI Materials Journal**, Vol. 100, 2003, No. 2, pp. 174 – 175.

Citácie z WOS: -

- 26.) Dan, E., JANOTKA, I.: Chemical resistance of Portland cement, blast-furnace slag Portland cement and sulphoaluminate-belite cement in acid, chloride and sulphate solution: Some preliminary results. *CERAMICS-Silikaty*, Vol. 47, 2003, No. 4, pp. 141 – 148.

**Citácie z WOS: 3 ×**

Izzat, A. M., Al Bakri, A. M. M., Kamarudin, H., Sandu, A. V., Ruzaidi, G. C. M., Faheem, M. T. M., Moga, L. M.: Sulfuric Acid Attack on Ordinary Portland Cement and Geopolymer Material. *Revista de Chimie*, Vol. 64, 2013, No. 9, pp. 1011-1014.

Thokchom, S. G., Gosh, P., Ghosh, S.: Durability of Fly ash Mortars in Nitric Acid – Effect of Alkali ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) Content. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 17, 2011, No. 3, pp. 393-399.

Jezo, L., Ifka, T., Cvopa, B., Skundova, J., Kovar, V., Palou, M. T.: Effect of Temperature upon the Strength Development rate and upon the Hydration Kinetics of Cements. *CERAMICS-Silikaty*, Vol. 54, 2010, No. 3, pp. 269-276.

- 27.) JANOTKA, I., Bagel, L.: Pore structures, permeabilities, and compressive strengths of concrete at temperatures up to 800 °C. *ACI Materials Journal*, Vol. 99, 2002, No. 2, pp. 196-200. – nosná publikácia DP

**Citácie z WOS: 22 ×**

Cree, D., Green, M., Noumowe, A.: Residual strength of concrete containing recycled materials after exposure to fire: A review. *Construction and Building Materials*, Vol. 45, Aug. 2013, pp. 208-223.

Li, Q. T., Yuan, G.L., Li, Z. G., Shu, Q. J.: The effect of a proprietary inorganic coating on compressive strength and carbonation depth of simulated fire-damaged concrete. *Magazine of Concrete Research*, Vol. 65, 2013, No. 11, pp. 651-659.

Heap, M. J., Lavallee, Y., Laumann, A., Hess, K.U., Meredith, P.G., Dingwell, D.B., Huismann, S., Weise, F.: The influence of thermal-stressing (up to 1000 degrees C) on the physical, mechanical, and chemical properties of siliceous-aggregate, high-strength concrete. *Construction and Building Materials*, Vol. 42, May 2013, pp. 248-265.

Siddique, R.: Strength properties of high volume fly ash (HVFA) concrete at high temperatures. *Kuwait Journal of Science and Engineering*, Vol. 39, 2012, No.1B, pp. 1-14

Koksal, F., Gencel, O., Brostow, W., Lobland, H. E. H.: Effect of high temperature on mechanical and physical properties of lightweight cement based refractory including expanded vermiculite. *Materials Research Innovations*, Vol. 16, 2012, No. 1, pp. 7-13.

Sun, Q.X., Cao, W. Z., Xue, H. R., Su, Q.: Microstructure and Finite Element Analysis about Ceramic Concrete after High Temperature. Edited by Zhao, J., Conference: International Conference on Civil Engineering and Building Materials (CEBM), Kunming, China, July 29-31, 2011, Advances in Building Materials, PTS 1-3 Book Series: *Advanced Materials Research*, Vol. 261-263, 2011, pp. 247-251.

Siddique, R., Noumowe, A. N.: An Overview of the Properties of High-strength Concrete Subjected to Elevated Temperatures. *Indoor and Built Environment*, Vol. 19, 2010, No. 6, pp. 612-622.

Wang, L. W., Pang, B. J., Yang, Z. Q., Chi, R. Q.: Experiment Investigation for Dynamic Behavior of Hybrid Fiber Effects on Reactive Powder Concrete. Edited by Quan, C., Conference: 4<sup>th</sup> International Conference on Advances in Experimental Mechanics, Singapore, November 18-20, 2009, Fourth International Conference on Experimental Mechanics, Book



Series: *Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering*, Vol. 7522, 2010, Article Number: 752239.

Behnood, A., Ghandehari, M.: Comparison of compressive and splitting tensile strength of high-strength concrete with and without polypropylene fibers heated to high temperatures. ***Fire Safety Journal***, Vol. 44, 2009, No. 8, pp. 1015-1022.

Noumowe, A. N., Siddique, R., Debicki, G.: Permeability of high-performance concrete subjected to elevated temperature (600 °C). ***Construction and Building Materials***, Vol. 23, 2009, No. 5, pp. 1855-1861.

Noumowe, A. N., Siddique, R., Ranc, G.: Thermo-mechanical characteristics of concrete at elevated temperatures up to 310 °C. ***Nuclear Engineering and Design***, Vol. 239, 2009, No. 3 pp.: 470-476.

Zhao, B.M., Peng, G.F., Hao, T.Y.: Behavior of Densified Normal Strength Concrete under Elevated Temperature. Edited by Ye, H.W., Peng, G.F., Conference: International Symposium on Ultra-High-Pumpability and High Performance Concrete Technology, Guangzhou, China, April 22-23, 2008, Ultra-High-Pumpability and High Performance Concrete Technology, Book Series: ***Key Engineering Materials***, Vol. 405-406, 2009, pp. 405-408.

Behnood, A., Ziari, H.: Effects of silica fume addition and water to cement ratio on the properties of high-strength concrete after exposure to high temperatures. ***Cement and Concrete Composites***, Vol. 30, 2008, No. 2, pp. 106-112.

Peng, G. F., Jiang, Y. C., Zhang, J.: Comparison between normal-strength high-performance concrete and high-strength high-performance concrete exposed to high temperature. Edited by Zhou, X. G., Tam, C. T., Han, L. H., Conference: 3<sup>rd</sup> International Conference on Concrete Future, Yantai, China, October 17-19, 2008, *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on the Concrete Future*, 2008, pp. 27-36.

Yan, X., Li, H., Wong, Y. L.: Assessment and repair of fire-damaged high-strength concrete: Strength and durability. ***Journal of Materials in Civil Engineering***, Vol. 19, 2007, No. 6, pp. 462 – 469.

Raju, M. P., Rao, K. S., Raju, P. S. N.: Compressive strength of heated high-strength concrete. ***Magazine of Concrete Research***, Vol. 59, 2007, No. 2, pp. 79-85.

Ozkan, O.: Heat effects on cements produced with GBSF and SS additives. Conference: Brasil Conference on Non-Conventional Materials and Technologies in the Eco-Construction and Infrastructure Location: Pirassununga, Brazil, October 2004, ***Journal of Materials Science***, Vol. 41, 2006, No. 21, pp. 7130-7140.

Suhaendi, S. L., Horiguchi, T.: Effect of short fibers on residual permeability and mechanical properties of hybrid fibre reinforced high strength concrete after heat exposition. ***Cement and Concrete Research***, Vol. 36, 2006, No. 9, pp. 1672-1678.

Chung, J. H., Consolazio, G. R., McVay, M. C.: Finite element stress analysis of a reinforced high-strength concrete column in severe fires. ***Computers and Structures***, Vol. 84, 2006, No. 21, pp. 1338-1352.

Tan, T.H., Ng, L.P.: Predicting non-evaporable water loss of cement paste at elevated temperature. ***Advances in Cement Research***, Vol. 18, 2006, No. 2, pp. 83-89.

Chung, J. H., Consolazio, G. R.: Numerical modelling of transport phenomena in reinforced concrete exposed to elevated temperatures. ***Cement and Concrete Research***, Vol. 35, 2005, No.3, pp. 597-608.

Li, H., Wong, Y.L., Yan, X.: High-strength concrete exposed to elevated temperature - Spalling and protection. Edited by Yuan, Y. S., Shah, S. P., Lu, H. L., Conference: International Conference on Advances in Concrete and Structures (ICACS 2003) , Xuzhou, China, September 17-19, 2003, ICACS 2003: International Conference on Advances in Concrete and Structures, Vol. 1 and 2, Book Series: *RILEM Proceedings*, Vol. 32, 2003, pp. : 461-466.

- 28.) JANOTKA, I., Mojumdar, S. C.: Hydration of Portland cement, natural zeolite mortar in water and sulphate solution. *Materiales de Construcción*, Vol. 53, 2003, No. 269, pp. 17-27.

Citácie z WOS: 3 ×

Martinez-Ramirez, S., Blanco-Varela, M.T., Erena, I., Gener, M.: Pozzolanic reactivity of zeolitic rocks from two different Cuban deposits: Characterization of reaction products. *Applied Clay Science*, Vol. 32, 2006, No. 1-2, pp. 40-52.

Blanco-Varela, M.T., Martinez-Ramirez, S., Gener, M., Vazquez, T.: Modifications induced by adding natural zeolitic pozzolans to cement paste. *Materiales de Construcción*, Vol. 55, 2005, No. 280, pp. 27-42.

Palomo, A., Fernandez-Jimenez, A., Criado, M.: "Geopolymers": same basic chemistry, different microstructures. *Materiales de Construcción*, Vol. 54, 2004, No. 275, pp. 77-91.

- 29.) JANOTKA, I., Mojumdar, S. C.: Hydration of Portland cement – natural zeolite mortar in water and sulphate solution. Edited by Sajgalik, P., Drabik, M., Varga .S. Conference: 5<sup>th</sup> International Conference on Solid State Chemistry, Bratislava, Slovakia, July 07-12, 2002. Solid State Chemistry V, Book Series: *Solid State Phenomena*, Vol. 90-91, 2002, pp. 309-315.

Citácie z WOS: 1×

Vatkevicius, V., Vaiciukyniene, D., Sasnauskas, V., Sasnauskas, M.: Investigation of Cement Hydration in the Presence of Permutite. Conference: 2nd International Conference on Advanced Construction, Kaunas, Lithuania, November 11-12, 2010, Book Series: *Advanced Construction 2010*, pp.162-166.

- 30.) Mojumdar, S. C., JANOTKA, I.: Thermophysical properties of blends from Portland and sulfoaluminate-belite cements. *Acta Physica Slovaca*, Vol. 52, 2002, No. 5, pp. 435-446.

Citácie z WOS: 3 ×

Jozic, D., Zelic, J., Janjatovic, I.: Influence of the coarse fly ash on the mechanical properties of the cement mortars. *CERAMICS-Silikaty*, Vol. 54, 2010, No. 2, pp. 144-151.

Kumar, S., Kumar, R., Bandopadhyay, A., Alex, T. C., Kumar, B. R., Das, S. K., Mehrotra, S. P.: Mechanical activation of granulated blast furnace slag and its effect on the properties and structure of portland slag cement. *Cement and Concrete Composites*, Vol. 30, 2008, No.8, pp. 679-685.

Bei, G. E.: Soil mortar's evaluation characteristics for their use in conservation practice. Edited by Ayala, D., Fodde, E., Conference: 6<sup>th</sup> International Conference on Structural Analysis of Historical Construction, University of Bath, Bath, England, July 02-04, 2008, Structural Analysis of Historic Construction: *Preserving Safety and Significance*, Vols. 1 and 2, 2008, pp. 891-898.

- 31.) JANOTKA, I., Kiss, S., Baslik, R.: Geosynthetic mat Tatrabent - development, production and application, *Applied Clay Science*, Vol. 21, 2002, No. 1-2, Special Issue: SI, pp. 21-31

Citácie z WOS: 4 ×

Milutinovic-Nikolic, A., Dostanic, J., Bankovic, P., Jovic-Jovicic, N., Lukic, S., Rosic, B., Jovanovic, D.: A new type of bentonite-based non-woven composite. **Journal of the Serbian Chemical Society**, Vol. 76, 2011, No. 10, pp. 1411-1425.

Yilmaz, B., Ediz, N.: The use of raw and calcined diatomite in cement production. **Cement and Concrete Composites**, Vol. 30, 2008, No. 3, pp. 202-211.

Mojumdar, S. C., Sain, M., Prasad, R. C., Sun, L., Venart, J. E. S.: Selected thermoanalytical methods and their applications from medicine to construction. Conference: 16<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian Thermal Analysis Society, Amsterdam, Canada, May, 09-10, 2006, **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Vol. 90, 2007, No. 3, pp. 653-662.

Andrejkovicova, S., Madejova, J., Czimerova, A., Galko, I., Dohrmann, R., Komadel, P.: Mineralogy and chemistry of Fe-rich bentonite from the Lieskovec deposit (Central Slovakia). **Geologica Carpathica**, Vol. 57, 2006, No. 5, pp. 371-378.

- 32.) JANOTKA, I., Krajci, L., Mojumdar, S. C.: Influence of Portland cement addition to sulphoaluminate-belite cement on hydration and mechanical properties of hardened mortars. **CERAMICS-Silikaty**, Vol. 46, 2002, No. 3, pp. 110-116.

**Citácie z WOS: 2 ×**

Brien, J. V., Mahboub, K. C.: Influence of polymer type on adhesion performance of a blended cement mortar. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, Vol. 43, Jun. 2013, pp. 7-13.

Selcuk, N., Soner, I., Selcuk, E.: Synthesis of special cement with fluidised bed combustion ashes. **Advances in Cement Research**, Vol. 22, 2010, No. 2, pp. 107-113.

- 33.) JANOTKA, I.: Hydration of the cement paste with Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> addition. **CERAMICS – Silikaty**, Vol. 45, 2001, No. 1, pp. 16-23.

**Citácie z WOS: 2 ×**

Whittaker, M., Dubina, E., Al-Mutawa, F., Arkless, L., Plank, J., Black, L.: The effect of prehydration on engineering properties of CEM I Portland cement. **Advances in Cement Research**, Vol. 25, 2013, no.1, pp. 12-20.

Vergara, L., Gosalbez, J., Fuente, J.V., Miralles, R., Bosch, I.: Measurement of cement porosity by centroid frequency profiles of ultrasonic grain noise. **Signal Processing**, Vol. 84, 2004, No. 12, 2315 - 2324.

- 34.) JANOTKA, I., Krajci, L.: Resistance to freezing and thawing of mortar specimens made from sulphoaluminate-belite cement. **Bulletin of Materials Science**, Vol. 23, 2000, No. 6, pp. 521-527.

**Citácie z WOS: 8 ×**

Kacimi, L., Simon-Masseron, A., Salem, S., Ghomari, A., Derriche, Z.: Synthesis of belite cement clinker of high hydraulic reactivity. **Cement and Concrete Research**, Vol. 39, 2009, No. 7, pp. 559-565.

Mojumdar, S.C., Raki, L.: Synthesis, thermal and structural characterization of nanocomposites for potential applications in construction. Conference: 15<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian-Thermal-Analysis-Society, Boucheville, Canada, May 17-18, 2005, **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Vol. 86, 2006, No. 3, pp. 651-657.

Mojumdar, S.C., Raki, L.: Preparation, thermal, spectral and microscopic studies of calcium silicate hydrate-poly(acrylic acid) nanocomposite materials. Conference: 33<sup>rd</sup> Annual Meeting of the North American Thermal Analysis-Society, Universal City, Canada, September, 19-21, 2005, ***Journal of Thermal Analysis and Calorimetry***, Vol. 85, 2006, No. 1, pp. 99-105.

Mojumdar, S. C, Raki, L., Mathis, N., Schimdt, K., Lang, S.: Thermal, spectral and AFM studies of calcium silicate hydrate-polymer nanocomposite material. Conference: 33<sup>rd</sup> Annual Meeting of the North American Thermal Analysis-Society, Universal City, Canada, September, 19-21, 2005, ***Journal of Thermal Analysis and Calorimetry***, Vol. 85, 2006, No. 1, pp. 119-124.

Mojumdar, S. C., Mazanec, K., Drabik, M.: Macro-defect-free (MDF) cements - Synthesis, thermal, chemical, SEM and magnetometric study and moisture resistance. Conference: 32<sup>nd</sup> Annual Meeting of the North American Thermal Analysis-Society, Williamsburg, USA, October, 04-06, 2004, ***Journal of Thermal Analysis and Calorimetry***, Vol. 83, 2006, No. 1, pp. 135-139.

Mojumdar, S.C., Raki, L.: Preparation and properties of calcium silicate hydrate-poly(vinyl alcohol) nanocomposite materials. ***Journal of Thermal Analysis and Calorimetry***, Vol. 82, 2005, No. 1, pp. 89-95.

Mojumdar, S. C., Chowdhury, B., Varshney, K. G., Mazanec, K.: Synthesis, moisture resistance, thermal, chemical and SEM analysis of Macro-Defect-Free (MDF) cements. ***Journal of Thermal Analysis and Calorimetry***, Vol. 78, 2004, No. 1, pp. 135-144.

Mojumdar, S. C., Ray, A., Drabik, M., Cigan, A., Hanic, F., Capek, P.: Macro-defect-free (MDF) cements with high moisture resistance: Chemical, thermal, SEM and magnetometric study. Edited by Sajgalik, P., Drabik, M., Varga, S., Conference: 5<sup>th</sup> International Conference on Solid State Chemistry, Bratislava, Slovakia, July 07-12, 2002, Solid State Chemistry, Book Series: ***Solid State Phenomena***, Vol. 90-91, 2003, pp. 365-370.

- 35.) JANOTKA, I., Nürnberggerova, T., Nad, L.: Behaviour of high-strength concrete with dolomitic aggregate at high temperatures. ***Magazine of Concrete Research***, Vol. 52, 2000, No. 6, pp. 399-409.

#### Citácie z WOS: 10 ×

Aydin, S., Yazici, H., Baradan, B.: High temperature resistance of normal strength and autoclaved high strength mortars incorporated polypropylene and steel fibers. ***Construction and Building Materials***, Vol. 22, 2008, No. 4, pp. 504-512.

Mojumdar, S.C., Raki, L.: Synthesis, thermal and structural characterization of nanocomposites for potential applications in construction. Conference: 15<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian-Thermal-Analysis-Society, Boucheville, Canada, May 17-18, 2005, ***Journal of Thermal Analysis and Calorimetry***, Vol. 86, 2006, No. 3, pp. 651-657.

Matesova, D., Bonen, D., Shah, S. P.: Factors affecting the resistance of cementitious materials at high temperatures and medium [0] heating rates (vol. 39, p. 455, 2006). ***Materials and Structures***, Vol. 39, 2006, No. 9, pp. 919-+

Matesova, D., Bonen, D., Shah, S. P.: Factors affecting the resistance of cementitious materials at high temperatures and medium [0] heating rates (vol. 39, p. 455, 2006). ***Materials and Structures***, Vol. 39, 2006, No. 4, pp. 455-469.

Mojumdar, S.C., Raki, L.: Preparation, thermal, spectral and microscopic studies of calcium silicate hydrate-poly(acrylic acid) nanocomposite materials. Conference: 33<sup>rd</sup> Annual Meeting of the North American Thermal Analysis-Society, Universal City, Canada, September, 19-21, 2005, ***Journal of Thermal Analysis and Calorimetry***, Vol. 85, 2006, No. 1, pp. 99-105.

Mojumdar, S. C, Raki, L., Mathis, N., Schmidt, K., Lang, S.: Thermal, spectral and AFM studies of calcium silicate hydrate-polymer nanocomposite material. Conference: 33<sup>rd</sup> Annual

Meeting of the North American Thermal Analysis-Society, Universal City, Canada, September, 19-21, 2005, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 85, 2006, No. 1, pp. 119-124.

Mojumdar, S.C., Raki, L.: Preparation and properties of calcium silicate hydrate-poly(vinyl alcohol) nanocomposite materials. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 82, 2005, No. 1, pp. 89-95.

Vodak, F., Trtik, K., Kapickova, O., Hoskova, S., Demo, P.: The effect of temperature on strength-porosity relationship for concrete. *Construction and Building Materials*, Vol. 18, 2004, No. 7, pp. 529-534.

Mojumdar, S.C., Chowdhury, B., Varshney, K.G., Mazanec, K.: Synthesis, moisture resistance, thermal, chemical and SEM analysis of Macro-Defect-Free (MDF) cements. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 78, 2004, No. 1, pp. 135-144.

Mojumdar, S.C., Ray, A., Drabik, M., Cigan, A., Hanic, F., Capek, P.: Macro-defect-free (MDF) cements with high moisture resistance: Chemical, thermal, SEM and magnetometric study. Edited by Sajgalik, P., Drabik, M., Varga, S., Conference: 5<sup>th</sup> International Conference on Solid State Chemistry, Bratislava, Slovakia, July 07-12, 2002, Solid State Chemistry, Book Series: *Solid State Phenomena*, Vol. 90-91, 2003, pp. 365-370.

- 36.) Krajci, L., JANOTKA, I.: Measurement techniques for rapid assessment of carbonation in concrete. *ACI Materials Journal*, Vol. 97, 2000, No. 2, pp. 168-171.

**Citácie z WOS: 5 ×**

Martin-del-Rio, J. J., Alejandre, F. J., Marquez, G., Blasco-Lopez, F. J.: An argument for using alizarine yellow R and indigo carmine to determine in situ the degree of alkalinity in reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, Vol. 40, Mar 2013, pp. 426-429.

Li, X. Y., Zhang, D. Q., Wang, C., Zhang, S. J.: Effect of binary admixture of fly ash and slag on the carbonation of concrete for hydraulic structure. Edited by Bu, J. L., Jiang, Z. Y., Jiao, S., Conference: International Conference on Advances in Materials and Manufacturing Processes, Shenzhen, China, November 06-08, 2010, Advances in Composites, PTS 1 and 2, Book Series: *Advanced Materials Research*, Vol. 150-151, 2011, pp. 1673-1676.

Lo, T. Y., Nadeem, A., Tang, W.C.P., Yu, P. C.: The effect of high temperature curing on the strength and carbonation of pozzolanic structural lightweight concretes. *Construction and Building Materials*, Vol. 23, Mar 2009, No. 3, pp. 1306-1310.

Lo, T. Y., Tang, W. C., Nadeem, A.: Comparison of carbonation of lightweight concrete with normal weight concrete at similar strength levels. *Construction and Building Materials*, Vol. 22, Mar 2008, No. 8, pp. 1648-1655.

Jerga, J.: Physico-mechanical properties of carbonated concrete. *Construction and Building Materials*, Vol. 18, Mar 2004, No. 9, pp. 645-652.

- 37.) JANOTKA, I., Nürnberggerova, T.: Thermo-mechanical properties of Penly reactor envelope at temperatures up to 200 °C. *Materials and Structures*, Vol. 32, 1999, No. 224, pp. 719-726.

**Citácie z WOS: 5 ×**

Yan, R. Z., Du, H. X., Wang, H. F., Wang, Y.: Behavior of HSC with polypropylene fibers after exposure to high temperatures. Edited by Zhou, X. J., Conference: International Conference on Civil Engineering and Transportation (ICCET 2011), Jinan, China, October 14-16, 2011, Architecture and Building Materials, PTS 1 and 2, Book Series: *Applied Mechanics and Materials*, Part: 1-2, Vol. 99-100, 2011, pp. 994-999.

Culfik, M. S., Ozturan, T.: Mechanical properties of normal and high strength concretes subjected to high temperatures and using image analysis to detect bond deteriorations. **Construction and Building Materials**, Vol. 24, Mar 2010, No. 8, pp. 1486-1493.

Husem, M.: The effects of high temperature on compressive and flexural strengths of ordinary and high-performance concrete. **Fire Safety Journal**, Vol. 41, 2006, No. 2, pp. 155-163.

Vodak, F., Trtik, K., Kapickova, O., Hoskova, S., Demo, P.: The effect of temperature on strength-porosity relationship for concrete. **Construction and Building Materials**, Vol. 18, 2004, No. 7, pp. 529-534.

Sullivan, P.: Pore structures, permeabilities, and compressive strengths of concrete at temperatures up to 800 degrees C. Discussion. **ACI Materials Journal**, Vol. 100, 2003, No. 2, pp. 174-174.

- 38.) JANOTKA, I., Nürnberggerova, T.: Concrete behavior in reactor envelope of a nuclear power plant at temperatures up to 200 °C. **Arabian Journal for Science and Engineering**, Vol. 24, 1999, No. 1B, pp. 19-32.

Citácie z WOS: -

- 39.) JANOTKA, I., Krajci, L.: An experimental study on the upgrade of sulfoaluminate-belite cement systems by blending with Portland cement. **Advances in Cement Research**, Vol. 11, 1999, No. 1, pp. 35-41.

Citácie z WOS: 20 ×

Ioannou, S., Reig, L., Paine, K., Quillin, K.: Properties of ternary calcium sulfoaluminate-calcium sulfate-fly ash cement. **Cement and Concrete Research**, Volume: 54, Feb. 2014, pp. 75-83.

Berger, S., Aouad, G., Coumes, C.C.D., Le Bescop, P., Damidot, D.: Leaching of calcium sulfoaluminate cement pastes by water at regulated pH and temperature: Experimental investigation and modelling. **Cement and Concrete Research**, Vol. 53, Nov. 2013, pp. 211-220.

Champenois, J. B., Coumes, C.C.D., Poulesquen, A., Le Bescop, P., Damidot, D.: Beneficial use of a cell coupling rheometry, conductimetry, and calorimetry to investigate the early age hydration of calcium sulfoaluminate cement. **Rheologica Acta**, Vol. 52, 2013, No.2, pp. 177-187.

Aranda, M. A. G., De la Torre, A. G.: Sulfoaluminate cement. Edited by Pacheco Torgal, F., Jalali, S., Labrincha, J., Eco-Efficient Concrete, Book Series: **Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering**, 2013, No. 42, pp. 488-522.

Justnes, H.: Alternative Low-CO<sub>2</sub> "Green" Clinkering Processes. Edited by Broekmans, M.A.T.M., Pollmann, H., Applied Mineralogy of Cement and Concrete, Book Series: **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, 2012, Vol. 74, pp. 83-99.

Juenger, M. C. G., Winnefeld, F., Provis, J. L., Ideker, J. H.: Advances in alternative cementitious binders. **Cement and Concrete Research**, Vol. 41, 2011, No. 12, Special Issue: SI, pp. 1232-1243.

Winnefeld, F., Lothenbach, B.: Hydration of calcium sulfoaluminate cements - Experimental findings and thermodynamic modelling. **Cement and Concrete Research**, Vol. 40, 2010, No. 8, pp. 1239-1247.

Pelletier, L., Winnefeld, F., Lothenbach, B.: The ternary system Portland cement-calcium sulphoaluminate clinker-anhydrite: Hydration mechanism and mortar properties. **Cement and Concrete Composites**, Vol. 32, 2010, No. 7, pp. 497-507.

Donatello, S., Tyrer, M., Cheeseman, C. R.: Recent developments in macro-defect-free (MDF) cements. **Construction and Building Materials**, Vol. 23, 2009, No. 5, pp. 1761-1767.

Coumes, C.C.D., Courtois, S., Nectoux, D., Leclercq, S., Bourbon, X.: Formulating a low-alkalinity, high-resistance and low-heat concrete for radioactive waste repositories. **Cement and Concrete Research**, Vol. 36, 2006, No. 12, pp. 2152-2163.

Doval, M., Palou, M., Mojumdar, S.C.: Hydration behavior of C<sub>2</sub>S and C<sub>2</sub>AS nanomaterials, synthesized by sol-gel method. Conference: 15<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian Thermal Analysis Society, Boucheville, Canada, May 17-18, 2005, **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Vol. 86, 2006, No. 3, pp. 595-599.

Doval, M., Palou, M., Majling, J.: Upgrade of hydraulicity of some cement phases synthesised by sol-gel method. Conference: 25<sup>th</sup> Cement and Concrete Science Conference, Royal Holloway College, London, England, September 15-16, 2005, **Advances in Applied Ceramics**, Vol. 105, 2006, No. 4, pp.197-200.

Mojumdar, S.C., Mazanec, K, Drabik, M.: Macro-defect-free (MDF) cements - Synthesis, thermal, chemical, SEM and magnetometric study and moisture resistance. Conference: 32<sup>nd</sup> Annual Meeting of the North American Thermal Analysis Society, Williamsburg, USA, October, 04-06, 2004, **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Vol. 83, 2006, No. 1, pp. 135-139.

Palou, M., Majling, J., Doval, M., Kozankova, J., Mojumdar, S.C.: Formation and stability of crystallohydrates in the non-equilibrium system during hydration of sab cements. **CERAMICS-Silikaty**, Vol. 49, 2005, No. 4, pp. 230-236.

Mojumdar, S. C., Chowdhury, B., Varshney, K. G., Mazanec, K.: Synthesis, moisture resistance, thermal, chemical and SEM analysis of Macro-Defect-Free (MDF) cements. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Vol. 78, 2004, No. 1, pp. 135-144.

Mojumdar, S. C., Ray, A., Drabik, M., Cigan, A., Hanic, F., Capek, P.: Macro-defect-free (MDF) cements with high moisture resistance: Chemical, thermal, SEM and magnetometric study. Edited by Sajgalik, P., Drabik, M., Varga, S., Conference: 5<sup>th</sup> International Conference on Solid State Chemistry, Bratislava, Slovakia, July 07-12, 2002, Solid State Chemistry, Book Series: **Solid State Phenomena**, Vol. 90-91, 2003, pp. 365-370.

Ray, A.: Hydrothermally treated cement-based building materials. Past, present, and future. Conference: 5<sup>th</sup> International Conference on Solid State Chemistry, Bratislava, Slovakia, July 07-12, 2002, **Pure and Applied Chemistry**, Vol. 74, 2002, No.11, pp. 2131-2135.

Drabik, M., Mojumdar, S. C., Galikova, L.: Changes of thermal events of macrodefect-free (MDF) cements due to the deterioration in the moist atmosphere. **Cement and Concrete Research**, Vol. 31, 2001, No. 5, pp. 743-747.

Glasser, F.P., Zhang, L., Zhou, Q.: Reactions of aluminate cements with calcium sulphate. Edited by Mangabhai, R.J., Glasser, F.P., Conference: International Conference on Calcium Aluminate Cements (CAC), Heriot-Watt University, Edinburgh, Scotland, July 16-19, 2001, **Calciumaluminate Cements** 2001, 2001, pp. 551-564.

Mojumdar, S. C.: Processing-moisture resistance and thermal analysis of macro-defect-free materials. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Vol. 64, 2001, No. 3, pp. 1133-1139.

- 40.) JANOTKA, I.: The influence of zeolitic cement and sand on resistance of mortar subjected to hydrochloric acid solution attack. **CERAMICS-Silikaty**, Vol. 43, 1999, No. 2, pp. 61-66.

#### Citácie z WOS: 3 ×

Mojumdar, S. C., Sain, M., Prasad, R. C., Sun, L., Venart, J. E. S.: Selected thermoanalytical methods and their applications from medicine to construction. Conference: 16<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian Thermal Analysis Society, Amsterdam, Canada, May, 09-10, 2006, **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Vol. 90, 2007, No. 3, pp. 653-662.

Skipkiunas, G., Sasnauskas, V., Dauksys, M., Palubinskaite, D.: Peculiarities of hydration of cement paste with addition of hydrosodalite. **Materials Science – Poland**, Vol. 25, 2007, No. 3, pp. 627-635.

Ghrici, M., Kenai, S., Meziane, E.: Mechanical and durability properties of cement mortar with Algerian natural pozzolana. Conference: Brasil Conference on Non-Conventional Materials and Technologies in the Eco-Construction and Infrastructure, Pirassununga, Brazil, October-November 2004, **Journal of Materials Science**, Vol. 41, 2006, No. 21, pp. 6965-6972.

- 41.) JANOTKA, I., Stevula, L.: Effect of bentonite and zeolite on durability of cement suspension under sulfate attack. **ACI Materials Journal**, Vol. 95, 1998, No. 6, pp. 710-715.

**Citácie z WOS: 6 ×**

Bilim, C.: Influence of Clinoptilolite Replacement on Durability of Cement Mortars, **Journal of Materials in Civil Engineering**, Vol. 26, 2014, No. 3, pp. 520-526.

Shon, C. S., Kim, Y. S.: Evaluation of West Texas natural zeolite as an alternative of ASTM Class F fly ash. **Construction and Building Materials**, Vol. 47, Oct. 2013, pp. 389-396.

Ramezaniapour, A. A., Kazemian, A., Sarvari, M., Ahmadi, B.: Use of Natural Zeolite to Produce Self-Consolidating Concrete with Low Portland Cement Content and High Durability. **Journal of Materials in Civil Engineering**, Vol. 25, 2013, No. 5, pp. 589-596.

Najimi, M., Sobhani, J., Ahmadi, B., Shekarchi, M.: An experimental study on durability properties of concrete containing zeolite as a highly reactive natural pozzolan. **Construction and Building Materials**, Vol. 35, Oct. 2012, pp. 1023-1033.

Doodaran, R. S., Khiavi, M. P.: Effects of Sabalan Tuff as a Natural Pozzolan on Properties of Plastic Concrete. Edited by Bittnar, Z., Bartos, P.J.M., Nemecek, J., Conference: 3<sup>rd</sup> International Symposium on Nanotechnology in Construction, Prague, Czech Republic May 31- June 02, 2009, **Nanotechnology in Construction, Proceedings**, 2009, pp. 419-424.

Sahmaran, M.: The effect of replacement rate and fineness of natural zeolite on the rheological properties of cement-based grouts. **Canadian Journal of Civil Engineering**, Vol. 35, Aug. 2008, No. 8, pp. 796-806.

- 42.) Palou, M. T., Majling, J., JANOTKA, I., Dan, E., Popescu, D.: Investigations of blended low energy cements. **CERAMICS-Silikaty**, Vol. 42, 1998, No. 3, pp. 105-111.

**Citácie z WOS: 1 ×**

Zielenkiewicz, W.; Kaminski, M.: A conduction calorimeter for measuring the heat of cement hydration in the initial hydration period. Conference: 8<sup>th</sup> Conference on Calorimetry and Thermal Analysis (CCTA 8), Zakopane, Poland, September 03-08, 2000, **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Vol. 65, 2001, No. 2, pp. 235-340.

- 43.) Baslik, R. Frankovska, J., JANOTKA, I.: Sealing mineral materials for landfill liners. Edited by Marinos, P. G., Koukis, G. C., Tsiambaos, G. C., Stournaras, G. C., Conference: International Symposium on Engineering Geology and the Environment, Athens, Greece, June 23-27, 1997, **Engineering Geology and the Environment**, Vols. 1-3, 1997, pp. 1593-1597

**Citácie z WOS: -**



- 44.) JANOTKA, I., Madejova, J., Stevula, L., Frtalova, D.M.: Behaviour of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  in the presence of the set styrene-acrylate dispersion. *Cement and Concrete Research*, Vol. 26, 1996, No. 11, pp. 1727-1735.

**Citácie z WOS: 5 ×**

Betioli, A. M., Gleize, P. J. P., John, V. M., Pileggi, R. G.: Effect of EVA on the fresh properties of cement paste. *Cement and Concrete Composites*, Vol. 34, 2012, No. 2, pp. 255-260.

Ma, H., Tian, Y., Li, Z.: Interactions between Organic and Inorganic Phases in PA- and PU/PA-Modified-Cement-Based Materials. *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 23, 2011, No. 10, pp. 1412-1421.

Chougnet, A., Audibert-Hayet, A., Moan, M., Lecolier, E., Guichard, B.: Cement-Polymer Composites for Oilwell Cementing. *Oil and Gas Science and Technology – Revue D IFP Energies Nouvelles*, Vol. 64, Sept-Oct. 2009, No. 5, pp. 583-595.

Medeiros, M. H. F., Helene, P., Selmo, S.: Influence of EVA and acrylate polymers on some mechanical properties of cementitious repair mortars. *Construction and Building Materials*, Vol. 23, Oct. 2009, No. 7, pp. 2527-2533.

Silva, D. A., Roman, H.R., Gleize, P.J. P.: Evidences of chemical interaction between EVA and hydrating Portland cement. *Cement and Concrete Research*, Vol. 32, 2002, No. 9, pp. 1383-1390.

- 45.) JANOTKA, I., Krajci, L.: The properties of mortar using blends with Portland cement clinker, zeolite tuff and gypsum. *CERAMICS-Silikaty*, Vol. 39, 1995, No. 3, pp. 105-111.

**Citácie z WOS: 9 ×**

Vaiciukyniene, D., Skipkiunas, G., Dauksys, M., Sasnauskas, V.: Cement hydration with zeolite-based additive. *CHEMIJA*, Vol. 24, 2013, No. 4, pp. 271-278.

Vaiciukyniene, D., Skipkiunas, G., Sasnauskas, V., Dauksys, M.: Cement compositions with modified hydrosodalite. *CHEMIJA*, Vol. 23, 2012, No. 3, pp. 147-154.

Gawas, U.B., Mojumdar, S. C., Verenkar, V.M.S.:  $\text{Ni}_{0.5}\text{Mn}_{0.1}\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_2(\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_4)_3$  center dot  $6\text{N}(2)\text{H}(4)$  precursor and  $\text{Ni}_{0.5}\text{Mn}_{0.1}\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_2\text{O}_4$  nanoparticle. Conference: 18<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian Thermal Analysis Society, Mississauga, Canada May 13-14, 2008, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 96, 2009, No. 1, pp. 49-52.

Gonsalves, L. R., Verenkar, V. M. S., Mojumdar, S. C.: Preparation and characterization of  $\text{Co}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2(\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_4)_3$  center dot  $6\text{N}(2)\text{H}(4)$ . Conference: 18<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian Thermal Analysis Society, Mississauga, Canada May 13-14, 2008, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 96, 2009, No. 1, pp. 53-57.

Madhurambal, G., Subha, R., Mojumdar, S. C.: Crystallization and thermal characterization of calcium hydrogen phosphate dihydrate crystals. Conference: 18<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian Thermal Analysis Society, Mississauga, Canada May 13-14, 2008, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 96, 2009, No. 1, pp. 73-76.

Vasudevan, G., AnbuSrinivasan, P., Madhurambal, G., Mojumdar, S. C.: Thermal analysis, effect of dopants, spectral characterisation and growth aspects of KAP crystals. Conference: 18<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian Thermal Analysis Society, Mississauga, Canada May 13-14, 2008, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 96, 2009, No. 1, pp. 99-102.

Bylina, I., Trevani, L., Mojumdar, S. C., Tremaine, P., Papangelakis, V.G.: Measurement of reaction enthalpy during pressure oxidation of sulphide minerals. Conference: 18<sup>th</sup> Annual Workshop and Exhibition of the Canadian Thermal Analysis Society, Mississauga, Canada

May 13-14, 2008, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 96, 2009, No. 1, pp. 117-124.

Tian, F., Sun, L., Venart, J.E.S., Prasad, Mojumdar, S. C.: Development of a Thermal Conductivity Cell with Nano-Layer Coating for Thermal Conductivity Measurement of Fluids. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 94, 2008, No. 1, pp. 37-43.

More, A., Verenkar, V. M. S., Mojumdar, S. C.: Nickel Ferrite Nanoparticles Synthesis from Novel Fumarato-Hydrazinate Precursor. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 94, 2008, No. 1, pp. 63-67.

- 46.) JANOTKA, I., Krajci, L.: Komlos, K., Frtalova, M. D., Halas, P.: Investigations on the relationship between phase-composition and chloride corrosion of steel fiber reinforcement in cement mortar - closure. *ACI Materials Journal*, Vol. 90, 1993, No. 2, pp. 192-193.

Citácie z WOS: -

- 47.) JANOTKA, I., Krajci, L.: Komlos, K., Frtalova, M. D., Halas, P.: Investigations on the relationship between phase-composition and chloride corrosion of steel fiber reinforcement in cement mortar. *ACI Materials Journal*, Vol. 89, 1992, No. 2, pp. 223-229.

Citácie z WOS: -

- 48.) JANOTKA, I., Frtalova, D., Stevula, L.: The Effect of  $\text{NaNO}_3$  and  $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$  Addition on the Hydration of Vibratory Reground Cement at  $-6^\circ\text{C}$  and  $+20^\circ\text{C}$ . *CERAMICS-Silikaty*, Vol. 34, 1990, No. 1, pp. 25-31.

Citácie z WOS: 1 ×

Dollimore, D.: Thermal-Analysis. *Analytical Chemistry*, Vol. 64, 1992, No. 12, pp. R147-R153.

- 49.) Slanicka, S., JANOTKA, I., Frtalova, D., Stevula, L.: The Effect of  $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$  and  $\text{NaNO}_3$  on the Hydration of Portland Cement at  $-10^\circ\text{C}$ . *Silikaty*, Vol. 32, 1988, No.4, pp. 331-337.

Citácie z WOS: -

### 13. ZOZNAM PUBLIKÁCIÍ ZA ROK 2014 VO WOS A CITÁCIÍ (s dôrazom najmä na WOS a SCOPUS) – doplnenie bodu 12 k 1. 12. 2014

- 50.) Krajči, Ľ., Mojumdar, C. S. (CA), – JANOTKA, I., – Puertas, F. (E), Palacios, M. (CH), Kuliffayová, M.: Performance of composites with metakaolin - blended cements. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 2014. ISSN 1418-2874. V tlači (údaj prezentuje databáza SCOPUS)

Zoznam citácií za rok 2013

ADCA Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch impaktovaných

ADCA01 JANOTKA, Ivan - KRAJČI, Ľudovít. An experimental study on the upgrade of sulfoaluminate-belite cement systems by blending with Portland cement. In *Advances in Cement Research*, 1999, vol. 11, no. 1, p. 35-41. (1999 - Current Contents). ISSN 0951-7197.

Ohlasy:

1. [1.1] ARANDA, M. A. G. - DE LA TORRE, A. G. Sulfoaluminate cement. In CO-EFFICIENT CONCRETE Book Series: Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. ISSN 2052-4714, 2013, iss. 42, p. 488-522., WOS
2. [1.1] CHAMPENOIS, J. B. - COUMES, C. C. D. - POULESQUEN, A. - LE BESCOP, P. - DAMIDOT, D. Beneficial use of a cell coupling rheometry, conductimetry, and calorimetry to investigate the early age hydration of calcium sulfoaluminate cement. In RHEOLOGICA ACTA. ISSN 0035-4511, 2013, vol. 52, no. 2, p. 177-187., WOS
3. [1.1] BERGER, S. - AOUD, G. - COUMES, C. Cau Dit - LE BESCOP, P. - DAMIDOT, D. Leaching of calcium sulfoaluminate cement pastes by water at regulated pH and temperature: Experimental investigation and modelling. In CEMENT AND CONCRETE RESEARCH. ISSN 0008-8846, 2013, vol. 53, p. 211-220. WOS

ADCA02 KRAJČI, Ľudovít - JANOTKA, Ivan - KRAUS, Ivan - JAMNICKÝ, P. Burnt kaolin sand as pozzolanic material for cement hydration. In *Ceramics-Silikáty*, 2007, vol. 51, no. 4, p. 217-224. (0.597 - IF2006). (2007 - Current Contents). ISSN 0862-5468.

Ohlasy:

1. [1.2] RASHAD, A. M. Metakaolin as cementitious material: History, scours, production and composition-A comprehensive overview. In CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS. ISSN 0950-0618, 2013, vol. 41, p. 303-318., SCOPUS

ADCA03 JANOTKA, Ivan - KRAJČI, Ľudovít - MOJUMDAR, Subhash Chandra. Performance of sulphoaluminate-belite cement with high C4A3 content. In *Ceramics-Silikáty*, 2007, vol. 51, no. 2, p. 74-81. (0.597 - IF2006). (2007 - Current Contents). ISSN 0862-5468.

Ohlasy:

1. [1.1] ARANDA, M. A. G. - DE LA TORRE, A. G. Sulfoaluminate cement. In ECO-EFFICIENT CONCRETE Book Series: Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. ISSN 2052-4714, 2013, iss. 42, p. 488-522. WOS
2. [1.2] DIENEMANN, W. - SCHMITT, D. - BULLERJAHN, F. - BEN HAHHA, M. Belite-Calciumsulfoaluminate-Ternesite (BCT) A new low-carbon clinker Technology. In Cement International. ISSN 16106199, 2013, vol. 11, no. 4, p. 100-109., SCOPUS

ADCA04 ANDREJKOVIČOVÁ, Slávka - JANOTKA, Ivan - KOMADEL, Peter. Evaluation of geotechnical properties of bentonite from Lieskovec deposit, Slovakia. In *Applied Clay Science*, 2008, vol. 38, no. 3-4, p. 297-303. ISSN 0169-1317.

Ohlasy:

1. [1.1] MELICHOVA, Z. - HROMADA, L. Adsorption of Pb<sup>2+</sup> and Cu<sup>2+</sup> Ions from Aqueous Solutions on Natural Bentonite. In POLISH JOURNAL OF ENVIRONMENTAL STUDIES. ISSN 1230-1485, 2013, vol. 22, no. 2, p. 457., WOS

ADCA05 JANOTKA, Ivan - KRAJČI, Ľudovít - DZIVÁK, Martin. Properties and utilization of zeolite-blended Portland cements. In *Clays and Clay Minerals*, 2003, vol. 51, no. 6, p. 616-624. (1.594 - IF2002). (2003 - Current Contents). ISSN 0009-8604.

Ohlasy:

1. [1.1] SAGHIRI, M. A. - ASATOURIAN, A. - GARCIA-GODOY, F. - GUTMANN, J. L. - SHEIBANI, N. The Impact of Thermocycling Process on the Dislodgement Force of Different Endodontic Cements. In *BIOMED RESEARCH INTERNATIONAL*. ISSN 2314-6133, 2013, article number 317185. WOS
2. [1.1] VAICIUKYNIENE, D. - SKIPKIUNAS, G. - DAUKSYS, M. - SASNAUSKAS, V. Cement hydration with zeolite-based additive. In *CHEMIJA*. ISSN 0235-7216, 2013, vol. 24, no. 4, p. 271-278., WOS
3. [1.1] SAGHIRI, M. A. - GARCIA-GODOY, F. - GUTMANN, J. L. - LOTFI, M. - ASATOURIAN, A. - AHMADI, H. Push-out bond strength of a nano-modified mineral trioxide aggregate. In *DENTAL TRAUMATOLOGY*. ISSN 1600-4469, 2013, vol. 29, no. 4, p. 323-327. WOS
4. [1.2] ZHOU, B. - ZHENG, J. - CHEN, Z. Modification of natural zeolite by microwave assisted ammonium chloride and its application to humidity-controlling materials. In *Dongnan Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Southeast University (Natural Science Edition)*. ISSN 10010505, 2013, vol. 43, no. 4, p. 835-839., SCOPUS

ADCA06 KRAJČI, Ľudovít - JANOTKA, Ivan. Measurement techniques for rapid assessment of carbonation in concrete. In *ACI Materials Journal*, 2000, vol. 97, no. 2, p. 168-171. ISSN 0889-325X.

Ohlasy:

1. [1.1] MARTIN-DEL-RIO, J. J. - ALEJANDRE, F. J. - MARQUEZ, G. - BLASCO-LOPEZ, Francisco-Javier. An argument for using alizarine yellow R and indigo carmine to determine in situ the degree of alkalinity in reinforced concrete. In *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*. ISSN 0950-0618, 2013, vol. 40, p. 426-429. WOS

ADCA07 JANOTKA, Ivan - KRAJČI, Ľudovít. The properties of mortar using blends with Portland cement clinker, zeolite tuff and gypsum. In *Ceramics-Silikáty*, 1995, vol. 39, no. 3, p. 105-111. ISSN 0862-5468.

Ohlasy:

1. [1.1] VAICIUKYNIENE, D. - SKIPKIUNAS, G. - DAUKSYS, M. - SASNAUSKAS, V. Cement hydration with zeolite-based additive. In *CHEMIJA*. ISSN 0235-7216, 2013, vol. 24, no. 4, p. 271-278. WOS

**ADEB Vedecké práce v zahraničných nekarentovaných časopisoch neimpaktovaných**

ADEB01 JANOTKA, Ivan - KRAJČI, Ľudovít - KOMLOŠ, Karol - FRĚALOVÁ, D.M. Chloride corrosion of steel fibre reinforcement in cement mortar. In *The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete*, 1989, vol. 11, no. 4, p. 221-228.

Ohlasy:

1. [1.2] SOUNTHARARAJAN, V. M. - SIVAKUMAR, A. Corrosion measurements in reinforced fly ash concrete containing steel fibres using strain gauge technique. In *International Journal of Corrosion*. ISSN 1687-9325, 2013, article number 724194., SCOPUS

**ADCA Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch impaktovaných**

ADCA01 JANOTKA, Ivan - KRAJČI, Ľudovít. Sulphate resistance and passivation ability of the mortar made from pozzolan cement with zeolite. In *Journal of Thermal Analysis*

*and Calorimetry*, 2008, vol. 94, no. 1, p. 7-14. (1.483 - IF2007). (2008 - Current Contents). ISSN 1388-6150.

Ohlasy:

1. [1.1] SNELLINGS, R. - MERTENS, G. - ADRIAENS, R. - ELSSEN, J. In situ synchrotron X-ray powder diffraction study of the early age hydration of cements blended with zeolite and quartzite fines and water-reducing agent. In *APPLIED CLAY SCIENCE*. ISSN 0169-1317, 2013, vol. 72, p. 124-131. WOS
2. [1.1] VALIPOUR, M. - PARGAR, F. - SHEKARCHI, M. - KHANI, S. - MORADIAN, M. In situ study of chloride ingress in concretes containing natural zeolite, metakaolin and silica fume exposed to various exposure conditions in a harsh marine environment. In *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*. ISSN 0950-0618, 2013, vol. 46, p. 63-70. WOS
3. [1.2] VEJMEJKOVÁ, E. - KEPPERT, M. - ONDRÁČEK, M. - ČERNÝ, R. Effect of natural zeolite on the properties of high performance concrete. | Wpływ naturalnego zeolitu na właściwości betonu wysokowartościowego. In *Cement, Wapno, Beton*. ISSN 14258129, 2013. vol. 3, p. 150-159., SCOPUS

ADCA02 JANOTKA, Ivan - KRAJČI, Ľudovít - RAY, A. - MOJUMDAR, Subhash Chandra. The hydration phase and pore structure formation in the blends of sulphoaluminate-belite cement with Portland cement. In *Cement and Concrete Research*, 2003, vol. 33, no. 4, p. 489-497. ISSN 0008-8846.

Ohlasy:

1. [1.1] ARANDA, M. A. G. - DE LA TORRE, A. G. Sulfoaluminate cement. In *ECO-EFFICIENT CONCRETE* Book Series: Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. ISSN 2052-4714, 2013, iss. 42, p. 488-522. WOS
2. [1.1] BRIEN, J. V. - MAHBOUB, K. C. Influence of polymer type on adhesion performance of a blended cement mortar. In *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADHESION AND ADHESIVES*. ISSN 0143-7496, 2013, vol. 43, p. 7-13. WOS
3. [1.1] PALOU, M. T. - BAGEL, L. - ZIVICA, V. - KULIFFAYOVA, M. - KOZANKOVA, J. Influence of hydrothermal curing regimes on the hydration of fiber-reinforced cement composites. In *JOURNAL OF THERMAL ANALYSIS AND CALORIMETRY*. ISSN 1388-6150, 2013, vol. 113, no. 1, p. 219-229. WOS

ADCA03 JANOTKA, Ivan - BÁGEL, Ľubomír. Pore structures, permeabilities, and compressive strengths of concrete at temperatures up to 800 degrees C. In *ACI Materials Journal*, 2002, vol. 99, no. 2, p. 196-200. ISSN 0889-325X.

Ohlasy:

1. [1.1] HEAP, M. J. - LAVALLEE, Y. - LAUMANN, A. - HESS, K.U. - MEREDITH, P. G. - DINGWELL, D. B. - HUISMANN, S. - WEISE, F. The influence of thermal-stressing (up to 1000 degrees C) on the physical, mechanical, and chemical properties of siliceous-aggregate, high-strength concrete. In *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*. ISSN 0950-0618, 2013, vol. 42, p. 248-265. WOS
2. [1.1] LI, Q. - YUAN, G. - LI, Z. - SHU, Q. The effect of a proprietary inorganic coating on compressive strength and carbonation depth of simulated fire-damaged concrete. In *MAGAZINE OF CONCRETE RESEARCH*. ISSN 0024-9831, 2013, vol. 65, no. 11, p. 651-659. WOS
3. [1.1] CREE, D. - GREEN, M. - NOUMOWE, A. Residual strength of concrete containing recycled materials after exposure to fire: A review. In *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*. ISSN 0950-0618, 2013, vol. 45, p. 208-223. WOS

4. [1.2] WU, B. - ZHOU, P. - WU, Y. Influence of fire insulation on the chloride ion permeability of high strength concrete after high temperature. In *Hunan Daxue Xuebao/Journal of Hunan University Natural Sciences*. ISSN 1674-2974, 2013, vol. 40, no. 1, p. 9-14., SCOPUS
5. [1.2] JIANG, Y. - HUO, D. - TENG, H. - QIAO, Y. Study on performance of shale ceramsite concrete after exposure to high temperature. In *Jianzhu Cailiao Xuebao/Journal of Building Materials*. ISSN 1007-9629, 2013, vol. 16, no. 5, p. 888-893. SCOPUS

ADCA04 JANOTKA, Ivan - ŠTEVULA, Ladislav. Effect of bentonite and zeolite on durability of cement suspension under sulfate attack. In *ACI Materials Journal*, 1998, vol. 95, no. 6, p. 710-715. ISSN 0889-325X.

Ohlasy:

1. [1.1] RAMEZANIANPOUR, A. A. - KAZEMIAN, A. - SARVARI, M. - AHMADI, B. Use of Natural Zeolite to Produce Self-Consolidating Concrete with Low Portland Cement Content and High Durability. In *JOURNAL OF MATERIALS IN CIVIL ENGINEERING*. ISSN 0899-1561, 2013, vol. 25, no. 5, p. 589-596., WOS
2. [1.1] SHON, Ch. S. - KIM, Y. S. Evaluation of West Texas natural zeolite as an alternative of ASTM Class F fly ash. In *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*. ISSN 0950-0618, 2013, vol. 47, p. 389-396. WOS

ADCA05 DANAJ, I. - FRANKOVSKÁ, J. - JANOTKA, Ivan. The influence of smectite content on microstructure and geotechnical properties of calcium and sodium bentonites. In *Applied Clay Science*, 2005, vol. 28, no. 1-4, p. 223-232. (1.267 - IF2004). (2005 - Current Contents). ISSN 0169-1317.

Ohlasy:

1. [1.1] CAGLAR, B. - AFSIN, B. - KOKSAL, E. - TABAK, A. - EREN, E. Characterization of unye bentonite after treatment with sulfuric acid. In *QUIMICA NOVA*. ISSN 0100-4042, 2013, vol. 36, no. 7, p. 955-959. WOS
2. [1.1] VARELA, A. N. - GOMEZ-PERAL, L. E. - RICHIANO, S. - POIRE, D. G. Distinguishing similar volcanic source areas from an integrated provenance analysis: Implications for foreland andean basins. In *JOURNAL OF SEDIMENTARY RESEARCH*. ISSN 1527-1404, 2013, vol. 83, no. 3-4, p. 258-276., WOS

ADCA06 JANOTKA, Ivan - NÜRNBERGEROVÁ, Terézia. Effect of temperature on structural quality of the cement paste and high-strength concrete with silica fume. In *Nuclear Engineering and Design*, 2005, vol. 235, no. 17-19, p. 2019-2032. (0.440 - IF2004). (2005 - Current Contents). ISSN 0029-5493.

Ohlasy:

1. [1.1] AL-NIMRY, H. - HADDAD, R. - AFRAM, S. - ABDEL-HALIM, M. Effectiveness of advanced composites in repairing heat-damaged RC columns. In *MATERIALS AND STRUCTURES*. ISSN 1359-5997, 2013, vol. 46, no. 11, p. 1843-1860. WOS

ADCA07 MRAVEC, D. - HUDEC, J. - JANOTKA, Ivan. Some possibilities of catalytic and noncatalytic utilization of zeolites. In *Chemical Papers - Chemické zvesti*, 2005, vol. 59, no.1, p. 62-69. ISSN 0366-6352.

Ohlasy:

1. [1.1] SADABA, I. - GORBANEV, Y. Y. - KEGNAES, S. - PUTLURU, S. S. R. - BERG, R. W. - RIISAGER, A. Catalytic Performance of Zeolite-Supported

- Vanadia in the Aerobic Oxidation of 5-hydroxymethylfurfural to 2,5-diformylfuran. In CHEMCATCHEM. ISSN 1867-3880, 2013, vol. 5, no. 1, p. 284-293. WOS
2. [1.1] ASGARI, N. - HAGHIGHI, M. - SHAFIEI, S. Synthesis and physicochemical characterization of nanostructured Pd/ceria-clinoptilolite catalyst used for p-xylene abatement from waste gas streams at low temperature. In JOURNAL OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND BIOTECHNOLOGY. ISSN 0268-2575, 2013, vol. 88, no. 4, p. 690-703. WOS
3. [1.1] SHON, Ch. S. - KIM, Y. S. Evaluation of West Texas natural zeolite as an alternative of ASTM Class F fly ash. In CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS. ISSN 0950-0618, 2013, vol. 47, p. 389-396. WOS

#### **ADEA Vedecké práce v zahraničních nekarentovaných časopisech impaktovaných**

ADEA01 JANOTKA, Ivan - PUERTAS, F. - PALACIOS, M. - KULIFFAYOVÁ, Marta - VARGA, C. Metakaolin sand-blended-cement pastes: Rheology, hydration process and mechanical properties. In *Construction and Building Materials*, 2010, vol. 24, no. 5, p. 791-802. (1.456 - IF2009). (2010 - Thomson Reuters Master Journal List). ISSN 0950-0618.

Ohlasy:

1. [1.1] FRIAS, M. - GARCIA, R. - VIGIL DE LA VILLA, R. - VILLAR, E. The effect of binary pozzolan mix on the mineralogical changes in the ternary activated paper sludge-fly ash-Ca(OH)<sub>2</sub> system. In CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS. ISSN 0950-0618, 2013, vol. 38, p. 48-53., WOS
2. [1.1] RASHAD, A. M. Metakaolin as cementitious material: History, scours, production and composition. A comprehensive overview. In CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS. ISSN 0950-0618, 2013, vol. 41, p. 303-318. WOS
3. [1.1] SEPULCRE AGUILAR, A. - PINILLA MELO, J. - HERNANDEZ OLIVARES, F. Microstructural analysis of aerated cement pastes with fly ash, Metakaolin and Sepiolite additions. In CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS. ISSN 0950-0618, 2013, vol. 47, p. 282-292. WOS
4. [1.2] HAN, J. - SHUI, Z. - WANG, G. Research on the reactivity of metakaolin with different grade. In Sustainable Construction Materials 2012 Proceedings of the 2nd International Conference on Sustainable Construction Materials Design, Performance, and Application, 2013, p. 172-179. ISBN 978-078441267-1, SCOPUS

#### **ADCA Vedecké práce v zahraničních karentovaných časopisech impaktovaných**

ADCA01 JANOTKA, Ivan - KRAJČI, Ľudovít. Resistance to freezing and thawing of mortar specimens made from sulfoaluminate-belite cement. In *Bulletin of Materials Science*, 2000, vol. 23, no. 6, p. 521-527. ISSN 0250-4707.

Ohlasy:

1. [1.1] MA, B. - LI, X. - MAO, Y. - SHEN, X. Synthesis and characterization of high belite sulfoaluminate cement through rich alumina fly ash and desulfurization gypsum. In CERAMICS-SILIKATY. ISSN 0862-5468, 2013, vol. 57, no. 1, p. 7-13. WOS

ADCA02 JANOTKA, Ivan - MOJUMDAR, Subhash Chandra. Degree of hydration in cement paste and C3Asodium carbonate-water systems. In *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2007, vol. 90, no. 3, p. 645-652. (1.438 - IF2006). (2007 - Current Contents). ISSN 1388-6150.

Ohlasy:

1. [1.1] CIOBANU, C. - LAZAU, I. - PACURARIU, C. Investigation regarding the effect of viscosity modifying admixtures upon the Portland cement hydration using thermal analysis. In *JOURNAL OF THERMAL ANALYSIS AND CALORIMETRY*. ISSN 1388-6150, 2013, vol. 112, no. 1, p. 331-338., WOS

ADCA03 JANOTKA, Ivan - KRAJČI, Ľudovít - MOJUMDAR, Subhash Chandra. Influence of Portland cement addition to sulphoaluminate-belite cement on hydration and mechanical properties of hardened mortars. In *Ceramics-Silikáty*, 2002, vol. 46, no. 3, p. 110-116. (0.167 - IF2001). ISSN 0862-5468.

Ohlasy:

1. [1.1] BRIEN, J. V. - MAHBOUB, K. C. Influence of polymer type on adhesion performance of a blended cement mortar. In *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADHESION AND ADHESIVES*. ISSN 0143-7496, 2013, vol. 43, p. 7-13. WOS

ADCA04 KOSTRÁB, G. - LOVIČ, M. - JANOTKA, Ivan - BAJUS, M. - MRAVEC, D. tert-Butylation of diphenylamine over zeolite catalysts – Part 1: Catalyst screening and optimization of reaction conditions. In *Applied Catalysis A: General*, 2008, vol. 335, p. 74-81. (3.166 - IF2007). (2008 - Current Contents). ISSN 0926-860X.

Ohlasy:

1. [1.1] GOLUBEV, V. A. - SEN', V. D. Preparative syntheses of bis(4-tert-butylphenyl)aminoxyl. In *RUSSIAN JOURNAL OF ORGANIC CHEMISTRY*. ISSN 1070-4280, 2013, vol. 49, no. 4, p. 555-558. WOS
2. [1.1] ZHAO, Z. - JIN, R. - LIN, X. - WANG, G. H3PW12O40/MCM-41 Mesoporous Solid Acids as Promising Catalysts for the Alkenylation of p-Xylene with Phenylacetylene. In *ENERGY SOURCES PART A-RECOVERY UTILIZATION AND ENVIRONMENTAL EFFECTS*. ISSN 1556-7036, 2013, vol. 35, no. 18, p. 1761-1769. WOS

ADCA05 JANOTKA, Ivan - MOJUMDAR, Subhash Chandra. Thermal analysis at the evaluation of concrete damage by high temperatures. In *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2005, vol. 81, no. 1, p. 197-203. ISSN 1388-6150.

Ohlasy:

1. [1.1] SERPELL, R. - LOPEZ, M. Reactivated cementitious materials from hydrated cement paste wastes. In *CEMENT & CONCRETE COMPOSITES*. ISSN 0958-9465, 2013, vol. 39, p. 104-114. WOS
2. [1.1] DI LUZIO, G. - BIOLZI, L. Assessing the residual fracture properties of thermally damaged high strength concrete. In *MECHANICS OF MATERIALS*. ISSN 0167-6636, 2013, vol. 64, p. 27-43. WOS
3. [1.1] CHAMBERS, B. - PICKLES, C. A. - TUMIDAJSKI, P. J. Temperature Dependencies of the Permittivities and Microwave Shielding Effectiveness of a Carbon-containing Electrically Conductive Concrete. In *HIGH TEMPERATURE MATERIALS AND PROCESSES*. ISSN 0334-6455, 2013, vol. 32, no. 5, p. 427-435. WOS
4. [1.1] WEN, J. - YU, H. F. - LI, Y. - WU, CH. Y. - DONG, J. M. - ZHENG, L. Effects of H3PO4 and Ca(H2PO4)2 on mechanical properties and water resistance of thermally decomposed magnesium oxychloride cement. In *JOURNAL OF CENTRAL SOUTH UNIVERSITY*. ISSN 2095-2899, 2013, vol. 20, no. 12, p. 3729-3735. WOS



ADCA06 DAN, Elena - JANOTKA, Ivan. Chemical resistance of Portland cement, blast-furnace slag Portland cement and sulphoaluminate-belite cement in acid, chloride and sulphate solution: Some preliminary results. In *Ceramics-Silikáty*, 2003, vol. 47, no. 4, p. 141-148. ISSN 0862-5468.

Ohlasy:

1. [1.1] IZZAT, A. M. - AL BAKRI, A. M. M. - KAMARUDIN, H. - SANDU, A. V. - RUZAIDI, G. C. M. - FAHEEM, M. T. M. - MOGA, L. M. Sulfuric Acid Attack on Ordinary Portland Cement and Geopolymer Material. In *REVISTA DE CHIMIE*. ISSN 0034-7752, 2013, vol. 64, no. 9, p. 1011-1014. WOS

ADCA07 KULIFFAYOVÁ, Marta - KRAJČI, Ľudovít - JANOTKA, Ivan - ŠMATKO, Vasilij. Thermal behaviour and characterization of cement composites with burnt kaolin sand. In *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2012, vol. 108, p. 425-432. (1.604 - IF2011). ISSN 1388-6150.

Ohlasy:

1. [1.1] WONGKEO, W. - THONGSANITGARN, P. - CHINDAPRASIRT, P. - CHAIPANICH, A. Thermogravimetry of ternary cement blends. In *JOURNAL OF THERMAL ANALYSIS AND CALORIMETRY*. SEP 2013, vol. 113, no. 3, p. 1079-1090. WOS
2. [1.1] CIOBANU, C. - LAZAU, I. - PACURARIU, C. Investigation of the cellulose ethers effect on the Portland cement hydration by thermal analysis. In *JOURNAL OF THERMAL ANALYSIS AND CALORIMETRY*. APR 2013, vol. 112, no. 1, p. 325-330., WOS
3. [1.1] CIOBANU, C. - LAZAU, I. - PACURARIU, C. Investigation regarding the effect of viscosity modifying admixtures upon the Portland cement hydration using thermal analysis. In *JOURNAL OF THERMAL ANALYSIS AND CALORIMETRY*. APR 2013, vol. 112, no. 1, p. 331-338., WOS

ADCA08 JANOTKA, Ivan. Hydration of the cement paste with Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> addition. In *Ceramics-Silikáty*, 2001, vol. 45, no. 1, p. 16-23. (2001 - Current Contents). ISSN 0862-5468.

Ohlasy:

1. [1.1] WHITTAKER, M. - DUBINA, E. - AL-MUTAWA, F. - ARKLESS, L. - PLANK, J. - BLACK, L. The effect of prehydration on the engineering properties of CEM I Portland cement. In *ADVANCES IN CEMENT RESEARCH*. ISSN 0951-7197, 2013, vol. 25, no. 1, p. 12-20. WOS