

## HISTÓRIA BETÓNU

Betón je dnes najpoužívanejším stavebným materiálom sveta pokrývajúci široké spektrum využitia. Existujú betóny rôznych pevností s rôznymi vlastnosťami, doslova podľa požiadaviek inžinierov a investorov. Kým sa však betón stal neodmysliteľnou súčasťou nášho každodenného života, prešiel dlhou a búrlivou históriou, ktorá sa vyznačuje značnou nespojitosťou. Betón sa viackrát vytratil, znovuobjavil a upadol do zabudnutia, až kým nenastal jeho nevidaný rozmach po jeho znovuobjavení a zdokonalení počas priemyselnej revolúcie.

Kam až siaha história betónu a čo vlastne môžeme už za betón považovať, je otázka, o ktorej sa dodnes vedú rozsiahle spory medzi historikmi a vedcami na rôznych svetových fórach a konferenciách. Existuje niekoľko rôznych názorov a hypotéz, ktoré sa v datovaní prvého využitia betónu rozchádzajú až v rozmedzí niekoľkých tisícok rokov.

Jedným z prvých využití betónu, ak vôbec môžeme tento konkrétny materiál betónom nazvať, je z roku 7000 pred našim letopočtom. Ide o zmes vápenej malty a kameniva, ktorá sa našla v Izraeli v oblasti Južnej Galilei v roku 1985 ako súčasť podlahy jednoduchého domu. Z tohto obdobia boli nájdené aj viaceré ohniská v Sýrii prispôbené vypaľovaniu vápenca, a teda prvej úmyselnej výrobe nehaseného vápna.

K objaveniu vápna ako stavebného materiálu došlo pravdepodobne náhodou pri ohnisku obloženom kameňmi z vápenca. Pri vysokých teplotách totižto dochádza k zmene vápenca  $\text{CaCO}_3$  na tzv. nehasené vápno  $\text{CaO}$ , ktoré potom pri reakcii s vodou vytvorí hasené vápno schopné tuhnúť v prítomnosti vzduchu.

Ďalší podobný nález podlahy chatrče pochádza zo srbských brehov Dunaja z roku 5600 p. n. l.



Nálezisko Lepenski Vir pri Dunaji v Srbsku z roku cca 5600 p. n. l.

História betónu neskôr pokračuje v Egyptskej ríši cez jednu z najspornejších hypotéz, ktorú sa zatiaľ nepodarilo potvrdiť ani vyvrátiť. Je ňou využitie primitívneho betónu pri výstavbe pyramíd v rokoch 3600 – 2000 p. n. l. Autorom a veľkým zástancom tejto teórie je Dr. Davidovits, ktorý prišiel s myšlienkou, že obrovské bloky pyramíd neboli ťahané a dvíhané neuveriteľnými mechanizmami ani technológiou mimozemskej civilizácie, ale že boli jednoducho odlievané do debnenia. Problémom tohto sporu je najmä mystifikácia pyramíd, ktorá dodnes láka množstvo turistov, a tak egyptská vláda nepovoľuje uskutočniť pár vrtov, ktoré by mohli potvrdiť alebo vyvrátiť túto hypotézu. Napredovaniu bráni aj skeptický prístup historikov, ktorí by museli uznať, že všetky ich

doteraz publikované práce o výstavbe pyramíd boli nesprávne. Každopádne je však dokázané, že starovekí Egypťania poznali akýsi primitívny druh betónu, ktorý nazývali umelým kameňom a využívali ho na odlievanie jednoduchých stĺpov a na spájanie kvádrov.



Študenti na MIT pod vedením prof. Hobbsa budujú model pyramídy z materiálu podobného betónu, z ktorého by mohli byť postavené niektoré pyramídy v Egypte

S úpadkom egyptskej ríše sa postupne vytratil aj využívanie prvých primitívnych betónov, resp. mált, a jedinou spojnicou s znovuzrozením betónu v oblasti Grécka a Rímskej ríše predstavuje kmeň Nabatejcov z oblasti Sinaja. Tí vyrábali v období od roku cca 700 p. n. l. špeciálne zberače vody na púšti slúžiace na napájanie ich karaván pri prechode púšťou. Tieto zberače boli schopné zozbierať a udržať vodu aj zo zriedkavých dažďov, pričom táto nepriepustná vrstva betónu bola schovaná pod vrstvou piesku, cez ktorú voda ľahko prešliakla. Takto zabezpečili, že sa voda ihneď neodparila, a tiež to, že tieto zberače vyspádané do studne ostali nenápadne schované.

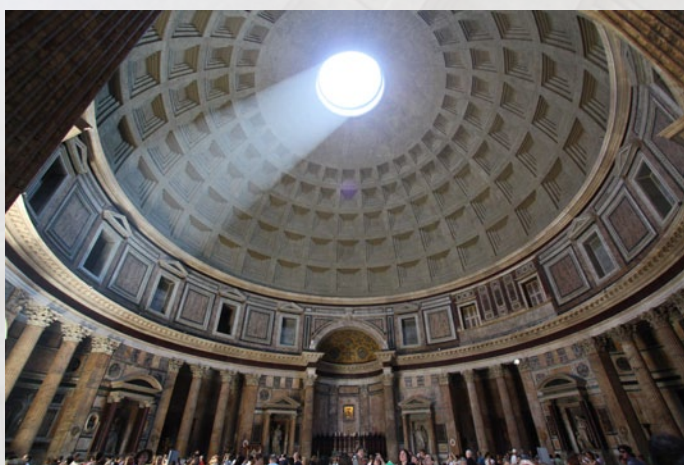
Vodotesnosť zabezpečili zmiešaním vápenej malty s prachovitým kremičitým pieskom, čím v podstate vytvorili pravdepodobne prvú úmyselne vyrobenú vodotesnú stavebnú hmotu. Niektoré nádrže vytvorené Nabatejcami v treťom storočí pred našim letopočtom fungujú dodnes.



Nech už je to akokoľvek, tieto „betóny“ sa od betónu, ako ho poznáme dnes, diametrálne odlišovali najmä tým, že potrebovali na tvrdenie prítomnosť vzduchu (konkrétne oxid uhličitý).

Prvé využitie hmoty schopnej tuhnúť aj pod vodou (teda tzv. hydraulické spojivo) sa datuje do roku 500 p. n. l. pri výstavbe vodných nádrží objemu 600 m<sup>3</sup> v Grécku na ostrove Rodos. Pri výrobe tohto betónu sa už využívala ako prímes vápna vulkanická pôda z gréckej kolónie Dikearchia (Pozuoli) z oblasti Talianska.

Takáto zmes sa neskôr dostala až do Rímskej ríše, kde sa o nej zmieňuje Vitruvius vo svojej knihe *De architectura*. Rímanovia neskôr technológiu betónu podstatne zdokonalili a zhotovili z neho mnohé pôsobivé stavby stojace dodnes. Jednou z nich, kde technológiu po materiálnej, ale aj statickej stránke doviedli do dokonalosti, je Pantheon v Ríme. Pri výstavbe použili kamenivo s rôznou hustotou, pričom najťažšie kamenivo je použité na spodku kupoly a najľahšie pri jej vrchole. S výškou sa tiež mení hrúbka steny kupoly z 6,4 metra na 1,2 metra.



Pantheon

Obrovský rozmach betónu v čase Rímskej ríše neskôr vystriedalo obdobie takmer úplného zaniknutia technológie až po jej znovuobjavenie v 18. storočí. Dodnes nie je známa žiadna teória, ktorá by dostatočne uspokojivo vysvetlila, ako k tomuto zániku došlo, no jedna z najrealistickejších teórií hovorí o tom, že receptúra betónu bola niečo ako obchodné tajomstvo, ktoré poznalo len zopár rímskych staviteľov, ktorí po rozpade Rímskej ríše stratili svoje uplatnenie a receptúra zanikla spolu s nimi. Ďalším dôvodom mohol byť aj fakt, že receptúra vyžadovala konkrétne suroviny nachádzajúce sa len v určitých oblastiach Rímskej ríše a ďalšie generácie stavbárov mali k nim po jej rozpade už len veľmi obmedzený prístup. Obdobie temnoty tak prežila len jednoduchá vápenná malta.

Každopádne Vitruviova kniha čakala na svoje znovuobjavenie až do roku 1414 a prvé vydanie aj s obnovenými obrázkami sa objavilo až v roku 1511. Autorom tohto prvého ilustrovaného vydania bol frančískanský mních Giovanni Giocondo (na obrázku vpravo), ktorý bol okrem iného aj skvelým staviteľom, a teda na rozdiel od svojich kolegov, ktorí knihu preložili už pár rokov pred ním, až on pochopil jej podstatu a možnosti jej praktic-



Most Pont de Notre Dame (na moste boli postavené obytné budovy)

kého využitia. Po dlhom čase tak betón, alebo skôr betónová malta, opäť uzrela svetlo sveta, no tentoraz len na veľmi krátky čas. Giocondo využil okolo roku 1500 tieto poznatky pri výstavbe pilierov mosta Pont de Notre Dame v Paríži, no po jeho smrti k praktickému využitiu betónu nedošlo ďalších takmer 250 rokov. Hlavným dôvodom bol zrejme fakt, že medzi bežných murárov a stavbárov tej doby sa tento latinský preklad Vitruviovej knihy jednoducho nedostal.

Dôležitú úlohu pri znovuobjavení betónu zohrala až kniha J. Moxona: *Cvičenia z mechaniky, alebo doktrína praktických prác*, ktorá vyšla v roku 1685 v angličtine a neskôr bola preložená do viacerých európskych jazykov. Moxon v tejto knihe opisuje rozdiel medzi betónom používaným v starom Ríme a maltami, ktoré sa využívali v tej dobe v Anglicku. Aj keď kniha neobsahovala priamo postup výroby rímskeho betónu, bol v nej popis niektorých jeho vlastností a odkaz na Vitruviovu knihu.

Po dlhom čase znova objavil prvú maltu schopnú stvrdnúť pod vodou až J. Smeaton pri hľadaní vhodných materiálov na výstavbu majáka Eddystone v roku 1752, no keďže si ju nedal patentovať, prvenstvo mu podobne ako Giocondovi formálne ušlo.



Smeatonov maják z roku 1752 – dnes je z neho už iba ruina vedľa nového majáka z roku 1882

K znovuzrodeniu betónu opäť prišlo až počas priemyselnej revolúcie, keď sa začalo čoraz viac ľudí pokúšať zbohatnúť vynájdením nových technológií.

Zmienka o špeciálnej rímskej malte v Moxonovej knihe viedla mnohých nadšencov k experimentovaniu s cieľom znovuobjaviť zabudnutú technológiu jej výroby. Prvý patent na výrobu hydraulického spojiva (malta, ktorá stvrdne aj vo vode) pod názvom *stucco* bol udelený v roku 1779 B. Higgin-

sovi, ktorý využil niektoré poznatky práve z knihy *De Architectura*. Týmto rokom začala nová doba kamenná. Nasledovalo množstvo ďalších patentov najrôznejších názvov ako napr. britský cement, prírodný cement, biele zlato a podobne, ktorých autormi boli Smeaton, Parker, Vicat a ďalší. Každý ďalší patent bol však len čiastočným vylepšením toho predchádzajúceho a celková koncepcia výroby cementu ostala takmer nezmenená.



Prvý betónový most od čias Rímskej ríše bol postavený v roku 1816 vo Francúzsku

Tieto prvé cementy sa vyrábali pri relatívne nízkych teplotách a ich vlastnosti sa často výrazne menili podľa variability zloženia vstupných surovín (vápenec zmiešaný s ílom). Výraznejší zlom nastal až v roku 1824, keď si J. Aspdin dal patentovať receptúru a výrobný postup na tzv. portlandský cement.

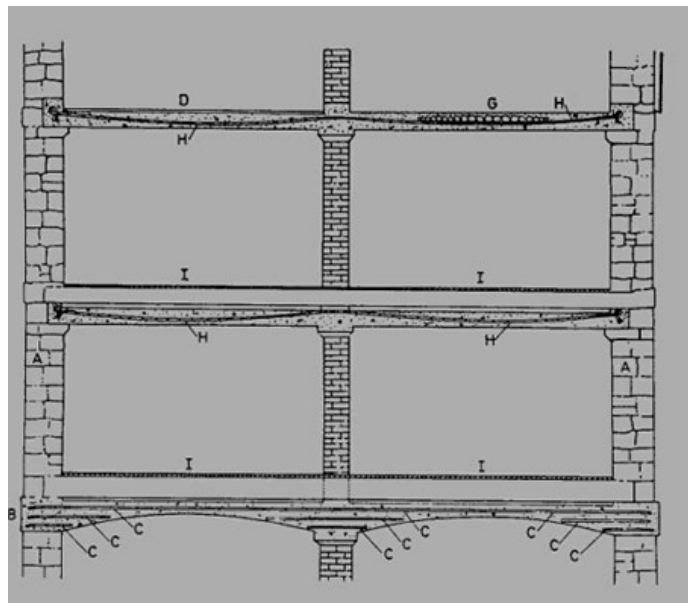


Aspdin objavil receptúru a výrobný postup portlandského cementu doslova v kuchyni

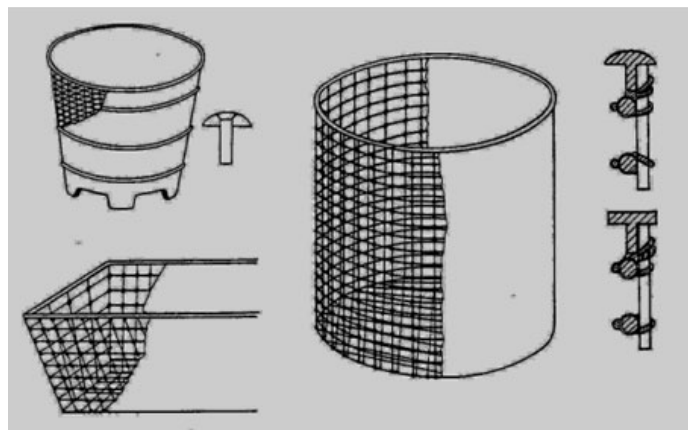
Aspdin objavil receptúru a spôsob výroby vo svojej kuchyni systémom pokus-omyl vychádzajúc z predošlých patentov. Jeho postup pozostával z presného dávkovania jednotlivých zložiek, ktoré sa po premiešaní vypaľovali pri vysokých teplotách. Teplotu výpalu neskôr v roku 1840 zvýšil nad 1300 °C Aspdinov syn William (k podobnej teplote dospel neskôr aj I. C. Johnson). Práve vďaka tejto teplote mal tento druh cementu výrazne vyššie počiatkové pevnosti, čo umožnilo rýchlejšiu výstavbu. Aspdin nazval svoj produkt podľa ostrova Portland, na ktorom sa ťažil kvalitný kameň farbou pripomínajúci zatvrdnutý cement. Kvalita tohto cementu a jeho výrazne lepšie vlastnosti aj napriek vyššej cene postupne vytlačili všetky ostatné druhy cementov z trhu. Ešte aj dnes je portlandský cement najpoužívanejším cementom sveta, aj keď samozrejme výrobný postup sa odvtedy podstatne vylep-

šil. Prvým inžinierom, ktorý použil portlandský cement, bol I. K. Brunnel v roku 1828 pri výstavbe tunela pod riekou Temža.

Ďalším významným krokom v histórii betónu bol prechod k vystuženému betónu. Dlhú dobu bol za vynálezcu vystuženého betónu považovaný záhradník J. Monier, ktorý si dal v roku 1867 patentovať vystužený betón na výrobu kvetináčov, no prvá zmienka o využití betónu vystuženého oceľovými prútmi je už z roku 1830 a autorom prvého patentu na vystužené stropné dosky z roku 1854 je W. Wilkinson.



Wilkinsonov patent na vystužené betónové dosky



Monierov patent železobetónových kvetináčov

Monier však tiež čoskoro po patentovaní kvetináčov pochopil, že sa takýto druh železobetónu dá využiť aj na iné účely, a tak začali vznikať prvé železobetónové stavby stavané Monierovým a Wilkinsonovým systémom. Nastúpila éra železobetónu, ktorá potom v dvadsiatom storočí zmenila tvár moderného sveta na nepoznanie...

Peter Paulík

<http://peterpaulik.blog.sme.sk/c/262308/Historia-betonu-Cast-1-od-praveku-po-Rimsku-risu.html>  
<http://peterpaulik.blog.sme.sk/c/266613/Historia-betonu-Cast-2-od-Rimskej-rise-po-Monierov-kvetinac.html>