

# OHRANIMO ZNANJE O BETONU

**SLOVENSKA STROKA JE V ZADNJIH DESETLETJIH PRIDOBILA IN RAZVILA ŠIROKO ZNANJE TAKO NA PODROČJU KAKOVOSTNE PROIZVODNJE BETONA IN KONSTRUKCIJ KOT TUDI NA PODROČJU SANACIJ BETONSKIH OBJEKTOV, ZATO NE DOPUSTIMO, DA BI ŠLO V POZABO TUDI NAŠE ZNANJE IN VEDENJE O BETONU.**

Dandanes pogosto slišana trditev je, da beton ne bi smel imeti mesta v sodobni, trajnostno in nizkoenergijsko naravnani arhitekturi in gradbeništvu. Argumenti se večinoma sučejo okrog navedb o njegovi »nenaravnosti«, da ne omogoča »dihanja« konstrukcij, da je okoljsko manj primeren, da ni »tradicionalen«, da je njegova proizvodnja in vgradnja predraga v primerjavi z drugimi materiali in podobno. Praktično vse naštetu, kakorkoli je že nerodno izraženo, velja npr. tudi za steklo, a na to niti ne pomislimo. Ne nazadnje je tudi jeklo kot material, ki je prav tako povzročil pravo revolucijo v razvoju arhitekture in gradbeništvu, pogosto deležen enakih oznak.

Beton seveda ni univerzalno idealen material. Pa vendar ne moremo rešiti vseh inženirskih problemov zgolj z lahkimi konstrukcijami, z montažnimi elementi (pri čemer se pozablja, da je tudi beton zelo primeren za njihovo izdelavo), z domnevno naravnimi materiali, ali pa konkretno z lesom, ne glede na njegovo nesporno večplastno kakovost in uporabnost. Idealnega vsestranskega materiala žal ni, vsak ima svoje prednosti in slabosti. Šele podrobnejša presoja posameznega konkretnega primera, ki vključuje tehnične, okoljske, ekonomske, družbene in druge vidike, nam lahko da odgovore o večji ali manjši smiselnosti in primernosti uporabe določenega materiala in določene vrste konstrukcije.

## BETON JE PROIZVOD S SPOŠTLJIVO ZGODOVINO

V Evropi se beton proizvaja vsaj 2000 let. Cement kot osnovno vezivo za beton so začeli uporabljati že stari Rimljani, ki so bili izvrstni graditelji in so ustvarili



*Brv čez kanjon Save pri Radovljici. Brv je zasnovana tako, da kljub betonski konstrukciji deluje čim bolj lahkotno. Avtor arhitekture je mag. Peter Gabrijelčič, univ. dipl. inž. arh., avtor statike pa Peter Koren, univ. dipl. inž. grad.*

tudi temelj današnjih družbenih in posredno gospodarskih odnosov. V okolici mesta Pozzuoli so naleteli na naravno surovino vulkanskega izvora, ki je imela v kombinaciji z apnom podobne hidravlične lastnosti, kot jih ima današnji industrijsko pripravljen cement. To pomeni, da je sipka snov - naravni rimski cement, ki pri kemijski reakciji z vodo v kombinaciji s trdim konglomeratom privede do plastično oblikovanega trdnega proizvoda - postala ključni dejavnik za gradnjo stabilnih, naravi kljubujočih konstrukcij. Tako je bil zgrajen rimski Panteon, v zadnjem stoletju pa smo v kombinaciji z jeklom, ki se idealno vklaplja v betonsko jedro, zgradili veliko industrijskih, stanovanjskih, inženirskih in drugih kompleksov. Iz betona je tudi veliko izdelkov, ki jih uporabljamo v gradbeništvu: npr. robniki, tlakovci, fasadne plošče, cevi, protihrupne ograje, vrtna korita, stebri za vinsko trto itd.

## UPORABNOST BETONA

Če želimo materiale primerjati, jim moramo najprej določiti skupni imenovalac oziroma jih razvrstiti v skupine po določenih značilnostih. Pri tovrstni klasifikaciji uporabimo različna merila glede na namen samega razvrščanja materialov v skupine. Materiale lahko razvrstimo npr. na podlagi posameznih izbranih lastnosti ali skupin lastnosti. Lahko jih razvrščamo po namembnosti ali uporabnosti. Lahko jih v splošne namene razvrstimo po kemijskih značilnostih. V vsakdanji praksi pa gradbene materiale navadno razdelimo kar na naravne in umetne.

Na splošno lahko o cementnem betonu govorimo kot o kompozitu, umetno (industrijsko) proizvedenem iz mešanice naravnih in umetnih sestavin. Naravni komponenti sta voda in agregat (pesek), umetna pa hidravlična veziva ter potencialno uporabljani kemijski dodatki.

Ne glede na pogoste diskusije o njegovi domnevni škodljivosti in neprimernosti je beton omogočil hitrejšo, cenejšo in varnejšo gradnjo ne samo inženirskih konstrukcij, kot so denimo mostovi in predori, ampak tudi stanovanjskih stavb v obdobjih, ko je bilo v številnih državah treba zelo hitro zgraditi tisoče novih stanovanj. Vlogo uporabe betona je treba presojati tudi v širšem narodno gospodarskem smislu. Nepogrešljiv je na območjih, kjer je potrebna visoka stopnja zaščite pred potresi, poplavamami in drugimi naravnimi nesrečami. Prevečkrat pozabljamo, da ne gradimo samo enodružinskih stavb in da se naše okolje lahko bistveno razlikuje od tistega, od koder bi želeli prenesti zglede. Tipičen primer je gradnja večnadstropnih stavb na potresno ogroženih območjih, kjer nasprotniki betona in jekla hitro ostanejo brez utemeljenih argumentov.

Beton je v svojem bistvu relativno preprost material, čeprav je bila njegova podrobna mikrostruktura do pred nekaj let pravzaprav še vedno neznanka, ker njeno poznavanje izhaja iz ugotovitev mehanizmov hidratacije cementa in vpliva organskih in mineralnih kemijskih dodatkov. Če njegove osnovne lastnosti primerno prilagodimo, za kar je potrebno visoko specialno znanje, ga lahko uporabljamo na vseh geografskih in podnebnih lokacijah, pa tudi pod vodo.

### AKUMULACIJA TOPLOTE IN ZVOČNA IZOLACIJA PRI BETONSKIH KONSTRUKCIJAH

Dva različna predmeta oz. snovi bosta pri stalni temperaturi prostora imela enako temperaturo. Razliko opazimo šele ob dotiku. Kakšen je občutek toplote ali hladu, ko se ju pri enaki temperaturi dotaknemo, je odvisno od lastnosti, ki ji tehnično pravimo toplotna vdornost. Toplotna vdornost je odvisna od gostote, toplotne prevodnosti in specifične toplote konkretnega materiala. Naravni kamen in beton imata tako povsem primerljive vrednosti, opečni zidaki približno dvakrat nižje.

Vprašanje je seveda, koliko je ta lastnost sploh pomembna npr. za stene stanovanj-

skih stavb. Verjetno ne preživimo ravno veliko časa naslonjeni na njih, da bi nas večja toplotna vdornost betona motila. Toplotna vdornost je zato bistveno pomembnejša pri izbiri zaključne obloge tal. Občutek hoje z bosimi nogami po tleh z leseno ali tekstilno zaključno oblogo je zato prijetnejši od občutka pri hoji po kamnitih tleh ali tleh s keramično oblogo. Golih betonskih tal pa v stanovanjskih stavbah navadno ne srečamo.

Beton ima odlično sposobnost akumuliranja toplote. To njegovo lastnost lahko dobro izkoristimo, če je betonska konstrukcija, npr. zunanja stena, dobro toplotno zaščiten z zunanje strani. Tudi temperatura notranje površine konstrukcije, ki je pomembna za dobro toplotno ugodje v prostoru, je pri znani temperaturi notranjega in zunanjega zraka odvisna le od toplotnega upora celotne konstrukcije.

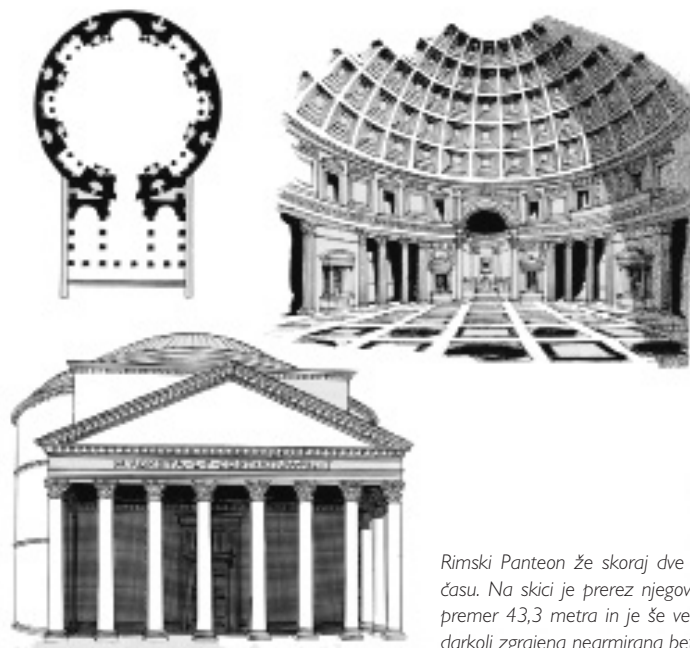
Beton je tudi odličen zvočni izolator, saj s svojo veliko maso predstavlja učinkovito zvočno pregrado, npr. kot predelna stena med stanovanjema v bloku ali med stanovanjem in stopniščem. Res pa taka konstrukcija zaradi predpisov o toplotni zaščiti potrebuje dodaten sloj toplotne izolacije.

Pri konstrukcijah iz opečnih modularnih blokov je stanje ravno nasprotno. Če beton uporabimo pri gradnji medetažne konstrukcije, moramo širjenje udarnega zvoka preprečiti na običajen način, z izvedbo t.i. plavajočega estriha.

### BETON IN TOPLOTNA ZAŠČITA

Za toplotno zaščito betonskih konstrukcij ni nobenih posebnih omejitev. Uporabimo lahko vse običajne izolacijske materiale, seveda v obliki, kot jo je proizvajalec predvidel za konkreten namen uporabe. Ker je površina betonskih sten praviloma bolj gladka in ravna od opečnih, je tudi uporaba mineralne volne olajšana. V pogledu difuzije vodne pare niso betonske konstrukcije nič bolj problematične od drugih, saj nam lahko pri vseh težave povzročijo izbira preveč parozapornega zunanjega sloja oziroma ometa ali popolnoma zgrešeno zaporedje slojev v konstrukciji. Ne nazadnje, kakšne difuzijske lastnosti ima pa naravni kamen kot tradicionalni gradbeni material?

Tu je treba opomniti tudi na neumestnost in nestrokovnost pogoste trditve, da v nasprotju z umetnimi materiali (npr. beton) naravni materiali (npr. opeka) »dihajo«, t.j.



Rimski Panteon že skoraj dve tisočletji kljubuje času. Na skici je prerez njegove kupole, ki ima premer 43,3 metra in je še vedno največja katedrala zgrajena neamirana betonska kupola.

odvajajo odvečno vlago iz prostora v zunanost in tako poskrbijo za ugodno mikroklimo v prostoru. Za ustrezno mikroklimo v prostorih poskrbimo izključno uporabniki prostorov sami, s pravilnim prezračevanjem in ogrevanjem. Materiali so nam ob tem zgolj v malenkostno pomoč, nikakor pa ne morejo čudežno »odvajati« vlage ali iztrošenega zraka navzven. Tudi sposobnost vsrkavanja vlage iz zraka in njenega oddajanja nazaj v prostor ima svoje omejitve - če je notranji zrak večino časa preobremenjen z vlago, tudi t.i. difuzijsko aktiven material vsrkane vlage ne bo imel kam oddati.

### BIVALNO UGODJE

Vgrajena vlaga je dejansko sestavni del procesov gradnje. Brez vode marsikateri postopek ni mogoč, potrebna je za procese kemijske vezave komponent, vsebujejo jo zaključni opleski in podobno. Težava je le v hitrosti gradnje oziroma v praviloma zelo kratkem času, ki preteče od zaključka gradbenih del do vselitve. Vgrajena vlaga seveda ne more izpuhteti čez noč. Veliko je odvisno tudi od letnega časa gradnje, od celoletnih vremenskih razmer, od toplote, ki jo ima vlaga na voljo za izhlapevanje, pa vse do »prostora«, ki ji ga damo na razpolago.

Če se v ravnokar dokončano stanovanje vselimo jeseni, stene takoj založimo s pohištvom in prostore slabo prezračujemo ter minimalno ogrevamo (morda zaradi napačne predstave o varčevanju), si sami nakoplujemo težave. Prvi dve, morda celo tri ogrevalne sezone moramo žal računati z nekoliko višjimi stroški za ogrevanje, posebej pazljivo pa moramo tudi spremljati relativno vlažnost zraka v prostorih in jih redno prezračevati. Sobni vlagomer in termometer sta minimalna izdatka, ki pa nam lahko prihranita precej glavobola in nepotrebnih nadaljnjih stroškov.

Do površinske kondenzacije pride na površinah, katerih temperatura je nižja od rosiščne temperature. To se lahko zgodi tudi na sicer neproblematičnih in toplotno zaščiteneh delih konstrukcij, če so notranje mikroklimatske razmere neprimerno (previsoka relativna vlažnost zraka), saj

med temi parametri obstaja medsebojna povezava. Zdravo bivalno klimo si ustvarimo sami, ob logični predpostavki, da nam stanovanje in njegova oprema omogočata ustrezno ogrevanje in prezračevanje, res pa nam tudi vgrajena vlaga v začetni fazi lahko pri tem nagaja. Tudi to je treba upoštevati, preden npr. vložimo reklamacijo zaradi domnevno nekakovostne gradnje.

### NEKATERE PASTI PRI GRADNJI Z BETONOM

Za objektivno presojo betona je treba opozoriti tudi na nekatere njegove pomanjkljivosti. Problematika v zvezi z uporabo cementnega betona največkrat nastopi takrat, kadar so pogoji njegove uporabe oteženi zaradi vremenskih razmer (nizke temperature, ko zamesna voda v betonu zmrzuje ali previsoke temperature, ko cement v betonu prehitro veže), zaradi zahtevnosti izvedbe konstrukcije (razgibani ali dolgi elementi, za katere so potrebni specifični zahtevni tehnološki pripomočki: črpalka za črpanje betona z dolgo cevno transportno potjo, posebni opaži ali opore itd.) ali zaradi njegovega propadanja.

Mnogokrat zasledimo trditev, da je največja pomanjkljivost cementnega betona njegova prostorska nestabilnost, zaradi katere nastajajo razpoke. Zakaj nastajajo razpoke? Pri hidrataciji oz. strjevanju cementnega betona nastajajo hidratacijski produkti, katerih prostornina je manjša od cementnih mineralov pred zamešanjem oziroma reakcijo z vodo. Prav tako se pomembno zniža prostornina betona v fazi izparevanja za hidratacijo odvečne količine vode. Posledica obeh omenjenih pojavov je krčenje betona. Ko zaradi krčenja nastale notranje napetosti presežejo natezno trdnost betona, ta počí.

V zadnjem desetletju se ponovno pojavlja za mnoge zmotna trditev, da beton ni več en, pač pa se že po nekaj letih njegova površina lušči, razslojuje in obarva v rjavo zaradi rje, ki nastaja zaradi korozije armaturnega železa. Seveda pri tem pozabljajo, da na trajnost betonske konstrukcije vpliva kakovost betonske mikrostrukture, ki jo

lahko vedno načrtujemo tako, da izničimo večino njenih pomanjkljivosti.

Odkritje nekaterih mehanizmov hidratacije mineralnega veziva in nagel razvoj organske kemije po drugi svetovni vojni je omogočil proizvodnjo novih vrst betonov, ki jih glede na trajnostne zahteve ob upoštevanju vseživljenjskih stroškov stavbe (LCC; Life Cycle Costs), znamo uporabljati tudi tako, da se izognemo večini omenjenih nevšečnosti. Žal te še vedno največkrat izvirajo prav iz pomanjkljivega znanja načrtovalcev gradnje. Tako se na primer pokanju betona lahko izognemo z uporabo določenih kemijskih ali mineralnih dodatkov, pri čemer izdelamo tako imenovane prostorsko stabilne betone. Na določene fizikalne lastnosti veziva v betonu lahko vplivamo s kemijskimi dodatki tako, da nam omogočajo betoniranje tako pozimi pri temperaturah pod minus 10 stopinj Celzija kot tudi poleti pri temperaturah nad 30 stopinj Celzija.

### POZNAMO LE CEMENTNI BETON?

Pod oznako beton si običajno predstavljamo le cementni beton, ki je sestavljen iz trdnega mineralnega polnila (peska) in portlandskega cementa, ki pri kemijski reakciji z vodo tvori kalcijeve silikat hidrate, torej cementni kamen. Temu v konglomeratu s polnili pravimo na splošno beton, ki pa se glede na vrsto polnil in veziv ter njihovega medsebojnega razmerja lahko zelo razlikuje v kemijskih in fizikalno-mehanskih karakteristikah ter posledično trajnosti. Tako poleg cementnega poznamo tudi druge vrste betonov. Če že omenjeni portlandcementni beton (CC; Cement Concrete) oplemenitimo s polimernimi snovmi, nastane kemijsko in mehansko bistveno bolj stabilen polimerno cementni (PCC; Polymer Cement Concrete) ali polimerno modificirani beton (PMC; Polymer Modified Concrete). Če cementno vezivo v celoti nadomestimo s polimernim, dobimo polimerni beton (PC; Polymer Concrete), ki ima izrazito visoko kemijsko odpornost in tudi izredno visoko natezno in strižno trdnost lepljenega stika, kar pomeni, da ga lahko uporabljamo tudi kot konstrukcijsko lepilo.

Podoben vpliv kot sprememba vrste veziva ima na beton lahko tudi sprememba vrste polnila. Pomembno je torej, da načrtujemo betonsko mikrostrukturo vedno s komponentami, ki omogočajo take fizikalno-mehanske lastnosti in kemijsko odpornost, da bo konstrukcija, katere gradnik je beton, v določenem znanem okolju zagotovo varno dosegla predvideno življenjsko dobo.

## NEKAJ NOVOSTI PRI GRADNJI Z BETONOM

Znano dejstvo je, da je velik del novosti na področju betonov v zadnjih desetletjih tesno povezan z bazično kemijsko industrijo. V zadnjem desetletju in pol je osvojena tehnologija izdelave samozgoščevalnega betona (SCC; Self Compacting Concrete), ki pri vgrajevanju ne potrebuje vibracij za zapolnitev opaža in zgoščevanja strukture. Beton je izdelan v zelo plastični konsistenci (podobni tekočemu jogurtu), a z nizkim deležem zamesne vode, kar mu omogoča povečan delež praškastih delcev v mešanici in dodatek superplastifikatorjev, praviloma na bazi polikarboksilatov (hiperplastifikatorjev) ali poliakrilatov. Dejansko smo prve samozgoščevalne betone proizvajali že pred več desetletji kot t.i. lahke betone, pri čemer smo problematiko sedimentacije zaradi visoke plastičnosti stabilizirali z dodajanjem penil. Od tod oznaka penobeton, ki se je zaradi dobrih fizikalnih lastnosti pokazal zanimiv predvsem za izdelavo fasadnih plošč, s katerimi je bila že sredi osemdesetih let obložena tudi poslovna zgradba ZRMK. Desetletje kasneje smo za proizvodnjo betonskih fasadnih plošč uporabili polimerne dodatke, ki so omogočili izdelavo vitkejših in mehansko mnogo bolj odpornih plošč, zasledimo jih na skoraj vseh bencinskih črpalkah Petrol.

Približno desetletje stara novost je tudi nov kemijski dodatek na osnovi višjih alkoholov, ki omogoča izdelavo cementnih betonov z zmanjšanim krčenjem (SRA - Shrinkage Reducing Agent).

Ne glede na poenostavljeno tehnologijo pri proizvodnji t.i. manj skrčljivega betona zaradi uporabe SRA, pa še vedno velja, da je ekspanzivni beton vrste K (po A. Kleinu) za izničevanje nastanka razpok zaradi tehnološkega krčenja, ki ga povzroča nastanek hidratiranih cementnih mineralov in izparevanje za hidratacijo neporabljene zamesne vode, bistveno učinkovitejši za preprečevanje pokanja pri izvedbi armirano betonskih segmentov velikih površin. Zato velja spomniti, da smo ga v specifični sestavi v Sloveniji začeli proizvajati in uporabljati med prvimi v Evropi. Zgovoren je tudi podatek, da konstrukcij, zgrajenih iz njega tudi po 20 letih od vgradnje, še vedno ni potrebno vzdrževati ali obnavljati.

V zadnjih letih se tako za podaljšanje življenjske dobe kot za popravila horizontalnih betonskih površin uporabljajo t.i. kompozitne preplastitve, ki so kombi-



*Posebni kemijski dodatki novih generacij v kombinaciji z mineralnimi dodatki omogočili gradnjo zelo zahtevnih armiranobetonskih inženirskih in visokih objektov, kot je najvišja zgradba na svetu Burj Khalifa v Dubaju.*

nacija mineralnih veziv, sintetičnih vlaken in kemijskih dodatkov. Proizvod je uporaben predvsem za preplastitev obstoječih, lahko tudi poškodovanih betonskih površin. Omogoča takojšno uporabo po končanih delih in je primeren tudi tam, kjer nastopa stalnost dinamičnih mehanskih in kemijskih obremenitev: industrijski tlaki, parkirišča, vozne in pohodne površine na premostitvenih objektih, predorih, letališčih, pristaniščih itd.

Pri izvajanju ojačitev betonskih nosilnih konstrukcij se v zadnjem času vse bolj uporablja ultra zmogljive drobnozmate betone, t.i. UHPC (Ultra high performing concretes) oziroma visoko zmogljive mikroarmirane cementne betone, t.i. HPFRCC (High performance Fiber reinforced cementitious composites), ki nadomeščajo uporabo dodajanja jeklene ali kompozitne armature na pomanjkljivo armirane ali poškodovane betonske elemente. Eden od takih proizvodov, REFOR-tec na osnovi mineralnih veziv in jeklenih mikrovlaknen z visoko duktilnostjo, dosega tlačno trdnost nad 180 MPa, upogibno trdnost nad 60 MPa in energijo loma 65.000 N/m. S takimi lastnostmi je omogočena izdelava vitkih in lahkih prefabriciranih elementov, ki sledijo trendom v arhitekturi načrtovanju, ali požarno odpornih tankoslojnih preplastitev, ki so nemoteče pri ojačitvi armirano betonskih konstrukcij.

Nad vse zanimiva je kombinacija betona na osnovi bitumna in cementa. To je sistem, ki temelji na podlagi elastoplastičnega asfalt-betona, ki ga zapolnjuje posebna nizkoviskozna visokotrdna zalivna mineralna masa. Zelo primeren je za izdelavo obrabno, temperaturno in na kloride odpornih asfaltno cementnih tlakov z odličnimi fizikalno mehanskimi lastnostmi, kar se je izkazalo posebej primerno za hitro izvedbo industrijskih tlakov, skladišč, parkirišč in celo letaliških stez.

Posebni kemijski dodatki novih generacij v kombinaciji z mineralnimi dodatki so v zadnjem desetletju omogočili gradnjo zahtevnih armiranobetonskih inženirskih



Primer obdelave vozne površine s tankoslojno visokotrdno vodonepropustno kompozitno malto z visoko energijsko loma »Rapitec pva pavk«.

in visokih objektov, npr. v Združenih arabskih emiratih, kjer je bil uporabljen beton s tlačno trdnostjo 80 MPa.

## JE GRADNJA Z BETONOM POCENI ALI DRAGA?

Na to vprašanje je zelo težko odgovoriti, saj ne gre le za ceno materiala kot takega, ampak tudi za vpliv stavbne arhitekture, lokacije, fizičnih in logističnih možnosti posameznih načinov gradnje, vzdrževanja, razgradnje po koncu uporabe in še marsičesa. Primerjava le gole cene materiala na kvadratni meter površine stavbe nam praktično ne ponudi uporabnega odgovora. Zato se vedno bolj spodbuja oblikovanje trajnostnih odločitev na podlagi preverjanja različnih možnosti ob upoštevanju vseživljenjskih stroškov stavbe (LCC; Life Cycle Costs). Res pa je, da tovrstna analiza pri betonu ravno zaradi možne pestrosti njegove sestave ni tako enostavna kot pri nekaterih drugih, bolj »standardiziranih« materialih.

Pred končno odločitvijo moramo razmisliti še o enem »cenovnem« vidiku: kakšna bo širša »cena« za izbrano gradnjo, če bomo uporabili materiale in način gradnje v popolnem nasprotju z lokalnim okoljem. Ali če malo karikiramo: če bomo gradili brunarico na Krasu ali betonsko hiško na planinskem pašniku.

## BETON IN OKOLJE

Že vrsto let govorimo o t.i. eko-betonu in o zelenem betonu. Klasičen beton vsebuje

okrog 80 odstotkov agregata, ki je odgovoren le za manj kot tri odstotke emisij in rabe energije v proizvodnem procesu. Na okoljske lastnosti betona torej vpliva predvsem vsebnost cementa in dodatkov, s katerimi to vsebnost uravnavamo. Proizvodnja cementa naj bi bila po številnih analizah v svetovnem okviru odgovorna za tri odstotke toplogrednih emisij človeškega izvora in znotraj te vrednosti za pet odstotkov emisij ogljikovega dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Kemijski dodatki ali zamenjava cementa z okoljsko sprejemljivejšimi mineralnimi dodatki lahko zmanjšajo potrebno količino cementa za določeno tlačno trdnost ali pa izboljšajo njegovo vgradljivost brez povečevanja deleža cementa. S tem se zmanjša tudi obremenitev okolja s toplogrednimi plini. Velik korak naprej pa je bil, zaenkrat bolj na raziskovalni ravni, narejen na področju možnosti spreminjanja mikro, pa tudi nano in celo molekularne sestave betona in na področju absorpcije ogljikovega dioksida ( $\text{CO}_2$ ) v fazi proizvodnje (beton, ki pri izdelavi veže več tega toplogrednega plina, kot se ga sprosti med proizvodnjo cementa).

Trajnost betona ob ustrezni zasnovi, vgradnji, uporabi in vzdrževanju je po eni strani argument tistih, ki zagovarjajo njegovo okoljsko primernost, hkrati pa argument tistih, ki vidijo ravno v tem problem, saj se ga še dolgo ne bo moč znebiti. Resnica je najbrž nekje vmes. Gotovo drži, da podaljševanje življenjske dobe betonskih konstrukcij (projektiranih in grajenih z utemeljenim razlogom) ugodno vpliva na okoljsko sliko na lokalni in svetovni ravni. Možen in realen problem se kot vedno skriva v celotni družbeno gospodarski sliki posamezne regije in v celovitosti sistema ravnanja z okoljem. Značilen primer je recimo ponovna uporaba betona. Marsikje je agregat za njegovo proizvodnjo tako poceni, da nihče ne pomisli na recikiranje betona; s tem pa nastane problem kopičenja gradbenega odpada.

## ZAKLJUČEK

Zdaj ko slovensko graditeljstvo preživlja težke čase, beton ni ravno tema aktualnih pogovorov. Proizvodnja cementnega betona, ki ga že stoletja poznamo kot osnovni gradnik gradbenih konstrukcij, je danes zaradi pomanjkanja investicij skoraj obstala. Dejstvo, da beton in drugi neinertni proizvodi z leti - tudi zaradi zanemarjanja logične potrebe po vzdrževanju - propadajo, nas sili k prizadevanju za izboljšanje njegovih lastnosti, saj je treba v zadnjem času (pre)večkrat obnavljati konstrukcije, zgrajene iz njega.

Rimljani so znali umno uporabiti znanje, ki so si ga pridobili tudi v antični Grčiji in ga celo nadgradili. Po propadu rimskega cesarstva je vse njihovo znanje in vedenje zašlo v pozabo za več stoletij. V Evropi je namreč zavladalo mračno obdobje srednjega veka in po novem razcvetu z renesanso je po več stoletjih šele industrijska revolucija prinesla ponovno odkritje betona.

Slovenska stroka je v zadnjih desetletjih pridobila in razvila široko znanje tako na področju kakovostne proizvodnje betona in konstrukcij kot tudi na področju sanacij betonskih objektov, zato ne dopustimo, da bi šlo v pozabo tudi naše znanje in vedenje o betonu.

MAG. MIHA TOMŠIČ, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD.,  
GRADBENI INŠTITUT ZRMK, CENTER ZA BIVALNO OKOLJE, GRADBENO FIZIKO IN ENERGIJO,  
BOŠTJAN GERBEC, UNIV. DIPL. INŽ. KEM. INŽ.,  
GRADBENI INŠTITUT ZRMK,  
CENTER ZA MATERIALE IN KONSTRUKCIJE



Primer mikrostrukture asfaltnega betona, zapolnjenega s posebno zalivno mineralno maso Microbeton Asphalt grout.