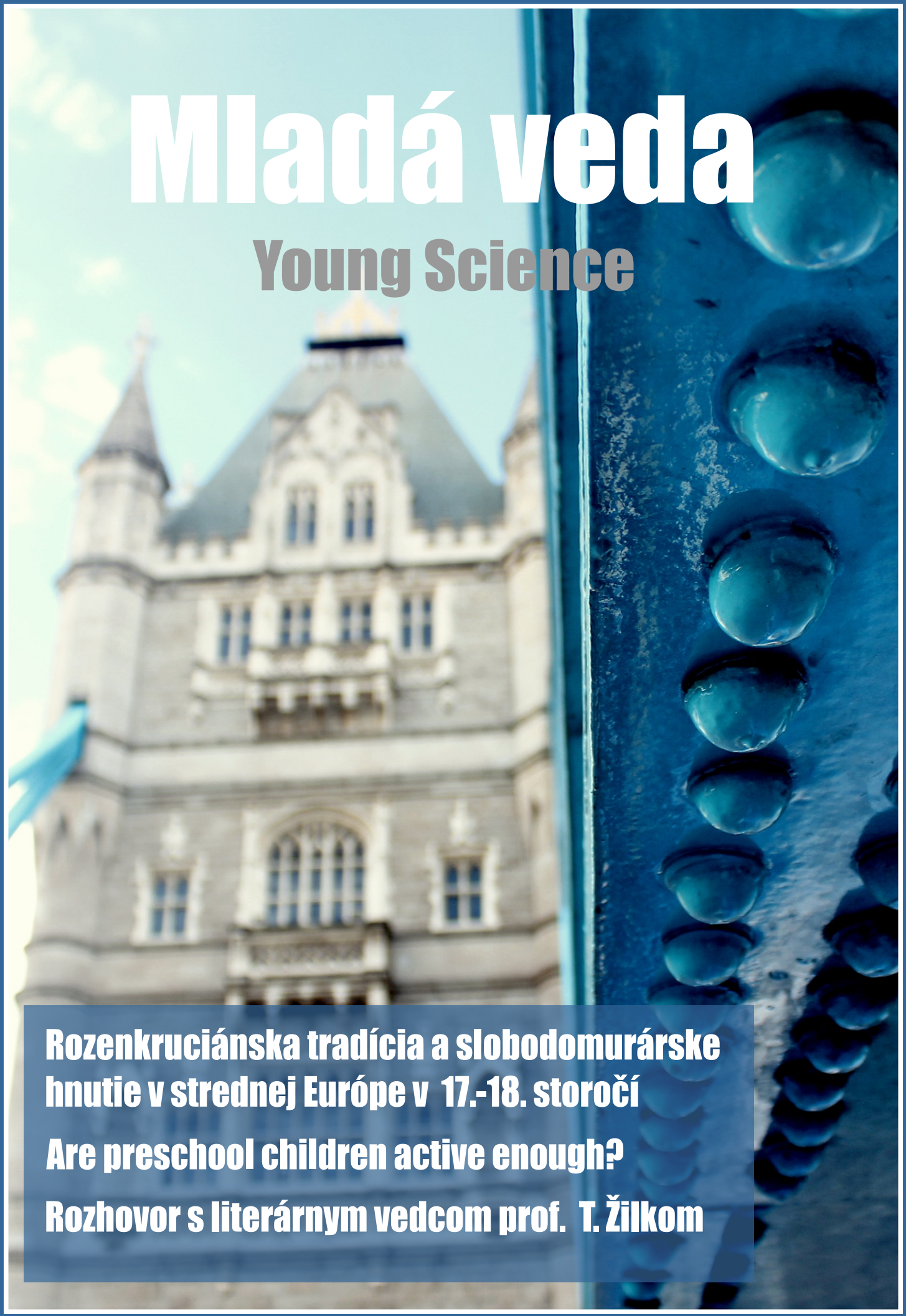
ISSN 1339-3189

Jún 2014

Mladá veda

Young Science



Rozenkruciánska tradícia a slobodomurárske hnutie v strednej Európe v 17.-18. storočí

Are preschool children active enough?

Rozhovor s literárnym vedcom prof. T. Žilkom

www.mladaveda.sk

Mladá veda
Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

Jún 2014 (číslo 2)
Ročník druhý
ISSN 1339-3189
Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk
Fotografia na obálke: Londýn 2013. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA
doc. Ing. Peter Adamišin, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)
doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)
doc. PaedDr. Peter Čuka, PhD. (Katedra cestovního ruchu, Slezská univerzita v Opavě)
prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of UkrainianStudies, University of Toronto; Royal Society of Canada)
Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)
doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos, s. r. o., Prešov)
prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)
prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)
doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra veřejné ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

REDAKCIA
Mgr. Richard Nikischer (Sociologický ústav Akademie věd ČR, Praha)
Mgr. Branislav A. Švorc, PhD. šéfredaktor (Katedra turizmu a hotelového manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)
PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSŠ UKF, Nitra)
Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ
Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r.o.
www.universum-eu.sk
Javorinská 26, 080 01 Prešov
Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

Mladá veda
Young Science
ISSN 1339-3189

Vol. 2 (1), pp. 54-60

VÝVOJ MATERIÁLOV NA BÁZE HYDRAULICKÝCH SPOJÍV - NAJPOUŽÍVANEJŠÍCH MATERIÁLOV NA SVETE

DEVELOPMENT OF MATERIALS BASED ON HYDRAULIC BINDERS - THE MOST USED MATERIALS IN THE WORLD

Ing. Katarína Matulová[1]

Autorka pôsobí ako doktorandka na Katedre materiálového inžinierstva, na Stavebnej fakulte Slovenskej Technickej Univerzity v Bratislave. Jej výskum je založený na skúmaní cementových kompozitov a ovplyvňovaní objemových zmien týchto materiálov.

Author works as a PhD student at the Department of Material Engineering at the Faculty of Civil Engineering of The Slovak University of Technology in Bratislava. Her research is based on examination of cement composites and influencing of volume changes of these materials.

Abstract

Concrete, respectively building materials with hydraulic properties are today, in terms of volume of production, the most widely used material in the world. One of the three main components of concrete is powdered hydraulic binder - cement. This material has an irreplaceable role in building and economic, scientific and demographic projections indicate that the development and importance of cements, as well as new types of binders will increase. Cement is made from natural ingredients available without consuming extraction and treatment and the application has a long tradition [4]. Concrete as a construction material, as we know it today, has undergone a long evolution that continues.

Key words: Hydraulic binders, history, construction, cement

Abstrakt

Betón, resp. stavebné materiály s hydraulickými vlastnosťami dnes patria, z hľadiska objemu produkcie, k najrozšírenejším materiálom na svete. Jednou z troch hlavných zložiek betónu je práškové hydraulické spojivo – cement. Tento materiál má nezastupiteľnú úlohu v stavebníctve a ekonomické, vedecké a demografické prognózy poukazujú na to, že vývoj a význam cementov, ako aj nových druhov spojív sa bude zvyšovať. Cement sa vyrába

[1] Adresa pracoviska: Katedra Materiálového inžinierstva, Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Radlinského 11, 813 68 Bratislava
E-mail: katarina.matulova@stuba.sk

z dostupných prírodných surovín bez náročnej ťažby a úpravy a jeho aplikácia má dlhodobú tradíciu [4]. Betón ako konštrukčný materiál, ako ho poznáme dnes, prešiel dlhým vývojom, ktorý naďalej pokračuje.

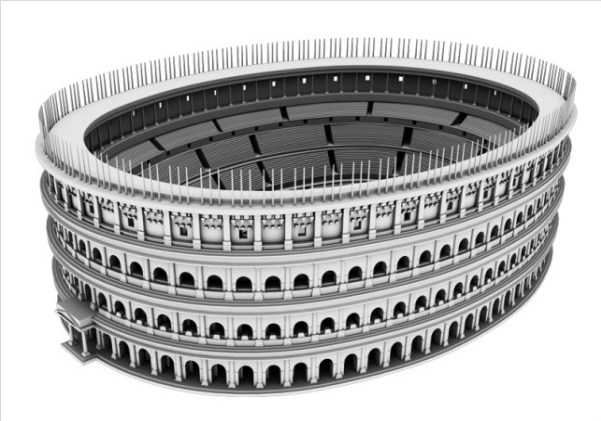
Kľúčové slová: Hydraulické spojivá, história, stavba, cement

Vznik a vývoj cementu a betónu

Materiály na báze hydraulických spojív (predchodca cementu) využívali už 1000 rokov pred n. l.. Feničania na stavbu veľkých vodných cisterien a vodovodných privádzačov. Feničanom môžeme pripísať objav hydraulických vlastností zmesi vápna a sopečného tufu [10]. Napriek tomu, že nepochybne nadväzovali na staršie empirické znalosti o hydraulických maltách, technológiu ich využívania dôsledne prepracovali (kamenné cisterny omietnuté maltou – ostrov Santorin).

V 2. storočí pred n. l. Gréci nadviazali na znalosti Feničanov a začali využívať novú murovaciu techniku - masívne steny tvorili dve lícové steny z tesaného kameňa a priestor medzi nimi bol vyplnený liatou maltou a prekladanou lomovým kameňom (predchodca betónu) [2]. Tento druh muriva, nazývaný „emplekton“ urýchlil výstavbu a de facto zaviedol systém strateného debnenia [10]. Gréci nasledovali Feničanov taktiež pri výstavbe vodných nádrží. Približne v roku 500 pred n. l. vybudovali na ostrove Rhodos nádrž s objemom 600 m^3, pri výstavbe ktorej využívali ako prímes k vápnu vulkanickú pôdu z Gréckej kolónie Dikearchia (Pozuoli) z oblasti Talianska [5].

Používanie hydraulických mált mimoriadne prepracovali a rozvinuli Rimania. Od Grékov prevzali emplekton, ktorý nazývali „opus caementum“. Odtiaľ pochádza názov pre novodobé hydraulické spojivo – cement, aj keď v stredoveku bola pod názvom „caementum“, „cimentum“ resp. „ciment“ označovaná mletá múčka z tehlových črepov [10]. Napriek tomu, že rímsky betón nebol úplne zrovnateľný s dnešných, bol to materiál, ktorý umožnil Rimanom realizovať rad veľkolepých stavieb. Patrí medzi ne Koloseum (Obr. 1) alebo Pantheon v Ríme (Obr. 2), kde technológiu výstavby po materiálnej, ale aj statickej stránke doviedli k dokonalosti.



Obr. 1 - 3D model Kolosea v Ríme Obr. 2 - 3D model Pantheonu v Ríme

Zdroj: Dostupné na WWW: < http://www.derrickwildey.com/design3d_colosseum.html >

Pri výstavbe Pantheonu, Rimania použili kamenivo s rôznou objemovou hmotnosťou, pričom najťažšie kamenivo je použité v spodnej časti kupoly a najľahšie pri jej vrchole a po výške sa hrúbka steny kupoly zužuje z 6,4 metra na 1,2 metra [8].

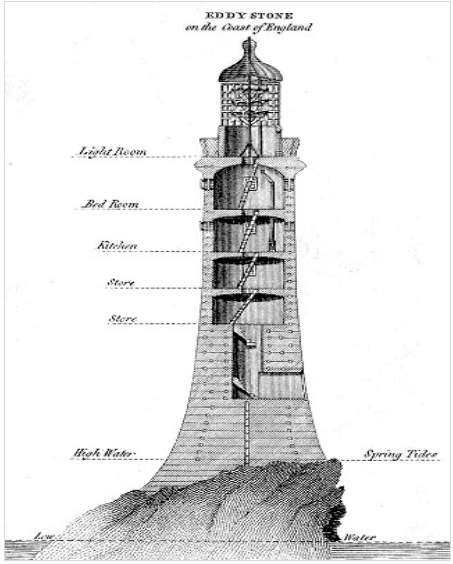
Používanie materiálov s puzolánovými, prípadne hydraulickými vlastnosťami je doložené i písomne, napr. v knihe Marcusa Vitruvia Pollia, Caesarovho vojenského staviteľa: De architectura [9]. Obrovský rozmach betónu v čase Rímskej ríše neskôr vystriedalo obdobie takmer úplného zaniknutia technológie až po jej znovuobjavenie a zdokonalenie v 18-tom storočí počas priemyselnej revolúcie [8].

Vitruviova kniha sa dočkala ešte znovuobjavenia v roku 1414 a prvé jej vydanie aj s obnovenými obrázkami vyšlo v roku 1511. Autorom prvého ilustrovaného vydania bol františkánsky mních Giovanni Giocondo, ktorý bol okrem iného aj skvelým staviteľom. Na rozdiel od svojich kolegov, ktorý knihu preložili už pár rokov pred ním, pochopil jej podstatu a možnosti praktického využitia. Giocondo okolo roku 1500 použil poznatky z Vitruviovej knihy pri výstavbe pilierov mosta Pont de Notre Dame v Paríži (Obr. 3), avšak po jeho smrti nedošlo k praktickému využitiu betónu takmer ďalších 250 rokov [8].

Obr. 3 - Maľba zobrazujúca Pont de Notre Dame v Paríži z roku 1756
Zdroj: Dostupné na WWW: < http://www.insecula.com/oeuvre/O0019189.html >

V 18. storočí sa fyzik a inžinier John Smeaton zaoberal, okrem iného, otázkami vodných stavieb (mostov, prieplavov, majákov, prístavov,...), pričom vychádzal z diel starorímskeho Vitruvia a Francúza Belidora (1697 – 1761), ktorý je považovaný za otca moderného vodného staviteľstva [10]. V spolupráci s chemikom Cookworthym prišiel Smeaton k záveru, že vlastnosti páleného vápna súvisia s chemickým zložením vápencov, čím poprel dovtedajšie tvrdenia, že kvalita páleného vápna súvisí s tvrdosťou vstupnej suroviny, čiže vápenca [10,5]. V roku 1759 Smeaton dokončil stavbu tretieho Eddystonského majáka (Obr. 4) a až o 32 rokov neskôr vydal knihu popisujúcu jeho stavbu. V knihe uvádza, že pri výstavbe použil maltovú zmes z rovnakého dielu vápna a puzolánu z Civita Vecchia (severne od Ríma) [2]. Výsledný materiál mal podľa slov autora lepšiu pevnosť a trvanlivosť než vtedy najpoužívanejší stavebný materiál – portlandský vápenec. Na základe experimentov a praktických znalostí Smeaton sformuloval závery, ktoré boli základom pri neskoršej výrobe a používaní hydraulických spojív (cementov) [10].

Prvý patent na výrobu hydraulického spojiva pod názvom „stucco“ bol udelený v roku 1779 B. Higginsovi, ktorý taktiež využil niektoré poznatky z Vitruviovej knihy De Architectura [8].



Obr. 4 - Zobrazenie majáku na útese Eddystone
Zdroj: Dostupné na WWW: < http://en.wikipedia.org/wiki/File:Smeaton´s_Lighthouse00.jpg >

V roku 1796 J. Parker, inšpirovaný pravdepodobne knihou Smeatona, prihlasuje patent, v ktorom opisuje postup drvenia a pálenia vhodnej vápencovej suroviny s prímesou hlinitanových súčastí, pod názvom Románsky cement [10]. Následne Parker zakladá vlastnú manufaktúru na výrobu tohto typu materiálu, ktorý sa stal na viac ako pol storočie najvyužívanejším komerčne dostupným hydraulickým spojivom [7].

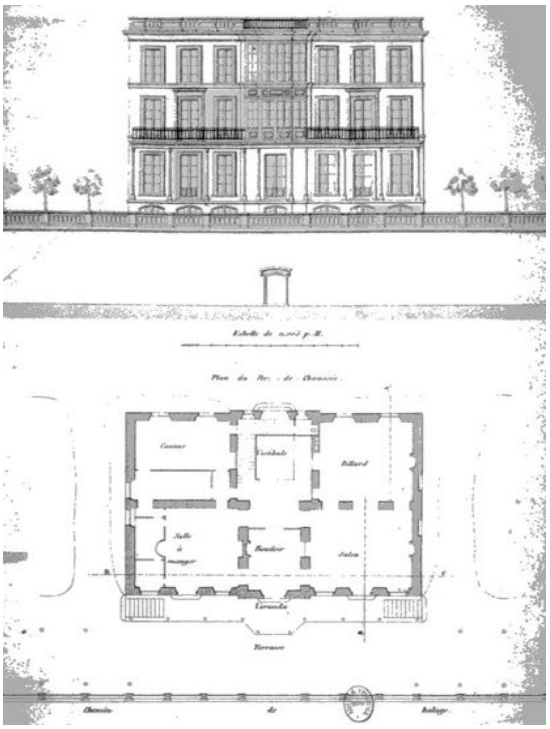
Na začiatku 19. storočia Vicat zhrnul teoretické poznatky z oblasti hydraulických spojív a presnými návodmi na výrobu hydraulického vápna a puzolánov vytvoril podmienky na rozvoj betónového staviteľstva vo Francúzsku. V roku 1818 prihlásil patent, podľa ktorého sa na výrobu umelého hydraulického vápna používala zmes jedného až dvadsiatich dielov hlinitých zložiek a sto dielov vápenca, kriedy alebo vápna a v roku 1822 založil továreň na výrobu umelého hydraulického vápna [10].

V roku 1825 založil Josef Aspdin továreň, v ktorej vyrábal spojivo pod názvom „Portlandský cement“. Názov vychádzal z toho, že výsledný produkt pripomínal svojou pevnosťou a šedou farbou vtedy obľúbený portlandský vápenec [10]. Prvým inžinierom, ktorý použil portlandský cement bol I. K. Brunnel v roku 1828 pri výstavbe tunela pod riekou Temža (Obr. 5) [8].

Obr. 5 – Zobrazenie interiéru tunela pod riekou Temža v polovici 19. storočia
Zdroj: Dostupné na WWW: < http://en.wikipedia.org/wiki/Thames_Tunnel#1828 >

Na prelome prvej polovice 19. storočia I. Ch. Johnson prichádza k významnému poznatku o nutnosti pálenia surovinovej zmesi na výrobu cementu na medzu slinutia (okolo 1 450 °C) [10]. Kvalita vypálenej suroviny – slinku, bola samozrejme podriadená vtedajšiemu strojnému vybaveniu. Surovina sa vypaľovala v šachtových peciach a aj mletie slinku bolo podstatne menej účinné ako je tomu dnes.

Významnou osobnosťou, ktorá sa zaslúžila o rozmach využívania betónu v staviteľstve bol F. Coignet. V roku 1855 vybudoval v Paríži súkromný dom z betónu a plochou strechou s terasou (Obr. 6) [10]. V prípade terasy, ktorú vyhotovil z betónových dosiek hrúbky 27 cm, musel riešiť aj otázku únosnosti. Navrhol vystužiť dosky 12 cm vysokými I-nosníkmi, ktoré umiestnil každý 1 meter. Nosnosť tejto konštrukcie bola neskôr stanovená na 1500 – 1800 kg/m^2 [8]. Ten istý rok získal na Svetovej výstave v Paríži bronzovú medailu za vystavené betónové konštrukčné prvky a dal si patentovať systém zásad, ktorých užívanie umožnilo betónu konkurovať iným stavebným materiálom [10]. Zdôraznil potrebu dôkladného zhutnenia čerstvého betónu, dávkovanie minimálneho množstva vody, využívanie strojov na drvenie kameniva a miešanie betónovej zmesi a tiež považoval za nevyhnutné viacnásobné využívanie debnenia.

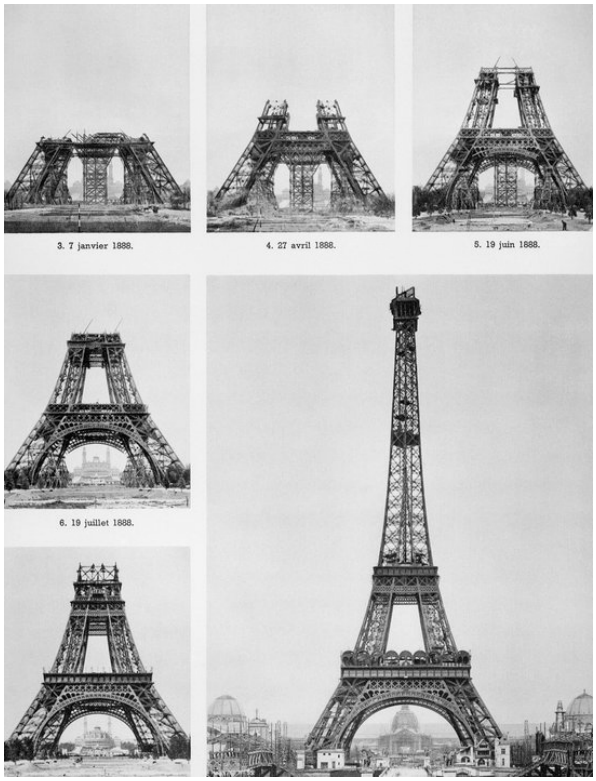


Obr. 6 – Architektonický nákres domu z betónu z roku 1855
Zdroj: Dostupné na WWW: < http://en.wikipedia.org/wiki/Fran%C3%A7ois_Coignet >

V roku 1869 W. Michaelis vydal knihu o hydraulických maltách, v ktorej spracoval teóriu chemizmu portlandského cementu. Definuje v nej rad pojmov (napr. hydraulický modul), ktoré sa stali základnými charakteristikami cementárskej chémie. Ako prvý zaviedol dôkladné chemické výpočty pri návrhu zloženia surovinovej zmesi na výrobu cementu a definoval skúšobné postupy pri hodnotení výsledného produktu [10].

Významným míľnikom využitia betónu ako stavebného materiálu bol rok 1889 kedy bola dokončená najznámejšia dominanta Paríža – Eiffelova veža (Obr. 7). Veža bola založená

na mohutných betónových základoch a v tej dobe išlo o najmasívnejšie použitie betónu v staviteľstve [2,8].



Obr. 7 – Zobrazenie postupu výstavby Eiffelovej veže
Zdroj: Dostupné na WWW: < http://www.cas.sk/clanok/220233/pozrite-si-ako-pred-125-rokmi-vznikala-eiffelova-veza.html >

Ďalší vývoj cementových kompozitov rýchlo napredoval a odrážal neustále sa zvyšujúce nároky staviteľov na tento konštrukčný materiál pri realizácii čoraz náročnejších konštrukcií a často vo veľmi komplikovaných podmienkach. Samozhutniteľný betón (SZB; SCC – Self Compacting Concrete) je často označovaný za najúspešnejšiu inováciu poslednej doby v oblasti betónových konštrukcií a stavebníctva. SCC prešiel v krátkej dobe rýchlym vývojom od vytvárania koncepcie požadovaných vlastností, až k bežnému používaniu na voľnom trhu stavebných prác [6].

K zásadnému pokroku vo vývoji betónu s vyššou tekutosťou došlo v Japonsku v polovici 80. rokov 20. storočia. Jeho prvé významné aplikácie sa realizovali na začiatku 90. rokov, čím sa otvorili nové možnosti inovatívneho vývoja „klasickej“ technológie betónu [3]. Hlavným podnetom tohto vývoja bolo riešenie základnej príčiny všeobecne nedostatočnej trvanlivosti stavieb z betónu a taktiež nedostatok kvalifikovaných pracovníkov na prácu s betónom. Riešením bol vývoj takého betónu, ktorý sa „zhutní sám“ (iba pôsobením gravitácie, čiže vplyvom vlastnej tiaže), čím by sa zhutňovanie betónu vylúčilo zo stavebného procesu [1]. Technológia SCC je náročnejšia a citlivejšia ako technológia „tradičného vibrovaného betónu“ a navyše je drahší. Napriek tomu prevažujú výhody tohto materiálu v podobe vyššej produktivity práce, lepšej kvality a zlepšenia v oblasti hygieny práce. SCC predstavuje dôležitý a významný vývojový krok v technológii betónu a má značný dopad na stavebnú prax [6].

So zvyšujúcimi sa požiadavkami na zníženie energetickej náročnosti výroby a eliminovanie ekologického zaťaženia, sa v súčasnosti stáva prioritným hľadanie možností inovácie tradičných technologických postupov spracovania silikátových nerudných surovín [9] a čoraz častejšie sa pri výrobe cementu cieľavedome nahrádzajú prírodné suroviny odpadmi z iných priemyselných odvetví [11]. Výskum sa zameriava na inovácie v oblasti portlandských zmesových cementov (ekocementov) aplikovateľných podľa účelu použitia v konštrukčnom betóne alebo v oblasti nízkoenergetických cementov určených na špeciálne použitie [9].

Záver

Počiatky moderného betónu sú späté s poznaním technológie výroby hydraulických spojív, najmä cementu. Za obrovský pokrok sa dá považovať objav potreby pálenia základnej suroviny na medzu slinutia, ktorý bol patentovaný v polovici 19. storočia a od Všeobecnej svetovej výstavy v Paríži v roku 1900 sa betón začína dostávať do popredia a používať ako jeden zo základných konštrukčných materiálov. V posledných rokoch prežíva svet stavebný boom a podľa predpokladov sa bude objem výroby cementu v nasledujúcich dekádach stále zvyšovať a to najmä z dôvodu zvyšovania dopytu po cemente v rozvojových krajinách [4]. Dnes sa svetová produkcia cementu pohybuje okolo 3 000 miliónov ton ročne, čo je v porovnaní s rokom 2 000 o 100 % viac a predpokladá sa, že v roku 2 020 sa produkcia zvýši až na viac ako 3 500 miliónov ton cementu za rok.

Tento článok odporúčal na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.

Použitá literatúra

Knižné publikácie

[1] BARTOS, P.J.M., 1992. *Fresh Concrete: Workability and Tests.* Amsterdam: Elsevier Science Publishers. ISBN 0449-220704.

[2] DUDA, E., 2005. *Dejiny staviteľstva.* Bratislava: Vydavataľstvo IRIS. ISBN 80-89018-91-2.

[3] HAYAKAWA, M., 1993. Development and Application of Super Workable Concrete. In: *Special Concretes – Workability and Mixing*. London: E & FN SPON, pp. 183 – 190.

[4] PALOU, M. et al, 2010. Cement a jeho budúcnosť. In: *Silikátnik*. Bratislava: SILITECH.

[5] ROVANNÍKOVÁ, P., 2002. *Omítky, Chemické a technologické vlastnosti*. Praha: Vydavateľstvo Stop. ISBN 80-86657-00-0.

[6] SCHUTTER, G.D. et al, 2008. *Samozhutnitelný beton*. Praha: ČBS Servis, s.r.o. ISBN 978-80-87158-12-8.

Internetové zdroje

[7] Dostupné na WWW: < http://en.wikipedia.org/wiki/James_Parker_(cement_maker) >

[8] Dostupné na WWW: < http://peterpaulik.blog.sme.sk/c/262308/Historia-betonu-Cast-1-od-praveku-po-Rimsku-risu.html >

[9] Dostupné na WWW: < http://www.asb.sk/stavebnictvo/stavebne-materialy/inovativne -prirodne-materialy-pouzitelne-vcementovych-kompozitoch >

[10] Dostupné na WWW: < http://www.ebeton.cz/ >

[11] Dostupné na WWW: < http://www.zvc.sk/31.shtml >