

Primljen / Received: 14.1.2016.

Ispravljen / Corrected: 14.10.2016.

Prihvaćen / Accepted: 15.3.2018.

Dostupno online / Available online: 31.8.2019.

Ovojnice zgrada

Autori:



Doc.dr.sc. **Silvio Bašić**, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
sbasic@grad.hr



Doc.dr.sc. **Nikolina Vezilić Strmo**, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
nvezilic@grad.hr



Saša Marjanović, dipl.ing.građ.
sasa.marjanovic@student.grad.hr

Pregledni rad

Silvio Bašić, Nikolina Vezilić Strmo, Saša Marjanović

Ovojnice zgrada

Zgrade značajno utječu na vanjski okoliš, ali i na ljudsko zdravlje, udobnost i produktivnost. U navedenoj interakciji najveću ulogu ima ovojnica zgrade koja djeluje kao filter koji poželjne utjecaje iz vanjskog okoliša propušta u unutrašnjost, a nepoželjne odbija ili mijenja. Sva opterećenja koja ovojnica mora podnijeti i sve funkcije koje mora zadovoljiti proizlaze iz tri bitne komponente i njihova međudnosa: vanjskog okoliša, unutarnjeg okoliša i same ovojnice. Cilj je suvremene gradnje pristupiti pitanju ovojnice zgrade multidisciplinarno i integralno kako bi se potencijalni problemi izbjegli, a ljudske potrebe kvalitetno zadovoljile uz što manje financijske troškove.

Ključne riječi:

ovojnica zgrade, vanjski okoliš, unutarnji okoliš, gradnja

Subject review

Silvio Bašić, Nikolina Vezilić Strmo, Saša Marjanović

Building envelopes

Buildings exert a considerable influence not only on outside environment, but also on human health, comfort, and productivity. In this interaction, the greatest role is assumed by the building envelope that acts as a filter permitting favourable external influences to enter the building, while rejecting or modifying unfavourable influences. All loads and functions to be assumed by the envelope arise from three significant components and their interactions: external environment, internal environment, and the envelope itself. An objective of modern construction activity is to approach the building envelope issue in a multidisciplinary and integral manner, so as to avoid potential problems while at the same time meeting human needs in an adequate way, at the lowest possible cost.

Key words:

building envelope, external environment, internal environment, construction

Übersichtsarbeit

Silvio Bašić, Nikolina Vezilić Strmo, Saša Marjanović

Gebäudehüllen

Gebäude haben erhebliche Auswirkungen auf die Außenumgebung, aber auch auf die Gesundheit, den Komfort und die Produktivität von Menschen. Eine enorme Rolle spielt dabei die Gebäudehülle, die als Filter die gewünschten Einflüsse aus der Außenumgebung in den Innenraum ableitet und die unerwünschten Einflüsse abweist oder verändert. Alle Lasten, die die Hülle tragen muss, und alle Funktionen, die sie erfüllen muss, ergeben sich aus drei wesentlichen Komponenten und ihren Wechselbeziehungen: der äußeren Umgebung, der inneren Umgebung und der Hülle selbst. Ziel des modernen Bauens ist es, auf die Gebäudehülle multidisziplinär und ganzheitlich einzugehen, um potenzielle Probleme zu vermeiden und die Bedürfnisse der Menschen qualitativ mit möglichst geringem finanziellem Aufwand.

Schlüsselwörter:

Gebäudehülle, Außenumgebung, Innenumgebung, Bau

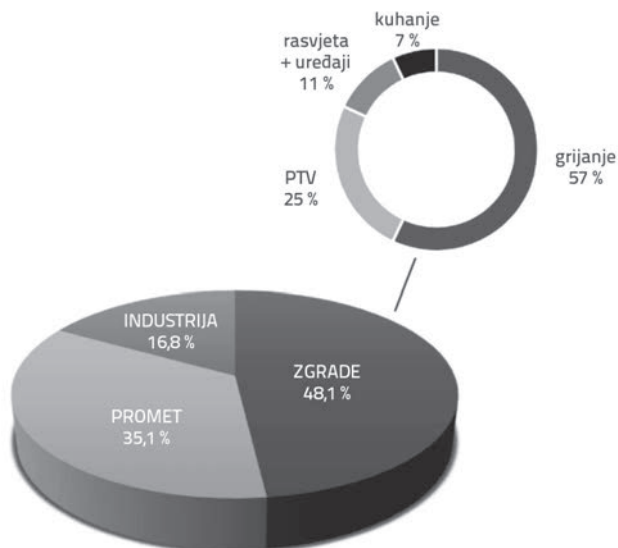
1. Uvod

Zgrade potrošnjom energije, resursa te emisijom štetnih plinova značajno utječu na vanjski okoliš, ali su odgovorne i za stvaranje poželjnih uvjeta za ljudsko zdravlje, udobnost i produktivnost. Prema statističkim podacima za Hrvatsku [1], potrošnja energije u zgradarstvu iznosi 48,1 % ukupne potrošnje, slijedi promet sa 35,1 % te industrija sa 16,8 %. Kućanstva čine 62,8 % potrošnje sektora zgradarstva, a najveći dio te energije utroši se na grijanje (slika 1.).

Kada pogledamo energetska bilancu obiteljske kuće s prirodnom ventilacijom (slika 2.), uviđamo da se najveći dio izgubljene energije, čak 88 %, odnosi na transmisivne i ventilacijske gubitke preko ovojnice zgrade, a na gubitke samog sustava grijanja otpada 12 % [2]. Osim same potrošnje energije čije se posljedice osjete i financijski, vrlo važan je i utjecaj uvjeta unutar zgrade na zdravlje i udobnost ljudi, što je posebno važno ako se zna da ljudi provedu 80 % vremena u zatvorenim prostorima [3].

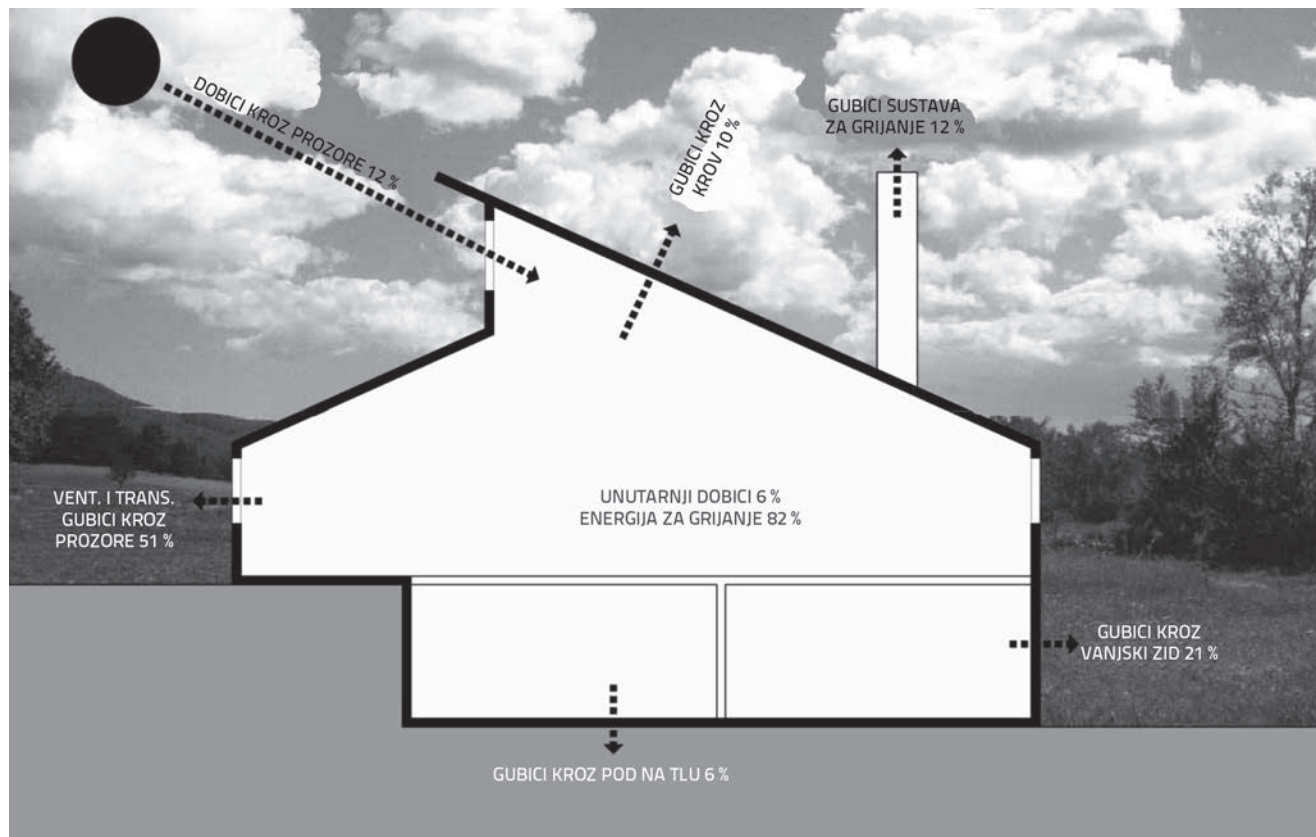
U navedenoj interakciji vanjskog i unutarnjeg okoliša najveću ulogu ima ovojnica zgrade koja djeluje kao filter koji poželjne utjecaje propušta a unutrašnjost, a nepoželjne odbija ili mijenja. Pritom ovojnica štiti ostale sustave zgrade (nosivu konstrukciju, instalacije, interijer, itd.) te u suradnji s njima omogućuje sigurno i ugodno okruženje za korisnike zgrade. Također, vidljivi dijelovi ovojnice (pročelja) objedinjuju dvije, često oprečne, značajke zgrade – estetske i funkcionalne/fizičke [4]. Projektiranje

ovojnice vrlo je složen zadatak jer je potrebno uzeti u obzir velik broj čimbenika kako bi se uspostavila ravnoteža između razine željenih svojstava i financijskih troškova.



Slika 1. Potrošnja energije u Hrvatskoj u 2013. godini

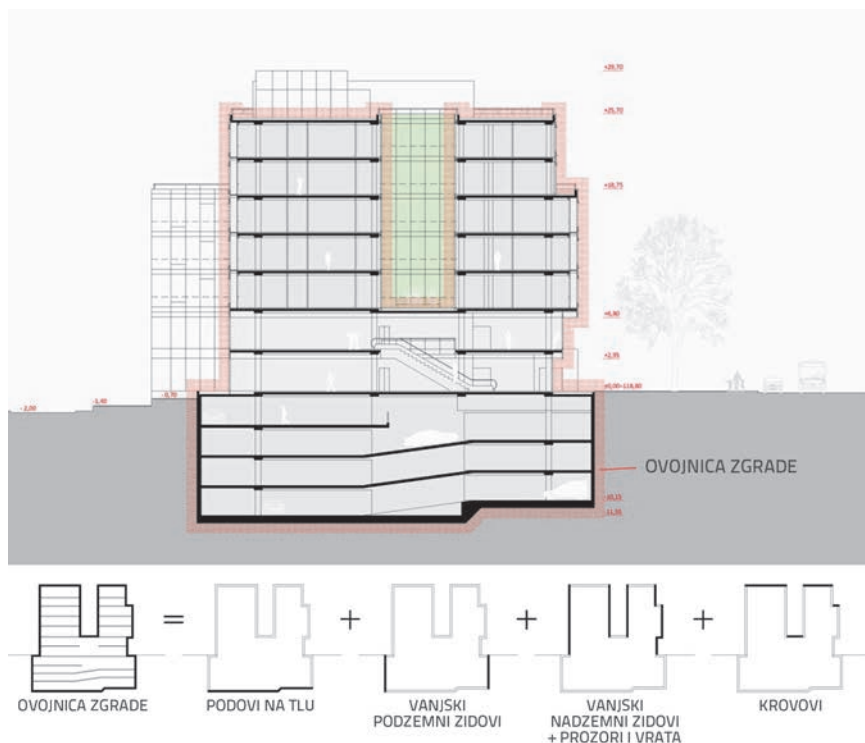
Sama ovojnica sadrži mnogo podsustava sastavljenih od brojnih komponenti. Svaki dio ovojnice je trodimenzionalan, višeslojan sklop različitih materijala, od onog na krajnjem unutarnjem do



Slika 2. Energetska bilanca zgrade

onog na krajnjem vanjskom licu ovojnice. Budući da ovojnica čini bilo koji dio zgrade koji fizički razdvaja vanjsku od unutarnje okoline razlikujemo nadzemni i podzemni dio ovojnice (slika 3.), a njene sustave možemo podijeliti na:

- sustave podova na tlu
- sustave vanjskih podzemnih zidova
- sustave vanjskih nadzemnih zidova, uključujući prozore i vrata
- krovne sustave.



Slika 3. Ovojnica zgrade

2. Povijesni razvoj ovojnice zgrada

Tijekom povijesti paralelno s razvojem društva rastu potrebe i zahtjevi ljudi, a zgrade postaju ne samo skloništa od elementarnih nepogoda i neprijatelja već "kontejneri" cijelog niza složenih aktivnosti. Ljudima je potrebna zaštita od vjetera, prašine, oborina kao i određena razina temperature, vlage i

protoka zraka kako bi im bilo ugodno. Također, potrebna im je sigurnost, privatnost, zaštita od buke, određena razina svjetlosti kao i prostor za kuhanje, spavanje, higijenu i ostale aktivnosti. Glavni razlog postojanja zgrada je taj da se osigura odgovarajući prostor za zadovoljavanje ovih potreba, što se postiže ovojnicom kao fizičkom barijerom te upotrebom energije [5].

Tradicionalna gradnja ovisila je o dostupnim resursima i tehnologiji te o klimatskim uvjetima koji su vladali na određenom području (slika 4.). Primjerice, u Europi je tradicionalna gradnja obilježena masivnom gradnjom, tj. debelom ovojnicom zgrade koja je bila najbolje rješenje iz više razloga: bolja nosivost tereta, krova i snijega, ali i u energetske smislu - akumulacija topline zimi - pregrijavanje ljeti. Ovojnica je imala i dobra akustična, kao i sigurnosna svojstva zbog velike debljine zida i malih dimenzija otvora. Osim u plastičnoj obradi ovojnice, oblikovanju volumena zgrade u cjelini i upotrijebljenom građevnom materijalu, upravo na tom odnosu zida i otvora utemeljena su i osnovna stilska obilježja povijesnih razdoblja. U doba kada ne postoje odgovarajuća tehnička rješenja otvori se tretiraju kao slabe točke ovojnice [6] te se njihov broj i veličina svode na minimum. U trenutku kada je važnost oblikovanja ovojnice kao nosivog (masivnog) zida promijenjen - primjenom drugačijih konstrukcijskih principa, uz istovremeno razvijanje manufakturne staklarske proizvodnje i tehnike ugradnje prozorskog stakla - povećavaju se i zahtjevi za sve većim udjelom ostakljenih površina ovojnice. No, ti zahtjevi su ograničeni na reprezentativne zgrade razdoblja (slika 5.).

Ukratko, tradicionalna gradnja obilježena je ovojnicom sastavljenom od jednog sloja, tj. jednog materijala koji je zadovoljavao sve funkcije koje su se od ovojnice očekivale. Postupno su se na taj sloj dodavali završni slojevi s unutarnje i vanjske strane, ali njihova je uloga bila ponajprije estetska



Slika 4. Tradicionalna skloništa



Slika 5. Altes museum 1830. (lijevo), Neue Nationalgalerie 1968. (Berlin), desno

(slika 6.). Tek s industrijskom revolucijom i korištenjem novih građevnih materijala koji su omogućili drugačije tipove nosivih konstrukcija zgrada, počinje i doba suvremenog oblikovanja ovojnice zgrada. Napuštanjem tradicionalne gradnje i prihvaćanjem novih materijala i tehnika građenja bez sagledavanja mogućih posljedica dovelo je u poslijeratno razdoblje do niza problema u ulozi ovojnice kao fizičkoj kontroli vanjskih utjecaja. Također, javila se povećana potreba za energijom kako bi se navedeni utjecaji regulirali. Za razliku od dotadašnje graditeljske tehnike koja se oslanjala na iskustvo i umješnost graditelja, te tradicionalno provjerene oblike građevina, novonastala situacija nametnula je potrebu za zakonima, normama i standardima, tj. znanstveno utemeljenim spoznajama o poželjnim svojstvima unutrašnjeg prostora (svjetlo, klima i dr.) te proučavanjem fizikalnih svojstava građevnih materijala.

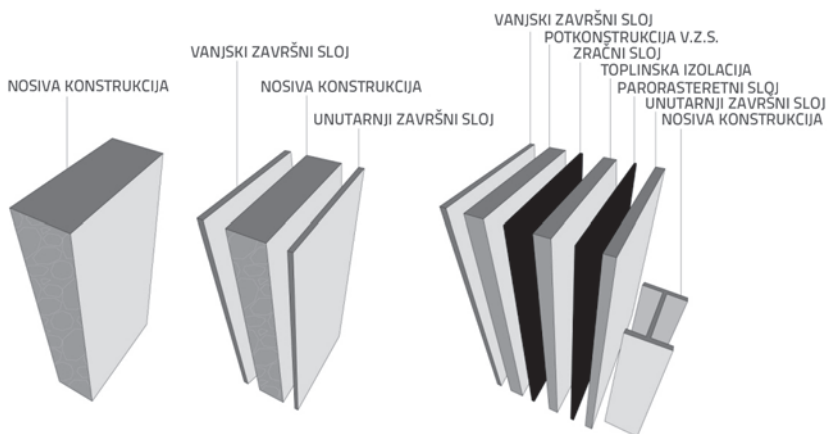
3. Utjecaji na ovojnicu

Sve utjecaje koje ovojnicu mora podnijeti i sve funkcije koje mora zadovoljiti proizlaze iz tri bitne komponente i njihova međuođnosa: vanjskog okoliša, unutarnjeg okoliša i same ovojnice.

Utjecaji su događaji, fenomeni ili karakteristike koji utječu na ovojnicu, a povezani su s gravitacijom, tlom, toplinom, vlagom ili zrakom [7]. Razlikujemo utjecaje proizašle iz vanjskog ili unutarnjeg okoliša. U stalnoj interakciji ovojnice s vanjskim i unutarnjim okolišem, utjecaji nisu konstantni već variraju ovisno o vanjskim uvjetima, ali i o procesima koji se odvijaju unutar građevine. Variranje može biti u intervalima dan/noć, radni/neradni dan, tjedno, sezonski, itd.

3.1. Utjecaji iz vanjskog okoliša

Utjecaji iz vanjskog okoliša posljedica su klime, prirode i njenih fenomena te čovjeka i njegovih postupaka (slika 7.). Budući da je vanjski okoliš trodimenzionalan prostor s promjenjivim svojstvima mase i energije, za projektiranje je potrebno poznavati prosječne, ali i ekstremne vrijednosti za svaki utjecaj.



Slika 6. Povijesni razvoj zida

Vrijednosti za klimatske utjecaje moguće je dobiti na osnovi podataka iz meteoroloških stanica, ali je vrlo važan utjecaj i vanjskih mikroklima, posebno kod manjih zgrada kod kojih se taj utjecaj više osjeti. Različiti dijelovi ovojnice zgrade izloženi su različitim vanjskim mikroklimama, npr. utjecaju susjednih zgrada, krajolika i sl.

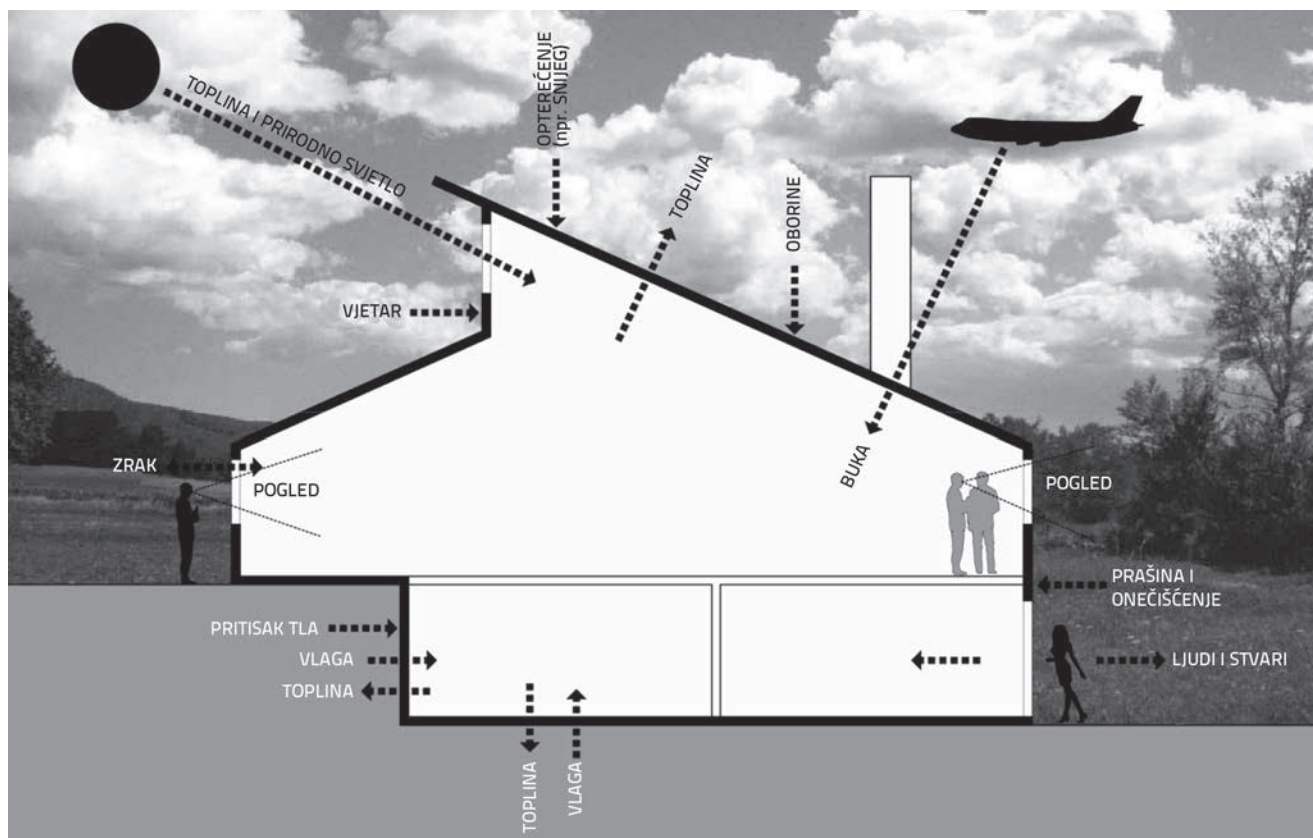
3.2. Utjecaji iz unutarnjeg okoliša

Unutarnji okoliš su nastanjeni, korišteni i vrlo često klimatizirani prostori. Takvi prostori imaju funkciju zadovoljavanja različitih ljudskih fizičkih potreba za koje treba osigurati određene uvjete. Uvjeti su definirani temperaturom, relativnom vlažnošću zraka, brojem izmjena zraka, kvalitetom zraka, i sl. Također, unutarnji okoliš može biti uvjetovan i određenom opremom ili namjenom (arhivi, bazeni, ledene dvorane, itd.)

Unutar svake zgrade može postojati nekoliko unutarnjih okoliša s različitim poželjnim uvjetima. Između unutarnjih okoliša nalaze se pregrade koje također moraju zadovoljiti određene zahtjeve, ali znatno blaže i malobrojnije od onih za vanjsku ovojnicu zgrade.

4. Svojstva i funkcije ovojnice

S razvojem društva mijenjaju se funkcionalni zahtjevi koje ovojnicu mora zadovoljiti. Osim funkcije zaštite od elementarnih nepogoda i fizičke zaštite korisnika, danas razlikujemo mnogo veći broj zahtjeva. Također, primjena novih tehničkih rješenja



Slika 7. Utjecaji iz vanjskog okoliša na ovojnicu zgrade

utječe i na promjenu estetskog doživljaja arhitekture koja se umnogome približava skulptorskom oblikovanju zgrada i sve više udaljava od doživljaja arhitekture kroz odnos zida i otvora. Takav pristup oblikovanju ovojnice otvara nova područja istraživanja u skladu s novim zahtjevima koji se pred ovojnicu postavljaju, a istraživanja sežu često i izvan dosega pojedinih struka te zahtijevaju timski rad i usku suradnju različitih struka. Svojstva i složenost današnjih ovojnica može se pojednostavljeno prikazati popisom funkcionalnih zahtjeva koje treba ispuniti [8]:

1. **Nosivost:** ako zid nije dio nosive konstrukcije, mora osigurati nošenje vlastite težine i prijenos horizontalnih opterećenja na nosivu konstrukciju.
2. **Svjetlopropusnost:** osigurati osvjetljenost unutrašnjeg prostora u skladu s namjenom.
3. **Vodotjesnost:** spriječiti prodiranje vode.
4. **Zrakonepropusnost:** spriječiti prodor zraka.
5. **Paropropusnost:** spriječiti kondenzaciju na unutarnjim površinama prilikom korištenja prostora.
6. **Stabilnost:** osigurati prilagodbu ovojnice deformacijama uzrokovanim isušivanjem, vlaženjem, sezonskim ili dnevnim promjenama temperature te potresom.
7. **Toplinska zaštita:** smanjiti toplinske gubitke koji mogu nastati zračenjem, konvekcijom i provođenjem.
8. **Zaštita od buke:** spriječiti prijenos buke (zvuka).
9. **Zaštita od požara:** osigurati propisanu vatrootpornost
10. **Sigurnost:** osigurati fizičku zaštitu korisnika.

11. **Održavanje:** osigurati jednostavno održavanje, obnovu i zamjenu istrošenih dijelova.
12. **Izvedivost:** osigurati izgradnju primjenjujući dostupne komponente i dostižne tehnologije.
13. **Trajnost:** osigurati funkcionalna i estetska svojstva u protoku vremena.
14. **Estetika:** zadovoljiti estetske zahtjeve.
15. **Ekonomičnost:** ovojnica mora udovoljiti prethodno navedenim zahtjevima unutar zadane ukupne vrijednosti investicije.

Izvedena ovojnica mora zadovoljiti željenu razinu (ili standard) kvalitete koja je predviđena projektom, za svaku od prije navedenih funkcionalnih zahtjeva. Navedena svojstva ovojnice moguće je grupirati u četiri osnovne kategorije funkcija [7]:

1. Funkcija nosivosti: oduprijeti se i prenijeti fizičke sile izvana i iznutra, kao što su bočne sile (vjetar i potres), gravitacija (stalno opterećenje, snijeg), reološki (temperatura, vlaga), udari, habanje/abrazija. Nosivost ovojnice je dakle sposobnost ovojnice da se odupre opterećenjima koja mogu biti stalna i/ili pokretna, a potrebno je o njima voditi računa u fazi projektiranja.

2. Funkcija kontrole: odnosi se na upravljanje masom i tokom energije, tj. toplinom, zrakom, vlagom, kišom, zvukom, vatrom, insektima, pristupom, itd. U ovu skupinu ubrajaju se zahtjevi



Slika 8. Štete na ovojnici kao posljedica loše kontrole prijenosa topline i vlage

vezani uz kontrolu klimatskih uvjeta koji utječu na zgradu, kao i kontrola sigurnosti korisnika. U smislu kontrole, ovojnica funkcionira kao "building skin" – na dva načina: određene klimatske utjecaje (vodu, onečišćenja, itd.) potpuno blokira, a određene (svjetlost, zrak, toplinu, zvuk, itd.) kontrolirano propušta ovisno o potrebama, željama i navikama korisnika. Kontrola klimatskih uvjeta pokušava se prije svega postići fizičkim karakteristikama ovojnice (toplinska izolacija, paropropusnost, zrakonepropusnost, zvučna izolacija, itd.), a ako to nije dovoljno za stvaranje željenih uvjeta unutar zgrade, koristi se energija (rasvjeta, grijanje, hlađenje, ventilacija, itd.). Oba načina kontrole su važna, ali treba naglasiti da je kontrola pomoću fizičkih karakteristika znatno jeftinija, pouzdanija i učinkovitija te ako je ovojnica loše projektirana i ne sudjeluje u svojoj ulozi kontrole, ponekad je nedostatke nemoguće nadoknaditi upotrebom energije. Dakle, kako bi se ostvarila što učinkovitija, isplativija zgrada sa što manje nedostataka i popravaka, važno je da se funkcija ovojnice kao fizičke barijere maksimalno iskoristi, a upotrebom energije dodatno reguliraju manja odstupanja od željenih uvjeta.

Kontrola sigurnosti, tj. sigurnosna funkcija ovojnice jedna je od prvih razloga zašto su ljudi gradili skloništa. Iako nam danas više nije potrebna zaštita od predatora i neprijateljskih plemena, vrlo je važna uloga ovojnice u zaštiti od provalnika i neovlaštenih upada. Ljudi troše velike količine novca kako bi se osjećali sigurnima. Kao i kod kontrole klimatskih uvjeta, sigurnost se prije svega postiže fizičkim karakteristikama ovojnice, ali i upotrebom energije, tj. različitim sofisticiranim električnim i elektroničkim sustavima. Dakle, potrebno je koristiti materijale koji posjeduju čvrstoću prikladnu željenoj razini sigurnosti, što je naravno povezano i sa samom namjenom određene zgrade. Nadalje, važno je voditi računa i o elementima koji se ugrađuju u zidove i krovove, kao što su prozori i vrata, jer su to najčešća mjesta upada. Međutim, najvažnije je prilikom projektiranja uzeti u obzir to da se samim oblikovanjem zgrade smanji broj mjesta pogodnih za upad i skrivenih od pogleda koji omogućavaju provalniku ostvariti svoj naum.

3. Estetska funkcija: odnosi se na unutarnje i vanjske vidljive površine (boja, tekstura, refleksija, uzorak). Ova skupina obuhvaća sloj, tj. slojeve ovojnice koji se nalaze u neposrednom dotiru s vanjskim i unutarnjim okruženjem. Pritom je važno

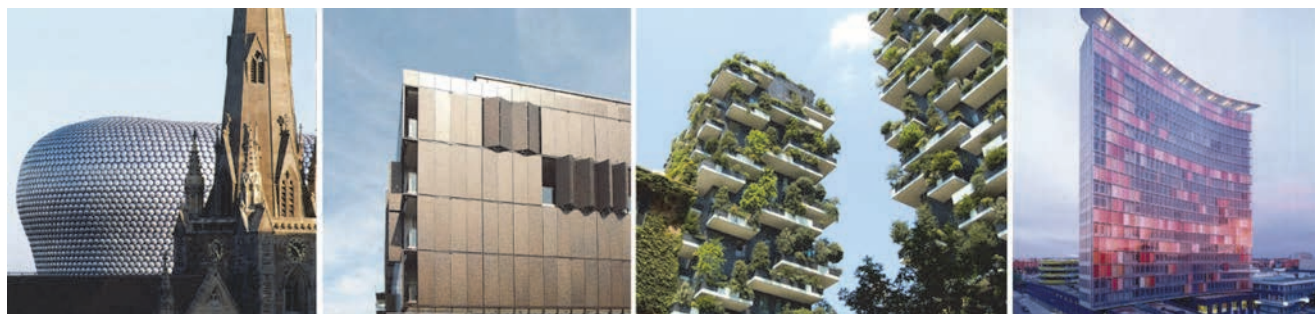
predvidjeti utjecaj vremena na te slojeve kako bi se zadržao estetski doživljaj koji je projektant zamislio. Materijali se mijenjaju na različite načine, ovisno o njihovim prirodnim i površinskim karakteristikama. Primjerice porozni materijali poput opeke ili kamena, nakupljaju prljavštinu i organski rast na površini, dok kod nepropusnih materijala, poput metala ili plastike, može doći do unutarnjih kemijskih reakcija. Projektant mora biti svjestan tih promjena prilikom odabira materijala i ispravnih detalja ovisno o vrsti materijala. Određene promjene ne mogu se potpuno ukloniti, ali se mogu predvidjeti i kontrolirati - npr. ispravnim odabirom boje ili teksture površine, ali i oblikom zgrade koji omogućava kontrolirani odvod oborina s fasade.

4. Funkcija distribucije: zaštititi i smjestiti usluge zgrade kao što su električna energija, komunikacija, instalacije, zračni kanali, plinske cijevi, krovni slivnici, itd. Također, danas se kao moguća opcija postavlja i pitanje korištenja ovojnice (u dijelu ili u cjelini) za proizvodnju električne i/ili toplinske energije potrebite zgradi, ili udio korištenja obnovljivih materijala, i dr.

4.1. Kontrola prijenosa topline i vlage

Unatoč velikom broju navedenih funkcija ovojnice zgrade, ipak se najveći dio njih odnosi na kontrolu prijenosa topline i vlage. Važnost ovojnice zgrade, odnosno nedostaci u njenom oblikovanju i odabiru materijala, vidljivi su već i samo vizualnim pregledom zgrade (slika 8.).

Ovisno o vrsti prijenosa topline i vlage, ovise i mogući načini kontrole. Ako se radi o prijenosu topline provođenjem, cilj je povećati toplinski otpor (R) ovojnice, što se postiže upotrebom slabo provodljivih materijala (materijali niskih λ vrijednosti), ispravnim odabirom i ugradnjom toplinske izolacije te izbjegavanjem toplinskih mostova. Prilikom prijenosa topline konvekcijom većinu gubitaka moguće je umanjiti smanjenjem protoka zraka i ograničavanjem gibanja zraka, što se postiže smanjenjem zračnih šupljina među elementima, dodavanjem umetaka za blokiranje konvekcije te ugradnjom materijala za zračne barijere. Kod prijenosa topline zračenjem važno je smanjiti izloženost ovojnice Sunčevom zračenju te smanjiti transmisiju toga zračenja. Pritom je važan pažljiv odabir lokacije i tlocrta zgrade, pažljiv odabir sustava ostakljenja i upravljanja kao i upotreba barijera Sunčeva zračenja.



Slika 9. Suvremeni sustavi oblikovanja ovojnice - robna kuća Selfridge, Birmingham; stambena grada u Marthashof-u, Berlin; stambeni kompleks Porta nouva, Milano; poslovni toranj GSW, Berlin

Prijenos vlage u ovojnici i kroz nju odvija se od veće prema nižoj temperaturi potaknut stupnjem topline i/ili vlažnosti, a također može biti i nošen zrakom, tj. potaknut propuštanjem zraka u ovojnici ili kroz nju. Neželjena vlaga povećava prikriveno opterećenje grijanja/hlađenja, uzrokuje propadanje ovojnice zgrade kao i stvaranje pogodnih uvjeta za razvoj plijesni. Kako bi se spriječile neželjene posljedice prijenosa vlage, poput kemijskog propadanja i korozije, propadanja zbog zamrzavanja i topljenja, plijesni, mrlja i oštećenja završnih slojeva, potrebno je osigurati da vlažni zrak ne dolazi u doticaj i da se kondenzira na hladnim elementima unutar ovojnice.

Dakle, toplinska ugodnost unutar zgrade uvjetovana je temperaturom i količinom kretanja zraka, vlažnošću te temperaturom unutrašnje površine ovojnice. Ispravnim načinom oblikovanja ovojnice, tj. izbjegavanjem prevelikih ostakljenih površina, pažljivom orijentacijom i zaštitom od Sunčeva zračenja, te prikladnom toplinskom izolacijom, smanjit će se pretjerani zahtjevi u postizanju željenih uvjeta.

5. Ishodište suvremenih sustava oblikovanja ovojnice

Sa zahtjevima koji su prihvaćeni usvajanjem principa održivosti i energetske učinkovitosti u zgradarstvu bilo je jasno da treba promijeniti percepciju ovojnice zgrade budući da su već koncem prošlog stoljeća stvoreni preduvjeti za promjenom sustava oblikovanja ovojnice (slika 9.) zahvaljujući unapređenju svojstava građevnih materijala i inovativnim tehničkim rješenjima.

Prošireno poimanje zahtjeva koje zgrada mora ispuniti podrazumijeva da oni nisu statični i fiksni, već dinamični (promjenjivi i prolazni), što je za posljedicu imalo preispitivanje tradicionalne uloge ovojnice zgrade isključivo kao razdjelnice između unutarnjeg i vanjskog prostora.

Razvojni tijek ovojnice, kao središta oblikovanja i inovativnosti u dvadesetom stoljeću, tekao je istovremeno s napretkom u domeni inženjerstva i građevinarstva, kao i razvojem računarstva, kibernetike i umjetne inteligencije [9]. Ovojnice se sve češće projektiraju kao složeni sustavi različitih sklopova koji su usklađeni na način da osiguraju optimalne učinke u pogledu klime i potrošnje energije. Sve češće one su opremljene novim učinkovitijim materijalima, sensorima, vlastitim pogonima i

računalima koja podržavaju automatsku kontrolu osvjetljenja, protoka zraka i emisije zvuka, toplinske gubitke i kvalitetu zraka u unutrašnjosti zgrade.

Ta nova oprema pomaže, a ponegdje i zamjenjuje tradicionalne graditeljske sklopove ovojnice. Također, budući da je ovojnica uglavnom izravno izložena utjecajima sunca i vjetera, ona predstavlja najučinkovitije mjesto istraživanja i inovacija u štednji energije i alternativnoj proizvodnji energije. Njezine nove postavke redefinirane su na način da je ona sada dio cjelovitog "organizma" zgrade s kojim je nerazdvojno vezana.

Osim primjene suvremenih tehnoloških dostignuća, veliki potencijal za razvoj pametnih i inteligentnih ovojnica, predstavljaju "pametni" materijali koji svojim fizičkim karakteristikama omogućavaju razmjenu ili generiranje energije te doprinose stvaranju poželjnih životnih uvjeta u zgradi. Primjere korištenja pametnih materijala nalazimo već široko u primjeni, poput aerogela, mikro-inkapsuliranog voska, hidrata soli, filmova termokromičnih polimera, termobimetala i sl. Zanimljiva je i primjena određenih bioloških sustava koji koriste specifične mogućnosti pojedinih biljnih vrsta u proizvodnji energije te na taj način višestruko doprinose energetski učinkovitoj arhitekturi. Na primjer proćelja s biomasom mogu se koristiti kao dinamički sustav za zamračivanje i osvjetljenje, proizvoditi termalnu energiju iz solarne energije, te visokokvalitetnu biomasu.

Kinetičke ili prilagodljive ovojnice osim upotrebe računalne tehnologije i senzora također mogu koristiti fizička svojstva pametnih materijala, poput bimetalnih koji uslijed izloženosti izvoru topline mijenjaju svoj oblik što uzrokuje povećanje ili smanjenje otvora na ovojnicama te na taj način kontroliraju razinu osvjetljenosti. Ovojnice sve više sudjeluju u korištenju solarne energije, tj. u procesu proizvodnje električne energije. Uobičajeno je korištenjem fotonaponskih ćelija, no sve više se istražuje mogućnost iskorištenja energije vjetera. Primijenjene vjetroturbine postaju dio infrastrukture same zgrade koja se svojim dizajnom i konstrukcijom prilagođava instalaciji vjetroturbina i njihovoj maksimalnoj učinkovitosti, pri čemu se zgrade oblikuju kao difuzori za vjetroturbine ili se one postavljaju na krov. Osim navedenog sve više se istražuje i mogućnost integriranja malih modula vjetroturbina u cijelu površinu ovojnice zgrade, što širi područje primjene dosad ograničeno na krov i rubove zgrade.

Bitno je napomenuti kako je optimalan učinak primjene pametnih materijala i ostalih sustava ovojnice često usko vezan uz specifične klimatske uvjete lokacije.

Ovakvo promišljanje o ovojnicama zgrade iz temelja je promijenilo način na koji arhitekti pristupaju oblikovanju zgrade i načas udaljilo iz prvog plana tradicionalna pitanja oblikovanja ili pitanja koja se tiču fizičkih svojstava ovojnice, a novi diskurs nađen je unutar mnogo širega poimanja uloge i karakteristika ovojnice. Ovi novi parametri rezultirali su povećanom suradnjom arhitekata sa stručnjacima ne samo iz područja tehničkih znanosti (strojarstva, elektrotehnike, računarstva) već i iz područja prirodnih i društvenih znanosti.

6. Zaključak

Promatrajući povijest graditeljstva čovjek je oduvijek imao na raspolagju dva resursa – fizičku barijeru i upotrebu energije – kako bi kontrolirao prirodni okoliš i stvarao sebi poželjne uvjete za život. Upravo ta fizička barijera, tj. ovojnica zgrade, služi kao filter koji poželjne utjecaje iz okoliša propušta u unutrašnjost, a nepoželjne mijenja ili potpuno odbija. Pritom ovojnica štiti ostale sustave zgrade (nosivu konstrukciju, instalacije, interijer, itd.) te u suradnji s njima omogućuje sigurno i ugodno okruženje za korisnike zgrade. Upotreba energije ponekad je nužna, ali

treba istaknuti da je kontrola pomoću fizičkih karakteristika ovojnice mnogo jeftinija, pouzdanija i učinkovitija. Ako je ovojnica loše projektirana ili izvedena, te ne sudjeluje u svojoj ulozi kontrole, ponekad je nedostatak nemoguće nadoknaditi upotrebom energije. Također, ovojnica objedinjuje dvije, često oprečne značajke zgrade – estetske i funkcionalne odnosno fizičke. U procjeni cjelokupnog ponašanja zgrade, s naglaskom na toplinsku, svjetlosnu i zvučnu zaštitu, ovojnica predstavlja kritični sustav, a ujedno je i glavna odrednica vanjske estetske kvalitete zgrade – važne vlasnicima, arhitektima, ali i javnosti.

S razvojem društva mijenjaju se i funkcionalni zahtjevi koje ovojnica mora zadovoljiti. Osim same funkcije zaštite od elementarnih nepogoda i fizičke zaštite korisnika, danas razlikujemo znatno veći broj zahtjeva. Prošireno poimanje zahtjeva koje zgrada mora ispuniti podrazumijeva da oni nisu statični i fiksni, već dinamični (promjenjivi i prolazni), što za posljedicu ima preispitivanje tradicionalne uloge ovojnice zgrade isključivo kao razdjelnice između unutarnjeg i vanjskog prostora. Imajući na umu složenu problematiku ovojnice zgrade, te sve faktore koje je potrebno uzeti u obzir prilikom projektiranja, cilj je suvremene gradnje pristupiti pitanju ovojnice multidisciplinarno i integralno kako bi se potencijalni problemi izbjegli, a ljudske potrebe kvalitetno zadovoljile uz što manje financijske troškove i negativne utjecaje na vanjski okoliš.

LITERATURA

- [1] Energija u Hrvatskoj 2013, Godišnji energetske pregled, Republika Hrvatska, Ministarstvo gospodarstva, 2013.
- [2] Hrs Borković, Ž., Zidar, M., Petrić, H., Perović, M., Prebeg, F., Jurić, Ž.: Energetska učinkovitost u zgradarstvu, Energetski institut Hrvoje Požar, HEP Toplinarstvo d.o.o. Zagreb, Zagreb 2007.
- [3] Moschandreas, D.J.: Exposure to pollutants and daily time budgets of people, Bull NY Acad Med, 57:845-59, 1981.
- [4] Poizaris, H.: Double skin Facades for Office Buildings, Lund, Lund University, Lund Institute of Technology Department of Construction and Architecture, 2004., www.ebd.lth.se
- [5] AJ Handbook of Building Enclosure, (ur. Vandenberg, M., Elder, A.J.), The Architectural Press, London, 1974.
- [6] Scittich, C.: Building skins, Munich, Birkhauser Verlag AG, 2006.
- [7] Stephens, B.: Building Enclosure Design, Civil, Architectural and Environmental Engineering, Illinois Institute of Technology, 2013., www.built-envi.com
- [8] Arnold, C.: Building Envelope Design Guide – Introduction, WBDG, National Institute of Building Sciences, 2009.
- [9] Trubiano, F.: Design and construction of high performance homes: building envelopes, renewable energies, integrated practice, Routledge, New York, 2013.