

# Gradbeništvo in materiali

## UVOD

Gradbeništvo je eno od področij, ki je doživelo izjemen napredek skozi človeško zgodovino, ob tem pa tudi zanimiva nihanja. Še danes občudujemo npr. piramide, akvadukte, mostove in druge konstrukcije, stare morda že nekaj tisočletij. Zdi se, kot da je nato v določenih obdobjih vse znanje načrtovanja in gradnje nekam izginilo, pa se spet pojavilo in nadgradilo v novih izjemnih arhitekturnih in gradbeniških stvaritvah. Moderna doba, kot jo imenujemo, je tudi doba modernega gradbeništva in predvsem razvoja ter uporabe mnogih novih materialov.

Če so bile nekoč dejanske možnosti oblikovanja stavb pogojene tudi z omejenim naborom razpoložljivih konstrukcijskih materialov (in njihovih lastnosti), danes v graditeljstvu skorajda ni več tehničnih omejitev. Novi materiali z izboljšanimi lastnostmi za splošno uporabo ali pa celo za povsem določen namen razviti materiali odpirajo vedno nove možnosti. Stavbe so lahko v konstrukcijskem pogledu kompleksnejše in hkrati varnejše, gradnja je lahko hitrejša in cenejša, mnogi postopki so ponovljivi in tako bolj obvladljivi in nadzorovani, možna je enostavnejša zamenjava določenih delov konstrukcij in podobno. Stopnja bivalnega in delovnega ugodja v stavbah je lahko ob upoštevanju uporabnikovih vedno večjih pričakovanj in zahtev bistveno višja kot nekdaj, obratovalni in vzdrževalni stroški se lahko znižajo na minimalno raven.

Pri sodobnih stavbah ne nastopajo samo različni materiali z nosilnimi in zaščitnimi funkcijami, ampak tudi v vedno večji meri različne mehanske naprave in sistemi, ki so vezani na razvod električnih in strojnih instalacij. V mnogih praktičnih primerih se zazdi, da je razpoložljivost vsega naštetega tisti - celo vnaprej predvideni - izhod v sili, ki bo pomagal skriti ali popraviti napake, storjene že na samem začetku načrtovanja. Iz različnih razlogov se načela, ki jih npr. zajamemo z izrazom bioklimatsko načrtovanje stavb, žal pogosto povsem zanemarjajo, načrtovalci stavb pa se po liniji manjšega odpora zanašajo na korekcijsko vlogo elementov, ki bodo stavbi dodani. Podobno se lahko zgodi tudi pri izbiri materialov.

## RAZVOJ NA PODROČJU GRADBENIH MATERIALOV

Vsekakor drži, da napredek na področju graditeljstva in materialov za gradnjo nima samo dobrih plati. V grajeno okolje smo tako skozi desetletja vnesli mnoge človeku in naravi škodljive snovi, kar se odraža npr. skozi emisije različnih toksičnih kemikalij ali skozi ustvarjanje električnih in magnetnih polj. Marsikaj se kot škodljivo izkaže šele s časovnim zamikom, tudi zaradi pomanjkanja izkušenj in dostopnih podatkov o dolgoročnih vplivih nekaterih materialov, njihovih kombinacij ali preprosto načina njihove uporabe. Ta dejstva seveda niso omejena samo na graditeljstvo – marsikatero analogijo najdemo npr. na področju prehrabnih izdelkov, zdravil, celo tekstila in podobno. Ni pa seveda vse, kar je naravno oz. kar recimo izhaja iz zemlje, tudi koristno – najpreprostejši dokaz je radon, kjer so nato ravno umetni materiali v gradbeništvu učinkovito sredstvo za preprečevanje njegovih škodljivih posledic.

Mnogi sodobni materiali, ki jih imenujemo tudi »napredni«, po definiciji seveda niso naravni. Vendar pa s svojimi izboljšanimi ali povsem novimi lastnostmi rešujejo številne probleme. Ljudje imamo vedno višje zahteve po udobju bivanja v stavbah. Danes – vsaj v razvitih družbah – povprečen uporabnik ni zadovoljen v stavbi ali stanovanju, kjer je prepih, kjer je pozimi mrzlo in poleti vroče, ali pa kjer je električna razsvetljava prešibka za natančna opravila. Stavbe zato toplotno izoliramo, pripire in rege

zatesnimo, vgrajujemo sodobne sisteme ogrevanja, hlajenja in prezračevanja. Načrtujemo in gradimo t.i. nizkoenergijske ali nizkoogljične stavbe.

Pravzaprav se marsikdaj zazdi, da pridemo z mnogo hrupa do rezultatov, kakršne so dosegali že pred stoletji stavbarji z uporabo preproste logike upoštevanja naravnih danosti na posamezni lokaciji in oblikovanja stavbnega ovoja na način, ki njihove prednosti maksimalno izkoristi (npr. pasivno solarno načrtovanje). Seveda primerjava ni najbolj korektna, vsaj ne v vseh primerih. Eno je recimo načrtovanje enodružinske hiše na samostojni prosti parceli, drugo pa načrtovanje večstanovanjskega objekta v gosto pozidanem okolju. Ker ima graditev stavb v sodobnem času vedno več robnih omejevalnih pogojev, se določena vprašanja rešujejo na drugačne načine – tudi z uporabo novih materialov in dodatnih mehanskih sistemov.

### **ALI JE ZA IMENOM VEDNO ENOZNAČNA VSEBINA?**

V vsakdanji praksi se na področju stavb srečujemo z mnogimi izrazi, pri katerih šele podrobnejši premislek pokaže razliko med marketinškimi gesli in dejansko vsebino. Tipičen primer je t.i. nadstandardna gradnja, pri čemer pravzaprav ni jasno, s katerim »standardom« določeno stavbo in njene značilnosti sploh primerjamo. Gre za arhitekturno zasnovo, za uporabljene materiale, za energetske učinkovitost, za izboljšano potresno odpornost, za velikost prostorov ali kaj drugega? Po katerih merilih presojamo nadstandardnost in – še pomembneje – jo tudi zaračunamo končnemu kupcu?

Podobno je z izrazi, ki merijo na izvor ali lastnosti materialov. Kaj si ponudniki oz. oglaševalci predstavljajo pod naravno gradnjo, kaj pod biološko in kaj pod ekološko? Ali je naravni material boljši ali slabši od biološkega, ali pa se morda slednje samo bolje sliši, pomen je pa enak? Iz teh izrazov nastajajo nadaljnje skovanke, ki naj bi še podrobneje opisovale značilnosti določene gradnje, vendar moramo dejansko vedeti, kaj si je pod njimi zamislil tisti, ki jih uporablja: biointeligentna, biopasivna, zelena, sonaravna, ekoenergetska hiša.

Nizkoenergijska stavba ni nujno uporabniku prijazna, če jo obravnavamo samo skozi energijske številke. Stavba iz deklarirano naravnih materialov je lahko energijsko zelo potratna, s čimer generira emisije škodljivih snovi v okolico. Nizkoenergijska stavba, grajena iz naravnih materialov, je lahko uporabniku neprijazna, če so npr. prostori premalo osvetljeni in osončeni, premajhni in neprimerno razporejeni. Iz tega sledi, da moramo vedeti in znati preveriti, kaj se skriva pod določeno oznako v konkretnem primeru. Celostno načrtovanje stavb mora zajeti vse vidike in vplive stavbe na dani lokaciji, kar seveda vključuje tudi izbiro materialov.

### **VREDNOTENJE IN MEDSEBOJNA PRIMERJAVA**

Vprašanje je tudi, kje postavimo mejo obravnavanja: nas pri stavbi zanima le energija za njeno obratovanje, ali morda tudi t.i. vgrajena energija, torej energija, potrebna za izdelavo, transport in vgradnjo posameznih materialov in naprav? Nas zanima vpliv uporabe stavbe na okolje na dani lokaciji, ali nas zanima tudi vpliv na okolje na morda zelo oddaljeni lokaciji, kjer pridobivajo in od koder prevažajo materiale? Je pomembno, kako uporaba določenih materialov vpliva na socialnoekonomsko sliko na območju gradnje, ali tudi, kako je s tem v okolju, kjer se surovine pridobivajo in predelujejo?

Podobnih vprašanj si lahko zastavimo nič koliko, vendar je gradbeništvo tako kompleksen in prepleten proces, da enostavnih in dokončnih odgovorov danes niti ne moremo najti.

Posebej pri medsebojni primerjavi materialov lahko hitro naletimo na mnoge pasti. Če želimo materiale primerjati, jim moramo najprej določiti skupni imenovalac oz. jih razvrstiti v skupine po določenih

značilnostih. Temu pravimo klasifikacija materialov, pri kateri uporabimo različne kriterije 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.

## **NARAVNI IN UMETNI GRADBENI MATERIALI**

Izraza »naravni« in »umetni« materiali sta sama po sebi zavajajoča, zato ju je treba nekoliko podrobneje razložiti. Pri oznaki »naravni material« večina najbrž najprej dobi asociacijo na človeku prijazen in neškodljiv material, čeprav seveda temu ni nujno tako. V naravi je tudi mnogo snovi, ki človeka v manjši ali večji meri ogrožajo. Oznaka »umetni material« pa ima za mnoge samodejno slabšalni prizvok ali prizvok nečesa, kar je nastalo v laboratoriju (recimo »plastika«). Tudi temu že zdaleč ni nujno tako. Večina materialov, ki nas obdajajo, je po tej razvrstitvi pravzaprav umetnih.

### **Naravni materiali**

Kot naravni material v gradbeništvu namreč označujemo tisti, ki se lahko uporabi v bolj ali manj nepredelani obliki, kot je bil pač odvzet iz svojega naravnega okolja. Določena obdelava je glede na končni namen morda nujna, vendar tu ne gre za bistvene spremembe značilnosti. Osnovna naravna materiala sta tako kamen in les, ki sta tudi najstarejša materiala, uporabljena v gradnji. Pri kamnu ne mislimo samo na kamnite bloke, pač pa tudi na plošče, gramoz in podobno. Les je naraven material seveda ne samo v obliki debla, pač pa tudi v obliki desk, letev, tramov in drugih izdelkov.

Če sta bila kamen in les nekoč osnovni gradnik stavb, sta v današnjem času svojo konstrukcijsko oz. v statičnem smislu nosilno vlogo v glavnem prepustila različnim drugim materialom. Še vedno velja, da imata lahko ob pravilni vgradnji in vzdrževanju veliko trajnost, pomembna je lahko tudi njuna estetska vrednost.

Seveda ni vsaka vrsta kamna ali lesa primerna za vsako uporabo. Kot pri vseh materialih je tudi tu treba poznati mehanske, kemijske in fizikalne lastnosti. Nepravilne kombinacije različnih vrst kamnov na fasadi lahko ob padavinah privedejo do kemijskih poškodb, določena vrsta lesa je lahko neprimerna za uporabo pri nosilnih elementih in podobno.

Med naravne materiale štejemo še nekatere, ki jih uporabimo v kombinaciji z drugimi materiali ali kot osnovo za izdelavo umetnih gradbenih materialov. Čeprav voda sama po sebi ni material za gradnjo, pa jo štejemo med naravne materiale, nepogrešljive pri izdelavi umetnih materialov in pri mnogih gradbenih postopkih. Sem sodijo tudi različni materiali za toplotno zaščito, med katerimi pa mnogi v praktični uporabi navadno potrebujejo določene dodatke za izboljšanje varnostnih lastnosti (npr. požarne odpornosti), odpornosti proti škodljivcem ali povečanje trajnosti.

Tipičen naravni material je seveda tudi glina, ki je uporabna tako v notranjosti stavbe za različne obloge, kot tudi za izdelavo opečnih zidakov in blokov; v slednjem primeru nekoliko odstopa od »trde« definicije naravnih materialov kot tistih, ki so praktično neposredno uporabni za gradnjo.

### **Umetni materiali**

Kateri pa so torej umetni materiali in ali so res po definiciji škodljivi uporabniku, okolju, ali celo obema? Najprej je treba opozoriti, da ima večina »klasičnih« umetnih materialov za gradnjo pravzaprav

naraven izvor: gre za materiale, ki jih pridobimo iz naravnih surovin ali njihovih kombinacij s pomočjo različnih mehanskih in kemijskih postopkov. Izraz »umetno« se torej nanaša na način izdelave oz. pridelave, ne pa na sam izvor.

Umetni material je po tej definiciji recimo steklo. Brez stekla oz. zastekljenih površin ovoja stavbe si kakovostnega bivalnega in delovnega okolja niti približno ne moremo zamisliti; to je eden najdragocenejših materialov v stavbarstvu. Tudi različne kovine, ki se uporabljajo v gradbeništvu, so umetni materiali. Železo in jeklo sta odprla povsem nova obzorja v arhitekturi in gradbeništvu, zmanjšala težo konstrukciji, pomagala premoščati velike razpone, povečala trdnost in stabilnost stavb in še marsikaj.

Tudi beton je umetni material. Ne glede na pogoste diskusije o njegovi domnevni škodljivosti in neprimernosti je omogočil hitrejšo, cenejšo in varnejšo gradnjo – ne samo inženirskih konstrukcij, ampak tudi npr. stanovanjskih stavb v obdobjih, ko je bilo v mnogih državah treba zelo hitro zgraditi tisoče novih stanovanj. Vlogo uporabe betona je treba presoјati tudi v širšem narodno gospodarskem smislu. Nepogrešljiv je na območjih, kjer je potrebna visoka stopnja zaščite pred potresi, poplavami in drugimi naravnimi nesrečami.

Pogosto se pri vrednotenju umetnih gradbenih materialov in opisovanju njihove neprimernosti uporabi ta razlaga: že res, da so narejeni iz naravnih surovin, vendar njihova proizvodnja ali proizvodnja njihovih komponent močno obremenjuje okolje. Argument je včasih upravičen, včasih pa tudi ne. Najprej se je treba vprašati, ali je omenjeno obremenjevanje okolja res nujno, pogojeno izključno z naravo proizvodnje, ali pa gre morda za z okoljskega vidika sporne kalkulacije na strani proizvajalca in izogibanje vlaganjem v učinkovitejšo proizvodnjo, čistilne naprave in podobno.

Kot je bilo že zgoraj opisano, je treba problem včasih pogledati tudi širše: kaj pomeni uporaba nekega umetnega materiala v razmerju do njegove proizvodnje, kakšni so torej gospodarski, socialni, okoljski in energetski učinki celotnega sistema.

## **SODOBNE USMERITVE**

Zelo pozitivno je, da se na področju gradnje stavb povečuje (ali pa zgolj po daljših obdobjih spet vrača) razmislek o mnogoterosti učinkov naših posegov v naravno okolje in njihovih vplivov na zdravje in počutje ljudi. Izraz »trajnostna gradnja« tako dobiva polnejšo in vidnejšo vsebino. Resda pa je - tudi zaradi legitimnosti in strokovnosti teh pobud – treba smiselno upoštevati marsikatere robne pogoje. To velja tudi za izbiro gradbenih materialov. 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. Pri individualni hiši, grajeni z lesom, je seveda situacija drugačna.

Ena od prednosti umetnih konstrukcijskih materialov je npr. ta, da lahko z zelo veliko gotovostjo predvidimo njihovo obnašanje v različnih situacijah in ob različnih obtežbah in jih zato lahko tudi ustrezno dimenzioniramo, razporedimo in povežemo v celoto. Pri naravnih materialih je ta naloga pogosto precej težja, dosežena varnost pa bolj vprašljiva.

Tudi brezpogojen zagovor naravnih izolacijskih materialov proti »sintetičnim« (npr. mineralna volna, polistiren) je marsikdaj brez prave osnove. Tudi naravni materiali lahko oddajajo v okolje hlape, mikrodelce in strupe; nekateri potrebujejo sredstva oz. dodatke za zaščito pred škodljivci in požarom; nekateri povzročajo pri občutljivih ljudeh alergije. Hiša iz umetnih gradbenih materialov naj bi

preprečevala prehod človeku koristnih sevanj. Kaj dosti drugače pa ni v primeru hiše iz naravnih materialov, pri kateri smo skladno s sodobnimi smernicami na področju rabe obnovljivih virov energije strešno površino prekrili s sprejemniki sončne energije in paneli s sončnimi celicami.

## **DVE NAPAČNO ZASTAVLJENI VPRAŠANJI**

V tem prispevku namenoma niso neposredno primerjani določeni naravni in umetni materiali enake namembnosti. O tem je veliko napisanega v poljudnem in strokovnem tisku in na različnih spletnih straneh. Zainteresiran bralec si mora končno sodbo ustvariti s preverjanjem različnih virov, ne zgolj enega (npr. navedb proizvajalca ali prodajalca). Prav pa je, da se na koncu opozori vsaj na dve osnovni napačni ali vsaj ne dovolj jasno razloženi trditvi, ki se žal pogosto pojavljata tudi v strokovni javnosti (gradbeniki, arhitekti, gradbeni biologi, strojniki, ...) in povzročata zmedo, če že ne tudi škodljivih praktičnih posledic.

### **So naravni materiali res »toplejši« od umetnih?**

Prva taka trditev je, da so naravni materiali »topli« sami po sebi, da imajo višjo površinsko temperaturo in da akumulirajo toploto ter s tem pomagajo ustvariti visoko raven toplotnega ugodja v prostorih, umetni materiali pa naj bi vse te naloge precej slabše opravljali. Tu bi bila sicer potrebna daljša razlaga fizikalnih osnov in fenomena toplotnih oz. temperaturnih pojavov v konstrukcijah, vendar lahko te trditve zavrremo vsaj z nekaterimi osnovnimi dejstvi.

Dva različna predmeta oz. snovi bosta pri stalni temperaturi prostora imela pač enako temperaturo. Kakšen je občutek toplote ali hladu ob tem, ko se ju (pri isti temperaturi) dotaknemo, nima nobene zveze z njunim naravnim ali umetnim izvorom. Gre za lastnost, ki ji tehnično pravimo toplotna vdornost, odvisna pa je od gostote, toplotne prevodnosti in specifične toplote konkretnega materiala. Naravni kamen in beton imata povsem primerljive vrednosti, opečni zidaki približno dvakrat nižje, najnižje pa toplotni izolatorji, pri čemer pluta kot naravni material še vedno približno dvakrat višje kot npr. mineralna volna. Toplotna vdornost v tem kontekstu niti ni posebej zanimiva lastnost – pomembna je le pri izbiri zaključne obloge tal. Občutek hoje z bosimi nogami po lesenih tleh je zato prijetnejši od občutka pri hoji po kamnitih tleh.

Tudi pri toplotno akumulacijski sposobnosti je dilema nepotrebna – kamen in beton imata praktično enako veliko, les praviloma nižjo, najnižjo pa spet toplotni izolatorji. A od slednjih seveda te funkcije ne pričakujemo. Temperatura notranje površine konstrukcije (npr. zunanje stene) in njenih posameznih slojev pa je pri znani notranji in zunanji temperaturi odvisna le od toplotnega upora celotne konstrukcije. Tu nas ne zanima, kakšen je izvor posameznega materiala, temveč kakšna je njegova toplotna prevodnost. Materiale torej v tem primeru klasificiramo glede na izbrano lastnost in namen uporabe.

### **Ali konstrukcije res dihajo?**

Druga trditev, ki ima lahko zelo neugodne posledice, je da za razliko od umetnih materialov naravni materiali dihajo, t.j. vsrkavajo odvečno vlago iz prostora in jo odvajajo navzven ali ob primernem trenutku nazaj v prostor ter s tem sami od sebe skrbijo za ugodno mikroklimo v prostoru, kar je eden od osnovnih pogojev za visoko raven bivalnega ugodja. Tu žal drži le zadnji del stavka, celota pa pade takoj, ko nastopi v prostoru nekoliko dolgotrajnejša neugodna kombinacija mikroklimatskih parametrov (recimo dolgotrajna prekomerna vlažnost notranjega zraka). Posledice oglaševanja takega »dihanja« sten in materialov se odražajo v preštevilnih problemih s površinsko kondenzacijo vodne pare in razvojem plesni v stanovanjih. V sklop neprimernih (da ne uporabimo ostrejšega izraza) trditev lahko sodi vsaj še ta, da bo določen tip stene z »mikrodifuzijo« poskrbel za izločanje strupov iz prostora.

Za ustrezno mikroklimo v prostorih poskrbimo s pravilnim prezračevanjem in ogrevanjem. Materiali so nam ob tem zgolj v malenkostno pomoč. Ob tem se v različnih prispevkih mešajo še pojmi kot ovirana in neovirana difuzija vodne pare s pojmi kot difuzijsko zaprta in difuzijsko odprta konstrukcija, kar pa je tema za samostojen članek.

Nekateri (tako naravni kot umetni) materiali imajo res boljšo sposobnost vsrkavanja vlage brez škode za svoje lastnosti, vendar problema trajne prekomerne vlažnosti prostorov ne bomo rešili. Navedbe o dihanju materialov in konstrukcij lahko uporabnike zavedejo do te mere, da »pozabijo« na lastno vlogo pri ustvarjanju primernih bivalnih razmer. Spet je treba poudariti, da imajo lahko tako naravni kot umetni materiali povsem primerljive - dobre ali slabe – lastnosti, ki jih je treba poznati in za konkreten namen izbrati ustrezen material. V tem primeru govorimo o difuzijski upornosti, v širši navezavi na probleme z vlago pa tudi vsaj še tudi o poroznosti, permeabilnosti in absorptivnosti.

Pogost argument je tudi, da stene seveda dihanjo, saj tudi človekova koža diha. Pa poskusimo preživeti brez osnovnega »prezračevanja«, torej uporabe pljuč, več kot minuto ali dve.

## ZAKLJUČEK

So umetni materiali v gradbeništvu res neprimerni, naravni pa že sami po sebi zagotavljajo udobje bivanja ob nizkih stroških? Nikakor ne. Marsikateri umetni material glede na namembnost enostavno nima zamenjave v naravnem materialu, marsikateri naravni material ima tudi določene slabše lastnosti v primerjavi z umetnim. Seveda lahko velja tudi obratno. Ko se odločimo za celovito in široko okoljsko, ekonomsko, energetska in socialno vrednotenje vpliva posameznih materialov v stavbi, se zadeve lahko še bistveno bolj zapletejo. Umetnih materialov zato ni primerno pavšalno obravnavati kot nekaj po definiciji slabega (okolju ali uporabniku neprijaznega, dragega, škodljivega ...), kot tudi ne naravnih materialov jemati kot idealno rešitev v vseh primerih.

Umetnost graditve se kaže med drugim tudi v iskanju pravih kombinacij materialov ob presoji njihovih najrazličnejših vplivov. Za to pa kljub stoletja znanim osnovnim načelom logike načrtovanja stavb pogosto ni enostavnega recepta, ki bi ga lahko neposredno uporabili pri konkretnem praktičnem problemu.

*mag. Miha Tomšič, univ.dipl.inž.grad.  
Vodja razvoja na področju gradbene fizike  
Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.  
Center za bivalno okolje, gradbeno fiziko in energijo*