

Suvremeni materijali u zgradarstvu

Cepanec, Lucija

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:179370>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-28**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE U RIJECI

GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI

Lucija Cepanec

Suvremeni materijali u zgradarstvu

Završni rad

Rijeka, srpanj 2022.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI

Preddiplomski stručni studij
Arhitektonske konstrukcije II

Lucija Capanec
JMBAG: 0114033086

Suvremeni materijali u zgradarstvu

Završni rad

Rijeka, srpanj 2022.

Zadatak

IZJAVA

Završni/Diplomski rad izradio/izradila sam samostalno, u suradnji s mentorom/mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.



U Rijeci, 05. srpanj 2022.

ZAHVALA

Veliko hvala profesorici i mentorici izv. prof. dr. sc. Ivi Mrak mag. arh. koja mi je omogućila da izradim ovaj završni rad pod njezinim vodstvom. Hvala Vam na iskazanom povjerenju, strpljivosti te na korisnim savjetima prilikom izrade rada.

Također zahvaljujem svim svojim prijateljima koji su me podržali i pratili na mom putu uspona i padova.

Posebnu zahvalnost iskazujem svojim roditeljima na strpljenju i moralnoj podršci te povjerenju koje su mi ukazali tokom studiranja jer bez njih sve ovo što sam do sada postigla ne bi bilo moguće.

SAŽETAK

Porastom gradnje, moderno se graditeljstvo sve više počelo okretati suvremenim materijalima. Promatrajući materijale nekada i sada zbog modernizacije tehnologije, ali i laboratorijskih istraživanja na svjetlo su došli novi materijali koji bi u skorijoj budućnosti mogli promijeniti graditeljstvo kakvo smo do sada viđali.

U ovom završnom radu u osnovnim crtama objašnjeni su suvoremeni materijali općenito, te neki tipovi suvremenih materijala koji su već na tržištu ili se još razvijaju. Cilj ovog završnog rada bio je objasniti neke od suvremenih materijala, opisati načine korištenja, njihove osnovne podjele te njihov značaj korištenja u graditeljstvu.

Ključne riječi: suvoremeni materijali, pametni materijali, suvoremeni održivi materijali

SADRŽAJ

POPIS TABLICA.....	5
POPIS SLIKA	6
1. UVOD	9
1.2. Povijesni pregled materijala općenito	9
2. OPĆENITO O SUVREMENIM MATERIJALIMA	10
2.1. Najčešći suvremeni materijali	10
3. PROZIRNO DRVO	12
3.1. Općenito	12
3.2. Nastanak	12
3.3. Tehnika izrade	12
3.4. Svojstva	14
3.4.1. Skladištenje topline	14
3.4.2. Transparentnost	14
3.4.3. Mehanička svojstva	14
3.4.4. Ostala svojstva.....	15
3.5. Primjena u graditeljstvu	15
3.6. Prednosti i mane prozirnog drva	16
4. ŠIPKE OD KARBONSKIH VLAKANA-CABKOMA	17
4.1. Proizvodnja šipki.....	17
4.2. Postavljanje i primjena u graditeljstvu	18
4.3. Prednosti i mane šipki od karbonskih vlakana	19
5. ARAMIDNA VLAKNA – Kevlar	21
5.1. Općenito	21
5.2. Općenito	21
5.3. Svojstva Kevlara	22
5.3. Prednosti i mane Kevlara	22
6. SUSTAV HLAĐENJA U OPEKAMA (COOL BRICKS).....	23

6.1. Općenito	23
6.2. Struktura „Cool Brick“	24
6.3. Proizvodnja i primjena u graditeljstvu	24
6.4. Prednosti i mane „Cool brick“	25
7. OPEKA OD GLJIVA	26
7.1. Micelij kao građevinski materijal i primjena u graditeljstvu.....	26
7.2. Proizvodnja opeke i njezine prednosti.....	27
8. BLOKOVI ZA APSORPCIJU ONEČIŠĆENJA	28
8.1. Komponente bloka	28
8.1.1. Plastična spojnica	28
8.1.2. Ciklonski separator.....	29
8.2. Princip rada	29
8.3. Prednosti bloka za apsorpciju i primjena u graditeljstvu.....	30
9. SAMOZACJELJUJUĆI BETON.....	31
9.1. Općenito	31
9.2. Tri procesa zacjeljivanja betona.....	31
9.2.1. Prirodni proces	31
9.2.2. Biološki proces.....	32
9.2.3. Kemijski proces.....	33
9.3. Prednosti i mane samozacjeljujućeg betona.....	33
9.4. Primjena u graditeljstvu	34
10. PROZIRNI BETON	35
10.1. Karakteristike Light transmitting concrete-a.....	35
10.2. Proizvodnja prozirnog betona	36
10.3. Primjena u graditeljstvu	36
10.4. Prednosti i mane emitirajućeg betona	37
11. BETON VISOKIH PERFORMANSI	38
11.1. Općenito o betonu visokih performansi	38
11.2. Nastanak i primjena u graditeljstvu.....	38

11.3. Svojstva	39
11.4. Tipovi betona visokih performansi.....	40
11.5. Prednosti i mane betona visokih performansi	40
12. SUVREMENI PAMETNI MATERIJALI	41
12.1. Što su suvremeni pametni materijali ?	41
12.2. Svojstva pametnih materijala	41
12.3. Temeljne karakteristike pametnih materijala	41
12.4. Tipovi pametnih materijala	42
12.4.1. Općenito o tipovima pametnih materijala	42
12.5. Tip I.....	42
12.5.1. Kromatski materijali.....	42
Fotokromni materijali.....	43
Termokromni materijali	43
Mehanokromni materijali i kemokromni materijali	43
Elektrokromni materijali	43
12.5.2. Rheološki materijali	44
12.5.3. Provodljivi i poluprovodljivi polimeri	44
12.5.4. Materijali promjenjivog stanja	44
12.5.5. Oblikopamteći materijali.....	44
12.5.6. Pametni materijali promjenjive adhezivnosti	45
12.6. Tip II.....	45
12.6.1. Fotoelektrični materijali	45
12.6.2. Termoelektrični materijal	46
13. KERAMIČKI TERMOIZOLACIJSKI PREMAZ	47
13.1. Općenito	47
13.2. Princip rada i njegovo nanošenje	47
13.3. Primjena u graditeljstvu	48
13.4. Svojstva termoizolacijskog premaza	48
13.5. Prednosti mane termoizolacijskog premaza	48

14. DISKUSIJA.....	49
15. ZAKLJUČAK	52
16. LITERATURA.....	53

POPIS TABLICA

Tablica 1: Neki od novih suvremenih građevinskih materijala

Tablica 2: Neki od suvremenih materijala za konstrukciju tj. nosivi materijali

Tablica 3: Neki od suvremenih materijala za obradu, zaštitu, hlađenje, vrata i prozori, pregrade

Tablica 4: Ostala svojstva prozirnog drva [3]

Tablica 5: Primjena prozirnog drva u graditeljstvu [3]

Tablica 6: Svojstva Kevlara [<https://theconstructor.org/concrete/high-performance-concrete-co/>]

Tablica 7: Četiri vrste prirodnog procesa zacjeljivanja

Tablica 8: Svojstva betona visokih performansi [<https://theconstructor.org/concrete/high-performance-concrete-co/>]

Tablica 9: Kategorije materijala prema podražaju

Tablica 10: Ostala svojstva prozirnog drva [<https://masterwarm-hr.techexpertlux.com/utepliteli/kraska-korund.html>]

Tablica 11: Svojstva suvremenih materijala

POPIS SLIKA

Slika 1: Shematski prikaz metode izrade prozirnog drva [1]

Slika 2: Prikaz premazivanja sloja vodikovog peroksida na neprozirno drvo izloženo jednosatnoj sunčevoj svjetlosti [1]

Slika 3: Shematski prikaz otpuštanja i primanja topline [9]

Slika 4 i 5 : Prozirno drvo u primjeni solarnih ploča i prozora [3]

Slika 6: Sjedište Komatsu Seiten zgrade s karbonskim šipkama
[<mailto:https://www.g-mark.org/award/describe/45830?locale=en>]

Slika 7 i 8: Proizvod od ugljičnih vlakana i njegov presjek [8]

Slika 9: Šipka lijevo ima skoro jednaku čvrstoću kao šipka s desne strane [8]

Slika 10: Detalj povezivanja šipke [7]

Slika 11 i 12: Prikaz vanjskog opterećenja i prijenosa sila u x i y smjeru [7]

Slika 13: Primjena šipki za unutrašnji posmični zid [7]

Slika 14: Analiza unutarnje primjene šipki [7]

Slika 15: Prikaz korištenja šipki u svrhu očvršćivanja, a da se pritom ne narušava estetski dojam [8]

Slika 16: Kevlar prostirka

[<https://www.easycomposites.eu/210g-31-twill-carbon-kevlar-cloth>]

Slika 17: Olimpijski stadion u Montrealu

[<https://dailyhive.com/montreal/olympic-stadium-facts>]

Slika 18: Prozor za hlađenje isparavanjem [10]

Slika 19: Dijagram toka zraka za rashlađivanje pomoću isparavanja

[<https://www.prodyogi.com/2021/02/cool-bricks-building-cooling-system.html>]

Slika 20 i 21: Detaljan prikaz strukture hladne cigle

[<https://www.prodyogi.com/2021/02/cool-bricks-building-cooling-system.html>]

Slika 22 i 23: Prikaz micelija gljive u zemlji

[<https://www.foodnavigator.com/Article/2021/02/04/Kinoko-Tech-makes-alternative-protein-from-fungal-mycelium-growing-on-legumes-and-grains>, <https://www.archdaily.com/949007/mushroom-buildings-the-possibilities-of-using-mycelium-in-architecture>]

Slika 24 i 25: Hi-Fy zgrada, NY, 2014.

[<https://www.certifiedenergy.com.au/emerging-materials/emerging-materials-mycelium-brick>]

Slika 26 i 27: Micelij opeka [13]

Slika 28: Cigla za apsorpciju onečišćenja [9]

Slika 29: Plastična spojnica [10]

Slika 30: Ciklonski separator [https://energyeducation.ca/encyclopedia/Cyclone_separator]

Slika 31: Princip otpuštanja zraka [10]

Slika 32: Sistem postavljanja [9]

Slika 33: Samozacjeljivanje betona [11]

Slika 34: Tipovi prirodnog samozacjeljivanja betona [12]

Slika 35: Samozacjeljivanje betona bakterijskim putem

[<https://cen.acs.org/articles/94/i6/Helping-Concrete-Heal-Itself.html>]

Slika 36: Kemijski proces zacjeljivanja betona pomoću staklenih bočica

[https://www.researchgate.net/figure/Schematic-illustration-of-a-chemical-encapsulation-self-healing-approach-b-bacteria_fig2_270188811]

Slika 37: Primjer primjene samozacjeljujućeg betona

[<https://www.greenoptimistic.com/bio-concrete-heals-cracks/>]

Slika 38: Betonski blok LiTraCon [<http://www.litracon.hu/en/products>]

Slika 39: Unutarnja refleksija optičkog vlakanca [6]

Slika 40: Primjena LTC-a: Al-Aziz Mosque in Abu Dhabi

[<mailto:https://www.designindaba.com/articles/creative-work/light-transmitting-concrete-makes-abu-dhabi-mosque-glow>]

Slika 41: Primjena LTC-a: Italian pavilion at Shanghai World Expo, China

[<https://www.heidelbergcement.com/en/italian-pavilion-shanghai>]

Slika 42: Akashi Kaikyo most

[<https://www.offthetrackjapan.com/akashi-kaikyo-bridge/>]

Slika 43: Hidroelektrana Grodno

[https://en.wikipedia.org/wiki/Grodno_Hydroelectric_Power_Station]

Slika 44: Hidroelektrana Grodno

[<https://puzzlegarage.com/puzzle/2765/?lang=hr>]

Slika 45: Prikaz eksperiment dizajna „Coolhouse“ prikrivenog fotokromnim materijalom [15]

Slika 46: Prikaz dinamične i promjenjive fasade koritenjem polimera

[<https://dtfleming.files.wordpress.com/2013/10/cpd-01-materials-presentation.pdf>]

Slika 47: Dizajn „Bloom“ arhitektice Doris Kim Sung sastavljen od metalnih listića koji se otvaraju i zatvaraju ovisno o suncu [<https://www.archdaily.com/tag/shape-memory-alloys>]

Slika 48: Dyesol solarni sustav

[\[https://reneweconomy.com.au/dyesol-announces-csiro-collaboration-plan-perovskite-solar-88422/\]](https://reneweconomy.com.au/dyesol-announces-csiro-collaboration-plan-perovskite-solar-88422/)

Slika 49: Nanošenje termoizolacijskog sloja špricanjem

[\[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.indiamart.com%2Fproddetail%2Fheat-insulation-coating-17277538612.html&psig=AOvVaw2ptb4oVK9Sf8dr0u7xC95m&ust=1655895961180000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhqFwoTCJjGkqezvvgCFOAAAAAdAAAAABAD\]](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.indiamart.com%2Fproddetail%2Fheat-insulation-coating-17277538612.html&psig=AOvVaw2ptb4oVK9Sf8dr0u7xC95m&ust=1655895961180000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhqFwoTCJjGkqezvvgCFOAAAAAdAAAAABAD)

1. UVOD

Razvojem materijala i tehnologije, mnogi materijali pronalaze svoju primjenu u građevinarstvu na što suvremeniji i pametniji način. Samom primjenom pametnih suvremenih materijala olakšava se izgradnja, ali i korištenje i kvaliteta građevine kroz godine.

Pametni suvremeni ili inteligentni responzivni materijali su kompozitno dizajnirani materijali različitih svojstva koji se prema uvjetima mogu kontrolirano mijenjati s obzirom na vanjske čimbenike, kao što su npr. temperatura, naprezanje, vlaga, svjetlost, električna ili magnetska polja, pH ili kemijski spojevi.

Pametnost u materijalu određena je mehanizmom primjene izravno na pojedinačni materijal ili konceptno na složeni sustav. Jednostavniji način razlikovanja ta dva mehanizma je tip promjene sustava.

1.2. Povijesni pregled materijala općenito

Životno okruženje ljudi čine različiti građevinski materijali koji postaju važan simbol ljudske materijalne civilizacije, te održivosti kulture i znanstvenih značajka svakog razdoblja.

Gledajući od ranije dobi ljudi su počeli naseljavati takozvane „špiljske stanove“, a kroz godine se razvija i način života i sama gradnja. Počinju se koristiti alati za gradnju kuća od prirodnih materijala, ali se isto koristi i vatra za pečenje cigli, crijepa i vapna te tim činom građevinski materijali ulaze u fazu umjetne proizvodnje.

Brzim usponom kapitalizma, razvojem i poboljšanjem prometa u 18. i 19. stoljeću građevinski materijali ulaze u novu fazu industrijske proizvodnje.

Tijekom 20. stoljeća razvija se i raste znanost o inženjerskim materijalima što dovodi do poboljšanja i razvitka novih materijala. Neki od novih materijala su toplinsko izolacijski materijali, materijali koji apsorbiraju zvuk, ukrasni materijali, materijali otporni na toplinu i vodonepropusni itd.

Krajem 20. stoljeća građevinski materijali evoluiraju u smislu funkcije i čvrstoće.

U 21. stoljeću svijest o zaštiti okoliša je sve jača, pa se preporučuje i sve više ljudi se okreće netoksičnim i ne zagađujućim „zelenim građevinskim materijalima“ čime se pojedincima sve češće omogućuje izgradnja svojeg „Zelenog doma“.

2. OPĆENITO O SUVREMENIM MATERIJALIMA

Prilikom modernizirane gradnje trebaju se zadovoljiti osnovni zahtjevi kao što su: čvrstoća, stabilnost, otpornost na vlagu i vodu, otpornost na vatru, zvučna i toplinska izolacija, trajnost, udobnost i pogodnost.

2.1. Najčešći suvremeni materijali

Razvoj građevinskog materijala zahtjeva primjenu tehnologije i znanosti kako bi se smanjila upotreba prirodnih minerala, maksimizirala upotreba industrijskih proizvoda, uštedjela energija, zaštitio okoliš i stvorio održiviji materijal. Samom pojavom dronova, virtualne stvarnosti, BIM proširene stvarnosti, upravljanjem projekata, itd. poboljšava se sirovina koja stvara potpuno nove materijale.

Tablica 1: Neki od novih suvremenih građevinskih materijala

Prozirno drvo (Translucent wood)
Šipke od karbonskih vlakana (Carbon Fiber Strand Rods)
Aramidna vlakna
Sustav hlađenja u opekama (The cooling system in bricks)
Opeke od gljiva (Mushroom bricks)
Blokovi za apsorpciju onečišćenja (Pollution absorbing bricks)
Samozacjeljujući beton (Self-Healing concrete)
Proziran beton (Light-Transmitting concrete)
Beton visokih performansi
Suvremeni pametni materijali
Keramički termoizolacijski premazi

Tablica 2: Neki od suvremenih materijala za konstrukciju tj. nosivi materijali

Šipke od karbonskih vlakana
Aramidna vlakna
Samozacjeljujući beton
Beton visokih performansi
Opeke od gljiva
Suvremeni pametni materijali

Tablica 3: Neki od suvremenih materijala za obradu, zaštitu, hlađenje, vrata i prozori, pregrade

Prozirno drvo
Proziran beton (Light-Transmitting concrete)
Keramički termoizolacijski premazi
Suvremeni pametni materijali
Sustav hlađenja u opekama
Blokovi za apsorpciju onečišćenja

3. PROZIRNO DRVO

3.1. Općenito

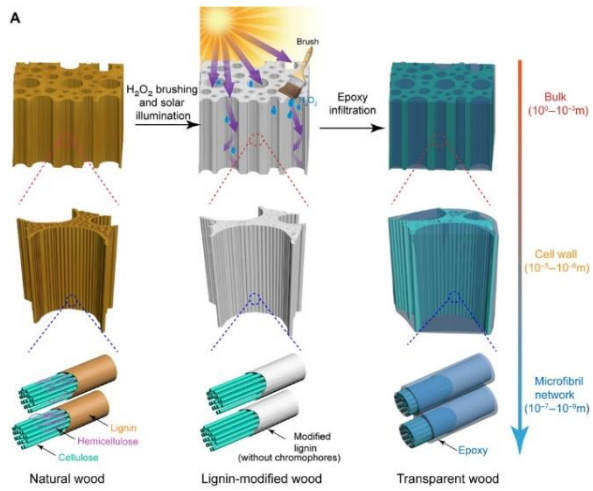
Diljem svijeta veliki dio gradnje čine stambene i poslovne zgrade pa se samim time koriste velike količine umjetnog svjetla. To je jedan od razloga zašto se traži što veća upotreba prirodne svjetlosti, a što manja umjetne. Zbog razvitka tehnologije izumljen je novi materijal koji ne samo da propušta dovoljno prirodne svjetlosti, već je i izvrstan toplinski izolator. Prozirno drvo jedan je od inovativnih i potencijalnih građevinskih materijala budućnosti koji bi mogao unaprijediti građevinski sektor na višu razinu. Zamjena plastike i stakla prozirnim drvom ekološki je prihvatljivija.

3.2. Nastanak

Sredinom 2015. godine dva profesora Lars Berglund i Liang Bing Hu razvili su metodu uklanjanja boje, ali samo na manjim uzorcima drva. Tako je tim iz KTHa uz pomoć istraživačice Celine Montanari proizveo potpuno mat proziran materijal uklanjajući lignin iz drva, te je dodavajući akrilne komponente nastao materijal dovoljno jak za korištenje u građevinarstvu. [2]

3.3. Tehnika izrade

Tehnika brze izrade prozirnog drva uključuje četkanje drva u kombinaciji sa solarnim osvjetljenjem za uklanjanje ligninskog kromofora. Modificiranjem strukture lignina drvo se četka po površini pomoću H_2O_2 (hidrogen peroksid), nakon čega slijedi osvjetljavanje UV svjetlom kako bi se uklonili kromofori lignina koji apsorbiraju svjetlost. Porozna struktura prirodnog drva potiče brzu difuziju otopine H_2O_2 i hvatanje UV svjetla kako bi se što brže i učinkovitije uklonio kromofor lignina iz drva koji apsorbira svjetlost. Samim time apsorpcija svjetlosti smanjuje se na $< 4\%$. [1]



Slika 5: Shematski prikaz metode izrade prozirnog drva [1]



Brush H_2O_2



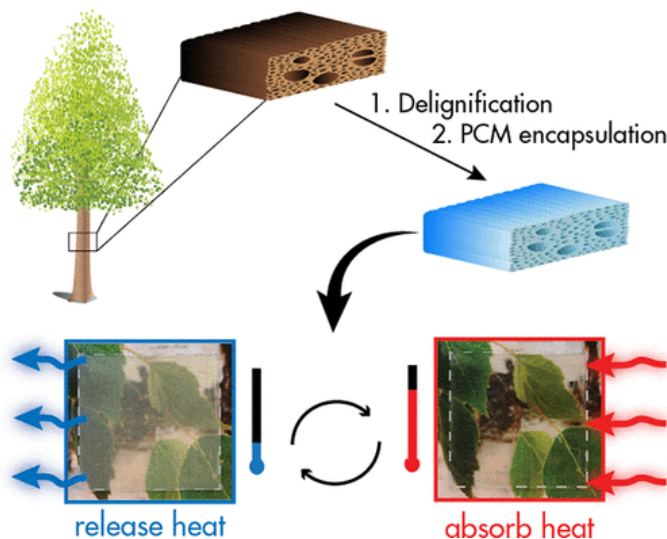
After 1 hour of solar illumination

Slika 6: Prikaz premazivanja sloja vodikovog peroksida na neprozirno drvo izloženo jednosatnoj sunčevoj svjetlosti [1]

3.4. Svojstva

3.4.1. Skladištenje topline

Da bi se dobila promjena faze drva odnosno da bi drvo promijenilo svoja svojstva za pohranu topline, drvu se dodaje polieten glikol koji se koristi kao materijal za promjenu faze i infiltrira se u drvo bez lignina. Zatim se dodaje akril koji povećava transparentnost i hidrifonost konačnog materijala. Prozirno drvo može se koristiti kao materijal za kapsuliranje odnosno sprječavanje curenja materijala za promjenu faze. Tako dobiveni konačani proizvod naziva se prozirno staklo za pohranu topline. Dobro je za apsorpciju topline, njezinu pohranu i otpuštanje u onom trenutku u kojem je to potrebno. Drvo samo po sebi apsorpira toplinu kada je temperatura veća od 30 stupnjeva, a otpušta kada se počinje hladiti. [2]



Slika 7: Shematski prikaz otpuštanja i primanja topline [9]

3.4.2. Transparentnost

Transparentnost prozirnog materijala zanimljiva je karakteristika jer se intenzitet prozirnosti mijenja obzirom na promjenu temperature. Općenito se to događa prilikom promjene faze npr. ako je vani toplije i dan materijal će apsorbirati toplinu i postati proziran, a kada padne noć i smanjuje se temperatura počinje otpuštanje toplinu i drvo postaje neprozirno. [2]

3.4.3. Mehanička svojstva

Mehanička svojstva uveliko su određena sadržajem celuloze koja je već prisutna u drvu, kao i intrinzičnom geometrijskom strukturom vlakana. Usto na sadržaj utječu i relativna gustoća i morfološka struktura drveta. Zbog toga svojstva prozirnog drva jako ovise o svojstvima osnovnog drva. [2]

3.4.4. Ostala svojstva

Tablica 4: Ostala svojstva prozirnog drva [3]

Vlačna čvrstoća prozirnog drva raste s povećanjem volumnog udjela drvo/celuloza
Prozirno drvo se ne razbija na nepovoljan način
Prozirno drvo pokazuje kombinaciju visoke optičke propusnosti i magle
Ima nisku toplinsku vodljivost, kao i nisku gustoću
Prozirno drvo pokazuje anizotropne optičke i mehaničke performanse.
Što je uzorak tanji, to je veća njegova optička propusnost to je zato što prozirnost ovisi o volumenu celuloze

3.5. Primjena u graditeljstvu

Tablica 5: Primjena prozirnog drva u graditeljstvu [3]

Pametne zgrade s detekcijom i manipulacijom svjetlosti
Toplinska zaštita zgrada i prozora
Ušteda energije pomoću pametnih prozora
Prozirno drvo potencijalno transformira elektroniku, npr. korištenje za proizvodnju solarnih ćelija, posebno za velike površine.
Osiguranje zaštite od elektromagnetskih smetnji ugradnjom magnetskih nanočestica u prozirno drvo



Slika 8 i 5 : Prozirno drvo u primjeni solarnih ploča i prozora [3]

3.6. Prednosti i mane prozirnog drva

Prednosti:

Duktilan i otporan na lom u odnosu na obično staklo

Bolja biorazgradivost u odnosu na plastiku

Prozirnim drvom ostvaruje se „zelenija arhitektura“ i bolja elektronika

Mogućnost korištenja za izradu jakih i energetski učinkovitih prozora

Mane:

Ekološki neprihvatljiv zbog epoksidnog premaza

4. ŠIPKE OD KARBONSKIH VLAKANA-CABKOMA

CABKOMA Strand Rod 2016. godine razvio je Japanski Komatsu Seiten Fabric Laboratory. Prvu aplikaciju ove šipke dizajnirao je arhitekt Kengo Kuma za korištenje na vanjskoj strani glavne poslovne zgrade Komatsu Setien. Ideja je bila napraviti isprepleteni sustav od karbonskih niti koji može prenijeti sile potresa izravno na tlo kako bi se spriječile vibracije u zgradama.



Slika 6: Sjedište Komatsu Seiten zgrade s karbonskim šipkama [<mailto:https://www.g-mark.org/award/describe/45830?locale=en>]

4.1. Proizvodnja šipki

Svaki snop vlakana konfiguriran je oko ostalih snopova primjenom lokalne tehnike pletenja za postizanje čvrstoće užeta. Proces proizvodnje sastoji se od 5 koraka: pred formiranjem, zagrijavanje, impregnacija, hlađenje i uklanjanje kalupa. Ukupni rezultat cijele faze daje oblikovano uže od smole ojačano vlaknima i dosljedne čvrstoće. [7]



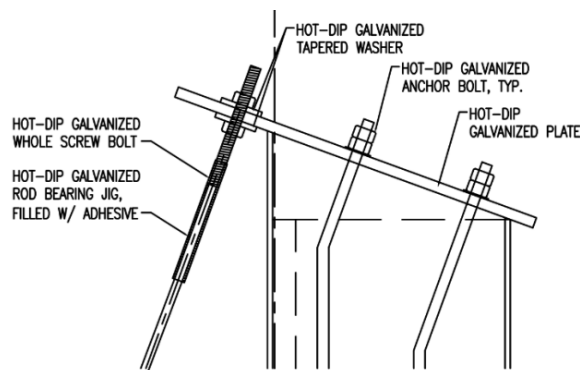
Slika 7 i 8: Proizvod od ugljičnih vlakana i njegov presjek [8]



Slika 9: Šipka lijevo ima skoro jednaku čvrstoću kao šipka s desne strane [8]

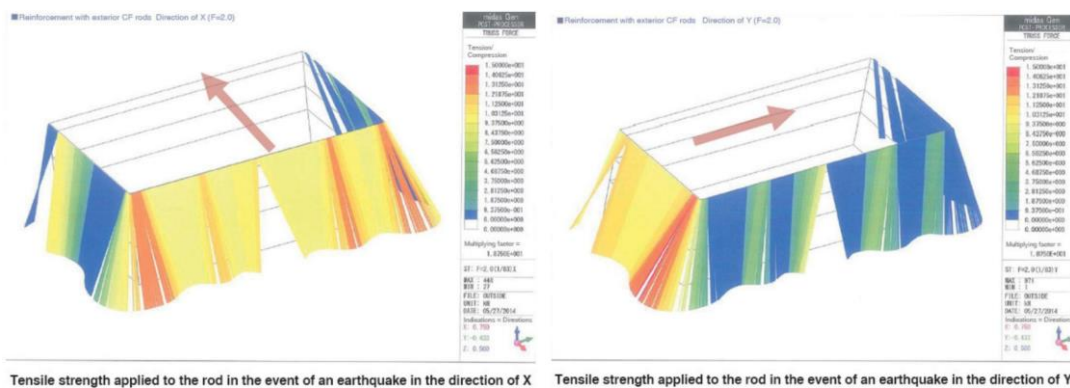
6.2. Postavljanje i primjena u graditeljstvu

U inženjerstvu se prvenstveno koristi prilikom seizmičkog ojačanja zgrade povezujući razinu krova do temeljne razine, uz to se može koristiti u interijeru i eksterijeru.



Slika 10: Detalj povezivanja šipke [7]

Svrha vanjskog učvršćivanja zgrade je apsorpcija seizmičke energije i siguran prijenos sila do tla. Omogućeno je vertikalno učvršćivanje za prijenos horizontalnih sila na razinu tla i osiguranje bočne stabilnosti. Prilikom prijenosa sile bitna je postava i ugrađivanje samih šipki kako bi se osigurala njihova učinkovitost. [7]



Slika 11 i 12: Prikaz vanjskog opterećenja i prijenosa sila u x i y smjeru [7]

U unutarnjoj primjeni šipke se koriste kao posmični zid. Posmični zid koristi se za otpor horizontalnih sila paralelnih s ravninom zida. Posmične stijenke stvaraju krutu vertikalnu dijafragmu sposobnu za siguran prijenos horizontalnih sila koje su uzrokovane seizmičkom aktivnošću, vjetrom ili slijeganjem tla. Korištenjem šipki od užeta u zidu je korisnije zbog manje glomaznosti u odnosu na tipičan posmičan zid zbog vidljivosti kroz element, te samim time daje otvoreniji osjećaj prostorije. [7]



Slika 13: Primjena šipki za unutrašnji posmični zid [7]



Slika 14: Analiza unutarnje primjene šipki [7]

4.3. Prednosti i mane šipki od karbonskih vlakana

Glavna prednost ovih šipki je upotreba istih kao seizmička armatura, te njihova prilagodljivost za korištenje u sustavima otpornim na seizmičke sile. Šipke imaju i mnoge druge prednosti na temelju nekoliko ključnih atributa kao što su: mala težina, visoka čvrstoća i izdržljivost. Osim što prenose sile potresa i usmjeravaju ih u tlo odupirući se potresu i potencijalnom urušavanju imaju i prednost što su lagane zbog upotrebe karbonskih vlakana. Uz to prilikom postavljanja šipki nema potrebe za prekidom rada jer zgrada može

kontinuirano i dalje biti u funkciji s toga je i ekonomski isplativo. Estetska privlačnost je još jedna značajna prednost, te se koriste u očuvanju povijesnih građevina. [7]



Slika 15: Prikaz korištenja šipki u svrhu očvršćivanja, a da se pritom ne narušava estetski dojam [8]

5. ARAMIDNA VLAKNA – Kevlar

5.1. Općenito

Kevlar je suvremeni materijal vrlo velike snage što ga čini jednom od najizdržljivijih sintetičkih materijala današnjice. Zbog načina na koje se vlakna proizvode pomoću međulančanih veza, uz umrežene vodikove veze, Kevlar ima vrlo veliku vlačnu čvrstoću, što ga čini skoro deset puta jačim od čelika. Uz to ima odličnu otpornost na toplinu, fleksibilnost i otpornost na probijanja. [20]

5.2. Općenito

Dvije su glavne faze u proizvodnji kevlara koje se sastoje od proizvodnje osnovne plastike od koje se proizvodi Kevlar, te ojačanje tog istog materijala uz pomoć jakih vlakna. Kemijska struktura Kevlara čini da se prirodno oblikuje u male ravne šipke koje se zbijaju jedna uz drugu. Zbijanjem tih štapića tvore se dodatne međusobne veze koje zapravo Kevlaru daju visoku čvrstoću. Osnovni aramid se pretvara u vlakna postupkom zvanim mokro pređenje koje uključuje nekoliko faza kako bi se nakraju dobila duga, tanka, jaka i kruta vlakna namotana na bubanj. Vlakna se nakraju režu na potrebnu dužinu i tkaju se u čvrstu prostirku. [20]



Slika 16: Kevlar prostirka

[\[https://www.easycomposites.eu/210g-31-twill-carbon-kevlar-cloth\]](https://www.easycomposites.eu/210g-31-twill-carbon-kevlar-cloth)

Kevlar se u graditeljstvu koristi kao lim za krovista, različite obloge i armiranje, uz to se može koristiti za zaštitu bankovnih pultova i kod ojačanja seizmičkih posmičnih zidova. Iako je bio korišten 1987. godine prilikom pokrivanja krovista na Olimpijskom stadionu u Montrealu nažalost nakon 10 godina morao je biti promijenjen zbog previše mehaničkih kvarova i pukotina. [20]



Slika 17: Olimpijski stadion u Montrealu

[<https://dailyhive.com/montreal/olympic-stadium-facts>]

5.3. Svojstva Kevlara

Tablica 6: Svojstva Kevlara [<https://theconstructor.org/concrete/high-performance-concrete-co/>]

Vlačna čvrstoća je oko 3,620 MPa
Kevlar ne gubi puno na snazi ako ne dosegne ekstremno visoke temperature, što ga čini vrlo otpornim na toplinu i do 800 stupnjeva
Zbog vlaknaste strukture lakša fleksibilnost prilikom proizvodnje, ali ne gubi čvrstoću
Zbog različitih međuveza težak je za rezanje ili probijanje

5.3. Prednosti i mane Kevlara

Prednosti:

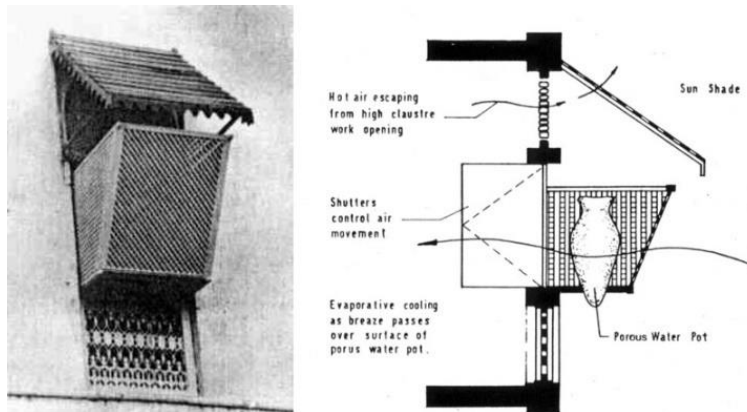
Visoka čvrstoća u odnosu na vrlo malu težinu
Vrlo otporan na udarce i habanje
U kombinaciji s različitim materijalima može se učiniti vodonepropusnim
Visok modul elastičnosti

Mane:

Glavni nedostatak je slabost u kompresiji i higroskopiji, stoga se mora zaštititi od vanjskih utjecaja pomoću materijala otpornih na vlagu
Kevlar je teško bušiti i rezati što zahtjeva posebnu opremu za rezanje
Prilikom utjecaja UV zračenja ili pojavom korozije materijal degradira, te ga se mora premazivati različitim premazima

6. SUSTAV HLAĐENJA U OPEKAMA (COOL BRICKS)

Evaporativno hlađenje je proces dodavanja vodene pare u zrak da bi se snizila temperatura zraka. Prije mehaničke klimatizacije, ljudi su koristili metodu hlađenja pomoću porozne keramičke posude isparavanjem. Inspirirano rashladnim prozorom koji kombinira drveni zaslon ili keramičku posudu napunjenu vodom tvrtka Emerging Objects inovirala je novi materijal pod nazivom „Cool Brick“. [11]

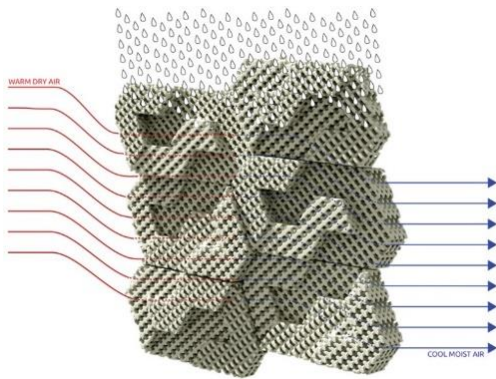


Slika 18: Prozor za hlađenje isparavanjem [10]

6.1. Općenito

Hladna opeka trodimenzionalna je porozna keramička opeka koja svojim sastavom proizvodi učinak hlađenja oko prostora pomoću efekta hlađenja isparavanjem, dakle sustav rashladne opeke oponaša učinak keramičke posude napunjene vodom. Sastoji se od dva dijela različite poroznosti.

Dio sa manjim porama apsorbira vodu kapilarnim djelovanjem i skladišti ga u opeku, dok opeka zbog makroporoznosti omogućava prolaz zraka kroz zid. Kada zrak prođe kroz rešetkastu strukturu voda koja se nalazi unutar mikro-pora isparava i donosi hladan zrak u unutrašnjost. [11]

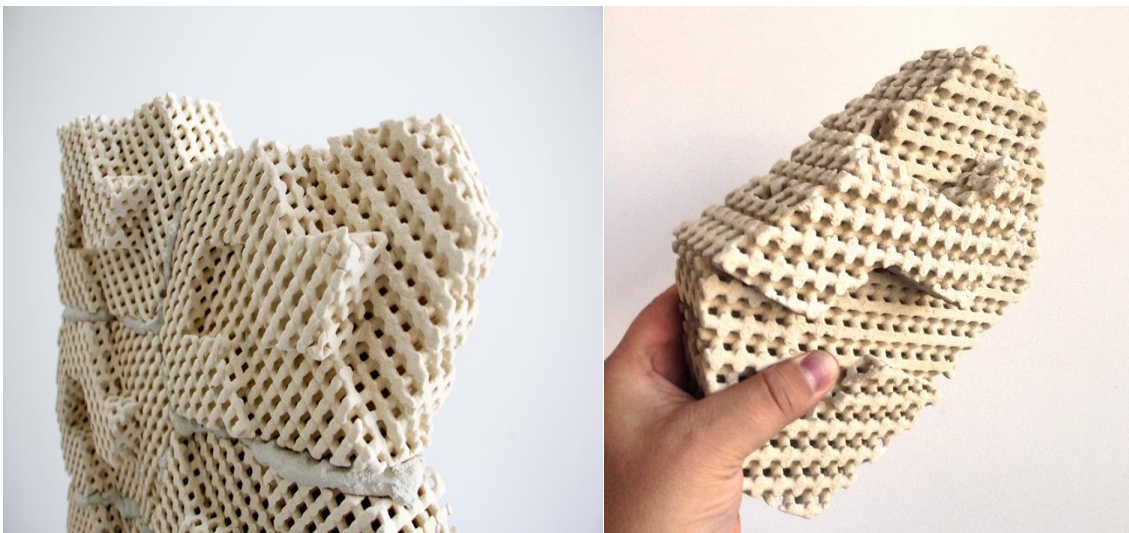


Slika 19: Dijagram toka zraka za rashlađivanje pomoću isparavanja

[<https://www.prodyogi.com/2021/02/cool-bricks-building-cooling-system.html>]

6.2. Struktura „Cool Brick“

Opeka je napravljena od gline - materijala korištenog tisućljećima. Struktura opeke nalik je na rešetku koja je 3D tiskana. Ovakvi sustavi su modularne jedinice s međusobno povezanim porama koje stvaraju vrlo jaku vezu s mortom tijekom izgradnje. Upijaju vodu u svoje mikro pore i djeluju poput spužve. Oblik opeke dizajniran je na način da maksimizira udio površine koja je obasjana suncem, zbog boljeg učinka hlađenja. Kada se sve opeke zajedno spoje djeluju kao učinkovit zaslon. [4]



Slika 20 i 21: Detaljan prikaz strukture hladne cigle [<https://www.prodyogi.com/2021/02/cool-bricks-building-cooling-system.html>]

6.3. Proizvodnja i primjena u graditeljstvu

Kombinacijom dviju tehnika tradicionalne gradnje i digitalnih procesa 3D ispisa moguć je rezultat novih održivih materijala kao što je „Cool brick“. Opeke se spajaju kao komadi slagalice povezane mortom, a svaki uzorak obilježen je blagim izbočinama.

Primjenom ove opeke u područjima sušne klime, može se sagraditi cijeli zid ili pak cijela kuća koja će služiti kao rashladni sistem. Skuplja je investicija od tradicionalnih materijala, ali gledajući dugoročno dolazi s boljom održivosti i uštedom novca. Cilj ove opeke je doprinijeti optimizaciji sustava hlađenja. [4]

6.4. Prednosti i mane „Cool brick“

Prednosti:

Niži troškovi izgradnje zbog smanjenja korištenja sirovina i samog rada

3D printanjem smanjuje se građevinski otpad na 30%, a svaki ne korišteni materijal može se opet reciklirati u daljnje svrhe što ga svrstava u ekološki prihvatljivije materijale

Bolje mogućnosti prilagodbe različitih oblika nego kod tradicionalnih opeka

Brža gradnja u odnosu na tradicionalnu opeku

Mane:

Ovakve cigle ograničene su samo na beton tokom proizvodnje što predstavlja veliki problem

Nacrti koji sadrže ovakve opeke drugačiji su od tradicionalnih pa se cijelim procesom izgradnje treba drugačije rukovati

7. OPEKA OD GLJIVA

U današnje vrijeme potraga za ekološki prihvatljivim materijalima i koji će poboljšati okoliš sve je veća, pa se znanstvenici vode time da otkriju takve materijale. Jedan od najnovijih i najperspektivnijih je opeka od gljiva tj. „micelijska opeka“.

Micelijska opeka je organska opeka koja nastaje od organskog otpada i tankih korijenskih vlakana gljiva koje se protežu kroz zemlju zvanih micelij. [13]



Slika 22 i 23: Prikaz micelija gljive u zemlji

[<https://www.foodnavigator.com/Article/2021/02/04/Kinoko-Tech-makes-alternative-protein-from-fungal-mycelium-growing-on-legumes-and-grains>, <https://www.archdaily.com/949007/mushroom-buildings-the-possibilities-of-using-mycelium-in-architecture>]

7.1. Micelij kao građevinski materijal i primjena u graditeljstvu

Micelij ili korijen gljive bogat je celulozom i hitinom koj su mehanički jaki, uz to je otporan, lagan i apsorbira zvuk.

Za proizvodnju micelijskih opeka potrebno je vrlo malo energije samim time smanjuje se otpadni građevinski materijal jer nema vezivnih materijala. Vodootpornost je moguća ako se koriste ispravni i adekvatni materijali na kojima opeka raste.

Prva građevina koja se može vidjeti kao primjer primjene ovakve vrste opeke je Hy-Fi. Zgrada se sastojala 10 000 micelij opeka i bila je visoka 12 m. Nastala je korištenjem tehnologije koju je razvio Ecovative 2007. godine. Forma zgrade je dizajnirana da kroz rupe uvuče povjetarac i dodatno hladi unutrašnjost. [14]

Zbog svojih prilagodljivih svojstva mogu zamijeniti pjenu, drvo, obloge itd. Imaju nisku toplinsku vodljivost, visoku akustičnost i apsorpciju, te samim time nadmašuju inženjerske materijale kao što su sintetička pjena, drvo, pjene za toplinsku i akustičnu izolaciju. [17]



Slika 24 i 25: Hi-Fi zgrada, NY, 2014. [<https://www.certifiedenergy.com.au/emerging-materials/emerging-materials-mycelium-brick>]

7.2. Proizvodnja opeke i njezine prednosti

Micelij opeka proizvodi se miješanjem usitnjene kukuruzne ljuske s micelijem. Nakon miješanja smjesa se ulijeva u kalup i stavlja se na sušenje i mirovanje na 7 dana. Nakon mirovanja rezultat je čvrsta, ali lagana cigla. Micelij opeka je 100% biorazgradiv materijal, uz to zadržavanje topline bolje je nego kod staklene vune zbog dobre lančane veze kukuruzne ljuske i korijena micelija. Proizvodnja je brza, lagana i efikasna, povezivanjem dvije „žive“ micelijske opeke micelij brzo proširuje svoje korijene i sam sebi stvara vezni materijal pa nema potrebe za dodatnim veznim materijalom. Prilikom dobrog održavanja micelij opeka može imati i životni vijek od 20 godina. [14]



Slika 26 i 27: Micelij opeka [13]

8. BLOKOVI ZA APSORPCIJU ONEČIŠĆENJA

Onečišćenje zraka jedan je od glavnih problema na zemlji od početka Industrijske revolucije. Kvaliteta zraka važan je čimbenik za funkcioniranje Zemlje i život ljudi, degradacija kvalitete zraka uveliko dovodi do mnogih problema, kao rezultat toga potrebna je ideja za inovativnim idejama poboljšanja kvalitete zraka. Kao pokretač nove inovacije zbog formiranja „crnog oblaka“ u gradu Kairu koji je trajao nekoliko mjeseca arhitektica Carmen G. Trudell i skupina studenata dizajnirali su blok s ciljem da se zrak koji ulazi u njega pročišćuje i izlazi kao pročišćeni zrak. [9]



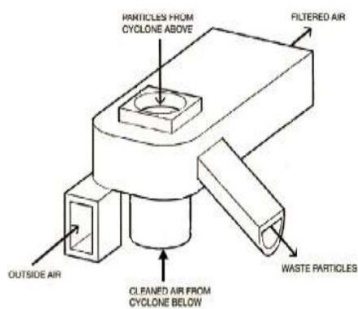
Slika 28: Cigla za apsorpciju onečišćenja [9]

8.1. Komponente bloka

Blok se sastoji od 3 komponente ciklonskog separatora, betonskog bloka i plastične spojnice. [10]

8.1.1. Plastična spojnica

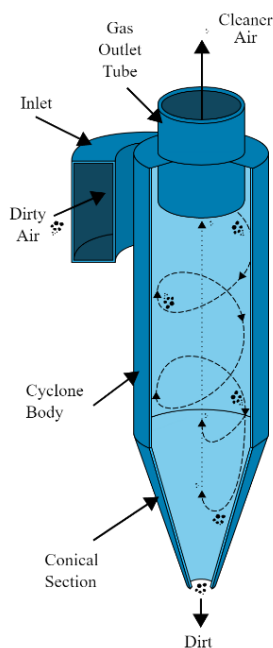
Plastična spojnica služi za ulazak onečišćenog zraka i poravnanje blokova. Unutarnje pregrade spojnice služe za usmjeravanje onečišćenog zraka unutar komore, također osigurava vezu s drugom ciklonskom komorom.



Slika 29: Plastična spojnica [10]

8.1.2. Ciklonski separator

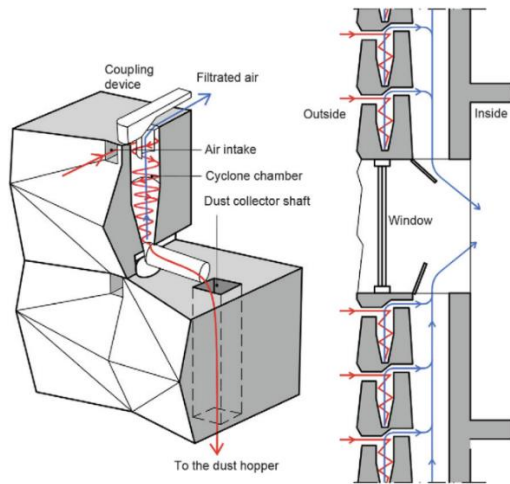
Gornji dio separatora je cilindričan, a donji je u obliku stošca. Radi na principu sedimentacije centrifugalnom silom uvođenjem tangencijalne apsorpcije zraka u uređaju. [10]



Slika 30: Ciklonski separator [https://energyeducation.ca/encyclopedia/Cyclone_separator]

8.2. Princip rada

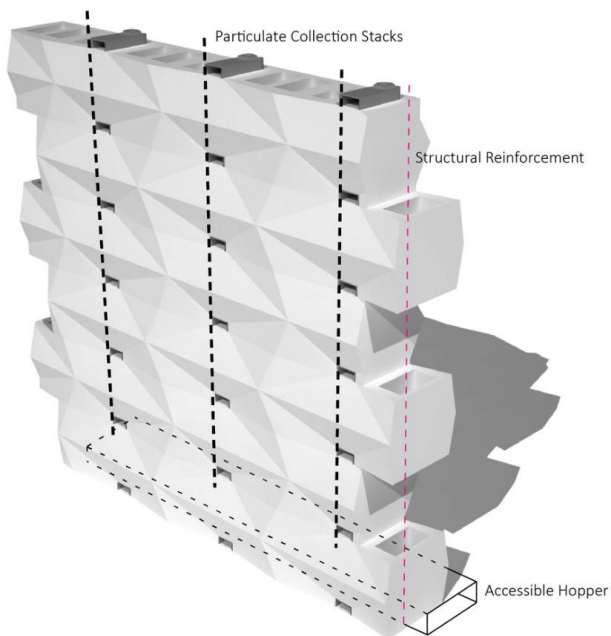
Zagađeni zrak prolazi kroz jedinicu za propuštanje zraka i kreće se kroz pregrade kako bi stigao do ciklonske pregrade. Ciklonski separator s konusnim i cilindričnim dijelom propušta tangencijalno zrak kroz cijevi. Zbog velike gustoće zraka, zrak se kreće kroz donji konus tvoreći vanjski vrtlog. Kako se promjer stošca smanjuje povećava se brzina protoka čestica što rezultira povećanjem centrifugalne sile. Udaranjem čestica u zid separatora ona gubi energiju i pada zbog gravitacijske sile, smanjenjem gustoće zraka odvajaju se čestice od zraka. Rezultat toga je pročišćeni zrak koji se kreće u obliku unutarnjeg vrtloga i otpušta se van. Spremnik se povremeno mora čistiti od prašine metenjem ili usisavanjem. [10]



Slika 31: Princip otpuštanja zraka [10]

8.3. Prednosti bloka za apsorpciju i primjena u graditeljstvu

Ove cigle optimalne su za jednokatne ili dvokatne građevine u područjima s lošom kvalitetom zraka. Mogu se koristiti za izgradnju vanjskih zidova, zvučnih zidova duž autoceste i ograda za školska igrališta. Imaju prednost jer su ekološki prihvatljive, energetski su učinkovite jer rade bez struje, pasivno filtriraju zrak prije uvođenja u okoliš, a uz to su i jeftine. [9]



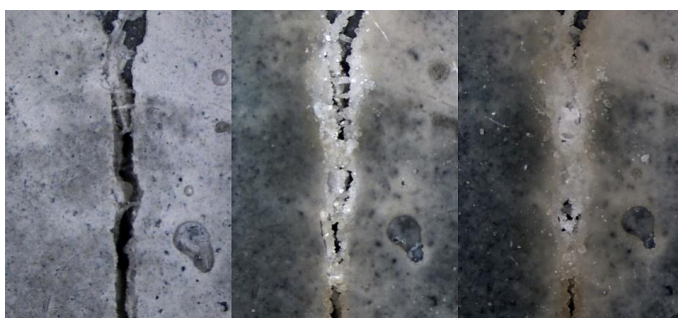
Slika 32: Sistem postavljanja [9]

9. SAMOZACJELJUJUĆI BETON

Beton je u građevinarstvu jedan od najkorištenijih materijala za gradnju. Sastoji se od agregata (pijesak i šljunak), koji su povezani cementom i vodom. Engleski izumitelj Joseph Aspdin 1824. godine proizveo je cement koji je i danas vodeći materijal u građevinarstvu. Iako je beton najrašireniji materijal koji se koristi ima vrlo nisku vlačnu čvrstoću, manju duktilnost, brzo pucanje itd. Zbog toga se razvija tehnologija novih vrsta betona, a jedna od njih je samozacjeljujući beton. [11]

9.1. Općenito

Samozacjeljujući beton ima sposobnost betona da autogeno ili autonomno sanira sve pukotine u što kraćem vremenu. Pukotine u betonu neizbježna su pojava zbog njegove niske vlačne čvrstoće, te samim time narušavaju trajnost betona i omogućuju lak pristup tekućinama i plinovima da dopru do dubine betona i armature. Samozacjeljivanje betona doprinosi duljem vijeku trajanja građevine. Na temelju toga predložena su tri procesa zacjeljivanja betona, a to su: prirodni, biološki i kemijski. [12]



Slika 33: Samozacjeljivanje betona [11]

9.2. Tri procesa zacjeljivanja betona

9.2.1. Prirodni proces

Prirodni proces zacjeljivanja podijeljen je na četiri vrste, a to su:

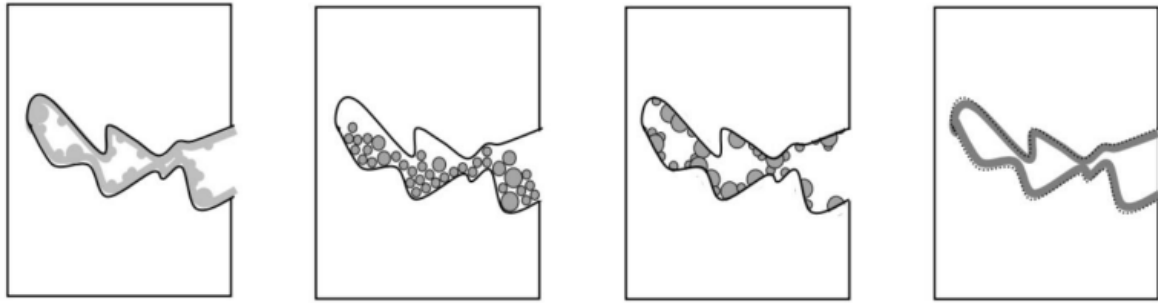
Tablica 7: Četiri vrste prirodnog procesa zacjeljivanja

Razvoj kalcijevog hidroksida ili kalcijevog karbonata (a)

Blokiranje pukotine prljavštinom (b)

Hidracija betona ili cementnih materijala koji nisu reagirali (c)

Ekspanzija hidratiziranog cementa (d)

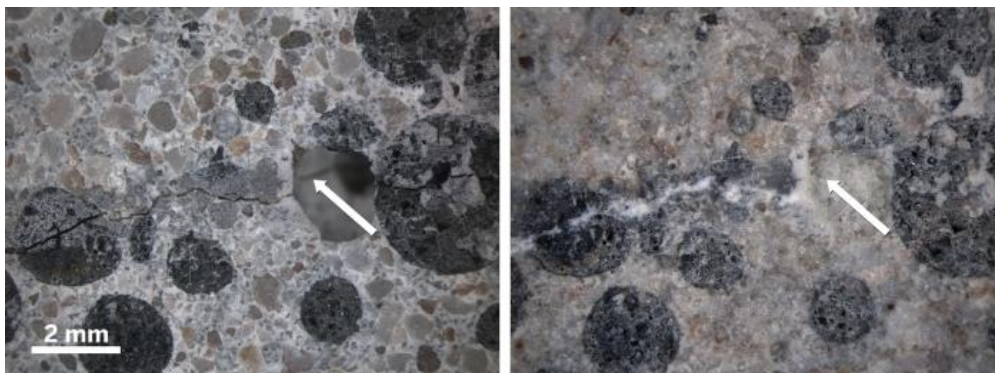


Slika 34: Tipovi prirodnog samozacjeljivanja betona [12]

Većina ovih proces može djelomično ispuniti prolaz i ne može u potpunosti ispuniti sve pukotine. Uz to za sve materijale proces punjenja pukotina vrlo je dug proces. Ove okolnosti traže potrebu za korištenjem umjetnih metoda samozacjeljivanja. [12]

9.2.2. *Biološki proces*

Bakterijski samozacjeljujući beton jedini je materijal koji je otporan na pukotine. Ovaj proces zahtjeva „uspavane“ bakterije koje se nalaze u kapsuli u betonskoj matrici. Kada bakterija dođe u dodir s vodom bakterije se aktiviraju i počinju zacjeljivat beton. Nekoliko vrsta bakterija je pogodno za primjenu samozacjeljivanja betona, a to su: *Bacillus pseudofirmus*, *Bacillus cohnii* i *Bacillus sphaericus*. Ove bakterije mogu preživjeti i preko 200 godina, te se samim time mogu i reaktivirati ako zacijeljeno područje ponovno pukne. [12]

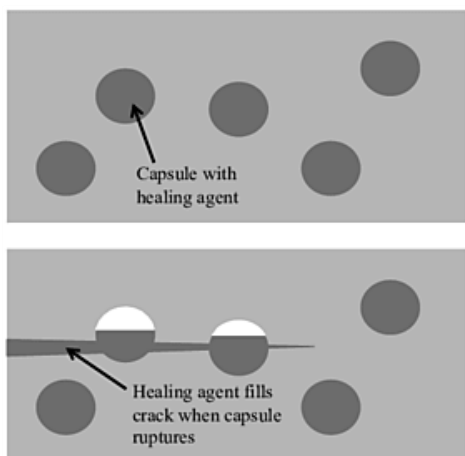


Slika 35: Samozacjeljivanje betona bakterijskim putem [<https://cen.acs.org/articles/94/i6/Helping-Concrete-Heal-Itself.html>]

9.2.3. Kemijski proces

Kemijski proces još je jedan od načina zacjeljivanja betona koji zahtjeva ubrizgavanje kemijskih tvari u pukotine, bilo mineralnih ili sintetičkih. Neki od mineralnih tvari koji su pogodni uključuju natrijev silikat, silicijev koloid i etil silikat, oni reagiraju s portlanditom koji se nalazi u matricama cementa.

U tekućem obliku stavljaju se u manje staklene kapsule koje pucaju ako pukne cement, te time oslobađaju zacjeljujući materijal. Drugo rješenje je magnezij oksid, prah koji reagira u dodiru s vodom, te nastaje brucit mineral kristalne strukture. Mana magnezijevog oksida je što zahtjeva posebne kapsule s vodom kako bi se pokrenula kemijska reakcija, što samim time smanjuje dobru disperziju sredstva za zacjeljivanje unutar pukotina. [12]



Slika 36: Kemijski proces zacjeljivanja betona pomoću staklenih bočica

[https://www.researchgate.net/figure/Schematic-illustration-of-a-chemical-encapsulation-self-healing-approach-b-bacteria_fig2_270188811]

9.3. Prednosti i mane samozacjeljujućeg betona

Prednosti:

Odlično rješenje za brtvljenje pukotina u infrastrukturi

Smanjen postotak korozije u armaturi i povećanje nepropusnosti vlage

Ekološki prihvatljiva zbog smanjenja ugljičnog dioksida

Omogućava dulju trajnost i dodatnu čvrstoću betona

Mane:

Čestice gline koje se koriste kao samozacjeljujući materijal zauzimaju oko 20% volumena betona, te se samim time smanjuju tlačnu čvrstoću za 20-25%

Zbog troškova samozacjeljujućih materijala ovaj beton je skuplji od tradicionalnog betona

9.4. Primjena u graditeljstvu

Samozacjeljujući beton može se koristiti za jačanje već postojećih i novih građevina, također se koristi u industriji nafte i plina sprječavajući širenje manjih pukotina. Djelotvoran je u području gdje se zgrade smrzavaju i odmrzavaju jer zbog promjena temperature dolazi i do pukotina. Može se koristiti kao obloga kod tunela, zidova podruma, autocesta, betonskih podova i morskih konstrukcija. Trenutno ovaj beton nije zaživio u graditeljstvu na veći građevinama, već se više provjeravao laboratorijski. Samim time ne zna se koliko je on zapravo učinkovit na velikim popravcima. Iako se trenutno ne koristi dovoljno u građevinarstvu pošto nema dovoljno laboratorijskih istraživanja i poprilično je skup u odnosu na tradicionalan beton, samozacjeljujući beton mogao bi biti prekretnica u građevinarstvu zato što je ekološki prihvatljiv, smanjio bi se postotak popravaka građevina od tradicionalnog betona i produžio bi se vijek novih i starih građevina. [12]



Slika 37: Primjer primjene samozacjeljujućeg betona [<https://www.greenoptimistic.com/bio-concrete-heals-cracks/>]

10. PROZIRNI BETON

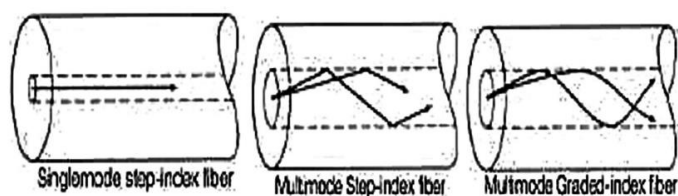
Prozirni beton temelji se na konceptu „Nano optike“, odnosno tako što optička vlakna djeluju kao prorezi koji emitiraju svjetlost s jedne strane površine na drugu. S jedne strane površine formiraju se optička vlakna, dok se s druge strane pojavljuju sjenoviti obrisi kroz beton. Ovu inovaciju 2001. godine razvio je mađarski arhitekt Aron Losconzi. Losconzi je u roku od dvije godine uspio uspješno proizvesti prozirni betonski blok koji je nazvan pod imenom LiTraCon. [5]



Slika 38: Betonski blok LiTraCon [<http://www.litracon.hu/en/products>]

10.1. Karakteristike Light transmitting concrete-a

Čvrstoća na pritisak jedno je od najvažnijih svojstva koje treba uzet u obzir prilikom izgradnje. Tlačno opterećenje light transmitting concrete-a prenosi se okomito na smjer optičkih vlakanca. Tlačna čvrstoća smanjuje zbog postojanja praznina između sučelja vlakanca i morta tj. tlačna čvrstoća smanjena je zbog uključivanja optičkih vlakanca. Među postojećim istraživanjima koja su provedena za LTC zaključeno je da optička vlakanca smanjuju tlačnu čvrstoću betona, stoga su poduzete mjere koje sadrže silanska sredstva za poboljšanje betona. [6]



Slika 39: Unutarnja refleksija optičkog vlakanca [6]

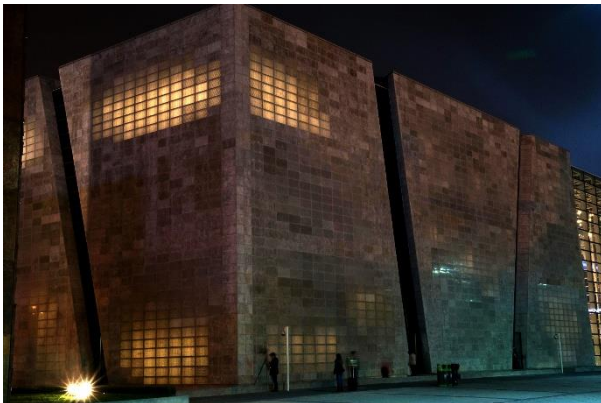
10.2. Proizvodnja prozirnog betona

Proziran beton nastaje kombinacijom finog betona koji se sastoji od cementa i agregata pijeska i optičkih vlakana. Primjenom optičkih vlakana zamjenjuju se ostali agregati betona, a oni prenose svjetlost pomoću umjetnih i prirodnih izvora. Sama proizvodnja betona vrlo je slična tradicionalnoj proizvodnji jedina je razlika uvođenje 4% do 5% optičkih vlakana. Proces zahtjeva dodavanje tankog sloja vlakana od 2 do 5 mm, pritom uzimajući u obzir da što je sloj tanji to propušta više svjetlosti. Nakon sušenja beton se reže u obliku ploča ili blokova i šalje se za uporabu. [5]



Slika 40: Primjena LTC-a: Al-Aziz Mosque in Abu Dhabi

[<mailto:https://www.designindaba.com/articles/creative-work/light-transmitting-concrete-makes-abu-dhabi-mosque-glow>]



Slika 41: Primjena LTC-a: Italian pavilion at Shanghai World Expo, China

[<https://www.heidelbergcement.com/en/italian-pavilion-shanghai>]

10.3. Primjena u graditeljstvu

Mogućnost primjene u graditeljstvu su ne brojene, a jedne od glavnih koje bi mogle promijeniti graditeljstvo su autoceste koje bi mogle omogućiti bolju vidljivost prilikom vožnje zbog dodatnog unutarnjeg osvjetljenja što samim time smanjuje komunalne troškove. Bio bi koristan u izradi nogostupa prilikom osvjetljenja noću zbog povećane sigurnosti za

pješake i općenito promet na cestama. Može biti korišten za podove i pločnike, a uz to pridonosi i ljepoti interijera. Osvjetljenja tamnih mjesta poput podruma gdje nema dovoljno svjetlosti. [5]

10.4. Prednosti i mane emitirajućeg betona

Prednosti:

Vizualna privlačnost prilikom izgradnje građevina

Ekološki prihvatljiviji od tradicionalnog betona

Bolja biorazgradivost u odnosu na plastiku

Mane:

Cijena vrlo visoka u odnosu na tradicionalan beton

Za proces proizvodnje potrebna je kvalificirana radna snaga

11. BETON VISOKIH PERFORMANSI

11.1. Općenito o betonu visokih performansi

Napredak u znanosti betona doveo je do razvitka nove klase boljeg i ultra čvrstog betona pod nazivom beton visokih performansi. Beton visokih performansi je materijal boljih karakteristika od običnog betona. Beton se obično miješa kombinacijom portland cementa, reaktivnih prahova kao što su vapnenac ili kvarcno brašno, finog pijeska, aditiva, vode i vode. Materijal se može formulirati da pruža čvrstoću veću i od 200 MPa, a u kombinaciji s metalnim, sintetičkim ili organskim vlaknima može postići čvrstoću na savijanje do 48 MPa ili više. [18]

11.2. Nastanak i primjena u graditeljstvu

Beton posebnih performansa razvijen je 1990 – ih godina. Karakteristike tog betona bile su visoka tlačna čvrstoća, povećana duktilnost i dosta visoka otpornost prilikom prirodnih razaranja. [19]

Ovakva vrsta betona sve se više počinje koristiti u izgradnji prednapregnutih visećih mostova, kolnika autocesta, hidroenergetskih konstrukcija. Zbog vrhunskih mehaničkih svojstva sve se više koristi u zrakoplovnim, pomorskim i obrambenim konstrukcijama. [19]

Neke od građevina s ovakvim tipom betona su: Akashi Kaikyo most u Japanu, Hidroelektrana Grodno u Bjelorusiji i Nacionalna knjižnica u Bjelorusiji.



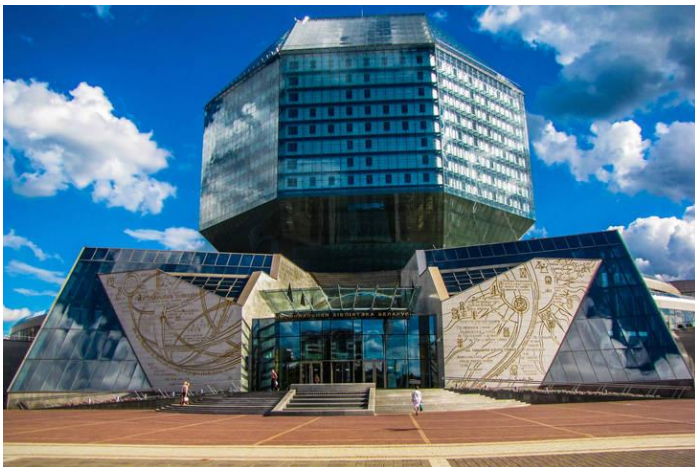
Slika 42: Akashi Kaikyo most

[<https://www.offthetrackjapan.com/akashi-kaikyo-bridge/>]



Slika 43: Hidroelektrana Grodno

[https://en.wikipedia.org/wiki/Grodno_Hydroelectric_Power_Station]



Slika 44: Hidroelektrana Grodno

[<https://puzzlegarage.com/puzzle/2765/?lang=hr>]

11.3. Svojstva

Tablica 8: Svojstva betona visokih performansi [<https://theconstructor.org/concrete/high-performance-concrete-co>]

Niska poroznost kroz strukturu pora cementne paste
Visoka otpornost na kemijske utjecaje
Visoka čvrstoća i njezin kontinuitet rasta
Dobra obradivost i kontrola slijeganja
Vrlo krhak, ali dodavanjem vlakana poboljšava mu se svojstvo

11.4. Tipovi betona visokih performansi

Beton visokih performansi: kada je raspon čvrstoće 50 - 100Mpa

Beton vrlo visokih performansi: kada je raspon čvrstoće 100 - 150 MPa

Beton s visokim performansama: kada je raspon čvrstoće veći od 150 Mpa

11.5. Prednosti i mane betona visokih performansi

[\[https://constructionor.com/high-performance-concrete/\]](https://constructionor.com/high-performance-concrete/)

Prednosti:

Smanjuje veličinu konstrukcijskih elemenata, te samim time povećava korisni prostor

Manji presjeci elemenata, ali veća izdržljivost istih

Veća seizmička otpornost u odnosu na običan beton

Smanjen broj oslonaca i temelja na velikim rasponima

Visoka otpornost pod statičkim i dinamičkim opterećenjima, te opterećenjima zamora

Visoka otpornost na kemijske utjecaje, dugotrajna trajnost i smanjeno širenje pukotina

Mane:

Viša cijena u odnosu na običan beton

Sadrži posebne sastojke

Izrada i postavljanje mora biti pažljivo odrađeno

12. SUVREMENI PAMETNI MATERIJALI

12.1. Što su suvremeni pametni materijali ?

Pametni materijali su materijali koji svojom sposobnošću mogu reagirati na podražaje i promjene okoliša (uzrokovane ljudskim djelovanjem ili prirodno) kojem su izložene. Podržaj može biti elektromagnetski val, tlak, električna struja, ultraljubičasto svjetlo, trenje, kemikalije, pritisak itd. Odgovor na podržaj može biti promjena oblika, veličine, ponašanja, boje itd.

Da bi se neki materijali klasificirao kao pametan mora zadovoljiti svojstva promjene unutarnjih svojstva ili promjene energije, uz to bi bilo dobro da materijal ukazuje na samoaktiviranje, reverzibilnost, predvidljivost, lokaliziranost.

Kroz godine su se pametni materijali razvijali do granice gdje se danas mogu pronaći samozacjeljujući premazi, metali koji mijenjaju oblik, prozirni metali, pametni beton, aerogelovi itd. Primjena i rast pametnih materijala razvija se kroz godine prvobitno zbog prirodnih razaranja kao što su potresi, uragani i mećave. [15]

12.2. Svojstva pametnih materijala

Materijali se mogu razlikovati po svojim svojstvima od kojih su neka unutarnja, a neka vanjska, stoga se dijele na intrizična svojstva i ekstrizična svojstva.

Intrizično svojstvo određeno je molekularnom strukturom tj. kemijskim sastavom. Npr. intrizično svojstvo je čvrstoća koja je povezana međuatomskim silama unutar molekule u sprezi s međumolekularnim silama: što su sile veće to je čvrstoća i tvrdoća materijala veća. Uz čvrstoća u intrizična svojstva spadaju: žilavost, fizička svojstva, vodljivost, specifičnu toplinu i kemijska svojstva.

Ekstrizična svojstva reagiraju na podržaje i promjene okoline, te time aktiviraju svoja svojstva prema tim promjenama. [15]

12.3. Temeljne karakteristike pametnih materijala

Prilikom razlikovanja tradicionalnih materijala od pametnih trebalo se uzeti u obzir pet temeljnih karakteristika koje su definirane kao prolaznost, selektivnost, neposrednost, samoaktiviranje i izravnost. Primjenom ovih karakteristika materijale možemo grupirati u 4 skupine čije se značajke mogu iskoristiti za optimizaciju svojstva materijala i održivost uvjeta stabilnog stanja u okruženju. [15]

Četiri skupine svojstva materijala su:

Mogućnost promjene svojstva

Sposobnost izmjene energije

Diskretna veličina

Reverzibilnost

12.4. Tipovi pametnih materijala

12.4.1. Općenito o tipovima pametnih materijala

Pametne materijale možemo podijeliti na 2 tip, odnosno prema ulaznom podražaju koji svaki materijal potiče na djelovanje.

Tip I je materijal koji na promjenu uvjeta svog okoliša mijenja jedno od svojih svojstva, dok je Tip II materijal koji transformira svoju energiju iz jednog oblika u drugi. [15]

Materijali grupirani prema podražaju su slijedeći:

Tablica 9: Kategorije materijala prema podražaju

NAZIV KATEGORIJE	ULAZNI PODRAŽAJ
Piezoelektrični	Mehanička deformacija
Elektroaktivni	Napon
Termostriktivni	Promjena temperature
Kemostriktivni	Kemijska koncentracija
Magnetrostriktivni	Djelovanje magnetskog polja
Fotostriktivni	Svijetlost

12.5. Tip I

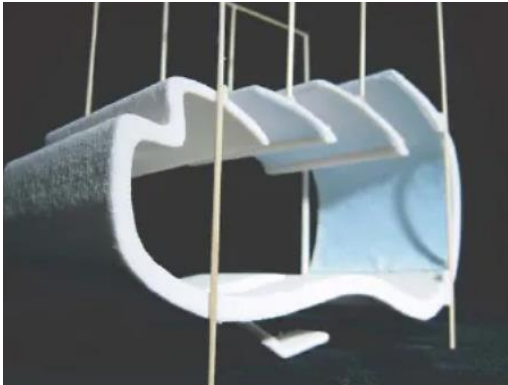
12.5.1. Kromatski materijali

Tip I ili kromiji je klasa materijala koja zbog promjene vanjskih izvora energije mijenja svoja optička svojstva stoga se još i nazivaju materijali koji „mijenjaju boju“ iako se u stvarnosti zapravo ne mijenja boja već dolazi do refleksije, apsorpcije ili raspršenja.

Zbog mnogih uzročnika promjena boje postoje skupine kromija, pa se s obzirom na to dijele na: fotokromi, termokromi, mehanokromi, kemokromi, elektrokromi, [15]

Fotokromni materijali

Fotokromni materijali su materijali koji svojom apsorpcijom elektromagnetske energije u ultraljubičastom području proizvode intrinzičnu promjenu svojstva. Molekule koje se koriste u primjeni fotokromnih boja su neaktivne i bezbojne, ali u dodiru s valnim duljinama mijenjanju svoje molekularno svojstvo, odnosno boju. Prvobitno stanje mu se vraća kada više ne dolazi u dodir sa sunčevom svjetlosti. Fotokromni materijali najviše se primjenjuju na prozorima ili fasadama. [15]



Slika 45: Prikaz eksperiment dizajna „Coolhouse“ prikrivenog fotokromnim materijalom [15]

Termokromni materijali

Termokromni materijali apsorbiraju toplinu, te time dolazi do kemijske reakcije, odnosno fazne transformacije. Ovakvi proizvodi primarno se koriste kao jednostavni senzori za temperaturu, te se većinom proizvode od metalnih oksida s karakteristikama poluvodiča. [16]

Mehanokromni materijali i kemokromni materijali

Ovi materijali imaju promjenjiva optička svojstva kada je materijal podvrgnut naprezanjima i deformacijama od strane vanjskih sila. [15]

Elektrokromni materijali

Elektrokromni materijali su definirani kao materijali koji mijenjaju boju prilikom primjene električne struje. Npr. kod zatamnjениh prozora boja se zatamnjuje ili posvjetljuje s obzirom na napon. [16]

12.5.2. Rheološki materijali

Rheološki materijali imaju mogućnost promjene čvrstoće pri podržaju električne energije – elektrorheološki ili pri djelovanju magnetskog polja – magnetorheološki materijali.

Ovakvi materijali imaju primjenu pri stabilizaciji ili umirivanju vibracija. Naime prilikom različitih vibracija moguće je promijeniti viskoznost ili čvrstoću materijala, te pritom ublažiti djelovanje istih. [15]

12.5.3. Provodljivi i poluprovodljivi polimeri

Polimeri omogućuju preraspodjelu iona unutar materijala omogućujući provodljivost električne struje. Gledajući s arhitektonskog i građevinskog područja, najrašireniji su elektro-aktivni polimeri. Elektro-aktivni polimeri omogućuju kretanje elemenata sabijanjem bez upotrebe elektromotora. Najčešći takvi proizvodi su: vlakna, folije i razne opruge. [16]



Slika 46: Prikaz dinamične i promjenjive fasade korištenjem polimera

[\[https://dtfleming.files.wordpress.com/2013/10/cpd-01-materials-presentation.pdf\]](https://dtfleming.files.wordpress.com/2013/10/cpd-01-materials-presentation.pdf)

12.5.4. Materijali promjenjivog stanja

Materijali promjenjivog agregatnog stanja zbog vanjskih podražaja pri prelasku otpuštaju ili apsorbiraju određenu količinu električne energije. Ova karakteristika može biti veoma korisna pri uštedi energije prilikom grijanja ili hlađenja prostora. Najčešće se takvi materijali proizvode kao kompozitni parafina i soli hidrata. Takvi materijali mogu se ugraditi ispod grijanih podova u obliku malih kapsula, čime automatski reguliraju i pospremaju višak energije. Materijal je moguće dobiti u obliku kapsula i ploča za ugradnju u prozore i zidove. [15]

12.5.5. Oblikopamteći materijali

Pametni materijali koji pamte oblik i funkcioniraju na način da prilikom promjene temperature isti mijenjaju svoj oblik. U građevinskom aspektu ovaj materijal funkcionira na način određivanja točne temperature, te se deformira u željeni položaj ili oblik. Kada element dosegne programiranu temperaturu ono se nazad mijenja u prvobitno stanje. Najčešće se

proizvode od legure nikal-titanij pošto oni imaju najizraženije shape memory karakteristike. Trenutačno je još u razvojnoj fazi za primjenu u arhitekturi, ali ovaj materijal bi se mogao koristiti u konstruktivnim rešetkama, roletama osjetljivim na temperaturu, te u interijeru. [16]



Slika 47: Dizajn „Bloom“ arhitektice Doris Kim Sung sastavljen od metalnih listića koji se otvaraju i zatvaraju ovisno o suncu [<https://www.archdaily.com/tag/shape-memory-alloys>]

12.5.6. Pametni materijali promjenjive adhezivnosti

Adhezivni materijali imaju karakteristiku promjenjivosti svojstva za razne substance, koje rezultiraju pojačanom apsorpcijom ili adhezivnim ponašanjem u određenom trenutku. Podjela adhezivnih materijala je: termoadhezivni, fotoadhezivni, bioadhezivni, hidroadhezivni i elektroadhezivni. Najznačajniji materijal u ovoj skupini je titanijev oksid koji svoje mjesto nalazi u raznim premazima, polimerima, obložnim pločama i staklima. Samočišćenje se odvija oksidacijom organskih tvari pod utjecajem UV zračenja. [15]

12.6. Tip II

Drugi tip pametnih materijala omogućava da se podražajna energija u kontaktu s materijalom pretvara u drugi oblik. S obzirom na starije sustave senzora ovaj tip se sve više primjenjuje zbog svoje jednostavnosti s obzirom na starije sustave. Najrašireniji senzorski materijali su: fotoelektrični, piezoelektrični i termoelektrični. [15]

12.6.1. Fotoelektrični materijali

Fotoelektrični materijali imaju mogućnost generiranja električne energije s obzirom na svjetlosni podražaj. Razvitkom fotoelektričnih materijala nastaju neki od navedenih proizvoda: obojane solarne ćelije, solarne folije, te organske solarne folije. Zbog svoje kompozitne građe ograničava korištenje u graditeljstvu, ali zato mu je zasada glavna kvaliteta što se ovakve ploče trenutno mogu koristiti kao dekorativni materijal jer dolaze u bojama i uz to mogu biti prozirne pa se mogu ugraditi u ostakljenja. [16]



Slika 48: Dyesol solarni sustav

[\[https://reneweconomy.com.au/dyesol-announces-csiro-collaboration-plan-perovskite-solar-88422/\]](https://reneweconomy.com.au/dyesol-announces-csiro-collaboration-plan-perovskite-solar-88422/)

12.6.2. Termoelektrični materijal

Termoelektrični materijali mogu ostvariti pretvorbu između toplinske u električnu energiju. Vodeći se prema tome prikupljanje toplinske energije izvana moglo bi biti učinkovito za pretvaranje zgrade koja je do sada bila potrošač energije u sakupljača energije, čime bi se povećala održivost zgrade. Proizvode se većinom od metalnih oksida koji su svrstani u poluvodiče. [16]

13. KERAMIČKI TERMOIZOLACIJSKI PREMAZ

13.1. Općenito

Obzirom na različite termoizolacijske materijale u graditeljstvu se sve više počinju koristiti termoizolacijski premazi. Premaz se sve više počeo koristiti u graditeljstvu zbog svog jednostavnog nanošenja kao boja, ekstremne učinkovitosti i trajnosti. Ima odlična termoizolacijska svojstva, uz to je ekonomičniji, jednostavniji za upotrebu i pogodan za promjenjive podloge. [21]

13.2. Princip rada i njegovo nanošenje

Termoizolacijski premaz stvara sloj koji izolira toplinu i reflektira sunčevo zračenje. Premaz se sastoji od mikrokuglica u kojemu je podtlak sličan onom u vakumu, što povećava otpornost na prolazak topline. Izolacijski premazi se lako nanose valjkom ili četkom, te su pogodni za skoro sve materijale. Najbolja svojstva ovakvog premaza najučinkovitija su pri debljini od 1 mm. Jedan milimetarski premaz suši se otprilike 24 sata na temperaturi od 20 stupnjeva. Premaz djeluje kao „toplinsko zrcalo“ reflektirajući toplinu i tvoreći temperaturnu barijeru. [21]



Slika 49: Nanošenje termoizolacijskog sloja špricanjem

[\[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.indiamart.com%2Fprodetail%2Fheat-insulation-coating-17277538612.html&psig=AOvVaw2ptb4oVK9Sf8dr0u7xC95m&ust=1655895961180000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhXqFwoTCJjGkqezvvgCFQAAAAAdAAAAABAD\]](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.indiamart.com%2Fprodetail%2Fheat-insulation-coating-17277538612.html&psig=AOvVaw2ptb4oVK9Sf8dr0u7xC95m&ust=1655895961180000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhXqFwoTCJjGkqezvvgCFQAAAAAdAAAAABAD)

13.3. Primjena u graditeljstvu

Iako termoizolacijski premazi ne mogu zamijeniti tradicionalne izolacijske materijale u nekim su slučajevima ekonomičniji i tehnološki opravdaniji. Često se koriste kod mjesta gdje je nemoguće ili teško izvesti izolaciju, za premaz zidova, podova, metalnih krovova. Služi i kao zaštita od pregrijavanja, korozije i održavanja topline. [21]

13.4. Svojstva termoizolacijskog premaza

Tablica 10: Ostala svojstva prozirnog drva [<https://masterwarm-hr.techexpertolux.com/utepliteli/kraska-korund.html>]

Nizak stupanj toplinske vodljivosti
Otpornost na vlagu
Premaz ne stvara nepropusni film pa materijal omogućava učinkovitu izmjenu zraka
Otporan je na UV zračenje
Ekološki je prihvatljiv i ne gubi svoja svojstva 10 do 15 godina

13.5. Prednosti mane termoizolacijskog premaza

Prednosti:

Jednostavno korištenje i nanošenje čak i kod građevina složene konfiguracije
Ekološki prihvatljivije
Premazom se smanjuje smrzavanje zidova i nastanak plijesni ili gljivica
Ušteda energije zimi i do 25%
Učinkovit način uklanjanja toplinskih mostova tamo gdje se to teže izvodi
Slabo su zapaljivi

Mane:

Visoka cijena u odnosu na ostale termoizolacijske materijale
Termoizolirajući premaz je vrlo nov materijal na tržištu pa još uvijek nije dokazano njegovo ispunjavanje svrhe prilikom zamjene za tradicionalnu izolaciju

14. DISKUSIJA

Primjena suvremenih materijala u današnje vrijeme veoma je bitna s obzirom na to da se želi poboljšati okruženje u kojem živimo. Tradicionalni materijali većinom su uključivali blato, glinu, drvo i slamu, a suvremeni uključuju beton, čelik, aluminij, ciglu itd. Glavna razlika između tradicionalnih i suvremenih materijala je što se tradicionalni materijal od samog početka gradnje koristio uglavnom od lokalnih izvora, dok suvremeni dolaze sa svih dijelova svijeta.

Pošto su se graditeljstvo, a i sama visokogradnja počeli sve više okretati suvremenom tipu gradnje već se sada nudi veliki izbor takvih materijala. Neki od najbolji na tržištu su: nove vrste betona, organski materijali, drvo, čelik, plastika, karbonska vlakna itd.

Istraživanja znanstvenika dovode do stvaranja novih materijala poboljšanih performansa koja uključuju: manju težinu, veću čvrstoću, otpornost na potrese, nižu cijenu i što manji utjecaj na okoliš.

Korištenjem suvremenih materijala, ali i suvremenog načina gradnje pokušava se smanjiti potrošnja energenata, nedostaci prilikom gradnje građevinski otpad.

Stoga se razvijaju materijali koji olakšavaju takve situacije. Jedan od njih je samozacjeljujući beton koji ne samo da štedi vrijeme i novac, već je i po nekim performansama bolji od običnog betona. Drugi materijal koji je pokazatelj boljeg graditeljstva je emitirajući beton koji trenutno nije toliko na tržištu, ali u skorijoj budućnosti mogao bi se pokazati kao najbolja investicija prilikom osvjetljenja prometnica i biciklističkih staza jer se svjetlost emitira na prirodan način.

Zbog razornih potresa laboratoriji otkrivaju nove načine kako što bolje sačuvati građevine od istih. To je jedan od glavnih problema u potresnim područjima pošto većina građevinskih materijala nije otporna. Stoga se uvode karbonska vlakna koja bi smanjila djelovanje potresa na građevinu.

Tablica 11: Svojstva suvremenih materijala

Prozirno drvo	Transparentnost, mehanička svojstva, vlačna čvrstoća, visoka optička propusnost, niska toplinska vodljivost, niska gustoća
Šipke od karbonskih vlakana	Mala težina, visoka vlačna čvrstoća i izdržljivost, dobra prerada
Aramidna vlakna	Velika vlačna čvrstoća, otpornost na toplinu, otpornost na habanje i udarce, nisko rastezanje na lom
Sustav hlađenja u opekama	Laka i brza tehnika izvedbe, dobro strujanje zraka, otpornost kao i kod tradicionalne cigle
Opeka od gljiva	Velika gustoća, veliki modul elastičnosti, laka izrada
Blokovi za apsorpciju onečišćenja	Kapacitet upijanja vode niži od tradicionalne cigle, povećana energetska učinkovitost, dobra tlačna čvrstoća, jedinstvena aktivnost „disanja“
Samozacjeljujući beton	Dobra obradivost, zacjeljivanje površinskih pukotina, čvrstoća na pritisak
Proziran beton (Light-Transmitting concrete)	Izvršna svojstva emitiranja svjetla, duktilan i otporan na slom, čvrstoća smanjena u odnosu na tradicionalan beton
Pametni materijali	Mijenjanje svojstva ovisno o okolini
Keramički termoizolacijski premazi	Nizak stupanj toplinske vodljivost, otpornost na vlagu i UV zračenje, ekološki prihvatljiv

Neki od tradicionalnih materijala su: drvo, slama, kamen, glina, škriljevac, olovo, bakar, željezo, pijesak. Iako se neki od suvremeni materijala koriste stoljećima ne svrstavaju se u tradicionalne već suvremene materijale. Glavna razlika između ova dva tipa materijala je to što se suvremeni svake godine sve više razvijaju u novije, tehnološki naprednije i bolje materijale od tradicionalnih. Navodeći karakteristike suvremenih u odnosu na tradicionalne materijale vidno je da su po nekim stavkama zapravo jednaki kao što je to npr. obradivost i proizvodnja i kod tradicionalnih i kod suvremenih proizvodnja traje pa se ne razlikuju

previše po tome pitanju. Gledajući na čvrstoću, otpornost i pucanje suvremeni materijali su vodeći u ovim karakteristikama jer se zbog baš takvih karakteristika njihov sastav poboljšava dok kod tradicionalnih ostaje netaknut ili se već mora poboljšati različitim premazima ili oblogama što dovodi do dodatnih troškova.

Jedan od glavnih čimbenika za održivost i bolju gradnju je primjena suvremenih metoda i materijala. Uvođenjem sve više suvremenih materijala u gradnju prvobitno bi se smanjio negativan utjecaj na okoliš pošto su većinom svi suvremeni materijali razvijeni da što manje utječu na okoliš i ljude. Nije samo bitna metoda izrade neke građevine već i veliku ulogu igra što će biti nakon izgradnje. Primjerice sada se još koriste neodrživi materijali koji imaju neke negativne učinke, a i samim time povećavaju građevinski otpad. Smanjenjem takvih materijala i uvođenjem suvremenih koji mogu zamijeniti neke tradicionalne smanjili bi se negativni učinci. Još jedan negativan čimbenik je velika potrošnja električne energije koja se ne bi mogla 100% zamijeniti već smanjiti uvođenjem betona koji propušta svjetlost. Potrošnja električne energije dolazi i od sustava hlađenja što bi se po tom pitanju moglo riješiti rashladnim ciglama.

Svaka građevina u visoko ili nisko gradnji ima svoj vijek trajanja, ali korištenjem suvremenog materijala kao što je samozacjeljujući beton opet bi se smanjio građevinski otpad povećala bi se izdrživost građevine i produžio njezin vijek.

Sagledavajući trenutno tržište, već se sada nudi veliki broj suvremenih materijala koji bi graditeljstvo mogli učiniti efektivnijim, izdržljivijim i čovjeku prihvatljivijim. Njihova je trenutačna cijena puno viša od tradicionalnih materijala i materijala koji se većinom koriste u graditeljstvu. Ipak, porastom potražnje suvremenih materijala na tržištu može se očekivati ubrzani razvoj industrije suvremenih materijala koji će posljedično dovesti do smanjenja cijena i učiniti navedene materijale jeftinijima i pristupačnijima.

15. ZAKLJUČAK

Porastom kompleksnosti gradnje, moderno se graditeljstvo našlo u konstantnoj potrazi za što izdržljivijim i što boljim materijalima kako bi zadovoljilo zahtjeve modernog doba. Razvoj tehnologije i mnogobrojna istraživanja doveli su na svjetlo nove građevinske materijale čije se performanse stalno poboljšavaju te time i izmjenjuju graditeljstvo kakvo poznajemo. Ta je promjena vidljiva od same molekularne razine materijala do aspekata graditeljstva koji su nam bliži, kao što su transport, izgled, izdržljivost i ekološki utjecaj. Iako suvremeni materijali imaju nedostatke koje moramo uzeti u obzir, a koji su uglavnom ograničeni na korištenje u vrlo specifičnim i posebnim uvjetima, značaj njihovih prednosti puno je veći. S obzirom na znatniju izdrživost i trajnost, kao i ekološku prihvatljivost, vrlo je vjerojatno da će suvremeni materijali postati jeftiniji, pristupačniji, izdržljiviji i učestaliji čime će zasigurno pridonijeti modernizaciji graditeljstva.

16. LITERATURA

- [1] Qinqin Xia, Chaoji Chen, Liangbing Hu, Tian Li, Shuaiming He, Jinlong Gao, Xizheng Wang: Solar-assisted fabrication of large-scale, patternable transparent wood, Science Advances, 2021., <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abd7342>
- [2] Céline Montanari, Yuanyuan Li, Hui Chen, Max Yan, and Lars A. Berglund: Transparent Wood for Thermal Energy Storage and Reversible Optical Transmittance, ACS Publications, 2019.,
https://www.researchgate.net/publication/332919853_Transparent_Wood_for_Thermal_Energy_Storage_and_Reversible_Optical_Transmittance
- [3] Madeh Izat Hamakareem: Transparent Wood – Production, Properties, Applications, and Advantages, THE CONSTRUCTOR Building ideas, 02.06.2022.
<https://theconstructor.org/building/transparent-wood/29163/>
- [4] Ronald Rael, Virginia San Fratello: Printing Architecture Innovative Recipes for 3D Printing, Princeton Architecture Press, 2018., <http://emergingobjects.com/project/cool-brick/>
- [5] Specify concrete: A Brief History And Future Use of Translucent Concrete,
<https://www.specifyconcrete.org/blog/a-brief-history-and-future-use-of-translucent-concrete#:~:text=Translucent%20concrete%20is%20made%20by,of%20more%20than%2060%20degrees.>
- [6] Ismail Luhar, Salmabanu Luhar, Pericles Savva, Antreas Theodosiou, Michael F. Petrou, Demetris Nicolaides: Light Transmitting Concrete: A Review,
[file:///C:/Users/38599/Downloads/buildings-11-00480%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/38599/Downloads/buildings-11-00480%20(2).pdf)
- [7] Larissa D. P. Eshelman: Strand rods and high-performance fiber-reinforced cementitious composites: Alternative options for seismic retrofit of existing structures, Department of Architectural Engineering Carl R. Ice College of Engineering, 2019.,
<https://core.ac.uk/download/pdf/239040111.pdf>
- [8] komatsumateRe: 19.05.2022., <https://www.komatsumatere.co.jp/cabkoma/en/>
- [9] Rory Stott: This Innovative Brick Sucks Pollution From the Air Like a Vacuum Cleaner, 2015., 20.05.2022. <https://www.archdaily.com/771767/this-innovative-brick-sucks-pollution-from-the-air-like-a-vacuum-cleaner>

- [10] Fathima Shirin, Anjana Jayakumar: BREATHE BRICK, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 2020.
<https://www.irjet.net/archives/V7/i4/IRJET-V7I4523.pdf>
- [11] Nidhi Goyal: Self-Healing Concrete Can Repair Its Own Cracks with Bacteria, industry tam into news, 2015., <https://www.industrytap.com/self-healing-concrete-can-repair-cracks-bacteria/29051>
- [12] Ishraq Mohammad Ali Khattab , Hazhar Shekha, Mohammed Abukar Abdi: Study on Self-healing Concrete types – A review, Master student, Dept. of Civil Engineering, Cyprus International University, Nicosia, Northern Cyprus, 2019.,
<https://core.ac.uk/download/pdf/267853566.pdf>
- [13] Ilvy Bonnefin: Emerging materials-Mycelium brick, Certified Energy, 2017., 25.05.2022.,<https://www.certifiedenergy.com.au/emerging-materials/emerging-materials-mycelium-brick>
- [14] Golda Arthur: Making houses out of mushrooms, BBC NEWS, 2014., 25.05.2022.,<https://www.bbc.com/news/magazine-28712940>
- [15] Michelle Addington, Daniel Schodek: Smart Materials and Technologies in Architecture, Taylor and Francis, 2012., <https://www.perlego.com/book/1626394/smart-materials-and-technologies-in-architecture-pdf>
- [16] Alex Ritter: Smart materials (in architecture, interior architecture and design), birkhäuser, Berlin, 2007., https://issuu.com/thehel/docs/-smart-materials-in-architecture_i
- [17] Mitchell Jonesa, Andreas Mautner, Stefano Luenco, Alexander Bismarck, Sabu John: Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review, 2020.,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264127519308354>
- [18] Perry,V.H.: Ultra-High Performance Concrete, PCA Aericas Cement Manufactures
<https://www.cement.org/learn/concrete-technology/concrete-design-production/ultra-high-performance-concrete>

- [19] Amin K.Akhnoukh, Chelsea Buckhalter: Ultra-high-performance concrete: Constituents, mechanical properties, applications and current challenges, Science Direct, 2021.,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509521000747>
- [20] Chris Woodford: Kevlar, EXPLAINTHATSTUFF, 2021., 21.06.2022.
<https://www.explainthatstuff.com/kevlar.html>
- [21] FCOM, Everything you wanted to know about thermal insulation paints but were afraid to ask, 2022. <https://fcom.pro/en/blog/everything-you-wanted-to-know-about-thermal-insulation-paint-but-were-afraid-to-ask/>