

PRIRODNO OSVJETLJENJE U ZGRADARSTVU

Svjetlost je elementarni sastavni dio čovjekova stambenog i radnog okruženja. Osim vizualnoga ugođaja snažno utječe i na osjećaj općeg zadovoljstva ili nezadovoljstva boravljenjem u određenom prostoru. Slaba ili neodgovarajuća osvjetljenost utječe na čovjekovo raspoloženje i pogodnost obavljanja radova.



Igra svjetlosti i sjene u unutrašnjosti prostora

Čovjekovo je oko sposobno učinkovito se prilagođavati distribuciji svjetlosnoga spektra i količini raspoložive prirodne svjetlosti. Njezine neprestane varijacije djeluju stimulativno na vidne procese te sprječavaju brz nastup osjećaja monotonosti i umornosti, do čega često dolazi pri umjetnoj rasvjeti. Značenje dostatne i odgovarajuće prirodne svjetlosti za čovjeka pokazuje se biološkim, fiziološkim i psihološkim učincima.

U poglavlju Svjetlost i osvjetljenje knjige *Sick Building Syndrome* (E&FN Spon, 1997.) Hana Drahnovska navodi tri vrste simptoma zdravstveno nepovoljne zgrade koji se mogu povezati s osvjetljenjem i vizualnim radom: neugodnost, tj. nadražnost u očima, astenopija, tj. preopterećenost očiju i opći nevizualni simptomi kao psihičke tegobe, imunološka i hormonska neuravno-

teženost i slično. Upravo su opći simptomi u najvećoj mjeri posljedica pomanjkanja prirodne svjetlosti.

Osiguravanje dostatnoga i odgovarajućega prirodnog osvjetljenja i neposrednoga osunčanja povezanog s dnevnom svjetlosti jedan je od najvažnijih elemenata planiranja izgrađe-

načno zaokružuje određenu graditeljsku cjelinu i ističe je posebnošću. Odluka graditeljskoga projekta iskazuje se i učinkovitim sustavom prirodnog i umjetnog osvjetljenja prostora.

Čovjekov radni i životni ritam prilagođen je promjenama dnevne svjetlosti, izmjeni dnevnih i noćnih ciklusa. Temeljne biološke potrebe diktiraju vizualni doticaj s vanjskim okruženjem i dinamičkim procesima koji se u njemu odvijaju. Umjetno je osvjetljenje prostora potrebno kao dopuna ili nadomjestak prirodne svjetlosti kada ona nije dovoljna. Osvjetljenje prostora može se u okviru zadanih uvjeta i činjeničnoga stanja na određenoj lokaciji uravnotežiti tehničkim sredstvima. Naravno, način uravnoteživanja prirodne svjetlosti u nekim se bitnim elementima razlikuje od načina uravnoteživanja umjetne svjetlosti.

Na vremenske varijacije dnevne svjetlosti ne može se utjecati, pa se odgo-

noga okruženja. Svjetlost je sa svojim varijacijama često element koji ko-



Dobro osvijetljen prostor dnevnog boravka

varajućim projektiranjem svjetlosnih otvora i sustava zasjenjenja optimizira prirodna osvjetljenost prostora. Bitno je lakše, ne nužno i jednostavnije, pravilnim izborom, rasporedom i svjetlosno tehničkim karakteristikama svjetlećih tijela uravnotežiti razinu umjetne osvjetljenosti prostora ili pojedinih radnih mjesta u prostoru.



Zgrade s umjetnom rasvjetom

Snažna osvjetljenost nije nužno sama po sebi i dobra osvjetljenost. Dobro vidno opažanje ovisi o količini i kvaliteti, tj. vrsti svjetlosti. Uobičajeno je prirodna svjetlost ugodnija za oko. Zbog toga se izborom umjetnih izvora svjetlosti pokušava što bolje približiti spektru i karakteristikama prirodne svjetlosti. Poznata je i pojava da je čovjek tolerantniji na nizak stupanj prirodne osvjetljenosti nego na jednako nizak stupanj umjetne osvjetljenosti. Slaba se prirodna osvjetljenost doživljava kao još jedna razina osvjetljenosti, dok se slaba umjetna svjetlost doživljava kao nedostatna osvjetljenost.

Osim dovoljnih prosječnih vrijednosti svjetlosnih parametara prostora iznimno je važna njihova jednolikost, iako nije apsolutna. U slučaju

velikih nejednolikosti osvjetljenosti pojedinih dijelova prostora ili, što često i više smeta, jake varijacije osvjetljenosti pojedinih površina (na primjer osvjetljenost radne površine, osvjetljenost zaslona računala, osvjetljenost kroz prozor danju ili noću) može doći do produljenja vremena adaptacije očiju na različite svjetlosne ambijente. Prevelika

jednolikost svjetlosnih parametara može uzrokovati monotonost koja loše i nestimulativno utječe na osjećaj i doživljaj prostora.



Raspored svjetlosnih otvora na plaštu zgrade

Uvijek je potrebno osigurati mogućnost prilagođavanja svjetlosnoga toka u prostor. Pri dnevnoj svjetlosti pod tim se podrazumijevaju sjenila, difuzori, promjenjive optičke karakteristike ostakljenja i slično, pri umjetnoj rasvjeti mogućnost prilagođavanja snage, temperature, boje, smjera ili lokacije. S jedne se strane time omogućava subjektivno prilagođavanje svjetlosnih odnosa, s druge strane upravo mogućnost individualnoga upravljanja ili nadzora neposredno i pozitivno utječe na korisnikov osjećaj u prostoru.

Prirodna svjetlost i kriteriji

Odgovarajuća je osvjetljenost kompleksan pojam koji uključuje količinske i kvalitativne objektivne i subjektivne komponente. Kvalitetna je osvjetljenost prostora sinteza poznavanja osnovnih pravila izbora i raspoređenosti svjetlosnih otvora, svjetlosnih tijela za umjetno osvjetljenje, kreativnost oblikovanja prostora i unutrašnje opreme te inovativnosti.

Kvalitetno projektiranje rasvjete prostora obuhvaća pravilan izbor vrste, izvora i količine svjetlosti s obzirom na vizualne potrebe, tj. zahtjeve u određenom prostoru. Projektant mora izborom i rasporedom sustava umjetne rasvjete prostora postići dostatan stupanj osvjetljenosti,

zadovoljavajuću jednolikost opće osvjetljenosti prostora (odnos između najmanje i prosječne osvjetljenosti) i prema potrebi osigurati dodatno osvjetljenje specifičnih radnih mjesta.

Umjetna bi se osvjetljenost morala po količini i kvaliteti (boja, tj. temperatura svjetlosti) što više približiti prirodnoj osvjetljenosti, osim u posve specifičnim slučajevima kada pojedine radnje zahtijevaju posebnu boju svjetlosti. Pritom treba poštovati određenu tehničku regulativu i preporuke struke za osvjetljenost radnoga mjesta s obzirom na zahtjeve konkretnoga radnog procesa i potrebe korisnika.

Raspoređenošću svjetlosnih otvora u plaštu zgrade te izborom odgovarajućih sustava ostakljenja želi se postići dostatan stupanj osvjetljenosti, zadovoljavajuća jednolikost opće osvjetljenosti prostora i prema potrebi osigurati dodatno osvjetljenje pojedinih radnih mjesta.

Spriječiti treba neposredno bliještanje i pretjerano odbijanje svjetlosti u vidnome polju koja bi mogla uzrokovati bliještanje. Slično vrijedi i za sustave umjetne rasvjete prostora koji bi, osim navedenoga, morali biti projektirani tako da su jednostavni za uporabu i održavanje, što znatno utječe na smanjivanje troškova rada.

Osiguravanje dovoljne i odgovarajuće prirodne osvjetljenosti i neposrednoga osunčanja stambenih i radnih prostora jedan je od najvažnijih elemenata projektiranja zgrada, što je vrlo kompleksan postupak jer zahtijeva spajanje znanja s mnogih područja. Pri donošenju odluka o oblicima, dimenzijama, rasporedu, orijentaciji te optičkim karakteristikama svjetlosnih otvora potrebno je, osim namjene prostora i individualnih zahtjeva korisnika, često u obzir uzimati i druge elemente (na primjer urbanističke kriterije s obzirom na izgrađenost i ekonomično iskorištavanje zemljišta, zahtjeve očuvanja

kulturne baštine, vedute pri pogledu kroz prozore, privatnost prostora i slično).

Kriteriji za ocjenu prirodnoga osvjetljenja uobičajeno sadrže tri osnovna elementa: količinski, vremenski i kvalitativni.

Količinskim se kriterijem opisuje intenzivnost prirodne svjetlosti, tj. osvjetljenost prostora. Kako količina prirodne svjetlosti u prostoru varira s obzirom na vanjske odnose, za opis svjetlosnih karakteristika određene točke u prostoru upotrebljava se bezdimenzijski parametar KDS – količnik dnevne svjetlosti.

KDS je u postocima izražen odnos između trenutačne osvjetljenosti odabrane točke u prostoru i vanjske osvjetljenosti. Promjenom vanjske osvjetljenosti proporcionalno se mijenja i osvjetljenost promatrane točke prostora. KDS ima za svaku točku u prostoru određenu stalnu vrijednost. Tako se s poznatom ili pretpostavljenom vanjskom osvjetljenosti može izračunati trenutačna osvjetljenost određene točke u prostoru. Posebna je prednost KDSa da je to količina koja je neovisna o vanjskim svjetlosnim odnosima i ovisi samo o tlocrtu i karakteristikama prostora te svjetlosnim otvorima. Zbog toga je smislenije odrediti kriterije za prirodnu osvjetljenost prostora pomoću KDS-a, nego s neposrednim vrijednostima u luksima kao što to sada vrijedi za projektiranje umjetne osvjetljenosti prostora.

KDS za određenu točku sastavljen je od triju osnovnih komponentata: udjela vidljivoga dijela neba, udjela vanjskih refleksija i udjela unutarnjih refleksija. Udio vanjskih refleksija najčešće je malen u usporedbi s drugim dvama komponentama, stoga se određuje s manje preciznim postupcima. Za opis stvarnih odnosa mogu se upotrijebiti korekcijski, tj. redukcijski faktori s kojima se u obzir uzima utjecaj neprozirnih elemenata prozora (prečke, okviri), prlja-

vost prozorskih stakala, utjecaj unutarnje opreme i sl. Važan je korekcijski faktor pri uporabi naprednih tehnologija izvedbe stakla i sustava ostakljivanja i stvarna propusnost svjetlosti kroz prozorski otvor.

Vremenski kriteriji za područje stambenih i poslovnih zgrada uobičajeno nisu određeni. Posredno je raspoloživo trajanje prirodne svjetlosti, tj. njezina dnevna i sezonska varijacija uzeta u obzir pri projektiranju sustava umjetnoga osvjetljenja, posebno u slučaju kontrolnih sustava koji se temelje na raspoznavanju raspoložive dnevne svjetlosti. U određenim je slučajevima, na primjer kod muzeja, galerija i sl., dobro da projektanti uz uporabu suvremenih programskih oruđa u obzir uzmu i kriterije te vrste.

Kvaliteta prirodne svjetlosti u prostoru ima jaku subjektivnu komponentu. Ovisi o kemijsko – fizikalnim karakteristikama sustava ostakljenja, tj. o njegovoj propusnosti spektra. To je područje intenzivnih razvojnih i istraživačkih radova koji uključuju i analizu utjecaja različitih tipova ostakljenja (njihovih svjetlosnih karakteristika) na ljude, vegetaciju i opremu u prostorima. U Kanadi je tvrtka *Canada Mortgage and Housing Corporation* prije nekoliko godina provela istraživanje kako niskoemisijsko ostakljenje prozora utječe na hipersenzibilne osobe koje inače nemaju problema pri uobičajenom ostakljenju. Izvještaj *Efficient Windows, Lighting & Human Health* iz 1996. navodi da je većina tih osoba izrazila nezadovoljstvo s ostakljenjem te vrste i opisala neugodan osjećaj pri pogledu kroz prozor, posebno za oblačna vremena. Vjerojatno bi bilo zanimljivo napraviti opsežniju usporednu studiju za utvrđivanje prihvatljivosti određenog tipa ostakljenja za osobe sa specifičnim potrebama ili bolestima, tj. određenim tipovima zgrada uzimajući u obzir moguće elemente sindroma *bolesne* zgrade. Pritom treba istaknuti da navedena istraživanja ne vrijede za doživljaj

svjetlosnih učinaka niskoemisijskoga ostakljenja kod normalno osjetljivih osoba.

Svjetlost i kvaliteta stambene okoline

Stupanj prirodne osvjetljenosti (i osunčanosti) prostora zgrade pri određenom tipu svjetlosnih otvora ovisi o vanjskim (prirodne i umjetne geometrijske prepreke – topografija, boja i struktura površina u okolici) i unutarnjim čimbenicima (orijentacija, veličine i raspored prostora, položaj svjetlosnih otvora, boja i struktura unutarnjih površina, unutarnje prepreke).

Potrebna osvjetljenost prostora, između ostaloga, ovisi o namijeni prostora i njegovih radnih površina, tre-

nutačnom raspoloženju, vrsti poslova koji se u njemu obavljaju i načinu ulaza prirodne svjetlosti u prostor. Najizrazitija i često najteže savladiva karakteristika prirodne svjetlosti jest njezina dnevna i godišnja slučajna dinamika. Položaj sunca na nebu, oblačnost i vremenske prilike stalno se mijenjaju te time neposredno utječu na prirodnu osvjetljenost prostora. Ako se u obzir uzmu i individualni zahtjevi, subjektivan doživljaj svjetlosti korisnika i uzorak uporabe prostora, razumljivo je da pri projektiranju prirodne osvjetljenosti prostora ne postoji univerzalno rješenje.

Bitni su parametri, koji osiguravaju odgovarajuću prirodnu osvjetljenost unutarnjih prostora, dostatna osvjet-

ljenost radne površine i ograničavanje prekomjernoga blještanja. Potrebno je uskladiti stupanj raspoložive osvjetljenosti ravnine radnih ploha, položaj radnih mjesta u prostoru, KDS i trajanje poslova na tim mjestima.

Osim veličine (površine) i rasporeda položaj svjetlosnih otvora bitno utječu na osvjetljenost prostora. Radi se o kombinaciji svjetlosnih otvora na različitim plohama prostora i položaju svjetlosnih otvora na pojedinim plohama. Vrijednost osvjetljenosti mijenja se ovisno o rasporedu i položaju svjetlosnih otvora. Tako inače jednaka površina svjetlosnih otvora može dati različite rezultate. Potrebno je izabrati najpovoljnije rješenje s obzirom na zahtijevanu razinu vizualnoga ugođaja.

Općenito se osvjetljenost određene točke u prostoru povisuje ako raste ulazni kut svjetlosti. Tako je osvjetljenost radnoga mjesta nešto veća pri osvjetljenju neposredno odozgo (vertikalni ulaz svjetlosti) nego pri osvjetljenju sa strane (kosi ili horizontalni ulaz svjetlosti). To znači da je za jednak stupanj osvjetljenosti u slučaju krovnog nadsvijetla potrebna manja veličina svjetlosnoga otvora nego u slučaju prozora na vertikalnom zidu prostora.

Svaku je kombinaciju svjetlosnih otvora potrebno posebno provjeriti s obzirom na zahtjeve korisnika, ili rada u prostoru, ili njegovim pojedinim dijelovima. Nekritično dodavanje svjetlosnih otvora ili povećavanje njihove površine može lokalno poboljšati osvjetljenost, tj. povisiti KDS, ali ujedno može negativno utjecati na opće svjetlosne odnose u prostoru. I visoka prosječna vrijednost KDS-a može u određenim slučajevima nastupiti istodobno s vrlo niskom jednolikom osvjetljenosti. Često se ugodniji svjetlosni odnosi postižu, na primjer, s dva manja svjetlosna otvora na istome zidu nego s jednim većim.



Osvjetljenost restorana nadsvijetlom

Izbor optimalnoga oblika i veličine te optičkih karakteristika svjetlosnoga otvora ovisi o puno čimbenika. Projektanti najčešće u obzir ne uzimaju sve posebnosti i karakteristike mikrolokacije zgrade i njezinih pojedinih prostora. Rezultat je neodgovarajuća razina osvijetljenosti i osunčanosti i s tim povezan slabiji osjećaj u prostoru. Općenito se može reći da oblik prozora ovisi o obliku i veličini prirodnih i umjetnih prepreka u okolini i obliku i veličini samoga prostora. Prozor bi trebao biti viši pri visokim vanjskim preprekama i dubljim prostorima. Visoki prozor omogućuje uključivanje većega dijela vidljivog dijela neba, što je jedan od najvažnijih faktora koji utječu na količnik dnevne svjetlosti u prostoru. Široki prozor osigurava bolju osvijetljenost širokih prostora.

Suvremeni sustavi ostakljenja nude projektantu široke mogućnosti izbora s obzirom na zamisao, potrebe i zahtjeve u vezi s konkretnim projektantskim zadatkom. Potrebno je uskladiti zahtjeve s obzirom na toplinsku prohodnost svjetlosnih otvora, tj. toplinsku zaštitu prostora, zaštitu od neposrednoga sunčeva zračenja i pregrijavanja, zvučnu i psihofizičku zaštitu te dovoljno prirodne osvijetljenosti.

Osvijetljenost i osunčanost

Osvijetljenost i osunčanost prostora i po idealnom sunčanom danu nužno ne nastupa zajedno odnosno istodobno. Određen svjetlosni otvor (i time prostor iza njega) može biti popuno u sjeni cijeli dan zbog orijentacije i položaja te vanjskih čimbenika. Kada oni (susjedne zgrade ili konfiguracija terena) prevladaju, projektant ne može učiniti mnogo za osiguravanje neposrednog osunčavanja prostora. To ne znači da nije moguće postignuti dostatnu osvijetljenost s obzirom na namjenu prostora ili radnih mjesta u njemu.

U toplijim je područjima glavna zadaća projektanta zaštita od neposred-



Dodatna osvijetljenost nadsvijetlom

noga osunčanja zbog opasnosti od pregrijavanja prostora. U hladnijim

je podnebljima neposredno osunčanje prostora do neke mjere i poželj-



Kontrolirani upad sunčeva zračenja sjenilima na prozorima

no zbog mogućnosti pasivne upotrebe toplinskoga dijela sunčeva zračenja i zbog dodatnoga osvjetljivanja prostora. Osunčanost prostora važna je i zbog zdravstvenih, higijenskih i fizioloških čimbenika. Kontrolirano neposredno osunčanje djeluje stimulativno na čovjeka, stoga je posebno preporučljivo u školama, vrtićima i bolnicama. Iz navedenoga razloga postoje različiti zahtjevi o minimalnoj dnevnoj osunčanosti stambenih prostora. Uobičajeno su izražene u satima neposrednoga osunčanja u određenim danima godine.

Pri projektiranju neposredne osunčanosti potrebno je dovoljno stručnoga znanja i brižljivo odmjeravanje mogućih rješenja. Istodobnim projektiranjem kontroliranih sustava u obliku fiksnih ili još bolje pokretnih zasjenjenja izbjegava se opasnost od pregrijavanja prostora ljeti. Zanemarivanje mogućnosti kontrole ulaznoga sunčeva zračenja uzrokuje probleme s bliještanjem i slabi vizualnu udobnost prostora. Za određene poslove koji zahtijevaju jednoliku difuznu rasvjetu neposredno osunčavanje uopće nije dobro.

Za vidni doživljaj okoline vrlo je važna i njezina osunčanost i osunčanost svjetlosnih otvora što ovisi o orijentaciji. Veća je potencijalna osunčanost u slučaju istočne i zapadne orijentacije, najmanja je osunčanost u slučaju južne orijentacije kad je sunce najviše na nebu. Pogled u smjeru istoka i zapada nudi veću dinamiku izmjene svjetlosti i sjena na terenu i susjednim građevinama, što pozitivno utječe na osjećaj, iako zapadna orijentacija zahtijeva brižno projektiranje sjenila.

Prirodna svjetlost i energijska učinkovitost

Osnovni je cilj projektiranja osvjetljenosti prostora povezan sa stvaranjem vizualne ugodnosti stanovanja i radnoga okruženja. Prirodna osvjetljenost prostora može biti učinkovit element gospodarske uporabe

energije. Možda je to manje izraženo kod stambenih, obiteljskih kuća, ali važnu ulogu ima pri smanjivanju troškova električne energije u slučaju poslovnih zgrada, škola ili bolnica.



Učinkovita sjenila na prozorima

Količine upotrijebljene električne energije koje obuhvaćaju, na primjer, pokretanje uređaja za hlađenje ili grijanje prostora, električnu opremu i umjetno osvjetljenje, učinkovito se smanjuju u slučaju prirodnoga osvjetljavanja prostora. Smanjuje se upotreba struje za umjetno osvjetljenje, snižavaju potrebe za umjetnim hlađenjem prostora i u slučaju južne orijentacije u hladnom razdoblju smanjuje se potreba za energijom za grijanje.

Osunčanost prostora u zgradi u neposrednoj je vezi i s učinkovitošću upotrebom energije za grijanje i toplinskim dobitcima od sunčeva zračenja u prostor. Pasivnim solarnim oblikovanjem zgrada želi se optimizacijom pritoka toplinskoga dijela sunčeva zračenja u zgradu u hladnom razdoblju smanjiti upotreba neobnovljivih izvora energije za grijanje.

Količina dobitaka od sunčeve energije kroz prozor ovisi o materijalu

od kojega je prozor napravljen, o njegovoj površini, ulaznom kutu sunčanih zraka i raspoloživoj količini energije zračenja. Količina energije zračenja mijenja se ovisno o

geografskoj lokaciji, orijentaciji, topografiji i osunčanosti. Raspoloživost dobitaka sunčeve energije pri južnoj se orijentaciji poklapa s potrebom za grijanjem zgrade jer tako orijentirane površine primaju veću količinu sunčeva zračenja zimi i manju ljeti. Sunčani dobitci kroz zapadno i jugozapadno ostakljenje praktički su kroz cijelu godinu jednaki, jedino orijentacija na zapad ljeti uzrokuje veće probleme zbog pregrijavanja stambenih prostora. Pregrijavanje može biti posljedica i nagnutoga ostakljenja bez učinkovitih sustava sjenila.

Posebna je pozornost potrebna u slučaju zahtjeva i želja za što boljim toplinskim i energijskim karakteristikama zgrade. Minimalna površina ostakljenja za područje stambenih zgrada propisana je *Pravilnikom o tehničkim kriterijima za gradnju*, iako to ne znači da površina ne može biti veća, posebno ako se na taj

način osigura viši stupanj ugodnosti u prostoru. U energijskom smislu to može biti negativno (toplinska bilanca prozora različita je u svakom konkretnom primjeru), iako kvaliteta stambene ugodnosti ima više slojeva, ne samo energijski.

Temeljito ocjenjivanje zahtjeva i uporaba različitih zaštitnih stakala, posebno folija namijenjenih za zaštitu od pregrijavanja. U ovisnosti o

tipu elementa bitno se smanjuje propusnost cijeloga sustava za sunčanu energiju i time smanjuje opasnost od pregrijavanja prostora iako je u mnogim slučajevima smanjena i propusnost za vidljivi dio sunčeva zračenja. To bitno utječe na plohu osvijetljenosti prostora i subjektivan doživljaj unutarnjega prostora, u oblačnim razdobljima povećava potrebe za umjetnom rasvjetom.

Svakako je prirodna osvijetljenost zgrada – i s time povezan izbor odgovarajućeg tipa ostakljenja – vrlo važna te zaslužuje i treba mu obratiti pozornost kao i drugim aspektima suvremenoga, kvalitetnoga projektiranja zgrada.

Mr. sc. Miha Tomšič, dipl. ing. građ.

Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.

Ljubljana, Slovenija