AIDA HUSETIĆ

ELEMENTI VISOKOGRADNJE 2

TEHNIČKI FAKULTET BIHAĆ

BIHAĆ, 2026

Aida HUSETIĆ

ELEMENTI VISOKOGRADNJE 2

Prvo digitalno izdanje

Recezenti

prof. dr. Sanin DŽIDIĆ

prof. dr. Jasenka ČAKARIĆ

Izdavač
Univerzitet u Bihaću, TEHNIČKI FAKULTET BIHAĆ

Za izdavača:
prof. dr. Atif Hodžić

Naslovna strana
Edin HUSETIĆ

ISBN 978-9926-508-29-6

CIP zapis dostupan u COBISS sistemu Nacionalne i
univerzitetske biblioteke BiH pod
ID brojem 70001414

Univerzitet u Bihaću
Tehnički fakultet

Aida HUSETIĆ

ELEMENTI VISOKOGRADNJE 2

Bihać, juni, 2026.

Predgovor

Knjiga *Elementi visokogradnje 2*, u najvećem dijelu, obrađuje završne radove u građevinarstvu i nastavak je na prvi dio istoimene knjige u kojem su obrađeni elementi nosive strukture zgrade.
Prvo poglavlje, direktno se nastavlja na materiju prethodne knjige i posvećeno je krovopokrivačkim radovima. Obuhvata sistematski pregled karakteristika i zahtjeva pokrovnih materijala, od tradicionalnih do suvremenih, i daje specifične građevinske detalje koji su od velike važnosti za funkciju objekta visokogradnje.
Drugo poglavlje posvećeno je fasadama objekata i njihovoj ulozi, kako u građevinskom smislu, u pogledu složenosti fasaderskih radova, tako i u arhitektonskom smislu, kada je riječ o estetskim, oblikovnim i aspektima ugodnosti boravka u enterijeru.
Opisane su vrste fasada, od klasičnih termofasada, do suvremenih fasadnih sistema baziranih na modernim tehnološkim rješenjima.
Kao elementi čija je uloga u enterijeru, možda i najvažnija, podne i stropne konstrukcije opisane su u trećem poglavlju.

Poglavlje 4. bavi se elementima omotača zgrade čija je uloga najvažnija u prirodnom osvjetljenju unutarnjih prostora – prozorima, te elementima koji funkcionalno odvajaju prostore unutar zgrade – vratima.
Uloga prozora i vrata, njihove vrste i karakteristike montaže detaljno su opisane kroz niz primjera.

Sljedeće poglavlje bavi se instalacijama u objektima visokogradnje i ima za cilj objasniti funcionalne, prostorne i konstruktivne zahtjeve koje ovi sistemi postavljaju pred inženjere građevine i arhitekture. Radi se o neodvojivim dijelovima "organizma" zgrade, koji kao skup

uređaja, kablovskih ili cijevnih vodova, omogućuju potrebne higijenske, sanitarne i uvjete ugodnosti boravka u prostoru.
Ovdje se pažnja posvetila instalacijama vodovoda, kanalizacije i grijanja, pa je kratak osvrt dat na uslove koji se u toku izgradnje i eksploatacije objekta i elemenata instalacija moraju uzeti u obzir prilikom projektovanja objekta.

Pojam fizika zgrade ili građevinska fizika, kao uvod u posljednje poglavlje knjige, tema je poglavlja 6.
Cilj ovog dijela je dati analizu fizikalnih svojstava građevinskih elemenata i građevine u cjelini, s posebnim osvrtom na toplinske tokove, kretanje vodene pare i akustička svojstva materijala i prostora zgrade.

Poglavlje 7. bavi se temom energetske efikasnosti u objektima visokogradnje i opisuje sve mjere koje se u objektu poduzimaju da bi on trošio manje energije za grijanje, hlađenje, pripremu tople vode, rasvjetu itd. Ove mjere nazivaju se mjere povećanja energetske efikasnosti objekta i podrazumijevaju sve faze izgradnje objekta, od projektovanja, preko građevinskih i zanatskih radova, do mjera koje se poduzimaju tokom eksploatacije objekta.

Ovime se zaokružuje tema elemenata objekata visokogradnje, prvenstveno za studente građevinskog odsjeka Tehničkog fakulteta u Bihaću, ali i za studente drugih građevinskih fakulteta i inženjere u praksi.

Knjiga je posvećena generacijama mojih studenata.

Autorica

1. KROVOPOKRIVAČKI RADOVI

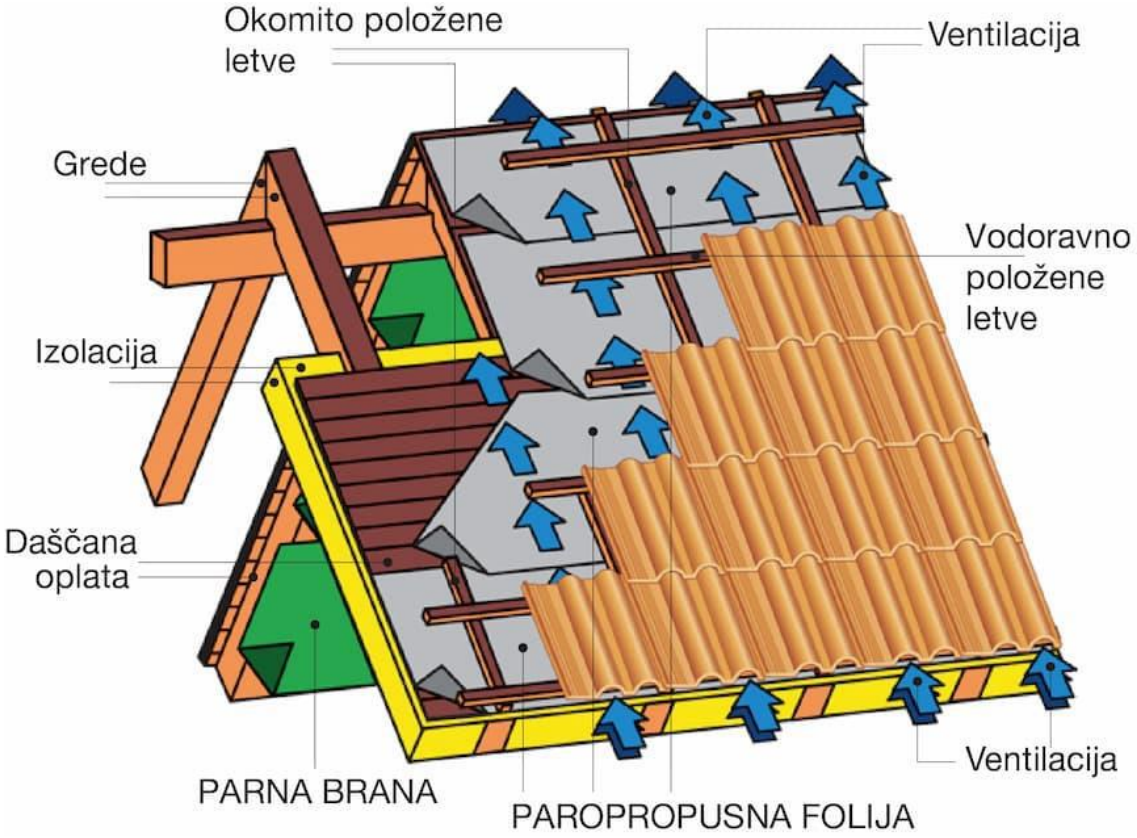
Krovni pokrovi su dijelovi krovišta, nejčešće iznad nosivog dijela krovne konstrukcije, čija je uloga vrlo slična ulozi vanjske ovojnice ili fasade objekta, pa se krov vrlo često naziva i petom fasadom objekta.
O završnim slojevima ravnih krovova već je bilo riječi, a ovdje se razmatraju pokrovi kosih krovova.
Kosi krovovi sastoje se od krovne konstrukcije i krovnoga pokrova na odgovarajućoj potkosntrukciji. Krovni pokrov mora biti nepropustan, mehanički postojan i otporan na atmosferske utjecaje, otporan na požar, dobar toplinski izolator i lagan. Problem kod pokrivanja krovova predstavljaju razmaci između pojedinih elemenata krovnog pokrova, kroz koje pod uticajem padavina i vjetra može doći do prodora vode. Osnovni zadatak krovnog pokrova je sprječavanje prodora vanjske vlage
i vjetra u unutrašnjost objekta.
Pokrovni materijal mora odolijevati udarcima grada. Ne smije pucati niti se ljuštiti uslijed djelovanja mraza ili UV zračenja. Prodori kondenzata iz unutrašnjeg prostora u potkrovni prostor, kao i zadržavanje snijega na krovu i stvaranje leda su također problem s kojima se treba suočiti kod izbora krovnog pokrova i rješavanja zanatskih detalja na krovovima. [1]
Odluka o tome kakav će se krov izraditi na objektu, te koji krovni pokrov će se koristiti ovisi od niza faktora, od kojih se izdvajaju:

- klimatski uslovi,
- geografski uslovi,
- namjena objekta,
- arhitektonsko oblikovanje objekta,
- nagib krovišta,
- statičke mogućnosti nosive konstrukcije objekta,
- održavanje i sl. [2]

Slika 1.1. Tradicionalni pokrovi od prirodnih materijala

Zbog svega navedenog, krovni pokrov mora biti postojan i dobro pričvršćen, velike elastičnosti kako bi bez oštećenja podnio vlastite deformacije, te deformacije nosive konstrukcije koje mogu nastati uslijed razlika u temperaturi ili promjeni opterećenja. Krovni pokrov mora biti i estetski dobro odabran, jer utiče na cjelokupni izgled objekta, ali pokrovu se danas postavljaju i neki drugi zahtjevi;
(osnovna kakvoća pokrova koja se dokazuje atestima proizvođača) kao što su: dopuštena vlastita težina, požarna otpornost, samočišćenje, primjerena prohodnost, paropropusnost, kompatibilnost s drugim materijalima i, na kraju, cijena. [2]
Naglasak je, danas, na rješavanju problema difuzije vodene pare i toplinske izolacije krova, pa se velika pažnja posvećuje krovnim

folijama i izolacijskim materijalima, čiji će izbor prvenstveno biti definiran završnim slojem krova ili krovnim pokrovom.
Zbog toga se preporučuje izvođenje ventiliranih ili provjetravanih krovova, upotreba dodatnih elemenata (krovna folija, izolacijske ploče, komprimirane trake ili premazi) te pravilno izvođenje sljemena, grebena, uvala, snjegobrana i sistema za otapanje snijega i leda duž strehe.
Posebnu pažnju potrebno je posvetiti izvedbi detalja koji prodiru kroz krovnu konstrukciju (krovni prozori, dimnjaci, instalacione vertikale i sl.). Ventilirani krovovi obaveza su s aspekta reguliranja temperature i vlažnosti zraka te se njima osigurava sposobnost „disanja" krovne konstrukcije, radi stvaranja kvalitetnih uslova za boravak u potkrovlju.



Slika 1.2. Ventilirani kosi krov sa toplinskom izolacijom iznad rogova

Kod nestambenog potkrovlja moraju postojati otvori za dovod zraka na strehi i odvod zraka na sljemenu krova. U slučaju stambenog potkrovlja mora postojati dvostruko odzračivanje.[2]
Ventilirani ili provjetravani krovovi postali su imperativ i s aspekta amortizacije elektromagnetskog zračenja. Zračni sloj u konstrukciji ventiliranog krova mora imati minimalnu debljinu od 2.0 cm, između sloja termoizolacije i difuznog sloja (paronepropusna folija). [1]

1.1. VRSTE KROVNIH POKROVA

Osnovna podjela pokrova je na:

- tradicionalne, koji podrazumijevaju prirodne materijale (kamen, trska, slama, drvo) i
- savremene (umjetne) materijale kao što su crijep, lim, staklo, sintetičke folije, kompozitne ploče i sl.

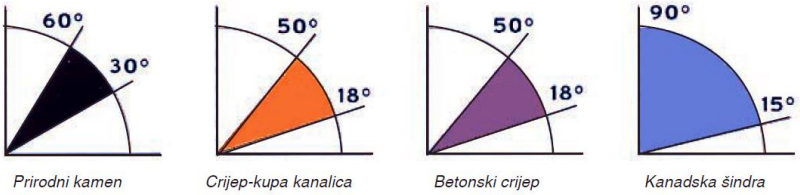
1.1.1. VRSTE KROVNIH POKROVA PREMA MATERIJALU

Krovne pokrove se prema materijalu dijeli na:

1. Pečeni glineni crijep (obični ravni, utoreni crijep, žljebnjaci, valoviti crijep);
2. Ploče od prirodnog i umjetnog kamena (škriljevac betonske ploče i betonski crijep);
3. Pokrove limom (čelični lim, aluminijski lim, olovni lim, bakreni lim, termoizolacioni paneli i sl.);
4. Trake (folije) i premazi na bazi bitumena ili sintetskih materijala;
5. Pokrove od prirodnih materijala (drvena šindra, slama, trska, glina i sl.). [2]
6. Ostale materijale, kao što su staklo u pločama ili stakleni crijep, polikarbonat (leksan), bitumenska šindra, sintetske mase (tvrdi PVC, armirani poliester), reciklažne PVC ploče, solarni pokrovni materijali i sl.

1.1.2. VRSTE KROVNIH POKROVA PREMA NAGIBU KROVA

Nagib krovnih pokrova određen je propisima i građevinskim standardima kako bi se postigla optimalna odvodnja s krova, te objekat zaštitio od prokišnjavanja ali i kako bi se onemogućilo podizanje pokrova usljed vjetra.
Nagib krovnih ploha ovisi o klimatskoj zoni, funkciji krova i pokrovu koji treba biti usklađen sa svim navedenim parametrima.



Slika 1.6. Nagib krova za pojedine vrste krovnog pokrova

Kod svih vrsta krovnih pokrova treba se pridržavati uputa proizvođača koje osim karakteristika pokrova sadrže i podatke o

Slika 1.3. Pokrov od kamena škriljevca

Slika 1.4. Pokrov od betonskog ravnog crijepa

Slika 1.5. Pokrov od ravnog lima (limena šindra Prefa)

Slika 1.7. Pokrov i fasada od ravnogh falcanog lima (Prefalz)

potkrovnoj konstrukciji (potkonstrukciji ili potplati), načinu slaganja i povezivanja elemenata međusobno i za podlogu, te dodatni asortiman pratećih proizvoda. [1]
Strmi krovovi imaju nagib veći od 25° i najčešće se pokrivaju glinenim crijepom. Uz crijep se upotrebljavaju ravne i valovite cementne ploče, ploče od metalnih limova i staklene ploče, a za lake pokrove upotrebljavaju se valovite ploče od plastičnih masa. Tradicionalni pokrovi od dasaka, šindre, slame i trske su lako zapaljivi, pa se postavljaju samo u iznimnim slučajevima.

Krovovi blagog nagiba imaju nagib od 5° do 25°. Krovovi blagog nagiba pokrivaju se tlačenim crijepom i žljebnjacima, prirodnim škriljevcem, salonit pločama, valovitim limom i valovitim pločama od plastike, samonosivim panelima ili krovnom ljepenkom pod određenim nagibima.[2]

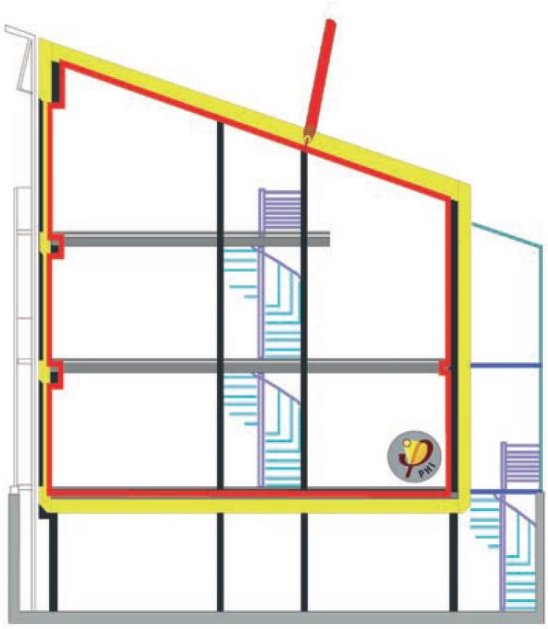
Tabela 1.1. Odabir pokrova ovisno o nagibu krova [2]

vrsta pokrova		najmanji nagib		Masa kg/m³
		stepeni	cm/m	
Obični crijep	Jednostruki	40°	84	65
	Dvostruki	30°	58	90
	Krunski			
Vučeni utoreni crijep		22°	40	65
Tlačeni utoreni crijep				60
Žljebnjaci na letvama		22°	40	110
Škriljac, dvostruki pokrov		18°	32	140
Vapnenocementne ploče, dvostruko pokrivanje				45
Vapnenocementne ploče, dijagonalno pokrivanje				35
Vapnenocementne ploče	Preklop 1/2 val/15cm	17°	31	25
	Preklop 1 1/2 val/20cm	10°	18	
	Brtvljeni preklop 1 ½, val/20cm	7°	12	
	1 ploča, brtvljeni preklop	3°	5	
Staklene ploče	U lemu	30°	58	30
	Bez lema	17°	31	
Lim	Lijepljene trake	3°	5	28
	Profilirani pokrov	6°	10	30
	Valovite ploče	10°	18	
	Valovite brtvljene ploče	7°	12	
Sendvič panel		6°	10	12
Slama i trstika		40°	84	60
Daščice	Dvostruki pokrov	40°	84	30
Bitumenska ljepenka na drvenoj oplati	Jednostruki	6°	10	35
	Dvostruki	3°	5	40
	Trostruki	-	0.5	70
Plastične trake s cementnim namazom		-	0.5	65

1.2. IZOLACIJA KROVA

Dobra izolacija uslov je dobro izvedenog krova. Što je krov bolje izveden, sa svim detaljima, lakše se ostvaruje dugotrajnosti svih elemenata krovne konstrukcije, a ujedno i ugodnosti boravka i života ljudi koji borave u zgradi. Jedan od najosjetljivijih detalja koji je potrebno ispravno riješiti je spoj krova i zidova (i na zabatima i na strehi), pri čemu je potrebno osigurati:

- sprječavanje ulaska vode u slojeve termoizolacije na fasadi,
- neprekidnost toplinske izolacije (izbjegavanje toplinskih mostova),
- neprekidnost zrakonepropusne ovojnice zgrade (izbjegavanje kondenzacije vodene pare). [2]

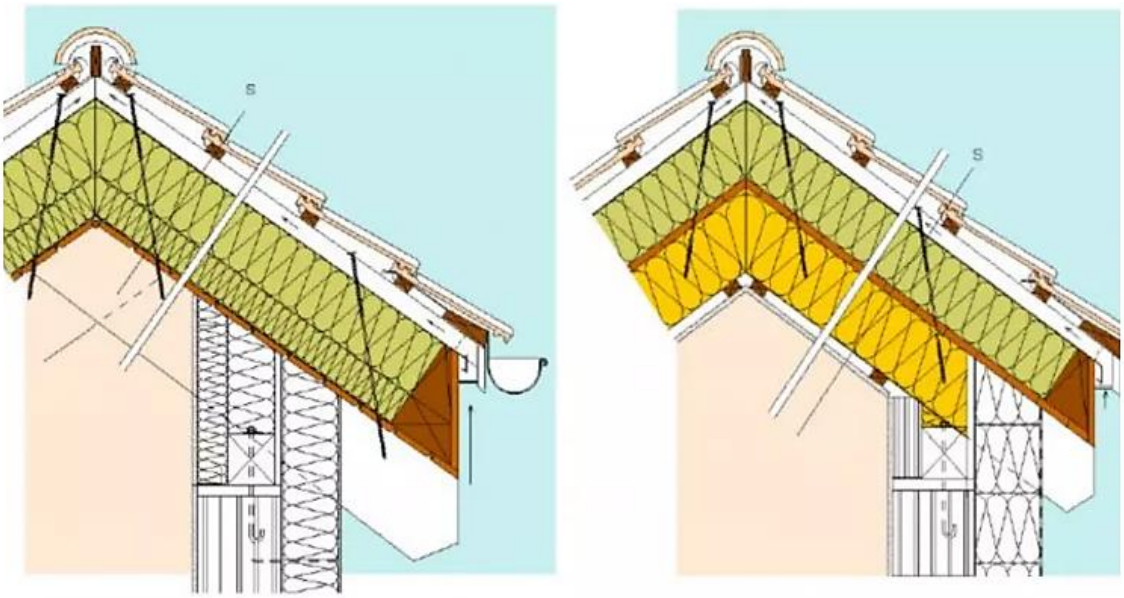


Slika 1.8. Shematski prikaz neprekidnosti toplinske (žuto) i zrakonepropusne (crveno) ovojnice zgrade [2]

Za sprječavanje ulaska vode razvijeni su specijalizirani profili za priključak fasadnog sistema na pokrove, atike kao i neventilirane i ventilirane krovove. Kod ventiliranih krovova koriste se specijalizirani profili s integriranom ventilacijskom rešetkom koja sprječava ulazak sitnih životinja, a time i oštećenja koja one često uzrokuju.

Termoizolacioni sloj može se u konstrukciji krova pojaviti na različitim pozicijama; ispod rogova, iznad i između rogova ili u slučaju ventiliranih krovova na daščanom pokovu. Kontinuitet toplinske izolacije može se ostvariti na nekoliko načina - izolacijom s vanjske strane ili izolacijom s vanjske i unutarnje strane, ali

projektant je taj koji treba izvođaču dati riješen detalj spoja krova i zida objekta, prema kojem je tada potrebno izvesti radove.
Zrakonepropusnu ovojnicu također je potrebno projektirati, a najčešće se ostvaruje izvođenjem parne brane s unutarnje strane krovišta, pri čemu se ona brtvi na svim nastavcima i probojima te se spaja sa žbukanim građevnim dijelovima (odnosno parnom branom zidova u slučaju drvenih vanjskih zidova – montažne drvene gradnje).

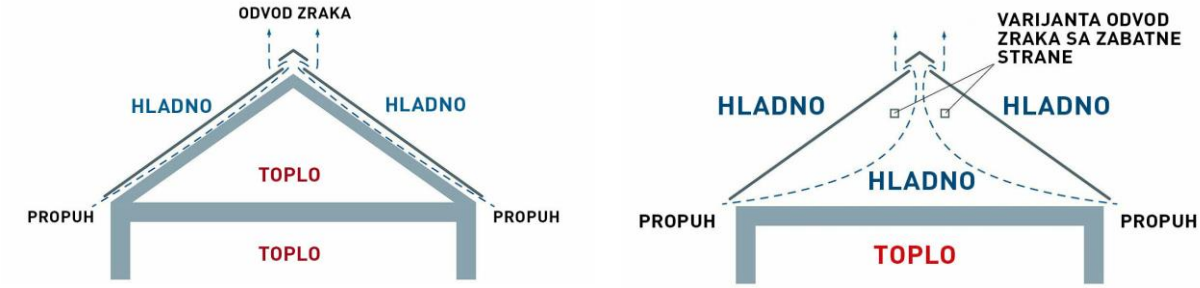


Slika 1.9. Termoizolacija iznad rogova-lijevo i iznad i u nivou rogova–desno

Kako bi se spriječila oštećenja na drvenim krovovima, najbolje je izvoditi ventilirane krovove. Ventilirani krov je krov u kojemu je omogućeno prirodno strujanje zraka ispod krovnog pokrova (crijepa i sl.), tj. između tzv. sekundarnog pokrova i samog pokrova.
Sekundarni pokrov ovdje podrazumijeva paropropusni, a istovremeno vodonepropusni sloj koji se nalazi ispod pokrova. On spriječava da eventualni prodor oborinskih voda kroz pokrov prođe u dublje slojeve krova, pa se ta voda spušta po njemu do najniže točke krova – okapnice, gdje istječe (okapava).
Istovremeno, sekundarni pokrov je paropropustan, što omogućuje isušivanje eventualno kondenzirane vodene pare u slojevima toplinske izolacije.
Sekundarni pokrovi obično su samonosive krovne folije (paropropusne-vodonepropusne folije) sa ili bez daščane podloge koje imaju dovoljnu čvrstoću na zatezanje, otpornost na paranje i niski otpor difuziji vodene pare (Sd < 0.5 m), kao i vodonepropusnost. One također moraju biti UV stabilne i razreda reakcije na vatru B ili boljeg.

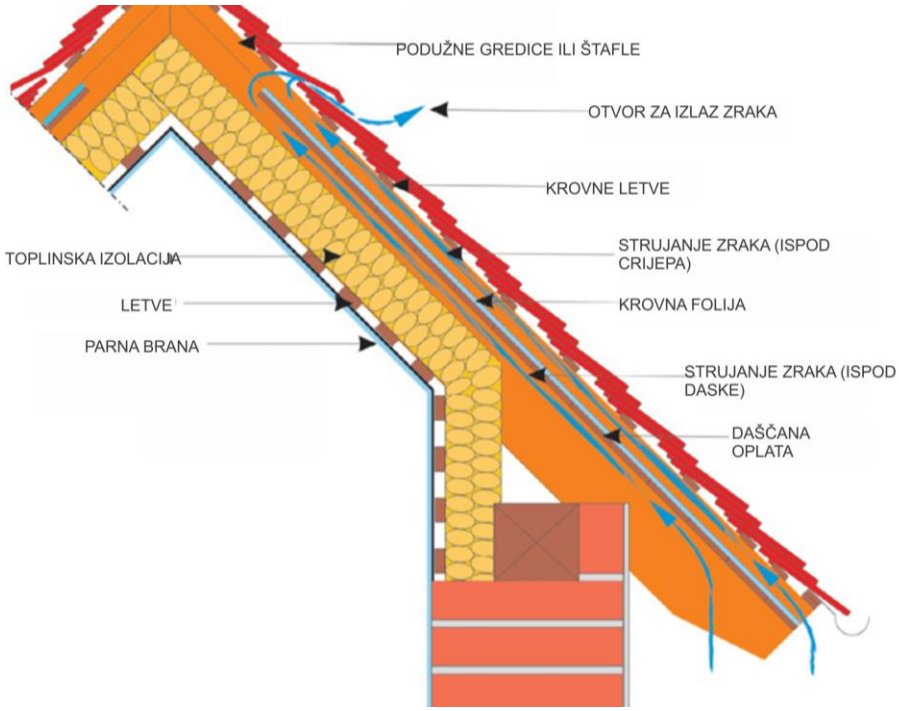
Iako se tradicionalno kao sekundarni pokrov u prošlosti postavljala i bitumenska ljepenka ili u nekim slučajevima razne vrste PE folija, danas se njihova primjena ne preporučuje jer se one ponašaju kao parne brane (imaju visoki otpor difuziji vodene pare, odnosno Sd vrijednost). Zbog tog visokog otpora difuziji vodene pare može se dogoditi da zapravo one uzrokuju građevinsku štetu uslijed kondenzacije vodene pare. [2]

1.2.1. VENTILIRANI (PROVJETRAVANI) KROV



Slika 1.10. Varijante ventiliranja krova

Kako je već navedeno u uvodnom dijelu poglavlja, danas, se naglasak stavlja na izvedbu ventiliranih krovova, odnosno krovova u čijem sastavu je sloj za provjetravanje konstrukcije krova. Sloj zraka se u sastavu krova ostavlja uzduž rogova u debljini 3.0-5.0 cm.



Slika 1.11. Presjek kroz konstrukciju ventiliranog krova

Zrak ulazi kroz otvore na strehi i struji prema sljemenu zbog razlike u pritiscima. Na sljemenu se također ostavljaju otvori u konstrukciji krova za izlazak zraka. Zračni sloj ljeti spriječava zagrijavanje, odnosno prijenos toplote sa pokrova na ostale slojeve krova, dok zimi smanjuje gubitke toplote iz unutrašnjeg prostora prema vanjskom, hladnijem, okruženju.

Ventilirani krov omogućuje konstantno strujanje zraka po čitavoj površini krovnih ploha u sloju između pokrovnog materijala (crijep, lim, šindra i sl.) i same krovne konstrukcije, gdje zrak ulazi pod strehom i izlazi kroz odzrake pri sljemenu krova. Njime se odvaja materijal pokrova, zajedno s letvama na koje je pričvršćen, od ostatka krovišta.

Strujanje se ostvaruje odmicanjem pokrova (zajedno s letvama na kojima leži) od sekundarnog pokrova s istovremenim omogućavanjem ulaza zraka na okapnici (na donjem rubu krovne plohe - kod žlijeba), te izlaza zraka pri vrhu krovnih ploha, tj. na sljemenu krova.

Sloj za ventiliranje formira se ispod pokrova kosog krova postavljanjem drvenih kontraletvi na rogove u uzdužnom smjeru i povrh njih letvi za montažu pokrova u poprečnom smjeru. Veličinu razmaka između letvi određuje vrsta pokrova, a visina ventiliranog sloja ovisi o nagibu krovne plohe i dužini roga – što je nagib krovne plohe blaži, a rogovi duži, visina ventiliranog sloja se povećava.

Ispod zračnog sloja postavlja se dodatni zaštitni materijal– vodonepropusna i paropropusna folija–direktno na rogove ili preko daščane oplate.

Folija spriječava prodor kondenzata i oborinske vode u slojeve krova, a istovremeno omogućuje prirodni proces difuzije vodene pare i „disanje" unutarnjeg prostora.

Ventilacijski sloj treba biti kontinuiran, bez prekida i omogućiti jednakomjernu ventilaciju, bez zadržavanja zraka u uglovima konstrukcije.

Presjek otvora za ulaz zrak treba biti 2.0 ‰ horizontalne projekcije krova, a otvora za isis ili ispuh mora biti minimalni 0.5 ‰

Za ispravnu dimenziju ventilrinog sloja računa se ukupna potrebna neto slobodna površinu (NSP) otvora za ventilaciju.

U obzir se mora uzeti nagib krov i površina "toplog" stropa ispod krova ili potkrovlja. Za krovove sa parnim barijerama NSP rezultat može se smanjiti za 40% .

Za učinkovitu ventilaciju krova / potkrovlja također se trebate usredotočiti na strop koji apsolutno ne propušta zrak, što znači da se ne instaliraju klimatizacijske jedinice (grijanje, ventilacija, klimatizacija) unutar potkrovlja i treba izbjegavati što je više moguće prodore na stropu. U suprotnom vlaga će ostati u potkrovlju.

! Primjer:

Površina krova (P) = 120 m^2

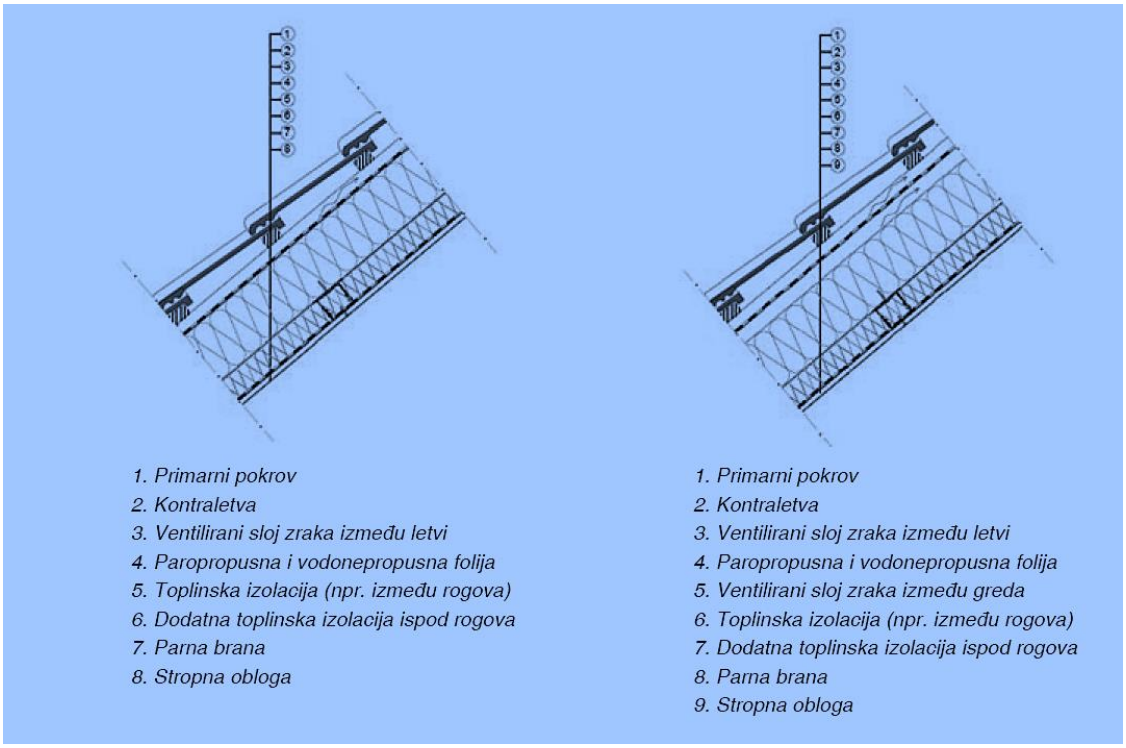
Nagib krova = 15-40 °

Ukupna potrebna neto slobodna površina (NSP) otvora za odzračivanje = 120m^2 / 300 = 0.4 m^2 = 4.000 cm^2 (50% usisa i 50% ispuha)
=> 2.000 cm^2 ispuha i 2.000 cm^2 usisa

Ljeti temperature zraka mjerene neposredno ispod pokrova dosežu do 100° C. Pokrov akumulira (sakuplja) toplinu i predaje ju u okolinu - potkrovlje. Prirodno strujanje zraka (propuh) u ventilirajućem sloju krova stalno izbacuje taj višak topline izvan potkrovlja.

Toplinske izolacije stambenih potkrovlja funkcioniraju samo kada su potpuno suhe. Za vrijeme zimskog (vlažnog) razdoblja povećano je upijanje vlage iz zraka u toplinsku izolaciju, pokrov i drvene elemente krova. Prirodno strujanje zraka u ventiliranim krovovima stalno isušuje toplinsku izolaciju izbacivanjem vlage iz prostora ispod crijepa, te tako sprječava hvatanje vlage, kondenzaciju i stvaranje leda s donje strane pokrova, na slojevima hidroizolacije kao i na svim površinama drvene konstrukcije krova [2].

Postoje dvije vrste ventiliranih krovišta: jednostruko i dvostruko o čemu ovisi i izvedba detalja, te presjeci navedenih krovišta.



Slika 1.12. Presjek kroz konstrukciju jednostruko i dvostruko ventiliranog krova

Ventilirajući sloj u jednostrukom ventiliranom krovištu se nalazi iznad paropropusne folije od sljemena do okapnice kao provjetravanje. Takav prostor dobiva se uzdužnim (kontraletvama) koje se ekserima pričvršćuju za rogove. Visina kontraletvi može iznositi od 25 do 50 mm. Deblje kontraletve

povećavaju zračni prostor itime omogućavaju efikasnije odvođenje vlage. Za dobro ventiliranje treba osigurati odgovarajući
ulaz za zrak kod okapnice i izlaz na sljemenu. [2]
Dvostruko ventilirani krovovi imaju 2 ventilirana sloja. Drugi sloj nalazi se između rogova, a iznad sloja toplinske izolacije koja je u tom slučaju niža od rogova. Služi za ventilaciju pare iz unutrašnjosti potkrovlja koja kontrolirano prolazi kroz sloj parne zapreke, koja se u tom slučaju koristi umjesto parne brane.
Između izolacije i zračnog kanala mora biti smještena paropropusna–vodonepropusna folija tzv. sekundarni pokrov. Vrlo je bitna pravilna upotreba krovnih folija koje su pouzdana zaštita toplinske izolacije od vlage (Slika 1-59). Krovne folije dijele se na paropropusne Sd < 0.3m, parne kočnice Sd > 2 m <10 m i parne brane Sd > 20 m.
Toplinska izolacija se s donje strane zaštićuje parnom branom od prodora pare iz unutarnjeg prostora, a s gornje strane paropropusnom-vodonepropusnom folijom (kišna brana) od eventualnog prodora oborina. Pri ugradnji folija bitna je preciznost. Svi uzdužni spojevi, proboji i spojevi na obodne zidove moraju biti dobro pričvršćeni i besprijekorno, zrakotijesno i trajno zalijepljeni. Za tu svrhu postoje različite ljepljive trake i mase za brtvljenje. [2]

1.3. POKRIVANJE MATERIJALIMA PRIRODNOG PORIJEKLA

Iako se rijetko koriste, tradicionalni krovni pokrovi izrađeni od materijala priorodnog porijekla, zadržali su primjenu na manjim objektima stambenim ili poljoprivrednim objektima, te objektima koji se rekonstruišu.

1.3.1. POKRIVANJE SLAMOM I TRSKOM

Najmanji naib krova za ove pokrove je 45°, a makismalni 80°. Pokriva se snopovima čiji su vrhovi okrenuti prema dole (prema strehi). Podloga su gredice ili letve, na razmaku 25.0-35.0 cm za koje se snopovi slame pričvršćuju pocinčanom žicom. [1]
Slama je siguran, ekološki materijal koji tijekom uporabe ne ispušta štetne i otrovne tvari, ne sadrži zračenje.

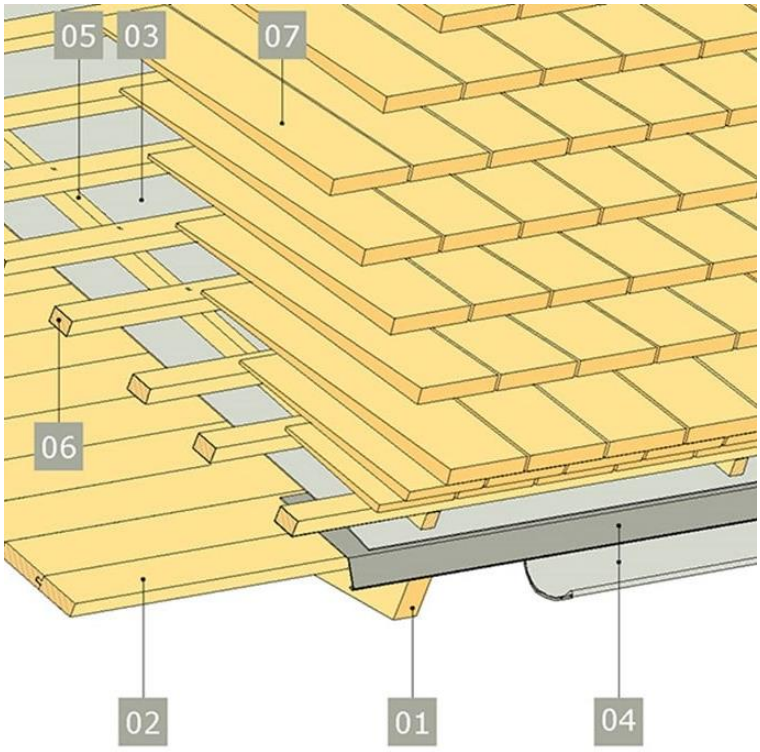
Krov od slame je jak i izdržljiv. U isto vrijeme je lagan i ne stvara opterećenje na drvenim gredama i podovima. Težina po 1.0 m^2 je samo 35 kg.
Slama doprinosi stvaranju povoljne mikroklime u zatvorenom prostoru. Debljina sloja od samo 30-40 cm pouzdano štiti kuću od vrućine ljeti i hladnoća zimi.

Slika 1.13. Pokrivanje krova slamom

1.3.2. POKRIVANJE DASKOM

Pokrivanje daskama vrši se na dva načina, paralelno sa strehom ili paralelno s rogovima. Najmanji nagib krova mora biti 45°. Debljina daske je minimalno 2.5 cm, širina 8.0-15.0 cm, a dužina 25.0-50.0 cm. Daske prethodno trebaju biti obrađene i zaštićene zaštitnim premazima.

Daske koje se postavljaju paralelno sa strehom pričvršćuju se direktno za rogove s preklopom 8.0-10.0 cm. Ako se postavljaju okomito na strehu (uzduž rogova) kao potkonstrukcija im služe letve.



Slika 1.14. Pokrivanje krova daskom (okomito na strehu):
1. Krovni nosač.
2. Daščani pokov
3. Podložni filc
4. Rubni lim i oluk
5. Kontra letva
6. Letva
7. Krovne daske.

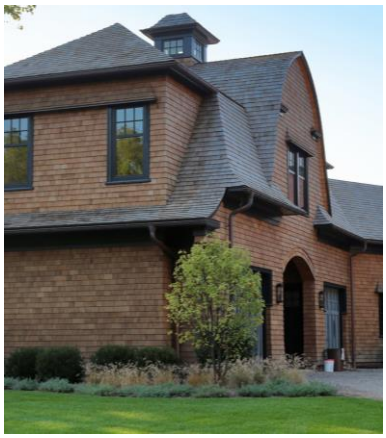
Interes za drvene krovove sve je veći, naročito u zemljama koje tradicionalno primjenjuju drvo u arhitekturi. Drvo na krovovima i fasadama ima bezvremensku privlačnost, a ovakve fasade i krovovi dobro se slažu i sa modernom arhitekturom. Uz odgovarajuću sirovinu i poznavanje građevinskih tehnika održavanja i njege, krov obložen drvetom može biti funkcionalan više od 100 godina.

Slika 1.15. Krov i fasada objekta od daske

1.3.3. POKRIVANJE DRVENOM ŠINDROM

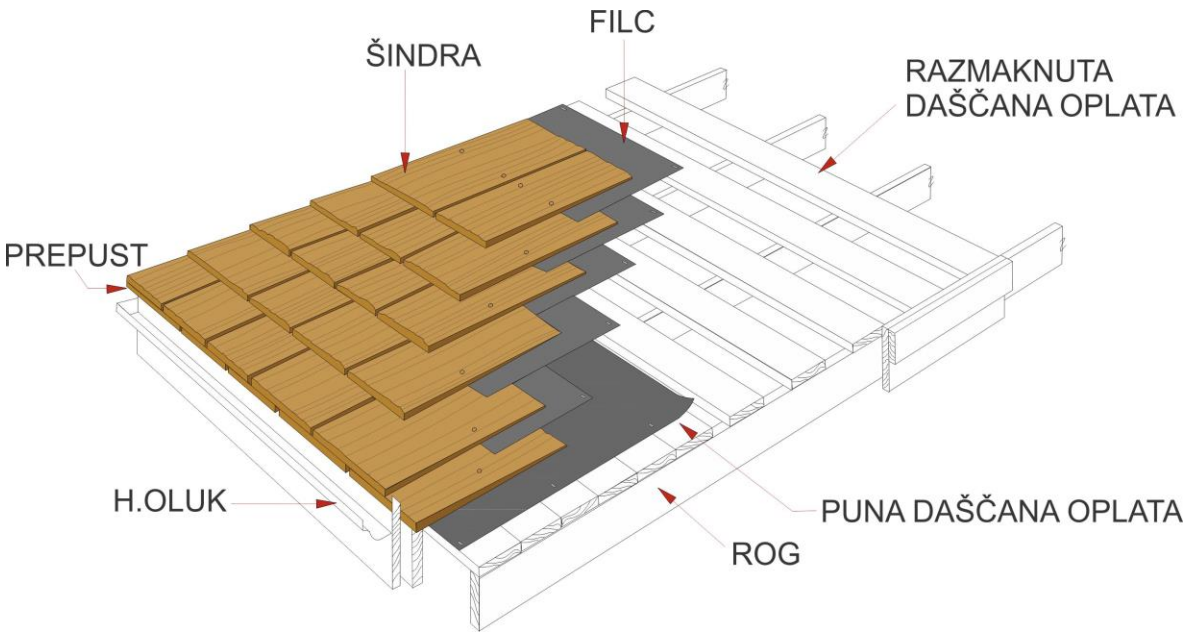
Drvena šindra nekad se podrazumijevala kao materijal za pokrove kuća. Sada se koristi za kuće koje treba da se uklope u neku ambijentalnu cijelinu ili za rekonstrukciju starih kuća, Za proizvodnju šindre koristi se četinarsko drvo visokog kvaliteta, kao što su bor, ariš i smreka, ali i kanadski crveni cedar. Mogu se koristiti i hrast i bukva.

Tradicionalno su se šindre izrađivale ručno. Proces proizvodnje sastoji se od cijepanja uskih trupaca na ploče debljine 1.0 do 1.5 cm, širine 8.0-15.0 cm i dužine 40 do 100 cm. Širina šindre zavisi od prečnika trupca od kog se šindra pravi. U procesu proizvodnje, kora i jezgro se uklanjaju, jer su ta dva dijela najsklonija pucanju i oštećenjima od vlage. Prilikom ručne izrade, gornji dio šindre treba da ispadne ravan, a donji valovit zbog načina obrade drveta.



Slika 1.16. Detalj krova i fasade od cedrove šindre

Šindra se pokiva na gusto poletvanu podlogu ili punu daščanu oplatu sa filcanom podlogom.



Slika 1.17. Pokrov od cedrove šindre

1.3.4. POKRIVANJE PRIRODNIM KAMENOM

Tradicionalno pokrivanje kamenim pločama izvodilo se siječenim ili ručno klesanim kamenom škriljevcem. Kamen se postavljao jednostruko ili gusto na daščanu oplatu koja se postavljala na rogove na razmaku od maksimalno 70.0 cm. Preko dasaka se postavljala hidroizilaciona traka. Ovakvi krovovi obično se izvode na manjim kućama ali postoje primjeri krovova većih raspona.
Obično ovakve kuće imaju zidove od grubo klesanog kamena zidani sa ili bez upotrebe morta.
Krovovi se izvode kao jednostrešni i dvostrešni, ali i kao višestrešni.

Slika 1.18. Detalj tradiconalnog pokrivanja kamenom

Slika 1.19. Detalj modernog pokrivanja ravnim kamenim pločama

1.4. POKRIVANJE CRIJEPOM

Slika 1.20. Ravni crijep

Crijep se na ovim prostorima ustalio kao tradicionalna vrsta pokrova, u varijanti od pečene gline ili u novije vrijeme u varijanti od betona. Kao vrlo trajan i otporan pokrov, koji je relativno otporan na požar, jefin i jednostavan za montažu, najčešće se koristi za pokrivanje kosih krovova. Zbog poroznosti glineni crijep propušta višak vlage pa se ispod njega rijetko pojavljuje kondenz. Izvorno je crvenkaste boje, dok se druge, danas popularne boje crijepa, postižu dodavanjem boje sviježoj glini prije pečenja ili nanošenjem boje pa ponovnim pečenjem. [3]
Glineni crijep koristi se već stoljećima i proizvodi od prirodne gline. Odlikuje ga dug vijek trajanja, velika mehanička otpornost, otpornost na atmosferske utjecaje, paropropusnost, otpornost na mikroorganizme, otpornost na utjecaj kiselina i otpornost na požar. Glineni crijep proizvodi se od glinene mase, suši se i nakon toga peče u pećima na temperaturi od oko 900°C.

Slika 1.21. Ravni utoreni crijep

Prema načinu proizvodnje, glineni crijep može biti vučeni ili tlačeni (presani), a formiranjem žlijeba oblici su prilagođeni karakteristikama podneblja, načinu postavljanja, nagibu krova, pa je tako uvjetovana i podjela na oblike namijenjene određenom podneblju:

- kontinentalni (oblik crijepa je pretežno ravan),
- mediteranski (crijep je zaobljen, žljebast) i
- polumediteranski (kombinacija dva prethodna) [2]

Slika 1.22. Kupa kanalica

Druga, detaljnija podjela dijeli crijepove prema njihovim geometrijskim karakteristikama, odnosno obliku.
Ova podijela dijeli crijepove na:

- ravni crijep (biber),
- ravni crijep s utorima,
- kupa kanalica (žljebasti crijep),
- valoviti utoreni crijep,
- reform crijep,
- utoreni crijep.

Slika 1.23. Valoviti utoreni crijep

Slika 1.24. Reform crijep

Crijep može biti u prirodnoj boji bez posebne završne obrade, te kao engobiran ili glaziran.
Engoba je mješavina fino usitnjene gline i oksida koja se u formi premaza nanosi na površinu glinenih crijepova. Engobiranje nije farbanje crijepa, već je u pitanju znatno složeniji proces kojim se obezbjeđuje najviši mogući kvalitet proizvoda. To je zapravo dodatni sloj gline koji se nanosi na površinu crijepa, prije pečenja. Premaz od gline se nanosi na crijep nakon njegovog oblikovanja presovanjem i sušenja.
Ovako obrađen crijep odlikuju:

- dugotrajnost,
- otpornost na vremenske uticaje,

Slika 1.25 Utoreni crijep

- manji stepen upijanja vlage,
- otpornost na gljivice, lišajeve i mahovinu,
- estetski je privlačan.

Engobirani glineni crijep je teži je od običnog crijepa, pa zahtijeva jaču potkonstrukciju.

Glaziranje je process kojim se prije procesa pečenja, preko crijepa prelijeva tanki sloj glazure. Glazura se uglavnom sastoji od mljevenog i prethodno otopljenog stakla. Dodavanjem aditiva kao što su metalni oksidi ili keramički pigmenti rezultira širokim rasponom varijanti boja koje nadilaze tradicionalni prirodni spektar boja. Tijelo crijepa i glazura peku se zajedno a nakon pečenja nastaje novi glazirani crijep sa sjajnom površinom.
Kako bi se osigurala apsorpcija vlage s donje strane crijepa, glazura se nanosi samo na gornjoj površini. Glazirani, ostakljeni crijep sa svoje donje strane ima svoju terra cotta boju kao i kroz presjek crijepa

Slika 1.26. Engobirani, glazirani crijep

Pod crijepom se u prvom redu smatra proizvod od pečene gline ali danas je taj naziv ustaljen i za betonski crijep, stakleni crijep itd. Kroz povijest dolazilo je do promjena u oblikovanju i prilagodbe različitim klimatskim područjima, te proizvodnje crijepa od drugih materijala, ali su se osnovne karakteristike crijepa ostale iste.
Crijep ima svojstvo fleksibilnosti zbog načina preklapanja i nije osjetljiv na pomake u konstrukciji, lako se obavlja zamjena elemenata i rekonstrukcija pokrova. Nedostaci koji se vežu uz crijep jesu njegovo veće opterećenje na konstrukciju u odnosu na druge vrste pokrova, međutim težina ovakvog pokrova bitno povećava stabilnost krova pri opterećenjima uslijed jakog vjetra ili nevremena, a s druge strane ima mali uticaj na dimenzioniranje

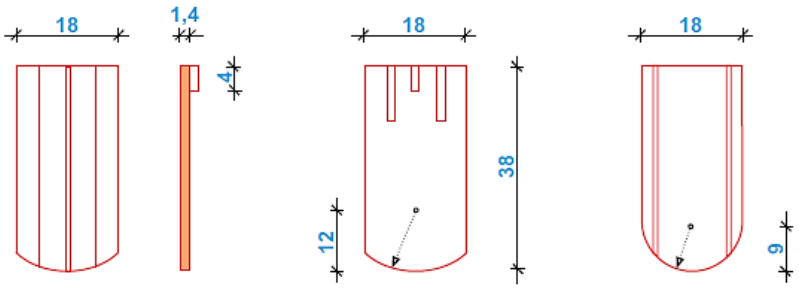
krovne konstrukcije. Nedostatkom se smatra i relativno velik nagib krova i to što postavljanje traje dulje zbog velikog broja elemenata malih dimenzija.
Pokrov mora podnijeti različita opterećenja kao što su toplina (do + 70° C), hladnoća (do – 30°C), udari vjetra (do 180 km/h), težina snijega i leda (do 120 kg/m²), grad, vatra i buka. Nagib krova za oblaganje crijepom kreće se najčešće od 22° (40,4 %) do 40° (83,9 %) što ovisi o vrsti, obliku i dimenzijama crijepa.
Ukoliko su nagibi manji ili veći nego što je za određeni crijep propisano, potrebno je primijeniti dodatne mjere prema uputama proizvođača. Nagib crijepa (pokrova) razlikuje se od nagiba rogova i za 4-8° je manji nego nagib rogova, ovisno o razmaku letava i debljine crijepa.
Pri izvedbi krovišta potrebno je predvidjeti posebne mjere ukoliko je zbog lokalnih vremenskih uvjeta, samog krovišta, svrhe objekta i vrlo strmog ili blagog nagiba krova potrebno ispuniti dodatne zahtjeve za potpunu funkcionalnost krova. Na raspolaganju stoje učvršćivanje, ili sekundarni krov (oplata, krovna folija).
Dodatne mjere ovisno o nagibu krova:
= 15° - obvezna izvedba sekundarnog krova;
> 22° - polaganje bez dodatnih mjera;
> 45° - (i u izrazito vjetrovitim područjima) svaki drugi ili treći crijep u svakom redu pričvrstiti bočnom spojnicom;
> 60° - svaki crijep pričvrstiti na letvu.
Kod svih nagiba krova potrebno je uzeti u obzir statička djelovanja vjetra. [2]
Prema materijalu od kojega se crijep proizvodi, razlikuje se:

- glineni crijep,
- betonski crijep,
- stakleni crijep,
- crijep od polikarbonata (tzv. crijep od plastike),
- crijep za posebne namjene tzv. solarni crijep (kombinacija materijala).

1.4.1. BIBER CRIJEP

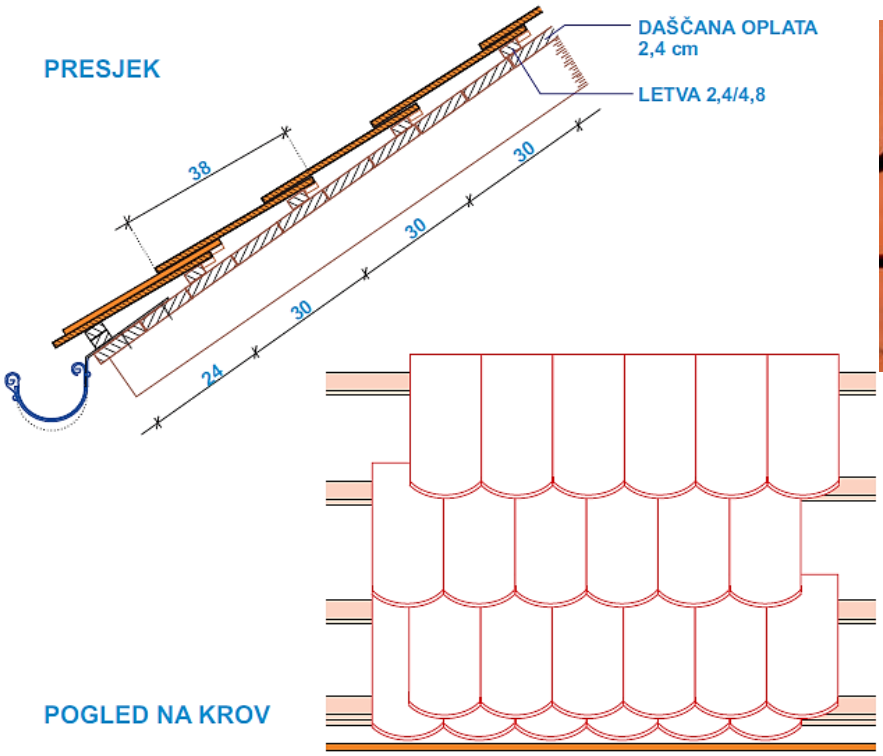
Biber crijep dobio je naziv (zbog svog oblika poput dabrovog repa) prema njemačkom nazivu za dabra, a dimenzije su mu 180×380 mm, debljine oko 16 mm.
Proizvodi se sa zubom (nosom) kojim se kači za letve krovišta, a pokrivanje može biti jednostruko, jednostruko gusto i dvostruko (tzv. krunski pokrov).
Biber crijep proizvodi se s lučnim, polukružnim, ravnim, šiljatim ili šesterokutnim završetkom, a proizvodi se i varijanta duplog biber crijepa.

Biber crijep se postavlja na letve koje su na razmaku 15-30 cm, ovisno o vrsti pokrova.



Slika 1.27. Biber crijep

Jednostruki pokrov biber crijepom radi se kod krovova nagiba 45° do 60°. Na 1 m^2 krova treba 19 crijepova i oko 3.4 m letvi. Razmak letvi je 30 cm. Prvi i zadnji red imaju po dva crijepa zbog prokišnjavanja.

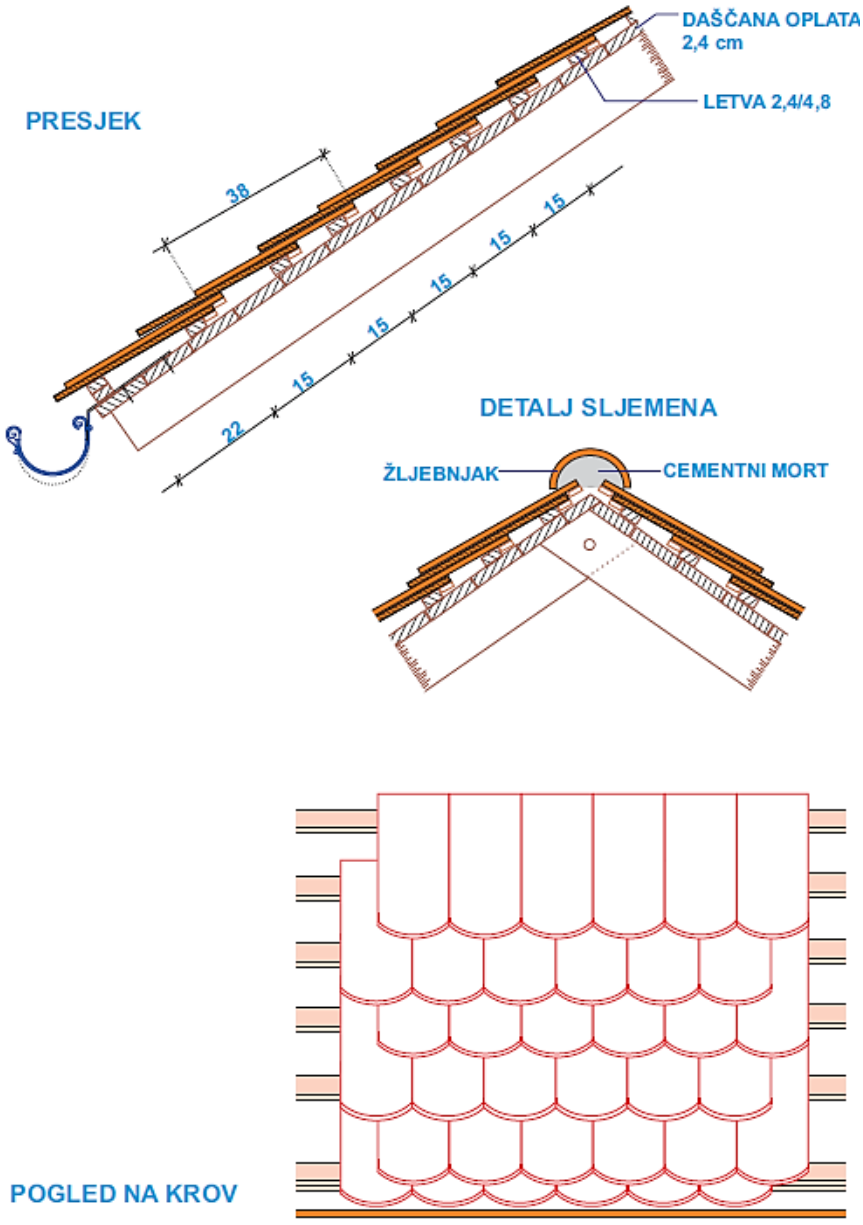


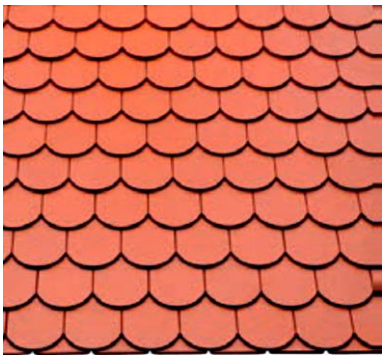
Slika 1.28. Jednostruki pokrov biber crijepom

Crijepovi se mogu postaviti tako da se u gornjim redovima nastavljaju ili preklapaju za ¼ crijepa. Na sudaru crijepova postavlja se limena traka ili traka od bitumenske ljepenke. Ova vrsta pokrova izvodi se samo na provizornim ili manje važnim objektima.

Dvostruki pokrov ili gusto pokrivanje radi se za nagibe krova od 33° do 60°. Za 1 m^2 treba 42 crijepa i oko 6.7 m letvi. Letve se postavljaju na razmak od 15.5 cm. Kod dvostrukog pokrivanja krova na svakoj nosivoj

letvici leži jedan niz biber crijepa. Biber crijep međusobno se pokriva tako da treći pokrivni niz prekriva prvi niz za dužinu pokrivanja. [2]

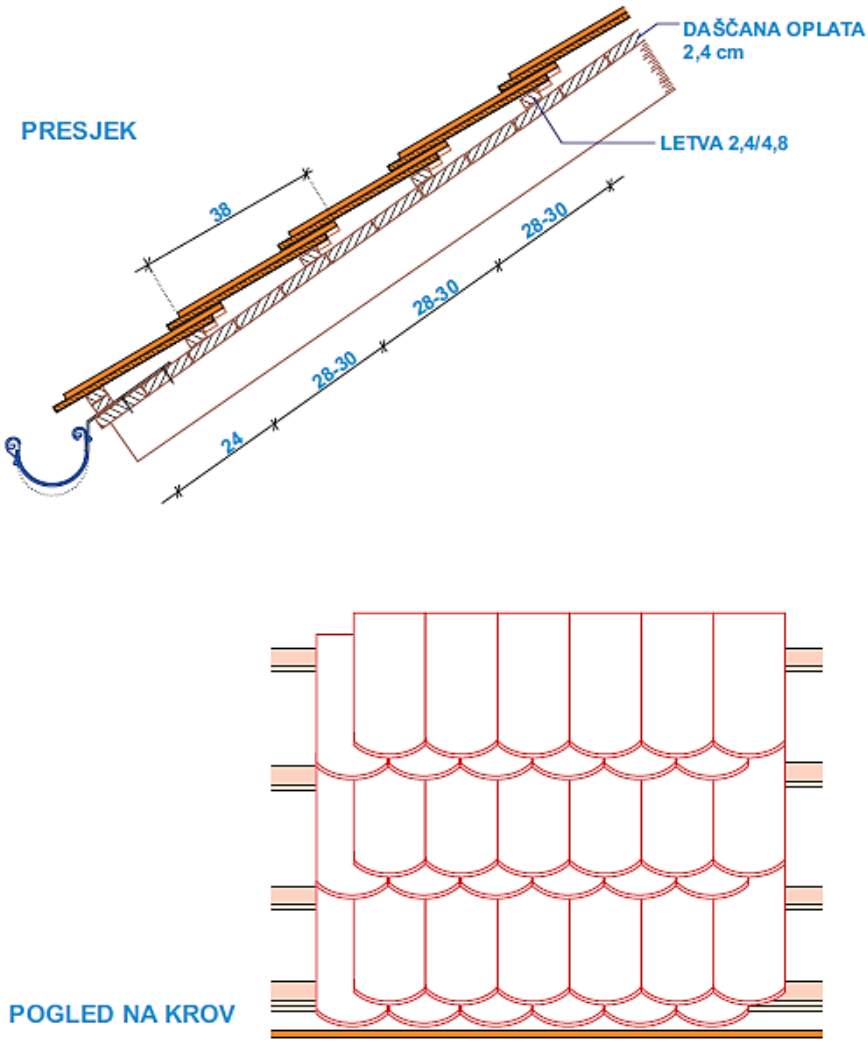


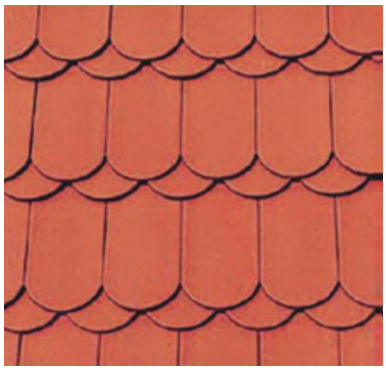


Slika 1.29. Dvoostruki pokrov biber crijepom

Krunsko pokrivanje izvodi se za nagibe krovova od 33° do 60°. Za 1 m^2 treba oko 40 crijepova i oko 3.35 m letvi. Razmak letvi je 28 do 30 cm. Kod krunskog pokrivanja na svakoj nosivoj letvici leže dva niza biber crijepa (ležišni sloj i pokrivni sloj) tako da međusobno formiraju pravilan slog. Ti slogovi međusobno se moraju preklapati za minimalnu dužinu preklopa (npr. za nagib krova veći od 35° (70 %), a manji ili jednak 40° (83.9 %) preklop je 80 mm). [2]

Za ovaj način pokrivanja razmak letvi izračunava se kao razlika dužine ravnog crijepa i minimalnog preklapanja podijeljena s dva. Osim toga, treba pravilno postaviti i elemente za ventiliranje krova i ostalu opremu (snjegobrane, elemente za prodore, kopče za osiguranje crijepa od pada, držače za solarne kolektore i sl.). [2]





Slika 1.30. Krunski pokrov biber crijepom

Biber crijepom mogu se izvesti pokrivanja zaobljenih ploha i drugih zahtjevnih oblika, uvjetovani zahtjevima određenog stila gradnje.

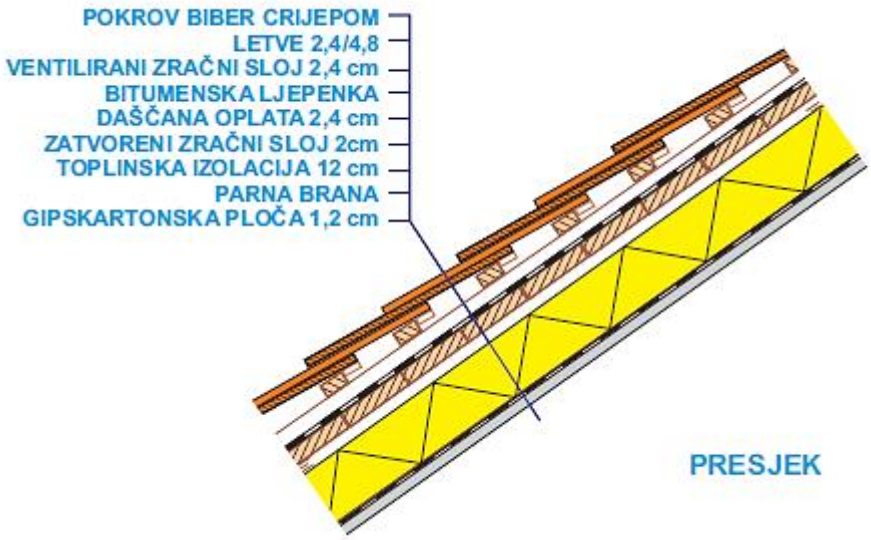
Proizvodi se i utoreni biber crijep a upotrebom takvog crijepa može se uštedjeti oko 30 % ukupne težine. Utoreni biber crijep naročito je pogodan za sanacije koje iz statičkih razloga ne dopuštaju dvostruko pokrivanje.

Dupli biber crijep svoju primjenu nalazi na velikim jednostavnim krovnim površinama zahvaljujući svojoj veličini, te se na taj način postiže maksimalna ekonomičnost.

Slika 1.31. Utoreni biber crijep i dupli biber crijep

Slika 1.32. Dodatni elementi za pokrivanje biber crijepom

Jednostavni krovovi pokriveni crijepom bez donje konstrukcije imaju i kod dvostrukog i kod krunskog pokrivanja standardni nagib krova od 30° do 35°. Ukoliko postoji donja konstrukcija, nagib krova kod dvostrukog pokrivanja smije iznositi 25° do 30°, dok kod krunskog pokrivanja mora biti između 30° i 35°.



Slika 1.33. Detalj presjeka konstrukcije krova pokrivenog biber crijepom

Oblaganje površina krova crijepom danas je olakšano brojnim posebno oblikovanim elementima kojima se rješavaju pojedini detalji na siguran i estetski zadovoljavajući način. [2]

1.4.2. UTORENI CRIJEP

Razlikuju se:

- jednostruko utoreni (utori samo s jedne strane) i
- dvostruko utoreni crijep (utori s dvije strane, uzdužno i bočno).

Utoreni crijep naziva se još i profilisani crijep. Proizvodi se vučenjem i tlačenjem. Tlačeni crijep se proizvodi u presi za utiskivanje, a vučeni crijep se oblikuje istiskivanjem keramičke mase kroz odgovarajuće usnike koji mu daju željenu formu i to su najčešće crijepovi bez žlijebova.

Slika 1.34. Jednostruko i dvostruko utoreni crijep

Jednostruko utoreni crijep ima utore s jedne strane, a sa stražnje može imati potporna rebra i dva ili tri nosa za vješanje (broj ovisi o veličini crijepa). Može biti crijep velikog formata, što skraćuje vrijeme izvedbe radova i stvara manje opterećenje na konstrukciju (manja težina).
Dvostruko utoreni valoviti crijep predstavlja vrstu tlačenog crijepa s dubokim gornjim i bočnim utorom, posebno siguran od jake kiše i oluje. Utor je tako konstruiran da se crijep može pomicati i do 6 cm što mu omogućuje veliku fleksibilnost pri pokrivanju, posebno pri sanacijama jer se izbjegava rezanje što daje povoljniji estetski učinak.
Kod dvostruko utorenog crijepa nagib krova ne smije prelaziti 30 stepeni. Pri pokrivanju krovova manjih nagiba koriste se dodatna rješenja s pokrovnim folijama koje se nastavljaju preklapanjem, lijepljenjem ili varenjem. [2]

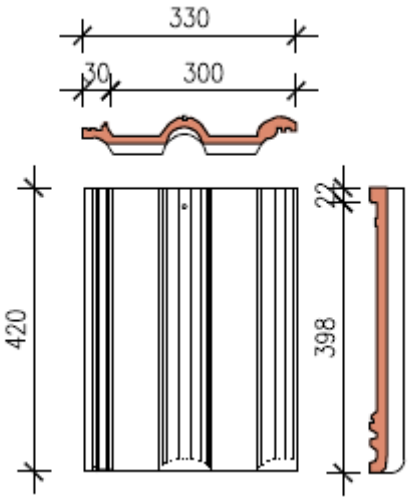
!

Koristi se za nagibe od 22° do 45°

Postavlja se na podlogu od letvica 3x5 cm

Razmak letvica: 30-35 cm

Slika 1.35. Utoreni crijepovi



! Primjer

Bramac crijep za jednostruki pokrov

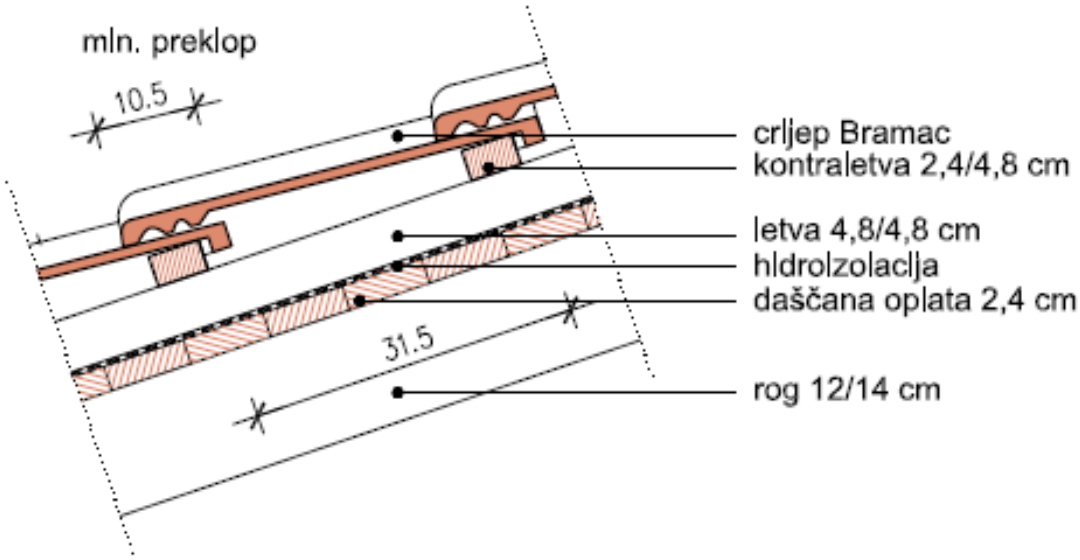
Koristi se za nagibe od 22° do 45°

Postavlja se na podlogu od letvica 3x5 cm (48x28 mm)

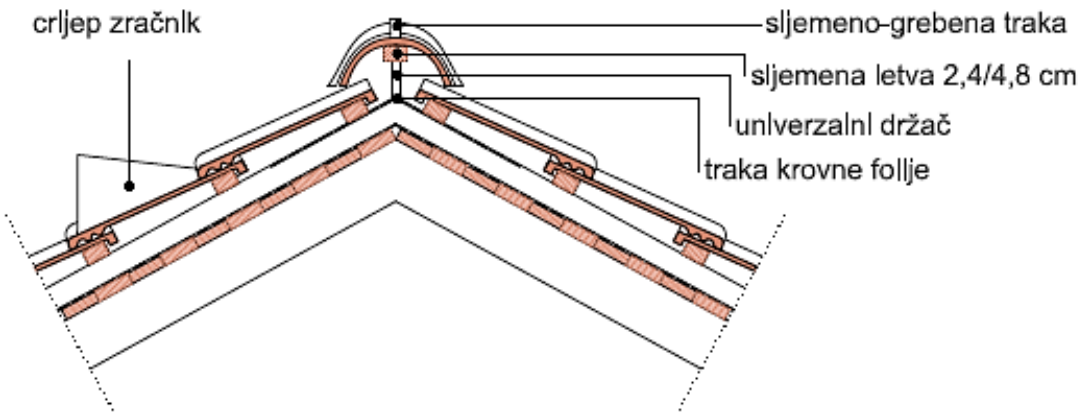
Razmak letvica: 31.5-33 cm

Slika 1.36. Bramac jednostruko utoreni crijep

Utoreni crijep ima uzdužne i horizontalne utore, što omogućuje bolje nalijeganje, pa je mogućnost prodora oborina manja. Crijepovi se postavljaju na letve, jednostruko. Najčešći razmak letvi je 33.0 cm. Postavljanje počinje uz strehu. Svaki drugi crijep se zbog vjetra dodatno pričvršćuje na letvu. Sljemenjaci za ovakve pokrove postavljaju se na sljemenu letvu, preko armirane krovne folije i međusobno se vežu metalnim kopčama. Ovo je tzv suha ugradnja.
Kod mokre ugradnje postavljaju se na sloj produženog maltera. Sljemenjaci se postavljaju u suprotnom smjeru od najjačeg vjetra, kao i grebeni.



Slika 1.37. Presjek krovne konstrukcije pokrivene Bramac crijepom



Slika 1.38. Detalj sljemena krova pokrivenog Bramac crijepom

1.4.3. KUPA KANALICA

Kupa kanalica je dvodijelni crijep proizveden tehnologijom tlačenja odnosno presanja. Pojedinačni crijep može se zamisliti kao prepolovljeni šuplji cilindar koji na jednoj strani ima stožasti (ljevkasti) oblik). Za kanalicu se često koristi i naziv žlijebnjak.
Ovaj oblik crijepa koristi se uglavnom u mediteranskom podneblju. Dužina pokrivanja kod klasične kupe iznosi 370 mm, širina pokrivanja iznosi oko 235 mm. Bez donje konstrukcije standardni nagib krova iznosi 40° a, s donjom konstrukcijom krov mora biti ravniji i ne smije preći 35°.
Prednost kanalice jest što dopušta manja odstupanja u pokrivanju i u uzdužnom i u poprečnom smjeru što omogućuje kvalitetno pokrivanje i krovova nepravilnog oblika. Prekrivanje kanalica iznosi 8 do 12 cm (optimalno je 11 cm). Način pričvršćivanja kanalice može biti:

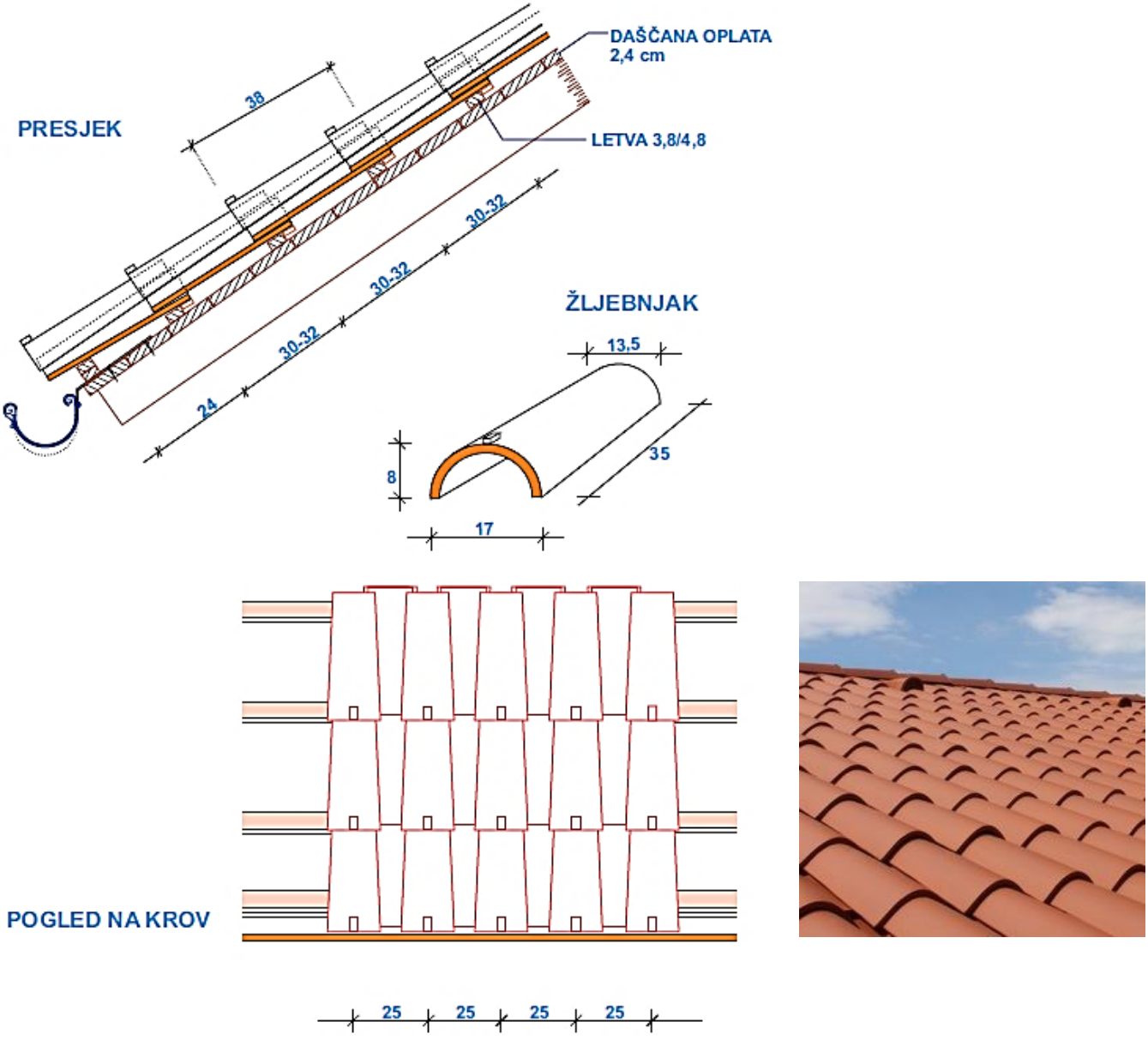
- klasično na mort,
- učvršćivanje kanalice poliuretanskom pjenom,
- vješanje kanalice na letve,
- privijanje kanalice na letve,
- kanalica s nosom i obješena gornja kanalica,
- kanalica s dugim nosom i privijena gornja kanalica.

Toplinska izolacija u slučaju drvenog krovišta ugrađuje se s unutarnje strane konstrukcije, između i ispod rogova, a dodatno se može postaviti i iznad rogova.

Kod armiranobetonske konstrukcije krova toplinska izolacija se postavlja iznad krovne ploče.

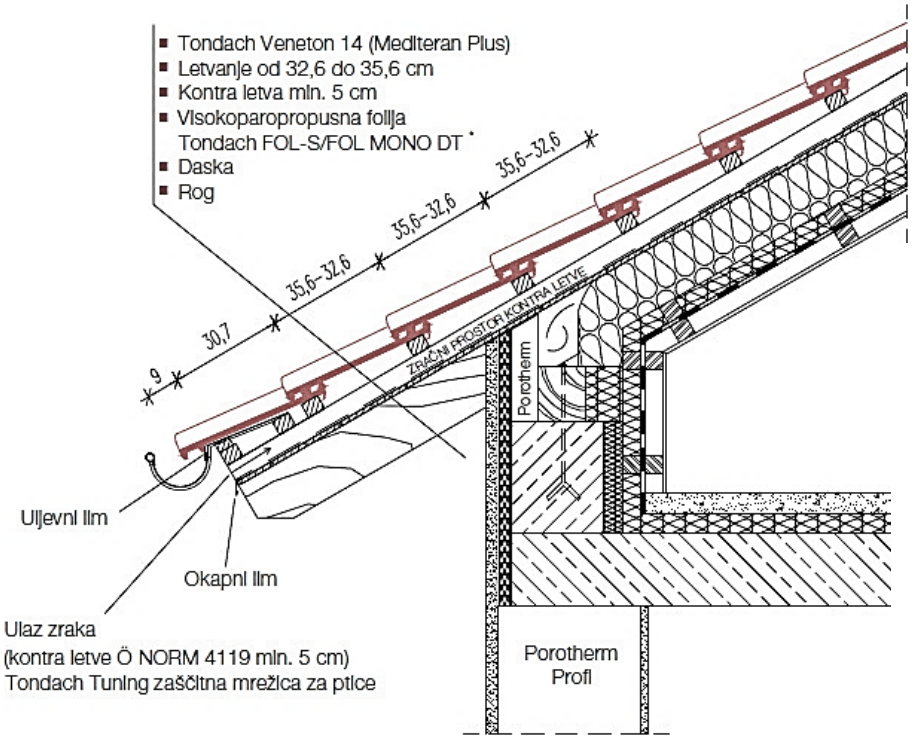
Kanalice se mogu polagati:

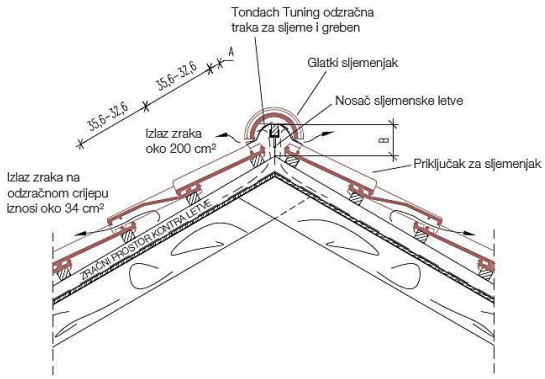
- neposredno na izvedenu podlogu (polumontažna betonska ploča, armiranobetonska krovna ploča i drvena podaščana konstrukcija);
- na drvene letve na nosivoj konstrukciji koja može biti polumontažna betonska ploča, armiranobetonska krovna ploča ili drvena podaščana konstrukcija
- na posebno oblikovane krovne ploče (namijenjene jednostavnom i brzom pričvršćivanju kanalica i učinkovitom prozračivanju i toplinskoj izolaciji (ploče nisu nosive i polažu se na neku od nosivih konstrukcija). [2]

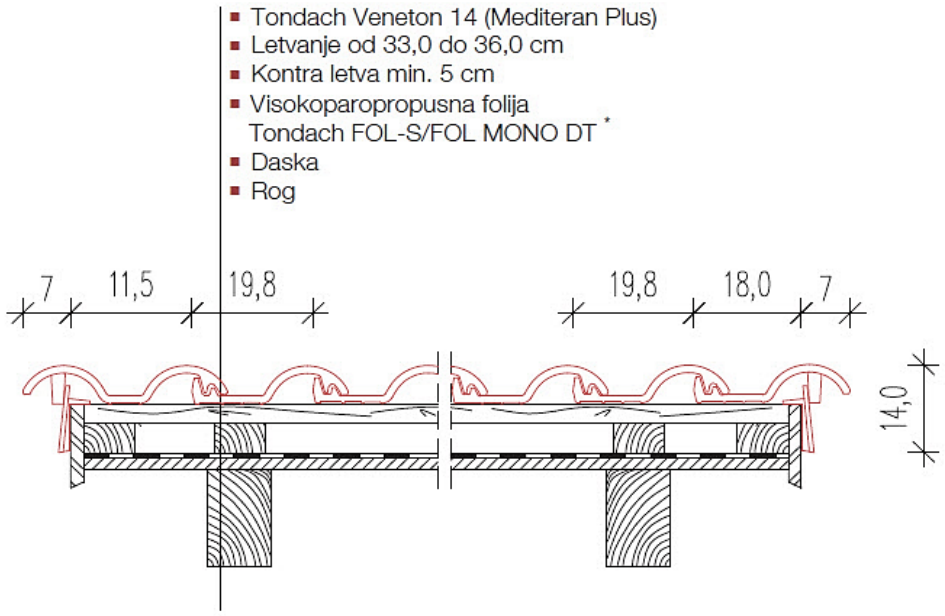


Slika 1.39. Pokrov kupa kanalicom

Mediteran crijep je nastao kao kopija kupa kanalice i izgledom jako podsjeća na nju. Ovaj crijep se polaže suhom ugradnjom, bez maltera. Lakši je od kupe kanalice, ima jedan valoviti i jedan ravni dio, a postavlja se ekserima na letve 3x5 cm. Razmak letvi je cca 35 cm. Pokrivanje počinje uz strehu, s lijeva na desno. [3]







Veneton mediteran crijep

Dimenzije: 256 x 448 (mm)

Standardni nagib krova: 22°

Minimani nagib 17°

Postavlja se na podlogu od letvica 3x5 cm (48x28 mm)

Razmak letvica: 35.9-32.3 cm

Slika 1.40. Pokrov mediteran crijepom Veneton 14, proizođača Tondach

1.4.4. BETONSKI CRIJEP

Betonski crijep je, uz glineni, najviše korištena vrsta krovnog pokrova u našem podneblju. Izbor vrste crijepa (betonski ili glineni) individualne je prirode i ovisi najviše o estetskim sklonostima investitora. Obje vrste moraju ispunjavati visoke zahtjeve trajnosti, funkcionalnosti i estetike, zaštite od atmosferskih uticaja i uticaja zagađenja iz zraka, vodonepropusnosti, zrakonepropusnosti, otpornosti na požar te otpornosti na smrzavanje.

Slika 1.41. Betonski crijep različitih boja, proizođača Bramac

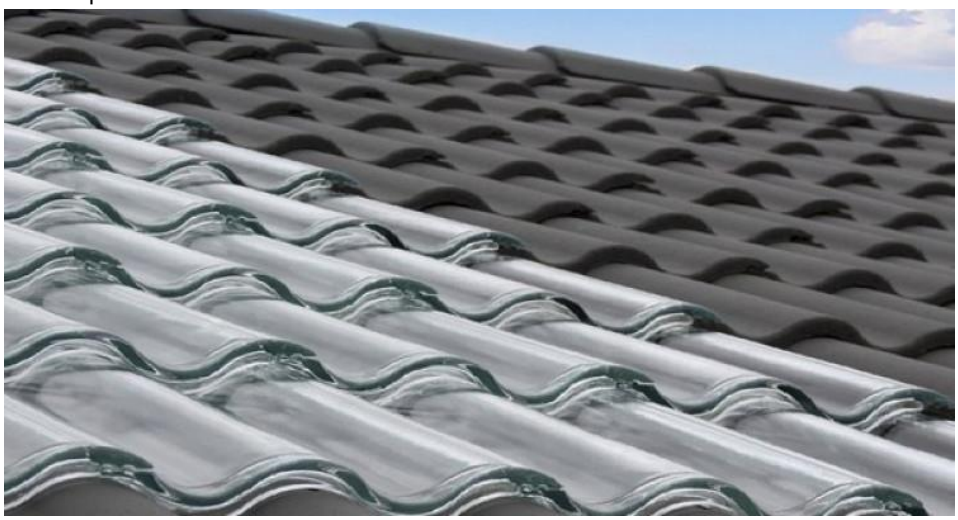
Kod betonskog crijepa velike su mogućnosti izbora raznih boja i završne obrade kojom se postiže otpornost površine crijepa na zaprljanja i rast mahovine, gljivica i sl. Postupkom proizvodnje postiže se stalnost dimenzija, crijep ima dobru geometriju i stoga ga je lakše postavljati. Svojstva betonskog crijepa mijenjaju se ovisno o vanjskim utjecajima, npr. u slučaju obilnih kiša javlja se određena zasićenost crijepa vodom, ali čak i pri potpunom zasićenju vodom, crijep ne smije propuštati vodu u unutrašnjost objekta. Što se tiče otpornosti na smrzavanje, betonski crijep zbog svoje strukture upija određenu količinu vode koja se u zimskom razdoblju može smrznuti te izazvati oštećenja na crijepu u vidu ljuštenja i pucanja. To se može izbjeći isušivanjem crijepa: sa gornje strane on se isušuje prirodnim putem djelovanjem sunca i vjetra, a s donje strane pravilnom izvedbom ventilacije (odzračivanja). Postupak postavljanja jednak je kao kod glinenog crijepa, a i dimenzije i oblici u većini su slučajeva jednaki. [2]

1.4.5. PLASTIČNI CRIJEP

Crijep od polikarbonata koji se uobičajeno naziva i plastični crijep proizvodi se u dimenzijama i formama glinenog crijepa i u prozirnoj varijanti služi za osvjetljenje tavanskog prostora.
Plastični crijep je otporan na ekstremne temperature, UV zračenje, vlagu, udar, postojane boje, ne apsorbira prašinu i lako se čisti djelovanjem kiše, lagan je i može se reciklirati. Zbog male težine potrebno ga je pričvrstiti za letve kopčama ili ekserima (obično u dvije tačke). Može biti proizveden kao providan ili neprovidan, u različitim bojama i dimenzijama.
Osim od polikarbonata, crijep se izrađuje i od reciklirane plastike, oblikom i dimenzijama prati glineni crijep, a pri postavljanju potrebno je svaki učvrstiti na konstrukciju.

1.4.5. STAKLENI CRIJEP

Stakleni se crijep najčešće koristi za osvjetljavanje tavanskih prostora. Oblikom i dimenzijama prati ostale oblike glinenog ili betonskog crijepa. Njegovo postavljanje izvodi se na isti način kao i kod crijepa na ostalim dijelovima krova. Međutim, pokrivanje dijela krova staklenim crijepom u svrhu propuštanja više svjetla danas je sve rjeđe (uglavnom se koristi kod hladnog krova) jer se potkrovlja nastoje iskoristiti kao stambeni prostor pa se u tu svrhu ugrađuju krovni prozori.



Slika 1.42. Stakleni solarni crijep

Stakleni crijep može se iskoristiti za zagrijavanje vode. Njegovo postavljanje ne zahtijeva dodatnu konstrukciju – uklopljen je u krovnu površinu, a ugrađuje se na crni sloj najlona ispod kojeg su zračni spre-mnici. Crna boja upija svjetlost i toplinu, koja prolazi kroz crijepove i zagrijava zrak u spremnicima između pokrova i

krovne konstrukcije. Topli se zrak potom koristi za zagrijavanje vode koja kruži u objektu.

Solarni crijep može biti izveden sa svrhom zagrijavanja vode i prostora građevine, kao i za proizvodnju električne energije. U njemu je integriran fotonaponski sistem koji se postavlja na površinu crijepa i postaje njegov sastavni dio. Solarni crijep dimenzijama i načinom postavljanja podudara se s glinenim, ne uzimajući u obzir dodatne instalacije, stoga se njegovo postavljanje izvodi kao i kod glinenog crijepa.[2]

1.5. POKRIVANJE LIMOM

Pokrivanje krovova limom dio je limaskih radova na objektu. Pod limarskim radovima podrazumijevaju se i limarski opšavi horizontalnih površine objekta, izrada okapnica na balkonima, neke vrste ograda, klupice na prozorima, limarska obrada prodora kroz krovnu konstrukciju i sl.
Limovi koji se koriste za ove radove nepropusni su, trajni i lagani i najčešće su u formi ravnih limova koji se isporučuju u trakama ili pločama. Sastavljaju se savijanjem, lemljenjem ili zakivanjem zakovica.
Prednosti su limenog pokrova sljedeće:

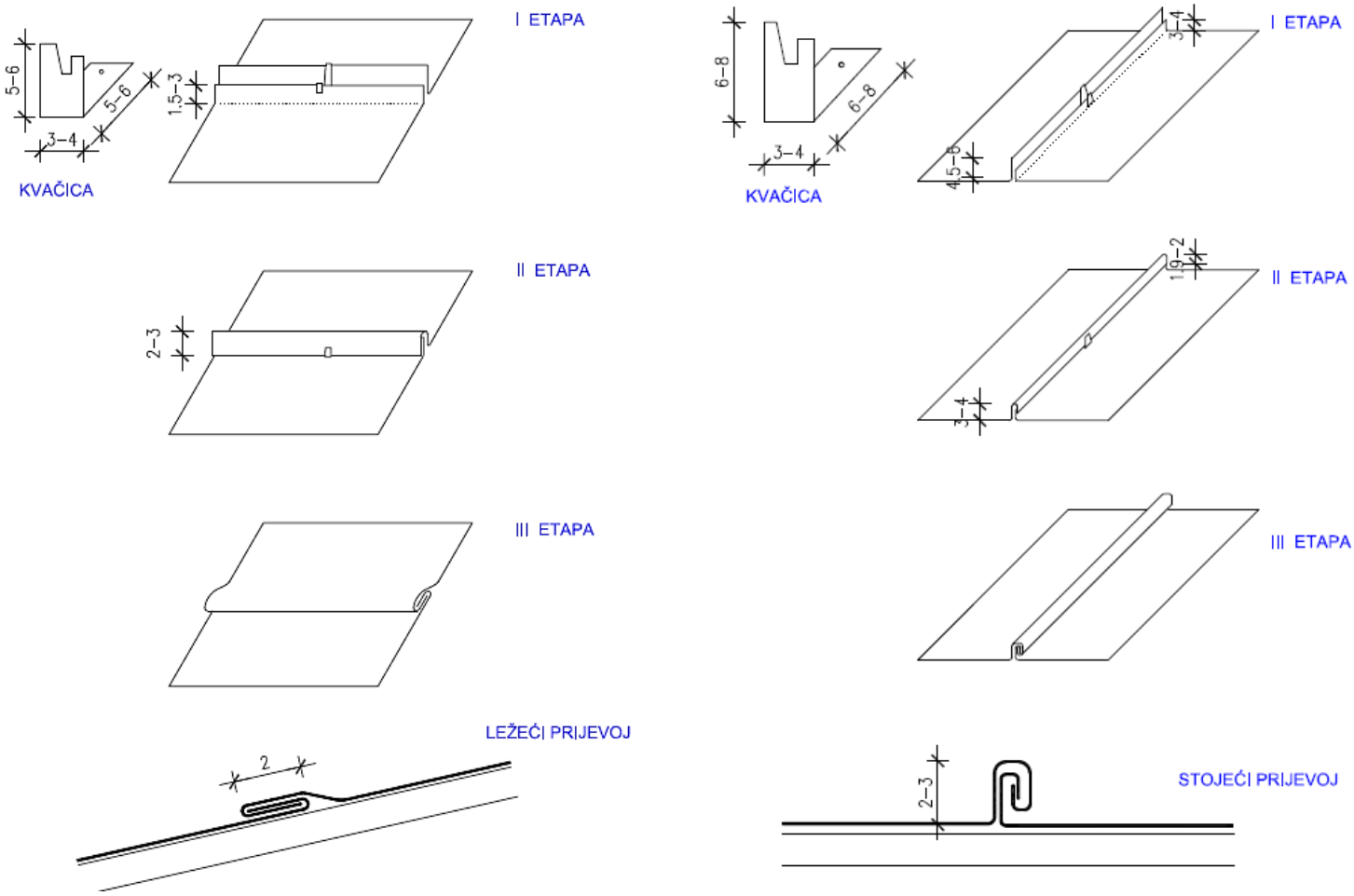
- zadovoljava gotovo sve nagibe krovnih ploha,
- lagan je i trajan,
- otporan na požar,
- vodonepropustan i
- paronepropustan. [2]

Nedostaci limenog pokrova su sljedeći:

- lim se izraženo širi i skuplja kod promjena vanjske temperature,
- dobro provodi toplotu,
- ne propušta paru pa se stvara kondenz i
- stvara se velika buka pri padavinama.

Kvalitet limenog pokrova ovisi o njegovim elektrolitskim i kemijskim karakteristikama. Lim se postavlja na drvenu, metalnu, betonsku ili neku drugu vrstu montažne podloge.
Vrste su lima sljedeće: bakreni, olovni, aluminijski, čelični, legure i dr.
Završne obrade lima mogu biti: natur, pocinčavanje, plastifikacija, eloksiranje, i dr.

Spšajanje savijanjem je najčešći metod spajanja limenih traka ili ploča i vrši se utorenjem (jednostruki i dvostruki ležeći ili stojeći prijevoj).



Slika 1.43. Spajanje limenih ploča, ležeći prijevoj stojeći projevoj (ležeći i stojeći falc)

Sve veze i pričvršćivanja limenih ploča ili traka treba izvoditi tako da se kod temperaturnih promjena dijelovi krova mogu neometano (bez oštećenja) širiti, skupljati ili smicati.
Temperaturne promjene na krovu mogu se kretati u rasponu od – 20 °C do + 80 °C, što iznosi 100 °C temperaturne razlike. Obvezna je izvedba dilatacija, a razmaci dilatacija ovise o načinu izvođenja građevine, vrsti materijala i rasponima.

Za učvršćivanje materijala za pokrivanje krovova od metala koriste se vijci čija otpornost na koroziju mora odgovarati otpornosti materijala kojim se krov pokriva. Zabati, sljeme, grebeni, uvale,

priključci, te prodori kroz konstrukciju trebaju se izvoditi od istog materijala kao i krovni pokrov.
Prema načinu izvedbe razlikujemo tri tipa limenih krovnih pokrova:

- pokrov ravnim limenim trakama/pločama koje se spajaju na gradilištu:
    - stojećim ili ležećim prijevojem;
    - među letvama;
- pokrov predgotovljenim limom
    - ploče malog formata;
    - ploče velikog formata;
- pokrov prefabrikovanim samonosivim termoizolacionim panelima. [2]

Ravne trake ili ploče najčešće se proizvode od bakarnog, pocinčanog čeličnog i aluminijskog lima. Riječ je o legurama ovih materijala koje su proizvedene i finalno obrađene kako bi maerijal dobio trajnost i otpornost na armosferilije.

1.5.1. NAGIB KROVA ZA LIMENE POKROVE

Na izbor materijala, u ovom slučaju lima za pokrivanje presudnu ulogu ima nagib krova. Što je nagib krova blaži, zahtjevi za pokrov i važnost nepropusnog spoja pojedinih elemenata koji prodiru kroz krovnu plohu su veći.
Kod krovoa pokrivenih limom obavezno se izvodi provjetravanje potkrovlja, posebno kod ravnih limova, radi mogućnosti stvaranja kondenzata pa i korozije uslijed vlaženja drvene ili metalne nosive krovne konstrukcije.
Materijali od kojih se radi krovni pokrov odgovaraju sljedećim nagibima krova:

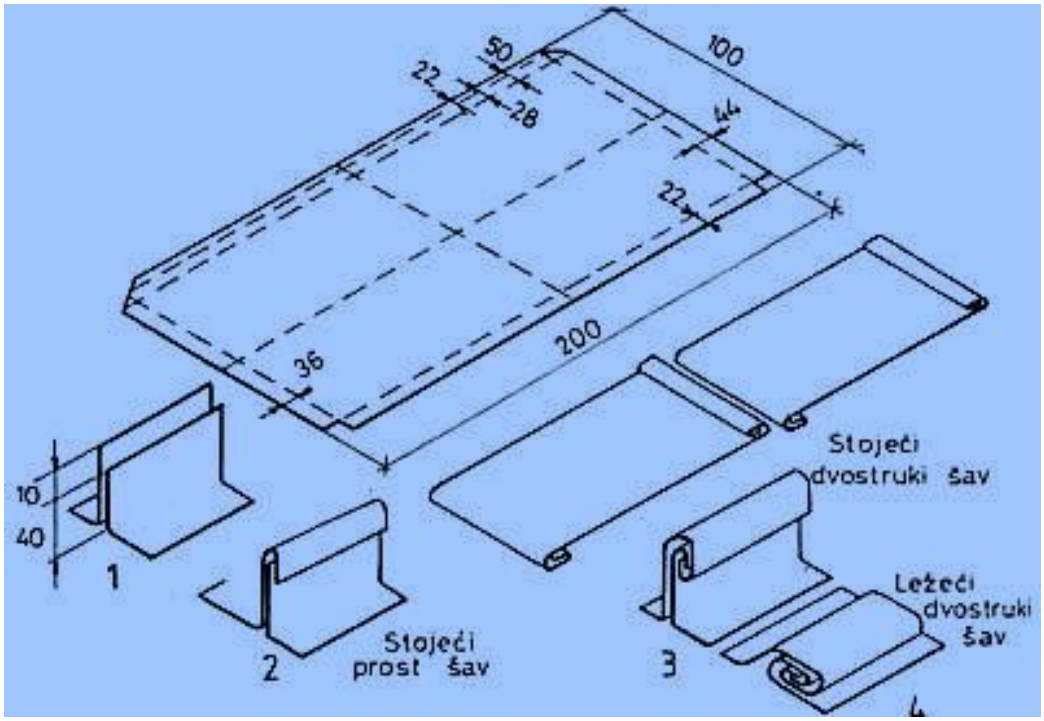
- pocinčani čelični lim koristi se za nagibe od 6°do 30° za ravne ploče,a od 12° do 30° za profilirane/valovite limove;
- bakarni lim za nagibe krovnih ploha od 6° do 30° i
- olovni lim za nagibe krova od 6° do 35°.

1.5.2. POKRIVANJE KROVOVA RAVNIM LIMENIM PLOČAMA

Pričvršćivanje ravnih ploča od lima najčešće se izvodi na daščanu oplatu ili betonsku ploču. Lim kao krovni pokrov primjenjuje se zbog niza već navedenih prednosti (lagan je, vodootporan, minimalnog nagiba i dr.).
Veliki problem kod lima su temperaturne promjene zbog čega je važno izvesti dilatacije na svakih 10-12 metara pokrova od pocinčanog lima, kod bakarnog lima na svakih 9-10 metara, a kod pocinčanog lima na svakih 6 metara.

Spajanje ploča ili traka prikzano je na slici 1.43. Stojeći prijevoj radi se na spojevima ploča koje su okomite na strehu, dok se ležeći radi na spojevima paralelnim na strehu krova.

Tehnologija pokrivanja krova limom obuhvaća fazu pripreme i fazu ugradnje na samom gradilištu. Priprema se odvija u radionicama i sastoji se od krojenja, savijanja, rezanja i djelomičnog spajanja, a ugradnja se sastoji od polaganja i pričvršćivanja limenog krovnog pokrova na licu mjesta na gradilištu. Krojenje je jedna od najznačajnijih i najodgovornijih radnji, a njome rukovode i izvode je visokostručni radnici. Od krojenja ovisi tačnost i mogućnost ugradnje elemenata, te racionalna iskoristivost materijala. [2]



Slika 1.44. Spajanje limenih ploča na krovu-shema i detalji

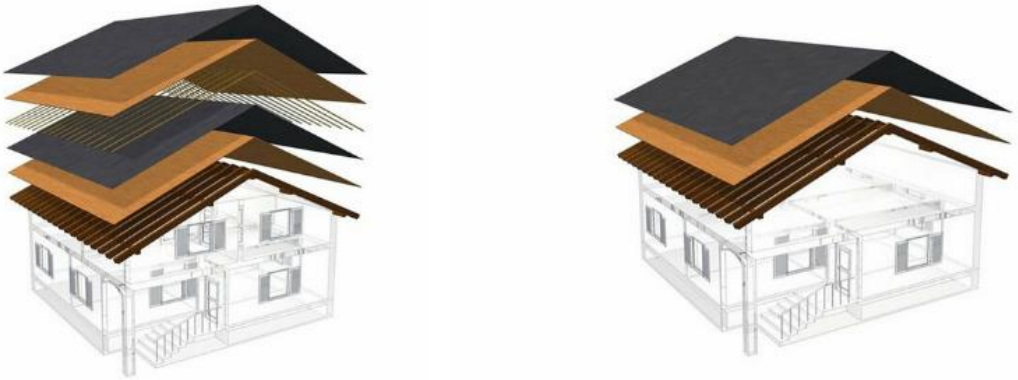
Pocinčani lim najčešće se primjenjuje za pokrivanje krovnih površina zbog toga što je najjeftiniji, ima najmanju težinu i uz pravilno održavanje traje 30 do 50 godina. Debljine limenih ploča su: 0.5, 0.55 i 0.60 mm. Ploče dimenzija 200/100 cm, režu se po dužini ili poprečno i ti dijelovi se dvostrukim ležećim prijevojima povezuju u trake. Krovna površina se dijeli na polja koja su za oko 8 cm uža od limenih traka. Traka savijena u rolu razvija se po polju i prekriva ga od strehe do sljemena.
Podloga lima je daščana oplata na koju je postavljena bitumenska ljepenka. Duž strehe ispod lima ekserima se pribijaju uske limene podložne trake čiji je zadatak spriječiti podizanje limenog pokrova.
Pokrivanje ravnim pločama i trakama, danas se najčešće izvodi po sistemu falcanja, (duplo falcanje, kako je ranije navedeno).

Falcani limovi su nezamjenjivi na krovištima sa jako složenom geometrijom, naprimjer kod kupola, polukupola, radijalnih krovišta, nepravilnih geometrijskih tijela i kod krovišta sa minimalnim nagibom ≥ 3°. Montaža se izvodi tehnikom duplog falca, ručno ili mašinski, spojni materijal ostaje ispod pokrova.

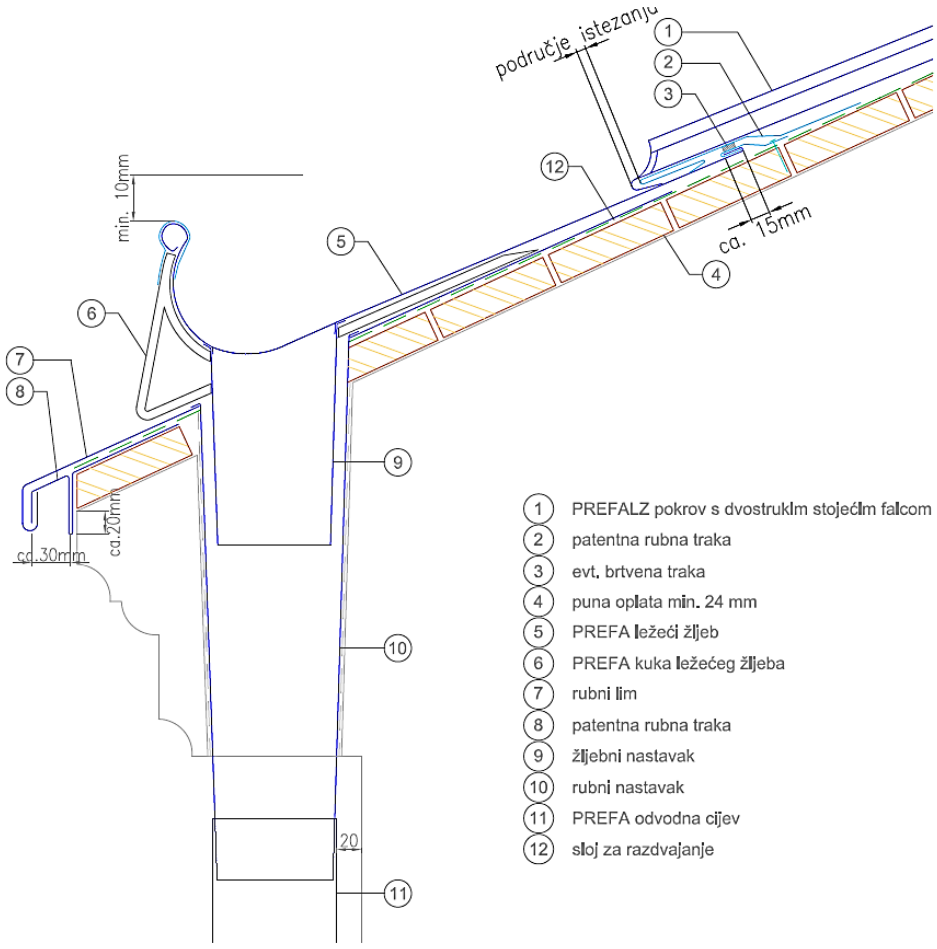
Falcani lim se postavlja isključivo na daščani pokov, a preporučuje se da se preko daske prije lima postavi krovna paropropusno-vodonepropusna folija koja će štititi pokrov od kondenzata.

Slika 1.45. Pokrov od falcanog aluminijskog lima proizvođača Prefa

Krovovi od limenih ploča najčešće se izvode s ventiliranom potkonstrukcijom. Pritom su krovni pokrov i sloj toplinske izolacije odvojeni ventiliranim međuprostorom. Najčešće se ventilira krovna ovojnica kao što je vidljivo na prvoj slici. Također se može odzračivati cjelokupno potkrovlje (druga slika).



Slika 1.46. Ventiliranje krova za pokrivanje ravnim limom – varijante

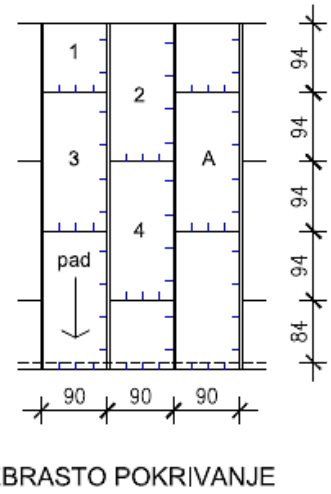


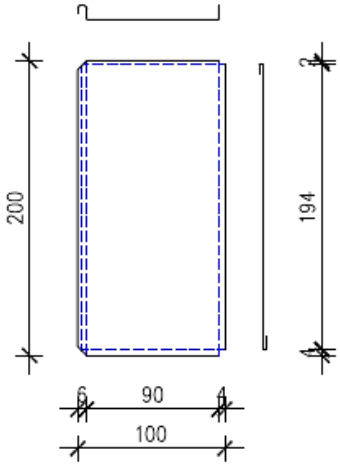
Slika 1.47. Izvedba strehe kod pokrova od falcanog lima (dvostruki stojeći falc i ležeći oluk)

1.5.3. REBRASTO POKRIVANJE RAVNIM LIMOM

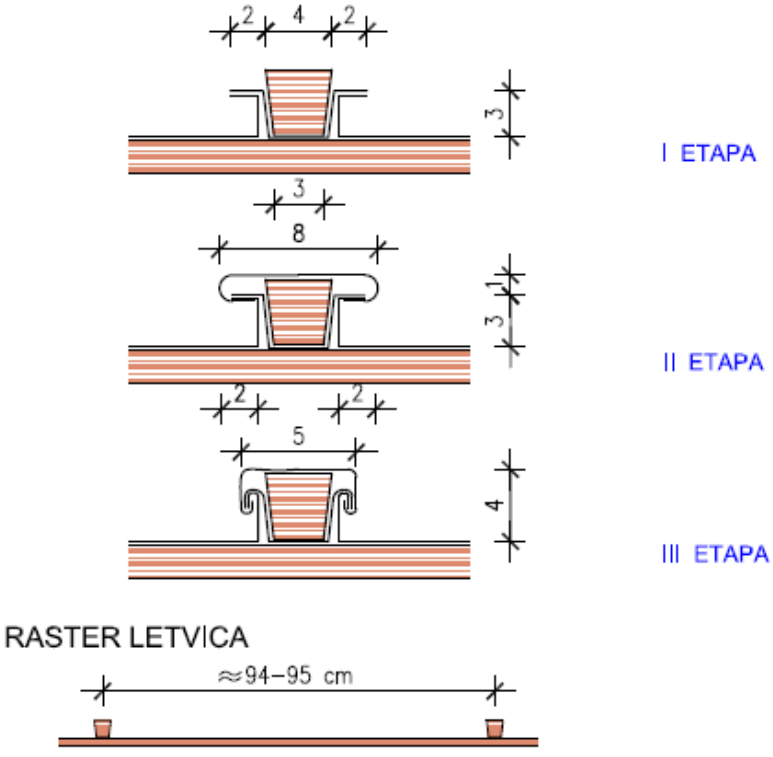
Lim od cinka skuplji je od čeličnog pocinčanog lima i osjetljiviji na temperaturne promjene. Zbog te osobine konstruktivni detalji veza moraju biti izvedeni na način da omogućuju "rad" limene ploče tj. njeno slobodno širenje i skupljanje. Kod ovakvih materijala primjenjuje se nekoliko načina pokrivanja limom, tzv. udarnim letvama.

U smjeru nagiba, krovne plohe ravne limene ploče spajaju se ležećim prijevojem. Između susjednih polja postavljaju se letve dimenzija 4/4 - 4/6 cm, pričvršćene ekserima za daščanu oplatu. Ovaj način pokrivanja naziva se njemački, francuski odnosno belgijski sistem pokrivanja limom. Kod francuskog i belgijskog sistema limene su kopče podvučene ispod letvi i uspravljene kraj njih. Kopče se previjaju preko uspravljenih rubova limova i dobiva se jednostruki prijevoj, ili dvostruki ako se sve još jednom previje. Zajedno s previjanjem kopči i limova previja se i limena traka koja pokriva udarnu letvu (Slika 3-11). Karakteristično za njemački sistem jest da se kopča pribija na gornju stranu letve. [2]





Slika 1.48. Spajanje ploča kod rebrastog pokrivanja



Slika 1.49. Rebrasto pokrivanje krova limom – detalji

1.5.4. POKRIVANJE KROVOVA PROFILIRANIM LIMOM

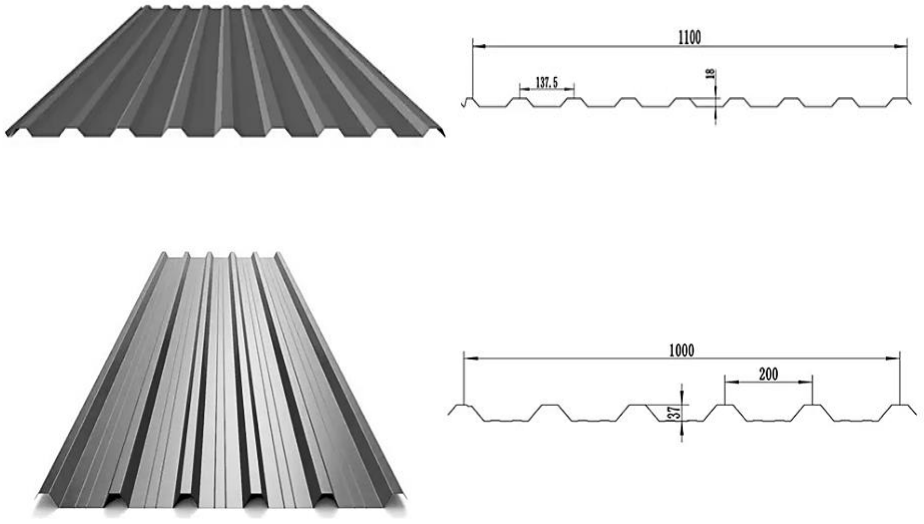
Profilirani limovi izrađuju se najčešće u vidu valovitih ploča, trapezno profiliranih limova i modernijih oblika limova profilisanih u vidu crijepa.

Valoviti i trapezno profilirani limovi dobar su izbor za pokrivanje objekata svih namjena, a naročito su pogodni za pokrivanje industrijskih / proizvodnih hala, gdje i nalaze najčešću primjenu.

Mogu biti:

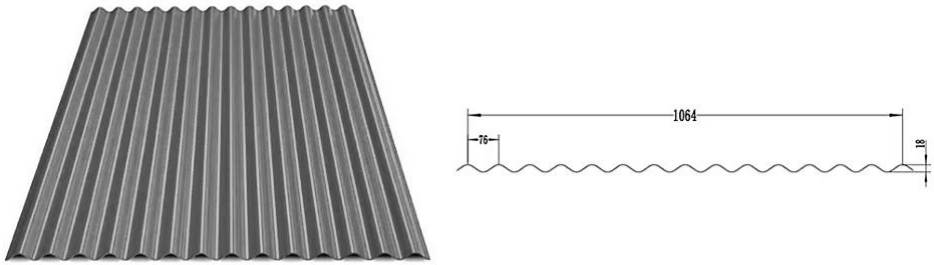
- čelični profilirani limovi (težina lima 4.5 - 10 kg/m²; dopušteni napon pri savijanju 140 MPa; modul elastičnosti 210 kN/mm²; dopušteni progib l/200; razmak potkonstrukcije 3.0-7.0 m) i
- aluminijski profilirani limovi (težina lima: 2.5 - 4.5 kg/m²; dopušteni napon na savijanje 65 - 85 MPa; modul elastičnosti 70 kN/mm²; dopušteni progib l/200; razmak potkonstrukcije 1.0-3.5 m).

Duboko profilirani limovi mogu premostiti i značajno veće raspone od blago valovitih pa je njihova primjena i češća.
Osnovna značajka trapezno profiliranog lima je izuzetna izdržljivost pri velikim opterećenjima. Trapezno profilirani lim proizvodi se s dodatnim ojačanjima u donjoj zoni lima, koja osim povećane čvrstoće stvaraju i bolji estetski dojam, tako da je trapezni lim odličan odabir. Trapezno profilirani lim se najčešće koristi za ekonomično pokrivanje krovova, oblaganje fasada ali se koristi i kao stropni lim.



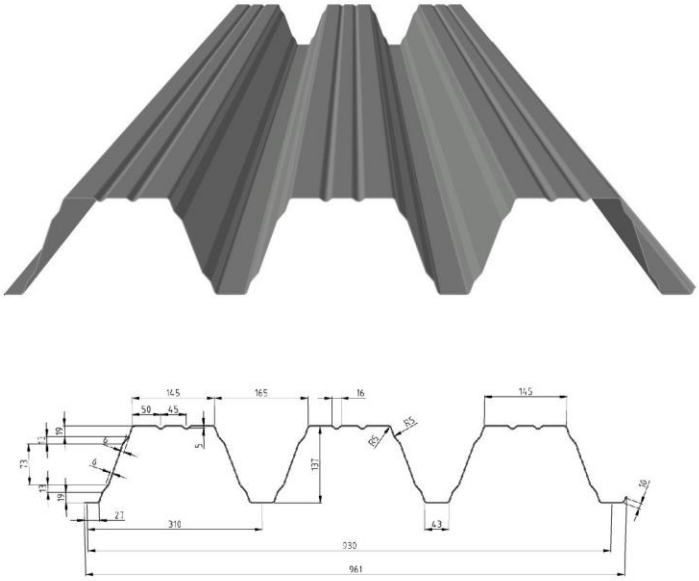
Čelični lim, pocinčan,
zaštićen temeljnom bojom
i PE lak bojom.
Debljina materijala: 0.45 – 0.60
Ukupna širina: 115.0 cm
Pokrivna širina: 1100 mm
Dužina: 30 – 900 cm
Težina: od 4.0 – 6.0 kg/m²

Slika 1.50. Čelični trapezni lim (TR18 i TR40)



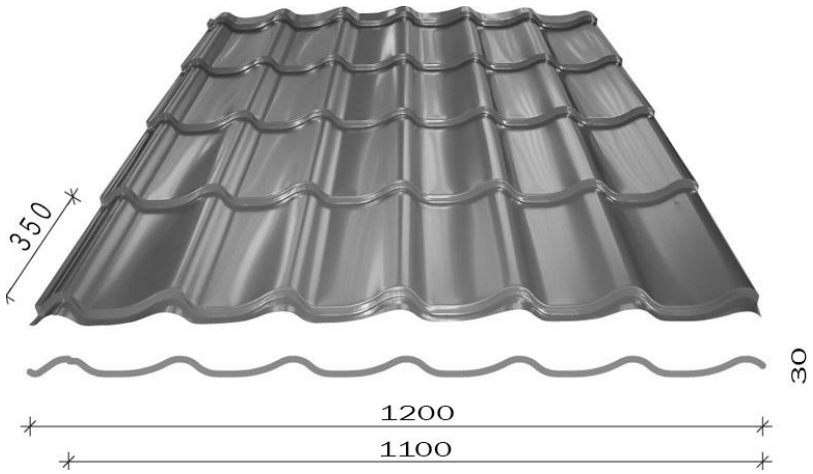
Slika 1.51. Sinusoidni valoviti lim

Valoviti ili sinusoidno profilirani lim proizvodi se od lima debljine 0.45–0.60 mm i prekriva se nanosom cinka ili legurom alu–cinka sa završnim slojem boje na bazi poliestera u debljini od 25 mikrona pa naviše.



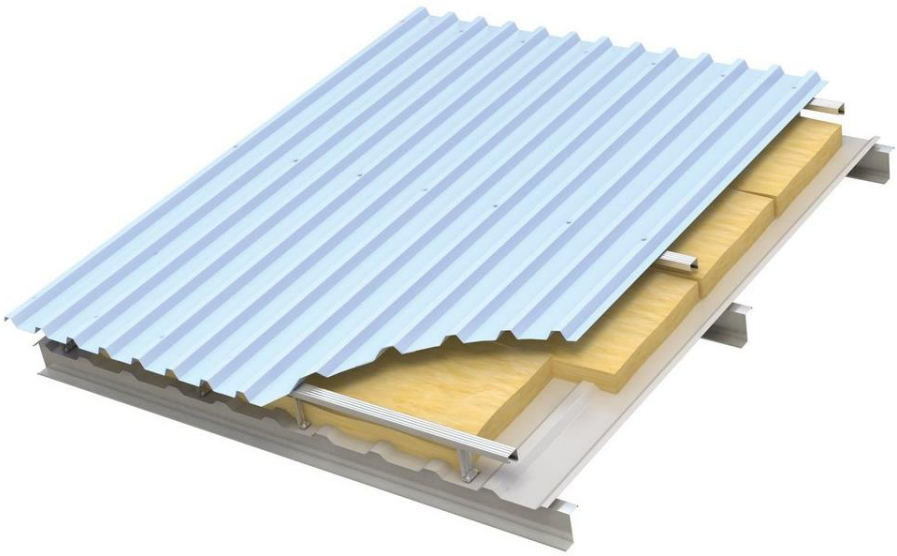
Slika 1.52. Visoko profilirani trapezni lim

Upotreba ovog limenog profila je široko rasprostranjena kao pokrovnog lima, ali i fasadnog lima. Ovisno o nagibu pokrova, preporučeni raspon potkonstrukcije je 0.50–0.80 m. Sa donje strane se može lijepiti filc u svrhu antikondenzacijske zaštite.
Dužine koje se proizvode su najčešće od 30 – 900 cm. Za dugačke krovne plohe, duže od 8.00 m, pokrivanje s jednom pločom nije preporučivo, moraju se upotrijebiti dvije ili više krovnih ploča sa preklopom od minimalno 15 cm. Mjesto poprečnog spoja se osigurava ljepilom ili brtvenom masom.



Slika 1.53. Profilisani lim u obliku crijepa

Lim u obliku crijepa visoko je kvalitetni pokrov, namijenjen za pokrivanje stambenih, poslovnih i pomoćnih objekata različite namjene i tipova krovišta.
Pokrov je svojim tehničkim, mehaničkim i hemijskim značajkama projektiran tako da je otporan na vrlo visoke i niske temperature, vjetar, led i buku.
Crijep ploče se rade od lima 0.45-0.60 mm debljine i prekrivaju se nanosom cinka, sa završnim slojem najčešće poliester boje u debljini od 25 mikrona pa na više.
Dužine koje se su od 80 – 800 cm. Standardna dužina crijepa je cca 35 cm ali na zahtjev kupca se može raditi od 18 – 120 cm. To je posebno korisno kod sanacija krovova gdje se ostavljaju stare nosive letve i konstrukcija.



SLOJEVI POKROVA

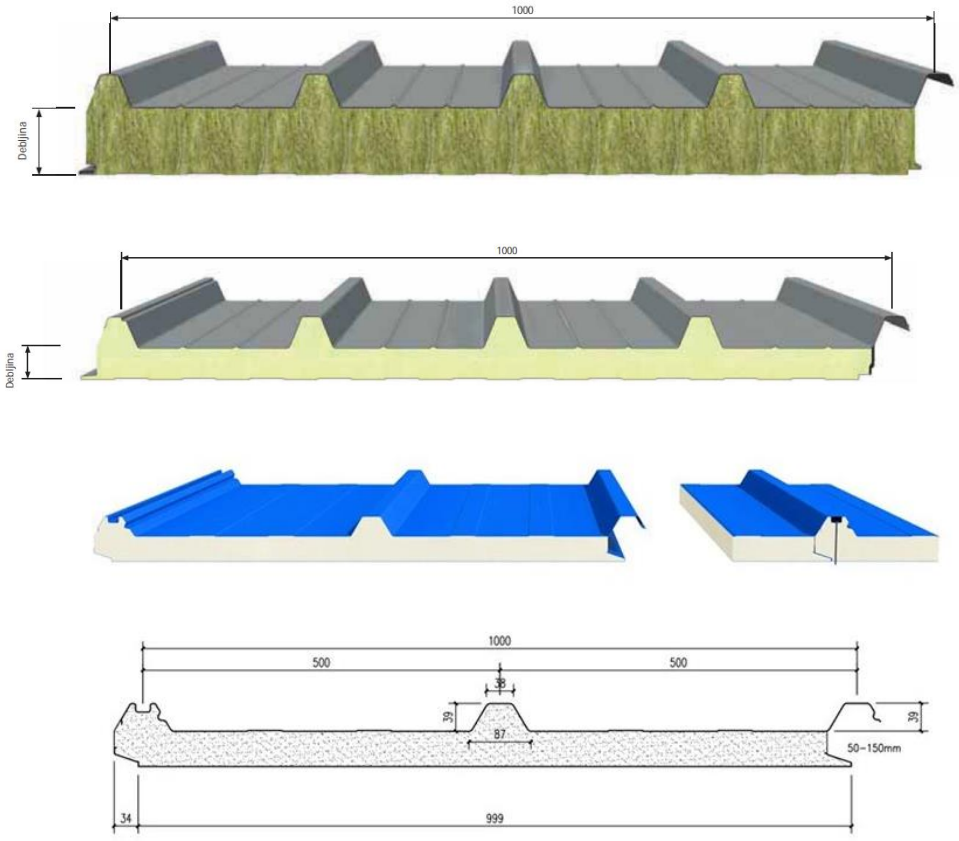
- Pokrovni trapezni lim
- Zračni sloj
- Potkonstrukcija –U, Z, L profil
- Termoizolacija (mineralna vuna)
- Z nosač - odstojnik
- Donji trapezni lim
- Sekundarni nosač Z profil

Slika 1.54. Slojevi pokrova s trapeznim limom

1.6. POKRIVANJE KROVOVA SENDVIČ PANELIMA

Sendvič panel se sastoji od jednog ili dva sloja profiliranog ili ravnog lima (ispod) između kojih je sloj termoizolacionog materijala.
Limovi mogu biti čelični i aluminijski, a središnji termoizolacioni sloj može biti:

- mineralna vuna MW,
- poliuretan PUR,
- poliizocijanurat PIR, isophenic IPN.



Slika 1.55. Vrste krovnih panela

Minimalni nagib krovnih ravni za pokrivanje panelima je 10,5 % (α = 6°).
Prema metalnoj oblozi razlikuju se:

- Aluminijski sendvič paneli, težine 15-20 kg/m^2, maksimalnog razmaka oslonaca potkonstrukcije 3.5 m.
- Čelične profilirane sendvič panele, težine: 25-35 kg/m^2, maksimalnog razmaka oslonaca podkonstrukcije 7.,0 m. [2]

Krovni termoizolacioni ili toplinskoizolacijski paneli dolaze u raznim širinama i debljinama, a standardna modularna širina iznosi 100 cm.

MW sendvič panel sa dvostranom metalnom oblogom, za krovove ,mininmalnog nagiba 7%, izolovan mineralnom vunom,

PUR sendvič panel sa dvostranom metalnom oblogom, za krovove mininmalnog nagiba 7%, sa poliuretanskom izolacijom.

PIR sendvič panel sa poliizocijanurat ispunom.
Poliuretanska pjena (PUR) i poliizocijanurat (PIR) su dvije srodne klase materijala sa zatvorenom ćelijskom strukturom. Ćelije se pune sredstvom za pjenjenje (plin) s niskim stepenom toplinske vodljivosti (0.022 W/(m°K)), što je niže i od toplinske vodljivosti zraka (0.025 W/(m°K).
Glavna razlika između PUR-a i PIR-a je u činjenici da je PIR otporniji na vatru. Njegova glavna odlika je polimerna termoreaktivnost.
Kad je izložen djelovanju vatre, na polimeru se formira porozna ugljenična matrica (nastaje zapaljenje i kosiranje vanjske površine izolacije), što sprječava

Paneli se najčešće sastoje od jednog plitkog i jednog duboko profiliranog, obostrano pocinčanog i obojenog čeličnog lima debljine 0.5 mm ili 0.6 mm. Lim je prilijepljen na jezgro panela od MW, PIR-a PUR-a ili IPN-a. Sva tri sloja čine kompaktan panel
debljine od 60 do 200 mm, koji osigurava potrebnu nosivost, toplinsku i zvučnu izolaciju te otpornost na
požar. Paneli imaju na površini prilijepljenu zaštitnu polietilensku foliju, čija je funkcija zaštita tijekom
prijevoza, skladištenja i ugradnje. Nakon završetka ugradnje, folija se odstranjuje. Dužina panela je do
14 m. Tehničke karakteristike na koje se najviše treba obratiti pažnja tiču se materijala ispune panela, pa se i izbor panela za pokrov najčešće vodi ovim osobinama.
Najvažnija karakteristika panela, između ostalih, je protupožarna otpornost, odnosno ponašanje panela u požaru.

Prema otpornosti na požar paneli se najčešće svrstavaju kao:

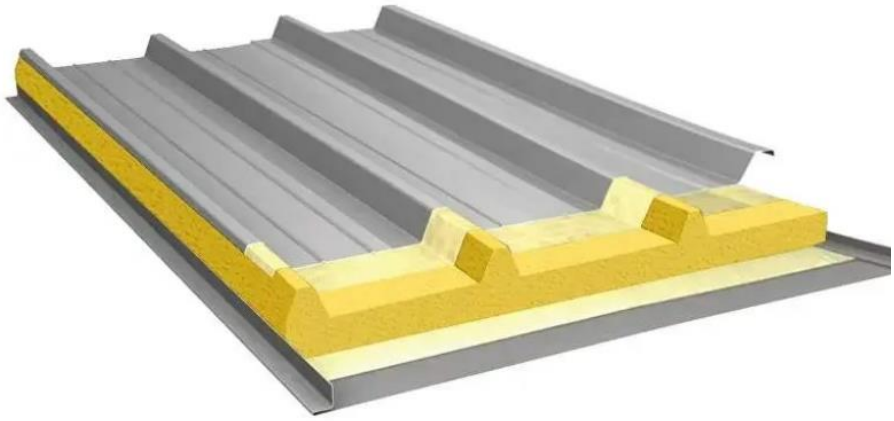
- REI 15 – REI 30 i RE 30 – RE 90 za IPN i PIR
- REI 60 do RE 180 za MW

Prema reakciji na vatru klasificiraju se prema EN 13501-1:2018 na:

- B-s1, d0 za isophenic – IPN i PIR
- A2-s1, d0 za mineralnu vunu – MW [2]

(Isophenic/ IPN je izolacijski materijal visokog indeksa od poliizocijanurata, proizođača Kingspan i veće otpornosti na požar od PIR –a.)

Od materijala ispune krovnih panela ovisi i njihova masa, a samim tim i cijena potkonstrukcije i nosive konstrukcije (zbog presjeka i količine elemenata, potrošnje materijala te ugradnje). Trajnost panela vezana je uz ponašanje materijala ispune, pa je tako kod mineralne vune zabilježeno njezino slijeganje (pojava toplinskih mostova), kao i gubitak toplinskih karakteristika s vremenom.
Prikladni su za poslovne, trgovačke, reprezentativne, kao i za industrijske građevine. Toplinsko-izolacijski paneli pričvršćuju se na krovne grede, koje su postavljene na određene razmake i ujedno čine nosivu krovnu konstrukciju.
Krovni paneli učvršćuju se na krovne nosive grede od čelika, drveta ili betona s ugrađenim čeličnim profilom minimalnih dimenzija 60/40/3 mm. U slučaju učvršćivanja u drvo najčešće se koriste lamelirani lijepljeni nosači, a ako je potkonstrukcija od masivnog drveta, potrebno je dodati lim.
Najmanji krovni nagib kod ovog krovnog pokrova je 3° (5%). Treba uzeti u obzir najveći dozvoljeni razmak između nosača.



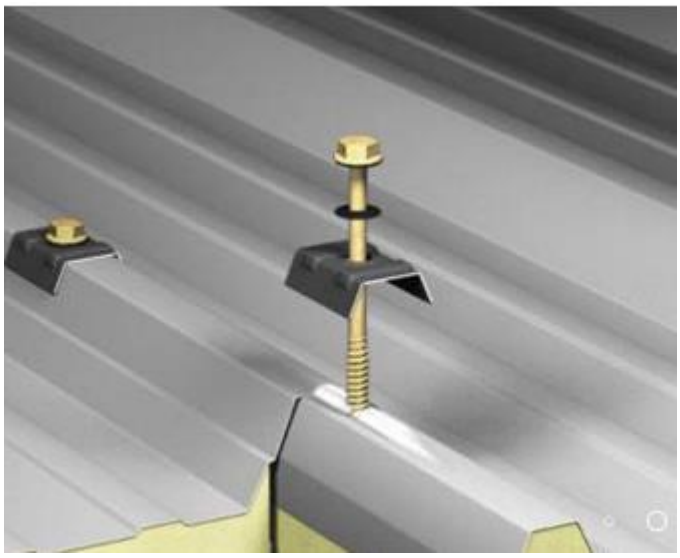
SLOJEVI PANELA

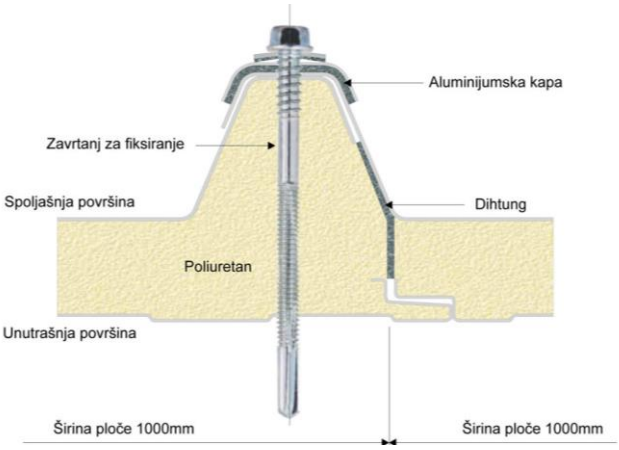
- Pokrovni trapezni lim
- Dvokomponentno ljepilo
- Termoizolaciona ispuna - jezgro
- Dvokomponentno ljepilo
- Donja/unutrašnja obloga

Slika 1.56. Sastav krovnog panela

Za pričvršćivanje panela u spoju smiju se koristiti isključivo vijci od nehrđajućeg čelika s podloškom Ø19 mm od nehrđajućeg čelika. Minimalna debljina vijka je 6.3 mm. Paneli se pričvršćuju na mjestima trapeza obaveznom upotrebom kopče s vijkom.

Slika 1.57. Spoj dva panela





Slika 1.58. Detalj pričvršćenja panela

Dužina vijka ovisi o debljini panela i vrsti potkonstrukcije. Posebnu pažnju treba posvetiti samom zatezanju, kako vijci ne bi bili premalo ili previše zategnuti. Prije postavljanja vijka na tom mjestu treba odstraniti zaštitnu foliju s panela. [2]
Termoizolacijski paneli se veoma često koriste i za oblaganje i formiranje zidova, naročito fasadnih, kod proizvodnih hala, hladnjača i sličnih objekata. Konstrukcije takvih zidova su obično roštilji od čeličnih ili aluminijskih profila.

Slika 1.59. Detalj krovnog i zidnog termopanela

1.7. POKRIVANJE KROVOVA KROVNIM PLOČAMA

Krovne ploče imaju vrlo široku primjenu, koriste se za pokrivanje svih vrsta građevina i na različitim potkonstrukcijama s velikim rasponom nagiba krova. Njihove su glavne karakteristike brzina izvedbe pokrova zbog većih dimenzija ploča i mala težina, što smanjuje opterećenje na nosivu konstrukciju. Proizvode se od različitih materijala, i razlikuju se:

- Vlaknastocementne ploče,
- Bitumenske ploče,
- Polikarbonatne ploče,
- PVC ploče i
- i metalne ploče.

Ove ploče na tržištu se pojavljuju u ravnom i valovitom obliku različitih dimenzija. [2]

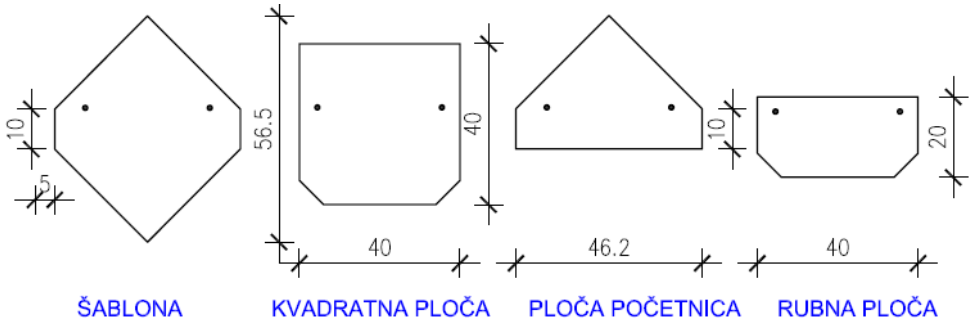
Vlaknastocementne ploče danas imaju veoma čestu primjenu kod arhitektonski reprezentativnih objekata, u oblaganju krovnih i fasadnih ploha. Ove ploče proizvode se od cementa armiranog vlaknima, koji je u neotvrdnutom stanju praktičan za oblikovanje, a u otvrdnutom stanju postojan u svim vremenskim uvjetima. Odlikuje ga visoka elastičnost, tvrdoća, paropropusnost, otpornost na požar, otpornost na koroziju, biološka otpornost i ekološka prihvatljivost jer

ne sadrži opasne hemijske spojeve. Ploče se proizvode kao ravne, valovite, perforirane ploče, sa površinskom strukturom ili ravne.

Slika 1.60. Detalj fasade objekta od vlaknastocementnih ploča Swissperal

Zbog širokog raspona površinskih obrada i boja pružaju velike mogućnosti u estetskom oblikovanju objekata.
Vlaknastocementne ploče odlikuje manja težina (u odnosu na crijep) što smanjuje opterećenje na konstrukciju, lako se obrađuju, a ugraditi se mogu na više načina što ovisi o veličini ploče, nagibu krova i vrsti potkonstrukcije.
Pokrivanje može biti jednostruko ili dvostruko. Dvostruki pokrov izvodi se u vodoravnim (na pola širine ploče) izmaknutim redovima od okapa prema sljemenu, tako da treći red preklapa prvi za 6-10 cm (ovisno o nagibu krova). Kod sasvim okomitih ploha preklop može biti 5 cm. Redovi su u uzdužnom smjeru međusobno izmaknuti za pola širine ploče.
Dijagonalni pokrov izvodi se kvadratnim pločama (obično 40x40 cm) s podrezanim bočnim uglovima. Redovi su pod uglom od 45° u

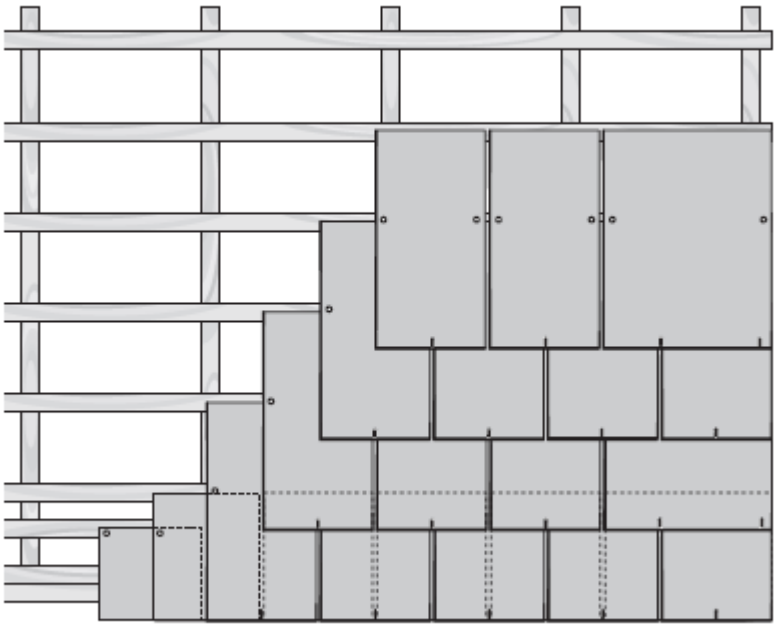
odnosu na strehu, a preklop ploča u jednom redu i redova međusobno iznosi od 6-10 cm. Za okapni i sljemeni red kao i za rubove koriste se fazonski (oblikovni) komadi



Slika 1.61. Ravne vlaknastocementne ploče – dimenzije elemenata

Ploče se pribijaju ili postavljaju pomoću kopči (kuka). Mogu se koristiti za nagibe krova od 15°, a u ponudi su i elementi koji omogućuju sva potrebna krovna rješenja (sljeme, greben, uvala, prodori i sl.) pa i prijelaz na fasadu s istom oblogom. Naravno, u svim tim slučajevima treba paziti na pravilnu izvedbu toplinske izolacije, tj. rješavanje spojeva i prijelaza te izvedbu ventilirajućeg sloja. Visina zračnog sloja ovisi o nagibu krova ali i o opterećenju snijegom i može biti od 40 do 100 mm.

Slika 1.62. Detalj pokrova ravnim pločama Swisspearl



Slika 1.63. Shema polaganja ravnih ploča na letvanu potkonstrukciju

Od veličine ploče ovisiće razmak potkontrukcije, ali je princip jednak pokrivanju crijepom. To se odnosi na sve slojeve pokrova, termičke i hidroizolacije krova itd. Jednako kako je kod pokrivanja crijepom najpovoljnije rješenje u varijanti vetiliranog krova i kod pokrivanja vlaknastocementnim pločama najčešće se izvodi ovaj tip pokrovne konstrukcije.

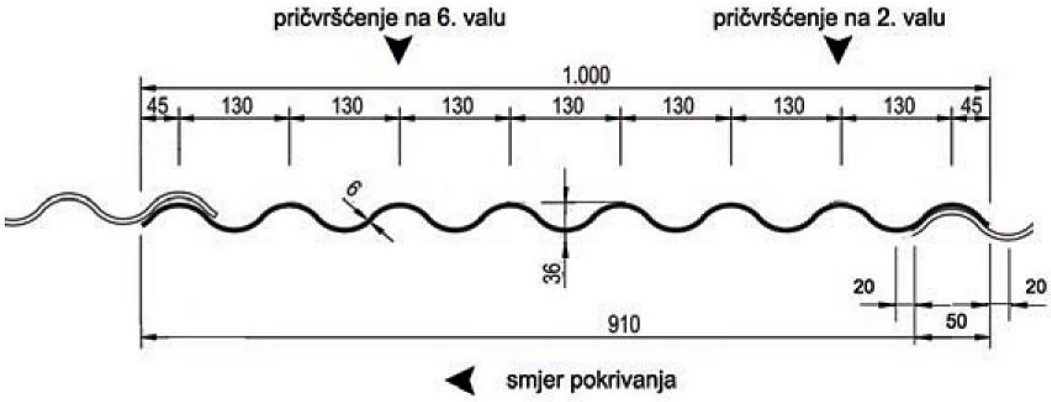
Pokrov valovitim, ravnim i lučnim pločama može se izvesti na različitim vrstama krovnih konstrukcija-drvenim, čeličnim ili betonskim. Krov može biti izveden kao ventilirani ili neventilirani. Valovite ploče mogu biti proizvedene iz različitih materijala (eternit ploče, bitumenske ploče, akrilne, polikarbonatne, PVC, poliester) za objekte različitih namjena.

Vlaknastocementne valovite krovne ploče (danas se koriste umjesto tzv. salonit ploča koje sadrže po ljudsko zdravlje štetan azbest) odlikuju se karakterističnim poprečnim presjekom koji osigurava veliku čvrstoću na savijanje i dobru nosivost, a mala težina omogućuje uštedu kod dimenzioniranja nosive konstrukcije. [2]

Ugradnja je brza i jednostavna, a uz pridržavanje uputa proizvođača koje se odnose na ugradnju, dužine preklapanja, upotrebu spojnih sredstava i dodatnih elemenata osigurava se trajnost i postojanost pokrova.

Ove ploče, koje se često nazivaju proizođačkim nazivom Eternit ploče otporne su na temperaturne promjene i djelovanje hemijskih i bioloških utjecaja, kao i na požar.

Slika 1.64. Detalj pokrova i fasade od valovitih vlaknastocementnih ploča, arhitekt DI Bettina Brunner-Krenn



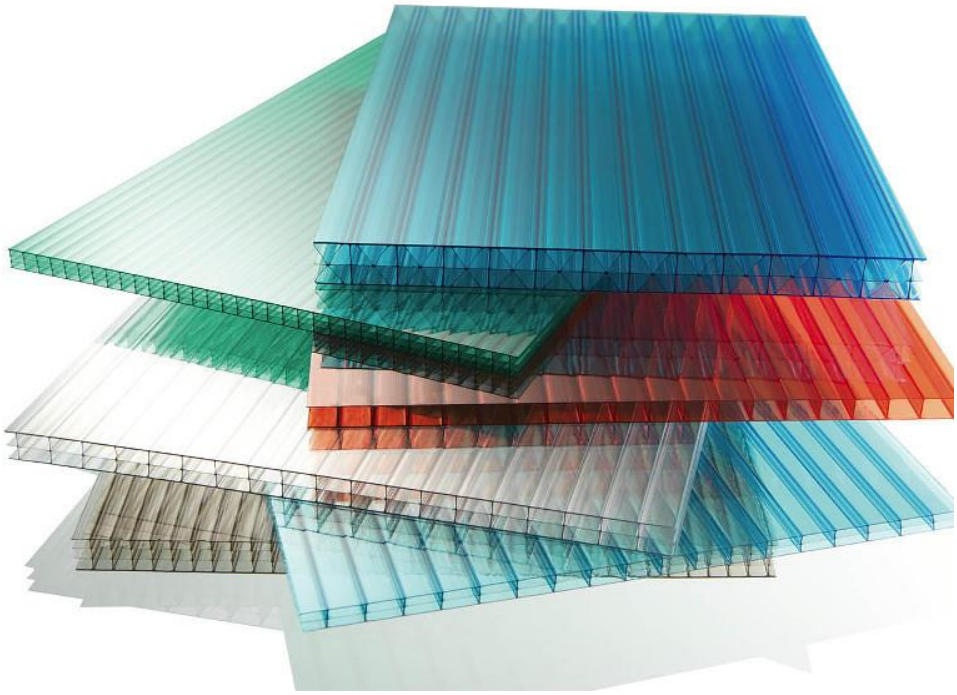
Slika 1.65. Detalj preklapanja valovitih ploča

Pokrivanje ravnim ili valovitim pločama od drugih materijala kao što su bitumenske ploče, ploče od polikarbonata, akrila, PVC-a i sl. odlikuje jednostavnost ugradnje i mala težina pokrova pa se one najčešće koriste u slučajevima kad se zahtijevaju ove karakteristike. Najčešće se proizvode kao prozirne ili djelimično prozirne ploče u dva oblika vala, sinusnom i trapeznom. Koriste se za zatvaranje svjetlarnika, nadstrešnica, industrijskih objekata i različitih pomoćnih građevina, a mogu se koristiti i u spoju s drugim materijalima i to za sanacije, brzo zatvaranje objekta ili kao providne ploče za osvjetljavanje prostora

Slika 1.66. Detalj savijene polikarbonatne ploče

Polikarbonatne ploče se zbog svoje savitljivosti mogu oblikovati u razne zakrivljene plohe - lukove i to u hladnom stanju, pri čemu treba obratiti pažnju na minimalni dozvoljeni polupreč nik savijanja koji se mijenja ovisno o debljini ploče (npr. ploče debljine 6 mm imaju minimalni dozvoljeni polupreč nik savijanja 100 cm, a debljine 10 mm - 150 cm).
Polupreč nik ovisi i o strukturi i broju komora višeslojnih ploča. Ploče mogu imati od jedne do šet komora, s različitom strukturom ispuna

(od kvadratnih, X struktura, Q struktura pa sve do saćastih struktura). O tim strukturama ovisi i njihova toplinska izolacija i svjetlosna propusnost. [2]



Slika 1.67. Polikarbonatne saćaste ploče "Lexan"

Izbor debljine ploča ovisi o opterećenju koje stvaraju snijeg i vjetar i o dimenzijama same ploče. Na tržištu postoje brojni patentirani sustavi za ugradnju ovih ploča, bez obzira jesu li pune ili višeslojne. Često se ugrađuju na drvene ili metalne nosače s aluminijski pokrovnim profilima i integriranim brtvama (neoprenskim, gumenim ili /i silikonskim).

1.8. LIMARSKI RADOVI NA KROVOVIMA

Građevinska limarija podrazumijeva izradu i montažu završnih elemenata od crnih i obojenih limova na objektima visokogradnje npr. oluka, opšava, pokrova i drugih limova.
Limarski radovi se dijele na:

- pokrivanje krovova limom,
- izradu proizvoda od lima (limenih opšava, prozorskih klupica, žlijebova ili oluka, odvodnih cijevi i sl).

S obzirom da je ranije u ovom poglavlju obrađen dio limenih pokrova, ovdje se razmatra dio limarskih radova koji se tiče izrade

opšava, oluka i drugih karakterističnih elemenata od lima na krovovima.

Vrste limova i legura:

- Čelični ili crni lim izrađuje se sa zaštitnim slojem drugog metala najčešće cinka, rjeđe bakra, olova ili selena. Osim metalnim, čelični se lim može zaštititi i nemetalnim (emajl, silikati i sl.) ili organskim slojem (katran, asfalt, guma ili plastika).
- Pocinčani čelični lim je čelični lim prevučen slojem cinka debljine oko 0.065 mm. Ima veću čvrstoću, manje "radi" na temperaturnim oscilacijama i jeftiniji je od lima od cinka, olova i aluminija. Nedostatak mu je lako pucanje opne, osobito na prijevojima.
- Cinčani lim je srebrne boje jakog sjaja, čvrstoće za polovicu manje od čelika, jako dilatira (3 x više od čeličnog), a oksidira u cinkov oksid mutno sive boje koji ga zaštićuje od daljnje oksidacije. Propada od utjecaja svježeg, cementa i ustajalog zraka, čađi i solne kiseline, te je potrebna zaštita nakon 1 godine, i to premazom uljnom bojom. Primjenjuje se za pokrove, prozorske klupice, žljebove i sl. Danas se sve više koriste legure, kao što je titan cink, proizvedene s trajnom izvedbom zaštite lima. Proizvode se u pločama površine 100×200 mm i debljine od 0.3 - 0.8 mm.
- Bakreni lim je žuto smeđe sjajne boje, veće čvrstoće i tvrdoće, postojan na atmosferilije i zato je najbolji lim, ali i najskuplji. Oksidira u bakrenom oksidu ili hidroksidu koji ga čuva od daljnje korozije, a propada od unutarnje korozije elektrolize. Kako bi se zaštitio, potrebno ga je na betonskoj ili daščanoj podlozi odvojiti slojem krovne ljepenke, te koristiti materijal iste elektronegativnosti. Primjenjuje se za pokrove, žljebove i opšave, a proizvodi se u pločama površine 100×200 cm, i debljine 0.1-3.0 mm.
- Olovni lim je tamno sive boje, mekan, vrlo težak i skup, oksidira u olovnom oksidu koji ga čuva od daljnje korozije, a propada od utjecaja cementa i svježeg vapna. Kako bi se zaštitio, potrebno ga je na betonskoj podlozi odvojiti slojem krovne ljepenke. Primjenjuje se za pokrove, te za hidroizolaciju od podzemnih voda. Proizvodi se u trakama širine 100 cm, dužine 1000 cm (role) i debljine 1.0 - 6 mm za građevnu limariju.
- Aluminijski lim ne dolazi u prirodi kao čisti metal, već se dobiva preradom iz boksita i to u dvije faze: iz boksita se dobiva čisti aluminijev oksid (glinica), iz kojeg se elektrolizom dobiva aluminij. Aluminij je lagan i mekan metal, na zraku oksidira i prevlaka ga štiti od daljnje

korozije. Oksidna prevlaka teško se skida i topi se tek kod 2000 °C. Od vapna i cementa propada. Kako bi se zaštitio, potrebno je između betonske podloge i lima postaviti sloj krovne ljepenke, te lim umjetno oksidirati kemijskim putem i elektrolizom. Kao čisti metal malo se primjenjuje jer je mekan i male čvrstoće, pa se primjenjuje najviše u obliku legura i to za pokrove, žljebove, dilatacijske trake, prozore i sl. Proizvodi se u obliku ploča 200×100 cm debljine 0.10-0.30 mm i svitaka / rola širine 60 cm i dužine do 5 m. [2]

Spojevi limova izvode se na više načina, a najčešće:

- lemljenjem,
- previjanjem,
- lijepljenjem,
- preklapanjem i
- zakivanjem.

Lemljenje je spajanje limova u toplom stanju pomoću zagrijavanja drugog metala koji ima niže talište od limova koji se spajaju. Na metalnom šavu - spoju stvara se legura. Lemljenje se primjenjuje kada je potrebno izraditi čvrstu i nepropusnu vezu za vodu.
Previjanje je najjednostavnije spajanje limova koje se sastoji u previjanju jednog lima preko drugog, ili obaju limova zajedno. Izrađuju se kao jednostruki ili dvostruki, sa stojećim ili ležećim prijevojem o čemu je ranije bilo riječi. Spajanje limova previjanjem predstavlja ujedno i dilataciju jer limovi mogu nesmetano "raditi". Lim se pričvršćuje za podlogu sponama (hafterima) ili podvezicama koje moraju biti od istog materijala kao i limovi; to su trake širine 30-40 cm koje se zakivaju s po dva čavla. Spone mogu biti raznih oblika. što ovisi o njihovom položaju.
U novije vrijeme limovi se lijepe posebnim plastičnim ljepilima koji se premazuju preko spoja i prešaju. Lijepljenje se može izvoditi vrućim ili hladnim postupkom.

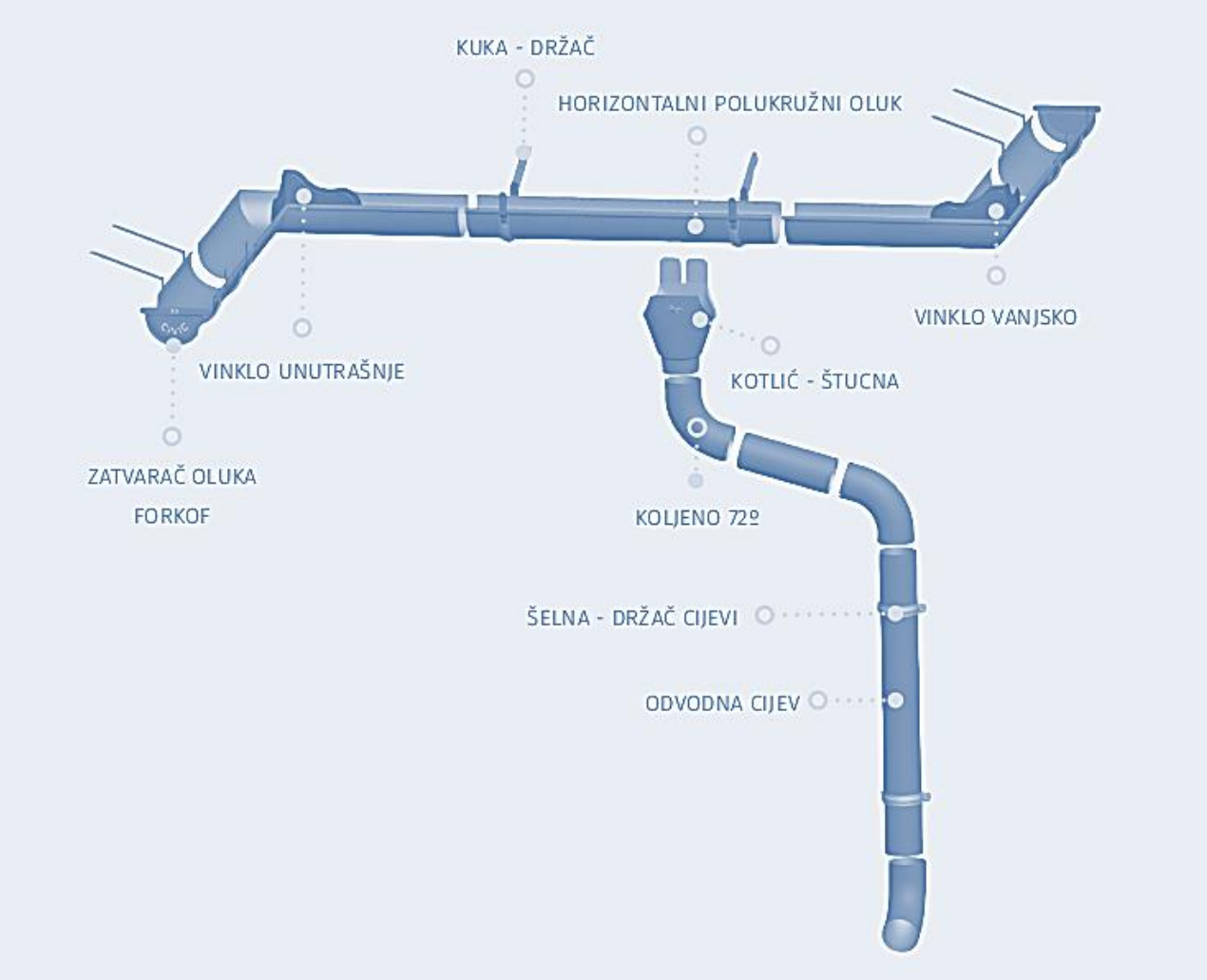
Preklapanje se obavlja samo kod valovitih limova.
Zakivanje podrazumijeva sastavljanje dva lima pomoću zakovica izrađenih od istog materijala kao i limovi.
U zgradarstvu se ovo rijetko primjenjuje, odnosno tamo gdje se ne traži vodonepropusnost. Najčešće na podgledima ploha obrađenih limom iz sigurnosnih razloga, gdje lim ne dolazi u doticaj s vodom. [2]

1.8. 1. ELEMENTI GRAĐEVINSKE LIMARIJE NA KROVOVIMA

Zadatak limarskih opšava na krovu je zaštita dijelova krova izloženih padavinama na kojima se iz bilo kojih razloga ne može potpuno postaviti krovni pokrov.
Od lima se izrađuju:

- opšavi kojima se štite dijelovi zidova,
- horizontalni oluci ili žlijebovi za odvodnju vode s krovne plohe,
- vertikalne odvodne cijevi,
- ventilacione cijevi,
- cijevi za oduške itd.

Cilj izrade i ugradnje svih ovih elemenata je spriječavanje prodora vode u objekat i dijelove konstrukcije.



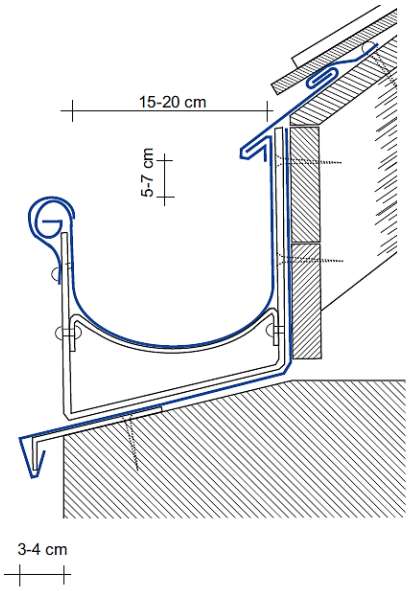
Slika 1.68. Sistem odvodnje oborinskih voda

Krovni oluci ili žlijebovi izgledom podsjećaju na dugačko i usko korito. Minimalna kosina pod kojom se krovni oluci mogu postavljati

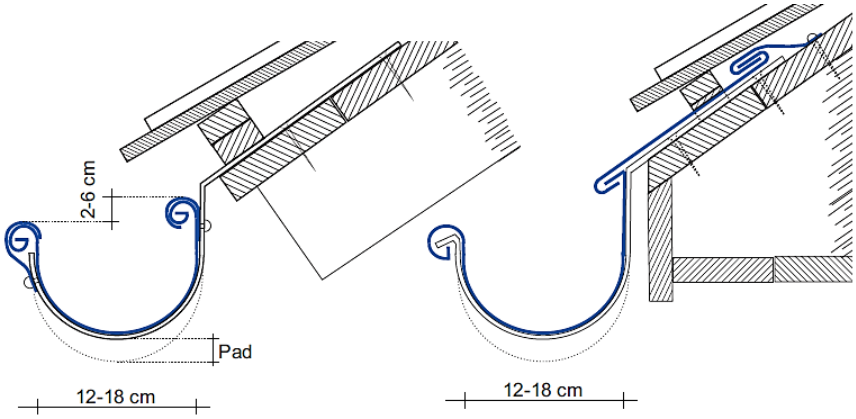
iznosi 0.5 % do 2 % (ako je npr. krovni oluk dug 10 m, vrijednosti od 0.5 % odgovarala bi visinska razlika od 5 cm s obzirom na cijelu dužinu oluka). Krovni se oluci na krovnu konstrukciju pričvršćuju različitim držačima, a u pravilu se ovi držači postavljaju s gornje strane krovne grede. Kada se cijelom dužinom krova postavljaju izrazito dugi oluci, u tom se slučaju pojedini elementi međusobno spajaju postavljanjem jednog preko drugog, povezuju veznim elementima, ili proširuju na drugi način. Oluk se s olučnom cijevi spaja pomoću posebnog veznog elementa. Tačna širina odnosno poprečni presjek oluka prije svega ovisi o nekoliko elemenata: profile olučnih cijevi, količini padavina, odnosno količini oborinske vode i snijega koji se tokom godine odvodi i, naravno, ukupnoj površini krova. [2]

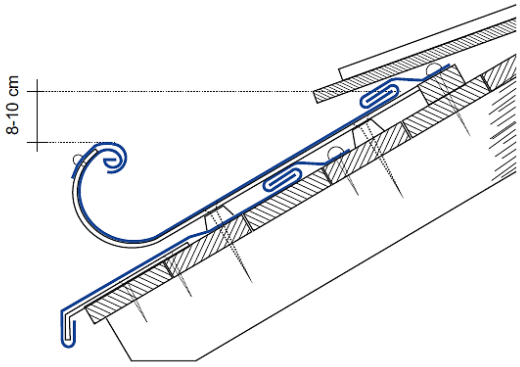
Prema mjestu ugradnje, na krovu oluci se dijele na:

- viseće oluke,
- ležeće oluke i
- stojeće oluke.



Slika 1.69. Stojeći oluk





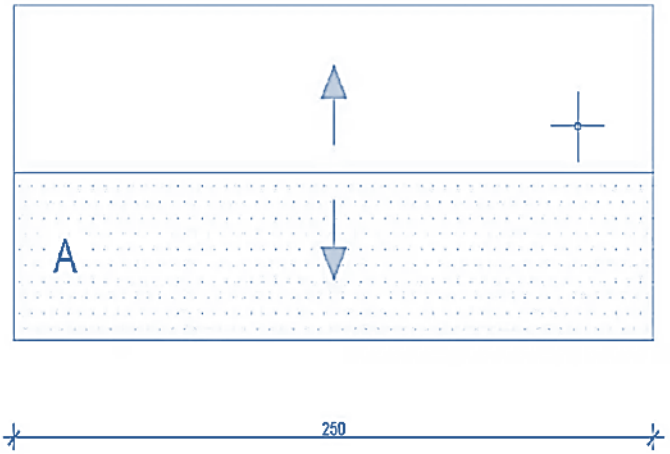
Slika 1.70. Viseći i ležeći oluk

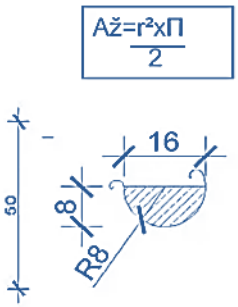
Prema obliku oluci mogu biti: polukružni, pravougli i klinasti. Izrađuju se od čeličnih najčešće pocinčanih limova, bakarnih i aluminijskih limova.

Oluke je moguće dodatno zaštititi posebnim mrežicama s gornje strane i na taj način spriječiti ulazak lišća i ostale prljavštine.

Veličina oluka određuje se računski prema najvećoj slivnoj površini krova: za 1.0 m^2 krovne površine uzima se 0.8 – 1.0 cm^2 površine presjeka oluka.

Bolji su polukružni oluci s padom 0.5 %; pravougli oluci imaju pad 0.8 – 1.0 %, a vodoravni oluci su dužine 1.0 ili 2.0 m, što ovisi o načinu krojenja ploča. Komadi od 1 ili 2 m sastavljaju se u radionici na dužinu od 4 - 5 m, a preklopi veličine 3 cm zakivaju se i leme.





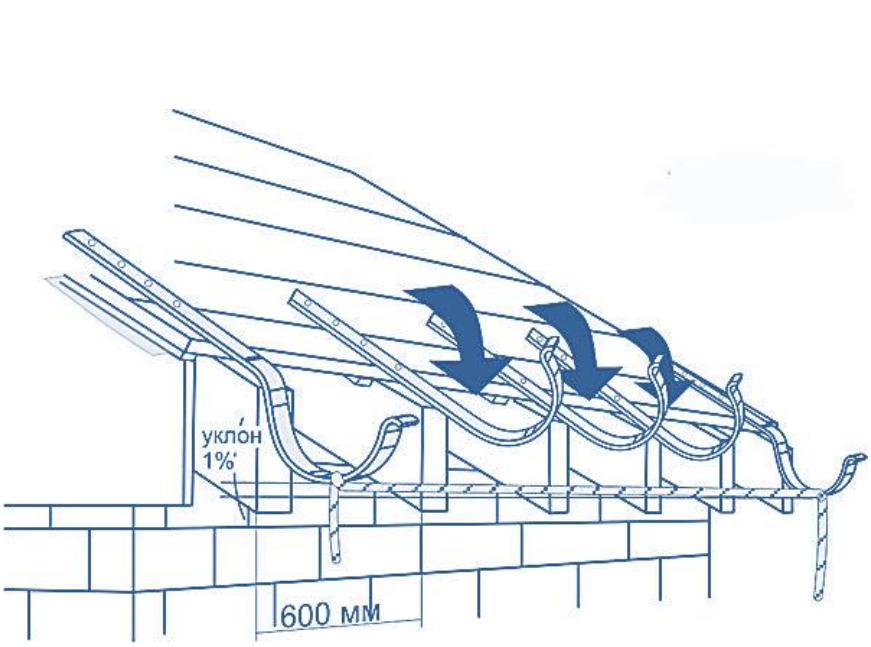
Ak = 25x5 = 125m ² – površina krova
Až = 0.8x125=100.0 cm²- površina žlijeba·

$$100 = \frac{r2\ \pi}{2}$$

r= √64
r = 8cm -u praksi veoma rijetko, pa se usvaja r < 10 cm, najčešće r = 14 cm, 16 cm i 20 cm.
Proračunata vrijednost žlijeba u presjeku se povećava za cca 20% radi taloga.

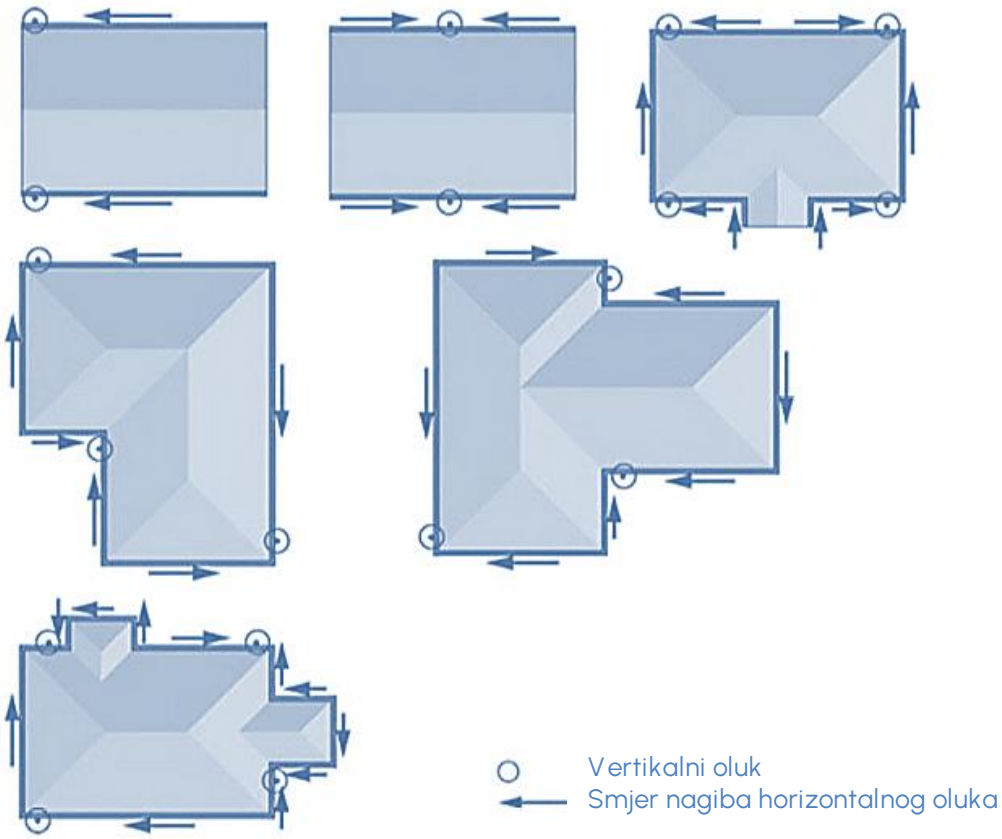
Slika 1.71. Proračun veličine oluka

Oluk se postavlja na kuke od plosnog pocinčanog čelika 25/6 cm koje se pričvršćuju ekserima za rog ili daščanu oplatu krova.



Slika 1.72. Kuke za vješanje oluka

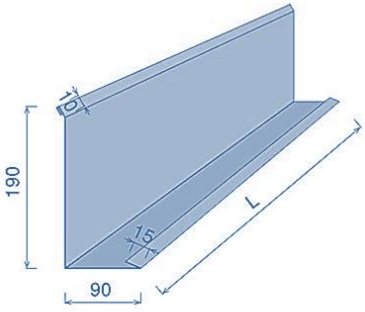
Vertikalne olučne cijevi, odnosno odvodne cijevi primaju vodu iz horizontalnih žlijebova i mogu biti okruglog ili četvrtastog presjeka.
Veličina vertikalne cijevi odgovara 2/3 presjeka horizontalne olučne cijevi, odnosno žlijeba.
Vodu odvode u kanalizaciju ili cisternu i slobodno otiču izvan zgrade. U radionici se oluci po visini sastavljaju na svakih 1-2 m, preklapaju se po 5 cm i leme. Na gradilištu se sastavljaju na svaka 4 m i preklop je veći. Kod dilatacije preklop je veći za cca 8-10 cm, bez lemljenja.



Slika 1.73. Pozicije vertikalnih oluka/odvodnih cijevi ovisno o tlocrtu krova

Opšavi se koriste se za zaštitu građevinskih dijelova na svim otvorenim vanjskim površinama zidova, prozorskih klupica, dilatacija na zgradama, završecima nadzitka na ravnim krovovima, uz atike ili dimnjake i ostale prodore na krovu.

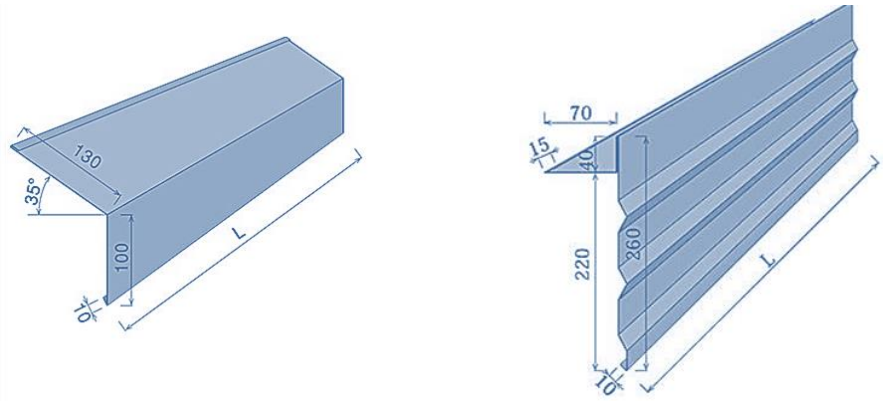
Limeni opšavi koriste se kao završetak pokrova. Glavni im je zadatak spriječiti ulazak vjetra ispod strehe i oštećenje krova. Također služe i kao zaštita vanjskog roga i osiguranje nepropusnosti vode na završetak pokrova, a ujedno imaju i estetsku ulogu. Izrađuju se u dvije varijante: lajsna (rubna letva) ispod lima i lajsna (rubna letva) preko lima.
Lim se u načelu ne bi trebao bušiti s gornje strane. Pričvršćivanje lima za podlogu obično se obavlja preko traka od jačeg lima iste vrste (radi elektrolize).



Slika 1.74. Zidna lajsna

Zidna lajsna (rubna letva) ima nekoliko uloga; zaštite zida na mjestima gdje krovni lim dolazi do zida, sprječavanja prodora vode u unutrašnjost objekta te odvoda vode do oluka. Zidna lajsna se, ovisno o tipu, ugrađuje prije ili nakon ugradnje krovnog lima.

Oluk lajsna koristi se za kvalitetno usmjeravanje vode s pokrova u oluke.
Kod limenih pokrova, njena je svrha spriječiti podvlačenje vode pod strehu kako bi otjecala u oluk, pogotovo kod krovova koji imaju manji nagib (kosinu)



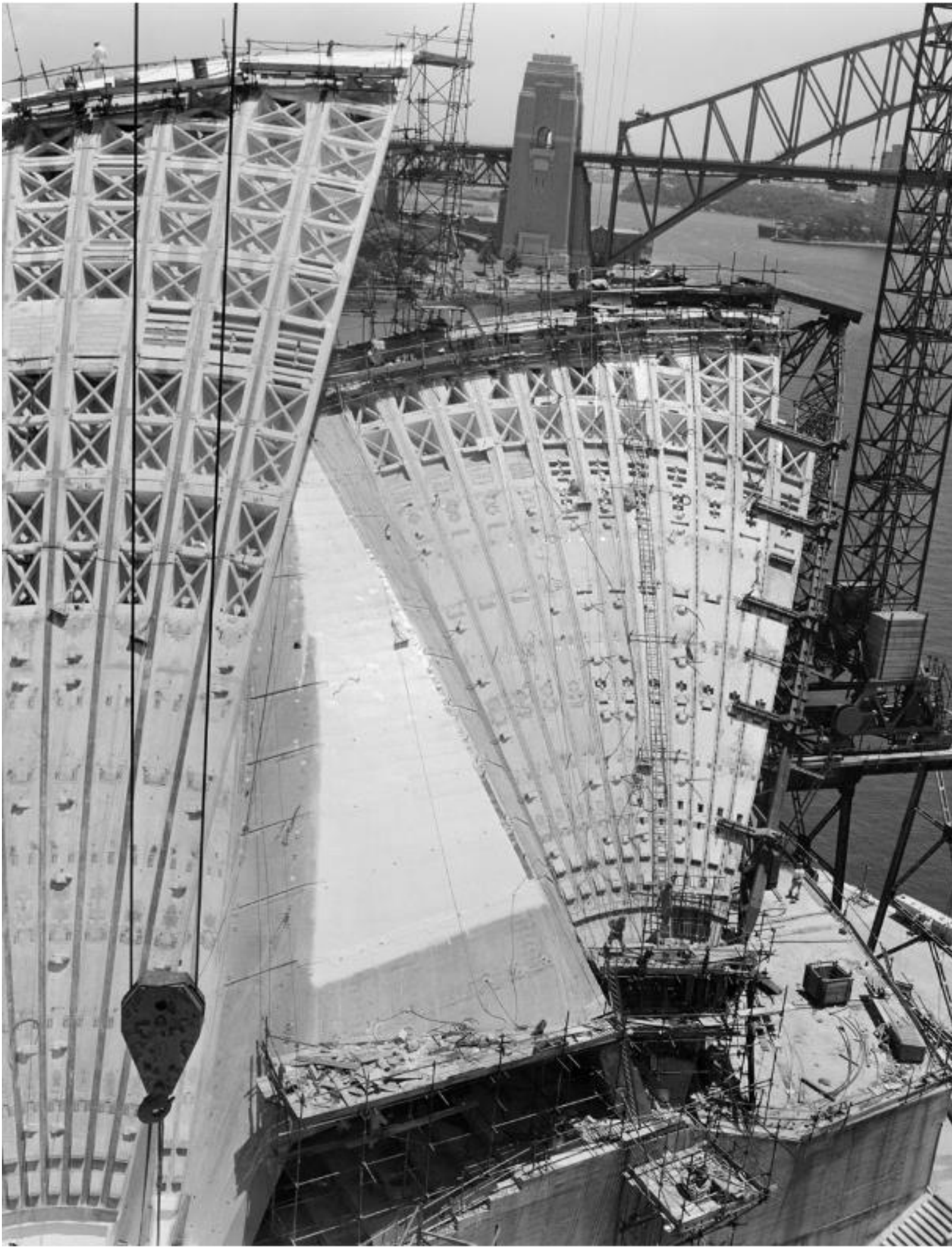
Slika 1.75. Oluk lajsne

Slika 1.76. Vjetar lajsna

Vjetar lajsna se koristi se kao završetak krovne plohe. Glavni joj je zadatak da spriječi ulazak vjetra ispod strehe i ošteti krov. Također služi i da zaštiti vanjski rubni rog od atmosferilija. Profilacijom i formom je slična oluk lajsnama.

Slika 1.77. Pokrov Opere u Sydneyu

Krov Sydneyske opere ima čak 1.056.000 glaziranih granitnih pločica uvezenih iz Švedske. Iako je zbog konstrukcije objekta moralo zbiti predviđeno samočišćenje ovih ploča, one i dalje zahtijevaju održavanje i zamjenu. Suptilni "chevron" uzorak sjajnih i mat bijelih i krem pločica proizvođača "Höganäs AB" daje posebnan efekat ovom krovu. Ove keramičke pločice su otporne na gljivice, a bojom reflektiraju nebo i sunčevu svjetlost, naglašavajući dodatno impresivnu arhitektonsku formu.



2. FASADE

Riječ fasada potiče od francuske riječi façade, i talijanske facciata, koja je pak derivat iz latinskog, od riječi facies, što znači izgled. Fasada je, danas, ustaljen naziv za vanjski, vidljivi dio neke građevine, odnosno sistem vanjske ovojnice objekta.
Ranija svrha fasada je bila isključivo estetska, pa su fasade ili pročelja zgrada bile bogato ukrašene elementima duboke plastike, lukovima, reljefima i profilacijama. Fasade su se u nekim umjetničkim pravcima, (u baroku npr.), zasnivale na pretjeranoj dekorativnosti, na granici kiča.

Slika 2.1. Detalj fasade dvorca Versailles u Parizu

O utilitarnoj ulozi fasade na objektima počinje se razmišljati dosta kasnije, s pojavom funkcionalizma u arhitekturi, ali i tada je vanjska ovojnica uvelike zapostavljena, naročito na našim područjima. Tek krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih godina prošlog vijeka počinje se shvatati važnost oblaganja vanjskih zidova termoizolacionim materijalima radi uštede energije. Danas se pod fasadnim sistemom podrazumijeva niz slojeva kojima je obložen vanjski zid objekta, kojima se osigurava toplotna izolacija objekta, produžava njegova trajnost, te time i štiti konstrukcija od naprezanja uvjetovanih promjenama temperatura.
Principijelno, pod izradom fasade smatra se obavezno postavljanje tarmoizolacionog sloja, koje je danas definirano i zakonima o građenju.

Toplinski (termički) dobro izoliran objekat je onaj na kojem nema prekida termoizolacije na vanjskim zidovima, niti posljedične pojave kondenzacije na unutrašnjim površinama zidova, ugodan za boravak korisnika sa minimalnim troškovima za grijanje i hlađenje objekta.
Termički izolirane fasade omogućuju:

- zdravu i ugodnu klimu stanovanja,
- uštedu na računima za grijanje i hlađenje,
- povećanje energetske efikasnosti objekta i

- veću cijenu (vrijednost) objekta.

Dobar vanjski zid treba osigurati toplinsku, difuzijsku, zvučnu i protupožarnu zaštitu objekta.

2.1. VRSTE FASADA

Podjela fasadnih sistema ovdje će se razmatrati s aspekta materijala od kojih je fasada izrađena, načina izgradnje i slojeva koji čine ukupni fasadni sistem.

2.1.1. KLASIČNE FASADE

Klasične fasade su fasade od krečno-cementih maltera. Ovakva fasada nema funkciju toplinske izolacije, nego je njena jedina svrha zaštiti zidove od vanjskih atmosferskih utjecaja, kao i estetska funcija. U prošlosti ovo je bio jedini način izrade fasada.
Krečno–cementne fasade se rade tako da se na čistu površinu zida prvo nabaci cementni špric uz jako mali udio kreča zbog lakše izrade, nakon toga se na zidu izvode vodilice od maltera (fašne) koje služe majstorima za ravnanje nabačene žbuke koja se radi od kreča, cementa i pijeska. Ovo je grubo žbukanje ili malterisanje.
Na grubu žbuku nanosi se fini sloj žbuke od krečnog maltera, zaglađuje se gladilicama i nakon sušenja povšina je spremna za nanošenje završnog sloja, tj. plemenite žbuke. Najčešći završni sloj kod klasičnih fasada je mineralna plemenita žbuka, koja dolazi pakovana u vrećama 25-40 kg i mješa se na gradilištu. Kod obojenih žbuka jako je važno pravilo dozirati uvijek istu količinu vode.

Slika 2.2. Detalj termožbuke

Toplinska vodljivost (λ) ili toplinska provodnost je fizikalna veličina koja opisuje kako toplina prolazi kroz tvari. Ovisi o vrsti, strukturi, gustoći, vlažnosti i temperaturi tvari i određuje se eksperimentalno.

2.1.2. FASADE S TERMOŽBUKOM

Termožbuke ili toplinske žbuke su industrijski proizvedene suhe žbuke. Sastavljene su od hidrauličnog veziva (cement i hidratizirani kreč), laganog agregata i aditiva. Imaju manju gustoću od obične žbuke što znači da imaju bolju toplinsku vodljivost (λ~0,1 W/ mK). Nanose se u sloju debljine 4-6 cm. Nanose se ručno ili mašinski. Završna obrada je mineralna, silikatna ili akrilna završno dekorativna fasadna žbuka. Ove fasade ne treba miješati s termofasadama, odnosno sistemima koji uključuju termoizolacioni sloj i odvojeni sloj žbuke.

2.1.3. TERMOFASADE – *ETICS SISTEM*

Termofasade, danas najčešće u upotrebi, su fasade koje, uz estetski zadatak, imaju i zadatak toplinske izolacije. Ovaj fasadni sistem zimi spriječava gubljenje toplote iz objekta, a ljeti spriječava da toplina ulazi u objekt.
Ovakava fasada može donijeti i do 40% uštede na troškovima hlađenja i grijanja, a uz to daje i ugodan boravak u objektu. Uz svoje toplinske karakteristike, ovakva fasada ima i bolju zvučnu izolaciju. Još jedna velika prednost je što ovakva fasada štiti konstrukciju od velikih toplinskih naprezanja, odnosno skupljanja i širenja usljed promjene temperatura.
Jedan od najučinkovitijih načina da se preko fasade zadovolje uslovi uštede energije i toplinske zaštite vanjskih zidova je upotreba povezanog sistema za vanjsku toplinsku izolaciju (engl. External Thermal Insulation Composite System–ETICS ili njem. Wärmedämmverbundsystem– WDVS).
Prema bosanskohercegovačkom standardu i normama BAS EN 13499:2004 i BAS EN 13500:2004, (Toplinsko-izolacijski proizvodi za primjenu u zgradarstvu - Povezani sistemi za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS) na osnovi ekspandiranog polistirena i mineralne vune), definicija ETICS-a je sljedeća:
„Na gradilištu izveden sistem koji se sastoji iz tvornički proizvedenih proizvoda. Isporučuje se od proizvođača kao potpuni sistem i sadržava minimalno sljedeće sistemu prilagođene komponente":

- malter (mort) za lijepljenje i/ili mehaničko pričvršćenje,
- toplinsko-izolacijski material,
- mort za armaturni sloj,
- staklenu mrežicu i
- završno-dekorativnu žbuku.

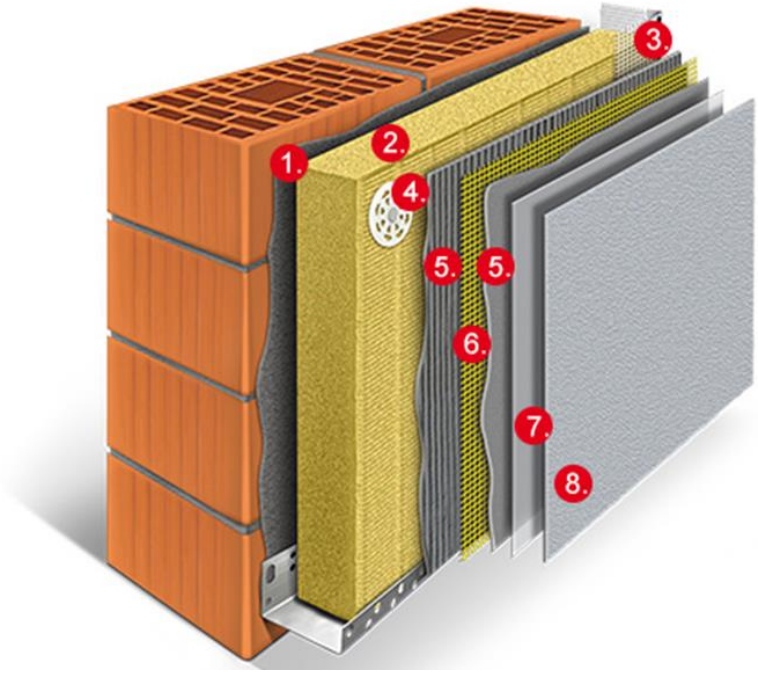
"Sve se komponente sistema odabiru ovisno o specifičnosti sistema i podloge."
Kako bi se osigurala funkcionalnost, važna je savršena usklađenost komponenata sistema, te stručno planiranje i izvedba, što uključuje:

- provjeru i procjenu podloge,
- pripremu podloge i
- izvođenje.

Fasada se sastoji od vanjskog zida objekta, najčešće zidanog ili armiranobetonskog, ali u obzir dolaze i druge podloge, na koje se redom nanose slojevi(slika 2.3.):

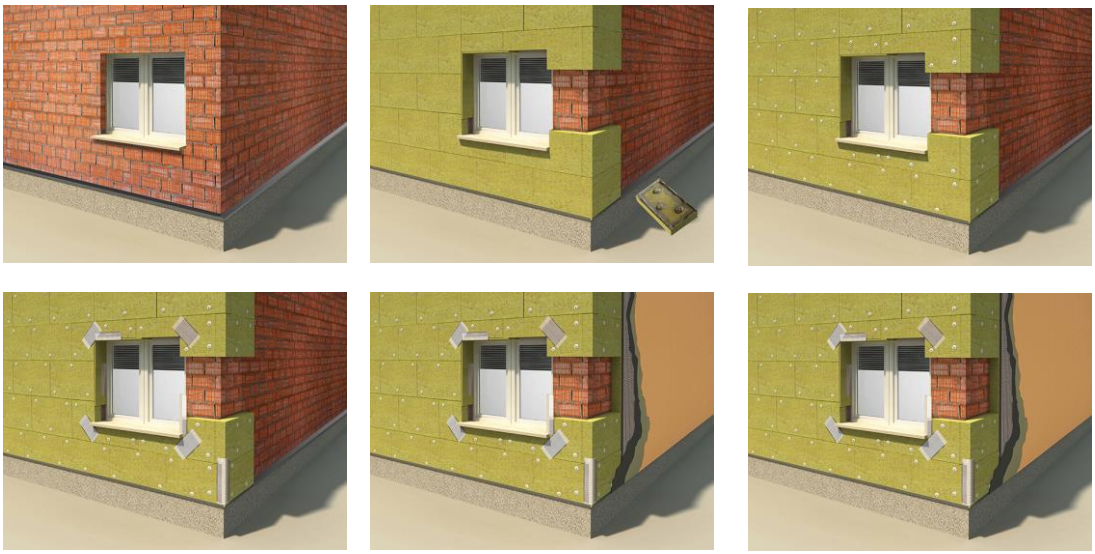
1. ljepilo - prilagođeno materijalu termoizolacije,
2. toplinska izolacija (termoizolacija),
3. pvc profil s mrežicom,
4. pričvrsnice za termoizolaciju (tiple),

5. ljepilo,
6. armaturna mrežica,
7. temeljni premaz (grund),
8. završna obloga, silikatna, karbonska ili slična žbuka.



Slika 2.3. ETICS sistem fasade

Najvažniji dio ovakve fasade je termoizolacijski sloj po kojemu je i dobila naziv. Može biti od različitih materijala, ali dva najkorištenija su: mineralna vuna i EPS ekspandirani polistirenili (stiropor). Više o vrstama termoizolacionih materijala biće riječi u nastavku. Važno je naglasiti da se ostali elementi sistema moraju prilagoditi ovom materijalu, prije svega vrste ljepila i spojnica. [5]
Proces izvođenja fasade je dat na slici 2.4. i dalje u tekstu.

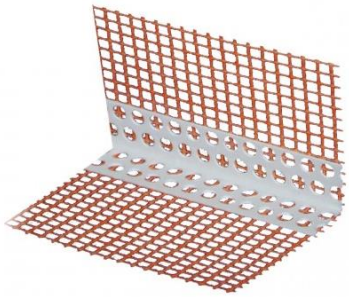


Slika 2.4. Izrada ETICS fasade s kamenom vunom
KORACI:
1. kontrola podloge
2. postavljanje početnog profila
3. lijepljenje ploča
4. tiplovanje ploča
5. ugaono armiranje
6. nanošenje ljepila i staklene mrežice
7. gletovanje
8. završni/dekorativni sloj fasade

1. Kontrola podloge vrši se pregledom fasadnog zida okom, kuckanjem, metodom grebanja i paranja, probom kvašenja, ispitivanjem ravnine podloge ravnjačom i sl.
Neravnine na površini fasade treba ispraviti malterisanjem, a ne dodavanjem veće količine ljepila prilikom lijepljenja ploča kamene vune.
2. Kao početni profili postavljaju se aluminijumski profili u širini jednakoj debljini kamene mineralne vune.
Provjerava se horizontalna nivelacija profila, kako bi se napravila dobra osnova za dalje postavljanje ploča; ukoliko je podloga neravna, postavljaju se distanceri gdje je potrebno.
3. Za lijepljene se koriste ljepila namijenjena za kamenu vunu, svaki renomirani proizvođač ih ima u ponudi. U zavisnosti od preporuke proizvođača ljepila, vrši se impregnacija ploče obodno, ili po cijeloj površini nanošenjem tankog sloja ljepila.
Između ploče i podloge ne smije da cirkulira zrak, zato je neophodno da se sloj ljepila nanese po obodu cijele ploče (tzv. ivična traka širine oko 5 cm), kao i po sredini, u vidu tzv. pogača, na 2-3 mjesta, svaka prečnika oko 15 cm. Ukupna pokrivenost ljepilom mora biti ravnomjerno minimalno 40%. Samo ovakvo lijepljenje osigurava postojanost fasade. Izostanak obodnog lijepljenja je najčešći razlog otpadanja fasada pri snažnim udarima vjetra.
Ploče kamene vune se lijepe odozdo nagore, tijesno jedna uz drugu, od početnog profila. Drugi red se postavlja smaknuto za 1/2 ploče.
4. Zbog svoje težine, kamena vuna se mora dodatno pričvrstiti tiplama namijenjenim za kamenu vunu (tipla s čeličnim klinom) Preporučuje se minimalno 6 tipli po m^2, tj. 3 po ploči, a u ivičnim zonama min. 8 kom/m^2 zbog jačeg strujanja vjetra.
5. Obavezna je upotreba ugaonih profila sa integrisanom mrežicom na svim uglovima i otvorima, koji dodatno štite izolaciju na ovim osjetljivim mjestima. Mrežica se utiskuje 2 mm u prethodno nanešeno ljepilo, i to tako da ostane u spoljnoj trećini debljine ljepila
Oko otvora na fasadi se dijagonalno postavljaju komadi staklene mrežice kako bi se spriječilo nastajanje pukotina. Okapni profili se preporučuju na prozorima, zbog odvođenja kišnice.
6. Nanošenje sloja ljepila na ploče kamene mineralne vune se radi gleterom, odozdo nagore. U gornji sloj svježe nanešenog ljepila (spoljnu trećinu) utiskuje se armaturna mrežica (mrežica od staklenih vlakana), sa preklopima od min 10 cm.
7. Gletovanje se vrši kada se prethodno nanešeno ljepilo osušilo, pristupa se nanošenju završnog sloja ljepila. Na ovaj način dobija se ravna podloga za završni sloj fasade. Ukupna debljina ljepila za staklenu mrežicu i ljepila za gletovanje treba da bude minimalno 5 milimetara.

Slika 2.5. Početni sokleni profil za kamenu vunu

Slika 2.6. Tiple pričvsnice za kamenu vunu



Slika 2.7. Ugaoni aluminijski profil s mrežicom

Slika .28. Staklena fasadna mrežica

8. Prije nanošenja završnog sloja, treba nanijeti osnovni premaz (prajmer), nakon što se ljepilo za armiranje i gletovanje potpuno osušilo. Primer obezbjeđuje dobru adheziju armirnog i dekorativnog sloja fasade.
Dekorativni sloj može biti silikonski, silikatni ili silikonsko-silikatni, tj. kompatibilan sa kamenom mineralnom vunom, u skladu sa preporukom proizvođača. Kod drugih vrsta termoizolacija moguće je koristiti i karbonske zavrsšne fasadne žbuke [8]

Slika 2.9. Različite teksture dekorativnog sloja fasade

2.1.3.1. ELEMENTI ETICS SISTEMA TERMOFASADE

Ljepila

Lijepljenje se izvodi gotovim, tvornički pripremljenim polimer-cementnim malterom ili disperzijskim ljepilom u formi paste. Uloga maltera za ljepljenje je osigurati dobru čvrstoću prijanjanja na različitim podlogama i stvoriti čvrstu vezu između podloge i toplinsko-izolacijskog materijala.
U novije vrijeme prisutna su i jednokomponentna ljepila za pričvršćivanje toplinsko-izolacijskih ploča EPSa, XPS-a, MW na bazi poliuretana (PUR).
Podloga za nanošenje ovakvih ljepila mora biti čvrsta, suha, čista, glatka, bez masti. [6]

Pričvrsnice (Tiple)

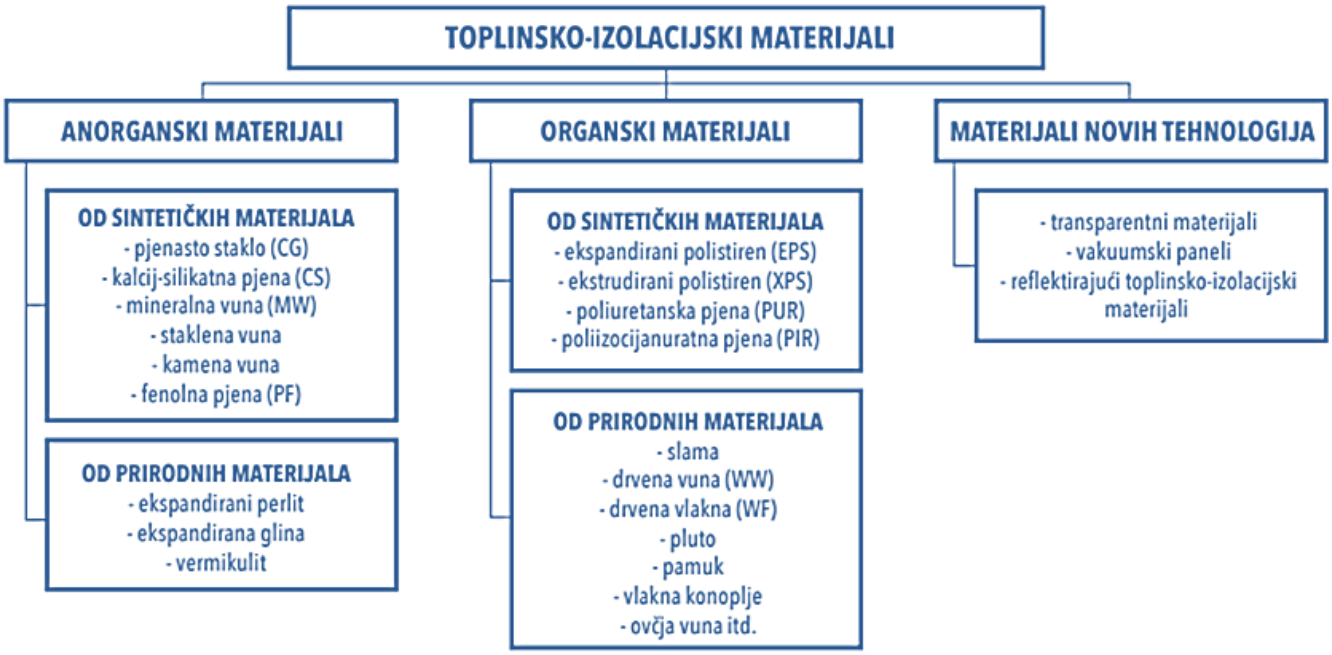
Ovisno o opterećenju vjetrom i specifičnostima podloge i završne obrade, ETICS sistemi se mogu dodatno mehanički učvrstiti. Mehaničko pričvršćivanje pruža i dodatnu stabilnost u slučaju požara. Radi se pričvrsnicama, riplama s čeličnim klinom. [6]

Toplinsko-izolacijski materijali

Termoizolacioni sloj, koji osigurava toplinsku i zvučnu izolaciju, postavlja se na nosivi zid. On smanjuje prolazak topline kroz fasadni zid, a pozitivni učinci toplinske izolacije su smanjenje

gubitaka toplote zimi, te smanjenje rizika od pregrijavanja ljeti. Termoizolacioni sloj se u pravilu postavlja s vanjske strane fasadnog zida i vrlo je bitno da je izvedena na pravilan način kako ne bi došlo do ciklusa smrzavanja i odmrzavanja, kondenzacije vlage i pretjeranog zagrijavanja tokom ljetnih mjeseci jer to može dovesti do raznih oštećenja, a u nekim slučajevima prouzročiti slom čitavog sistema.
Dobro izrađen termoizolacionii sloj, osim poboljšanja toplinske učinkovitosti, može uticati i na akustička svojstva objekta.
Pri izboru materijala za toplinsku zaštitu treba osim toplinske vodljivosti uzeti u obzir i druge značajke materijala kao što su ponašanje u požaru, faktor otpora difuziji vodene pare, tlačna tvrdoća, stišljivost, trajnost, otpornost na vlagu i drugo. [6]
Na kvalitet toplinske izolacije zidova utječe debljina izolacijskog sloja, te provodljivost materijala λ (W/mK). Većina uobičajenih materijala za toplinsku izolaciju ima toplinsku provodljivost λ = 0,030-0,045 W/mK. Što je vrijednost λ manja, to toplinska izolacija ima bolja svojstva.

Ovdje će detaljnije biti objaššnjeni najčešće korišteni materijali u praksi i njihova izolaciona svojstva, te načini ugradnje.



Slika 2.10. Vrste toplinsko-izolacionih materijala

Svojstva toplinske provodljivosti termoizolacionih materijala data su u tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Toplinska provodljivost materijala i debljina sloja

Toplinsko-izolacijski materijal	Toplinska provodljivost (W/mK)	Potrebna debljina (cm) za U=0,35 W/m²K
Kamena vuna	0,035 do 0,050	9-11
Ekspandirani polistiren-stiropor	0,035 do 0,040	9-10
Ekstrudirani polistiren-stirodur	0,030 do 0,040	8-10
Tvrda poliuretanska pjena	0,020 do 0,040	7-9
Drvena vuna	0,065 do 0,090	16-20
Ekspandirani perlit	0,040 do 0,065	10-16
Ekspandirano pluto	0,045 do 0,055	11-14
Ovčja vuna	0,040	10-11
Slama	0,090 do 0,130	20-30

Mineralna vuna naziv je za jedan od najčešće korištenih toplinsko-izolacijskih materijala [5]. Obzirom na sastav i način proizvodnje postoji kamena i staklena mineralna vuna. Kamena vuna po sastavu je smjesa bazalta, vapnenca, glinenca, dolomita, pijeska i djelomično starog stakla.

Za razliku od kamene, staklenu vunu čini reciklirano staklo (udio od 70%), kvarcni pijesak, vapnenac, natrijev karbonat i ostali materijali Općenito, proizvodnja kreće taljenjem ovih materijala koji se pretvaraju u masu iz koje propuhivanjem nastaju vlakna. Ta vlakna se istiskuju pa nastaju kompaktnije ploče i trake. U ovoj fazi proizvodnje vrši se impregnacija, odnosno mineralna vuna se zaštićuje premazima od fenola kako bi joj se povećala mehanička čvrstoća i olakšalo montiranje. Najveća razlika između ove dvije vrste vune nastaje upravo zbog drugačije temperature taljenja koja je kod kamene vune puno viša. Kao posljedica toga, ali i kraćih vlakna koja se javljaju, kamena vuna je teža, ima višu temperaturu taljenja, pa je stoga i postojanija na višim temperaturama. Obje vrste mineralne vune zbog svojih toplinskih, ali i protupožarnih svojstava koriste se u svrhu izolacije zidova, podova, krovova.

Toplinske provodljivosti mineralnih vuna kreće se između λ=0,035 i 0,045 W/mK.

Vune se proizvode u različitim debljinama u pločama ili rolnama.

Najčešće dimenzije ploča su 60x120 cm, a širina rolne 50 cm. pričvršćuju se pričvrsnicama na sloj ljepila. [7]

Proizvode se i jednostrano kaširane s alu-folijom. Mogu se koristiti za toplinsku, protupožarnu i zvučnu izolaciju i zaštitu industrijskih postrojenja, termocentrala i toplana, a u brodogradnji za izolaciju klima-kanala, cjevovoda, spremnika i drugih termo-tehničkih

Slika 2.11. Staklena vuna

Slika 2.12. Kamena vuna

postrojenja i uređaja s graničnom temperaturom primjene i do 640°C.

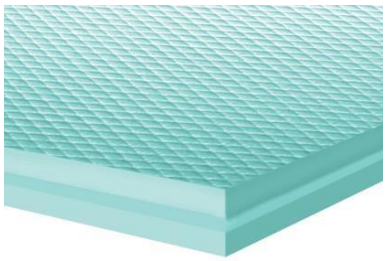
Ekspandirani polistiren (EPS), u svakodnevnom govoru poznatiji pod nazivom stiropor, smatra se jednim od izdržljivijih materijala koji se koriste u svrhu toplinske izolacije kod vanjskih zidova, podova i krovnih konstrukcija. Upravo zbog svog sastava, u kojem većinski preovladava zrak, pogodan je za navedenu svrhu, no nedostatak mu je postojanost na temperaturi do 80°C, nakon koje kreće njegovo taljenje, te nema svojstvo požarne otpornosti. Ovo svojstvo kompenzira se dodavanjem određenih materijala koji usporavaju gorenje.

Slika 2.13. EPS

Time se smanjuje naglo širenje vatre jer se EPS samo topi. Zbog brojnih šupljina između sitnih zrnaca polistirena od kojih je građen, ne zadržava vlagu, osim u nekim karakterističnim slučajevima kada je izložen dugotrajnijem djelovanju vode. Također, EPS ima neke inačice koje su nastale dodatkom materijala koji mu poboljšavaju specifična svojstva. Primjer toga je elastificirani ekspandirani polistiren koji ima bolja elastična svojstva ili tzv *sivi* EPS kojem se dodatkom grafita poboljšavaju svojstva vođenja topline.

EPS ima dobra izolacijska svojstva (λ = 0,035-0,040 W/mK), nisku cijenu i jednostavno se ugrađuje pa je danas jedan od najpopularnijih izolacijskih materijala. [7]

U području sokla koji je izložen prskanju vode i jačim udarnim opterećenjima koristi se ekstrudirani polistiren (XPS).



Slika 2.14. XPS

Ekstrudirani polistiren od ekspandiranog razlikuje se po načinu proizvodnje. Drugačija proizvodnja utječe i na promjenu svojstva pa tako XPS ima veću pritisnu čvrstoću, a zbog zatvorenih pora ne upija vodu pa se koristi kao toplinska izolacija krovova, podova i i na već pomenutom soklenom dijelu objekta jer je tu veći sadržaj vlage i vode. XPS ima dobra izolacijska svojstva (λ = 0,035-0,040 W/mK. Koristi se tamo gdje je pored toplinske izolacije potrebno osigurati i veliku nosivost na prohodnim krovovima, na špaletama i za izolaciju industrijskih podova. [7]

Poliuretanska pjena (PUR pjena) ima izuzetna izolacijska svojstva (λ=0,020-0,035 W/mK), dobru otpornost na vlagu i temperaturne promjene. Može se prskati na površine ili u šupljine pa se koristi pri sanacijama krovova i kod montažne gradnje.

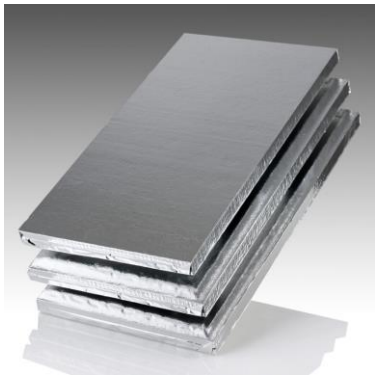
Slika 2.15. Ugradnja PUR pjene

Poliuretanska tvrda pjena (PIR) ima vrijednost toplinske vodljivosti λ=0,019-0,025 W/mK te spada u najbolje izolacijske materijale na tržištu. Otporna je na visoke temperature i samogasiv je materijal. Neosjetljiva je na vlagu, plijesni, trulež i gljivice i otporna na kemikalije, benzin, insekte, glodavce te je biološki neutralan materijal.

Poliuretanska tvrda pjena kašira se krutim limovima, ivericama i sl.. Ploče od poliuretanske tvrde pjene otporne su na starenje i postojanog su oblika, a izrađuju se s rubovima za spajanje sistemom utor-pero.

Slika 2.16. Ploča od PIR pjene

Vakumski izolacijski paneli (VIP PANELI) koji zbog svojih superiornih izolacijskih značajki mogu zamijeniti 5-7 puta deblju klasičnu izolaciju često se koriste na terasama i drugim mjestima gdje nije moguće staviti izolaciju deblju od 2-5 cm. Česta je njihova primjena kod pasivnih kuća i niskoenergetskih zgrada, pa će o njima biti riječi kasije u poglavlju o energetskoj efikasnosti objekata.



Slika 2.17. VIP panel

Za primjenu u ETICS sistemu fasada mogu se koristiti i ostali toplinsko-izolacijski materijali kao što su: pluto, poliuretanske ploče (PUR), ploče od laganih drvenih vlakana i konoplja, ali se radi o materijalima koji se rijetko koriste i većinom nisu obuhvaćeni standardima za gradnju.

Završno-dekorativni sloj

Kod odabira ogovarajućeg proizvoda za fasadu, podnožje objekta (sokl) ili unutarnje zidove i stropove potrebno je poznavati mnoge detalje, zato će se ovdje navesti najbitnije karakeristike završnih žbuka i boja za fasade.
Najbitniji faktori ri odabiru materijala jesu: primjena žbuke, je li primjena unutarnja ili vanjska i koriste li se za podnožja ili vise dijelove fasade, kao i koristi li se žbuka za sanacije ili novogradnje.
U odnosu na fasadu, voda ima višestruko jači uticaj na površinu podnožja fasade, odnosno sokleni dio zida. Zato se predlaže isključivo primjena materijala koji su razvijeni za ovu poziciju. Kod odabira žbuke za površinu fasade u slučaju sanacije, obavezna je primjena paropropusne žbuke. U slučaju vlažnih zidova također je obavezna primjena paropropusne završne žbuke, jer u slučaju primjene paronepropusne završne žbuke, postoji veliki rizik da će se nakon kratkog vremena fasadni sloj nabubriti i oljuštiti se.
Završne fasadne žbuke (dekorativne) razlikuju se po hemijskom sastavu, po strukturi, granulaciji i vrsti pijeska.
Prema vrsti disperzivnog veziva dijele se na:

- mineralne,
- akrilne,
- silikatne i
- silikonske žbuke.

Mineralne žbuke izvode se u debljini 5-15 mm, a sastoje se od cementa, kreča, pijeska veličine zrna 2-7 mm, dodataka, pigmenata za boju i vode. Povoljne su paropropusnosti, slabe vodoodbojnosti i elastičnosti.

Akrilne žbuke su vodootporne, male paropropusnosti, povoljne elastičnosti, mogu biti i u tamnijim tonovima, i najskuplja su vrsta žbuke.
Silikatne žbuke nanose se u debljini od 1.5-3 mm, a sastoje se od silikatnog veziva, pijeska veličine zrna 0.5-2.5 mm, dodataka, pigmenata za boju i vode. Tankoslojne silikatne žbuke cijenom su vrlo povoljne.
Silikonske žbuke su vodootporne, male paropropusnosti, povoljne elastičnosti, izvode se samo u manje saturiranim-svjetlijim tonovima (ne primaju puno pigmenta) i znatno su skuplje od silikatne žbuke.
Odabirom na veličine zrna i gore navedenog veziva moguće je dobiti različite vrste teksture i strukture žbuke. O debljini i vrsti završno-dekorativnog sloja ovise i svojstva i funkcionalnost čitavog ETICS sistema.
Prema izgledu i strukturi površine dekorativne žbuke dijele se na:

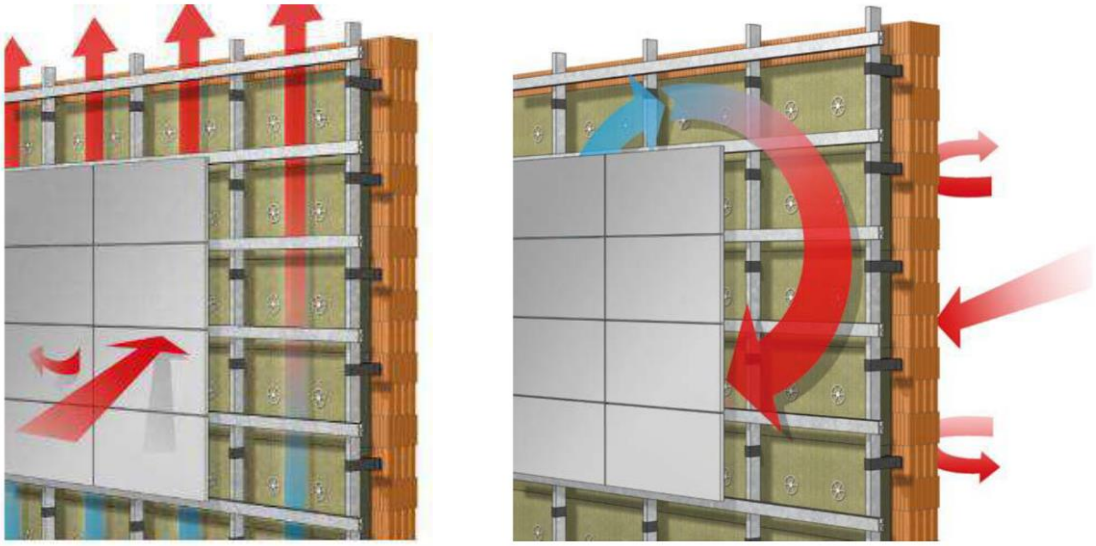
- zaribane,
- zaglađene,
- špricane,
- valjane i
- strugane.

Zaribana dekorativna žbuka ima karakterističnu žljebasto strukturiranu površina koja se postiže kotrljanjem strukturnih zrnaca pijeska (granulata) prilikom zaribavanja.
Zaglađena dekorativna žbuka ima jednakomjerno zrnato strukturiranu površinu. Zaglađuje se drvenim ili metalnim gladilicama.
Prskana dekorativna žbuka ima oštru i ravnomjernu strukturu plohe. Prskanje je ručno tzv. "ježom" ili mašinsko tzv. "pištoljem".
Valjana dekorativna žbuka ima teksturu površine koja ovisi o upotrijebljenom alatu za strukturiranje. Najjednostavnije je strukturiranje pjenastim soboslikarskim valjcima, gumenim reljefnim valjcima, soboslikarskom lopaticom i čeličnom soboslikarskom gladilicom, a može se upotrijebiti i drugi alat, kojim se jednakomjeran nanos žbuke mijenja u reljefni.
Strugana dekorativna žbuka izvodi se struganjem nanosa kada se u napola stvrdnutom stanju odstranjuje gornji, nekoliko milimetara debeli sloj. Struktura plohe ima nejedaka udubljenja koja nastaju različitim alatima: „šerana" – strugana metalnim nožem.[5]

2.2. VENTILIRANE FASADE

Unaprijeđeni sistem klasičnih fasada je sistem ventilirane fasade. Kod ventilirane fasade završna obloga, koja može biti od različitih materijala, odvojena je od nosive konstrukcije objekta zračnim slojem, prostorom sličnim kao kod hladnih ventiliranih krovova.

Ventilirani prostor koji se nalazi između završne obloge i toplinske izolacije ima višestruke funkcije; u smislu fizike zgrade, sistem doprinosi boljoj učinkovitosti toplinske izolacije i u ljetnom i u zimskom periodu. U literaturi se često koristi termin "efekt dimnjaka", kojim se opisuje fizikalna pojava kretanja zraka. Pod uticajem termičkih i dinamičkih sila, zrak se kreće odozdo prema gore. Proces se suštinski zasniva na podizanju toplog zraka koji je lakši od hladnog zbog manje gustoće. Navedeni princip efekta dimnjaka primjenjuje se na ventiliranim fasadnim sistemima tako da se zrak unutar ventiliranog prostora (koji je topliji od vanjskog) podiže prema gore i izlazi kroz otvore, odnosno zrak struji zbog razlike u pritisku i temperaturi po visini same zgrade. Što je zračni prostor uži, to je kretanje zraka usmjerenije. U ventiliranim fasadama, prostor koji je namijenjen kretanju zraka, obično je 2-4 cm širine.



Slika 21.9. Princip funkcioiranja ventilirane fasade ljeti i zimi

Kako bi se izbjeglo neželjeno hlađenje i dekompozicija vanjskog sloja toplinske izolacije, ona se štiti na razne načine: staklenim voalom, paropropusnom folijom, pojačanom/dvojnom gustoćom mineralne vune, gdje je gušći dio okrenut prema vanjskoj, hladnoj strani konstrukcije fasade.

Značajne ekološke i ekonomske prednosti ove fasade ogledaju se u tome da ova fasada štiti od atmosferskih uticaja i doprinosi dugovječnosti zgrade, te tako vanjski zidovi zgrade i toplinska izolacija ostaju trajno suhi. Također, kod ventiliranih fasada se smanjuju temperaturna opterećenja na minimum. U ventiliranom prostoru moguća je regulacija vlažnosti zgrade i tako se osigurava povoljna klima unutar zgrade, a zbog svoje višeslojnosti ova fasada pruža jako dobru izolaciju od buke.

Već je ranije spomenuto da su sistemi ventiliranih fasada povoljniji tokom ljetnih mjeseci. Ljeti, topliji zrak putuje prema otvoru na vrhu objekta pa se stvara stanje slično vakuumu koji pri dnu omogućuje ulazak hladnog zraka koji cirkulira kroz ventilacijski sloj i tako hladi zgradu. Ovdje se zapravo dio energije kojom Sunce djeluje i povećava temperaturu građevine reflektira od završne obloge, a dio se propušta u ventilacijski sloj gdje se temperatura smanjuje zbog cirkulacije zraka, te se zbog toga smanjuje potreba za klimatiziranjem prostora [7].

2.2.1. ELEMENTI VENTILIRANE FASADE

Konstrukcija ventilirane fasade sastoji se od slijedećih elemenata:

- nosive konstrukcije,
- potkonstrukcije za fasadnu oblogu,
- termoizolacije /razdjelne folije,
- ventilacionog sloja zraka i
- fasadne obloge (omotača).

Neophodno je da svi navedeni dijelovi funkcioniraju zajedno na način da zadovolje temeljni zahtjev, a to je smanjenje potrošnju energije u objektu. S obzirom na današnji stepen razvijenosti industrije građevinskih materijla, moguć je odabir velikog broja materijala pri izradi svakog pojedinog dijela ovog fasadnog sistema. Izbor materijala mora omogućiti funkcionalan dugovječni sistem koji je ekonomski i estetski prihvatljiv [7].
Neke od završnih obloga (omotača) kod ventiliranih fasada mogu biti: kamen, staklo, aluminij, drvo, keramika i slično.

Nosivi dio zapravo se odnosi na vanjski zid ili vanjski rub (ploča, grede i sl.) objekta za koji se pričvršćuje cijeli sistem ventilirane fasade, odnosno, na njega se postavljaju sidra na koja se ugrađuju ostali dijelovi. Ovaj dio je najčešće izgrađen od armiranog betona ili je u pitanju zidani zid.
Glavno obilježje ovog dijela objekta je dovoljno velika čvrstoća kako bi uz opterećenje od vjetra, mehaničkih djelovanja i potresa, mogao podnijeti i opterećenje fasadnih slojeva. Osim uloge stabilnosti, ovaj dio mora propustiti dovoljnu količinu vodene pare, ali i biti dovoljno otporan na gubitak toplote.

Potkonstrukcija za fasadnu oblogu izrađuje se od metala ili drveta i mora zadovoljiti iste uslove kao i potporni zid. Potkonstrukcija je, zapravo kostur cijelog sistema. Sastoji se od nosača, profila i spojnih sredstava. Spojna sredstva su tiple, vijci, zakovice od nehrđajućeg čelika i sl. pomoću kojih se spajaju razni metalni profili tvoreći tzv. roštilj potkonstrukcije. Nadalje, potkonstrukcija mora osigurati prostor

za postavljanje završnog sloja i reducirati pojavu toplinskih mostova. Toplinski mostovi javljaju se u području određenih, grijanih dijelova objekta kod kojih uslijed promjene geometrije ili materijala dolazi do povećane cirkulacije toplote. Ova pojava uzrokuje gubitke topline i nejednoliku temperaturu što dovodi do kondenzacije vodene pare [7].

Izolacijski sloj se postavlja na nosivi zid ili između elemenata fasadnog roštilja, po principima ranije opisanim u dijelu o termofasadama. Termoizolacija mora biti izvedena pravilno, u skladu s uputama proizvođača i usklađena sa zahtijevanim koeficijentom prolaza toplote.
Dobro odabran i izveden izolacijski sloj, osim poboljšanja toplinske učinkovitosti, može uticati i na akustička svojstva objekta. [7]. O materijalima za toplinsku izolaciju objekata bilo je riječi ranije u tekstu.

Kišne brane ili paropropusne folije imaju dvostruku ulogu. Postavljaju se na toplinsku izolaciju s vanjske strane kako bi se spriječilo njeno vlaženje, no isto tako moraju omogućiti propuštanje vodene pare koja nastoji izaći iz unutarnjeg prostora objekta. Ovaj sloj mora biti neprekidan kako bi se spriječilo neželjeno pojavljivanje toplinskih mostova čija je pojava objašnjena. Ovaj dio mora omogućiti konstantan protok zraka zbog regulacije temperature i količine vodene pare u raznim klimatskim uslovima [7]. Važno je napomenuti da iako je najkorisniji potpuno otvoren sistem, odnosno sistem u kojem zrak slobodno cirkulira, gradnja na područjima u kojima su jake i česte oborine zahtjeva da se ventilacioni sloj djelimično zatvori. Funkcioniranje takvog zatvorenog sistema postiže se dovodom zraka u donjem, i odvoda zraka u gornjem dijelu zida [7]. Provođenjem brojnih istraživanja, ali i iskustvenim znanjem preporučuje se da debljina sloja zraka bude od 40 – 50 mm [7].

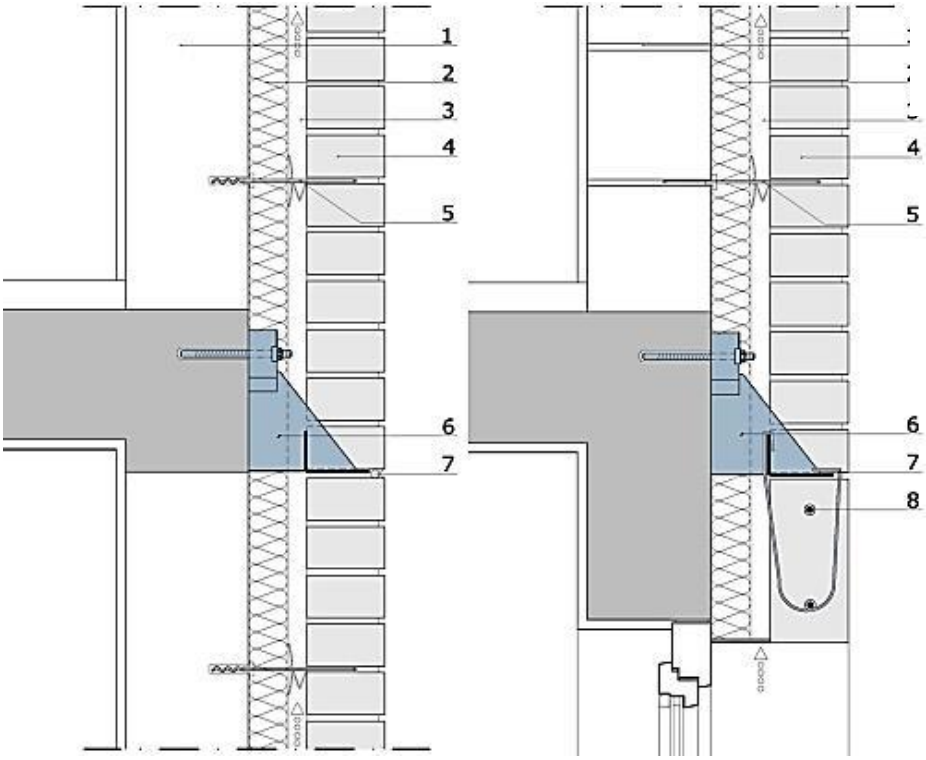
Završna obloga je kontaktna površina građevine s vanjskim okruženjem pa mora biti pažljivo odabrana, kako bi zadovoljila funkcionalne zahtjeve poput mehaničke otpornosti, sposobnosti podnošenja temperaturnih razlika, a poželjno je da bude i otporna na prolazak vlage. Ukoliko kod ventiliranih fasadnih sistema dođe do prolaska vlage kroz završnu oblogu, dodatni stepen zaštite je ventilacijski sloj u kojem cirkulirajući zrak odvodi vlagu vani. Osim zaštitne uloge, završna obloga mora biti i vizualno i estetski prihvatljiva.

2.2.2. VRSTE OBLOGA VENTILIRANIH FASADA

Fasadne obloge od opeke

Opeka koja se koristi kao završna obloga u odnosu na klasičnu ima puno manju težinu. U upotrebi su najčešće klinker i silikatna opeka [7]. Temeljna karakteristika klinker opeke je slaba vodoupojnost koja iznosi samo 6% (za poređenje, kod klasične opeke ovaj postotak iznosi 10%). Također je vrlo otporna na pritisak, hemijske uticaje i cikluse smrzavanja.

Miješanjem kvarcnog pijeska, kreča i vode, transportiranjem i sušenjem te smjese u kalupima nastaje silikatna opeka prepoznatljiva po svojoj bijelo-sivoj boji zbog koje dobro odbija svjetlost. Isto kao i kod klinker opeke, ova vrsta slabo upija vodu i otporna je na smrzavanje [7].



Slika 2.20. Presjek ventiliranih fasada s opekom

Potrebno je da se obložni zid od fasadne opeke dilatira, odnosno potpuno „oslobodi" pa je obavezno da se za nosivii zid poveže, (ankeriše) žičanim sidrima od nehrđajućeg čelika (5 kom na m^2), od kojih svako sidro izdržava silu čupanja od 1.0 kN. Sidra tako obezbeđuju zid od prevrtanja. Dodatno, umjesto ranije rađenog betonskog ispusta – konzole, postoje savemena rešenja da se opeka prihvata konzolama od nehrđajućeg čelika da bi se eliminisali svi toplotni gubici, a da bi se sa druge strane dobio željeni arhitektonski

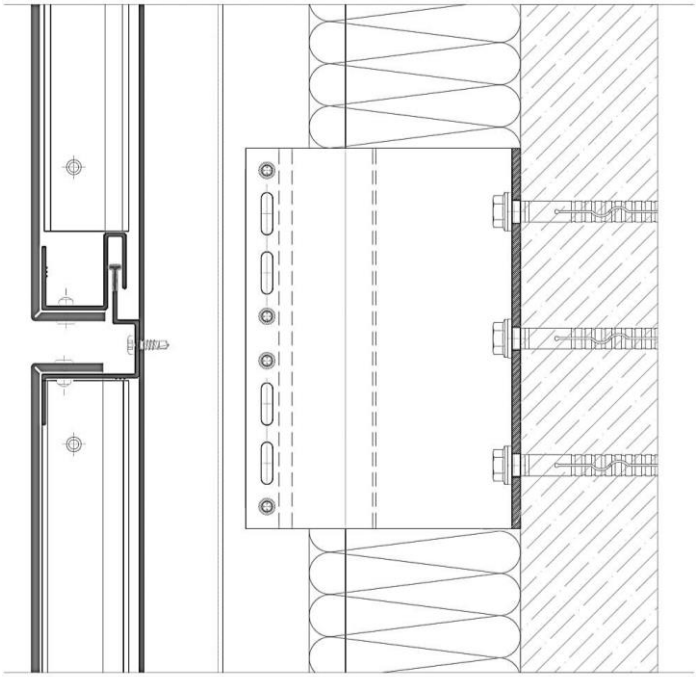
1. *zidani zid*
2. *termoizolacija*
3. *ventilacioni sloj*
4. *fasadna opeka*
5. *sidro od nerđajućegčelika*
6. *konzola od nerđajućeg čelika*
7. *uzengija od nehrđajućeg čelika*
8. *armatura*

Slika 2.19. Primjeri ventiliranih fasada s opekom

efekat da se na fasadi pojavljuje cjelovito „zidno platno". Postoji više tipova konzola od nerđajućeg čelika.

Fasadne obloge od kamena

Zbog svoje čvrstoće, trajnosti, zvučne, toplinske izolacije, požarne otpornosti i niza estetski privlačnih oblika koji se njegovim korištenjem mogu izraditi, kamen ima vrlo široku primjenu u izradi fasada. Ovisno o zahtjevima, mogu se koristiti masivni kameni blokovi, mozaici i kamene ploče čija završna obrada može biti raznolika – naborana, isklesana, pješčana, urezana, izgrebana i sl. [7]



Slika 2.21. Presjek ventilirane fasada s kamenom oblogom (sistem, "Feal")

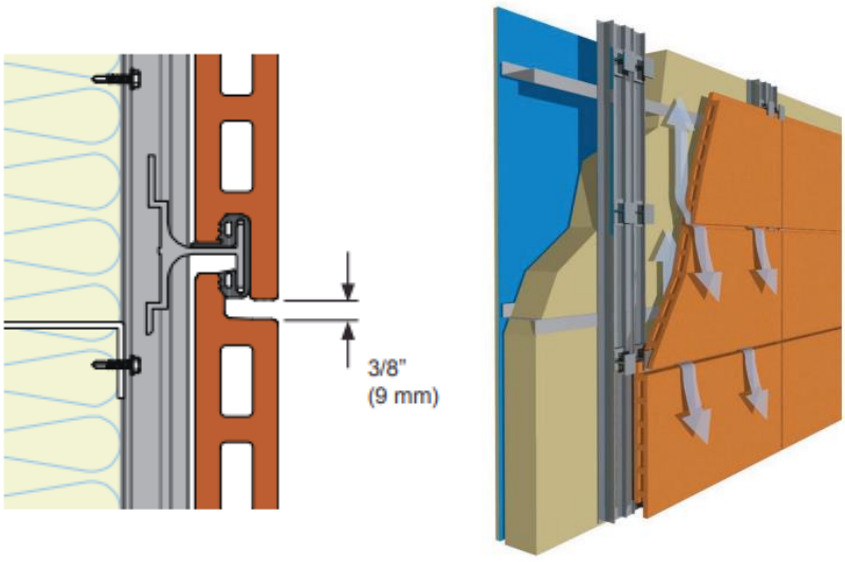
Slika 2.22. Detalji montaže kamene obloge fasade

Pokrovne, kamene ploče pričvršćuju se na potkonstrukciju vidljivim ili nevidljivim spojnicama. Zahtijeva se da debljina ploča bude minimalno 3 ili 4 cm ovisno o fizikalnom svojstvu kamena, odnosno njegovoj tvrdoći.
Ventilirine fasade s oblogom od kamena izvode se sa aluminijskom potkonstrukcijom koja se se sastoji od aluminijskih nosača, okomitih i vodoravnih nosivih aluminijskih profila i držača fasadnih obloga.
Držači fasadnih obloga mogu biti vidljivi ili skriveni. Kao obloga se najčešće koriste mermer, granit, pješčar itd., kao i polimermeri, koji imaju slične karakteristike, ali se i drugačije ponašaju na fasadnim površinama. Kamen koji se koristi za fasade treba da ima odgovarajuće ateste i da je svaka pojedinačna pozicija više puta kontrolisana. Preporuka je i da se na svakoj pojedinačnoj poziciji

izvrši blago obaranje ivica kamena, da bi se prilikom ugradnje i manipulacije smanjile mogućnosti krzanja ivica. Ventilirane kamene fasade spadaju u složenije i skuplje fasade zbog toga što je materijal, u ovom slučaju, kamen koji se koristi fizički težak. Zbog debljine kamena, a samim tim i težine kamene fasade, nazivaju ih i „teške fasade". Težina materijala za d = 3 cm ide i do 90 kg/m², rijetko veće težine, a za debljinu od 2 cm je težine oko 60 kg/m². Sam kamen ima posebne zahtjeve obrade u odnosu na druge materijale.

Fasadne obloge od keramike

Keramika spada među najstarije korištene materijale u građevinarstvu. Ranije se koristila lijepljenjem na fasadne zidove, dok se danas montira veoma slično kamenim pločama na aluminijsku roštilj potkosntrukciju. Aluminijski nosač i ovdje može biti vidljiv ili ostati skriven. Ventilirane fasade se obično izvode sa 4-8 milimetarskim otvorenim fugama između keramičkih ploča.
Keramika, naročito ona glaziana otporna je na vanjske atmosferske uticaje, kiseline i grebanje. Nadalje, obloga od keramike otporna je na vatru, hladnoću, toplinu, mraz, itd. Sagledavajući sva navedena svojstva, najčešća vrsta koja se primjenjuje u građevinarstvu pri izradi ventiliranih fasadnih sustava su "Terra cotta" ploče [7].



Slika 2.23. Detalj ventilirane fasada s terracotta keramičkim pločama

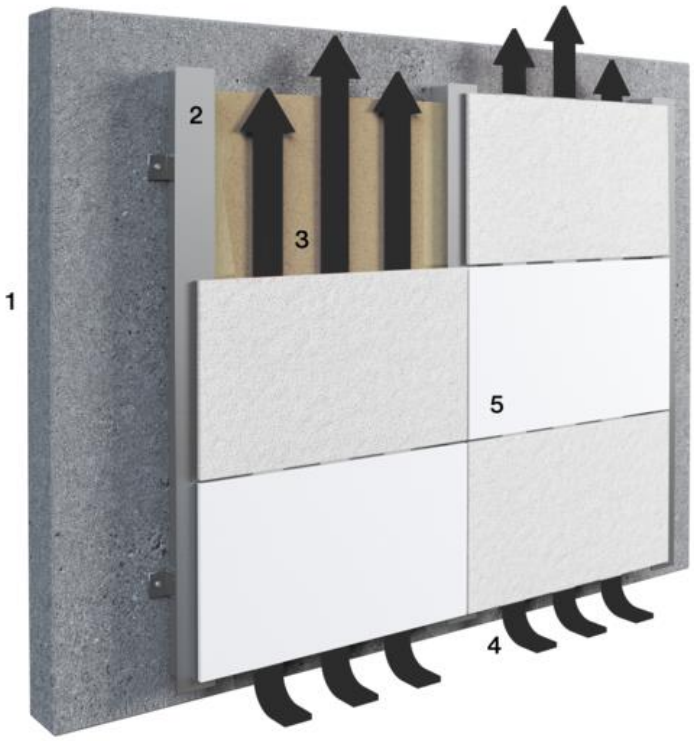
Slika 2.24. Terracotta ploče, tipovi

Terracotta ploče, predstavljaju duplu oblogu sa šupljinama koja se uglavnom proizvodi u debljinama od 3-4 cm, što im omogućava veću otpornost na udarce. Još jedna prednost vidi se u mogućnosti zamjene svake pojedinačne ploče ukoliko dođe do oštećenja [11].

Prednost "Terracotta" ploča u usporedbi s klasično presanim velikoformatnim keramičkim pločama je mogućnost da se ploče izvode ekstrudiranjem u dužini do 3 m i širini od 15 do 80 cm. Ploče se mogu dobiti u neglaziranoj i glaziranoj površini, glatke ili reljefne. Debljina ploča je normalno 3 ili 4 cm (tip "Alphaton" ili "Longoton" firme "Moeding"). Kod duple ploče sa šupljinama ploče imaju veliku otpornost na udarce i veću apsorbciju zvuka (11-14dB) u odnosu na ravne ploče.
Prednost u odnosu na klasične keramičke ploče im je da je horizontalna otvorena fuga prekrivena perom gornje ploče tako da voda ne može ući iza ploče. Velika prednost je i to da se svaka ploča pojedinačno da naknadno zamijeniti. Ploče su nezapaljive (A klase), kiselootporne i otporne na mraz. Montaža ploče se vrši na potkonstrukciju sa četiri inox kopče na svakoj ploči. Potkonstrukcija se sastoji od vertikalnih *T*profila s utorima u koje se ubacuju inox kopče i gumene trake. Gumene trake osiguravaju elastično nalijeganje i sprječavaju klizanje ploča.

Fasadne obloge od vlaknasto - cementnih ploča

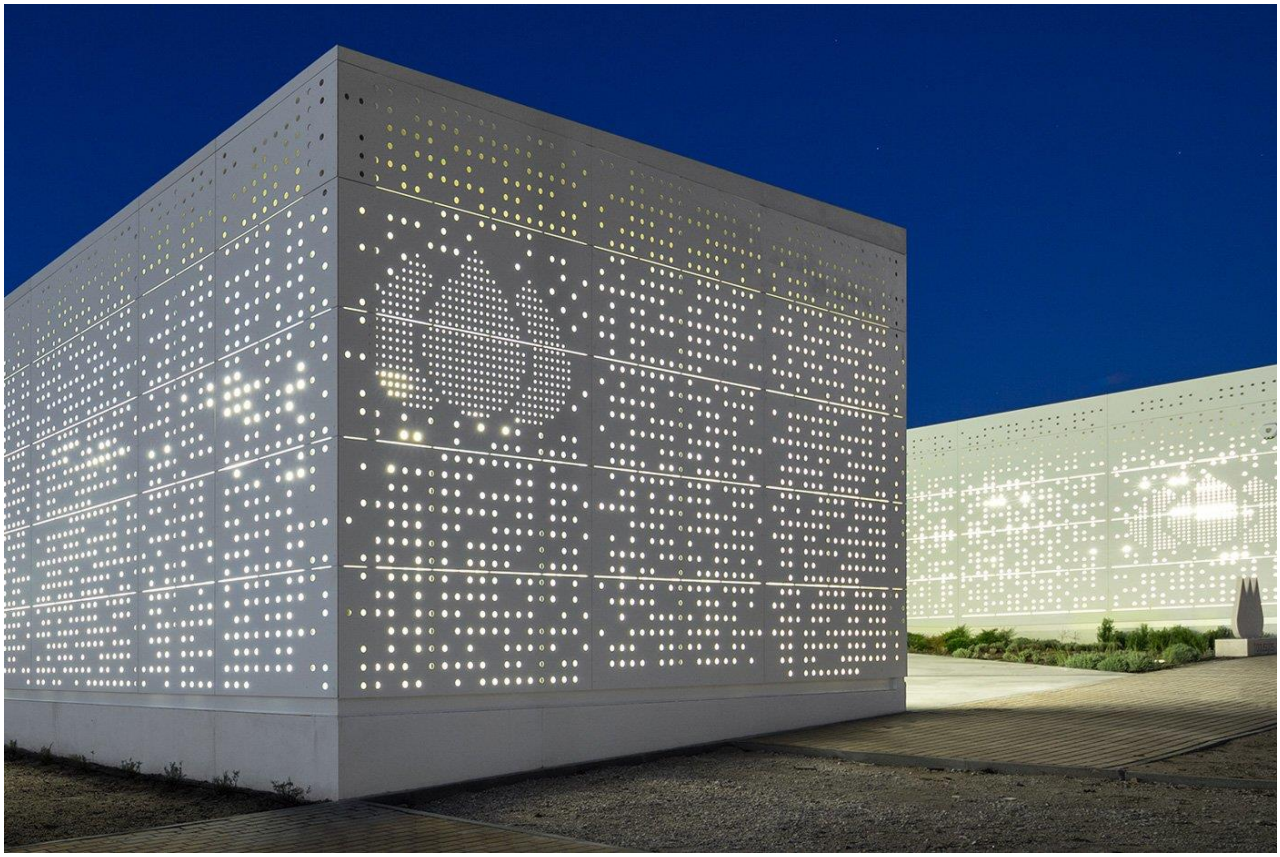
Kao završna obloga ventiliranih fasada vrlo često koriste se fiber - ili vlaknasto-cementne ploče, koje su izrađene od mješavina portland cementa, vode, dodataka i sintetičkih vlakna. Danas se kao vezivo koriste asfalt (bitumen), fiberglas (PVC), metal, staklo (providna vlakna), drvo i slični materijali, a najčešće se i najviše u ovu svrhu koriste celulozna vlakna. Iz sastava ploča je izbačen ranije korišten, azbest zbog ekološke neprihvatljivosti i štetnosti za ljudsko zdravlje. Na tržištu je dostupan široki spektar dimenzija ovih ploča, a mogu biti ravne ili valovite.



Slika 2.25. Detalj ventilirane fasada s vlaknasto-cementnim pločama

1. nosivi zid
2. potkomstrukcija
3. termoizolacija
4. ventilacioni sloj
5. vlaknasto-cementne ploče

Dosta često se koriste zbog dobre požarne otpornosti, izdržljivosti, dugotrajnosti i male težine (opterećenje konstrukcije je manje). Ploče odgovarajućih dimenzija postavljaju se na drvenu ili metalnu potkonstrukciju horizontalno ili vertikalno [7].
Vlaknasto-cementne ploče se proizvode u različitim veličinama kako bi bile što lakše za upotrebu – od nekoliko centimetara do 3 m i više. Standardna debljina im je između 0,8 i 1,2 cm. Na potkonstrukciju se montiraju lijepljenjem ili nitanjem.



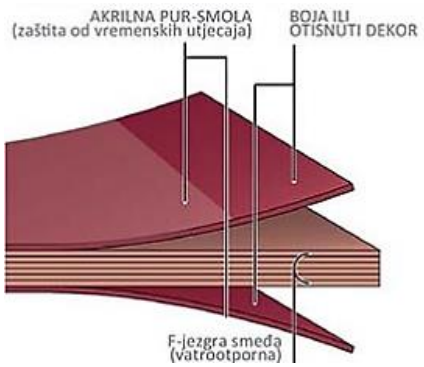
Slika 2.26. Detalj fasada sa "Swisspearl" vlaknasto – cementnim pločama

Fasadne obloge od drvenih lameliranih ploča – HPL ploče

HPL (High Pressure Laminate) ploče proizvede se u laminacionim presama pod visokim pritiskom i temperaturom. HPL ploče imaju jezgru izrađenu od više slojeva celuloznih folija impregniranih smolama, koja je s obje strane obložena dekorativim melaminskim slojem. Tim procesom od fenolnih smola i drvenih vlakna dobivaju se kompaktne ploče, odnosno presani laminati, odakle je i naziv ploča. Alternativno ploče mogu biti proizvedene od mineralnih sastojaka i kao takve nezapaljive. Očvrsnuta PU- akrilna smola pruža obostranu visoku otpornost na atmosferske uslove što omogućuje upotrebu

ovih ploča za oblaganje fasada. Ove kompaktne ploče imaju izrazitu stabilnost i otpornost na štetno ultraljubičasto zračenje, te veliku pritisnu i zateznu čvrstoću.
Nadalje, vrlo su praktične s estetske strane jer je moguće njihovo postavljanje u različitim formatima, a na tržištu su dostupne s raznim završnim obradama u pogledu boja i tekstura [7].

Ploče se pričvršćuju na aluminjsku ili pocinčanu čeličnu potkonstrukciju, lijepljenjem vidsokokvalitetnim, najčešće dvokomponentim, ljepilima ili nitnama, posebno na podgledima.



Slika 2.27. HPL ploča- sastav

Slika 2.27. Detalj fasade sa Fundermax HPL pločama

1. Trespa® HPL ploča
2. Univerzalni horizontalni nosač
3. Prečka nosača
4. Zatvarač
5. Fiksni nosač
6. Termoizolacija
7. Vertikalni nosač
8. Zatvarač
9. Itermoizolacija
10. Parna brana
11. HPL ploča
12. Čelični vijak

Fasadne obloge od aluminija

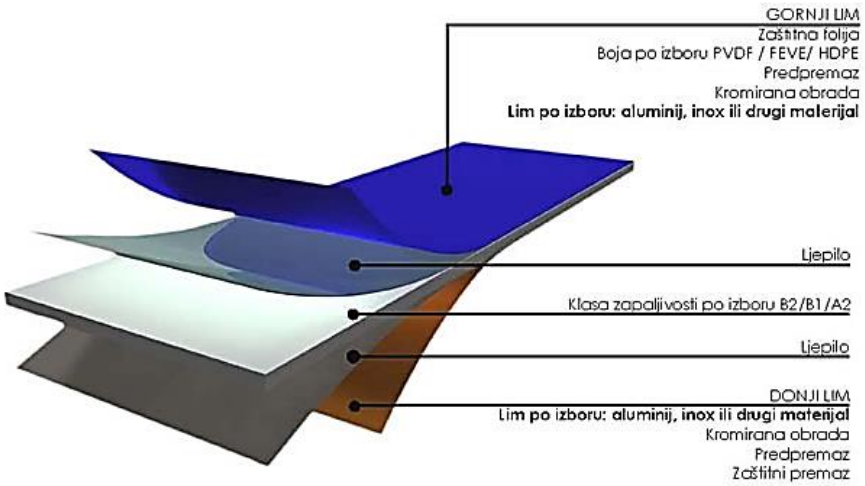
Aluminijski lim za obloge fasada može se koristiti kao ravni ili profilisani lim (jednako kao i na oblogama krovova). U slučaju oblaganja fasade limenim pločama, je kao i za oblaganje krovne konstrukcije, neophodna ravna daščana oplata ili oplata od osb ploča, kako bi se formirala potpuno ravna podloga koja će spriječiti uvijanje lima.

U drugoj, značajno unaprijeđenoj varijanti, lim se koristi u formi kompozitnih ploča koje se sastoje od limene, završne vanjske obloge i kaširanog uloška ili jezgre ispod lima, proizvedene od polietilena i sličnih materijala. U nekim varijntama panela radi se dvostruki sloj aluminijskog lima s uloškom.

Ukupna debljina ovakve ploče je od 3 do 4 mm sa limenim slojem debljine 0.3-0.5 mm.

Površina lima može biti brušena ili glatka, odnosno sjajna. Osim što je jezgra teško zapaljiva, pa je ploča otporna na požar, svojstva ploče su i stabilnost, mala težina, otpornost na hrđanje, udarce i promjene temperature.

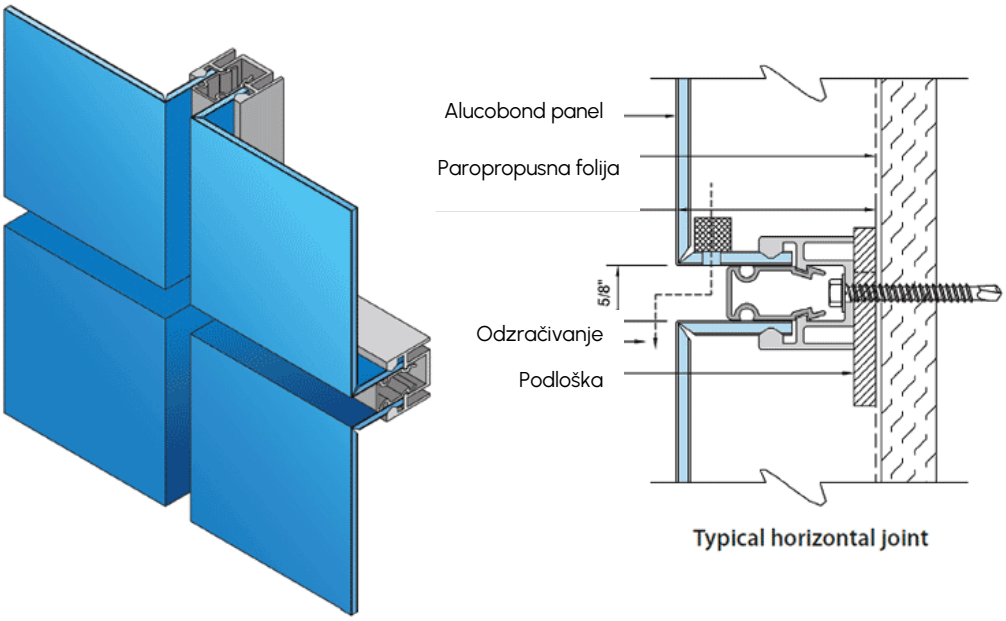
"Alubond", kao jedan od najčešće korištenih materojala na našim prostorima, je metalni kompozitni panel koji se sastoji od dva sloja lima, koji mogu biti od aluminija, nerhđajućeg čelika, bakra, cinka, titana i sl. Između limova se nalazi jezgra određenih protupožaranih karakteristika. U procesu kontinuirane koekstruzije, (metoda proizvodnje koja spaja više materijala u jedan profil) jezgra se spaja s limovima od kojih obje strane mogu imati završnu dekorativnu obradu. Češće je samo gornji lim dekorativan, a donji je sive boje i nosi osnovne podatke o proizvodu.



Slika 2.28. "Alucobond panel" – sastav

Ploče ili kasete od savijenog panela se montiraju na klasičnu potkonstrukciju za obješene fasade, ranije pokazanu na primjerima HPL ploča. Postupak montaže olakšan je u odnosu na HPL i druge

ploče zbog male težine materijala. Još jedan od značajnih proizvođača je "Alucobond", čiji proizvodi su priosutni na našem tržištu.



Slika 2.29. Detalj "Alucobond fasade"

Slika 2.29. Detalj fasade objekta od Prefabond kompozitnih ploča Autori: Inkubator, Bihać

2.3. OBJEŠENE FASADE

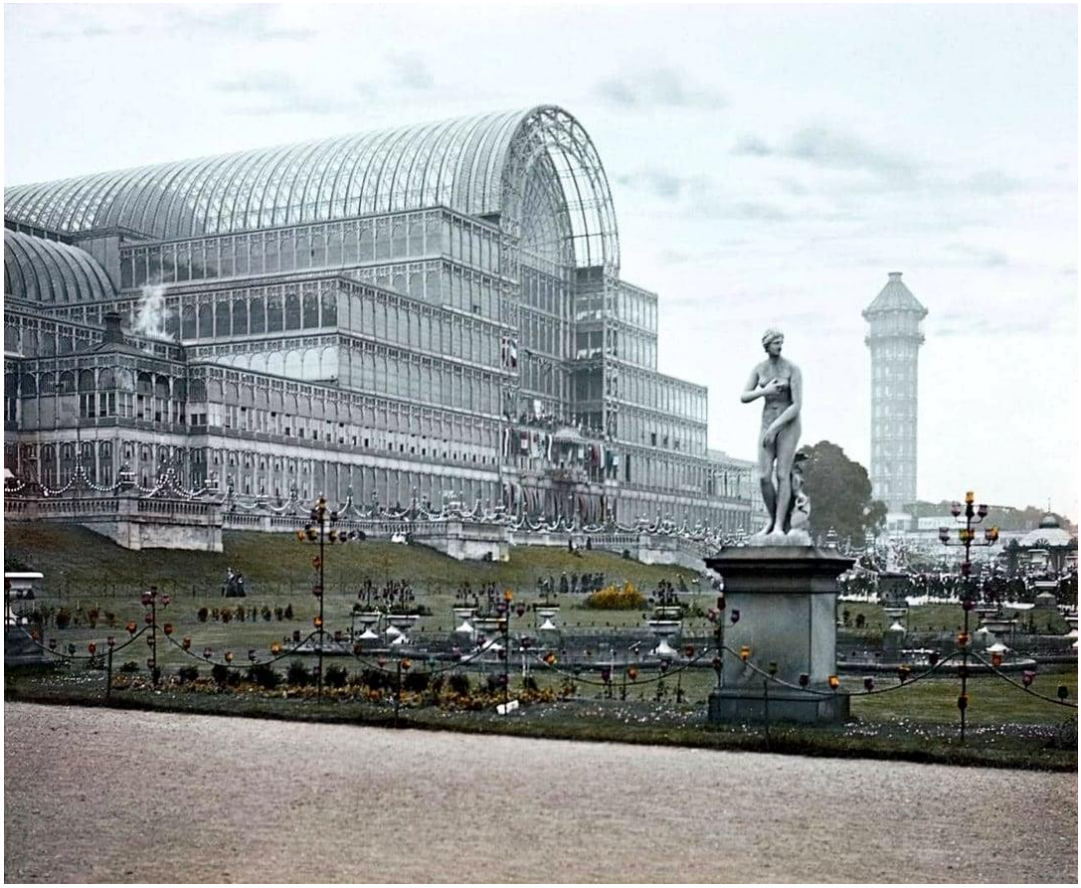
Iako se pod djelimično obješenim fasadama mogu smatrati i ranije opisani primjeri ventiliranih fasada s različitim *visećim* oblogama, nadalje će biti riječi o konceptu koji se na engleskom jeziku naziva "Curtain wall", odnosno zid zavjesa koji podrazumijeva staklene fasadne zidove.

Termin obješene fasade u građevinskom smislu označava bilo koji vanjski nenosivi zid koji „visi" ispred međuspratne konstrukcije (kao zavjesa), otkuda i potječe naziv za ove fasade. Staklena fasada je vrsta obješene fasade koja se oslanja na metalne konzole i profile koji se najčešće izvode od aluminija.

Unaprijeđenjem tehnologije proizvodnje stakla povećala se njegova primjena u arhitekturi, što je posebno izraženo kod staklenih fasada čije su forme mnogobrojne.

Staklene fasade su savremene fasade čija uloga u odnosu na tradicionalne fasade nije samo zaštita od vanjskih uticaja na zgradu, nego i estetika.

Staklene fasade uz estetsku i zaštitnu ulogu, moraju zadovoljiti zahtjeve za fasadne sisteme koji uključuju toplinsku i zvučnu izolaciju, dovoljnu otpornost na požar, zaštitu od buke, trajnost vodonepropusnost, zrakonepropusnost, seizmičku stabilnost itd.



Slika 2.30. Kristalna palata, rekonstrukcija

Kristalna palata u Londonu, izgrađena je za Prvu svjetsku izložbu (današnji EXPO).

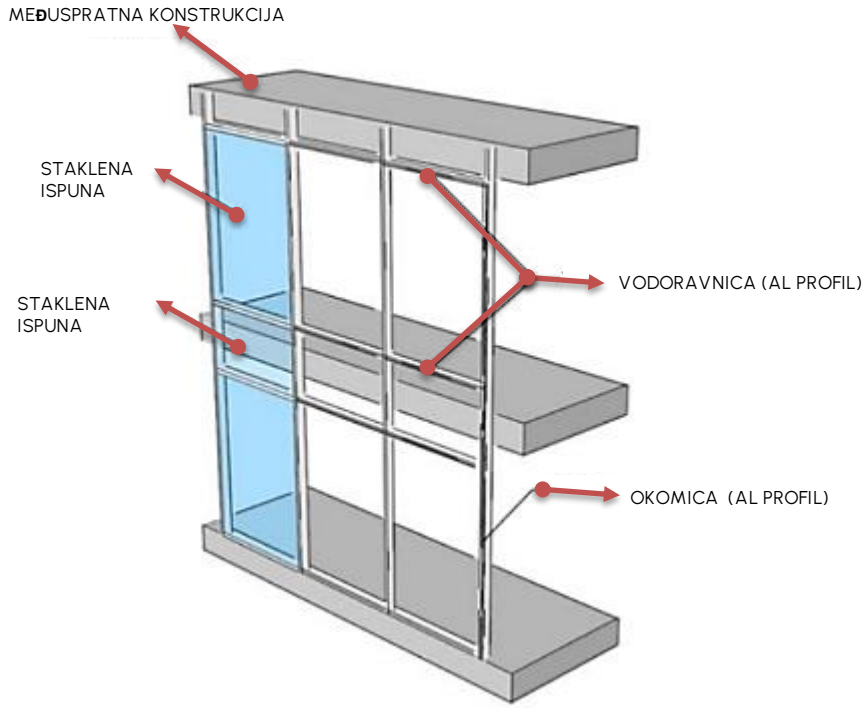
Velika izložba u Londonu 1851. godine predstavljala je svojevrsno čudo tadašnje tehnike.

Kristalna palača (engl. Crystal Palace) u Londonu, dugačka je 564 metra, s 92.000 kvadratnih metara površine.

Ta je palača sadržavala najveću količinu stakla do tada upotrijebljenu na bilo kojoj građevini na svijetu.

Iako korištenje stakla datira prije cca 6 hiljada godina, tek razvojem tehnologije, krajem XIX vijeka staklo nalazi širu upotrebu u građevinarstvu, čemu svijedoči objekat prekretnica kada su staklene fasade u pitanju, Crystal Palace u Londonu, Izgrađen 1851. za Prvu svjetsku izložbu.
Stakleni fasadni sistemi koji se danas koriste, unaprijeđeni su nakon II svjetskog rata.
Staklena fasada svojom konstrukcijom i dizajnom propušta više prirodnog svjetla, što smanjuje upotrebu umjetnog svjetla od 60 do 70% u odnosu na ostale vrste fasada. Prodiranjem više prirodnog svjetla smanjena je potrošnja energenata a time i emisija Co_2 kod objekata sa staklenom fasadom u odnosu na druge.
Važna prednost u odnosu na ostale fasade je njezina tvornička proizvodnja u kontroliranim uslovima i jednostavna montaža na metalnu nosivu konstrukciju. Dizajn staklene fasade i mogućnosti oblikovanja, odnosno prilagođavanja građevini omogućuju stvaranje vizualno atraktivnih objekata.

2.3.1. ELEMENTI OBJEŠENIH FASADA



2.3.2. VRSTE OBJEŠENIH FASADA

Prema evropskoj normi (standardu) EN 13830, obješena fasada se definiše kao prostorno neprekinuti omotač objekta koji se, po pravilu, sastoji iz međusobno povezanih vertikala i horizontala, usidrenih za

nosivu konstrukciju, dok se otvori zatvaraju odgovarajućim građevinskim ispunama (staklo, panel, alucobond i sl.). Taj omotač mora samostalno ili u saradnji sa nosivom konstrukcijom ispunjavati sve normalne funkcije vanjskog zida, pri čemu ne smije preuzimati opterećenje građevinske konstrukcije. Obješena fasada sastoji se iz građenih dijelova i/ili prefabrikovanih jedinica – prije svega metalnih, od umjetnih masa ili drvenih, koji se sastavljaju u konačni proizvod (obješenu fasadu) tek na gradilištu.

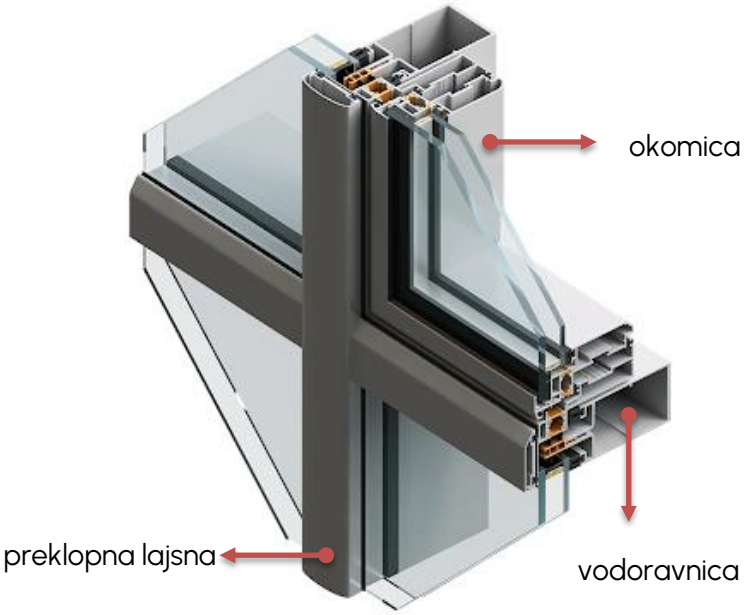
Staklene fasade se prema tehničkim karakteristikama izvedbe i montaže dijele na:

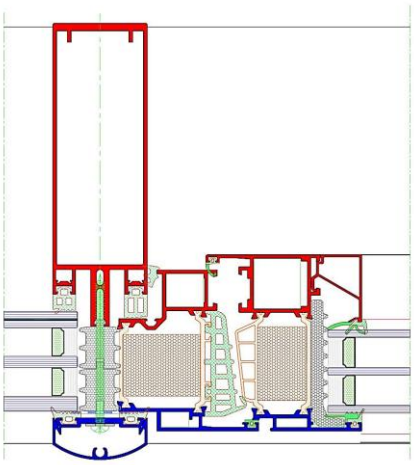
- kontinuirano ostakljene fasade,
- polustrukturalne ostakljene fasade,
- strukturalne ostakljene fasade,
- "spider" ostakljene fasade i
- dvostruko ostakljene fasade.

Kontnuirano ostakljene fasade su najstarija vrsta staklene fasade čija je karakteristika montaža na gradilištu dio po dio. Izrađuje se prvo konstrukcija, najčešće od aluminija, koja se sidrima pričvršćuje za objekat, te se na nju postavljaju stakleni paneli. Profili se postavljaju u dva smjera: vodoravno i horizontalno i najčešće su jednakih dimenzija kako bi se olakšala montaža. Prostor između stakla i profila popunjuje se brtvilom na silikonskoj bazi ili EPDM guma (etilen-propilen-dien-monomer) čija uloga je osiguravanje vodonepropusnosti, zaštita od UV zračenja i ostalih vremenskih uticaja kojima je fasada izložena. Proizvodnja i dopremanje ovakvog tipa staklene fasade je vrlo jednostavna i brza.

Kontinuirane ostakljene fasade

Kod kontinuiranih fasada aluminijski profili su vidljivi pa se po toj karakteristici, kontinuiranost aluminijskih profila, fasada i naziva.
Prostor između profila zove se "polje". Polja mogu biti ispunjena staklom, panelima ili drugim materijalima radi postizanja estetskog i/ili fizikalnog svojstva građevine. Također, različitim izvedbama kontinuirane fasade, može se naglasiti horizontalni ili vertikalni smjer na plohi objekta tj. istaknuti njegovu visinu ili širinu. Za zadovoljenje arhitektonskih zahtjeva i potpune funkcionalnosti, polja unutar fasade, osim što mogu biti fiksna, mogu biti i otvarajuća–zaokretna, otklopna i sl.





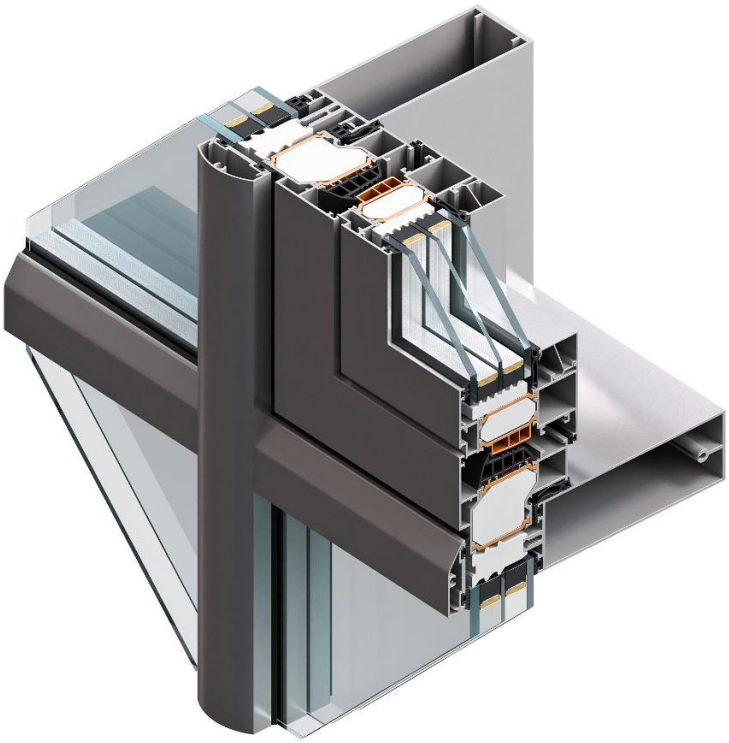
dubina okomice: 41, 88, 118, 158, 200, 270 mm
dubina vodoravnice: 41, 86, 114, 156, 198 mm
dubina pomoćne vodoravnice: 88, 200 mm
vidljiva širina profila: 60 mm

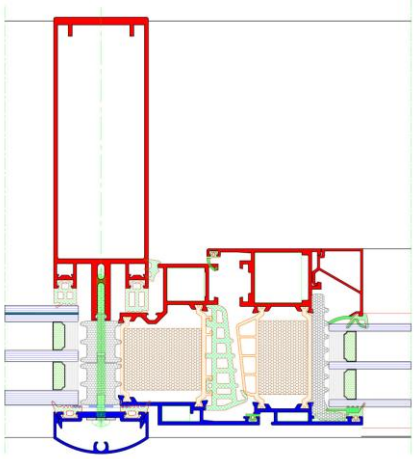
Slika 2.31. FEAL - 60 K Kontinuirana fasada – detalj

Slika 2.32. Detalj kontinirane fasade Feala

Polustrukturalne ostakljene fasade

Polustrukturalna staklena fasada se također montira na aluminijskim profilima, no za razliku od kontnuirane ova fasada ima tanje vidne profile na vanjskom dijelu. Polustrukturalna fasada time se ubraja prema tipu nosive konstukcije u element fasade gdje je modularna ugradnja fsadnih panela/ elemenata poželjna prilikom projektovanja.
Ove sisteme fasada najčešće se koristi za više objekte nego je to slučaj kod kontinuirane.
Ovaj tip fasade zajedno s strukturalnom fasadom brži je i jednostavniji za montažu u odnosu na kontinuirani tip staklene fasade. Brtvila koja se koriste su na silikonskoj bazi i EPDM guma jednako kao i kod kontinuirane fasade. Nadalje, ovaj sistem bolje podnosi opterećenja, posebno opterećenja vjetrom i potresno djelovanje u odnosu na kontinuiranu fasadu. U odnosu na kontinuirane, polustrukturalne ostakljene fasade po obodima imaju minimalno vidljive metalne profile i oni dolaze najčešće kao unaprijed složene okvirne jedinice.

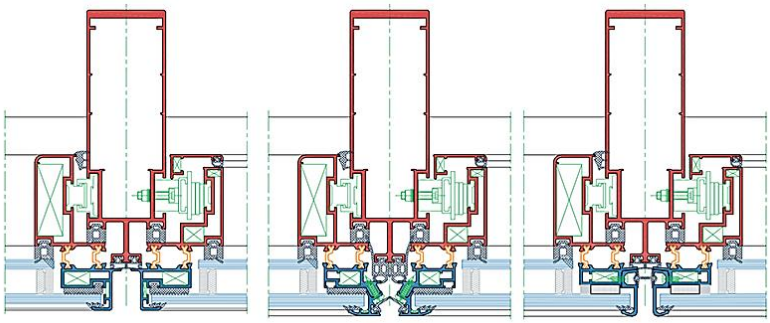




dubina okomice: 90, 120, 140, 160, 200, 270 mm
dubina vodoravnice: 88, 118, 138, 158, 198 268 mm
dubina pom.vodoravnice: 88, 118, 138, 158 mm
vidljiva širina profila: 50 mm
dubina ispune: 4 – 56 mm

Slika 2.33. FEAL - 50 FK Polustrukturalna fasada – detalj

Na slici 2.33. je detalj profila polustrukturalne fasade proizođača Feal Široki brijeg.



dubina okomice: 88 - 270 mm
širina okomice: 60 mm
vidljiva fuga: 20 mm

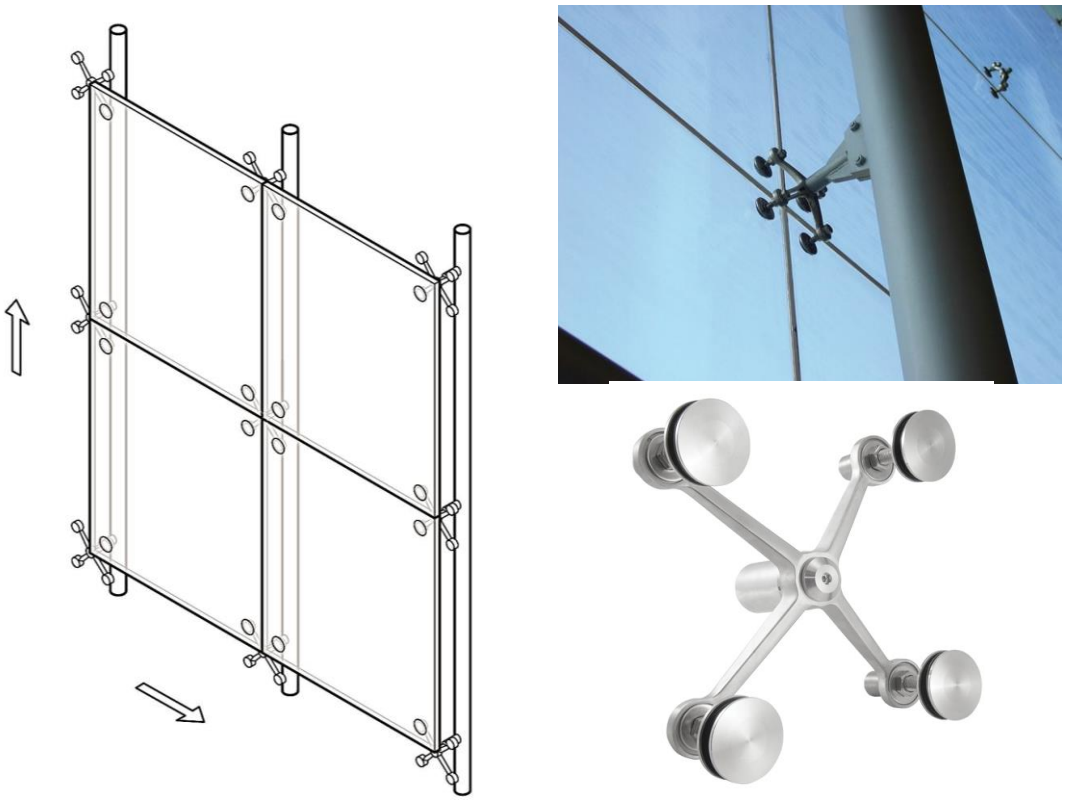
Slika 2.34 . FEAL - 50 S strukturalna fasada – detalj

Strukturalna ostakljena fasada je vrsta fasade kod koje se ne vide metalni nosači s vanjske strane fasade, odnosno njezina montaža vrši se na način da se staklo lijepi za metalnu konstrukciju. Brtvila koja se koriste su na silikonskoj bazi ali drugačija u odnosu na ranije navedena. Jedno od najviše korištenih brtvila je strukturalni silikon, kojim se stakla lijepe za profile bez upotrebe dodatnog pričvrsnog materijala, kao i dvokomponentni silikon. [9]
Obje vrste brtvila stvaraju čvrstu vezu između stakla i profila koja se odupire opterećenju i prenosi ga zajedno s vlastitom težinom na aluminijski profil. Dizajnom, strukturalna fasada bolje se prilagođava geometriji građevine i lakša je za postavljanje od kontinuirane. Kako se njome stvara kontinuitet stakla, olakšan je odvod vode i čišćenje fasade, a za razliku od prva dva tipa kod strukturalne fasade se ne zadržava prljavština na profilima. Otvori su kod ovog tipa fasade

mnogo teže izvodivi, ali se izvode tako da ne odudaraju od ostatka staklene površine, sa otvaranjem prozora prema vani.

Spider ostakljene fasade

Spider staklena fasada je vrsta strukturalne fasade koja je ime dobila prema nosačima na koje se pričvršćuje staklo. Nosači su tačkastog izgleda i najčešće izrađeni od nehrđajućeg čelika. Uloga nosača je da drže staklene panele i pružaju otpor deformacijama koje se javljaju prilikom vanjskih djelovanja na fasadu. Svojim izgledom je iznimno zanimljiva i prepoznatljiva, a ima karakteristike strukturalne staklene fasade, odnosno nosači su smješteni s unutarnje strane fasade, a brtvilo koje se najčešće koristi između staklenih panela je na silikonskoj bazi što daje otpornost toplinskom pomicanju fasade.



Slika 2.35. Elementi sistema spider fasade

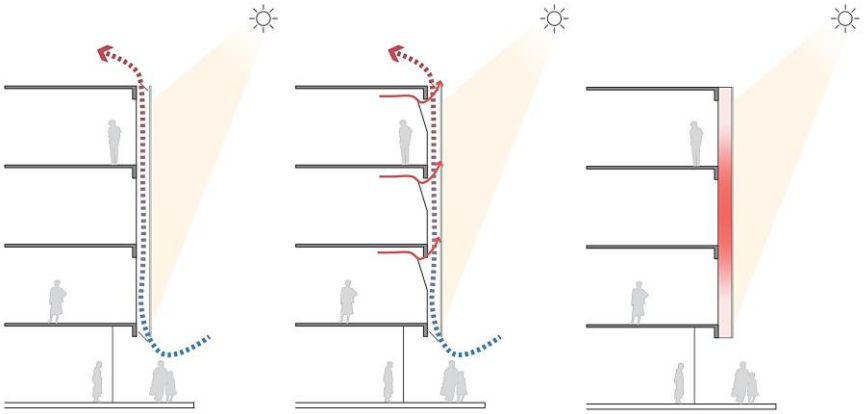
Ovi sistemi staklenih fasada su široko prihvatljivi prilikom izvedbe savremenih arhitektonskih rješenja. Minimalistički nosivi spider (tačkasti) nosači pružaju mogućnost potpuno energetski efikasnih lakih omotača objekta.
Horizontalni i vertikalni aluminijski nosači su zamijenjeni sa hvataljkama koje omogućuju spajanja do 6 staklenih panela u

jednom čvorištu. Proizvodnja ovakvih staklenih panela se vrši u fabričkim uslovima, uz detaljne razrade tehničke dokumentacije i uz visoko edukovane i stručne eksperte. Svaki stakleni panel je fabrički izbušen za prihvatne vijke koji se kače na spider prihvatni sistem. Prilikom postavljanja staklenih panela, bitna stavka je da da se izbjegne kruta veza između stakla i spider nosača odnosno vijka da bi se omogućila fleksibilnost ponašanja staklneih panela. U suprotnom, ukoliko dođe i do blagog slijeganja ili pomjeranja objekta, nekog dodatnog opterećenja ili različitih temperaturnih osicilacija ukrućena veza može dovesti do većih oštećenja i pucanja stakla. Kod spider sistema bitno je postaviti primarnu konstrukciju tako da jeotporna na reakciju progresivnog kolapsa, obrziom da su stakleni paneli prislonjeni jedan uz drugi te je prostor između njih zatvoren silikonskim glazurama, ili elastičnim spojevima koji prilikom pomjeranja oponašaju domino efekat i dolazi do velikih deformacija ili potpunog pucanja staklene fasade.

Slika 2.36. Detalj složene konstukcije spider fasade

Dvostruke fasade

Dvostruke fasade se sastoje od dva sloja, obično stakla, a zrak struji kroz međukonstrukcijsku šupljinu. Ovaj prostor (koji može varirati od 20 cm do nekoliko metara) djeluje kao izolacija od ekstremnih temperatura, vjetrova i zvuka, poboljšavajući toplinsku učinkovitost objekta.
Zračni prostor između dva staklena plašta može biti ventiliran ili neventiliran. Najčešće je ventiliran jer se izmjenom zraka povećava energetska učinkovitost fasade i toplinska izolacija, jer zračni prostor ima ulogu toplinske barijere.

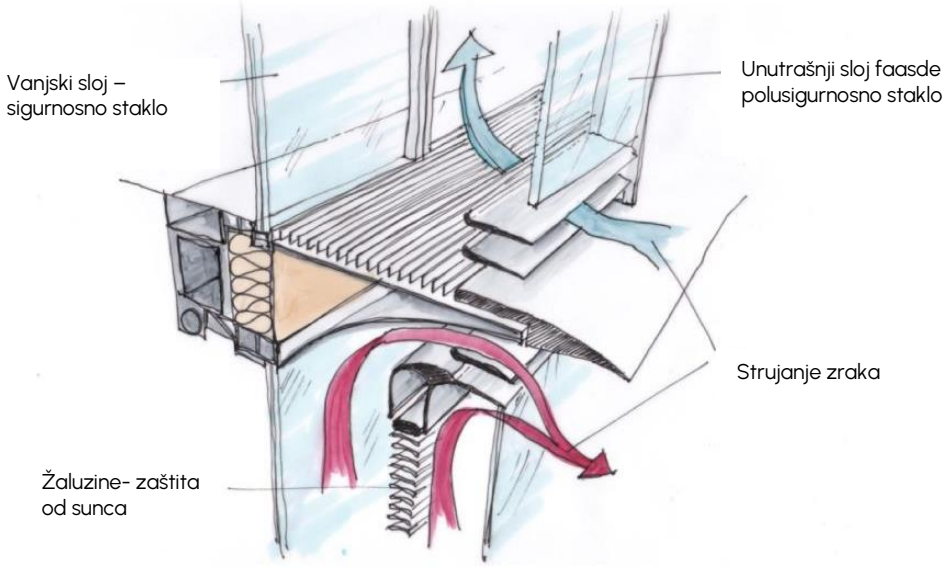


Slika 2.37. Princip funkcioniranja dvostruke fasade

Ventiliranje može biti prirodno ili prisilno-mehaničko. Ukoliko je prisilno, između dva sloja dodaju se mašine slične ventilatorima, koje kontroliraju strujanje i upravljaju ventilacijom.
Osim mašina za upravljanje ventilacijom, dodaju se zaštite od sunca, npr. žaluzine, brisolei, rolete, folije i slično. Vanjsko staklo je u odnosu na unutrašnje bolje kvalitete, odnosno riječ je o sigurnosnom staklu, dok unutrašnje staklo može biti manje sigurno. Također, vanjsko staklo je najčešće i izolacijski bolje staklo, što može otežati rad npr. fotonaponskih ćelija koje se šesto postavljaju između staklenih panela.
Prednosti ovakvih fasadnih sistema su:

- smanjenje potrebe za hlađenjem i grijanjem prostora,
- poboljšana toplinska i zvučna izolacija i
- obilje prirodnog svjetla, dobra ventilacija i izmjena zraka.

Pod nedostacima smatraju se vrlo visoki troškovi izgradnje, veći prostor koji ove fasade zauzimaju, te potreba za stalnim i skupim održavanjem.
Jedan od najpoznatijih primjera objekata sa dvostrukom fasadom je zgrada "The Gherkin", arhitektonske kompanije Foster + Partners.



Slika 2.38. Detalj dvostruke fasade

Slika 2.39. Detalji fasade objekta "Gherkin" u Londonu, Foster i partneri, arhitekti

2.4. "ZELENE" FASADE

Slika 2.40. Babilonski viseći vrtovi

Ideja zelenih fasada seže u prapovijest: Smatra se da su legendarni viseći vrtovi izgrađeni za vrijeme vladavine Nabukodonosora II (604-562. g. p. n. e.) i to po želji njegove supruge.

Detaljne opise vrtova iznose poznati starogrčki pisci tog doba - Strabon i Filo bizantijski; "Vrtovi su oblika kvadrata stranice dužine oko četiri pletre (stara mjera za dužinu). Sačinjavaju ih lučni svodovi koji se uzdižu nad popločanim osnovama, a terase su izgrađene stepenasto, jedna nad drugom pod različitim uglovima ..";

"U vrtovima se uzgajaju egzotične biljke posađene na same terase, poduprte kamenim stubovima... Potoci vode teku s visina i spuštaju se u slapovima do tla... Oni navodnjavaju sve vrtove, natapajući korijenje biljaka i čineći cijeli predio vlažnim i sparnim. Tako je trava stalno zelena, a drveće buja... Ovo umjetničko djelo kraljevskog luksuza odaje utisak prirodnosti, jer se uticaj čovjeka u održavanju ovih vrtova nikada ne vidi."

Novijim arheološkim istraživanjima drevnog grada Babilona u Iraku otkriveni su temelji kraljevske palate, ostaci lučnih svodova i odličan sistem navodnjavanja u južnom dijelu palate, kao i masivni zidovi debljine 25 metara za koje se pretpostavlja da su ostaci samih terasa.

Iako su fasade i krovovi objekata i u prošlosti bili jednostavno "obloženi" biljnim nasadima, danas se pod zelenim fasadama ne smatraju biljem i puzavicama obrasli zidovi, nego isključivo sistemska riješenja fasada, koja najčešće podrazumijevaju uključivanje elemenata energetske učinkovitosti i zaštite okoliša u oblikovanju fasada.

Zeleni fasade se mogu izvoditi u raznim formama.

Moguće ih je podijeliti po njihovoj strukturi, substratu koji se koristi, vrstama biljaka koje se koriste ili sistemima navodnjavanja ako postoje. [10]

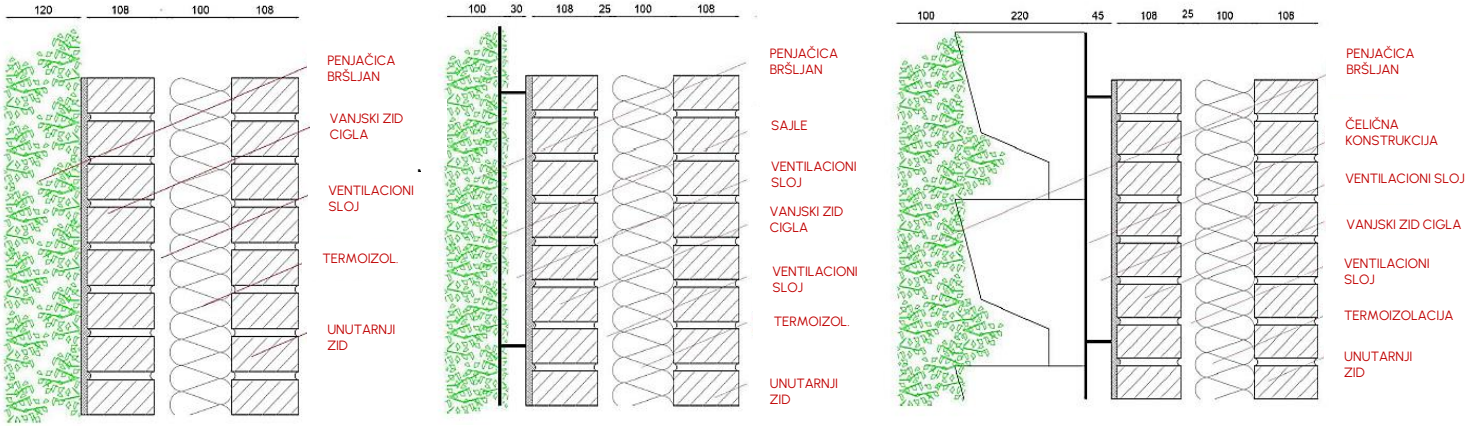
Vertikalno ozeljenjavanje je koncept primjene vegetacije na vertikalnim površinama-fasadama.

Zelene fasade su zidovi prekriveni biljkama penjačicama i kaskadnom vegetacijom.

Ove fasade su najjednostavnija primjena zelenih zidova.

Zelene fasade koje trenutno postoje na tržištu mogu se klasificirati u tri glavne kategorije:

- direktno fasadno zelenilo,
- indirektno fasadno zelenilo - biljke koje su ukorijenjene u zemlji i rastu na potkosntrukciji od kablova, žica ili metalnih profila i
- živi zid - biljke koje su ukorijenjene u umjetni supstrat smješten u "posudama" ili modularnim panelima na fasadu. [11]



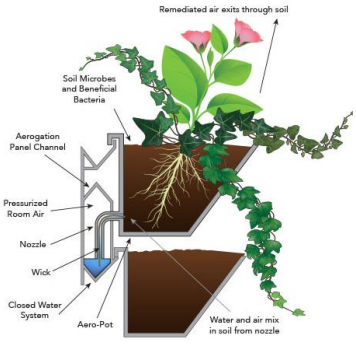
Slika 2.41. Tipovi zelenih fasada

Prema konstrukciji fasade, odnosno elemenata koji pridržavaju biljke i omogućuju im širenje zelene fasade se dijele na:

- Kablovske sisteme koji se moraju sastaviti na licu mjesta i moraju biti pričvršćeni izravno na zid i pokriti velika područja. Zeleni fasadni kablovski sistemi najčešće su pričvršćeni s vanjske strane zgrade i zahtijevaju napetost kablova s nizom priključaka na svakom ukrštanju između okomitih i vodoravnih kablova;
- Okomite modularne sisteme rešetki koji se mogu postaviti direktno na zid postojeće građevine ili izvesti kao samostojeća konstrukcija; [10]

Slika 2.42. Kablovski i rešetkasti sistemi zelenih fasada

- *"Žive zidove" kod kojih je* konstrukcija složenija i saastoji se od nosača koji podsjećaju na nosače ventiliranih fasada. Nosači su izrađeni od aluminija ili nehrđajučeg čelika i čine roštilj za vješanje modularnih panela sa supstratom za sadnju biljaka. Kod ovih sistema izbor biljaka je najednostavniji i praktično bilo koja biljka može se koristiti za izgradnju ovakvih fasada.



Kod gore navedenih sistema, direktnog i indirektnog zelenila, biljke moraju biti penjačice.

Slika 2.43. Varijante fasadnih "živih zidova"

Okomita vegetacija štiti zidove od izravnog sunčevog zračenja, pa se fasada manje zagrijava, apsorbira manje topline i emitira manje topline noću. Biljke također ispuštaju vodenu paru isparavanjem, što također pojačava efekt hlađenja u okolini. Okomita vegetacija ima dobar učinak na maksimalne temperature pa može pridonijeti uštedi energije za grijanje i hlađenje objekta. Stacionarni zračni sloj od 5 cm između vegetacije i zgrade omogućuje koeficijent prolaza topline od 2,9 W/m^2K, pa se može usporediti s toplotnom izolacijom koja se postiže pomoću izoliranog ostakljenja.

Slika 2.44. Kombinova fasada; prizemlje strukturalna fasada Feal, spratovi ventilirana fasada s oblogom od hpl ploča Fundermax, Autori: Ingkubator, Bihać

3. PODNE I STROPNE KONSTUKCIJE

Podne i stropne (plafonske) konstrukcije ovdje će se analizirati kao elementi iznad, odnosno ispod međuspratnih konstukcije, pa ih stoga ne treba miješati s međuspratnim konstrukcijama, čija je uloga u objektu bitno drugačija.

3.1. PODOVI

Prohodni dijelovi prostorija nazivaju se podovima [12]. Izvode se kao jednostavne i složene konstrukcije, zavisno od namjene prostorije, uslova koji vladaju u njima, kao i od položaja poda u odnosu na nivo zgrade (pod podruma, pod prizemlja bez podruma ili pod na međuspratnim konstrukcijama). [13]
Konstrukciju poda čine svi elementi iznad nosive konstrukcije, a sastoji se od dva osnovna sloja:

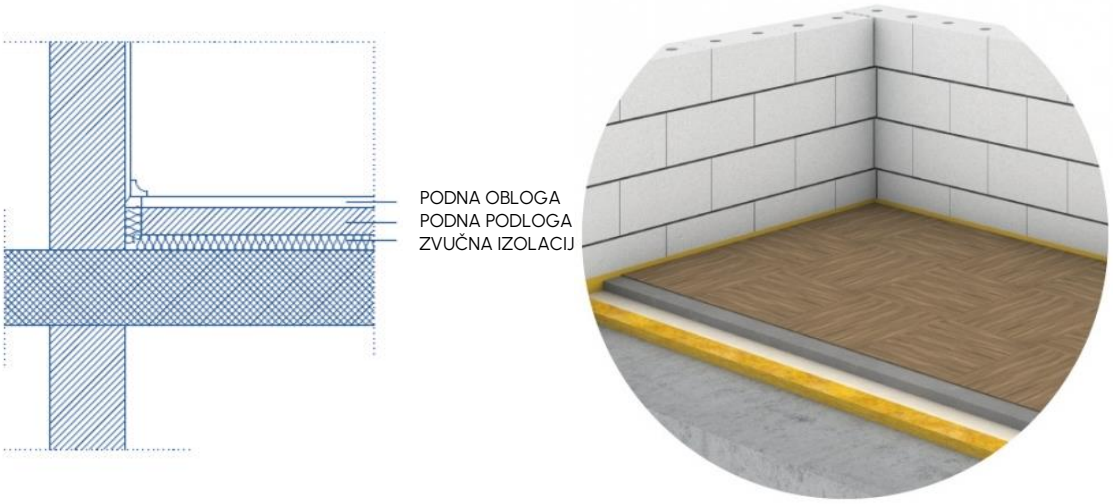
- podne podloge i
- podne obloge.

Dodatno, u konstrukciji poda se pojavljuju i različiti slojevi izolacija, koji ovise o namjeni prostorija, položaju i sl.

Podna podloga može biti izvedena postupkom suhe i mokre ugradnje, od različitih materijala koji moraju odgovarati namjeni prostora i različitim dodatnim zahtjevima, a to su najčešće drvena podloga, estrih, osb ploče i slični materijali. Podloga, koja najčešće služi i kao sloj za izravnanje ili košuljica, nalazi se ispod podne obloge. Ona nosi cjelokupno opterećenje koje djeluje na podnu oblogu. Neophodno je da bude dovoljno čvrsta i da ne mijenja predviđenu ukupnu debljinu poda. Estetski izgled podne podloge zavisi od toga koliko je ravna, te da li ima udubljenja ili ispupčenja. Prema načinu izrade podne podloge mogu biti izgrađene suhim ili mokim postupkom. [13]
Suhim postupkom podloga se postavllja slobodno ili se pričvršćuju za nosivu konstrukciju. Ovdje spadaju suhi estrisi, drvene potkonstrukcije, čelične potkosntrukcije itd.
Mokrim postupkom dobijaju se monolitne pologe koje se izlijevaju na licu mjesta. Razlikuju se prema načinu izrade i vrsti materijala.
Prema načinu izrade razlikuju setri osnovne vrste estriha:

- vezani estrih (nanosi se direktno na nosivu konstrukciju),
- estrih na sloju koji ga razdvaja od noseće konstrukcije i
- plivajući estrih (nanosi se na prethodno pripremljene slojeve za termičku i zvučnu izolaciju).

Podna obloga (lice poda) izrađuje se od različitih materijala i podrazumijeva završni sloj poda, koji može biti od keramičkih pločica, tekstilnih obloga, parketa i sl.



a) Detalj presjeka b) Prostorni prikaz

Slika 3.1. Osnovni elementi konstrukcije poda, a) detalj presjeka,b) prostorni prikaz

U dodatne slojeve podnih konstrukcija ubrajaju se slojevi za: toplotnu izolaciju, zvučnu izolaciju, hidroizolaciju i slojevi za zaštitu od kondezacije vodene pare.
U zavisnosti od namjene prostorije podovi mogu dodatno sadržavati:

- sloj termoizolacije,
- sloj za izolaciju buke i/ili
- sloj za izolaciju od vlage i vode.

Termoizolacioni slojevi postavljaju se u podne konstrukcije izložene hladnoći ili toploti. Za termoizolacione slojeve upotrebljavaju se sintetički materijali (stiropor, stirodur, poliuretan, itd.) i organski materijali (pluto, vuna, slama, itd.).
Slojevi za zvučnu izolaciju postavljaju se ispod podne podloge i odabrani materijal zavisi od traženih zvučno-izolacionih karakteristika.
Hidroizolacioni slojevi u podnoj konstrukciji služe za zaštitu termoizolacionih i zvučnoizolacionih slojeva od vlage. Za ovaj sloj se upotrebljavaju izolacione trake ili premazi.
Sloj za zaštitu od kondenzacije vodene pare sprječava prodor vodene pare u termoakustički izolacioni sloj.
Za ovaj sloj se upotrebljavaju plastične i aluminijske folije. [13]
Funkcija poda u objektu je da svojim tehničkim i estetskim svojstvima omogući kretanje ljudi, mašina i vozila, odnosno da nosi

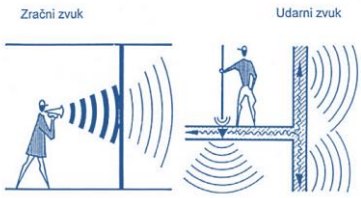
pokretna i nepokretna opterećenja, pruži toplinsku zaštitu, zaštitu od uticaja vode, vlage i akustičku zaštitu.
Estetska uloga poda doprinosi ugodnosti boravka u prostoru. [12]
Prema zahtjevima koji se postavljaju, podna konstrukcija treba da bude:

- mehanički izdržljiva,
- estetski kvalitetna,
- otporna na habanje,
- otporna na hemijske uticaje,
- otporna na vodu,
- otporna na utiskivanje,
- jednostavna za održavanje. [12]

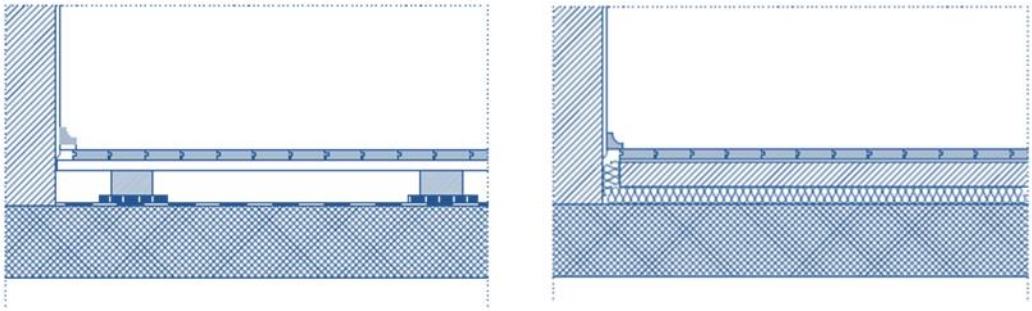
Dodatno se, ovisno o poziciji i ulozi poda, postavljaju i zahtjevi po pitanju, zvučne izolacije, udobnosti i sl.
Sastav poda ovisi od:

- namjene prostorije,
- položaja poda i
- konstrukcije preko koje se izvodi pod (međuspratne konstrukcije).

Danas, se podovi najčešće izvode sa dodatnim slojevima izolacije, koja istovremeno predstavlja toplinsku i akustičku (izolaciju od buke i udarnog zvuka), te slojevima za zaštitu od vode i vlage ukoliko to prostorija zahtijeva. Takvi podovi izvode se po *principu plivajućih podova. (Čvrsti slojevi poda "plivaju" na elastičnom sloju termoizolacije).*



Udarni zvuk je onaj koji nastaje uslijed fizičkih udara po podnoj površini koji nastaju hodanjem i pomjeranjem namještaja i opreme. Zvuk sa podne konstrukcije se vrlo lako prenosi kroz sve tvrde elemente konstrukcije zgrade i emituje u prostorije ispod ili iznad prostorije u kojoj se stvara, ili u susjedne prostorije na istoj etaži. koju postavljamo završnu podnu oblogu. [12]



a)
- parket 2.5 cm
- slijepi drveni pod 2.5 cm
- gredice 48/76
- hidroizolacija
- armiranobetonska ploča

b)
- parket 2.5 cm
- ljepilo za parket 0.5 cm
- cementni estrih min 4.0 cm
- termoakustička izolacija 3.0 cm
- armiranobetonska ploča

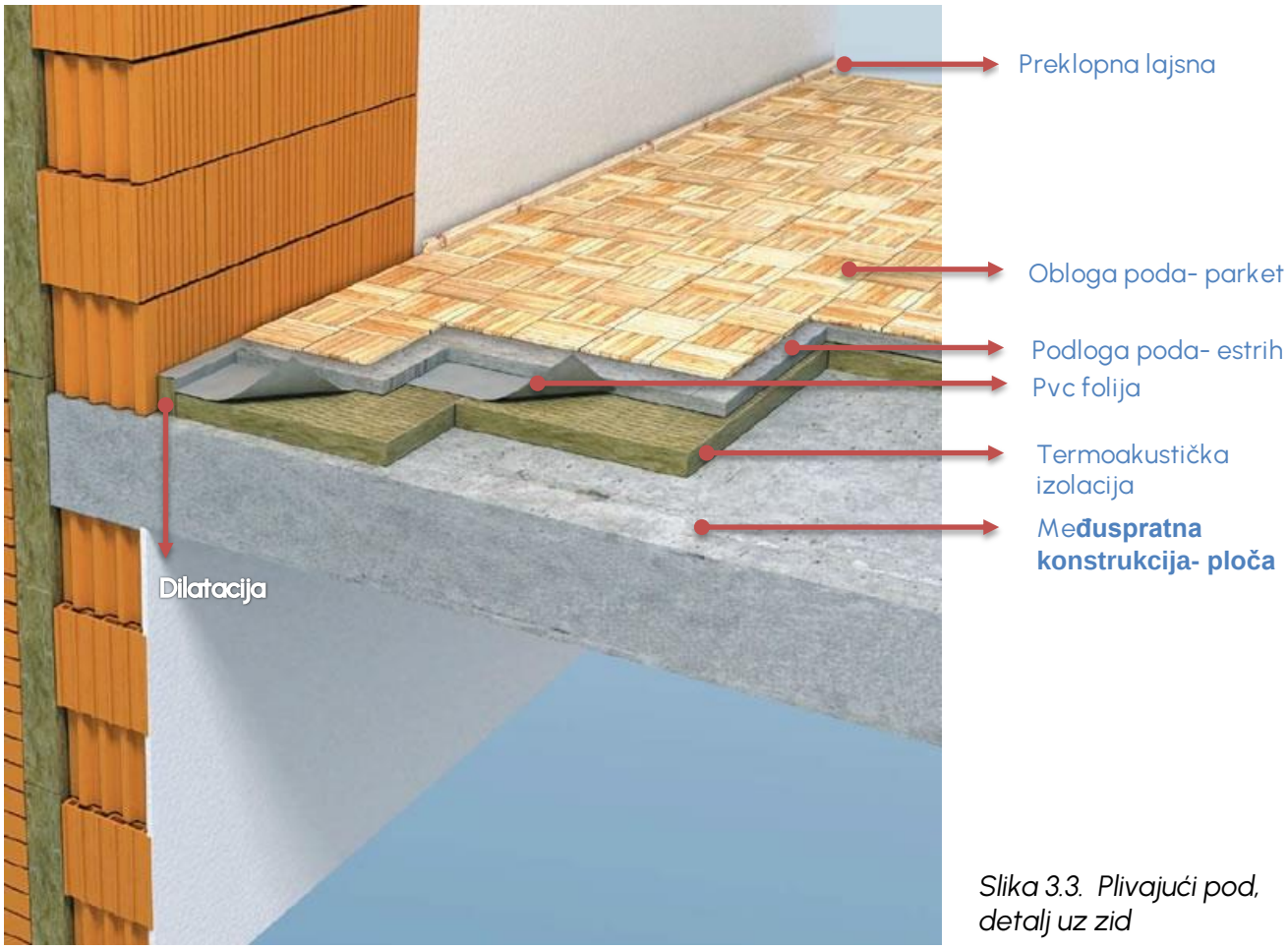
Slika 3.2. Tipovi ugradnje podova - detalj presjeka
a) suha ugradnja poda, b) mokra ugradnja

3.1.1. PLIVAJUĆI PODOVI

Podna konstrukcija koja se izvodi na sloju "plivajućeg" estriha sa dodatnim slojevima koji su posebno prilagođeni zahtjevima zvučne izolacije naziva se plivajući pod.
Ovakva konstrukcija sprječava prodor zračnog i udarnog zvuka kroz međuspratnu konstrukciju zahvaljujući sloju termoakustičke izolacije, odnosno elastičnog sloja kojim se ta vrsta izolacije postiže
Osnovni koncept plivajućih podova sastoji se u tome da se spriječi kontakt tvrdih dijelova iz podne konstrukcije sa čvrstim dijelovima grube međuspratne konstrukcije i zidova.

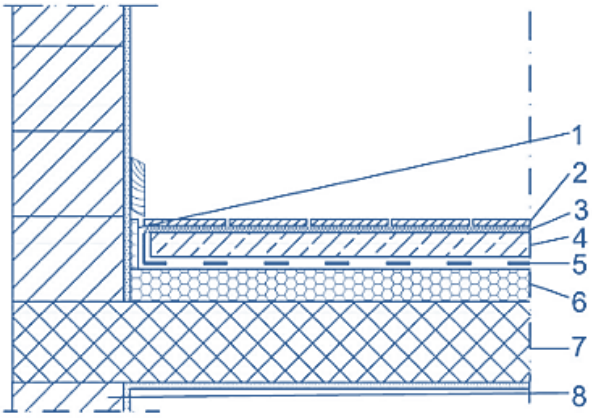
Pri izradi plivajućih podova potrebno je poštovati slijedeće principe:

- postići potpunu zaptivenost bez šupljina u zvučnoj izolaciji, tj. sloju akustičnog apsorpcionog materijala, te
- habajući završni dio poda na čvrstoj podlozi – betonski estrih, ne smije svojom površinom imati nikakvog tvdrog kontakta kako sa međuspratnom konstrukcijom, tako ni sa obodnim zidovima gdje termoakustička izolacija predstavlja "tampon" između tvrdih slojeva. [12]



Slika 3.3. Plivajući pod, detalj uz zid

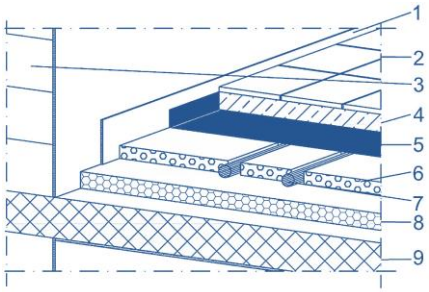
Vrstu podne obloga određuje projektant prilikom izrade glavnog projekta arhitekture, u zavisnosti od estetskih zatjeva, djelatnosti u prostoriji i drugih uslova. Prema oblozi se definiraju, odnosno projektuju i ostali slojevi poda, odnosno podloga.



1. elastificirana EPS ivična traka za sprječavanje prelaza udarnog zvuka na bočne zidove
2. završna podna obloga
3. ljepilo za keramiku
4. cementni estrih
5. zaštitna PE, HDPE ili PVC folija
6. elastificirana EPS ploča – zvučna izolacija protiv udarnog zvuka
7. nosiva armiranobetonska konstrukcija
8. nosivi zid

Slika 3.4. Plivajući pod - osnovni detalj u mokrim prostorijama

Podna obloga treba da bude otporna na habanje, da ima malu masu, potrebnu čvrstoću na pritisak, savijanje i zatezanje, potrebna svojstva za sprječavanje prenošenja toplote, zvuka, zračenja i da posjeduje kvalitet završne obrade, odnosno da može aktivno da se održava uz određena sredstva propisana od proizvođača sa odgovarajućim atestima i garancijama.
Kvalitet ugrađenog poda ovisi od kvaliteta materijala podne obloge, načina izrade i održavanja. Pod treba da ima i određene estetske kvalitete, da bude trajan, udoban, ravan i elastičan, jednostavan za održavanje, siguran za kretanje, i kada je suh i kada je mokar, bezbjedan od požara i štetnih isparenja, itd. [13]



Slika 3.5. Plivajući pod, s podnim grijanjem

1. elastificirana EPS ivična traka
2. završna podna obloga
3. nosivi ili pregradni zid
4. cemetni estrih
5. zaštitna PE, HDPE ili PVC folija
6. EPS 150, dodatna termoizolacija
7. cijevi podnog grijanja u sloju dodatne termoizolacije
8. elastificirana EPS ploča – zvučna izolacija protiv udarnog zvuka
9. Nosiva armirano betonska konstrukcija

3.1.2. PODJELA PODOVA

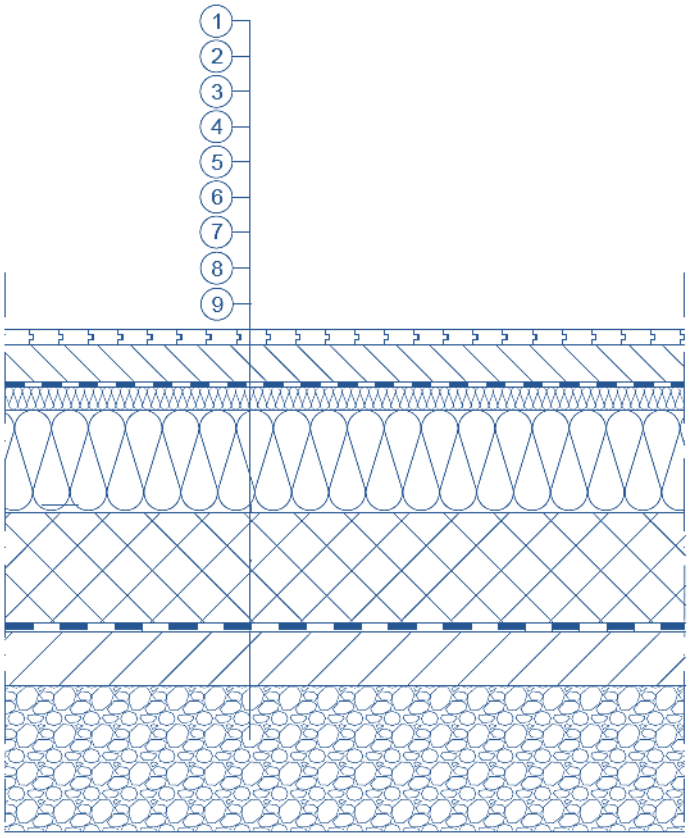
Podjela podova može se izvršiti prema različitim kriterijima:

- prema položaju u objektu,
- prema toplinskoj provodljivosti podova,
- prema načinu ugradnje i
- prema materijalu i porijeklu materijala podne obloge.

Prema položaju, podovi mogu biti:

- podovi na tlu,
- podovi na međuspratnoj konstrukciji između grijanih etaža i
- podovi iznad negrijanog prostora.

Podovi na tlu sastoje se od više funkcionalnih slojeva čija je uloga osim postizanja kvalitetne hodne površine i sprječavanje prodora vode i vlage u konstrukciju i unutarnji prostor.



Slika 3.6. Plivajući pod na tlu

1. završna podna obloga
2. cemetni estrih
3. zaštitna PE, HDPE ili PVC folija
4. EPS 150, termoizolacija
5. EPS 150, dodatna termoizolacija
6. armiranobetonska ploča
7. hidroizolacija
8. podloga hidroizolacije lakoarmirana tanka betonska ploča
9. tamponski sloj šljunka

Slojevi poda na tlu imaju specifičnu ulogu u konstrukciji i treba ih izvesti pažljivo kako bi se obezbijedila trajnost i funkcionalnost konstrukcije.
Tamponski sloj šljunka izrađuje se u sloju od 10 do 15 cm za manja opterećenja poda i u sloju od 15 do 20 cm za veća opterećenja.Ovaj sloj ne dopušta da se vlaga kapilarno kreće prema gornjim slojevima. Također, služi da prihvatii opterećenje od gornjih slojeva i ravnomjerno ga prenese na podlogu.

Na tamponskom sloju izvodi se lakoarmirana tanka ploča za poravnanje i podlogu hidroizolacije u debljini 5-8 cm.
Razlika na površini ne smije biti veća od 5 mm. Nakon dva dana površinu treba izravnati. U tu svrhu koristi se vodeno staklo i voda. Rastvor se nanosi u tankom sloju i utrljava na površinu betona. Pošto se koristi tzv. mršavi beton, ova tehnika može povećati čvrstoću betona, a vodeno staklo povećava vodonepropusnost površine. Ovaj sloj je namijenjen polaganju hidroizolacije.

Hidroizolacioni sloj treba zaštiti konstrukciju od prodora podzemne vode. Za ovu svrhu mogu se koristiti polimer-bitumenski materijali, PVC membrane i plastični film debljine najmanje 0,4 mm.
U slučaju korišćenja pvc membrana, poželjno je postaviti ih u dva sloja između bitumenskih premaza. Preklapaju se između sebena 10 do 15 cm.

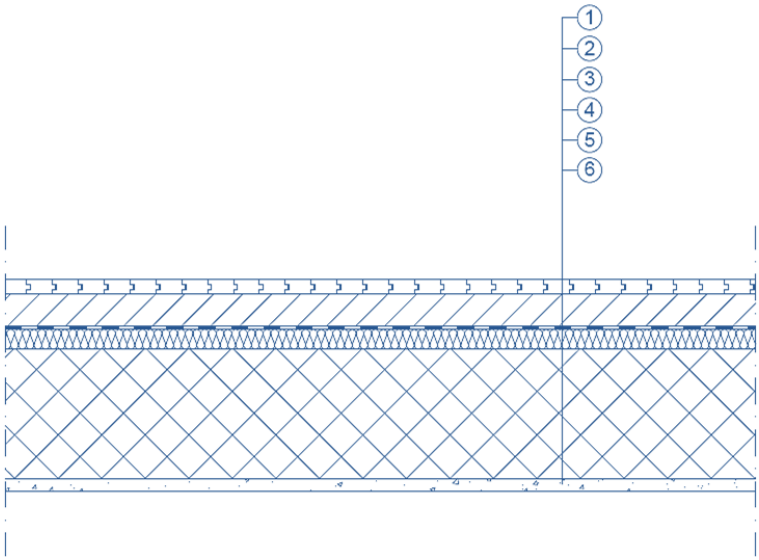
Termoizolacioni materijali koji se najčešće koriste u konstrukciji plivajućih podova su ekstrudirani polistirens (EPS) ili presani stiropor, ali može se koristiti i perlitobeton. Ploče za izolaciju se polože bez spojeva, tako da se formira jedinstvena ravan. Debljina se određuje zavisno od termičkog proračuna. Kako bi se uklonili hladni mostovi iz temelja, izolacija se postavlja uspravno i učvršćuje klinovima iznutra. Na vrhu izolacije treba postaviti sloj za odvajanje. Kao sloj za odvajanje, najbolje je koristiti PVC membrane, koje imaju dug vijek trajanja. Ovaj sloj služi za zaštitu termoizolacije od procurivanja betona.
Folija se postavlja na površinu termoizolacije s preklapanjem od 10 do 15 cm, a zatim se lijepi trakom.

Podloga poda, najčešće cementi estrih ili glazura može se izvoditi kao mokri i suhi estrih. U sistemu plivajućih podova estrih mora biti odvojen od dijelova konstrukcije dilatacionim trakama po obodu zida i termoakustičkom izolacijom od armiranobetonske ploče.
Naziv estrih potiče od njemačke riječi „estrich", odnosno od latinske riječi „estracus" tj. „astricus" što znači pločnik (od glinene opeke), odnosno starogrčke riječi "ὄστρακον" ili "óstrakon" što znači "krhotina" tj. "zemljana ploča". Ukratko, estrih je podna glazura koja se spravlja od cementa, vode i agregata za koji služi pijesak sa zrnom granulacije do maksimalno 4 mm. Odnos cementa i vode u estrihu je 1:5 do 1:6. Količina vode odlučuje o kakvoći estriha pa je odnos koji se preporučuje voda/cement (3:5) ≤0,6. [14]
Kod estriha je bitno da ne smije početi vezati prije jednog sata, što je također uslovljeno količinom vode u estrihu. Zbog viška vode nastaju pukotine u estrihu, prilokom sušenja.
Estrih može biti armiran plastičnim ili karbonskim vlaknima u slučaju da su planirana opterećenja poda veća.
Također u slučaju potrebe za ubrzanim vezanjem, estrihu se dodaju aditivi za brzo vezanje koji se nazivaju plastifikatori.

Suhi estrih razlikuje se od uobičajenoga po suhom postupku.
Suhi estrih ima nekoliko prednosti pred običnim estrihom; u funkciji je odmah nakon montaže jer sušenje nije potrebno i daje dobru toplinsku i zvučnu zaštitu. Suhi estrih je preporučljiv i za podno grijanje. Bitna karaketristika mu je mala težina. Nedostatak je

njegova vodopropustljivost i manja pritisna čvrstoća od standardnog estriha.
Estrih je sastavljen od posebnih tvornički slijepljenih gipsanih kartonskih ploča koje su kaširane izolacijskim slojem, najčešće od stiropora. Kao ploče estriha mogu se upotrijebiti i druge ploče, kao npr. iverica. Ploče moraju biti položene u više slojeva.
Estrih se polaže na nasip različitih vrsta, najčešće od neekspandiranoga perlita koji je grube granulacije i omogućuje dobru zvučnu izolaciju.
Suhi estrih je prikladan za izvedbu sanacija međuspratnih konstrukcija, jer se može koristiti i na drvenim i sitnorebrastim međuspratnim konstrukcijama zbog male težine i suhog postupka ugradnje.

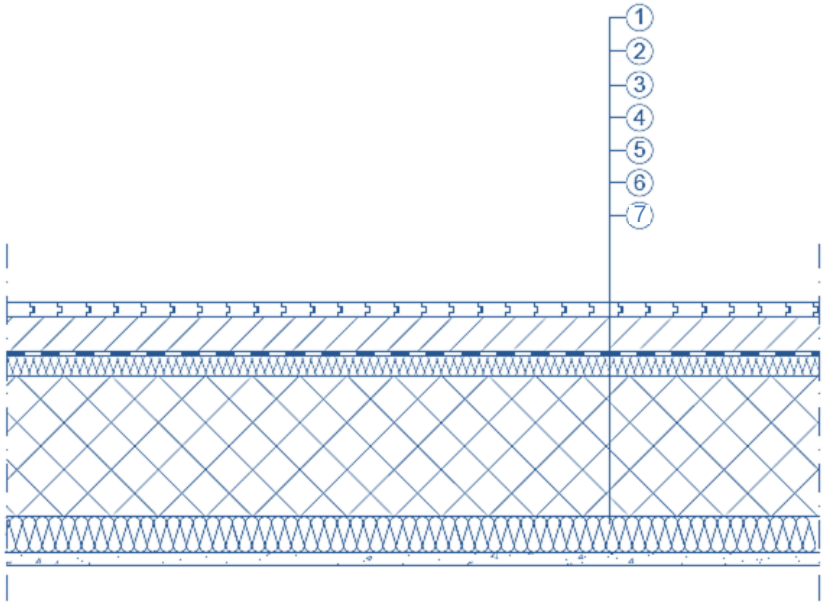
Podovi na međuspratnoj konstrukciji između grijanih etaža sadrže sloj termoizolacije (mineralna vuna, EPS ili XPS) u debljini sloja od 3 do 8 cm sa zaštitom za termoizolaciju u vidu sloja pvc folije koja štiti termoizolaciju od procjeđivanja estriha. Debljina termoizolacionog sloja ovisiće od termoakustičkih zahtjeva, te od toga da li pod uključuje cijevi podnog grijanja.
Debljina sloja estriha u podu ovisiće od opterećenja poda (saobraćaja) i kreće se od minimalno 4 cm, kod lakih opterećenja, do 10 cm kod većih opterećenja.



Slika 3.7. Plivajući pod između grijanih etaža

10. završna podna obloga
11. cemetni estrih
12. zaštitna PE, HDPE ili PVC folija
13. EPS 150, termoizolacija
14. armiranobetonska ploča
15. unutrašnja žbuka

Podovi iznad negrijanog prostora osim slojeva navedenih na slici 3.7. imaju dodatni termoizolacioni sloj prema negrijanom prostoru.
Debljina sloja ovisiće o namjeni obje prostorije i specifičnim termoizolacionim svojstvima prostora koji se definira glavnim projektom objekta.



Slika 3.8. Plivajući iznad negrijanoh prostora

1. završna podna obloga
2. cemetni estrih
3. zaštitna PE, HDPE ili PVC folija
4. EPS 150, termoizolacija
5. armiranobetonska ploča
6. termoizolacija
7. unutrašnja žbuka

Kriterij toplinske provodljivosti tiče se količine toplote koja prolazi kroz podnu konstrukciju u cjelini, ali je naglasak na podnoj oblozi. Ovisno o debljinama podnih obloga i materijalima od kojih su izrađene, toplota iz prostorije će se gubiti u različitim količinama. Shodno tome, podovi se mogu razvrstati na:

- tople,
- polutople i
- hladne podove.

U skupinu toplih podova ubrajaju se podovi kod kojih se toplota tijela, gazeći bosom nogom, neće naglo ohladiti.
Ukoliko je gubljenje toplote uvećano onda su to polutopli podovi, a ako je veliko, onda se radi o hladnom podu. Gubitak toplote je moguće mjeriti u kCal, za određeno vrijeme. Ako je provođnje toplote kroz podnu oblogu do 6 kCal / 30 minuta, radi se o toplim podovima, polutopli podovi u istom vremenu gube 6-12 kCal, a hladni više od 12 kCal, za 30 minuta.

Kalorija je mjerna kedinica za energiju izvan međunarodnog sistema mjera SI. Određena je kao *toplina potrebna da se jedan gram vode pri tlaku od jedne atmosfere ugrije za 1 °C.*

U tople podove spadaju uglavnom svi podovi sa drvenom oblogom, podovi sa tekstilnim oblogama od organskih materijala i tekstilne obloge od sintetičkih i prirodnih vlakana. U ovu skupinu također se ubrajaju i podovi od različitih vrsta polivinila, linoleuma i sličnih prevlaka u debljini od 1 do 1,5 mm, na podlozi od 3-6 mm efikasnih toplotnih materijala poput pluta, mineralne vune, organskih vlaknastih materija i tvrde pjene od vještačke mase.

U srednje tople podove (polutople) ubrajaju se podovi sa oblogom od gume, linoleuma, polivinil hlorida, ukoliko nemaju kao podlogu toplotni materijal već se lijepe ili prostiru preko hladnih podloga.

Hladni podovi obuhvataju sve vrste kamenih, keramičkih, betonskih i njima sličnih podova, kao i podove od asfalta. [12] Ugodni topli podovi imaju površinsku temperaturu 17-18°C, pri temeperaturi prostora od 20°C.

Prema načinu ugradnje podovi se dijele na:

- podove s reškama (fugama),
- podovi bez reški (namazi) i
- prevlake.

Podovi s reškama mogu se izvoditi od različitih materijala, drveta, kamena, umjetog kamena i keramike.
Drveni podovi izvode se kao:

- Obični daščani pod, debljine poda 24 mm, širine daske do 18 cm i dužine do 4.0 metra;
- Brodski pod, debljine 18,24 i 28 mm, širine daske do 14 cm i dužine od 2.0 do 4.0 metra;
- Parket podovi, debljine 12-24 mm i različitih dužina daščica, od punog drveta ili laminatni,
- Lamelirani (višeslojni) podovi kod kojih je gornji sloj, napravljen od tvrdog drveta (hrast/orah), debljine 3mm ili 4mm, a donji sloj može biti od jelovine ili šperploče. Ukupna debljina proizvoda je 11mm ili 14mm.

Slika 3.9. Brodski pod

Slika 3.10. Parket

Slika 3.11. Lamelirani drveni pod

Kameni podovi rade se od pravilno rezanih i lomljenih kamenih ploča, debljine 2-3 cm i više, zavisno od opterećenja poda.

Podovi od keramičkih pločica rade se od ploča različitih dimenzija, debljina 0.9 -2.0 cm za ploče malih dimenzija (cca do 120x120 cm) i 2-4 cm kod ploča većih debljina i dimenzija. Pločice se polažu na sloj ljepila za keramiku koje se premazuje preko estriha. Rijetko, kod pločica većih dimenzija polažu se na maltere ili direktno na vlažan estrih.

Podovi bez reški su različite vrste materijala koje se nanose u tankim slojevima na međuspratne konstrukcije i rade se od betona, bitumena, cementa, te kao asfaltni namazi ili teraco namazi. Danas su u upotrebi najčešće PVA smole (polivinilacetat), Epoxy smole i slični materijali.

Slika 3.12. Pod od lomljenog kamena

Kao prevlake ili prostirke koriste se tekstilni materijali, bilo prirodnog ili sintetičkog porijekla, sintetičke folije, gumene trake i plohe i sl. Postavljaju se bilo samo polaganjem ili lijepljenjem i pričvršćivanjem spojnim lajsnama.

Prema porijeklu materijala podovi se dijele na: podove od prirodnog materijala i podove od vještačkih materijala.
U podove od prirodnog materijala spadaju: kamen, drvo i zemlja. U podove od vještačkog materijala spadaju: beton, keramika, asfalt, guma, linoleum, pluto, metali, sintetički materijali i sl.

Slika 3.13. Pod od fino rezanog kamena Travertina

Slika 3.14. Polaganje keramičkih pločica na pod

Slika 3.15. Polaganje vinil poda

Slika 3.16. Polaganje epoxy poda

Slika 3.17. Sistemsko rješenje podova i zidova u mokrim prostorijama

1. Membrana za zvučnu izolaciju
2. Traka za zvučnu izolaciju
3. Suhi estrih
4. Fleksibilni hidroizolacioni premaz
5. Zaptivna gumena traka
6. Ljepilo za keramiku
7. Keramičke pločice
8. Fleksibilna fug masa
9. Silikonski zaptivač
10. Ljepilo
11. Pločice

Slika 3.18. Tradicionalni drveni kasetirani strop

3.2. STROPOVI

Pod stropnom konstrukcijom treba posmatrati dijelove površine međuspratne konstrukcije koje se vide s donje strane – podgled, odnosno površine koje zatvaraju prostorije sa gornje strane.
Stropne ili plafonske konstrukcije se najčešće postavljaju ispod glavne međuspratne konstrukcije, tako što se rade kao poseban sloj čiji zadatak je pružiti završno rješenje izgleda površine prostorije sa gornje strane.
Plafon može imati posebnu plafonsku konstrukciju kojom se dobija zaseban obješeni sloj u cjelokupnoj međuspratnoj konstrukciji.

Postoje dva izrazito različita tipa izrade plafonskih konstrukcija, a to su:

- Direktne - stropne konstrukcije kruto vezane za međuspratnu konstrukciju koje se monolitno grade na samom objektu;
- montažno - demontažne plafonske konstrukcije u čiji sastav ulaze držači-nosači na visilicama i ploče, lamele i drugi materijali koji čine vidljivi plafonski dio. [12]

Za izradu stropnih konstrukcija koriste se gotovo svi materijali prisutni u visokogradnji: drvo, metali, beton, malteri, plastične mase raznih vidova, staklo, gips-kartonske ploče i sl.

3.2.2. PODJELA STROPOVA

Prema položaju stropne konstrukcije u odnosu na međuspratnu konstrukcije prepoznajemo:

- stropove priljubljene uz međuspratne konstrukcije ;
- stropove odvojene od međuspratne konstrukcije i
- spuštene stropne konstrukcije.

Odabir vrste stropne obloge direktno će ovisiti o funkciji objekta, o željenom estetskom dojmu, akustičnim zahtjevima, položaju instalacija rasvjete, grijanja, razglasa i sl. [12]

Stropovi mogu biti jednostavne i složene konstrukcije, ovisno od elemenata koje imaju u svom sklopu.

Osnovni elementi stropnih konstrukcija su: oslonci i završni slojevi - kao obavezni i različiti slojevi koji se dodaju uz osnovne; slojevi za izolacije, zračni slojevi, koji se primjenjuju po potrebi i sl. Pod dodatnim slojevima podrazumijevju se vezivni materijali i dijelovi, plafonski držači i veze koje ovise od ukupnog sklopa plafona.
Kao oslonci stropnih konstrukcija služe međuuspratne konstrukcije, zidovi, stubovi krovovi I krovne konstrukcije.

3.2.2.1. PRILJUBLJENE STROPNE (PLAFONSKE) KONSTRUKCIJE

Najjednostavniji tip stropne konstrukcije je priljubljeni plafon. Najčešći tip ovakvog stropa je malterisana donja površina međuspratne konstrukcije.
Po definiciji, ova vrsta plafona zadržava oblik konstrukcije međuspratne konstrukcije.
Kod rebrastih međuspratna konstrukcija strop najčešće oblikom prati međuspratnu konstrukciju, odnosno ima rebrast izgled, dok se kod križnih nosača rebara postiže izgled tzv. kasetirane međuspratne konstrukcije .

Kod metalnih međuspratnih konstrukcija, zbog protupožarnih zahtjeva, koristi se priljubljena plafonska konstrukcija izrađena od specijalnih vatrootpornih maltera ili ploča.

Ukoliko stropna konstrukcija treba da obezbijedi dodatnu termoizolacionu ili akustičku zaštitu prostora na podgled međuspratnih konstrukcija lijepe se termoizolacione ploče od XPS-a, pluta, mineralnih vuna i sl.
Pričvršćuju se na međuspratnu konstrukciju ljepljenjem, vijcima ili, tiplama.

Iako je pozicija termoizolacije u pravilu spoljnja, odnosno prema vanjskom prostoru, u sklopu podova i stropova, gdje ona ima i ulogu akustičke izolacije, pored termičke, postavlja se na hladnoj strani međusopratne konstrukcije.

Slika 3.19. Malterisanje stropne površine

3.2.2.2. ODVOJENE STROPNE (PLAFONSKE) KONSTRUKCIJE

Plafonske konstrukcije koje nisu direktno priljubljene uz međuspratnu konstrukciju, nego su potkonstrukcijom, koja može biti od drvenih ili metalnih letvi ili gredica odvojeni od same međuspratne konstrukcije nazivaju se odvojeni plafoni. Ukoliko ne postoje termički zahtjevi odvajanja plafonske konstrukcije, tj. ako nema potrebe postavljati termoizolacioni materijal onda je odvajanje međuspratne konstrukcije približno 5 cm od grube međusprtatne konstrukcije.
Kao završni, vidljivi sloj, odvojenih plafona mogu se koristiti ploče različite materijalizacije, ali je moguće formirati odvojeni plafon i malterom. [12]

Slika 3.20. EPS dekorativne stropne ploče

3.2.2.3. SPUŠTENE STROPNE KONSTRUKCIJE

Spušteni (obješeni) stropovi se najčešće postavljaju u javnim objektima iz čisto funkcionalnih razloga (postavljanje instalacija i uređaja između međuspratne konstrukcije i stropa) ili estetsko-dekorativnih razloga pri oblikovanju reprezentativnih interijerskih rješenja.

Spuštene stropove karakteriše elastičnost konstruktivnih sklopova koja omogućuje njihovo vješanje za međuspratnu konstrukciju kao oslonac uz mogućnost podešavanja potrebnog rastojanja koje ovisi od zadane visine spuštenog stropa.
S obzirom da visina spuštanja stropa nije ograničena, u prostoru koji je između stropa i međuspratne kosntrukcije mogu se smjestiti cijevi i instalacije, ali i akustička ili toplinska izolacija.
Stropovi se najčešće spuštaju iz estetskih razloga, prilikom uređenja interijera.
Ovisno od vrste, stropne obloge mogu imati i funkciju apsorpcije ili refleksije zvuka, pojačavanja osvjetljenja putem reflektiranja svjetlosnih zraka itd.
Izolacija je efikasnija ako je međuprostor unutar spuštenog stropa veći. Razmak mora biti najmanje 20 cm. Površine stropova se obrađuju tako da se zvučni valovi usmjeravaju u željenom pravcu. Svjetlosni valovi se, kao i zvučni, prostiru od izvora u svim pravcima. Konstrukcijom stropa i izborom boja povećava se refleksija svjetla do 80%.
Spušteni stropovi svojom konstrukcijom ostvaruju i termičku zaštitu, grijanje iz stropa i zaštitu od požara. Toplinska izolacija se postiže ugrađivanjem materijala slabe toplinske provodljivosti u konstrukcije spuštenog stropa.

Termoizolacioni materijal se stavlja s donje strane, kako bi se spriječilo nepotrebno zagrijavanje zračnog prostora unutar spuštenog stropa i ubrzalo zagrijavanje korisne kubature (kazališne, koncertne i kino dvorane).

Dijelovi konstrukcije spuštenih stropova su:

- prefabrikovane - završne ploče,
- dodatni ili izolacioni slojevi i
- metalni elementi koji služe za vješanje na oslonce.

Završni slojevi su obično od materijala koji se jednostavno obrađuju, jednostavne završne obrade,a koje je lako montirati-demontirati i održavati.

Najčešće korištene obloge spuštenih stropova su gips-kartonske ploče, koje se mogu montirati na sve vrste stropova međuspratnih i krovnih konstrukcija, ako one imaju nosivost 50-80 kg/m^2.
Gipsane obloge mogu biti montažno-demontažne ili monolitne, odnosno mogu formirati:

- spuštene stropove s vidljivom potkonstrukcijom (metalna konstrukcija je vidljiva, ploče se postavljaju u raster između metalnih profila) i
- spuštene stropove sa skrivenom potkonstrukcijom (metalna konstrukcija je s donje strane zatvorena gipsanim pločama).

Površina ploča je glatka ili sa plitkim ili dubokim reljefom, pojačavaju svjetlosnu refleksiju, termozvučnu izolaciju, poboljšavaju akustiku u prostoru, prikrivaju mrežu instalacija i služe kao protupožarna zaštita. [15]

Slika 3.21. Spušteni stropovi, a) modularni- vidljiva potkonstrukcija i b) kontinuirani stropne ploče –pokonstrukcija se ne vidi

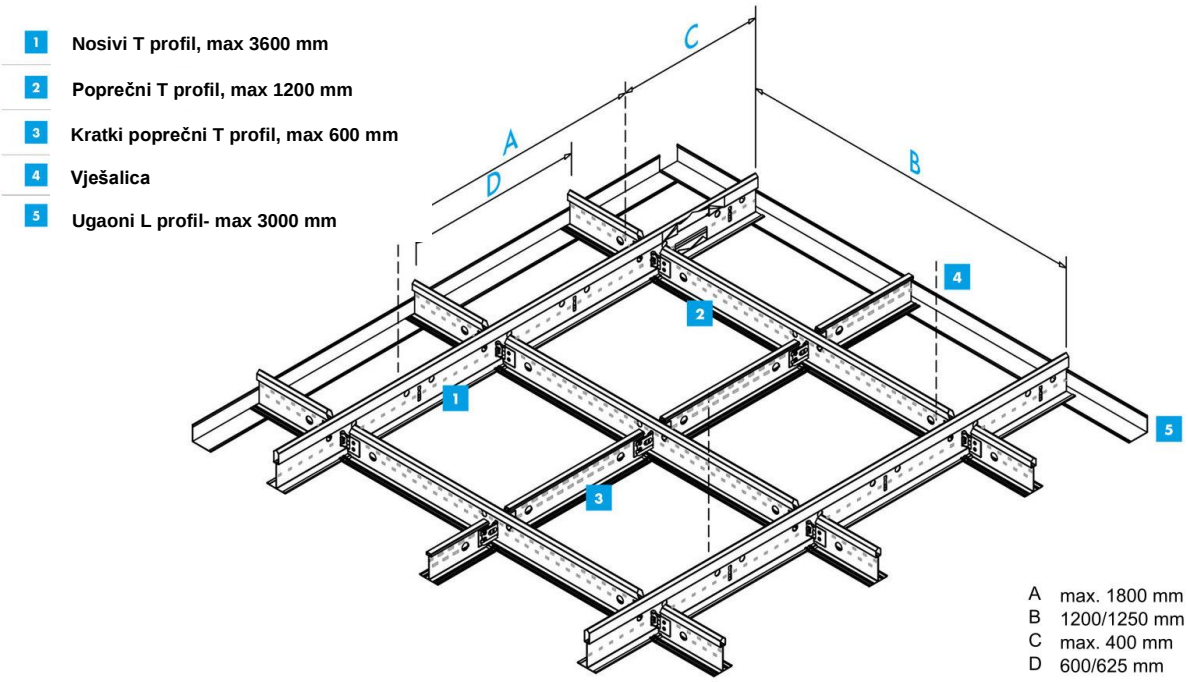
Spušteni stropovi s vidljivom potkonstrukcijom (modularni spušteni stropovi) sastoje se od:

- gipsanih i mineralnih ploča, najčešćih dimenzija 60x60 cm i
- viseće pocinčane ili aluminijske potkonstrukcije.

Slika 3.22. Vidljiva potkonstrukcija "Armstrong" stropa

Vidljiva potkonstrukcija je širine 15 ili 24 mm i najčešće je u bijeloj boji (može biti i u boji mesinga, kroma i drugim bojama). Ploče mogu imati ravan ili upušten rub i demontažne su, što znači da se jednostavno i u svakom trenutku mogu zamijeniti

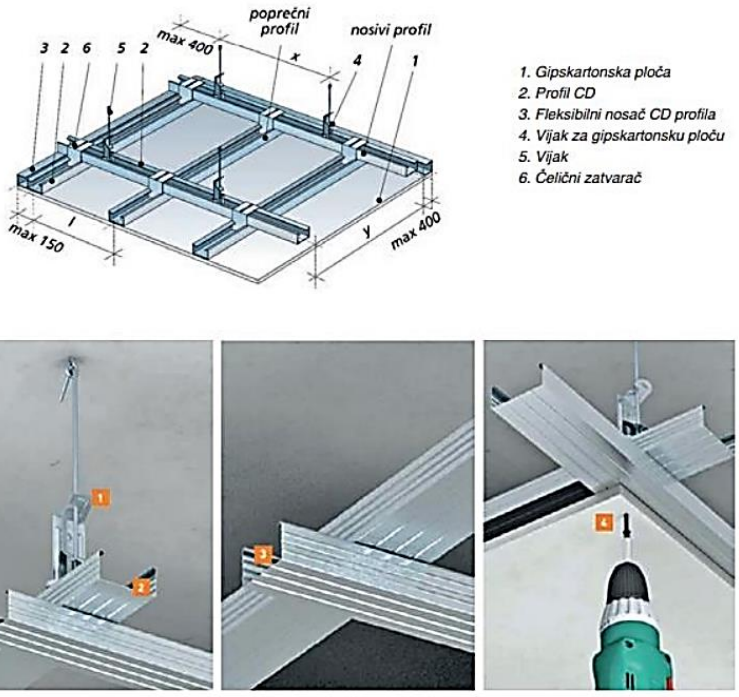
te omogućuju jednostavan pristup prostoru iznad stropne obloge. Na slici 3.23. prikazana je osnovna nosiva konstrukcija koja se sastoji od glavnih T profila i od poprečnih veznih T i ugaonih L profila. Njihov razmak zavisi od dimenzija ploča koje se ulažu u polja.



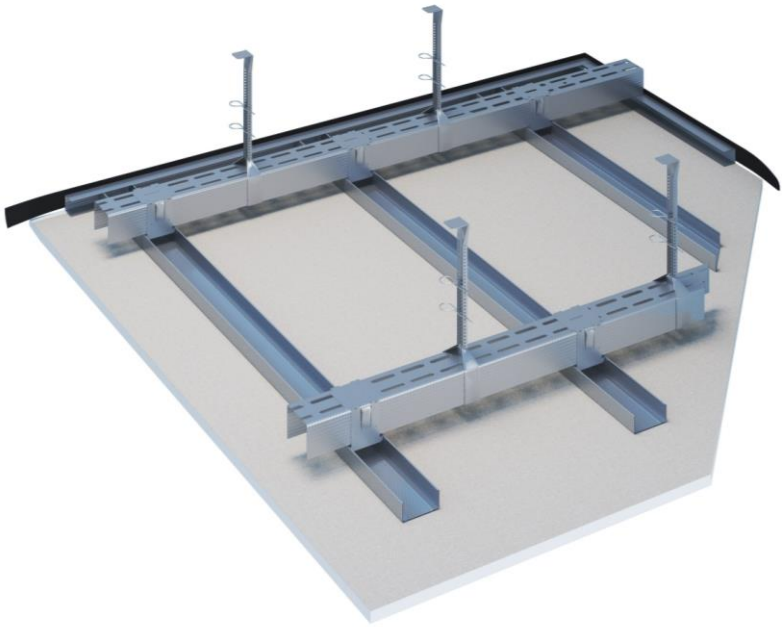
Slika 3.23. Konstrukcija za "Armstrong" spušteni stop

Jednostavniji način montaže spuštenog stropa sa skrivenom potkonstrukcijom i gipsanim pločama sa ravnim rubovima prikazan je na slici 3.24. Konstrukcija se sastoji od primarnih i sekundarnih CD ili T profila, na koje naliježu ploče obloge s asimetričnim žlijebom sa jedne i otvorenim žlijebom sa druge strane.

Ploča s asimetričnim žljebom povezuje se sa primarnim nosačem sa jedne strane, a sa druge strane se naslanja na drugi primarni nosač otvorenim žlijebom. Sa druge dvije strane su žljebovi u koje se uvlače sekundarni CD ili T profili za ojačanje ploče. Na krajevima se ploče oslanjaju na L profile otvorenim žlijebom.



Slika 3.24. Spušteni strop sa skrivenom potkonstrukcijom



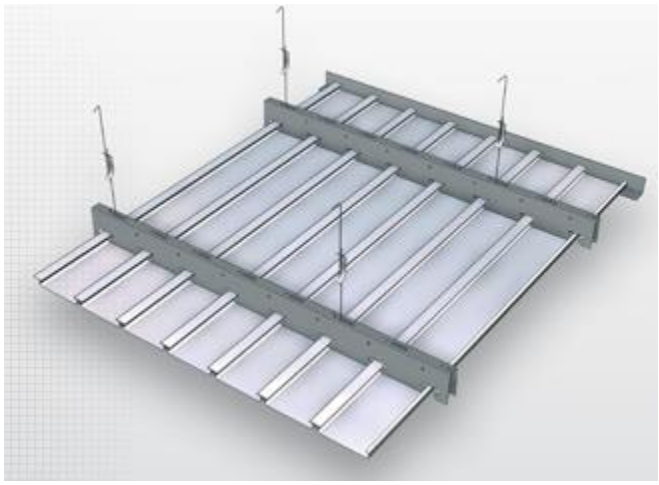
Slika 3.25. Detalj vješanja gipskartonske ploče kod kontinuiranog stropa

Montažni stropni profili se na nosivu međuspratnu konstrukciju spajaju pomoću vješalica koje se prethodno postavljaju, a za koje su vezani križnim spojnicama. Preko nosivog CD profila, također se spojnicama postavlja montažni profil.
Gipsane ploče se postavljaju poprečno u odnosu na smjer montažnih profila i učvršćuju se samoureznim vijcima na međusobnom razmaku od najviše 17 cm. Poprečni spojevi između gipsanih ploča moraju biti odmaknuti najmanje 25 cm kako bi se izbjegli križni spojevi ploča.
Gipsane stropne obloge s direktnim pričvršćenjem potkonstrukcije na međuspratnu konstrukciju služe uglavnom za dobivanje ravne i glatke površine spremne za daljnju završnu obradu. Spušteni stropovi na vješaljkama najčešće se koriste kod izrade stropova sa više nivoa.
Završna obrada podrazumijeva gletanje spojeva ploča gipsom, na papirnoj ili staklenoj mrežici, te brušenje spojeva.

Osim najčešće korištenih gips-kartonskih ploča, danas se sve češće koriste i stropne obloge od drveta. Za stropne obloge se koristi puno drvo, i njegove prerađevine: paneli, iverice, šperploče itd.
Iverica se često koristi za oblaganje spuštenih stropova, zbog lake obrade. Obloge mogu biti glatke, perforirane i u obliku kaseta.
Drvene obloge u vidu rastera koriste se kako bi se postiglo različite efekte osvjetljenja, ugrađivanje instalacija grijanja i provjetravanja.

Slika 3.26. Stropne i zidne obloge od šperploče

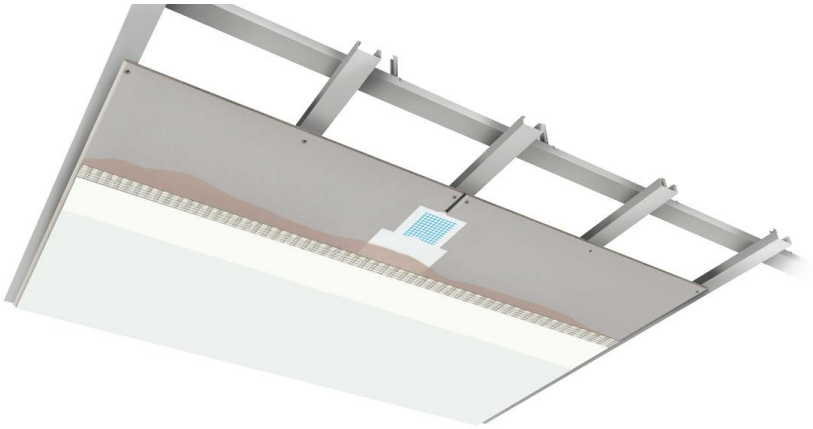
Obloge od lakih metala izrađuju se od limova aluminija, tvrdo valjanog aluminija, čeličnog i pocinčanog lima. Limovi od lakih metala lako se oblikuju, pa se mogu kreirati različite konstrukcije, forme i kombinacije. Konstrukcije su montažno-demontažnog tipa, pa je pristup instalacijama koje se oblogom maskiraju olakšan.
Površine ovih obloga obrađuju se posebnim postupcima ili ostaju u prirodnom stanju. Ovakvi stropovi se lako održavaju.



Slika 3.27." Dampa" spušteni strop

"Dampa" su profilisani limeni profil koji međusobnim uklapanjem čine profilisanu plohu namijenjenu za izradu stropova i oblogu streha na objektima.
Dampa strop standardno se izrađuje od čeličnog pocinčanog plastificiranog lima debljine 5 mm širina 25 cm i 15,5 cm.
Pored standardnog profila i materijala, moguće je ove obloge izraditi i od aluminijskih limova i inoxa, a širine se mogu prilagoditi potrebama objekta.
Zavisno od širine profila mijenja se i debljina lima.

Sintetički materijali organskog i neorganskog porijekla su veoma laki, pa i spušteni stropovi nemaju veliku težinu. PVC obloge su otporne na vlagu i ne korodiraju. Otporne su na kiseline i boje, pa se koriste u prostorijama u kojima ima isparavanja.
Plastične obloge spuštenih stropova obojene su postojanim bojama koje su otporne na svijetlost. Koriste se za poboljšanje osvjetljenja putem reflektiranja svjetlosnih zraka.
Nedostatak plastičnih materijala je niska tačka omekšavanja (oko 70°), pa plastične obloge stropova ne treba postavljati u prostorije gdje zbog visoke temperature može doći do njihovog krivljenja i topljenja.

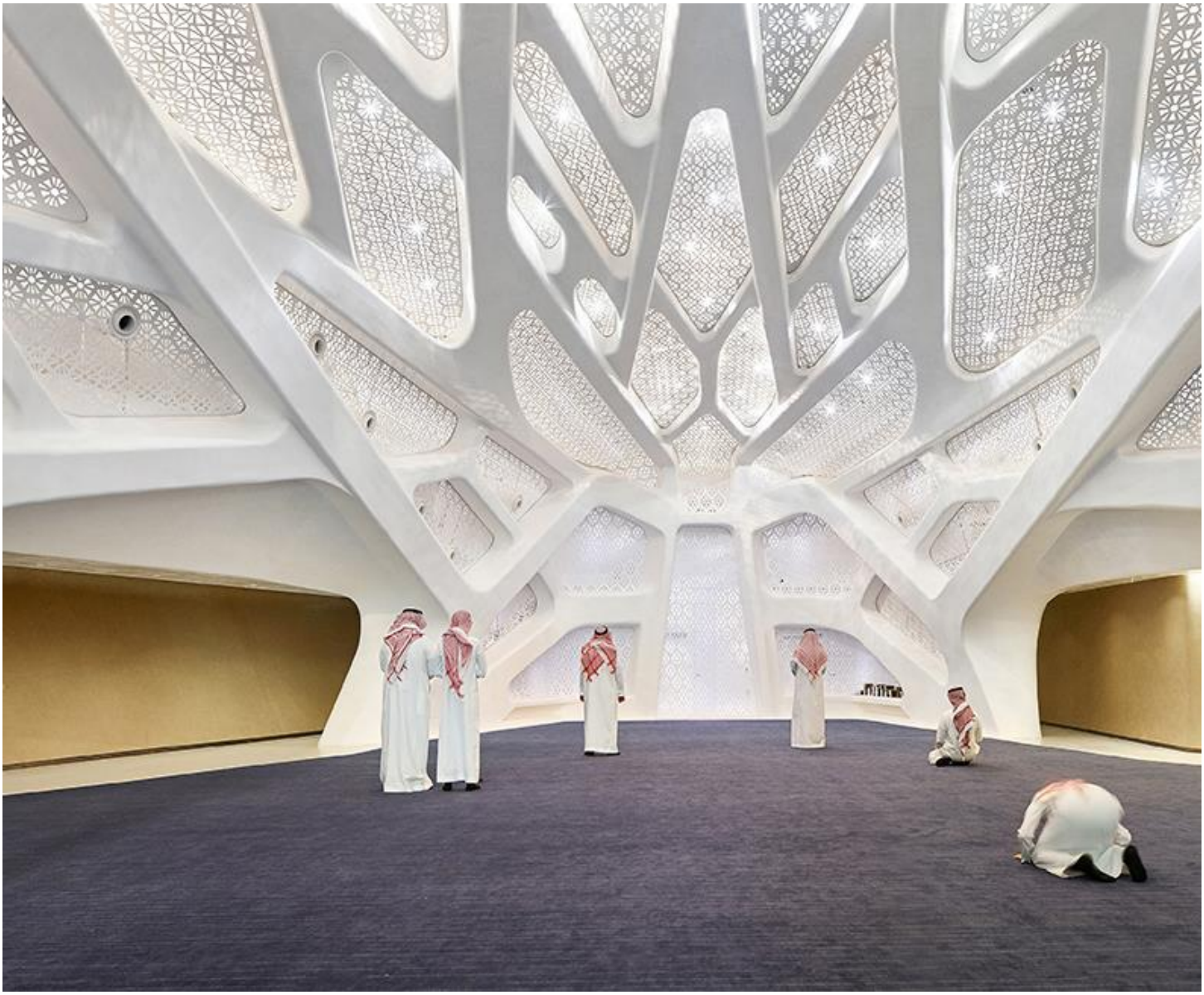


Slika 3.28. Konstrukcija spuštenog stropa od cementnih ploča

Kod izrade spuštenih stropova u vanjskim prostorima (iznad terasa, na ulazima i sl.) koriste se vodootporne cementne ploča. Ove ploče odlikuje vodootpornost bez ekspandiranja ili mrvljenja. Ploče su otporne na vlagu i vremenske uticaje, dokazale su se u promjenama smrzavanje-odmrzavanje. Stabilna konstrukcija ploče s jezgrom od portland cementa i dodatnim tvarima, te s površinskim slojem od staklenih vlakana na licu i naličju ploče daje joj dugi vijek trajanja, otpornost na savijanje i udarce, te higijensku sigurnost materijala. Ploča je negoriva i kao takva može se primjeniti osim stropova, i u fasadnim slojevima, posebno kod

ventiliranih fasada. Kod nas je poznata i pod tržišnim nazivom "Knauf Aquapanel Outdoor"

Slika 3.29. Vanjski spušteni strop sa "Aquapanel" pločom



Slika 3.30. Stropna konstrukcija u Centru za studije i istraživanje nafte Kralj Abdulah u Rijadu, arhitekti: Zaha Hadid i Patrik Schumacher

4. PROZORI I VRATA

Slika 4.1. Vrata krstionoce katedrale Santa Maria del Fiore, Lorenzo Ghiberti

Porta del Paradiso (tal.) izradio je firentinski zlatar i vajar Lorenzo Ghiberti između 1425. i 1452. godine i postavljena su na istočnom portalu krstionice.
Na vratima su prikazane scene iz Starog zavjeta.
Vremenom su bronzana vrata visoka 5.20 m i teška tri tone postala ikona renesanse, jedno od najpoznatijih umjetničkih djela na svijetu.
U knjizi Životi umjetnika Giorgio Vasari navodi: Vrata-nekada poznata samo kao Istočna vrata - Michelangelo Buonarroti je nazvao Vrata raja zbog njihove upečatljive ljepote.

Elementi omotača zgrade čija je uloga najvažnija u prirodnom osvjetljenju unutarnjih prostora i njihovom provjetravanju su prozori. Uloga prozora, dodatno, je nezamjenjiva u funkciji otvaranja vizura iz unutarnjeg prostora prema vani, čime se postiže udobnost prostora. Pod udobnošću se prodrazumijeva dovoljna količina dnevne svjetlosti, toplinska udobnost i mogućnost izmjene zraka otvaranjem otvora.

Vrata su otvori u zidovima zgrade čija je uloga omogućiti ulaz u objekat i prolaz između unutrašnjih prostorija. Trebaju biti dovoljne visine i širine kako bi se omogućio lakši prolaz ljudi i materijala.
Vrata igraju ulogu i u zadržavanju toplote, a najvažnija uloga im je osiguranje sigurnosti i zaštite ljudi u prostoru.
Prozori i vrata, pored svih navedenih karakteristika, imaju značajnu estetsku ulogu u projektovanju objekata.

Otvori za prozore i vrata ostavljaju se u fazi zidanja zidova i zahtijevaju konstruktivno savlađivanje otvora, koje podrazumijeva izgradnju nadvoja u zidovima (natprozornika i nadvratnika).
Zid ispod prozora naziva se parapet, a donji dio otvora vrata je

prag. [16]

Kod planiranja otvora u zidovima, projektom se predviđa tzv. *zidarska mjera* za vrata i prozore, u skladu sa standardima i normativima koji ovise od funkcionalne namjene prostorija.

Prilikom ugradnje i izbora materijala za prozore prije svega je važno voditi računa o kvalitetnoj insolaciji prostora i ostalim karakteristikama koje igraju ulogu u ukupnim fizikalnim svojstvima objekta, a to se postiže:

- primjenom odgovarajućih dimenzija i omjera veličine prozora u zidu,
- dobrim izborom materijala za prozorske okvire,
- povećavanjem slojeva stakla i odabirom energetski povoljnog tipa stakla,
- poboljšanjem zračne nepropusnosti korištenjem materijala kao što su akrilna brtvena masa, specijalna brtvila i sl., te
- montažom roleta na prozore.

Veličina prozora utiče na količinu prolaza svijetlosti u prostor. Veća ostakljena površina može značiti i veću mogućnost prolaska toplote ako se to ne spriječi na odgovarajući način. Jedan od načina je povećavanje slojeva stakla koji poboljšava toplinsku izolaciju prozora. [17]
Ugradnjom roleta može se postići bolji učinak toplinske izolacije u ljetnim mjesecima, a u zimskom period moguće je smanjiti gubitke toplote iz prostora.

4.1. PROZORI

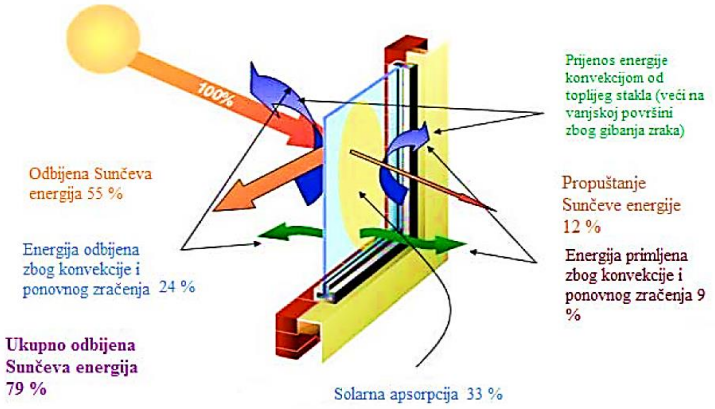
Prozori su otvori u vanjskom omotaču čija je glavna uloga osiguranje dovoljne količine sunčeve svjetlosti, zaštita od vanjskih uticaja, kiše i vjetra, te buke.
Prozor mora zadovoljiti sljedeće funkcionalne zahtjeve:

- osvjetljenje,
- provjetravanje,
- toplotna izolacija,
- izolacija od vlage i vode i ostalih atmosferskih uticaja,
- zvučna izolacija,
- zaštita od pretjeranog osunčanja i zagrijavanja i
- sigurnost.

Prozori predstavljaju *veliki problem* u omotaču zgrade s aspekta gubitaka toplote, odnosno potrošnje energije za grijanje i hlađenje

prostora. Istraživanja pokazuju da se kroz vanjske otvore, prvenstveno prozore, može izgubiti do 70% utrošene energije u objektu. Stoga su tehnički i funkcionalni zahtjevi, koji se postavljaju po pitanju kvaliteta prozora, veoma strogi.

Za shvatanje fizikalnih svojstava prozora važno je analizirati prijenos toplote na graničnoj staklenoj površini i okviru prozora.
Prijenos toplote se događa na tri načina: kondukcijom, konvekcijom i radijacijom, odnosno prodiranjem radijalne toplote sunca. Na staklenoj površini prozora i okviru prozora prijenos toplote je konveksni i radijalni prijenos toplote između unutarnjih i vanjskih susjednih površina, te konduktivni i radijalni prijenos toplote između komponenata prozora- stakla i okvira. [17]
Iako će o fizikalnim svojstvima biti vise riječi u Poglavlju 6., ovdje će se ilustrativno pokazati prolaz toplote kroz prozorsko staklo - na slici 4.2.



Slika 4.2. Prijenos toplote kroz prozor

S obzirom da je staklo najveći dio prozora i ima nisku izolacijsku sposobnost, kroz njega prolazi velika količina toplote.
Jedan od načina povećavanja toplinskih svojstava stakla je povećavanje broja staklenih panela u prozoru. Korištenjem višestrukog stakla poboljšava se toplinski koeficijent koji ovisi još i o debljini prostora između stakla, koji je napunjen zrakom ili nekom drugom ispunom. [17]

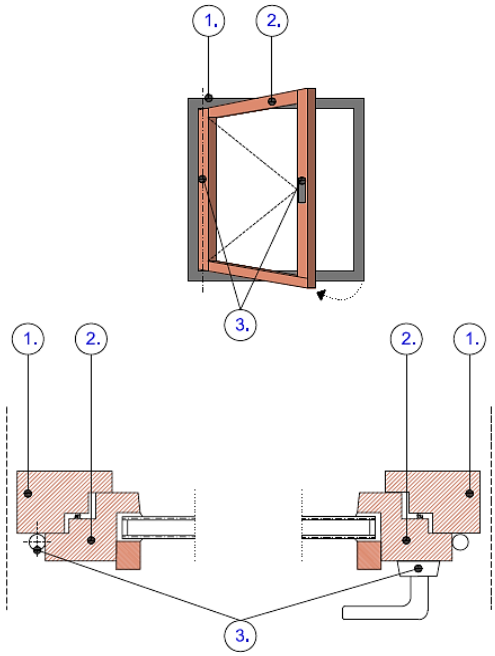
Približna površina prozora za stambene zgrade može se odrediti kao odnos površine prozora prema površini prostorije.
Ovisno o namjeni prostorije i njenoj orijentaciji, projektantski normativi definiraju površinu ostaklenjog dijela prozora redom veličina od 1/7 do 1/3 podne površine.
Jačina osvjetljenja mjeri se u luksima. Jedan luks (lx - lux) je jačina osvjetljenja koje na horizontalnoj površini veličine 1 m^2 proizvodi

jedinica svjetlosti od jednog lumena (1 lumen = jačina svjetlosti 1 svijeće).

4.1.1. ELEMENTI PROZORA

Prozor se sastoji od tri osnovna elementa, (slika 4.3.):

1. doprozornika,
2. krila (okvira stakla i stakla) i
3. okova. [4]



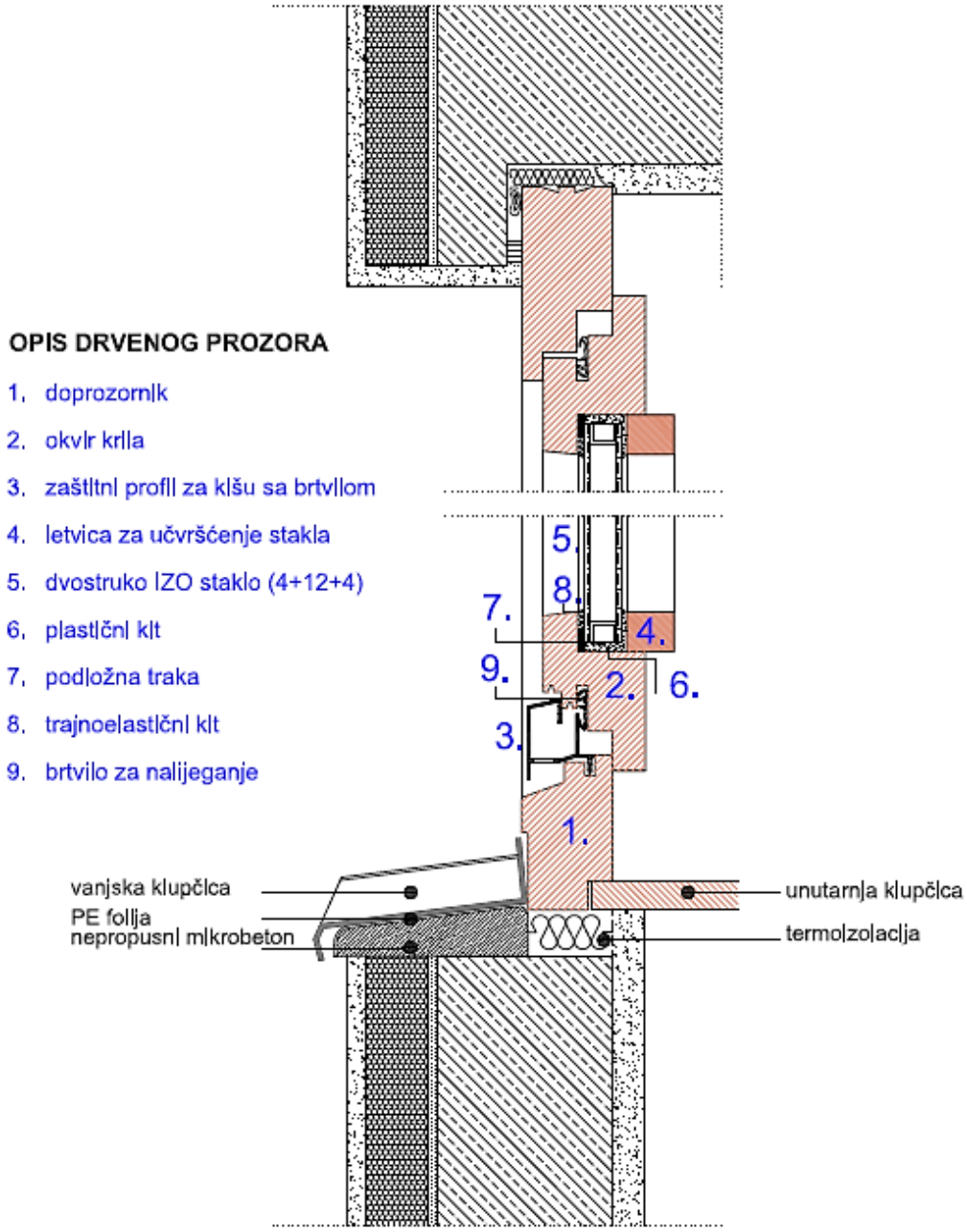
Slika 4.3. Elementi prozora

Doprozornik je fiksni dio prozora koji se pričvršćuje direktno na zid, odnosno u zidarski otvor prozora i može biti izrađen od različitih materijala, što ovisi o izboru materijala za prozore. Dimenzijama je standardiziran za standardne mjere prozora, ali se ovisno o ukupnoj veličina otvora i doprozornik može različito dimenzionirati.

Prema načinu ugradnje doprozornici kao elementi koji se ugrađuju u zid, pa samim tim i prozori, se mogu podijeliti na prozore ugrađene:

- mokrom ili tradicionalnom ugradnjom, kaakterističnom najčešće za drvene prozore kod koje se prozor (doprozornik) ugrađuje prije malterisanja zidova i
- suhom ugradnjom, kod koje se slijepi doprozornik ugrađuje tokom zidanja ili ugradnjom okvira zaptivnim sredstvima na gotov zidarski obrađen zidni okvir (zidnu špaletu).

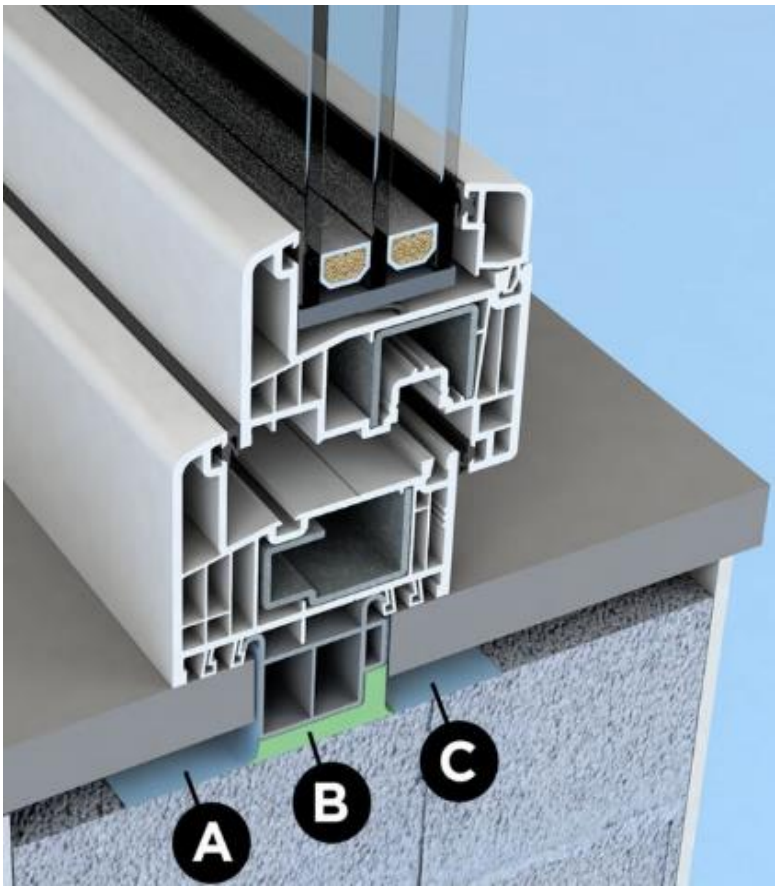
Mokra ugradnja podrazumijeva i dopunsko pričvršćivanje doprozornika, različitim gitovima i pjenama.



Slika 4.4. Sastav drvenog prozora- detalj presjeka

Doprozornik koji se još naziva i okvir prozora je rubni elementi prozora čija je zadatak, izuzev što nosi pokretne dijelove, odnosno krila prozora, da minimizira pojavu toplinskih mostova u ovom dijelu fasade. Toplinski most je dio objekta na kojem se pojavljuju različiti koeficijenti prolaza toplote, zbog razlika u materijalu i drugih uzroka o kojima će biti riječi u poglavlju o fizikalnim osobinama objekta.

Doprozornici mogu biti drveni, metalni i plastični, te su u principu "najslabije" tačke prozora koje mogu smanjiti njegova energetska svojstva, pogotovo ako su napravljeni od neadekvatnog, neodržavanog, materijala ili zbog lošeg načina ugradnje. [17]
Ovo je razlog zašto su stari, drveni prozori bili uzrok velikog gubitka energije u objektima
Povećanje izolacijskih i toplinskih svojstava okvira ostvaruje se povećavanjem broja zračnih komora ili komora ispunjenih termoizolacijskim materijalom unutar okvira. Danas se kod PVC i metalnih prozora koriste profili sa šest do osam komora i više.
Korištenjem, novih, kompozitnih materijala za izradu prozora povećavaju se termoizolacione karakteristike doprozornika i prozora ukupno.
Pozicija doprozornika u slojevima fasade, također, ima važnu ulogu u poboljšanju vrijednosti toplinskog koeficijenta, a ima najbolju učinkovitost kad je okvir postavljen direktno u termoizolacioni sloj. U ovim slučajevima špaleta se dodatno izolira, najčešće slojem XPS-a.



Slika 4.5. Detalj RAL sistema ugradnje doprozornika

Sistem se sastoji od:
A. C. – Brtvene trake
Na okvir se s unutarnje strane lijepi vodonepropusna i paronepropusna, a s vanjske strane vodonepropusna i paropropusna folija. Nakon ugradnje prozora, postavlja se pur pjena na koju se, nakon sušenja i rezanja viška, lijepe folije koje će je štititi od vanjskih utjecaja

B. Ekspandirajuće brtve
Ekspandirajuća brtva lijepi se na vanjski dio stranice okvira prozora, a s unutarnje strane okvira lijepi se folija. Nakon ugradnje ekspandirajuća brtva popunjava i brtvi međuprostor između zida i okvira, a ostatak međuprostora ispunjava se pur pjenom koja se nakon sušenja odreže i zaštićuje folijom s unutarnje strane.

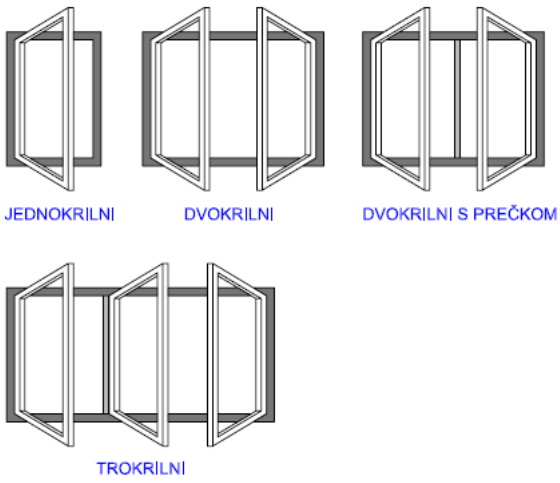
Suvremeni način ugradnje, podrazumijeva tzv. RAL montažu, koja se sve češće koristi. RAL montaža nije certificirani sistem ugradnje, nego se radi o sistemu smjernica za kvalitetnu ugradnju prozora, koja će spriječiti gubitak toplote, te prodor i kondenzaciju vlage u prostor između zida i prozora. Posljedično će spriječiti i pojavu kondenza, gljivica i sl.

RAL smjernice podrazumijevaju da se:

- spojni prostor (međuprostor) između stolarije i zida treba održati suhim,
- prozor se mora pozicionirati na pravilnu liniju izoterme (izoterme su linije koje spajaju linije istih temperatura pomoću kojih je moguće proračunima prikazati raspodjelu temperatura unutar građevinskih elemenata),
- potrebno je spriječiti protok vode i pare iz prostorije u međuprostor, kao i
- osigurati vodonepropusnost izvana u međuprostor, te
- osigurati nesmetani izlazak vodene pare iz međuprostora u atmosferu.

Krilo pozora je pokretni, otvarajući, dio prozora, a vješa se na doprozornik. Krilo je sastavljeno od okvira i ostakljenja prozora. Krila mogu biti jednostruka, dvostruka i dupla, te se prozore može podijeliti na jednokrilne, dvokrilne, trokrilne itd.

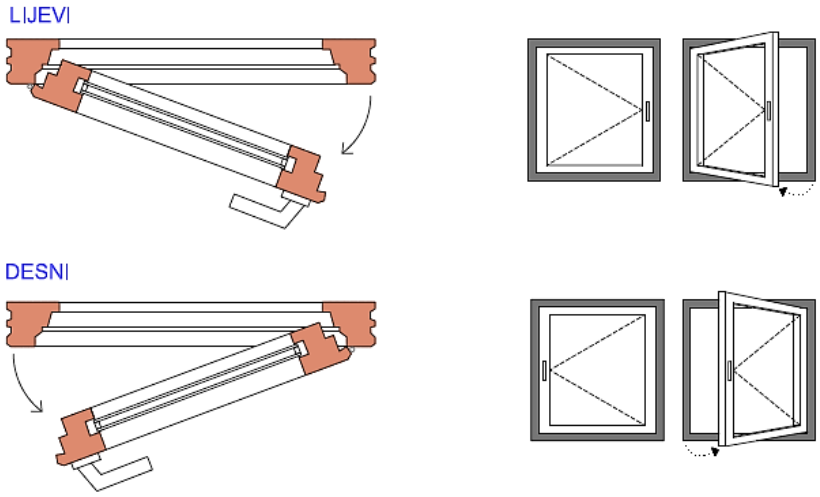
	NAZIV	OPIS	SHEMA
1.	zaokretni	vertikalna os na kraju krila	
2.	otklopni	horizontalna os na donjem ili gornjem rubu krila	
3.	zaokretno – otklopni	vertikalna os na kraju krila i horizontalna os na donjem ili gornjem rubu krila	
4.	obrtni	vertikalna ili horizontalna os na sredini krila	
5.	horizontalno - posmični	krila klize u ravnini, u zid ili mimo zida	
6.	vertikalno - posmični	krila klize u ravnini ili mimo zida	
7.	sklopivi	krila se sklapaju jedno u drugo	
8.	podizno – zaokretni	krilo klizi i rotira oko vertikalne osi	
9.	fiksni	krila su nepomična	F



Slika 4.6. Vrste prozora po broju krila

Slika 4.7. Vrste prozora po načinu otvaranja

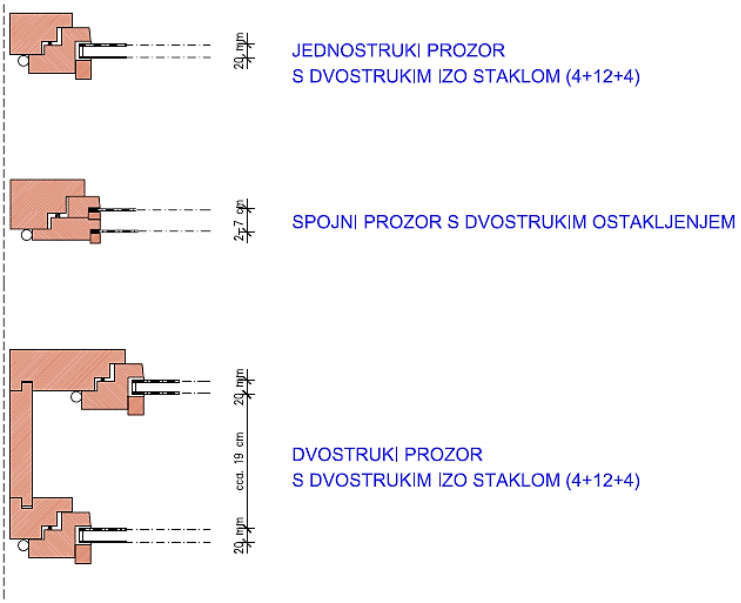
Prema načinu otvaranja krila, prozore se može podijeliti na zaokretne prozore, otklopna krila, zaokretno-otklopna, obrtna, klizna (vertikalno posmična), sklopiva (harmo), podizno zaokretna i fiksne stijene.
Današnji prozori su najčešće napravljeni sa jednostrukim, zaokretno-otklopnim krilima.



Slika 4.8. Vrste prozora prema smjeru otvaranja

Prema smjeru otvaranja krila prozori, se dijele na lijeve i desne.
Prozori se prema konstrukciji krila dijela na:

- jednostruke, kod kojih su krilo i doprozornik u istoj ravnini,
- dvostruke, kod kojih je konstrukcija kao dva zasebna prozora u dvije ravnine, između kojih je razmak cca 19 cm
- trostruki, kod kojih je razmak krila cca. 12 cm,
- spojni ili *krilo na krilo*, slično dvostrukim prozorima sa manjim doprozornikom.



Slika 4.9. Vrste prozora prema vrsti konstrukcije krila

Staklo je najvažniji dio prozora s aspekta osvjetljenja i čini najveći dio prozora. Ovisno o vrsti ostakljenja, prozor će imati manju ili veću energetsku efikasnost, odnosno propuštaće više ili manje energije.

Osim vrste stakla i mogućih dodatnih premaza i filmova, jako veliku ulogu u energetskim karakteristikama prozora, igra i broj staklenih površina unutar prozorskog sklopa. Iako je toplinska vodljivost stakla vrlo dobra, korištenjem višestrukih staklenih površina smanjuje se gubitak toplote zbog većeg broja izolacionih slojeva između stakenih površina. [18]

Tradicionalno, prozori su bili ostakljeni jednostrukim staklom debljine 4, 6 ili maksimalno 8 mm. Danas, međutim, sa povećanjem zahtjeva za termoizolacijom prostora, ovaj način je napušten.
Uz lošiju energetsku izvedbu, nedostatak jednostrukih prozora je i u mogućnosti pojave kondenzacije, zbog čega mnogi građevinski propisi zabranjuju korištenje takvih prozora.
Zbog težine prozorske konstrukcije, teže ugradnje i rukovanja, prozorska izolacijska jedinica može sadržavati maksimalno četiri staklene površine. Najčešće se koriste jedinice s dvostrukim ostakljenjem, dok se kod četverostrukih ostakljenja umjesto dvije staklene površine često koriste tanki plastični filmovi čime se postiže energetska izvedba prozora s četiri staklene površine i težina prozorskog sklopa s dva ostakljenja. [18] Ovakva ostakljenja nazivaju se izolacijskim (IZO) staklima.

Izolacijska stakla u svom sastavu imaju dva ili više stakala, između kojih je međuprostor napunjen zrakom, vakumiran ili napunjen nekim inertnim plinom.
Inertne (plemenite) plinove kao što su argon, kripton ili ksenon i sl. karakterišu visoka termoizolaciona svojstva, zbog osobine da se hemijski ne spajaju ni sa samim sobom, ni s drugim elementima.

Prostor napunjen plinom mora se dobro zaptiti brtvama, odnosno ljepilima kojima se lajsna koja spaja stakla čini zrakonepropusnom.
Najkvalitetnija izolacijska stakla izrađena su po sistemu dvostepenog brtvljenja.
Po tom sistemu na perforirani i sredstvom za sušenje napunjeni distancni okvir, nanosi se trajno plastično brtvilo napravljeno na bazi polizobutilena (butyl traka).

Slika 4.10. Vrijednosti temperatura različitih tipova stakla

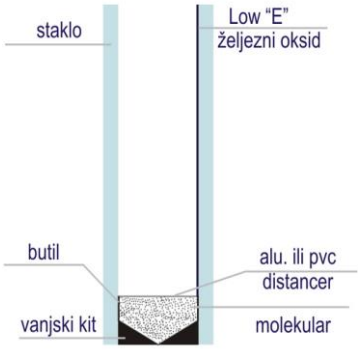
Obično, čisto staklo, tradicionalno se najčešće koristi. Zbog primjesa željeza nastalih u proizvodnji stakla, ovo staklo ima blago zelenkastu nijansu. Naziva se i *float* staklo jer se proizodi tzv. tehnikom "plutanja" iznad korita s rastaljenim kositrom.

Obojena stakla su se proizvodila i u prošlosti, najčešće dodavanjem bronze u staklenu masu. Ova stakla propuštaju manje svjetlosti i danas se izrađuju dodavanjem posebnih hemikalija u procesu proizvodnje stakla "plutanjem".
Ona propuštaju udio dnevne svjetlosti solarnog spektra, ali apsorbiraju dijelove sunčeve svijetlosti koja su blizu infracrvenom području. Zbog toga su najkorisnija kao vanjski sloj u dvoslojnim jedinicama, no kao i ostala nijansirana stakla mogu se koristiti i kod jednoslojnih jedinica. Za još bolju izvedbu mogu se kombinirati s premazima s niskom emisijom. U odnosu na tradicionalna obojena stakla spektralno selektivna stakla pokazuju više vrijednosti propuštanja vidljivog svjetla, ali niže vrijednosti koeficijenta dobitka toplote, a nijansa im je svijetlo plava ili zelena za razliku od tradicionalne bronzane ili sive boje.
Stakla u bojama moguće je dobiti i korištenje različitih premaza, čija primarna uloga nije bojenje, nego postizanje određenog stepena refleksije, apsorpcije, odbijanja vidljivog svjetla ili odbijanja toplote dugih valova.

Ukoliko postoji potreba za većim smanjenjem dobitka toplote, koriste se reflektirajući premazi koji se obično sastoje od tankih metalnih slojeva - filmova. Ovisno o debljini i refleksiji premaza i njegovom položaju na staklu, smanjenje dobitka toplote može biti manje ili veće. Reflektirajući premazi se mogu koristiti na čistom i iznijansiranom staklu i dolaze u raznim metalnim bojama: zlatna, srebrna i brončana. Propuštanje vidljivog svjetla se smanjuje mnogo brže nego dobitak toplote. [18]

Danas najčešće korišteno izolaciono staklo je "Low E" staklo ili staklo niske emisije (low emissivity). Ovo staklo se proizvodi u dvije varijante, nanošenjem različitih premaza ili filmova:

- Hard-coating ili pirolitička zaštita je vrsta low-e stakla gdje se za vrijeme proizvodnje stakla na površinu float-stakla nanosi željezni oksid i
- Sputtering/Soft-coating kao vrsta low-e stakla gdje se nakon procesa proizvodnje stakla, postupkom katodnih zraka, nanosi više slojeva željeznog oksida u visokovakuumiranom postrojenju.



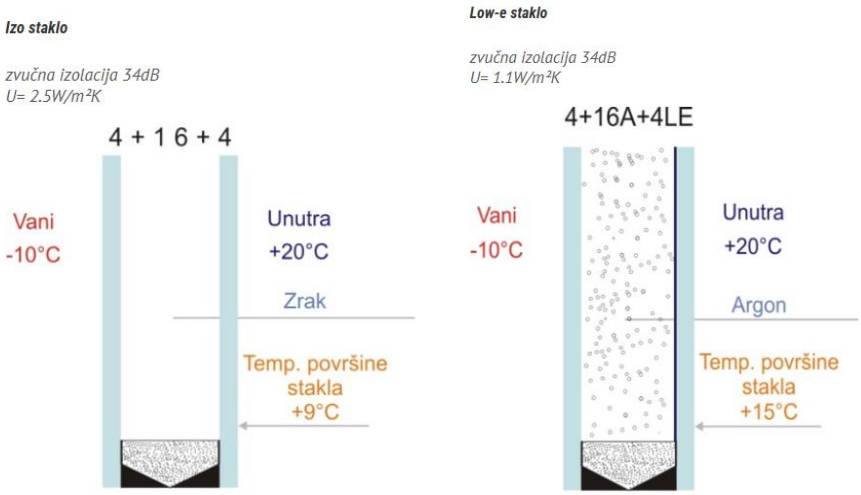
Slika 4.11. Dostruko Low E staklo - presjek

Low-E staklo bitno smanjuje U-vrijednost stakla blokirajući prolaz infracrvenih zraka, a propušta sunčevu svijetlost. Stoga ako se želi blokirati gubitak toplinske energije iz prostorije, unutrašnja strana (prema prostoriji) IZO-stakla mora biti Low-e, tada se dopušta ulazak sunčeve topline koja doprinosi grijanju prostorije, a ako želimo spriječiti ulazak sunčeve topline u prostoriju tada je potrebno postaviti na vanjsku stranu Izo stakla Low-e staklo.

Low-e staklo propušta zračenje kratkih valova, a reflektira duge valove. Treba napomenuti da je nanos metalnog oksida uvijek okrenut u unutrašnjost izo-stakla. [19]

Količina energije koja prolazi kroz staklo mjeri se koeficijentom „U" (W/m^2°K). Stari naziv za U faktor je bio „k" faktor. Kod standardnog izo stakla (4+4) k=2.7, a s jednim low-e staklom k=1.4.
Low E staklo po svojim osobinama smanjuje mogućnost kondenzacije vode između stakala.
Prema evropskim standardima U (k) faktor mora biti minimalno 1.1-1.4 W/m^2°K. Standardna debljina iznosi 4 mm, a može se raditi i lameliranje (lijepljenje) više slojeva ovog stakla.

Količina energije koja prolazi kroz staklo mjeri se koeficijentom „U" (W/m^{2}K). Stari naziv za U faktor je bio „k faktor". Kod standardnog izo stakla (4+4) k=2.7, a s jednim low-e staklom K=1.4.
Low E staklo Izgleda poput običnog float stakla, a često se takav proizvod naziva termoizolacijsko staklo. [19]

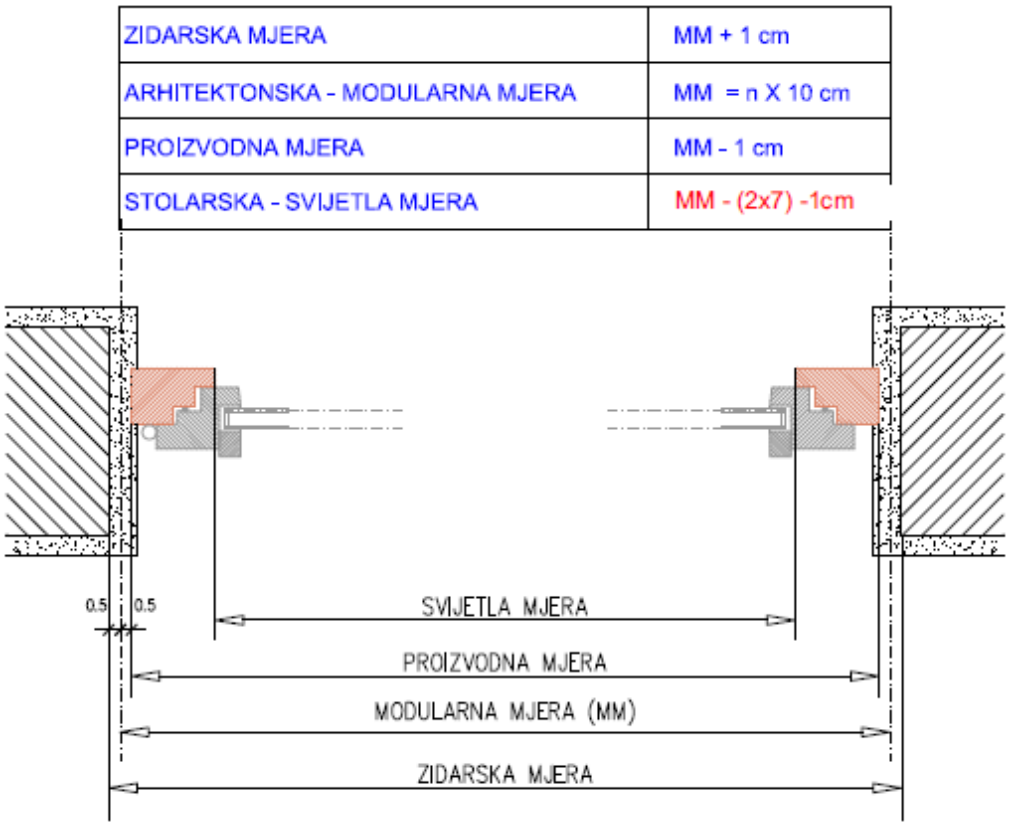


Slika 4.12. Vrijednosti U faktora kod običnog IZO stakla i Low E stakla

Okovi su dio konstrukcije prozora kojeg čine metalni elementi za međusobno spajanje dijelova prozora, otvaranje i zaokretanje prozora, te šarke. Okvir sa staklom i različite elemente okvira jedne s drugima povezuju šarke (baglame) koje su, uz ručice, pokretni dijelovi prozorskog sklopa. Vrsta okova ovisiće od načina otvaranja prozora.

4.1.2. MJERE PROZORA

Kod projektovanja, izrade i ugradnje prozora, prema fazi rada razlikuju se četiri osnovne mjere koje su značajne s aspekta usklađivanja radova u radnom procesu.



Slika 4.13. Karakteristične mjere prozora

Karakteristične mjere prozora su:

- zidarska mjera koja podrazumijeva neožbukani vanjski otvor prozora izražen u (MM + 1cm),
- arhitektonska ili modularna mjera (MM = n x 10 cm), podrazumijeva ožbukani vanjski otvor prozora,
- proizvodna mjera (proizvodna širina i visina prozora sa doprozornicima (MM - 1 cm),

- stolarska mjera ili svijetla mjera MM - (2 x debljina okvira do stakla) - 1 cm.

4.1.3. VRSTE PROZORA PREMA MATERIJALU

Tradicionalno, prozori su bili izrađeni od drvene građe, po sistemu krilo na krilo ili dvostrukih prozora, sa tankim okvirima i minimalnimm dimenzijama krila koje je moglo podnijet težinu stakla. Danas, međutim, na tržištu je moguće pronaći prozore od različitih materijala; drveta sa unaprjeđenim karakteristikama, plastike, aluminij, čelika i kompozitnih materijala. U ponudi su također i prozori od kombinacije dva ili više materijala; drvo-aluminij, plastika-aluminij i sl.
Razvojem tehnologija obrade i proizvodnje materijala uvelike u poboljšane karakteristike prozora u smislu energetske učinkovitosti, otpornosti na atmosferske uticaje i estetitskih karakteristika.

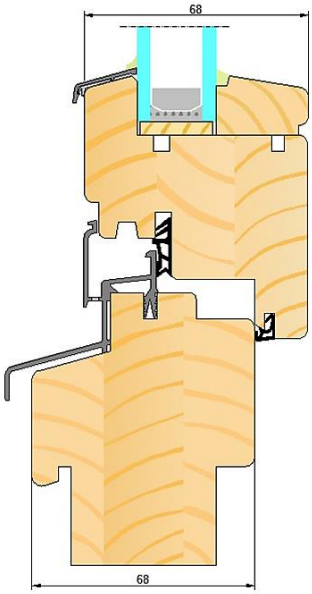
Drveni prozori

Drvo je tradicionalani, prirodni, obnovljivi materijal koji ima mogućnost široke primjene. Danas se u proizvodnji prozora koriste profili od lameliranog drveta, kako bi se poboljšala mehanička svojstva drveta jer je ono, kao prirodni material, podložno atmosferskim i biološkim uticajima, što može dovesti do neujednačene kvalitete presjeka elemenata prozora. Zbog toga je potrebna dobra priprema i obrada drvenih elemenata kako bi drvo sačuvalo svoja svojstva za duži vremenski period. Vrste drveta koji se koriste za izradu prozora su hrast, jela i smreka.
Prednosti drvenih prozora u odnosu na druge materijale su estetska svojstva, mala toplinska i zvučna provodljivost, drvo je ekološki prihvatljiv materijal, trajan ako se redovno održava itd.

Slika 4.14. Drveni prozor- presjek kroz sklop

Osim toga drvo je higroskopan materijal koji "diše", te omogućuje prolaz zraka kroz svoju površinu i propuštanje vlage.
Najveći nedostatak drvenih prozora je osjetljivost na veliku vlažnost koja može uzrokovati bubrenje koje za posljedicu može imati puknuća ili deformacije i tako oslabiti svojstva drveta. Osim vlažnosti drvo je

osjetljivo na atmosferlije, mikroorganizme koji pospješuju truljenje, te također uzrokuju pojavu deformacija i pukotina na drvenoj površini. Sama ugradnja drvenih prozora i njihova proizvodnja zahtijeva veliko znanje kako se ne bi još više narušila stabilnost drvenih prozora i smanjila toplinska i mehnička svojstva samog drveta. [16]
Zbog svega navedenog vrlo je važna njega i održavanje drveta čak i nekoliko puta godišnje, ovisno od vrste drveta.
Održavanje podrazumijeva korištenje raznih premaza kao što su debeloslojni lazurni premazi i pigmentirani lakovi.



U prošlosti se, zbog nedovoljnog znanja i slabo razvijene tehnologije, kroz drvene prozore, gubilo najviše toplote, no zbog svoje dostupnosti drvo je bilo široko primjenjiv materijal.

Danas se sve više drvenih prozora na starim zgradama zamjenjuje plastičnim (PVC) prozorima zbog zahtjevnog održavanja, ali se drvo i dalje koristi zbog svojih odličnih mehaničkih i toplinskih svojstava.

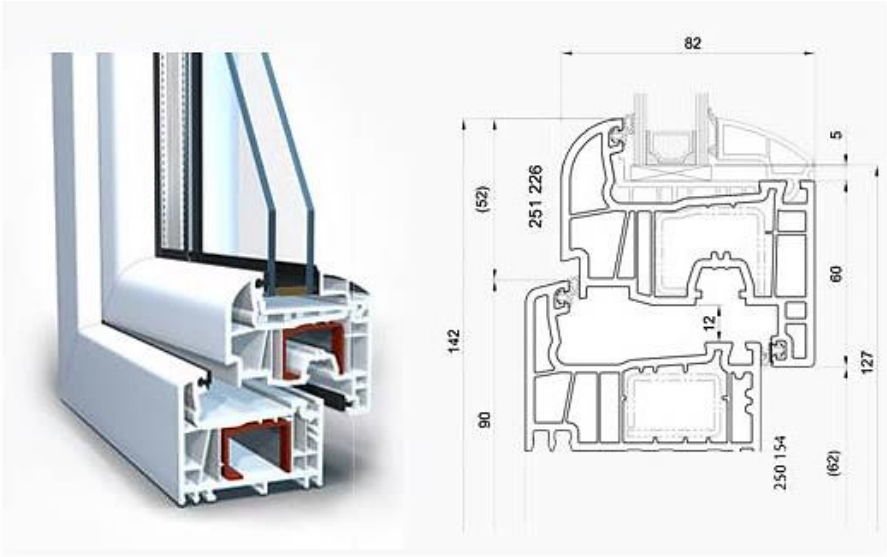
Slika 4.15. Drveni prozor- presjek kroz prozor (detalj donjeg okvira) debljine profila 68 mm.

Plastični (PVC) prozori

PVC je jedan od najzastupljenih materijala za proizvodnju prozora koji se počeo koristiti sredinom XX vijeka. PVC je djelimično ekološki prihvatljiv material jer se može proizvesti reciklažom materijala, te tako reducirati količinu proizvodnog otpada, ali je proizvodnja plastike sveukupno jako štetan process. Za razliku od drvenih prozora, čiji izgled i boja su uvjetovani vrstom drveta, površina plastičnih profila je pigmetirana umjetnim bojama, pa su se u početku proizvodnje, uglavnom koristile svijetle boje, kao što je bijela kako bi se smanjilo zagrijavanje površine, povećala refleksija i poboljšala mehanička svojstva prozora. [16]

Slika 4.16. PVC prozor- presjek kroz sklop

Danas se sve češće koriste tamne boje PVC stolarije. Prednost plastičnih prozora je ta što imaju veliku izdržljivost, otporni su na atomosferlije, ne zahtjevaju dodatne premaze i specijalno održavanje i za razliku od drvenih prozora imaju visoku sposobnost zvučne i toplinske izolacije, mogu dosta dugo zadržavati toplinu, te su relativno dugog vijeka trajanja.



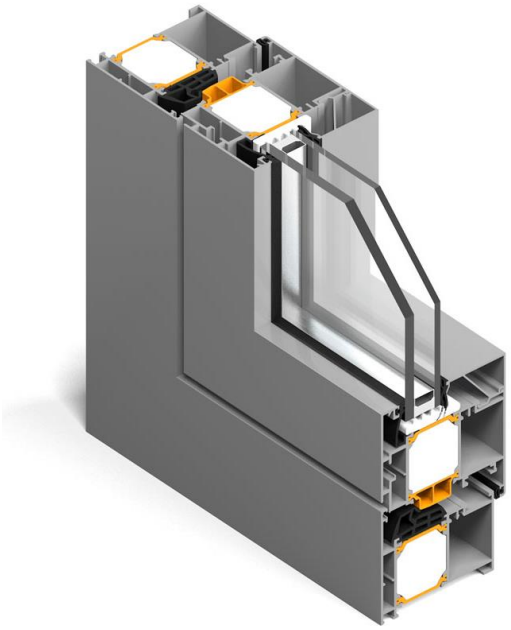
Slika 4.17. PVC prozor- dimenzije šestokomornog prozora proizvođača Salamander

Nedostatci PVC materijala su što nije dovoljno krut, ima manji modul elastičnosti, pa može doći do pucanja materijala i njegovog trajnog oštećenja ili se pod uticajem promjena temperatura plastika skuplja i širi, što može uzrokovati teže otvaranje i zatvaranje prozora. Za razliku od drvenih prozora, koji se mogu popraviti na licu mjesta, plastični prozori ne daju tu mogućnost, te je nakon oštećenja površine potrebno zamijeniti cijeli prozor, a ne samo dio.
Toplinska i izolacijska svojstva plastičnih prozora su se s vremenom poboljšala, a razna ispitivanja rezlutirala su saznanjima kako dalje poboljšati svojstva PVC profila. Jedan od načina usavršavanja ovih profila je povećavanje broja komora u poprečnom presjeku PVC profila.

Aluminijski prozori

Najzastupljeniji metalni prozori su aluminijski prozori. Iako ima dobra mahanička svojstva i sirovina je lako dostupna, aluminij se rijeđe koristi za izradu prozora zbog svoje cijene. Nadalje, aluminij je dobar vodič toplote, pa se najčešće ugrađuje u objektima gdje ne postoje visoki zahtjevi za energetsku efikasnost. Druga njegova najčešća primjena je u sklopu strukturalnih, visećih fasada, pa se na objektima na kojim se koriste ovakve fasade i prozori rade od aluminija iz estetskih razloga, ali i razloga dobre nosivosti, aluminij može podnijeti opterećenja većih staklenih stijena sa relativno malom dimenzijom poprečnog profila.

Prednosti aluminijskih prozora su ti što su lagani, otporni na koroziju i lako se održavaju, ne treba im posebna njega kao što je slučaj kod drvenih prozora. Najveća prednost je njihov vijek trajanja koji je duži nego kod plastičnih i drvenih prozora.
Toplinska svojstva aluminijskih prozora mogu se poboljšati umetanjem poliamidnih štapova koji smanjuju prijenos toplote i imaju ulogu izolatora u aluminijskom profilu. [16]



Slika 4.18. Aluminjski prozor proizvođača "Feal", tip profila "T 85"

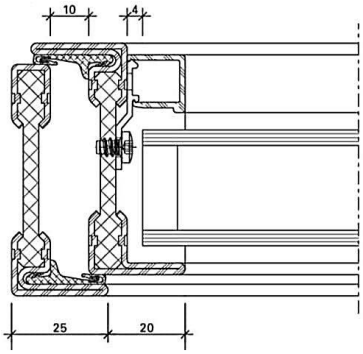
Sistem aluminijskih profila s prekinutim termičkim mostom, osnovne ugradbene dubine doprozornika 77 i 85 mm.
Prekid termičkog mosta se postiže poliamidnim trakama širine 34 mm.
Radi dodatnog poboljšanja termičkih karakteristika profila, u komore se ugrađuju profili od XPS-a (ekstrudirani polistiren) sa vrijednošću λ =0.035 W/m^{2}K.

Čelični prozori

Čelični prozori se najčešće koriste u javnim i industrijskim zgradama. Vrsta čelika koji se koristi za izradu prozora je nehrđajući čelik koji osigurava dugotrajnost prozora i veću otpornost na klimatske uticaje. Osim toga prednosti prozora od nehrđajućeg čelika su visok stepen recikliranja, estetika i mehanička svojstva koja omogućuju čeliku veliku nosivost kod teških staklenih ploha.
Mane ovakvih prozora su: cijena koja je veća u odnosu na prozore od drugih materijala, ne mogu se koristiti na svim područjima (mjesta u blizini mora, odnosno slane vode, gdje zahtijevaju specijalnu površinsku obradu), kompliciranа ugradnja i velika težina elemenata.

Ovi prozori imaju veliku primjenu kod objekata s naglašenom arhitektonskom estetikom, prvenstveno zbog malih dimenzija prozorskih profila i mogućnosti postizanja jako velikih neprekidnih staklenih ploha na fasadama.
Ovi prozori proizvode sa i bez termoizolacione ispune unutar profila.
Na primjeru prozorskog sistema "Janisol Arte", proizvođača Jansen, (slika 4.19.), prikazana je arhitektonski često zahtijevana "elegancija" prozorskog sistema.

Slika 4.19. "Janisol arte" prozor od Corten čelika, proizvođača Jansen



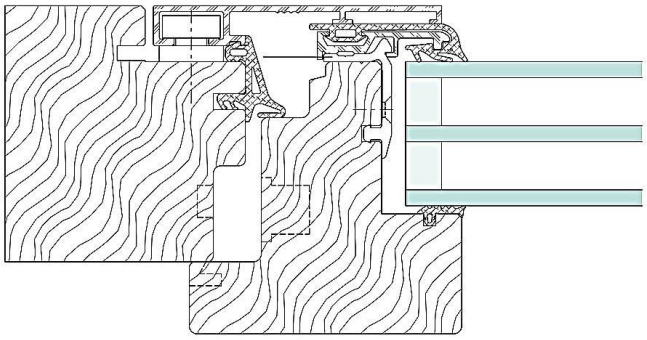
Slika 4.20. Presjek profila Jansol arte prozora

Jansol arte prozorski sistem izrađuje se od nehrđajućeg čelika i Corten čelika i nudi veliki spektar profila i finalnih obrada.
Prozor ima integrirani žljeb za okapnicu, čime se pojednostavljuje i ubrzava izrada. Širine profila od samo 25 ili 40 mm za fiksno ostakljenje i osnovna dubina od 60 mm, omogućuje izgradnju složene, ali stabilne konstrukcije s velikim udjelom stakla i izvrsnom toplinskom izolacijom.

Prozori od kombinacije materijala

Kombiniranje dva materijala kao što su drvo i aluminij ili drvo i plastika, a u suvremenim rješenjima čelika i drveta, ostvaruje se spoj tradicije i suvremenih tehnologija, koji iskorištava najbolje karakteristike iz oba materijala.
Drvo kao materijal doprinosi svojim estetskim izgledom, toplinsko-izolacijskim svojstvima, trajnošću i cijenom kao jeftin materijal u odnosu na metale, a aluminij i čelik pokrivaju nedostatke drveta i poboljšavaju njegovu otpornost na atmosferilije, smanjuju potrebu čestog održavanja i premazivanja površina i mogu podnijeti veće opterećenje od težine stakla.
Ovakvi prozori imaju veliku trajnost, energetski su učinkvitiji od metalnih prozora i imaju manje dimenzije elemenata prozora od drvenih.
Prozori od dreta i aluminija se izrađuju tako da se na drvene profile preko kopči stavlja aluminijska obloga. Važna stavka kod ovakvih prozora je pravilnost izvedbe i ugradnje koja, ako nije pravilo napravljena, može

dovesti do pojave toplinskih mostova, te tako omogućiti nesmetan prolaz toplote.



Slika 4.21. Presjek profila "Connex bloc" prozora

Slika 4.22. "Connex bloc" prozor, proizvođača Jansen, kombinacija drvo - aluminij

Korten čelik (proizvođački naziv COR –TEN), poznat je i kao čelik otporan na vremenske uslove. Radi se o posebnoj leguri sastavljenoj od željeza, bakra, kroma i nikla. Ova kombinacija rezultira robusnim materijalom koji je otporan na vremenske uvjete. Vremenom, korten čelik prolazi kroz proces oksidacije, razvijajući prepoznatljivu patinu sličnu hrđi. Ova patina djeluje kao zaštitni sloj, sprječavajući daljnju koroziju i osiguravajući dugovječnost ovog materijala.

Razvoj tehnologije materijala omogućio je proizvodnju kompozitnih materijala koji se danas koriste za proizvodnju prozora.
Drveni kompoziti su vrlo snažni kompozitni materijali, budući da se sastoje od komprimiranih komadića drveta i smole.
Nova generacija drvenih kompozita su kompoziti drveta i polimera koji se „istiskuju" u niz linearnih oblika za dijelove okvira i mogu se obojati kako bi izgledali kao prirodno drvo. Uz ostale brojne prednosti kao što su stabilnost, ista ili bolja strukturna i toplinska svojstva nego konvencionalno drvo, bolja otpornost na vlagu i trulež, najveća su prednost ovakvih prozora. [18]

Bez obzira o kojem se materijalu radi, ugradnja prozora je vrlo zahtjevan posao. kao jedna od mjera energetske učinkovitosti i udobnosti prostora
Ugradnja mora zadovoljiti određene zahtjeve kao što su kontrola toplotnih mostova i kontrola prenosa zvuka. Ako se ne ispune ovi zahtjevi dolazi do smanjenja kvalitete života u unutarnjem ptrostoru, zbog loše ugradnje. Kod ugradnje se treba paziti na spojeve između prozorskih profila i zidova kako ne bi došlo do prolaza toplote i kondenzacije vodene pare te stvaranja plijesni.

Također je potrebno osigurati i dobro brtvljenje i prekid toplinskih mostova.
Toplinski most se definira kao područje u omotaču grijanog dijela zgrade kod kojeg se javlja povećanje toplinskog toka. Posljedica postojanja toplinskog mosta je povećan gubitak toplote i niža površinska temperatura unutarnje plohe vanjskog građevinskog elementa, što kod prozora znači rizik za stvaranje kondenzacije i pojave gljivica i plijesni, i štete na finoj obradi unutarnjiih površina zida (boja) i samom zidu. Dakle, toplinski most izrazito negativno utiče na energetsku izvedbu objekta i zdravlje stanara.
Takva pojava je uzrokovana kombinacijom materijala s različitim svojstvima vođenja topline na određenom području omotača (npr. kontakt prozorski okvir–zid). O ovim detaljima biće vise riječi u poglavlju 7.

Slika 4.23. Detalj RAL montaže prozora i vanjske prozorske klupice

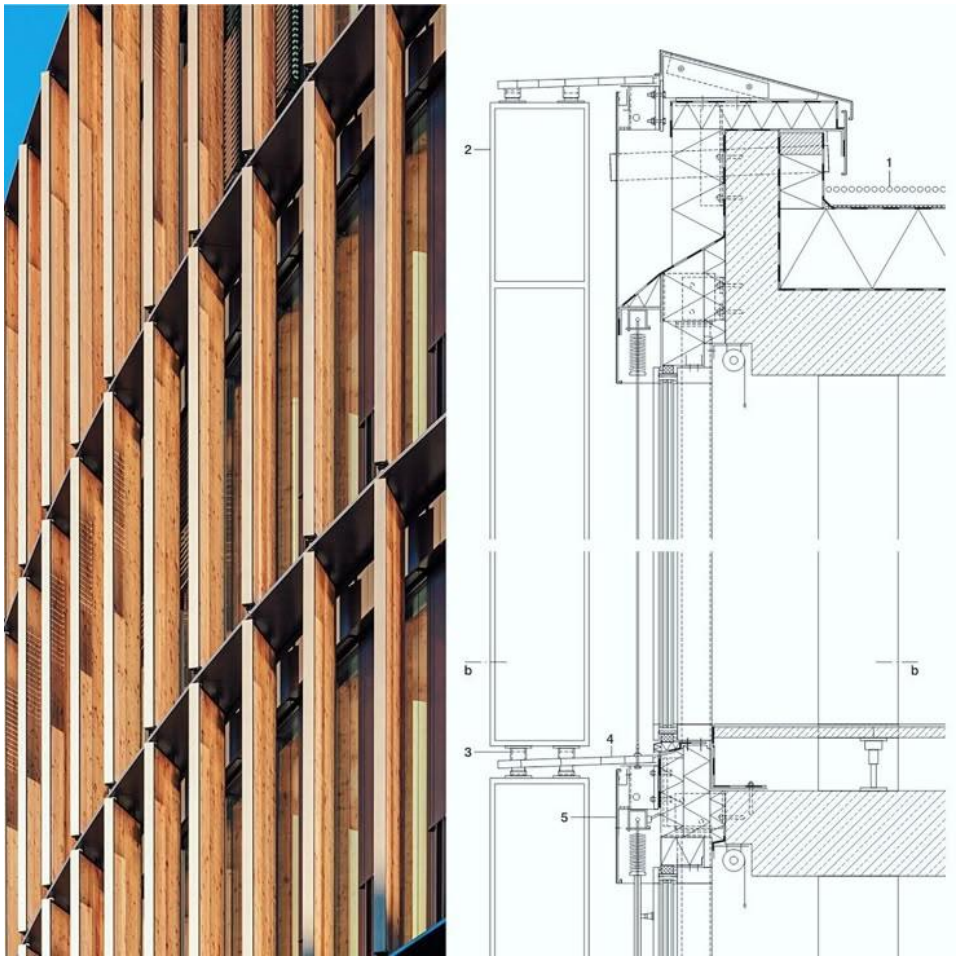
Osim, vrstom stakla i ispunom međuprostora između stakala, zaštita od sunca, odnosno pretjeranog osunčanja i pregrijavanja unutarnjeg prostora, postiže se elementima zaštite prozora u vidu zastora, roleta (unutarnjih i vanjskih), žaluzina, brisoleja i sl.
Princip zasjenjenja prozora, odnosno vanjskih otvora, može se postiči projektantskim rješavanjem detalja na fasadi kao što su istaci, doksati, strehe i sl., koji će omogućiti zaštitu prozora od sunčevog zračnja.

Efikasnost elemenata zaštite prozora od sunčeve svijetlosti, ovisiće prije svega o njihovoj poziciji u odnosu na prozor. Najbolju zaštitu pružaju razne vrste vanjskih roleta, žaluzina i drugih elemenata, pored brisoleja koji se svrstavaju u vanjska sjenila i mogu biti horizontalni i vertikalni, te poketni i nepokretni.
Brisoleji su svojom konstrukcijom slični žaluzinama, ali lamela kod brisoleja su puno veće i masivnije, te u pravilu nepokretne.

Brisoleji (od francuskog brise-soleil) su elementi zaštite od sunca koji se pričvršćuju fiksno na fasadu, osim zaštite od sunca i zagrijavanja prostora, oni imaju i dekorativnu, estetsku ulogu u oblikovanju fasada objekta.
Sastoje se od aluminijskih lamela (profilisanih lajsni) koji mogu biti različite širine i različitog razmaka.
Lamele se izrađuju kao fiksne, nepokretne (najčešće u varijanti vertikalnih brisoleja, koji se postavljaju pod određenim uglom) ili pokretni čijim se pomjeranjem može regulisati ugao upada svjetlosti kroz staklo.

Slika 4.24. Detalj pokretnih horizontalnih brisoleja na staklenoj fasadi

Ovisno o obliku nosača lamela, lamele se mogu postaviti pod raznim uglovima i od toga će ovisiti efikasnost brisoleja u lomljenju zraka sunčeve svjetlosti.
Najčešća primjena ovog vida zaštite je na javnim objektima sa staklenim fasadama, kod kojih je i najveća mogućnost pregrijavanja prostora.



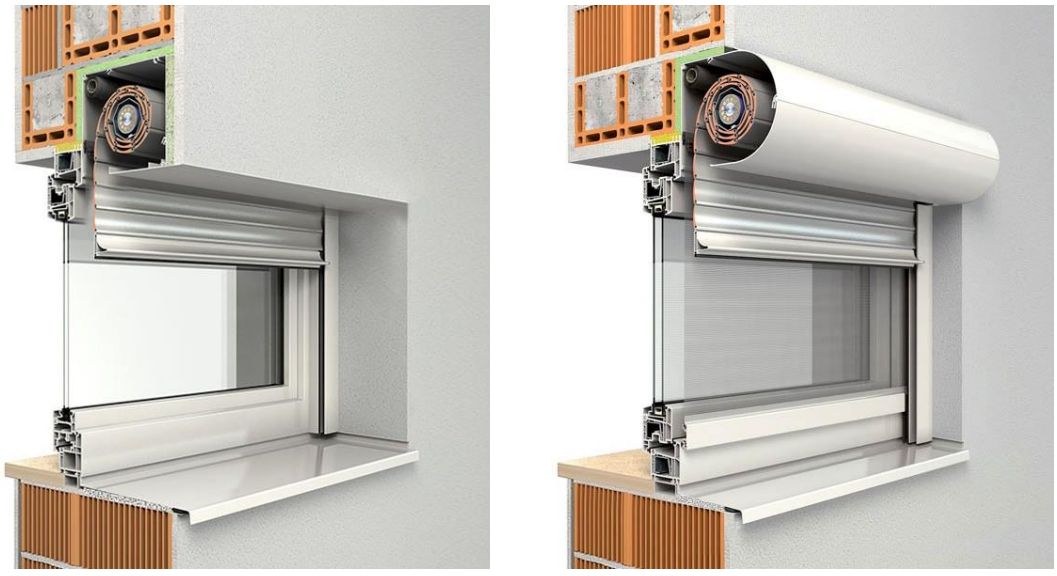
Slika 4.25. Fasada sa vertikalnim fiksnim brisolejima na gradskoj vijećnici u Freiburgu, Ingenhoven architects

Ukoliko su pravilno dizajnirani i postavljeni, brisoleji mogu značajno smanjiti troškove za hlađenje i grijanje objekata. S praktično zanemarljivom potrebom za održavanjem i finansijskim ulaganjem, brisoleji predstavljaju vrlo ekonomičan proizvod. Mogu biti integrisani u sistem fasade, sa projektovanim potrebnim prostorom za pristup fasadi i čišćenje prozora i održavanje fasade sa vanjske strane.

Aluminijske žaluzine, drugi po efikasnosti sistem zaštite od sunčevog zračenja, danas se češće koriste i na manjim stambenim objektima, na kojima su do sad češće ugrađivane roletne. Žaluzine se izvode slično brisolejima, s time da su im dimenzije lamela manje i ugradnja im je manje zahtjevna i jeftinija.
Žaluzine se također ugrađuju s vanjske strane prozora, u podfasadne ili nadžbukne kutije s maskom, iznad prozorskog okvira, s vodilicama koje se postavljaju na okvir prozora.

Slika 4.26. Podfasadne i nadžbukne aluminijske žaluzine s maskom

Roletne su najčešće korišten i najpristupačniji elementi koji se koriste za zaštitu od sunčeva zračenja.
Sastoje se od lamela koje mogu biti izrađene od plastičnih materijala ili aluminija.
Aluminijske roletne se sastoje od aluminijskih lamela (letvica). Letvice su ispunjene poliuretanskom pjenom koja služi kao termoizolacioni materijal i pruža dobru zvučnu zaštitu. Letvice se plastificiraju ili eloksiraju kako bi se površina zaštitila od atmosferskih uticaja.
Kao i žaluzine ugrađuju se u kutije ispod ili iznad fasade i prema tome dijele na podfasadne i nadfasadne (nadžbukne).



Slika 4.27. Podfasadne i nadfasadne aluminijske roletne

Prema dimenzijama otvora (prozora ili balkonskih vrata) definiraju se dimenzije roletni i kutija za roletne. Važno je naglasiti da je na mjestima ugradnje roletni (kutija) potrebno spriječiti pojavu toplinskih mostova ugradnjom termoizolacionog sloja, prema vajskom prostoru, odnosno prema kutiji i oko kutije u slučaju ugradnje u fasadne slojeve. U ovu svrhu najčešće se koristi sloj XPS-a manje debljine , kako je vidljivo na slici 4.27.
Također je bitno naglasiti, da se u toku projektovanja, ukoliko su na objektu predviđene roletne, žaluzine i slični elementi, mora predvidjeti prostor u zidarskom otvoru prozora ili drugih staklenih stijena.

Ovdje su dati primjeri vanjske zaštite prozora od sunčevog zračenja. O unutarnjim žaluzinama, zastorima ili rolo zavjesama i zahtjevima koji ovi sistemi imaju u pogledu pripremnih radova neće biti riječi jer su ovi sistemi sami po sebi jednostavniji, te slabija ili čak zanemariva zaštita od sunca.

4.2. VRATA

Vrata su otvori u unutrašnjim i vanjskim zidovima objekta čija je uloga povezivanje prostora različitih funkcija i ulaza u objekat.
Osnovni zahtjev koji se postavlja pred ovaj element su dovoljna širina i visina vrata, usklađena sa namjenom prostorija i građevinskim normama.
Nadalje, vrata moraju pružiti toplinsku i zvučnu zaštitu prostora, sigurnost i zahtijevane estetske karakteristike.
Vanjska, ulazna vrata u objekat, djeluju kao zatvarač, pa su stoga zahtjevi toplinske i zvučne izolacije, daleko veći za njih nego za unutarnja vrata u objektu.
Prema ulozi u objektu vrata se može podijeliti na:

- glavna ulazna vrata
- sporedna ulazna vrata (vjetrobranska vrata i ulazna vrata u stanove u zgradama kolektivnog stanovanja)
- sobna vrata
- kupatilska vrata
- pomoćna vrata (vrata na ostavama)

Prema karakteristikama vrata, odnosno krila vrata i okova vrata se mogu dodatno podijeliti na:

- sigurnosna vrata u koja spadaju protuprovalna i protupožarna vrata
- garažna vrata
- balkonska vrata

- drugi specifični tipovi vrata (s otvorima za ventilaciju, specijalnim okovima i sl.)

4.2.1. ELEMENTI VRATA

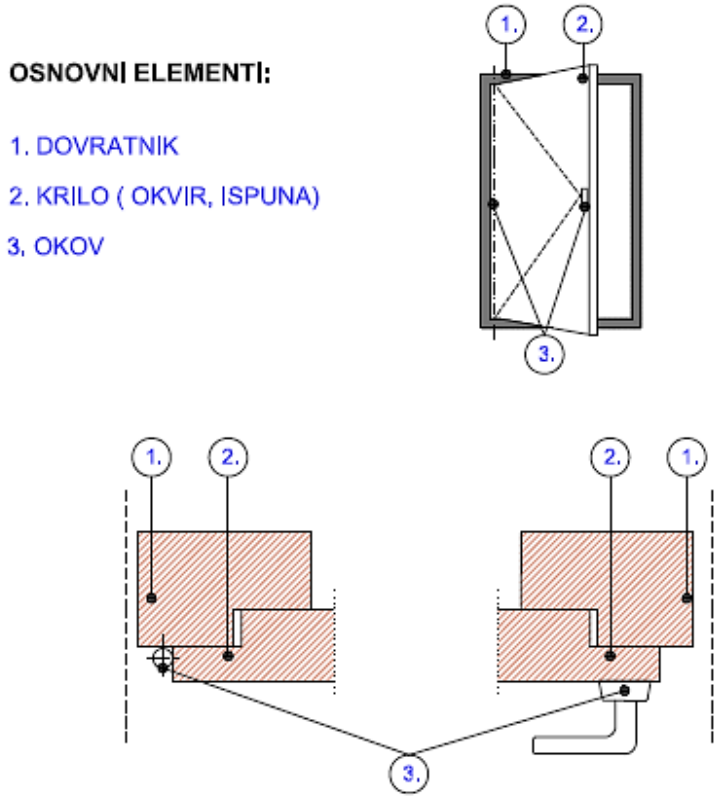
Vrata se sastoje od tri osnovna elementa:

1. dovratnika
2. krila (okvira i ispune) i
3. okova. [4]

Dovratnik je fiksni dio vrata koji se pričvršćuje direktno na zid, dnosno u zidarski otvor vrata i može biti izrađen od različitih materijala, što ovisi o izboru materijala za vrata. Najčešće se vanjska vrata izvode od aluminjskih, čeličnih ili PVC profila, dok je kod unutarnjih vrata, naročito u stambenim objektima drvo, materijal koji ima primat.

Prema načinu ugradnje vrata se mogu podijeliti na vrata ugrađena:

- na klasični način, mokrom ugradnjom i
- suhom ugradnjom.



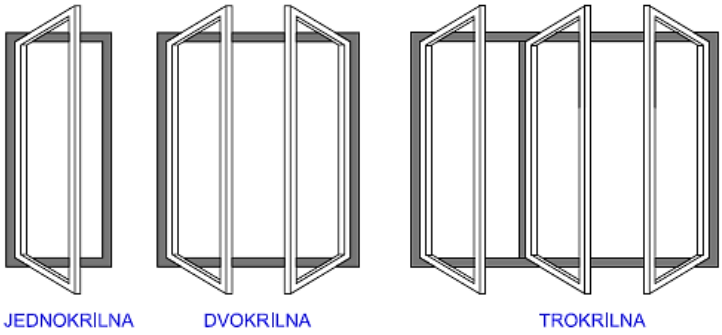
Slika 4.28. Elementi vrata

Klasični (mokri) način podrazumijeva ugradnju:

- preko tesarskog dovratnika,
- preko gredica i
- preko stolarskog dovratnika.

Prva dva, gore navedena, sistema podrazumijevaju ugradnju tzv. slijepog okvira u vidu gredice ili letvi koje se ugrađuju u zidarski (širi i viši) otvor u odnosu na finalne dimenzije vrata.
Svi ovi sistemi ugradnje podrazumijevaju vrata izrađena od drveta, dok se kod metalnih i PVC vrata podrazumijeva suhi način ugradnje.
Suhi način ugradnje radi se pomoću zaptivnih pjena, nakon postavljanja podne obloge i veoma često podrazumijeva RAL ugradnju, koja je objašnjena u dijelu ovog poglavlja o ugradnji prozora.
Materijali od kojih se proizvode vrata su: drvo, plastika, aluminij, staklo i sl.

Krilo vrata je pokretni, otvarajući, dio vrata, a vješa se na dovratnik. Krilo je sastavljeno od okvira i ispune vrata.
Vrata se prema broju krila dijele na jednokrilna, dvokrilna, trokrilna itd.
Ispuna krila može biti od drveta i različitih materijala na bazi drveta, stakla, termičkih izolacionih panela, metalnih limova i drugih materijala.



Slika 4.29. Vrste vrata po boju krila

	NAZIV	OPIS	SHEMA
1.	zaokretna	vertikalna os na kraju krila	
2.	mimokretna	vertikalna os na kraju krila krila rotiraju u oba smjera	
3.	kružna – - rotirajuća	vertikalna os u centru rotacije	
4.	klizna	krila klize u ravnini, u zid ili mimo zida	
5.	sklopiva	krila se međusobno preklope	
6.	harmonika	više krila se međusobno preklopi	
5.	teleskopska	krila se međusobno uklope	
6.	garažna (podizna)	krilo rotira oko horizontalne osi ili se podiže i rola	

Slika 4.30. Vrste vrata po načinu otvaranja

Prema načinu otvaranja krila, vrata se može podijeliti na zaokretna, mimokretna, kružna (carusel), klizna, sklopiva, kliznosklopiva (harmonika), teleskopska i klizno podizna vrata. (Vidjeti sliku 4.30.)
Prema smjeru otvaranja krila vrata se dijele na lijeva i desna vrata.

Slika 4.31. Vrste vrata prema smjeru otvaranja

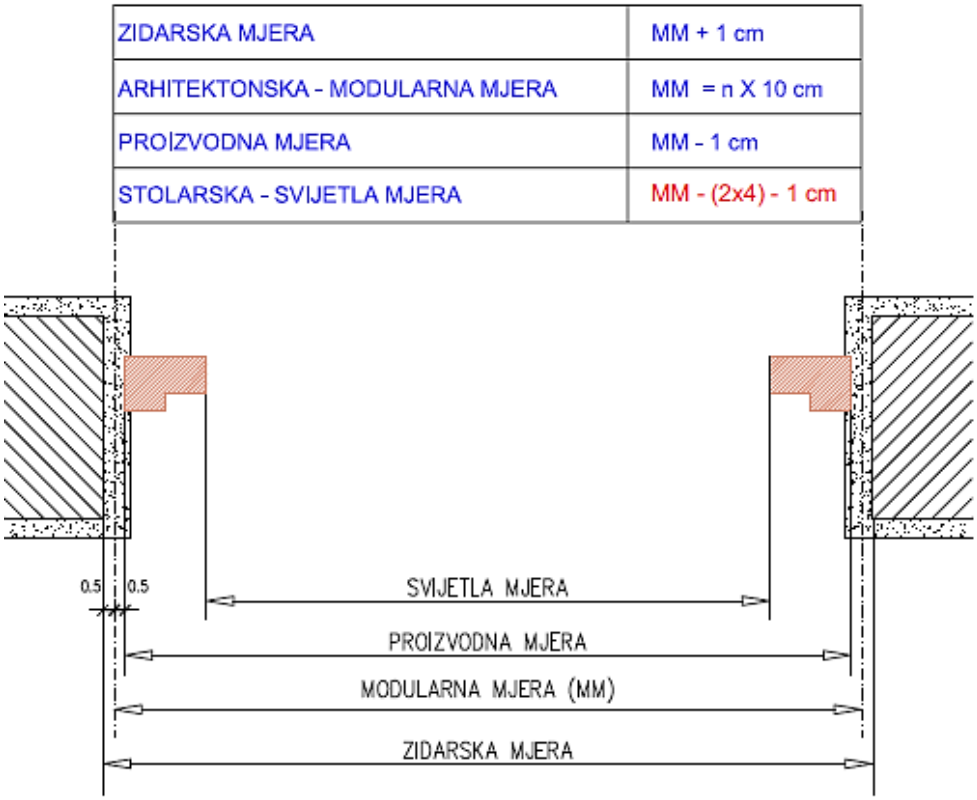
1. *DIN lijeva (otvaranje vrata naprijed udesno)*
2. *DIN lijeva (otvaranje nazad ulijevo)*
3. *DIN desna (otvaranje naprijed ulijevo)*
4. *DIN desna (otvaranje vrata nazad udesno)*

4.2.2. MJERE VRATA

Kao i kod prozora, mjere vrata razlikuju se prema fazi radova u toku pripreme i izrade otvora za vrata i samih vrata, pa se razlikuju četiri osnovne mjere koje su značajne s aspekta usklađivanja radova u radnom procesu.

- zidarska mjera koja podrazumijeva neožbukani otvor vrata (MM + 1cm),
- arhitektonska ili modularna mjera (MM = n x 10 cm), podrazumijeva ožbukani otvor vrata,

- proizvodna mjera (proizvodna širina i visina vrataa sa dopratnicima (MM - 1 cm) i
- stolarska mjera ili svijetla mjera- svijetli prolaz / otvor MM - (2 x debljina okvira do stakla) - 1 cm



MODULARNA	SVIJETLA	PROIZVODNA	ZIDARSKA
7M	61 cm	69 cm	71 cm
8M	71 cm	79 cm	81 cm
9M	81 cm	89 cm	91 cm
dvokrilna 13M	121 cm	129 cm	131 cm
dvokrilna 15M	141 cm	149 cm	151 cm
visina : 20M	195 cm	199 cm	201 cm

Slika 4.32. Karakteristične mjere vrata

Standardne dimenzije unutarnjih vrata sukladne namjeni prostorija su:
Modularne širine:

- jednokrilna - 7M, 8M, 9M, 10M
- dvokrilna - 13M, 14M, 16M, 18M, 20M

Svijetle širine

- MŠ = 7M SŠ = 61cm (WC, ostava, garderoba)

- MŠ= 8M SŠ = 71cm (kupatilo, kuhinja)
- MŠ= 9M SŠ = 81cm (sobe)
- MŠ=10M SŠ = 91cm (dnevna soba)

Zidarske širine SŠ + 10cm
Visine:

- Modularna visina 21M
- Svijetla visina 198.5 cm
- Zidarska visina 203.5 cm (205)

Dimenzije balkonskih vrata:
Modularne širine

- jednokrilna : 8M, 9M, 10M
- dvokrilna: 12M, 14M, 15M

Odnosi modularne-svijetle-zidarske širine:

MŠ=8M - SŠ = 71cm - ZŠ = 81cm
MŠ=9M - SŠ = 81cm - ZŠ = 91cm
MŠ=10M - SŠ = 91cm - ZŠ = 101cm

Dimenzije ulaznih vrata:
Modularne mjere
jednokrilna: najčešće MŠ / MV= 10M / 22M
dodaci: nadsvjetlo ili bočno krilo ili samo svjetlo

Zidarske mjere

- ZŠ = MŠ (10M) + 1cm = 101cm
- ZV = 222 cm

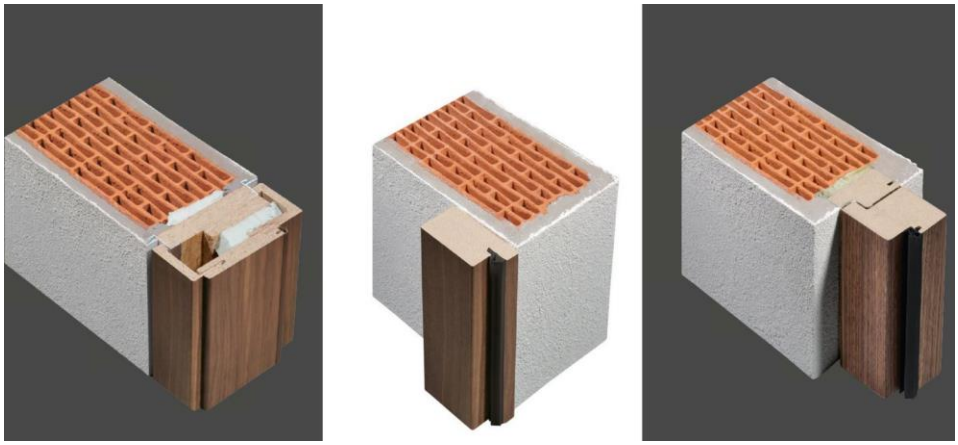
Svijetle mjere

- SŠ = MŠ – 9 cm = 91cm
- SV = 215cm

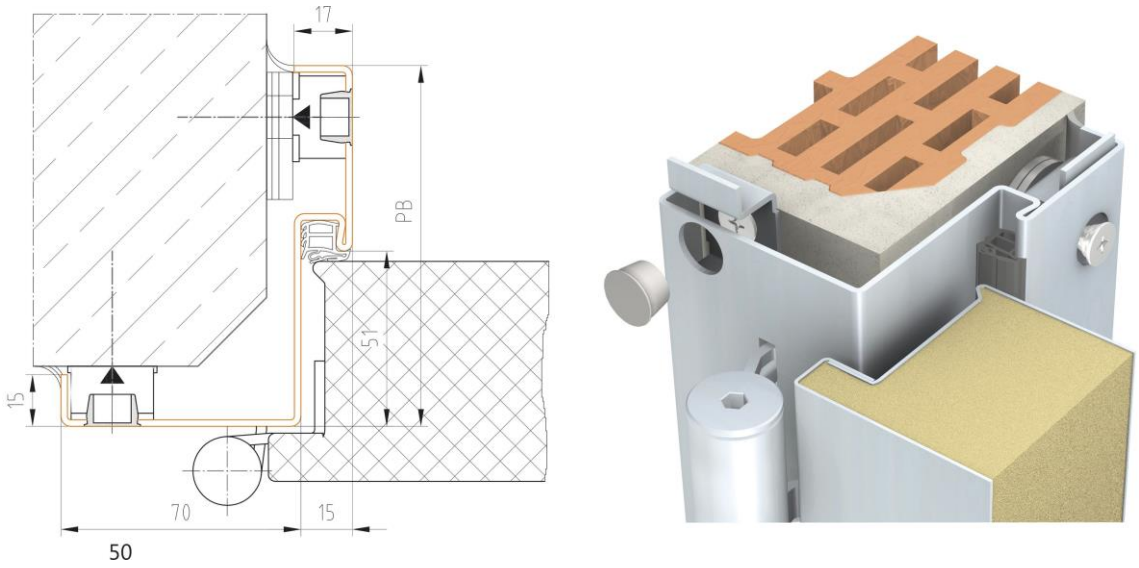
4.2.3. VRSTE VRATA PREMA MATERIJALU I FUNKCIJI

Prema materijalu izrade vrata i njihovi dijelovi mogu biti različiti i to će ovisiti o funkciji vrata i njihovom položaju u objektu.
Dovratnici mogu biti:

- stolarski (od punog drveta, iverala ili MDF (medijapan) ploča),
- bravarski (aluminijski ili čelični) i
- plastični (PVC profili najčešće s metalnom ispunom).



Slika 4.33. Tipovi stolarskih dovratnika

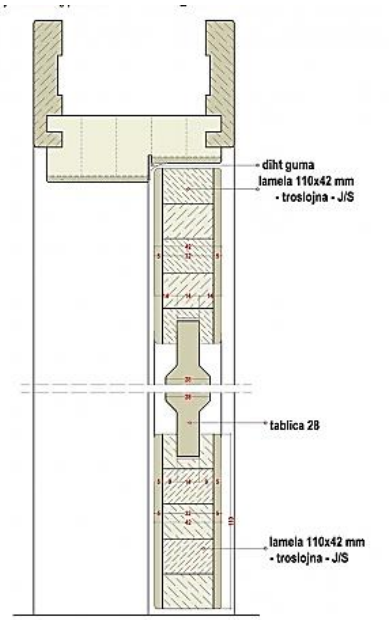


Slika 4.34. Čelični kutni dovratnik

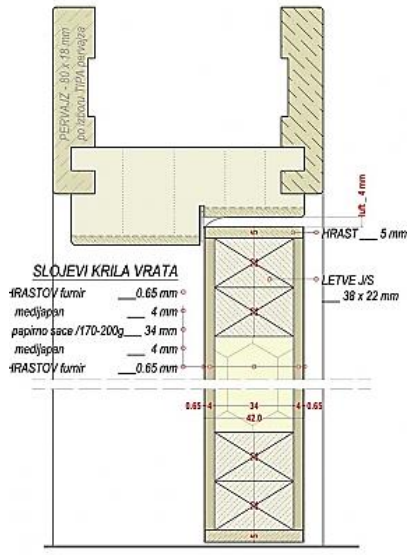
Krila vrata mogu se izraditi kao:

- drvena, od letvi ili dasaka,
- vrata od ploča baziranih na drvetu, MDF, iveral i sl.,
- furnirana vrata s saćastom ispunom,
- vrata od ravnih panela s plastičnom oblogom i ispunom od PUR pjene i sl.
- vrata od čvrstih PVC profila,
- vrata od aluminijskih i čeličnih pocinčanih limova s ispunom i
- staklena vrata u okvirima ili bez njih.

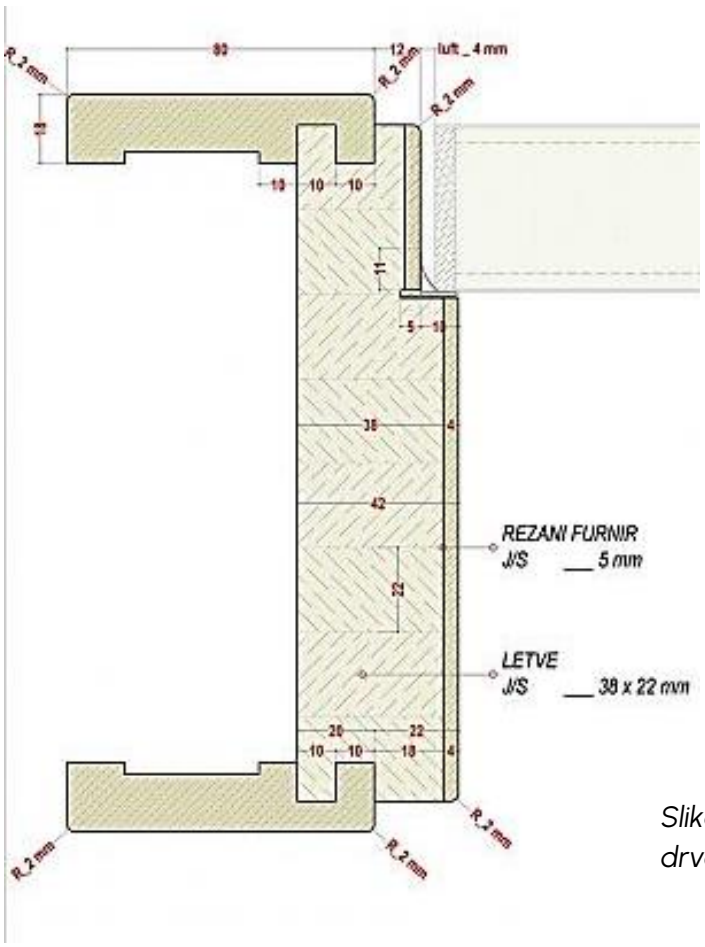
Način ugradnje vrata ovisiće o materijalu od kojeg su vrata izrađena, iako se danas, principijelno sve vrste vrata ugrađuju po principu suhe ugradnje.
U nastavku će biti pokazani detalji vrata od različitih materijala.



Slika 4.35. Detalj presjeka punih drvenih vrata



Slika 4.36. Detalj presjeka vrata od furniranog MDF-, sa saćem



Slika 4.37. Detalj dovratnika punih drvenih vrata

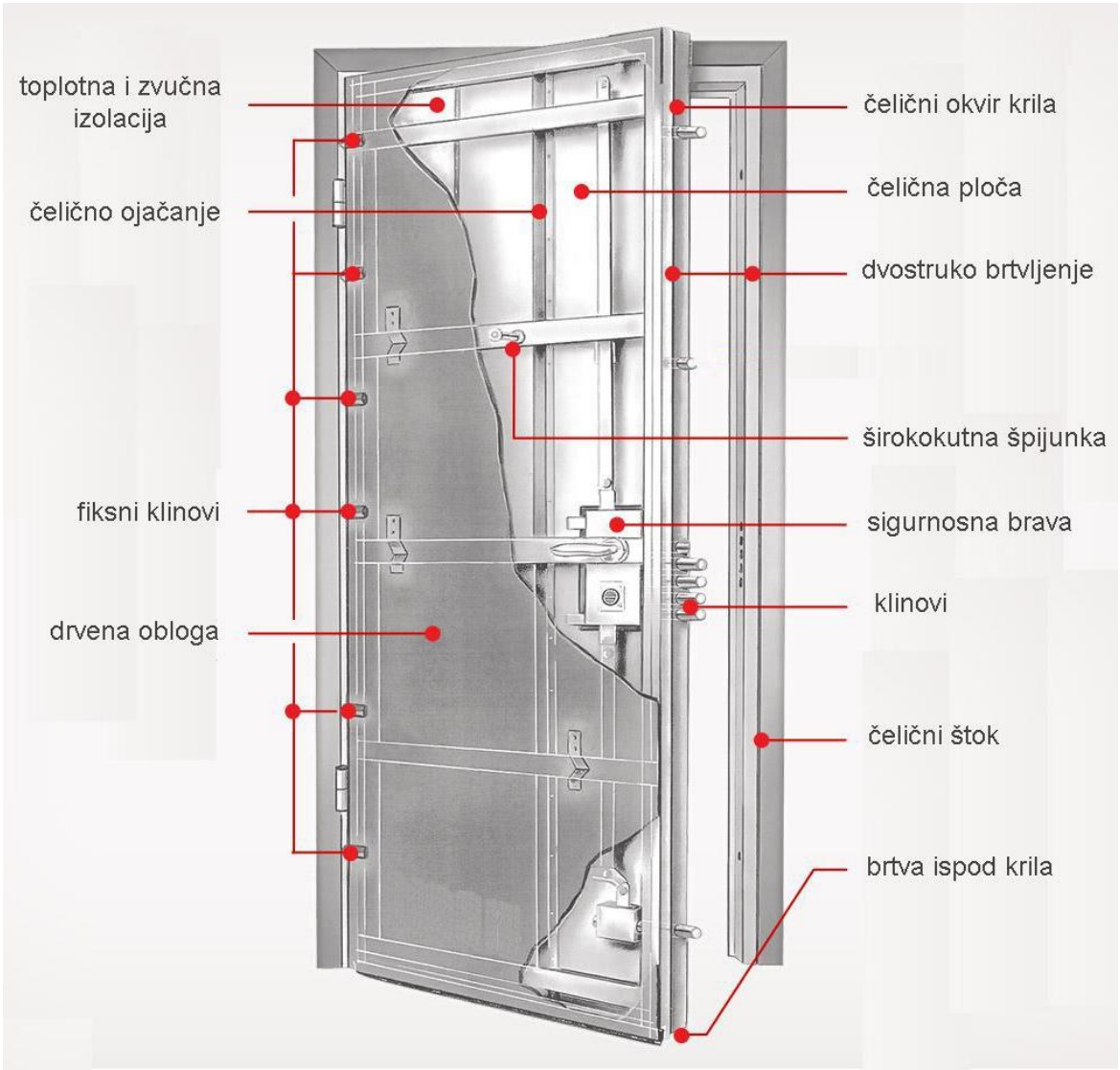
Sigurnosna vrata namijenjena su povećanoj zaštiti prostora od provale, nasilnog ulaska, požara ili dima i buke. Njihova osnovna uloga je kontrola pristupa i zaštita korisnika, imovine i prostora. Izrađuju se da budu otporna na mehaničke napade, nasilno otvaranje i manipulacije s bravom.

Krila ovih vrata je najčešće izrađeno od čeličnog lima na čeličnoj cijevnoj potkonstrukciji s ojačanjima. Ispuna krila, ovisno od uloge vrata mogu biti materijali za toplotnu, protupožarnu i zvučnu izolaciju

Okvir sigurnosnih vrata je najčešće izrađen od čeličnih profila sidrenih u zid.

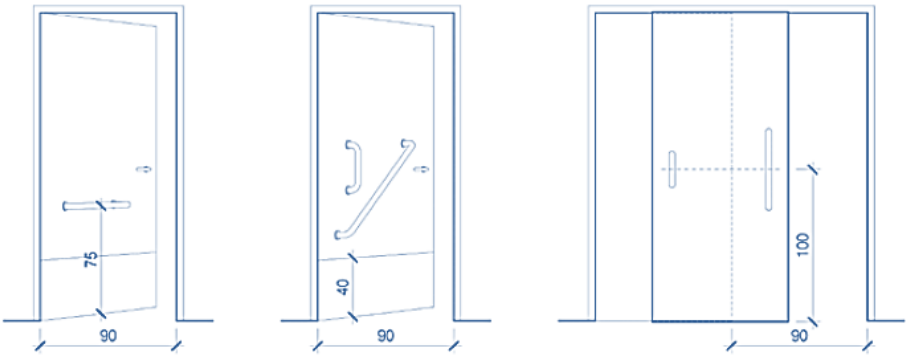
Sistem zaključavanja bazira se na višetačkastim bravama koje zaključavaju vrata bočno, gore i dole.

Dodatni sigurnosni elementi mogu biti ztaštitni cilindri, protuprovalni klinovi, skrivene šarke (baglame) i zaštitne ploče.



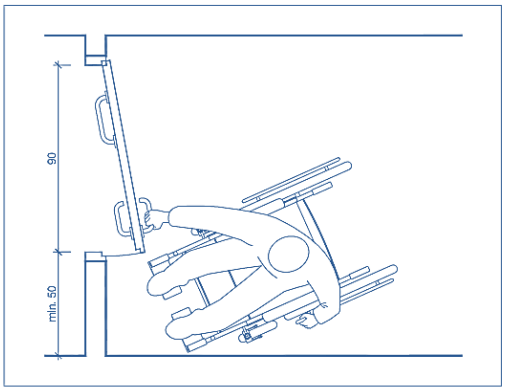
Slika 4.38. Shematski prikaz sigurnosnih ulaznih vrata

Vrata predstavljaju jednu od najzačajnijih arhitektonskih barijera za osobe umanjenih tjelesnih sposobnosti. Posebno je to naglašeno kad su vrata projektovana s pragovima, neprilagođenih, najčešće manjih dimenzija svijetlog otvora i sl.
O bilo kojim vratima da je riječ (jednokrilna, dvokrilna, posmična, mimohodna, okretna, na sklapanje, itd.) i na bilo kojoj prostoriji da se nalaze (od reprezentativne dvorane, do WC-a), njihova svijetla širina, da bi se njima mogle koristiti osobe u invalidskim kolicima, ne smije biti manja od 90 cm.
Ta vrata moraju, uz to, imati posebno oblikovane rukohvate, na visini od 100 cm za odrasle, odnosno 75 cm za djecu, kao i donji dio obložen limom do visine od 40 cm. [28]



Slika 4.39. Vrata prilagođena kretanju osoba umanjenih tjelesnih sposobnosti

Osim širine, osnovni zahtjev, koji prilikom projektovanja vrata i njihovog prostornog smještanja treba ispoštovati, prikazan je na slici 4.40.



Slika 4.40. Vrata dovoljne širine, pravilno pozicionirana

Na onoj strani krila vrata na kojoj se nalazi kvaka, neophodno je odmaknuti bočni zid od otvora vrata za minimalno 50 cm. To osobi

u invalidskim kolicima omogućuje prilaz vratima, hvatanje kvake i nesmetano povlačenje krila vrata pored kolica, a potom i prolazak kroz vrata. [28]
U novije vrijeme, koriste se vrata s mehanizmima za automatsko otvaranje, opremljena motorima u gornjem dijelu vrata.
Ovakva vrata se mogu aktivirati tasterom koji automatski otvara vrata ili su opremljena senzorskim, ultrazvučnim ili infracrvenim davačima signala, koji reaguju na približavanje vratima.

Kod ovih vrata bitno je voditi računa o prostoru neophodnom za posmično otvaranje, ukoliko se vrata otvaraju bočno posmično, te o poziciji tastera za otvaranje na visini od najviše 120 cm od poda.

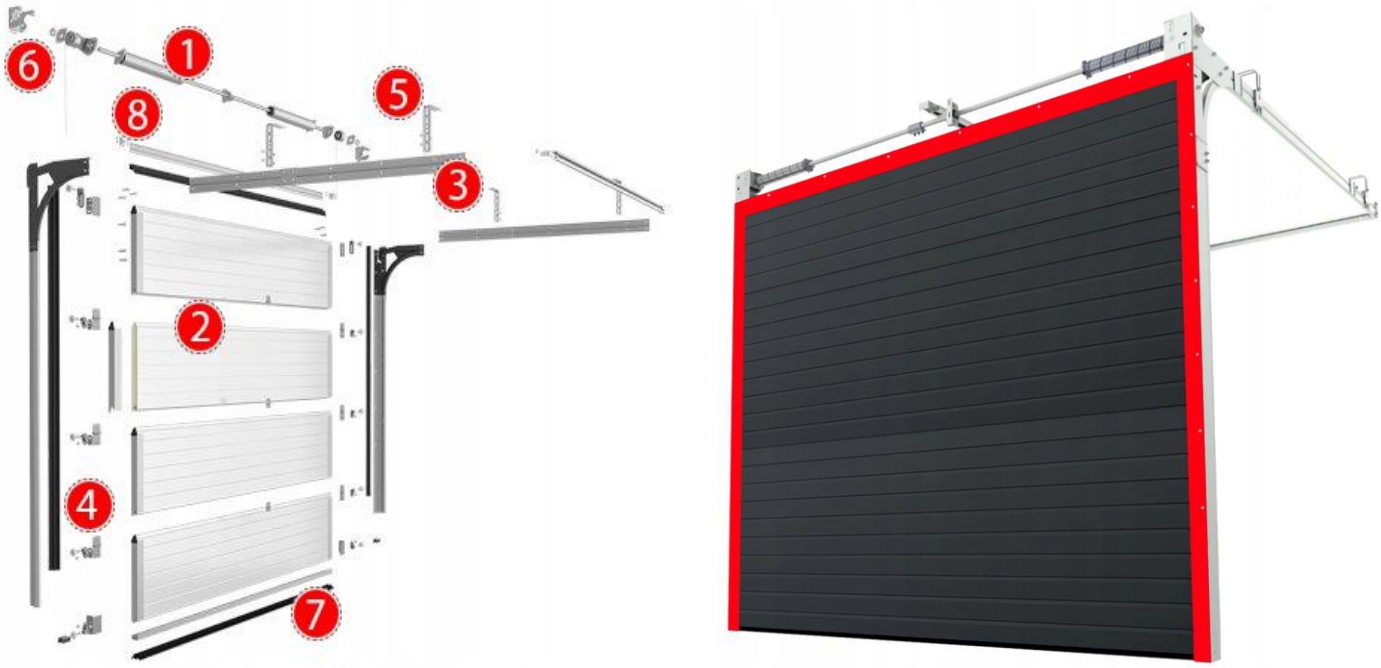
Slika 4.41 . Automatska vrata prilagođena kretanju osoba u kolicima

Garažna vrata su sastavni dio objekata s garažnim, skladišnim ili poslovnim prostorima.
Izbor garažnih vrata ovisiće o raspoloživom prostoru za otvaranje, načinu otvaranja, materijalu ili estetskom efektu koji vrata imaju.

Postoji nekoliko osnovnih tipova garažnih vrata, a izbor najčešće ovisi od specifičnih potreba i prostora u garaži
Osnovni tipovi garažnih vrata su:

- sekcijska garažna vrata,
- rolo garažna vrata i
- krilna/dvokrilna vrata.

Sekcijska vrata se otvaraju vertikalno i postavljaju se pod strop garaže čime se značajno štedi prostor unutar i ispred garaže.



1. *Pocinčana opruga*
2. *Čelični paneli vrata ispunjeni poliuretanskom pjenom*
3. *Pocinčane vodilice*
4. *Bočne šarke*
5. *Nosači za montažu za ovješenje vrata*
6. *Zaštita od loma opruge*
7. *Brtva oko cijelog oboda vrata za bolju izolaciju i akustiku*
8. *Valjci koji osiguravaju tihi rad vrata*

Slika 4.42. Sekcijska garažna vrata

Rolo garažna vrata rade na principu roletne, namotavajući se u kutiju iznad otvora garaže. Ovaj tip vrata je idealan kada je potreban maksimalan prostor unutar garaže, posebno po visini ili kada nema dovoljno bočnog prostora.
Krilna/dDvokrilna garažna vrata su tradicionalna vrata koja se otvaraju prema vani. Jednostavna su za upotrebu i popravak, ali zahtijevaju slobodan prostor ispred garaže za otvaranje.
Većina modernih garažnih vrata može se automatizirati, što podrazumijeva ugradnju motornog pogona i daljinskog upravljača za otvaranje i zatvaranje.
Motori omogućavaju jednostavno rukovanje bez izlaska iz automobila.
Daljinski upravljači su standardni dio automatskih sistema.
Sigurnosni sistemi poput fotoćelija sprječavaju zatvaranje vrata ako postoji prepreka.

Slika 4.43. Rolo garažna vrata

Paneli za ispunu garažnih vrata najčešće se izrađuju od pocinčanog čelika punjenog poliuretanskom (PUR) pjenom, što osigurava dobru toplinsku izolaciju, trajnost i otpornost na vlagu. Dostupni su u raznim debljinama (obično 40-42 mm), bojama, uzorcima (glatki, linije, kasete) i imitacijama drva. Često se koriste i aluminijski paneli te stakleni elementi za bolju osvijetljenost

Slika 4.44. Muzej suvremene umjetnosti Garage u Moskvi, arhitekti OMA, Rem Koolhaas

Sistem otvaranja vrata koji u posljednje vrijeme jako privlači pažnju je giljotinasti otvor. Budući da se vrata podižu ravno prema gore, ne zauzimju bočni prostor prilikom otvaranja i u arhitektonskom smislu izgledaju vrlo interesantno.
Primjer ovih vrata je OMA-in Muzej suvremene umjetnosti Garage. Ova adaptacija napuštenog betonskog paviljona u Moskvi "oblači" postojeću strukturu slojem ostakljenja i prozirnom oblogom od dva sloja polikarbonata, u kojima se nalazi većina ventilacije zgrade kako bi se oslobodio prostor za izložbenu upotrebu.

Unutar polikarbonatnog dijela, dva masivna dijela zida/vrata dižu se kako bi označila ulaze s obje strane muzeja, kao i umjetnička djela postavljena u predvorju objekta.
Budući da stakleni dio fasade ostaje na mjestu dok su dijelovi giljotine otvoreni, posjetitelji muzeja mogu uživati u pogledu na okolni park Gorki bez vizualnih barijera.

5. ELEMENTI INSTALACIJA U OBJEKTIMA

Instalacije u objektima viokogradnje predstavljaju skup uređaja, cijevnih i kablovskih razvoda koji omogućuju potrebne sanitarne uvjete, te ugodnost boravka korisnika s aspekta sobne temperature, rasvjete i sl.
U ovom poglavlju kratko će se osvrnuti na uslove koji se u toku izgradnje i eksploatacije objekta i elemenata instalacija, postavljaju pred inženjere građevine i arhitekte.

Projekti instalacija dijele se na:

- projekte hidroinstalacija u koje spadaju; projekti vodovodnih instalacija i projekti kanalizacije,
- projekte elektroinstalacija koji obuhvataju sheme rasvjete, razvodne sheme kablovskih instalacija i sl.,
- projekte mašinskih instalacija u koje spadaju grijanje, hlađenje i ventilacija i
- ostale tehnološki specifične projekte.

5.1. HIDROINSTALACIJE

O instalacijama vodovoda i kanalizacije u objektima, ovdje će se dati osnovne napomene, bez detalja o načinu prikupljanja vode, hemijske i tehnološke pripreme vode za piće ili prečišćavanja otpadnih voda.
Koncentracija je na elemente instalacija u stambenim prostorima i njihovim građevinsko- tehničkim zahtjevima.

Voda za piće je voda bez boje, ukusa i mirisa, temperature 7-12° C i tvrdoće oko 8 ph. Voda mora biti higijenski ispravna, što znači da ne smije sadržavati hemijske, biološke i druge sastojke u količinama većim od dozvoljenih.
Tehnička voda je voda koja se koristi za tehnološke procese i njen kvalitet ovisiće od različitih potreba tehnoloških procesa.
U posljednjih 100 godina potrošnja vode se povećala osam puta. Najviše otpada na poljoprivredu oko 69%, industriju 21% i domaćinstva 10%.

U naseljenim mjestima je potrebno 200-500 l vode za piće po stanovniku na dan. U nekim razvijenim zemljama, potrošnja vode prelazi 500 litara po stanovniku na dan.
Jedno prosječno evropsko domaćinstvo potroši oko 180 litara po stanovniku na dan.

Vodovodni sistemi služe za distribuciju vode od mjesta zahvata do krajnjega korisnika.
Prema načinu dovođenja vodovodi mogu biti:

- gravitacijski (objekt za zahvat vode nalazi se iznad mjesta potrošnje pa se voda prenosi slobodnim padom, pod utjicajem gravitacijske sile)
- s umjetnim podizanjem vode (voda se mora prenositi pumpama). [20]

Vodovodne instalacije u objektima visokogradnje kao i općenito dimenzioniraju se prema potrošnji vode, za hladnu i toplu vodu.
Dimenzioniranjem (hidrauličkim proračunom) vodovoda određuje se promjer cijevi kojim se ostvaruje tražena količina vode na svakom izljevnom mjestu u bilo koje doba dana. [20]

Na dimenziju cijevi, tj. na unutrašnji presjek cijevi, utiče više faktora:

- količina vode na izljevnome mjestu,
- pritisak vode u cijevnoj mreži,
- brzina vode u cijevima,

Potrebna količina vode ovisi o:

- broju korisnika,
- vrsti i broju izljevnih mjesta,
- namjeni, upotrebi i konstrukciji izljeva i
- stepenu kulture, navika, običaja i dr. [20]

Priključak vode za objekat podrazumijeva cijev od ulične mreže do ventila vodomjera. Priključna cijev do vodomjera spada na gradsku vodovodnu mrežu i održava je gradski vodovod, dok je sva instalacija od vodomjera do objekta i u objektu vlasništvo korisnika i brigu o ovim instalacijam preuzima korisnik.

Priključne armature služe za priključak kućne na uličnu vodovodnu mrežu i izvodi se najčešće cijevima od lijevanog željeza.
Priključni vod treba biti ispod dubine smrzavanja (80 – 120cm).
Vodoopskrbni vod ne smije biti niži od kanalizacije ako je njihov razmak manji od 1.0 m.

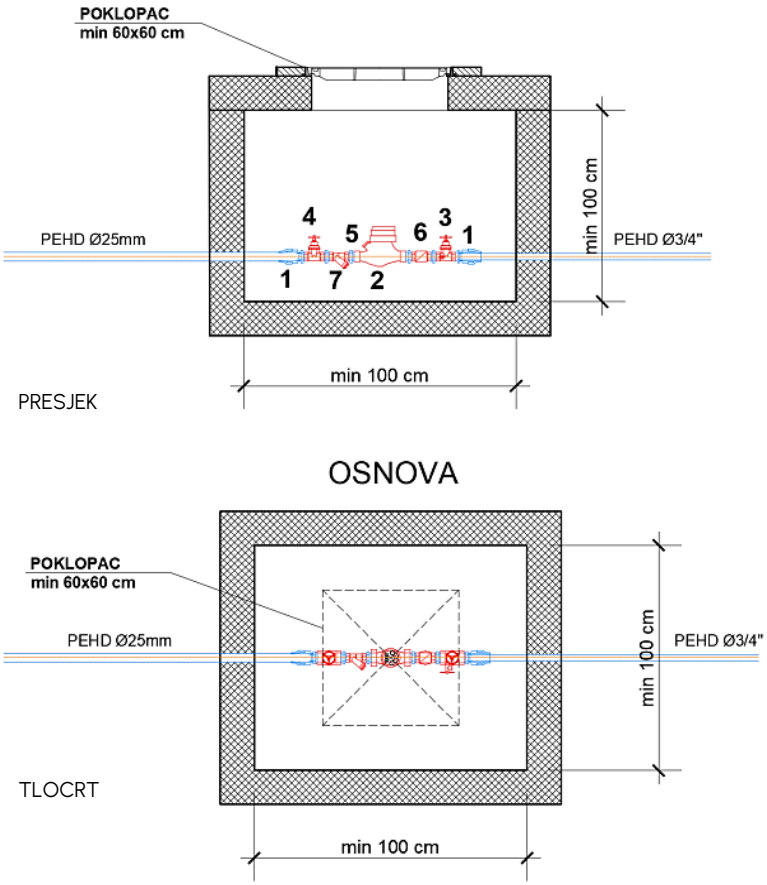
Vodomjeri služe za mjerenje protoka vode, odnosno obračun potrošnje vode. Na osnovi očitanja vodomjera, odnosno isporučene količine vode, javna vodoopskrbna firma naplaćuje potrošnju.
Prema radnom mediju vodomjere se može podijeliti na:

- vodomjere za hladnu vodu, temperature do 50 °C i
- vodomjere za toplu vodu, temperature do 90 °C.

Prema načinu i mjestu postavljanja vodomjeri se dijele na:

- vodoravne i
- okomite.

Vodoravni vodomjeri postavljaju se u vodomjerna okna, najčešće izrađena od armiranog betona, čija veličina ovisi od veličine vodomjerne garniture (broja vodomjera u oknu).



Vodomjeri moraju biti smješteni u posebno zatvorenim oknima (šahtovima) izgrađenim tako da se nesmetano može doći do vodomjera koji se nalazi u šahtu (vodomjernom oknu).
Vlasnik, odnosno korisnik objekta gradi i održava vodomjerno okno o svom trošku i brine da uvijek bude suho, uredno i pristupačno kako bi se vodomjer mogao popravljati i čitati potrošnja vode.
Vodomjerna okna se postavljaju neposredno iza regulacione linije, najdalje 10 m od regulacione linije.
Vodomjerno okno mora imati poklopac od lijevanog željeza ili od čeličnog lima minimalne debljine 5 mm.
Vodomjerno okno je pravougaone osnove, minimalnih unutrašnjih dimenzija prostora 100x100 cm, sa visinom od minimalno 100 cm.
Vodomjerno okno može biti i okruglog presjeka u osnovi, minimalne unutrašnje dimenzije DN 100 cm.

Slika 5.1. Vodomjerno okno s horizontalnim vodomjerom

Danas se koriste vodomjeri s daljinskim očitanjem s kompaktnim radijskim modulom (odašiljačem) (Slika 5.2) pomoću kojega se na daljinu očitava potrošnja vode. Radijski modul (odašiljač) odašilje podatke o potrošnji vode u prosjeku svakih 8 sekundi.

Slika 5.2. Vodomjer s daljinskim očitanjem

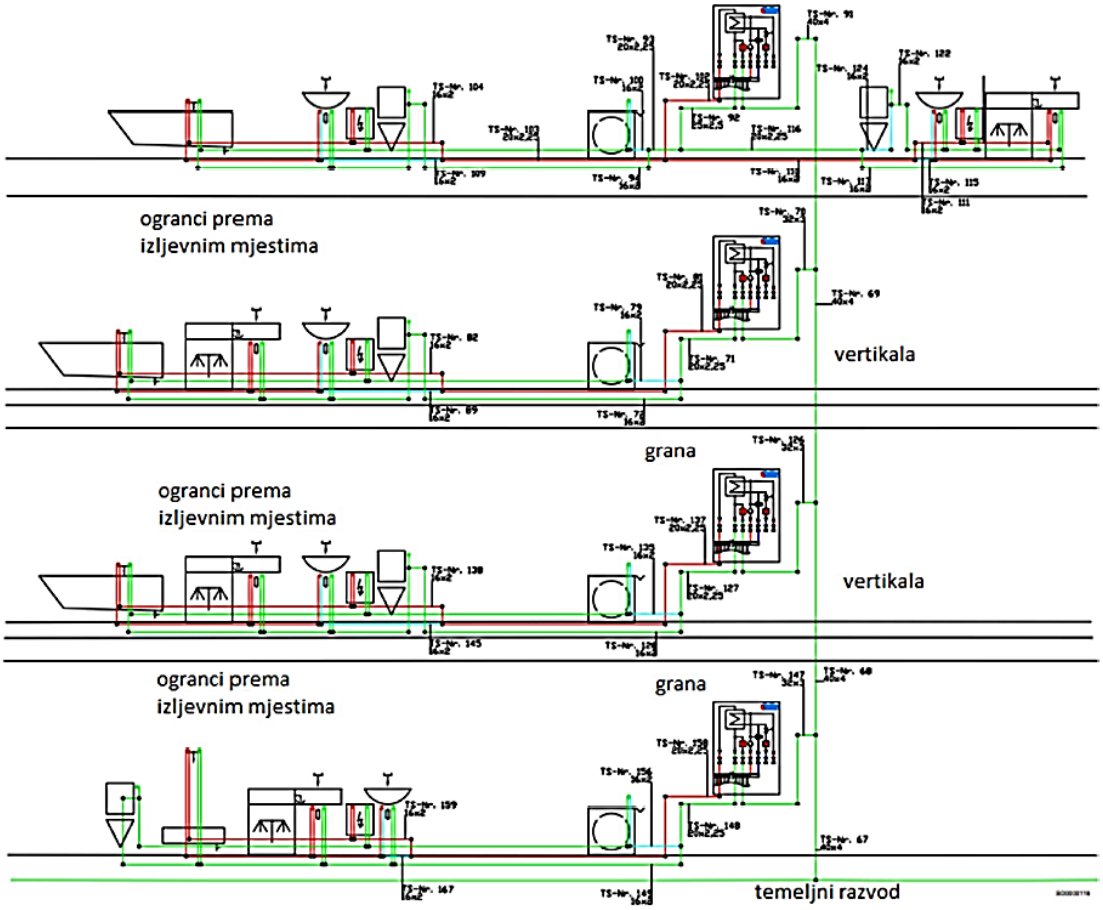
Na slici 5.1. prikazan je pojedinačni vodomjer za manje stambene objekte u standardnom vodomjernom oknu, mininalnih dimenzija.
Vodomjerno okno mora biti armiranobetonsko. Zidovi moraju biti statički dimenzionirani na bočni pritisak zemlje, a ploča mora biti dimenzionirana tako da podnese opterećenja koje se odnose na položaj okna (prilazni put).

Za veće objekte, pogotovo višespratne stambene objekte, koji pored sanitarne vode imaju i toplovode, te instalacije hidrantske mreže ili druge protupožarne sisteme bazirane na opskrbi vodom, koriste se najčešće vertikalni vodomjeri, koji se smještaju u zasebne prostorije ili dijelove objekata koji su za to projektom previđeni.
Prostorija za smještaj glavnih vodomjera mora biti unutar zgrade.
Ako na parceli nema dovoljno prostora za izvedbu odgovarajućeg vodomjernog okna za smještaj glavnih vodomjera, glavni vodomjeri mogu se smjestiti i u podrumu objekta.
Prostorija za smještaj glavnih vodomjera locira se uz fasadni zid ulice sa koje se vodovod priključuje.
Prostorija za smještaj glavnih vodomjera u podrumu objekta mora biti namijenjena isključivo za vodomjere i u njoj ne smije biti drugih sadržaja. Prostorija mora biti zatvorena čvrstim zidovima.
Također, nije dopušteno smještanje vodomjera u skladišta, garaže ili bilo kakve druge prostorije privatne namjene.
Glavni vodomjeri hladne vode dimenzioniraju se prema ukupnoj potrošnji sanitarne hladne vode, unutarnje hidrantske mreže i sprinkler instalacije, ukoliko ona postoji, glavni vodomjer za toplinsku stanicu dimenzionira se prema ukupnoj potrošnji sanitarne tople vode u objektu, dok se sekundarni vodomjeri hladne i tople sanitarne vode dimenzioniraju prema potrošnji hladne i tople vode pojedinog stana ili poslovnog prostora.

Sekundarni vodomjeri se smještaju u vodomjerne ormariće, Vodomjerni ormarići smještaju se u zajedničke prostorije (hodnici, stubišta, zajedničke prostorije u podrumu), a nikako u stanove, poslovne prostore ili garaže. Položaj im mora biti pristupačan i mora se omogućiti normalno očitanje. Visina na koju se postavljaju sekundarni vodomjeri mora biti 100 – 160 cm od gotovog poda. [20]

Slika 5.3. Vodomjerni ormarić s vertikalnim vodomjerima

Kućni vodovod, odnosno interna vodovodna instalacija su vodovi, uređaji i naprave iza glavnog vodomjera u zgradama koje su spojene na sistem javnog vodosnabdijevanja. Potrebna količina vode ovisi o namjeni zgrade i zahtjevima za kvalitetu vode.

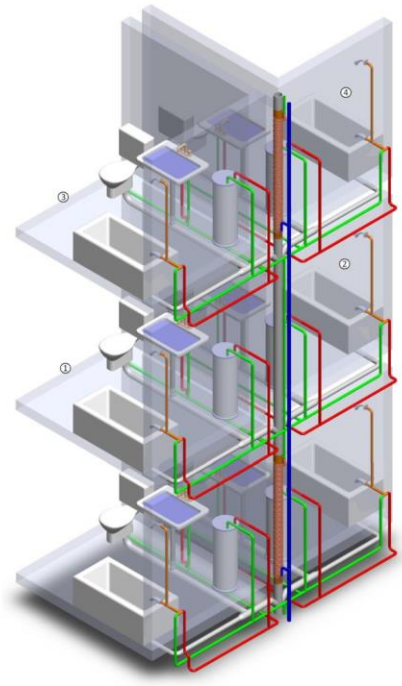


Slika 5.4. Shema vodovodne instalacije u zgradi

Od vodomjera se cijevni razvod vodi horizontalno do mjesta na kojima prelazi u vertikale od kojih se po etažama odvajaju grane i ogranci do pojedinih izljevnih mjesta.
Temeljni razvod vodi se kod stambenih kuća u nivou temelja objekta dok se kod višestambenih zgrada vodi ispod stropa podruma ili ispod stropa najniže etaže.

Za distribuciju tople i hladne pitke vode na pojedinim etažama preporučuje se prstenasta instalacija uz kružno provlačenje opskrbnih cijevi. Tako se omogućuju mali presjeci vodovnih cijevi i male količine vode u vodovima, ali i protok kroz sve dijelove cijevi, neovisno o tome koja se mjesta ispusta koriste često ili rijetko ili se uopće ne koriste.
Tako se sprječava pad pritiska vode u distribucijskom sistemu tokom uobičajene potrošnje.
Cijevi se polažu pravolinijski, a granaju i mijenjaju pravac pod pravim uglom. Pri prolazu kroz zidove, koji je uvijek pod pravim uglom, cijev se ne smije uzidati, kako se pomjeranje i slijeganje zida ne bi prenosilo na cijev.
Razvodne cijevi mogu biti postavljene po zidovima podruma i ispod poda podruma.

S obzirom da se vodovodne cijevi postavljaju horizontalno ili vertikalno pri postavljanju horizontalnog razvoda treba uzeti u obzir da cijevi trebaju imati blagi pad od 2 do 5 % prema ispusnoj slavini.
Tako se sprječava skupljanje zraka u instalaciji i olakšava pražnjenje. Nije dopušteno postavljanje vodovodnih cijevi u dimnjake ili odzračne kanale.
Vodovodi se mogu postavljati vidljivo (nadžbukno) ili nevidljivo. Pri nadžbuknom postavljanju cijevi su lako dostupne, sama instalacija je brža i jeftinija, ali zato ih treba redovno čistiti, bojiti i smetaju za smještaj namještaja.
Pri podžbuknom vođenju cijevi ne smetaju za namještaj, ali nisu lako dostupne za popravak.



Slika 5.5. 3d shema vodovodnih instalacija tople i hladne vode (plavo - vertikala hladne vode

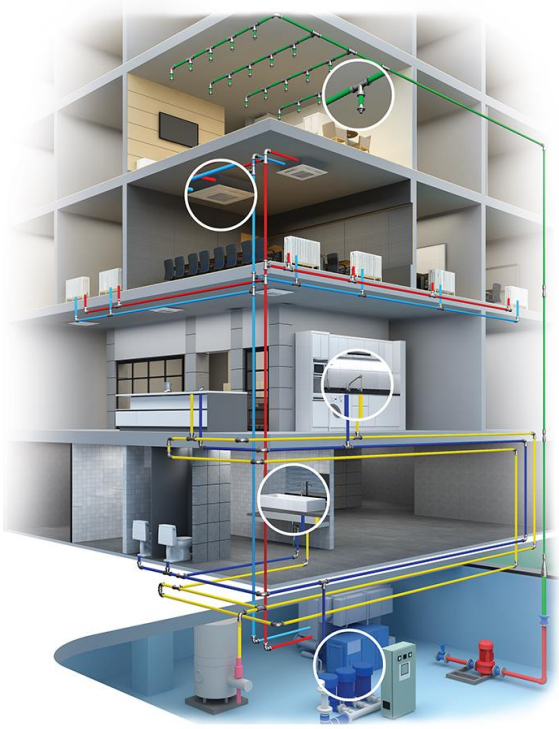
Vodovodne cijevi prema materijalu se dijele na:

- čelične,
- bakrene,
- plastične i
- cijevi od kompozitnih materijala.

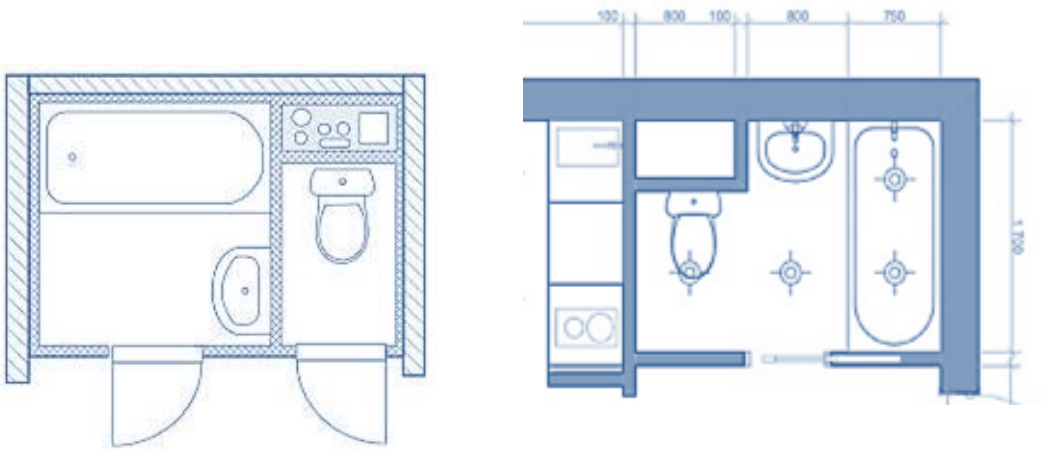
Vodovodne i kanalizacijske instalacije u sanitarnim prostorijama mogu se voditi nevidljivo na tri osnovna načina:

1. podžbukno,
2. u instalacijskom oknu i
3. pomoću predzidnih instalacijskih sistema.

Podžbukno polaganje cijevi koristi se u najvećem broju slučajeva. Instalacije se pri tome polažu u utore/kanale u zidu na koje se potom postavlja odgovarajuća obloga. Ti utori trebaju biti predviđeni pri gradnji, a njihovu naknadnu izradu (obijanjem ili urezivanjem) valjalo bi izbjegavati.
Na podžbukno položenim instalacijama često je teško naknadno izvoditi popravke ili dodavati nove priključke jer se mora skidati obloga (žbuka, pločice i sl.). [20]

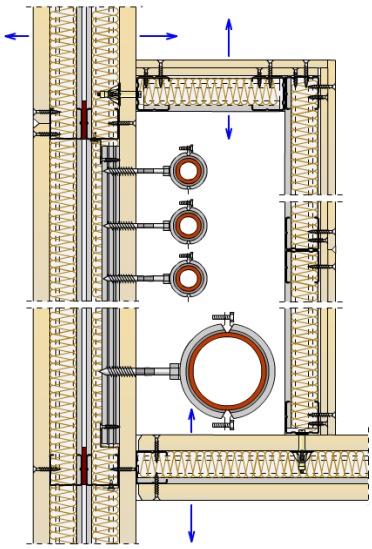


Slika 5.6. 3d shema vodovodnih instalacija (hladna sanitarna voda, topla voda i voda za sprinklerski sistem)



Slika 5.8. Primjeri pozicija instalacionog okna s kanalizacionim, vodovodnim i ventilacionim vertikalama

Polaganje cijevi u instalacijskom oknu vrlo je praktično jer se instalacije u pravilu pričvršćuju na zid i nalaze se u posebnom međuprostoru, gdje su od pogleda i vanjskih uticaja skrivene posebnim pokrovnim zidom od laganih materijala.
Instalacije se na osnovni, nosivi zid, pričvršćuju pomoću pričvrsnih elemenata-pričvrsnica ili posebnih čeličnih montažnih okvira. Ovaj međuprostor i pokrivni zid smanjuju ukupnu raspoloživu površinu sanitarne prostorije, ali se praktiičnost ovog sistema najbolje vidi u slučaju kvara na vodovodnim instalacijama.



Slika 5.7. Tlocrt instalacionog okna

U stambenim zgradama instalaciona okna služe za vođenje kanalizacionih, vodovodnih, toplovodnih i ventilacionih vertikala. Upravo iz razloga grupisanja instalacija, naročito njihovih vertikala, princip prilikom projektovanja zgrada je grupisanje mokrih čvorova po horizontali i vertikali, što podrazumijeva da su kupatila i kuhinje ((sve prostorije koje zahtijevaju vodu), povezuju u organizaciji stana, odnosno pozicioniraju jedna iznad druge po spratovima, gdje god je to moguće.

Polaganje cijevi pomoću predzidnih sistema sve se češće susreće, osobito u novogradnjama. Za postavljanje i provođenje instalacija (cijevi i priključaka) pri tome služe tzv. pomoćni montažni okviri ili instalacijski blokovi na koje se potom vrlo jednostavno i brzo postavljaju odgovarajući sanitarni elementi (umivaonici, kade, wc školjke itd). Prostor između pojedinih predzidnih elemenata u pravilu se pokriva odgovarajućim materijalom (npr. gipskartonskim pločama) na koje se potom postavlja žbuka, pločice itd. [20]

Kanalizaciona mreža u objektima služi za odvodnju otpadnih voda iz svake stambene ili poslovne jedinice u višespratnim zgradama.

Otpadne vode nastaju upotrebom vode iz vodoopskrbnog sistema pri čemu se mijenjaju fizikalne, hemijske i mikrobiološke karakteristike vode.
Prema vrsti otpadne vode koja se kanalizacijom odvodi iz objektata kanalizacija se dijeli na:

- sanitarne otpadne vode,
- tehnološke otpadne vode i
- oborinske otpadne vode.

Zadatak kanalizacije je da svu otpadnu vodu iz zgrade odvede na prikladno mjesto, da je učini neškodljivom, odnosno prečisti i da je uključi u prirodno kruženje vode, odnosno da je ispusti u recipijent, najčešće prirodni vodeni tok, rijeku, jezero ili more.

Kanalizacioni sistem omogućuje uklanjanje otpadnih tečnosti i čvrstog otpada iz svakog stana. Kroz kanalizaciju prolaze čvrsti elementi, masti, i velika količina kišnih voda.
Kanalizacione otpadne vode priključuju se na glavne magistralne vodove. One se obično postavljaju na sredini kolovoza. Dio od javne kanalizacione cijevi do parcele zgrade zove se kućni priključak kanalizacije.

Od ivice zemljišta, počinje kućna kanalizacija. Kućna kanalizacija i kućni priključak treba da imaju pad od 1-2 % prema javnoj kanalizaciji i to tako da spoj kućnog priključka i sabirne cijevi javne kanalizacije budu na 1/3 visine sabirne cijevi.

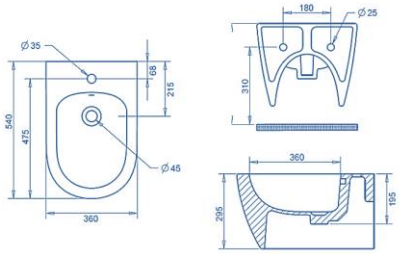
Kanalizacona mreža sastoji se od:

- cijevi koje služe za odvod fekalne i oborinske vode iz zgrade i
- cijevnica koje služe za usmjeravanje toka vode, promjenu profila cijevi i spajanje cijevi (koljena, račve, redukcije i sl.).

Princip polaganja kanalizacionih cijevi trebao bi biti da najbrže i najjednostavnije ukloni otpadne vode iz zgrade ili naselja.
U naseljima gdje ne postoji komunalna kanalizaciona mreža, odvodnja otpadne vode se vrši septičkim jamama, te organiziranim odvozom sadržaja iz septičkih jama.
Kućna kanalizacijska mreža, uvijek započinje od sanitarnih predmeta, nastavlja s cijevnom mrežom te završava ispustom u komunalnu mrežu ili septičku jamu.
Dakle, bez obzira na konačni način ispusta otpadnih voda, kućna kanalizaciona mreža je uvijek ista. [21]

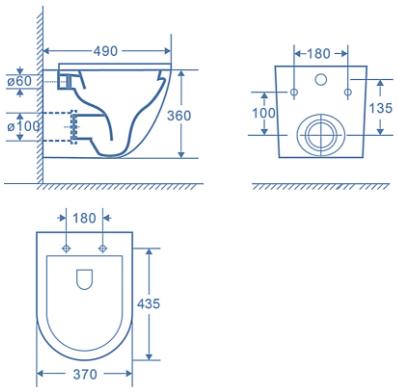
Kućna kanalizaciona mreža sastoji se od:

1. sanitarnih uređaja sa sifonima,
2. horizontalne razvodne - mreže grana,
3. kanalizacione vertikale s ventilacijom,
4. sabirne kanalizacije u najnižoj etaži,
5. kontrolnog ili revizionog okna,
6. priključka zgrade na uličnu mrežu i
7. uređaja za pročišćavanje i skupljanja ulja.



Slika 5.8. Dimenzije Wc školjke

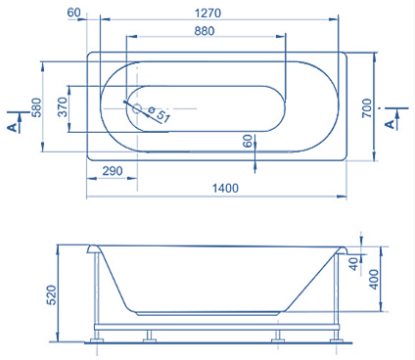
Sanitarni uređaji (elementi) su otvorene posude za prijem otpadne tvari u tekućem stanju, koja se nadalje odvodi ostalim dijelom kanalizacijonog sistema – cijevima.
Sanitarni elementi izrađuju se najčešće od sanitarno-higijenski otpornih materijala, keramike, kamena, plastike, limova i sl., te moraju biti opemljeni sistemom povezanim s vodovodnim cijevima, radi potrebnog ispiranja.



Slika 5.9. Dimenzije bidea

Bez obzira na njihovu namjenu i konstrukciju, osnovni zahtjevi koje sanitarni uređaji moraju zadovoljiti su:

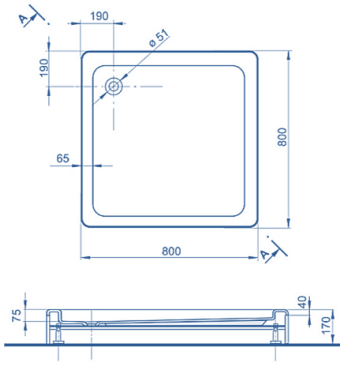
- ergonomska usklađenost ili prilagođenost dimenzijama čovjeka, odnosno prilagođenost fiziološkim potrebama čovjeka u dimenzijama i obliku elementa,
- sanitarna sigurnost koja podrazumiejva lako održavanje uređaja, što se postiže glatkom površinom,
- sigurnost u upotrebi,
- eliminacija buke i neugodnih mirisa.



Slika 5.10. Dimenzije kade

Sanitarni uređaji se na kućnu kanalizaciju obavezno priključuju preko sifona (zatvarača zadaha).
Zadaća sifona je spriječavanje povratka gasova i neugodnih mirisa iz kanalizacione mreže natrag u prostorije.
Najjednostavniji tip sifona, koji dobro funkcionira i bez naročitog održavanja, izrađuje se od savijene cijevi. Nakon pražnjenja u njemu ostaje vodeni stub (vodeni čep) koji sprječava povratak mirisa.
Sanitarni uređaji su:

- WC školjka (WC),
- Bide (B),
- Kade (K) i Tuš kade (T),
- Mokrionici (Pisoari) – (P),
- Umivaonici (U) i
- Sudoperi (S).

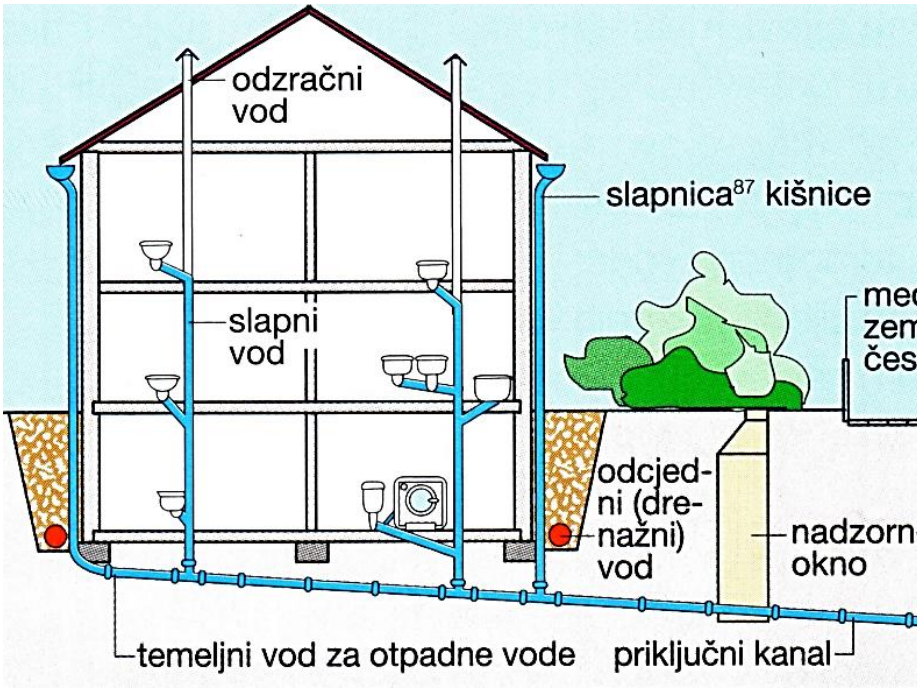


Slika 5.11. Dimenzije tuš kade

Otpadna voda iz kanalizacionih cijevi odlazi pomoću prirodnog slobodnog pada, pa zato mora biti pod određenim nagibom. Najmanji nagib je 1.5 %, a najveći je 3%. Pritisak u cijevima mora biti izjednačen s vanjskim .

Horizontalne razvodne grane i kanalizacione vertikale izvode se od PVC-a i PP-a (propilena) i sličnih materijala. Kod ovih cijevi veoma je bitno da se promjena smjera može raditi samo sa koljenima od 15, 30 i 45°

Za okomiti spoj cijevi (najviše do ugla od 88.5°) ugrađuje se element sa otvorom, odnosno revizioni otvor.



Slika 5.12. Shema kućne kanalizacije

U cjevovodima mora stalno biti prisutan zrak te je potrebno ugraditi odzračnike zbog izjednačavanja tlaka u cijevima, prozračivanja.

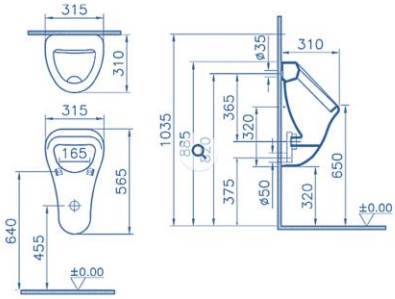
Odzračivanje se radi kod vertikalnih kanalizacionih vodova– kanalizacionih vertikala koje služe za prikupljanje i odvodnju otpadne vode od vodoravnih priključnih vodova do glavnog sabirnog vodoravnog voda na najnižoj koti.

Najmanji promjeri vertikalnih kanalizacionih cijevi su:

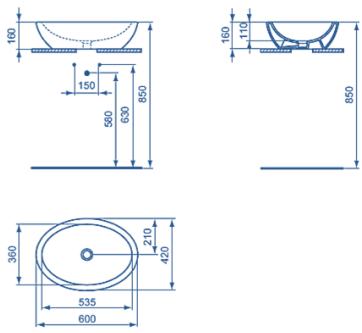
- DN 70 – kuhinjske vertikale, mogu se priključiti najviše 4 kuhinjske vertikale, bez WC-a i
- DN 100 – ako se spajaju WC priključci.

Sve dimenzije cijevi proračunavaju se hidrauličkim proračunom koji je sastavni dio projekta vodovoda i kanalizacije.

Okomiti vodovi se u pravilu trebaju voditi ravno odozgo prema dole i bez promjene promjera cijevi.

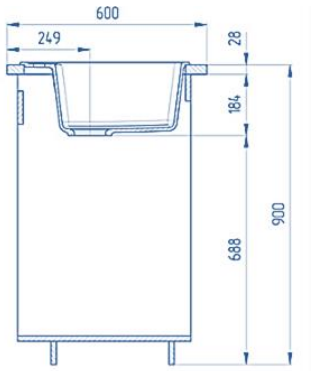


Slika 5.13. Dimenzije pisoara

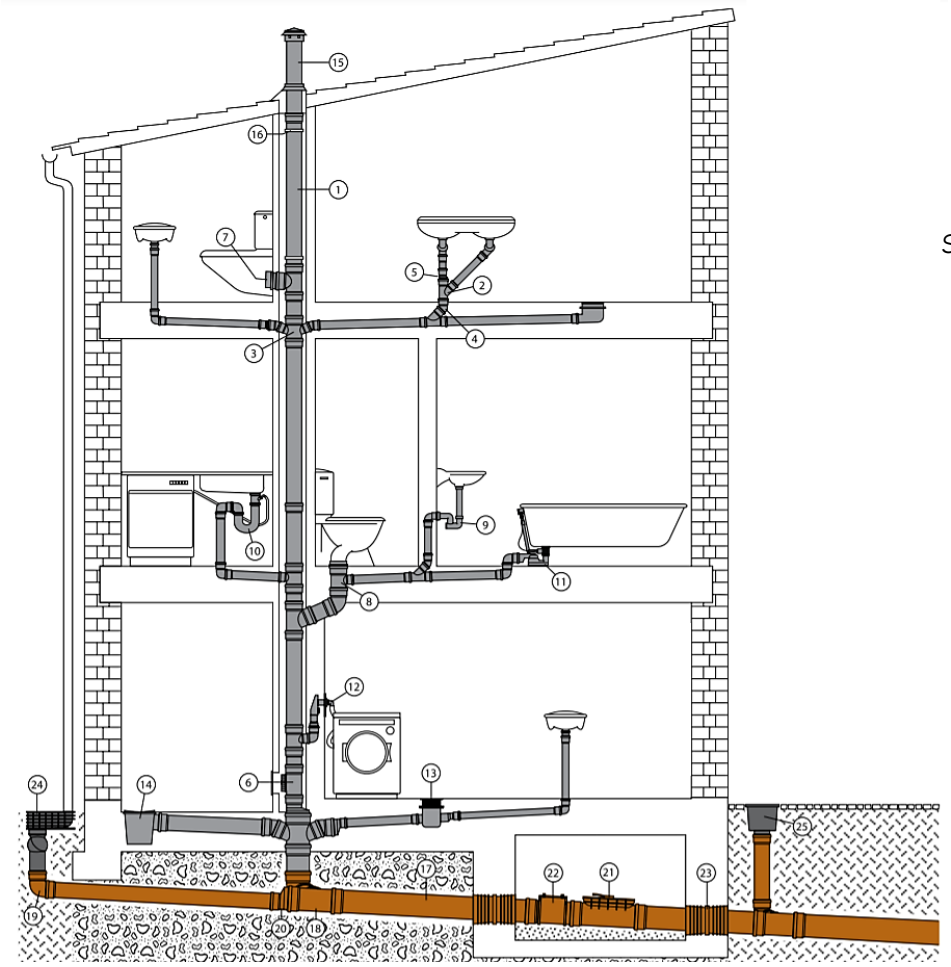


Slika 5.14. Dimenzije umivaonika

Za montažu unutarnje kanalizacije ranije su se koristile se cijevi od čelika, a danas se najviše koriste cijevi od polipropilena (PP) ili PVC cijevi, čija je montaža dosta jednostavnija.



Slika 5.15. Dimenzije sudopera



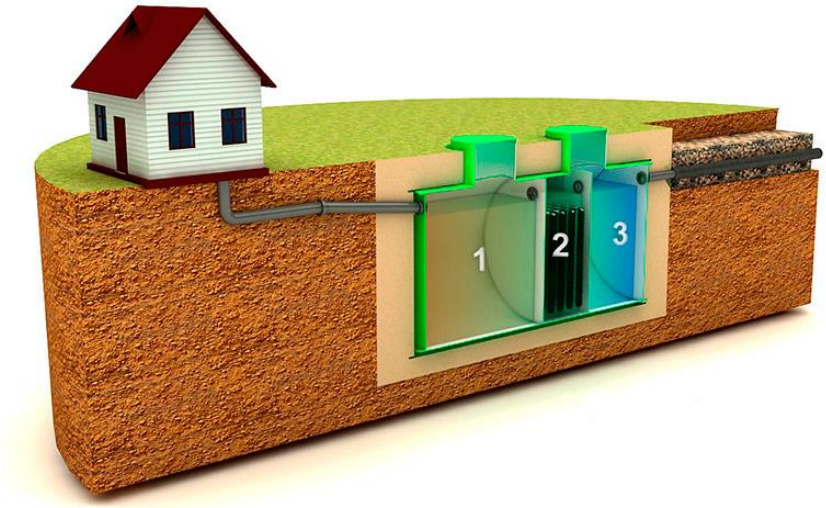
1	Cijev PP Ø110	9	Sifon za umivaonik Ø50	17	Cijev PVC-U Ø125
2	Račva jednostrana PP Ø50/45°	10	Sifon za sudoper s priključkom za perilicu rublja Ø50	18	Račva jednostrana PVC-U Ø125/45°
3	Račva dvostruka PP Ø50/67°	11	Sifon za kadu s preljevom Ø50	19	Koljeno PVC-U Ø125/87°
4	Koljeno PP Ø50/45°	12	Sifon za perilicu Ø50	20	Redukcija PVC-U Ø125/ Ø110
5	Redukcija PP Ø50/Ø40	13	Podni protočni sifon Ø70	21	Revizijsko okno s polugom PVC-U Ø125
6	Revizijski otvor Ø110	14	Podni sifon Ø100	22	Nepovratni ventil PVC-U Ø125
7	WC – obujmica Ø110	15	Odzračna kapa Ø110	23	RDS – sustav za prolaz cijevi kroz zid Ø125
8	Račva Ø100/Ø50	16	Pričvrsna obujmica Ø110	24	Kišni odvodnik Ø100
				25	Dvorišni sifon Ø100

Slika 5.16. Detalj presjeka fekalne vertikale

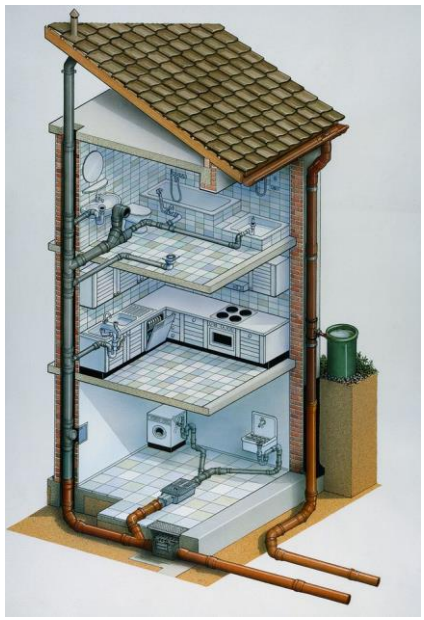
Kanalizacioni sistemi u gradovima projektuju se po principu separatnog sistema, koji ima odvojene vodove fekalne i kišne (atmosfeske) kanalizacije ugrađene ispod kolovozne konstrukcije, dubinama prilagođen terenu i kućnim priključcima.

U situacijama kada ne postoje gradski kanalizacioni sistemi, obavezna je ugradnja septika (septičkih jama) za svaki objekat. Dimenzije septika se proračunavaju prema broju osoba i izljevnih mjesta u objektu.

Septik se najčešće izvodi od armiranog betona ili se kupuje gotov, izrađen od polipropilena. Najvažniji uvjet koji se ovdje postavlja je vodonepopusnost jame, kako bi se sprječilo procjeđivanje otpadnih voda u tlo.

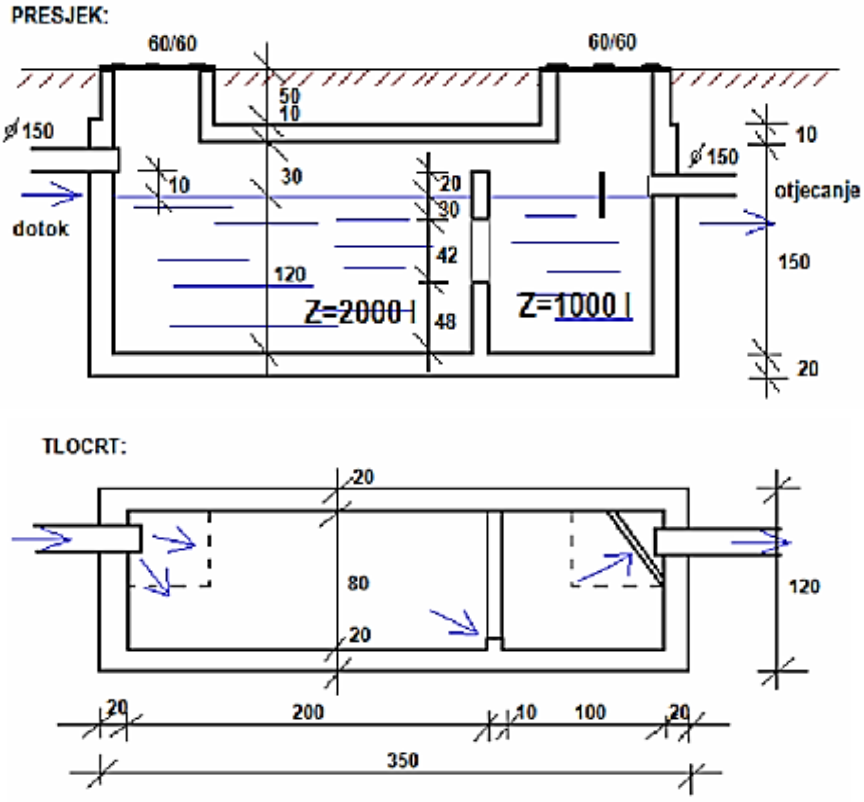


Slika 5.17. Shematski prikaz ugradnje polipropilenskog septika



Slika 5.18. 3d shema fekalne vertikale

Jednostavne septičke jame sastoje se od dvije ili tri komore, pri čemu je prva komora najvažnija, jer se u njoj odvija taloženje dok su, druga ili ostale, samo prelivne pa im je i zapremina manja (vrlo često su i manje dubine).



Slika 5.19. Detalj armiranobetobnske septičke jame

5.2. INSTALACIJE GRIJANJA

Instalaciju grijanja čine svi elementi (izvori toplote, ogrjevna tijela, razvod cijevi, regulacione pumpe i uređaji, snabdijevanje energentima itd.) koji u kući, stanu ili zgradi služi za grijanje prostorija, tj. za ostvarivanje osjećaja toplinske ugodnosti. Ljudi koji borave u klimatiziranoj zgradi imaju dobre radne uvjete u smislu postizanja optimalne radne učinkovitosti, zahvaljujući reguliranim mikroklimatskim uvjetima.

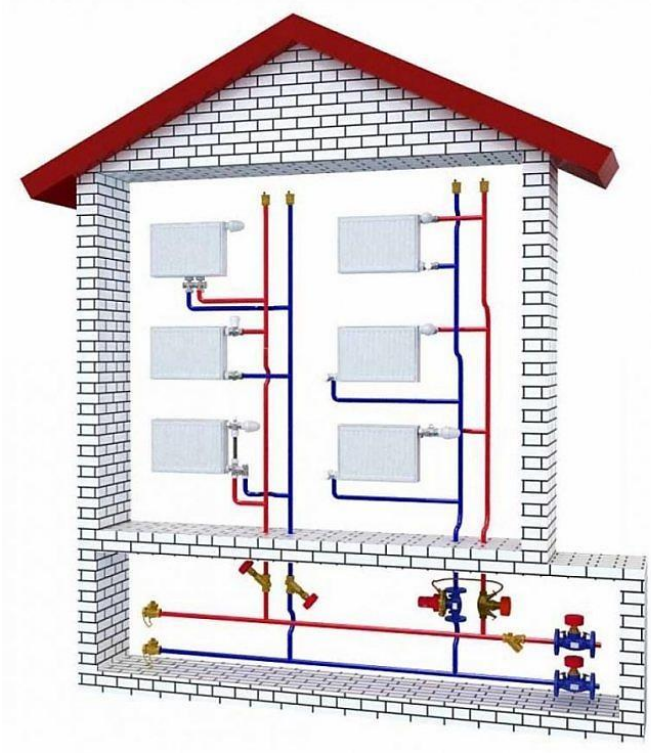
Čovjek se najugodnije osjeća pri određenoj temperature koja se teško može precizno definisati. Ustaljen podatak da je tonpr. 20° C, ugodna temperature, nije tačan. Pravilo koje bi se moglo primijeniti na sve ljude ne postoji, jer ugodnost, zavisi od velikog broja drugih okolnosti naročito od srednje temperature okolnih površina, stpena vlažnosti prostorija, strujanja zraka i sl. [22]

U osnovi se razlikuju dva sistema grijanja prostorija:

- pojedinačni, kod kojeg se u svakoj grijanoj prostoriji nalazi izvor toplote, a od energenta koriste se kruta goriva, plin ili električna energija i
- centralni sistem grijanja kod kojeg se izvor toplote nalazi na jednom, za to određenom mjestu u zgradi, a toplota se prenosi do ogrjevnih tijela smještenih u grijanim prostorijama. Pri tome jedan izvor toplote opskrbljuje toplinom ogrjevna tijela u više prostorija jednog stana, zgrade ili čak više zgrada. Ako se koristi jedan ogrjevni uređaj po stanu u građevini s više stanova, govori se o etažnom grijanju. [22]

U pojedinačne sisteme ubrajaju se peći na drva, električne grijalice ili grijalice na plin, te ostali uređaji za zagrijavanje pojedinačnih protorija.

Kod centralnoga grijanja, jedan izvor opskrbljuje toplotom ogrjevna tijela u zgradi. Obično ovaj sistem osigurava i potrošnu toplu vodu, a izvor toplote može biti toplovodni kotao koji se loži krutim, tekućim gorivom ili plinom. Cijevovodi koji su najčešći nosioci toplote prenose energiju od kotlova do ogrjevnih tijela.



Slika 5.20. Shematski prikaz centralnog grijanja zgrade

Mediji (nosioci toplote) su najčešće:

- topla voda,
- zrak,
- vrela voda,
- vrelo ulje i
- vodena para.

Sistemi centralnog grijanja mogu biti izgrađeni u zgradama ili na principu daljinskog grijanja, odnosno s toplovodima iz centralne kotlovnice.

U prvom slučaju neophodno je u zgradi obezbjediti prostor kotlovnice, koji se građevinski mora prilagoditi prostornim i drugim tehničkim slovima za kotlovnice. Većinom će ti uslovi biti definirani vrstom kotla, vrstom goriva i projektovanim toplovodima.

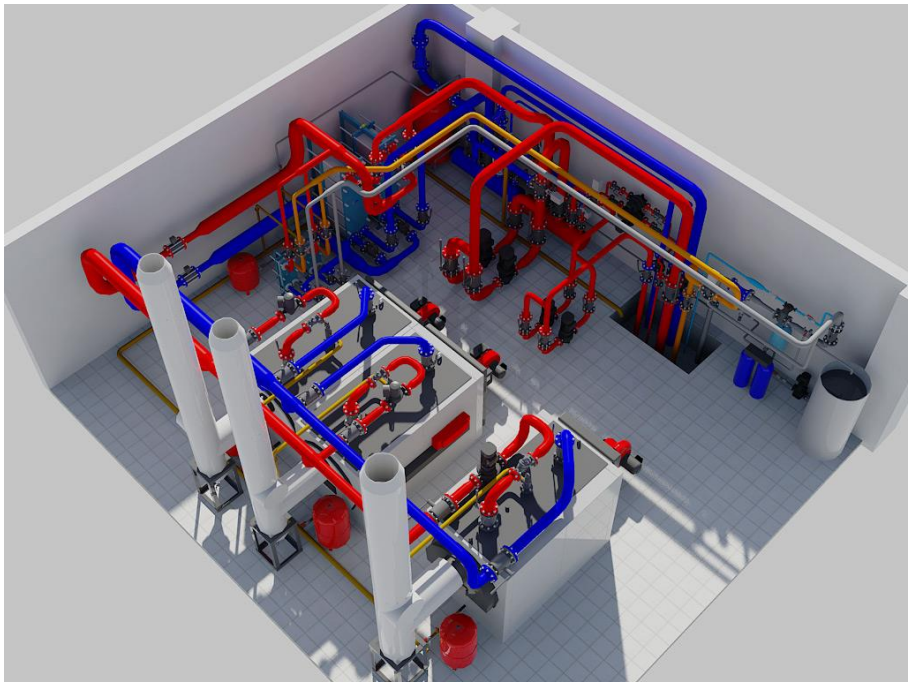
U prostorima kotlovnica se najčešće smještaju svi regulacijski uređaji, pumpe, ventili, te uređaji za priopremu i skladištenje tople vode.

Kotlovi koji se upotrebljavaju u kotlovnicama centralnoga grijanja razlikuju se po izvedbi i vrsti materijala od kojih se kotlovi izrađuju i prema gorivu.

Prema vrsti goriva kotlovi se dijele na:

- kotlove na kruta goriva (biomasu),
- kotlove na ulje,
- kotlove na plin i
- električni kotlove.

Sukladno vrsti kotla, postoje različiti prostorni i tehnički uvjeti za organizaciju kotlovnice, njen smještaj u objektu (unutar objekta, na krovu ili vani) ali se zajednički uslovi mogu definasti kroz opća pravila.

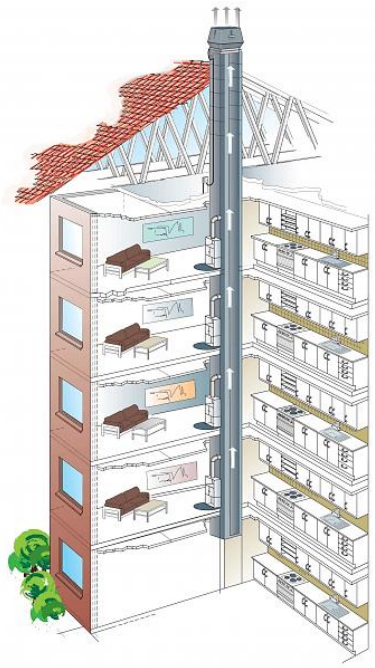


Slika 5.21. Shematski prikaz kotlovnice u zgradi

Zajednički osnovni uslovi za izgradnju kotlovnica su:

- Za konstrukciju i obloge kotlovnice koriste se isključivo negorivi elementi;
- Zidovi i krov kotlovnice, kao i pod (ako se ispod njega nalazi prostorija) moraju biti otporni na požar najmanje 30 minuta;
- Izvori toplote moraju imati postolje koje je od poda uzdignuto najmanje 5 do 10 cm;
- U kotlovnici mora postojati najmanje jedan siguran izlaz. Sigurnim izlazom se smatra i izlaz iz prostorije kotlovnice u prostoriju na istom nivou, uz uslov da postoji izlaz u slobodan prostor;
- Ako je površina kotlovnice veća od 40 m^2 ili ako je učinak kotla veći od 350 kW, u njoj mora postojati i drugi izlaz na pogodnom mjestu. Kao drugi izlaz može poslužiti i prozor minimalnih dimenzija 60 x 90 cm, do kojeg se može doći ugrađenim penjalicama. Taj se prozor mora otvarati prema vani;
  - Vrata kotlovnice moraju se otvarati prema vani s mogućnošću učvršćenja u otvorenome položaju, a zatvarati automatski i to čeličnom oprugom;
  - Kotlovnica mora imati najmanje jedan prozor površine minimalno 1/8 površine poda.
  - U kotlovnici mora biti praonik s izljevnom slavinom, a odvod vode izvodi se tako da ne može doći do veze kotlovnice i glavne kanalizacije;
  - Između kotlovnice i drugih prostorija ne smiju postojati otvori koji se ne mogu zatvoriti;

- U kotlovnici se ne smiju nalaziti predmeti ili sredstva koja povećavaju opasnost od požara i eksplozija (drvo, papir, boja, boce s plinom i sl.);
- Svaka kotlovnica mora imati opremu za gašenje požara koju čine hidrantska mreža i mobilni aparati za gašenje požara (površina poda do 50 m^2: tri aparata, površina poda od 50 do 400 m^2: četiri aparata);
- Zaštita od eksplozije u plinskim kotlovnicama sastoji se od niza mjera koje sprječavaju propuštanje plina prema van ili prema unutra. U ove mjere spada i izrada podnih rešetki u kotlovnici;
- Između kotlova i zidova, između kotlova međusobno, te iznad kotlova treba ostaviti dovoljno prostora za nesmetano čišćenje, posluživanje i remont;
- Ispred kotlova treba ostaviti dovoljno prostora za nesmetano čišćenje ložišta (obično jednu dužinu ložišta);
- Prostor kotlovnice mora se provjetravati tako da se osigura potrebna količina zraka za izgaranje i održavanje standardnih radnih uslova.



Slika 5.22. Shematski prikaz dimnjaka u zgradi

Elementi kotlovnica koji spadaju u mašinske instalacije predmet su projekta mašinskih instalacija koji će definisati osnovne parametre građevinskih dijelova kotlovnice , sukladno zahjevima sistema grijanja.
To su elementi dimenzija prostora kotlovnice, prozora i vrata u kotlovnici, koji su uvjetovani veličinom kotlova, spremnika i ostale opreme.

Poseban naglasak, ovdje je na dimnjacima kao građevinskim elementima koji služe za odvođenje dimnih plinova nastalih izgaranjem goriva u atmosferu na siguran način, a ponekad i za istovremeni dovod zraka potreban za izgaranje.

Dimnjak mora zadovoljavati niz zahtjeva od kojih su najvažniji:

- vatrootpornost,
- niska poroznost,
- dobra termoizolaciona svojstva,
- trajnost i
- jednostavna ugradnja u nove i postojeće objekte.

S obzirom na način izgradnje osnovne vrste dimnjaka su:

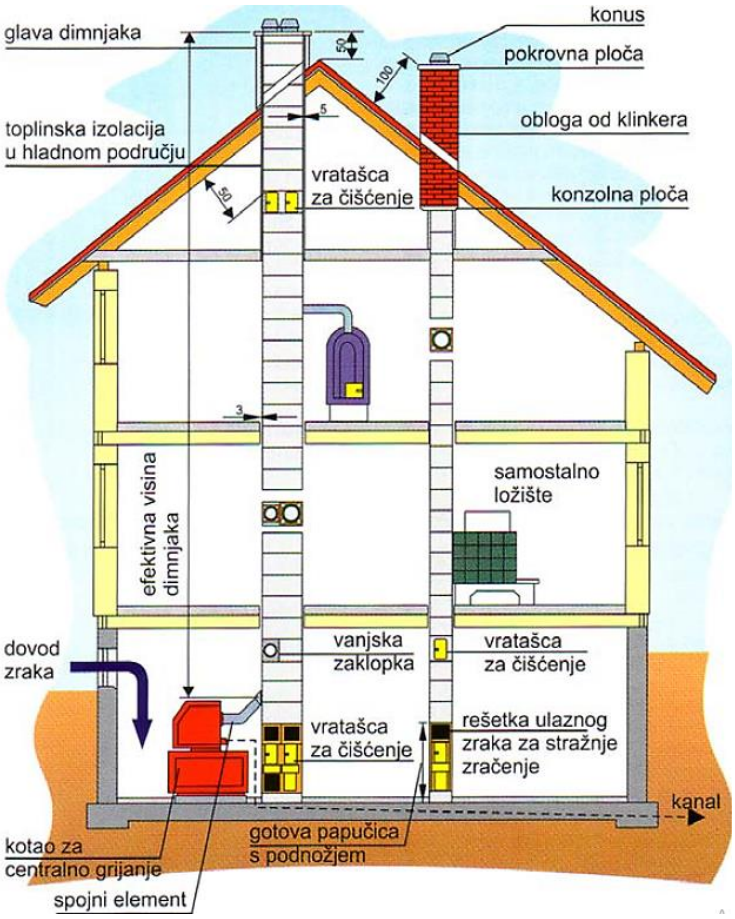
- dimnjaci od opeke,
- dimnjaci od betonskih elemenata s međuslojem staklene vune,
- šamotni dimnjaci koji imaju unutarnju dimovodnu cijev od šamotnoga materijala i vanjski plašt od betona,

- čelični višeslojni dimnjaci s unutarnjom cijevi od nehrđajućega čelika s izolacionim slojem mineralne vune i
- keramički višeslojni dimnjaci imaju unutrašnju cijev od keramike s izolacionim slojem mineralne vune. [22]

Otvori za kontrolu i čišćenje postavljaju se na dnu dimnjaka pri čemu najmanja širina otvora iznosi 10 cm, a visina 18 cm. Svaki dimnjak mora imati i mogućnost čišćenja s vrha.

Profil dimnjaka određuje se prema:

- broju priključenih ložišta,
- vrsti ložišta,
- učinku priključenih ložišta, odnosno masi dimnih plinova,
- temperaturi dimnih plinova i
- visini dimnjaka.



Slika 5.23. Dijelovi dimnjaka -shema

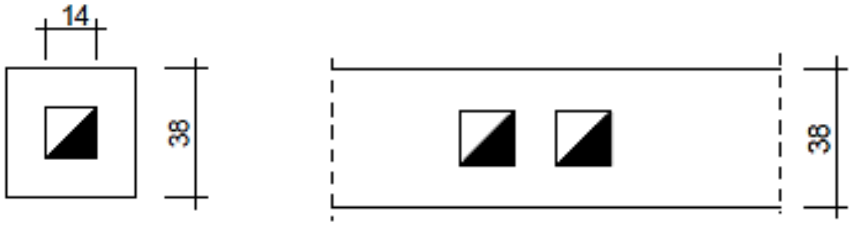
Korisna visina dimnjaka je vertikalni razmak od dna ložišta do grla dimnjaka. Što je visina dimnjaka veća, veći je i uzgon zraka (jačina i brzina propuha u dimnjaku).
Svijetli presjek je unutrašnja dimenzija dimovodnog kanala. Kod kružnih dimnjaka označava se sa Ø, a kod četvrtastog odnosnom stranica.
Grlo dimnjaka je otvor na gornjem završetku dimnjaka.
Glava dimnjaka je dio dimnjaka na vrhu, van objekta, iznad krova.
Visina dimnjaka je ukupna visina.
Priključne cijevi su dimovodi koji služe za poriključak ložišta na dimnjak.

Najbolji presjek dimnjaka je kružni jer se u takvom presjeku ostvaruje najbolje strujanje zraka, bez vrtloga koje stvaraju oštri uglovi. [4. Veličina presjeka dimnjaka ovisi o broju priključaka ložišta, vrsti goriva i uzgonu u dimnjaku.
Pozicija dimnjaka u objektu definira se funkcionalnom organizacijom, ali je u principu najbolje dimnjake postavljati (nasloniti) na unutrašnje zidove kako bi se sprječila pojava kondenza, odnosno loša toplinska izolacija dimnjaka u slučaju postavljanja uz vanjske zidove. Dimnjak od vanjskog zida mora biti odmaknut minimalno 25 cm.

Slika 5.24. Izmjena kod dimnjaka

Kod tanjih pregradnih (nenosivih) zidova dimnjaci mogu stojati samostalno. Od elemenata drvene građe dimnjak mora biti odmaknut minimalno 20 cm. U slučaju da dimnjak prolazi uz rog ili stropnu gredu na tim pozicijama se rade tzv. izmjene na mjestima kojih se prekida greda i time ostvaruje razmak između dimnjaka i roga, odnosno stropne grede.
Najmanji profil četvrtastog dimnjaka je 14x14 cm, a okruglog Ø15 cm. Ovo su dimnjaci za maksimalno dva ložišta. Za svako dodatno ložište presjek se povećava za 80 cm^2.

Visina od najvišeg ložišta pa do vrha glave dimnjaka ne smije biti manja od 4,5m.
U prošlosti su se klasiči samostojeći dimnjaci zidali punom opekom u produženom malteru. Veličina takvih kvadratnih presjeka dimnjaka iznosi najčešće 14x14cm i 20,5x20,5cm.



Samostalni dimnjački kanal 14x14cm, zidan punom opekom u produžnom malteru

Dimnjački kanali 14x14cm u od pune opeke d=38cm

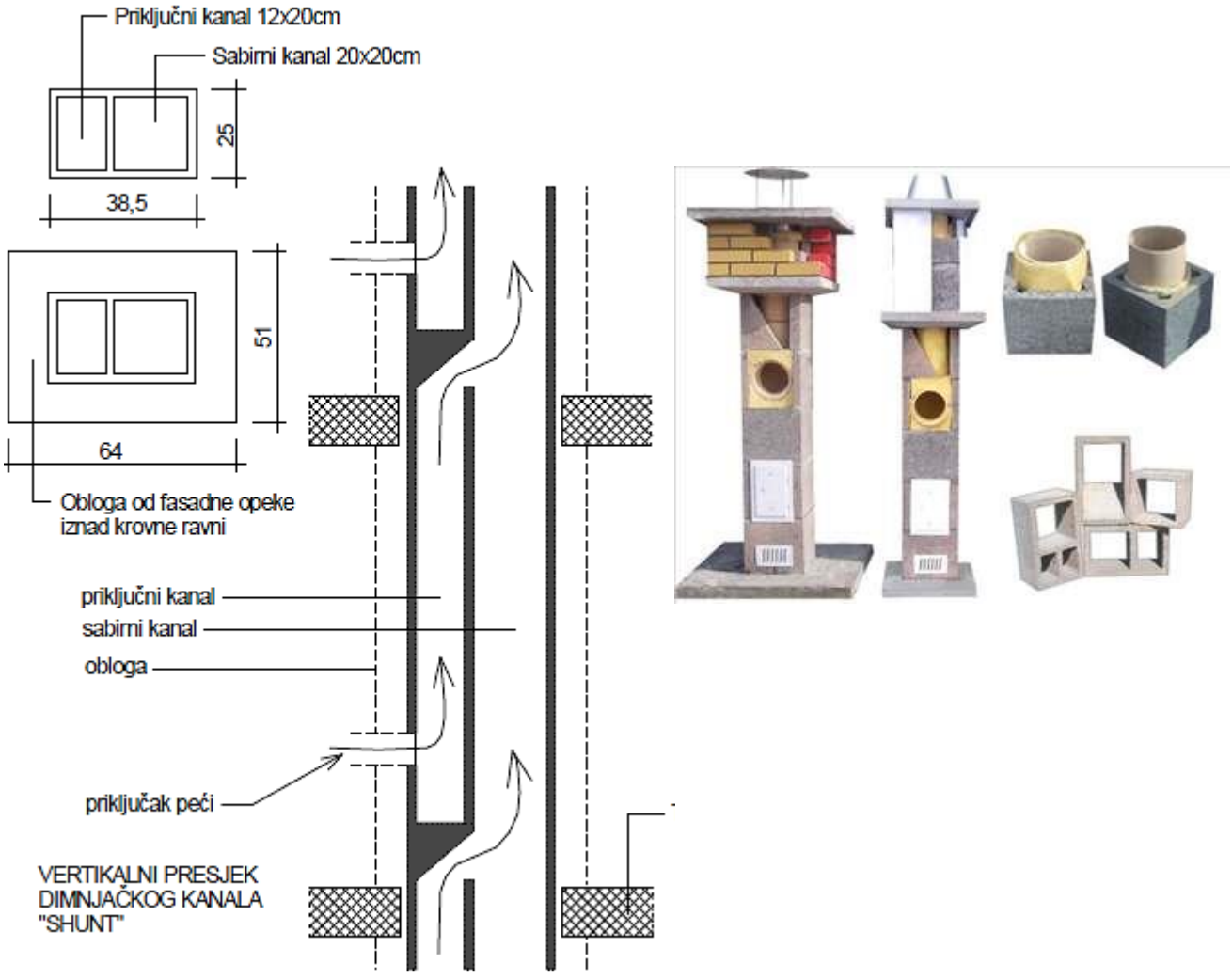
Slika 5.25. Dimnjački kanali zidani opekom

Zidanje dimnjaka u zidovima od opeke uvjetovano je pravilom da plohe dimovodnih kanala moraju biti najmanje 12 cm (1/2 opeke) udaljene od lica i naličja zida.
Zid s dimnjačkim kanalom, odnosno dimnjački zid ozidan opekom ima najmanju debljinu 38 cm, za presjeke dimnjačkih kanala 14/14 cm i ravne vanjske površine. Zidovi manjih debljina od 38 cm, odnosno zidovi od opeke debljine 12 ili 25 cm imaju proširenje tamo gdje se nalaze dimnjački kanali.

Unutarnje površine dimnjačkog kanala moraju biti ravne i glatke. Dimnjački kanali se ne malterišu, ali se zidaju pomoću kalupa ili šablona (dim. 14x14, visine 80-100 cm) za zidanje kanala. Povlačenjem kalupa uvis i naniže zaglađuju se spojnice dobro ispunjene malterom, a unutarnje površine kanala poslije zidanja ostaju glatke. [23]

Četvrtasti dimnjaci imaju nedostatak, brzo se zaprljaju i nemaju jednolično strujanje gasova, pa zahtijevaju često čišćenje.

Nešto bolje rješenje su sabirni ili "Shunt" dimnjački kanali koji se izrađuju od betonskih blokova sa dvije komore. Takav dimnjak sadrži dva vertikalna kanala: pravougli priključni i kvadratni sabirni kanal. Na svakoj etaži može se priključiti po jedna peć. Svaki priključak se nalazi u priključnom kanalu koji se pri vrhu svake etaže spaja sa sabirnim.

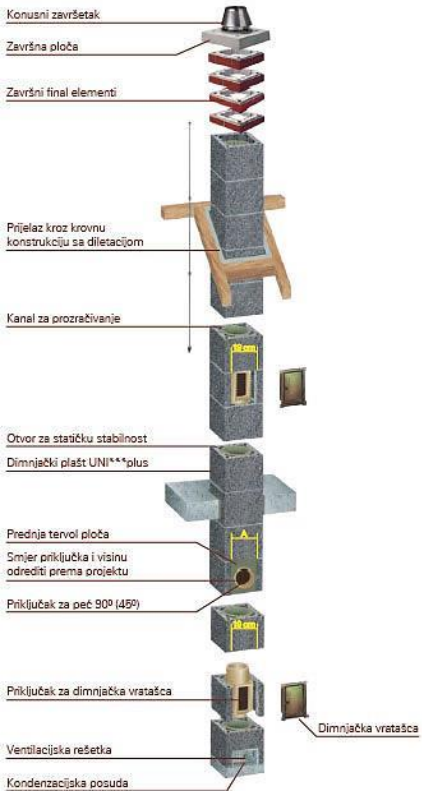


Slika 5.26. Shema i elementi "Shunt" dimnjaka

Ovi dimnjaci funkcioniraju tako da jedan sabirni ili matični kanal većeg presjeka (20x20=400 cm^2) ide vertikalno od podruma do iznad krova. Neposredno uz sabirni kanal na svakoj etaži je priključni ili sekundarni kanal (12x20=240 cm^2) koji je na svom gornjem kraju (u visini stropa) zatvoren prema priključnom kanalu više etaže, a otvoren prema sabirnom kanalu. Priključni kanal vodi dim iz peći u sabirni kanal.

Ispravno funkcioniranje šunt-dimnjaka moguće je uz poštovanje sljedećih pravila:

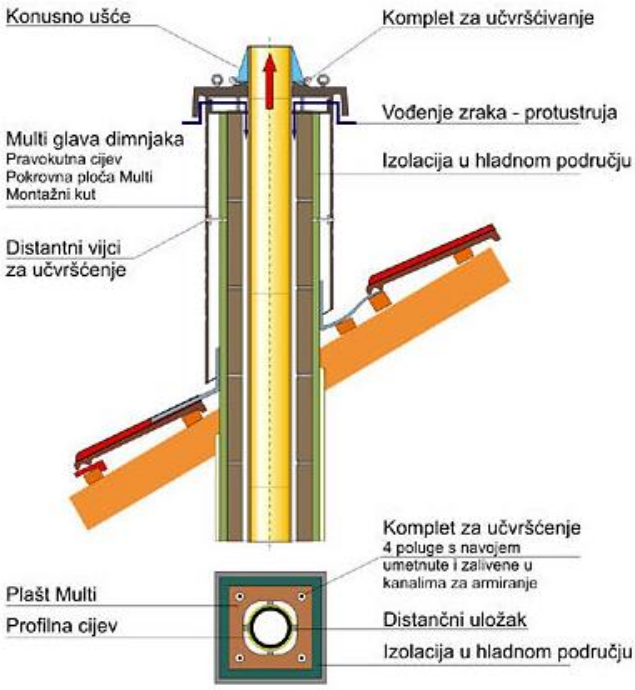
- Direktno priključivanje peći na matični kanal nije dopušteno;
- Na jedan matični kanal mogu se priključiti sekundarni kanali samo sa pet etaža;
- Na svim etažama visina od poda do priključka u sekundarni kanal iznosi 0,80 m;
- Minimalna visina od priključka peći do elementa za skretanje iznosi 2,20 m.



Slika 5.27. "Schiedel " dimnjak- elementi sistema

Savremene vrste dimnjaka uglavnom se prave s kružnim presjekom, obzirom da ima najveću iskorištenost. Za dobro funkcioniranje dimnjaka važno je osigurati da se topli gasovi ne hlade pri prolazu kroz kanal pa se sve novije vrste dimnjaka toplinski izoluju.

Dimnjačke cijevi se izrađuju od materijala otpornih na visoke temperature. To su najčešće nehrđajući čelik i šamot. Šamotne cijevi su dužine 30 cm i spajaju se jedna s drugom pomoću šamotnog maltera. Obzirom na sastav dimnjaka nazivaju se i "troslojni" dimnjaci. Sastoje se iz šamotne cijevi, toplinske izolacije (mineralna vuna) i vanjskog plašta ili zaštitnog omotača (betonski blok ili puna opeka).



Slika 5.28. Glava dimnjaka

Minimalni prečnik kružnog dimnjačkog kanala iznosi 14 cm. Naredne mjere povećavaju se za 2 cm te iznose 16, 18, 20, 22, cm itd.
Troslojni dimnjaci izvode se u dvije varijante, visine elementa 33 cm i spratne visine.
Najčešće korišten montažni dimnjački sistem je "Schiedel" sistem, namijenjen za ložišta na kruta goriva, s visokom temperaturom dimnih gasova.
Schiedelov izolirani dimnjak s prozračivanjem s unutrašnje strane je sistem izrađen od serijski proizvedenih građevinskih elemenata koji su tačno prilagođeni jedan drugom.
Sastoji se od:

- Plašta dimnjaka koji je izrađen od laganog betona. Kanali u uglovima omogućavaju prozračivanje izolacijskog sloja;

- Keramičkih cijevikružnog presjeka koje su izrađene od visokovrijedne keramike otporne na vatru. Osobine ove cijevi su prilagođene specijalnim zahtjevima dimnjaka. Ova po mjeri izrađena unutarnja keramička cijev odlikuje se visokom postojanošću na temperaturu i temperaturne promjene i otporna je na kiseline, izuzetno nepropusna i stabilna;

- Izolacije cijevi koja je od plošno savitljive mineralne vune koja potpuno omotava unutarnju cijev. Oblik i dimenzije ovih izolacionih ploča prilagođeni su Schiedelovim dimnjacima.

Slika 5.29. Plašt "Schiedel" dimnjaka

Slika 5.30. Keramička cijev "Schiedel" dimnjaka

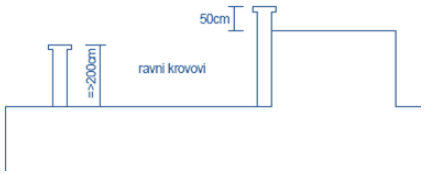
Slika 5.31. Kamena vuna za dimnjak

Sve dimnjačke glave, obzirom da se nalaze vani i izložene su hladnoći, moraju biti pravilno izolirane i obložene. Najčešće se dimnjačke glave obziđuju fasadnom ili silikatnom opekom debljine 12cm.

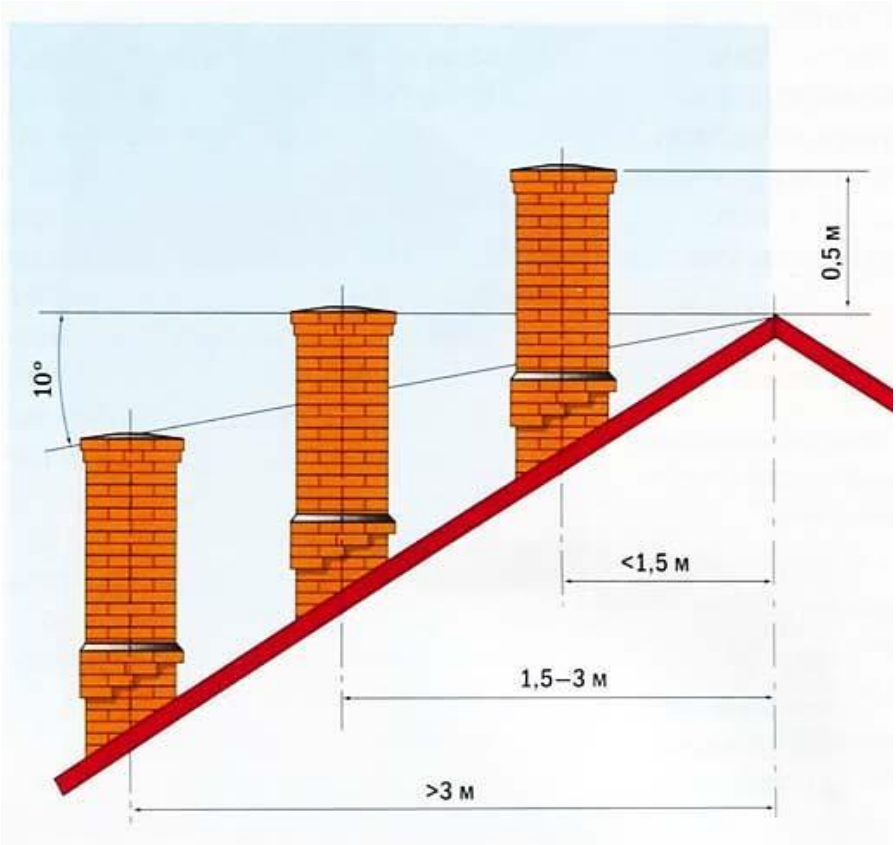
Na vrhu glave postavlja se dimnjačka "kapa". Ona može biti prefabrikovana betonska kapa ili se na licu mjesta može izraditi kapa od armiranog betona. Debljina stijenke kod uskih dimnjaka mora iznositi minimalno 12 cm, a kod većih, složenih dimnjaka deljina stijenke se srazmjerno povećava.

Visina dimjaka određena je visinom objekta, a da bi dobro fukcionirao dimjak mora biti visok minimalno 5-7 metara. Grlo dimnjaka bi, prema propisima, moralo biti minimalno 1 m iznad površine krova. Ako je dimnjak blizu sljemena krova, dimnjak mora nadvisti sljeme minimalno 50cm. Na slici 5.32 prikazan je odnos položaja dimnjaka i njegove visine u odnosu na sljeme obekta.

Na ovaj način se ostvaruje nesmetano strujanje zraka iz dimnjaka.



Slika 5.32. Visina dimnjaka na ravnom krovu -shema



Slika 5.33. Minimalna visina dimnjaka u odnosu na sljeme objekta

Slika 5.34. Završni elemnti za oblaganje dimnjaka i dimjačka kapa

Tehničko rješenje dimnjaka, kao sastavni dio glavnog projekta objekta obuhvaćeno je:

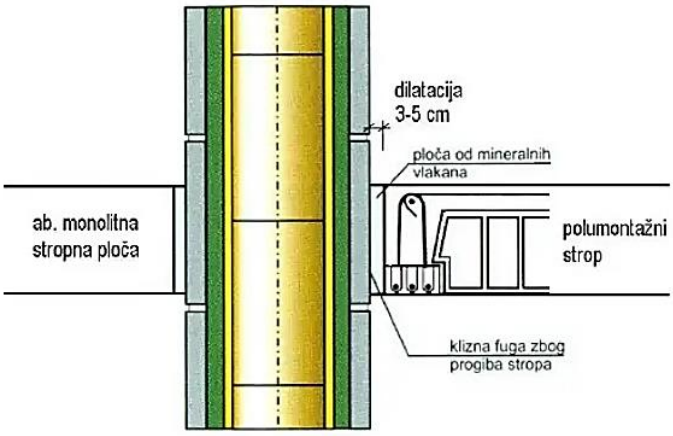
- arhitektonskim i/ili građevinskim projektom,
- projektom mašinskih instalacija.

Arhitektonski ili građevinski projekt u dijelu koji se odnosi na tehničko rješenje vanjskog oblikovanja dimnjaka i pristupa dimnjaku mora sadržavati tehnički opis, program kontrole i osiguranja kvaliteta i nacrte.

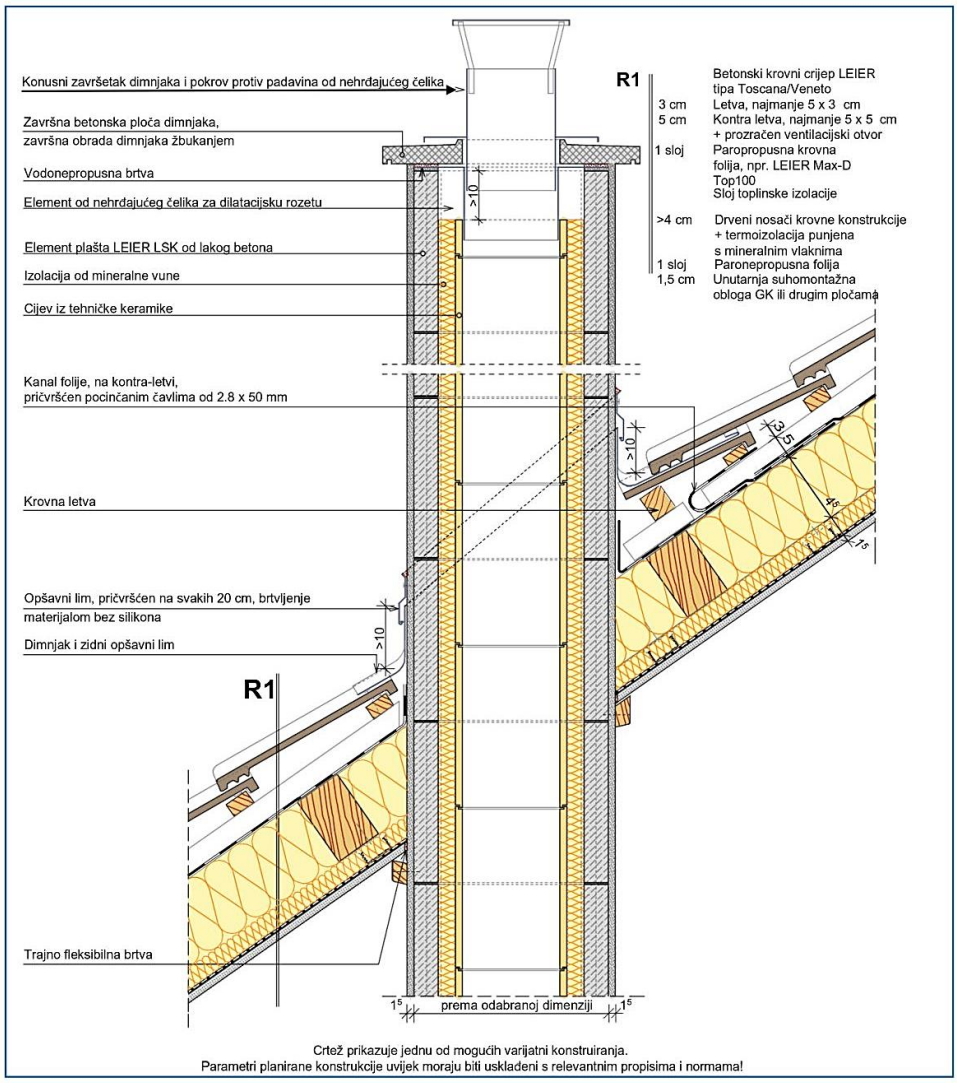
U nacrtima potrebno je definisati:

- broj i položaj priključaka uređaja za loženje,
- položaj dimnjaka u objektu,
- položaj izlaznog otvora dimnjaka i njegovu visina iznad krova građevine,
- položaj naprava za pristup dimnjaku i pristupnih otvora s vratašcima za kontrolu i čišćenje.

Svi projekti građevina stambene i stambeno-poslovne namjene, bez obzira na tip grijanja, obvezno moraju imati i tehničko rješenje rezervnog dimnjaka. Broj i raspored rezervnih dimnjaka određuje se tako da svaka stambena jedinica ima najmanje jedan priključak na rezervni dimnjak. Na jedan rezervni dimnjak dopušteno je priključivanjenajviše pet ložišta na kruta goriva.
Vanjski plašt dimnjaka ne smije biti prekinut ili opterećen nosivim elementom. Otvor (rupa) u području prodora kroz strop je cca 3 - 5 cm šira od vanjske mjere dimnjaka.
Dilatacija, odnosno prostor koji preostane nakon ugradnje ispunjava se nezapaljivim izolacijskim materijalom.



Slika 5.35. Prodor dimnjaka kroz međuspratnu konstrukciju

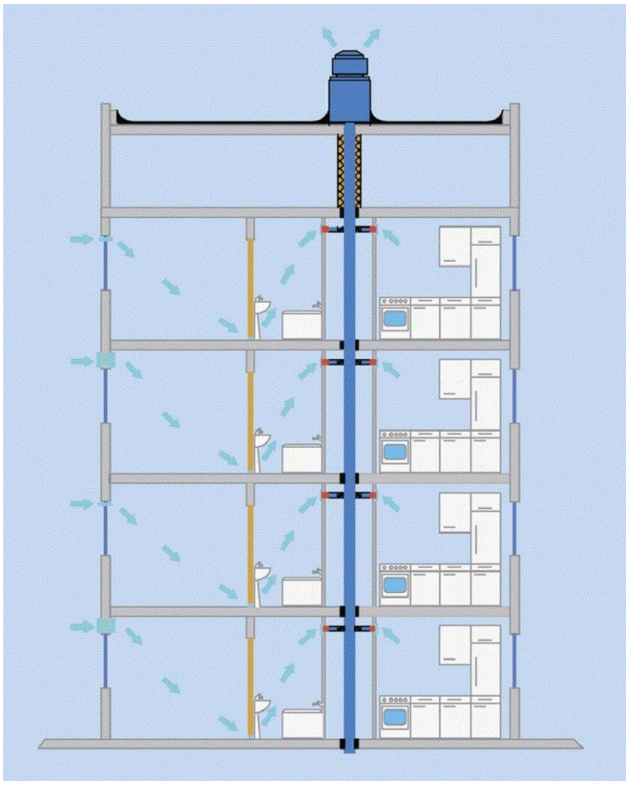


Slika 5.36. Prodor dimnjaka kroz drvenu krovnu konstrukciju - detalj

5.3. VENTILACIONI KANALI

Ventilacioni kanali u zgradama služe za izmjenu zraka u prostorijama, dovođenje čistog zraka i odvođenje onečišćenog zraka.

Dok se prirodna ventilacija ostvaruje otvaranjem prozora u prostorijama koje imaju prozore, u prostorijama koje nemaju ove otvore neohodno je postavljanje ventilacionih kanala.



Slika 5.37. Shematski prikaz ventilacije u zgradi

Ventilacioni kanali funkcioniraju na dva osnovna principa:

- Prirodne ventilacije koja funkcioniše na principu toplotnog uzgona zraka i predviđa se u zgradama do 8 spratova i podrazumijeva izmjenu i strujanje zraka bez ventilatora;
- Prinudnog uzgona koji se ostvaruje mehanički pomoću ventilatoa i primjenjuje se kod objekata viših od 8 spratova.

Prirodna ventilacija prostora postiže se otvaranjem prozora, što je velika izmjena zraka u vrlo kratkom vremenu ili pomoću reški na prozorima i koje služe za pravilnu izmjenu zraka u prostoriji.

Prirodna ventilacija putem ventilacionih kanala ostvaruje se

- pojedinačnim kanalima uobičajenim za zgrade visine do P+4,
- sabirnim kanalima za zgrade visine veće od P+4 kod kojih se na svakom spratu priključuju 1 - 2 prostorije.

Prema obliku i materijalu kanali mogu biti kružni i četvrtasti, izgrađeni od opeke, betona, čelika ili plastike.

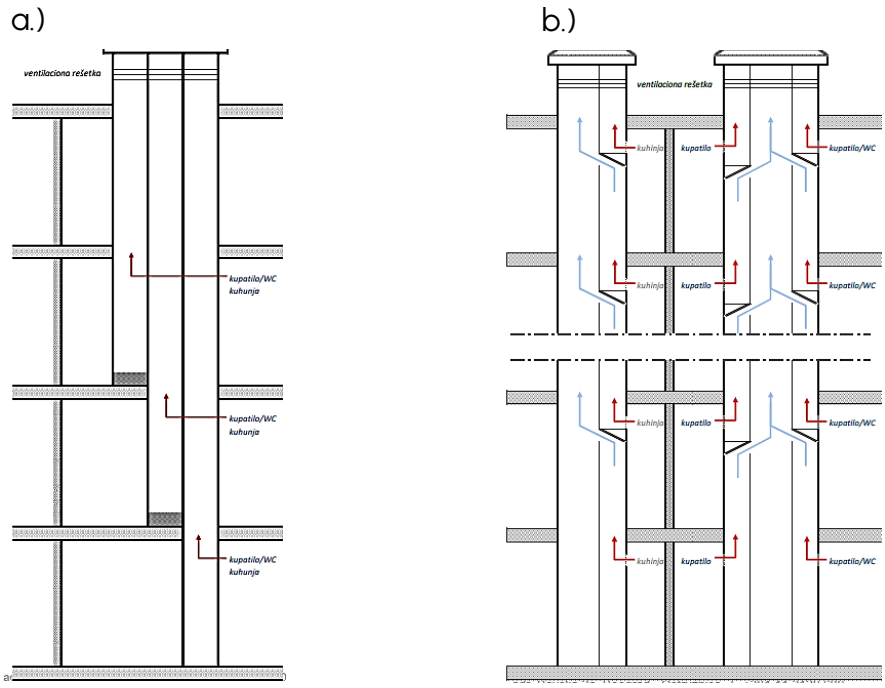
Kao i za dimnjake i ovdje vrijedi pravilo da kanal mora iznad krova imati nadvišenje od minimalno 50 cm (iznad najvišeg dijela krova). Ne smiju imati puno lomova i moraju biti postavljeni na unutrašnjim zidovima.

Ventilacije tip „L" sastoje se od primarnog kanala koji služi za direktno priključenje ventilacije i odvod ventilisanog zraka.

Ventilacije tip »L« nemaju prelazne elemente jer sistem omogućava pojedinačno ventilisanje stambenih jedinica.

Ventilacije tip „LS" sastoje se od sekundarnog kanala za priključak ventilacije i primarnog ili sabirnog kanala koji služi za zajednički odvod ventilisanog zraka.

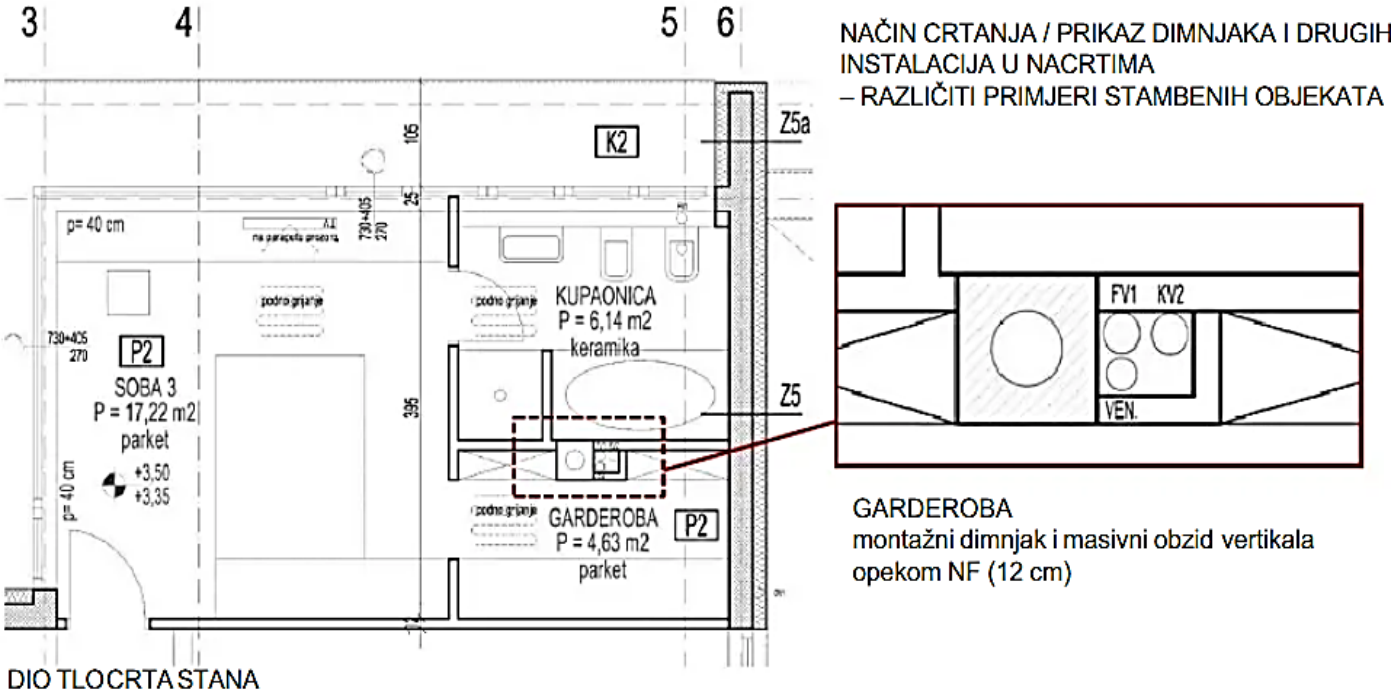
Prelazni element usmjerava zrak iz sekundarnog u primarni kanal. Prelazni element se montira/zida ispod priključka za ventilaciju prostorije.



Slika 5.38. Shematski prikaz ventilacije u zgradi, a) pojedinačni kanal, b) sabirni kanal

Slika 5.39. Elementi ventilacionih kanala LS i L, proizvođača Schiedel

Pojedinačni kanali imaju veću učinkovitost u odnosu na one sa sabirnim kanalom.
Kod pojedinačnih kanala svaka prostorija je spojena s kanalom svijetlog presjeka cca 150 cm^2. Pa se ovim kanalom može ventilirati veća površina prostorije.
Otvor sekundarnog kanala je 50 cm^2 i površina koja se ventilira je manja.
Principjelno, kako je već rečeno u slučaju vodovodnih i odvodnih vertikala i kod ventilacionih vertikala teži se grupisanju prostorija pa se najčešće u zajednički, instalacioni džep postavljaju kanali za oventilaciju kuhinja i kupatila, ili WC-a. Na slici 5.38. prikazan je primjer instalacionog džepa (okna ili šahta) sa dimnjakom, ventilacionom vertikalom i odvodnim vertikalama između kupatila i garderobe. [23]



Slika 5.40. Detalj tlocrta stana s instalacionim oknom

Elementi i sistemi instalacija neophodni su za udobno korištenje zgrada i u pojedinim objektima veoma kompleksni. U ovom dijelu bilo je riječi o jednostavnijim izvedbama instalacija za manje objekte i s naglaskom na instalacije vodovoda, kanalizacije i djelimično grijanja i ventilacije.

Kod veikih objekata, naročito poslovnih, instalacije podrazumijevaju složena HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning) projektna rješenja, odnosno projekte grijanja, ventilacije i klimatizacije.

Projekti grijanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije, podrzumijevaju niz proračuna koji uključuju toplotne gubitke, dobitke u objektu, proračune potrebne energije za grijanje i hlađenje, broj izmjena zraka za ventilacione sisteme i slično.

Pored navedenih instalacija, treba spomenuti i elektroinstalacije, koje se definiraju projektom elektroinstalcija i obuhvataju proračune i nacrte za sve potrošače električne energije u objektu.

S obzirom da ove instalacije mogu zahtijevati i značajne građevinske radove i pripreme veoma je važno da se inženjeri građevine upoznaju s osnovnim elementima instalacija.

Slika 5.41. Pompidou kulturni centar u Parizu, arhitekti Renzo Piano i Richard Rogers

Kako bi se omogućila fleksibilna upotreba i prilagodljivi volumeni, svi sistemi instalacija (ventilacija, struja i voda), liftovi i pokretne stepenice smješteni su na vanjskoj strani zgrade i označeni različitim bojama. Ništa na fasadi objekta nije skriveno. Sve instalacije koje se uobičajeno nalaze skrivene unutar zidova objekta ovdje su na fasadi. Što se konstrukcije objekta tiče, projektovana je tako da podsjeća na ogromnu igračku. Elementi se ponavljaju, isprepliću i spajaju, kako bi formirali pravilan metalni mehanizam, potpuno izložen i obojen u bijelo.

- *Plave cijevi su klimatizacijske*
- *Žute su eklektroinstalacije*
- *Zelene cijevi su vodovodne*
- *Crvena je oznaka za pješačko kretanje (liftovi i eskalatori)*

Centar Pompidou, kojeg su kritičari u početku prozvali "Notre Dame of the Pipes" postao je jedan od najfotografiranijih objekata u Parizu.

6. FIZIKA ZGRADE

Pojam fizika zgrade ili *građevinska fizika*, relativno je skorijeg datuma i podrazumijeva analizu fizikalnih svojstava objekata u koje spadaju fizikalna svojstva građevinskih elemenata i građevine u cjelini.

Pod fizikalnim svojstvima ovdje se podrazumijevaju toplinski tokovi u elementima objekta, kretanje vodene pare i akustička svojstva prostora i konstruktivnih elemenata, uz ostale fizikalne procese.
U principu, fizika zgrade proučava vanjske i unutrašnje uticaje na objekat i prostor unutar njega i daje rješenja zaštite of negativnih uticaja, kako bi se obezbijedila ugodnost boravka i rada u zgradama.

Slika 6.1 Uticaji na objekat

U prethodnim poglavljima djelimično su objašnjeni neki od ovih procesa, odnosno načini zaštite objekta od njihovih uticaja, kao što su hidroizolacija dijelova objekta, termoizolacioni materijali i načini njihove ugradnje, a u ovom poglavlju dat će se kratki pregled teoretskih i praktičnih principa tokova energije u konstrukciji, toplinskih karakteristika unutrašnjeg prostora, uticaja vodene pare i njenih tokova na objekat te elemenata akustike prostora.

Kod razmatranja unutrašnjeg prostora objekta moguće je uticaje koji djeluju na objekat podijeliti na:

- vanjske i
- unutrašnje.

U vanjske uticaje spadaju klimatski uticaji, visoke ili niske temperature vanjskog prostora, padavine koje podrazumijevaju uticaj vlage i vode na objekat, buka i sl.
Ovdje treba naglasiti da ovo nisu svi vanjski uticaji na objekat, te se ponašanje konstruktivnih elemenata u slučaju potresa ili požara neće razmatrati.

U unutrašnje uticaje mogu se svrstati uticaji vodene pare, buke i temperaturnih razlika u prostoru.

Fzika zgrade najvećim dijelom koncentriše se na pravilan izbor materijala i njihovih kombinacija kako bi se ostvarila što racionalnija izgradnja koja će onemogućiti oštećenja objekta uzrokovana

vanjskim ili unutrašnjim tokovima toplote i vodene pare, te omogućiti ugodan prostor bez buke, sa zadovoljavajućim higijenskim uslovima, dobrom insolacijom i ostalim uslovima za normalan rad i boavak ljudi u prostoru.

Zgrade su najveći pojedinačni potrošač energije i veliki izvor štetnih emisija stakleničkih plinova, posebno CO_2, a ta se potrošnja s godinama povećava. Upravo je ovo osnovni razlog za proučavanje toplinskih tokova u zgradama, s posebnim naglaskom na ovojnicu (omotač) zgrade koji je mjesto najvećih gubitaka toplote u građevinskim objektima.

Klasična izgradnja s upotrebom opeke, kamena, drveta i sličnih materijala, bazirana na dugogodišnjoj primjeni, iskustveno je svladavala tehniku građenja objekata te je problem toplinskih izolacija vanjskih zidova rješavan povećanom debljinom zidova od opeke, 38-51 cm, kamena 50–70 cm, raznim višeslojnim zidovima i sl.
Upotreba betona i armiranog u takvim sistemima bila je svedena na međuspratne konstrukcije i njihove dijelove.
Danas je beton najzastupljeniji matarijal nosivih konstrukcija i kombinuje se najčešće sa zidanim zidovima.
Nepravilna ili nedovoljna izolacija ovih objekata dovodi do defekata koje je teško sanirati pa je i ova činjenica pridonijela razvoju fizike zgrade kao discipline kojom se sve češće bave građevinski inženjeri i arhitekti.
Danas su proračuni "fizike zgrade" obaveza i sastavni dio svakog glavnog i izvedbenog projekta. [25]

6.1. TOPLINSKI TOKOVI U ZGRADAMA

Toplota je, prema kinetičko molekularnoj teoriji, oblik energije vezan uz haotično gibanje molekula.
Subjektivni osjećaj toplote čovjek dobiva u dodiru s nekim ugrijanim tijelom, a objektivno mjerilo dobiva se posmatranjem djelovanja ugrijanih tijela na druga tijela. To se očituje u promjeni boje, volumena, agregatnog stanja i sl.

Temperatura je veličina koja karakterizira toplotno stanje nekog tijela. Jedinica je 1 Kelvin (prije 1 stepen Celziusa).
Međudjelovanjem dvaju tijela toplota prelazi iz toplijeg tijela u hladnije, dakle toplota se uvijek kreće s mjesta više temperature prema mjestu niže temperature, sve dok se temperature ne izjednače.

273° K= 0°C

Temperatura je fizikalna karakeristika svakog tijela. Da bi se povećala temperature nekog tijela potrebno je tom tijelu dovesti određenu količinu toplote *(Q)*.
Količina toplote u nekom tijelu je veća što mu je veća masa i viša temperatura.

$$\Delta Q = \mathrm{c} \times \mathrm{m} \times \Delta \mathrm{t}$$

Specifična toplota *(c)* je konstanta, a jednaka je onoj količini toplote koja je potrebna da se 1 kilogramu neke tvari pri datoj temperaturi povisi temperatura za 1 K (1° C).
Jedinica za količinu toplote je J (džul) odnosno KJ
Jedinica za specifičnu toplinu je:

$$c = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{m} \times \Delta \mathrm{t}} = [\frac{KJ}{kgK}]$$

Prenošenje toplote s mjesta više prema mjestu niže temperature vrši se na tri načina:

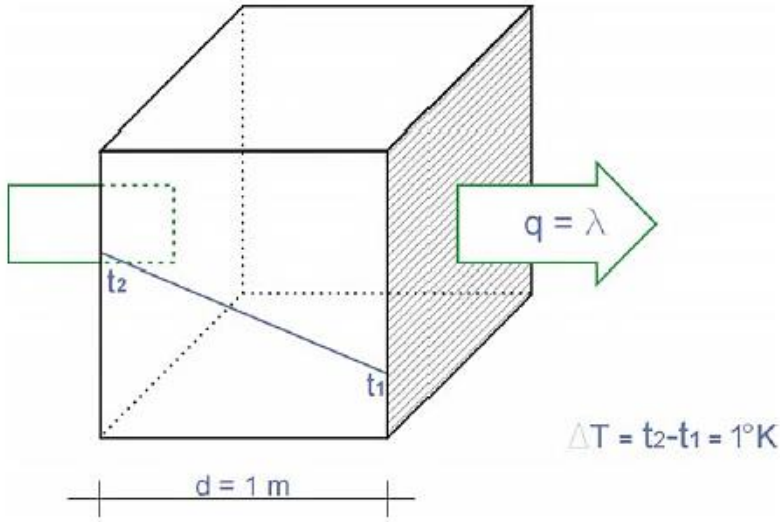
1. Vođenjem ili kondukcijom toplota se prenosi kod krutih tijela. Dio tijela se grije neposrednim dodirom s izvorom toplote, a susjedni dijelovi se postepeno zagrijavaju (metalni štap u vatri). Najbolji vodič toplote je srebro, a zatim ostali metali. Budući da su dobri vodiči toplote i dobri vodiči elektriciteta provođenje se objašnjava kretanjem slobodnih elektrona;
2. Strujanjem ili konvekcijom se toplota prenosi u tekućinama i plinovima. Strujanje nastaje promjenom gustoće materije uslijed zagrijavanja. Npr. ako vodu odozdo zagrijavamo donji se slojevi ugriju, specifična težina postaje im manja pa se ugrijana voda diže;
3. Zračenjem ili radijacijom se toplota prenosi pretvaranjem toplotne energije izvora (zagrijanog tijela, npr. Sunce) u energiju zračenja. Apsorpcijom (upijanjem) energije zračenja zagrijava se drugo tijelo. [25]

Provodljivost toplote pojedinog materijala ovisi o slijedećim karakteristikama:

- O prostornoj težini. Što je materijal laganiji odnosno ima više pora zraka to je bolji toplinski izolator (ima veći otpor provodljivosti toplote). Suhi zrak je odličan toplinski izolator.
- O veličini pora. Što su pore sitnije materijal je bolji toplinski izolator;
- O količini vodene pare zraka i vlastite pare koju materijal može sadržavati. Vlažan materijal je slabiji izolator od

suhog. Voda je 25 puta bolji vodič toplote od zatvorenog, mirnog zraka. [25]

Toplota prolazi kroz omotač zgrade zbog temperaturne razlike između toplog zraka u prostoru i hladnog vanjskog zraka u smjeru niže temperature.
Gubitak toplote ne može se zaustaviti, može se smanjiti poboljšavanjem toplinske izolacije obodnih konstrukcija. Kvalitetu toplinske zaštite ovojnice zgrade opisuje toplinska prolaznost konstrukcijskog sklopa, koji pokazuje koliko toplote dođe u vremenskoj jedinici (1 sek) kroz površinu 1 m^2 konstrukcije, ako je razlika temperatura zraka na obje stijene konstrukcije 1K.



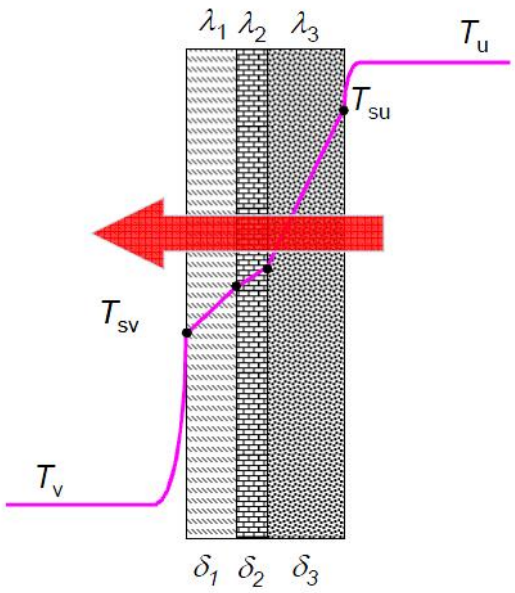
Slika 6.2. Ilustracija koeficijenta toplotne provodljivosti

Prolaz toplote konstruktivnog sklopa označavao se sa k (W/m^2K). Usklađivanjem naših propisa i normi s evropskim, za prolaz toplote ustalila se oznaka *U*.
Prolaz toplote kroz konstrukciju ovisi o ugrađenim materijalima, njihovoj toplotnoj provodljivosti i debljini njihovih slojeva. Poredak slojeva u sklopu ne utiče na prolaz topote, postaje važan kad se govori o akumulaciji toplote i toplinskom odazivu zgrade na promjene toplotnih odnosa u okolini. Niski prolaz toplote obodnih konstrukcija postiže se ugradnjom termoizolcionih materijala.
Toplotna provodljivost slojeva λ (W/mK) pokazuje koliko toplote prođe u vremenskoj jedinici (1 s) kroz 1 m^2 sloja zida s debljinom 1 m pri temperaturnoj razlici 1K.
Što je koeficijent prolaska toplote manji, to je toplinska zaštita zgrade bolja.

Vrijednost koeficijenta λ je promjenjiva čak i za isti materijal i mijenja se ovisno o:

- poroznosti materijala,
- hemijskom sastavu materijala,
- vlažnosti materijala i
- temperature materijala.

Kod višeslojnih konstrukcija zidova potrebno je računski provjeriti odgovara li građevinsko-fizikalni raspored pojedinih materijala u sklopu. Posebno je važan položaj toplotne izolacije jer zbog neodgovarajućeg sastava slojeva može doći do vlaženja materijala i do trajnih oštećenja. Svaki sistem - raspored slojeva, te položaj toplotne izolacije u ovojnici zgrade ima svoje zahtjeve te dobre i loše karakteristike. S obzirom na namjenu zgrade potrebno je izabrati najpovoljniji sistem fasade.



Sveukupni prolazak toplote kroz građevinsku pregradu izražava se koeficijentom prolaska toplote:

U=1/Rk [W/m²K]

gdje je:

R – otpor toplotnoj propustljivosti (m²K/W)

R= d/λ (m²K/W)
Otpor ovisi o debljini materijala kroz koji prolazi toplota i obrnuto je proporcionalan koeficijentu toplotne vodljivosti tog materijala.
Za zidove koji se sastoje od više slojeva materijala otpor toplotnoj propustljivosti je zbroj otpora za svaki sloj:
R=R1+R2+R3...=d1/λ1+d2/λ2+d3/λ3... = Rn [m²K/W]

Slika 6.3. Provođenje toplote kroz višeslojnu zidnu stijenu

Zidovi od vise zidnih elemenata međusobno povezanih malterom za zidanje nisu homogeni i strogo gledajući ne može se govoriti o toplinskoj vodljivosti, λ, zidova. Zidni elementi i malter u reškama između zidnih elemenata različito provode toplinu tako da kroz njih prolaze različiti toplinski tokovi, a i temperature na površinama zida su različite na zidnom elementu i na malteru. Ako se spoje temperature dobijene proračunom na granicama različitih materijala unutar zida dobija se toplotna krivulja prikazana na slici 6.4. [26]

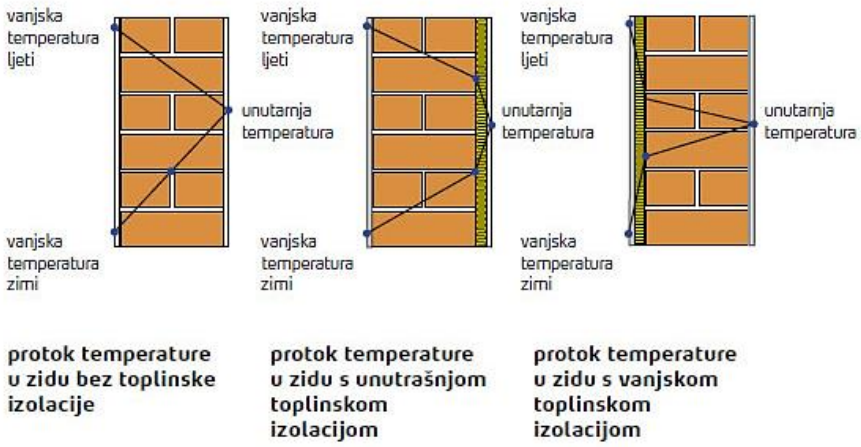
Na primjeru je dat je proračunati koeficijent prolaska topline, *U* vanjskog zida od armiranog betona s termoizolacionim slojem s vanjske strane.
Sastav zida, debljina slojeva, *d*, i projektna toplinska vodljivost materijala slojeva, *λ*, vidljivi su iz tabele 6.1.

Tabela 6.1 Proračun koeficijenta prolaska topline *U [26]*

Materijal sloja	Debljina sloja *d* (m)	λ W/(mxK)	R m^2xK/W
Rsi			0.130
Armirani beton	0.200	2.600	0.077
Termoizolacija	0.100	0.040	2.500
Zaštitna žbuka	0.004	0.700	0.,006
Rse			0.040
Ukupni toplinski otpor, RT			2.753

$$U = \frac{1}{2753} = 0.36\ \frac{W}{m^2\ K}$$

Kod izbora termoizolacionog materijala potrebno je, osim svih navedenih koeficijenata voditi računa i o ekološkim kriterijima. Oni se uglavnom uvijek svode na životni ciklus termoizolacionog proizvoda. Primarni cilj njihove ugradnje je smanjenje potrošnje energije za grijanje prostora zgrade. Uporedi li se tako ušteđena energija za grijanje s energijom potrebnom za dobivanje i prijevoz sirovine, proizvodnju termoizolacionog materijala, prijevoz do gradilišta i ugradnju, dobije se vrijeme energetske amortizacije. To vrijeme za uobičajene termoizolacione materijale i proizvode iznosi najviše oko dvije godine. S obzirom na mnogo duži vijek trajanja zgrade, proizlazi da kod ekološkog ocjenjivanja, ugradnja termoizolacije ima prevagu.



Slika 6.4. Toplotne krivulje višeslojnih zidova

Kao ekonomski kriterij kod odabira termoizolacionog materijala služi prvenstveno njegova cijena. No pored cijene samog materijala odnosno proizvoda, treba voditi računa i o nivou složenosti njegove ugradnje u zgradu, troškovima održavanja te o trajnosti amterijala.
O karakteristikama termoizolacionih materijala bilo je riječi u poglavlju 2., stoga se ovdje o materijalima ponaosob neće detaljnije pisati.
Umjesto toga u Tabeli 6.2 prikazane su projektne vrijednosti toplinske vodljivosti, λ, normiranih termoizolacionih materijala.

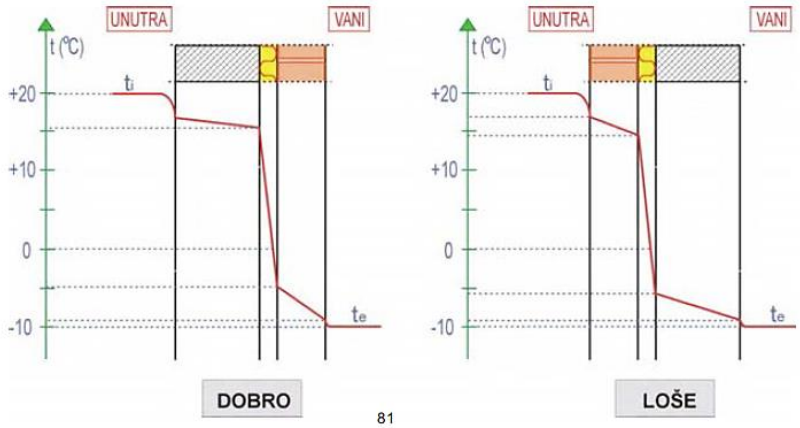
Tabela 6.2. Projektne vrijednosti toplinske vodljivosti, λ, normiranih termoizolacionih materijala [26]

Projektna vrijednost toplinske vodljivosti λ W/(m×K)	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,090
Mineralna vuna (MW)									
Ekspandirani polistiren (EPS)									
Ekstrudirana polistirenska pjena (XPS)									
Tvrda poliuretanska pjena (PUR)									
Fenolna pjena (PF)									
Pjenasto staklo (CG)									
Ploče od drvene vune (WW)									
Ploče od ekspandiranog perlita (EPB)									
Ploče od ekspandiranog pluta (ICB)									
Ploče od drvenih vlakana (WF)									

Uz obaveznu termoizolaciju vanjskog zida objekta, neophodno je zadovoljiti i druge kriterije kao što su difuzna izolacija, zaštita od buke, optimalna temperatura unutrašnjeg prostora i vlažnost zraka kao elementi opće ugodnosti boravka u prostoru.
Za pravilan rad tjelesnih funkcija čovjekovo tijelo mora održavati stalnu tjelesnu temperaturu približno 36,6°C. Između čovjekova tijela i okoline izmjenjuju se energetski tokovi. Čovjek metabolizmom iz hrane stvara energiju koju pretvara u toplotu i njome se koristi za obavljanje poslova. Tijelo predaje toplotu okolini provođenjem kroz odjeću, konvekcijom - gibanjem zraka po površini odjeće, zračenjem između tjelesnih i okolnih površina, ishlapljivanjem - preko izdisaja vlažnog zraka i znojenjem. Što je

niža temperatura okolnog zraka, to se veći dio toplote izmjenjuje s okolinom zračenjem, provođenjem i konvekcijom.

Kad se temperatura okoline približi temperaturi čovjekova tijela, prevladavajuće postaje davanje toplote okolini ishlapljivanjem. Čovjek postiže osjećaj toplotne ugode kad su opisani tokovi između čovjekova tijela i okoline u ravnoteži. [27]



Slika 6.5. Prolaz toplote kroz zidove različitog sastava

Akumulacija toplote je nagomilavanje toplotne energije u konstrukcijama. Ova pojava naročito je važna i povoljna zimi za prostorije koje se griju. Ako zidovi imaju sposobnost akumulacije topline tada će nakon prekida grijanja biti u prostoriji još dugo toplo, zidovi će odavati toplinu, odnosno bit će spriječeno naglo hlađenje prostorije i stvaranje kondenzata. Toplota se u unutrašnjim konstrukcijama zimi može akumulirati i pasivnim zagrijavanjem odnosno osunčanjem kroz fasadne otvore. Dobri akumulatori toplote su materijali velike gustoće (mase) kao beton, puna opeka i dr. Toplotna akumulacija vanjskih konstrukcija ljeti je nepovoljna jer uzrokuje povećanje ionako visokih temperatura zraka u prostorijama.
Objekti se najčešće grade od masivnih elemenata (betona, opeke) ili od laganih montažnih elementa, s površinskom masom manjom od 300 kg/m2. Masivne konstrukcije mogu akumulirati jako puno toplote. U zimskom i prijelaznom razdoblju, koje je najprimjerenije za pasivno iskorištavanje Sunčeve energije (direktnim Sunčevim zračenjem kroz prozore, staklenike, akumulacijske zidove), važno je da zgrada ima dovoljnu toplinsko-akumulacijsku masu koja čuva apsorbiranu energiju i uravnotežuje velike dnevne oscilacije temperature u prostorima boravka. Konstrukcije s velikom akumulacijom toplote povećavaju toplinsku stabilnost prostora koje omeđuju. Kako bi se ostvarila dobra toplinska akumulacija primjenom masivnih elemenata, kao što su kamen i opeka, njihova se površina ne smije pokrivati oblogama jer se time poništava učinak.

Kod dobro izoliranih masivnih zgrada oscilacija vanjske temperature jedva se primijeti u unutarnjim prostorima. Lagane konstrukcije imaju malu akumulaciju topline. Iako su dobro toplinski izolirane ne mogu spriječiti i smanjiti vanjske temperaturne utjecaje. Oscilacije temperature u takvim su zgradama velike. Ljeti mnogo više toplote ulazi u objekat zračenjem kroz ostakljene površine nego provođenjem kroz krov i zidove.
Zbog toga je potrebno ugraditi sjenila ili druge sisteme zaštite od pregrijavanja objekta.
S druge strane, lagane konstrukcije su upravo zbog male akumulacije toplote i dobre toplinske zaštite primjerene za zgrade koje se koriste povremeno i samo kratkotrajno griju. [27]

Principijelno, toplotna ugodnost u prostoru, iako uveliko ovisi o vrstama i načinu toplotne izolacije objekta i sastavu vanjske ovojnice, ovisi u prvom redu od lokacije objekta, orijentacije objekta, elemenata okruženja i drugih faktora koje treba uzeti u obzir prilikom projektovanja zgrade, kao što su tlocrtna forma zgrade, vlažnost zraka, režim korištenja prostora u smislu grijanja, vjetrenja i sl.
Lokacija zgrade može povećati ili smanjiti topotne gubitke zgrade.
Najugodniji je položaj zgrade je u području zaštićenom od vjetra
Temperature su na takvim mjestima približno 2°C više nego u neutralnom položaju, što znači i do 20 posto manje toplotne gubitke objekta.

6.2. DIFUZNI TOKOVI U ZGRADAMA

U svakodnevnom govoru, za vodu u različitom agregatnom stanju koriste se i različiti nazivi. Uobičajeni naziv za vodu sadržanu u građevnom materijalu i u zraku je vlaga ili vlažnost.
Većina građevinskih materijala nikada nije potpuno suha već uvijek u svojim porama sadrži veću ili manju količinu slobodne vode. U materijal građevnih dijelova zgrade voda može dospjeti na različite načine. Građevni dijelovi zgrade trajno su izloženi promjenjivim rubnim uvjetima u pogledu vlage, koja na njih djeluje kao tekućina, kao kondenzat ili vlažnost zraka.
S vanjske strane zgrade djeluju:

- vodena para u vanjskom zraku,
- oborinska voda (kiša, snijeg i sl.) i
- vlaga u tlu, procjedna voda, podzemna voda, nakupljena voda pod pritiskom.

Iz prostora zgrade na građevne dijelove djeluju:

- vodena para u zraku koja je posljedica sušenja građevinske vlage kod novogradnji,

- vodena para u zraku koja je posljedica korištenja prostora zgrade (kuhanje, pranje, sušenje odjeće i sl.)
- kondenzirana voda na površini ili unutar građevnog dijela kada se ispune fizikalni uvjeti za kondenzaciju vodene pare,
- voda koja se izljeva u vlažnim prostorijama (kupatilo, kuhinja). [26]

Difuzija (prolaz) vodene pare kroz građevne dijelove objekta može predstavljati značajan problem koji vodi do oštećenja objekta i neugodnih pojava u unutrašnjem ptrostoru kao što su kondenz i plijesni, čime se u pitanje dovode higijesnki i zdravstveni uvjeti za boravak ljudi u prostoru.

Tradicionalno, objekti su zaštićavani od vlage iz temeljnog tla i atmosferske vlage različitim materijalima. Prelaskom na novije konstrukcije počele su se pojavljivati štete na građevnim elementima izazvane djelovanjem unutarnje vlage iz zraka zagrijane prostorije u zimskom periodu.
Ustanovljeno je da je često unutarnja vlaga opasnija od vanjske i da je apsolutna količina vlage unutarnjeg zraka zimi znatno veća od količine vlage vanjskog zraka.
Temperatura unutarnjih površina zidova zgrade zimi je uvijek niža od temperature zraka u prostoru. Pri određenim uvjetima, kao što su visoka relativna vlažnost zraka u prostoru (stalno iznad 70 %), premala termoizolacija fasade zgrade, toplotnii mostovi, ometano kretanje zraka uz konstrukciju (zavjese, namještaj, u uglovima) može se kondenzirati zračna vlaga na površini zida, što za posljedicu ima razvoj zidne plijesni.

Zrak kod određene temperature može primiti samo jednu određenu količinu vlage. To je maksimalna količina vlage koju zrak može primiti pri određenoj temperaturi, a naziva se zasićenje zraka. Zrak u kojem se krećemo uvijek sadrži određenu količinu vodene pare. To je vlažan zrak za razliku od suhog zraka koji ne sadrži vodenu paru.
Sadržaj vodene pare može se izraziti kao pritisak te pare na jedinicu površine.
Jedinica za pritisak, odnosno količina vodene pare, je 1 Pa (paskal) odnosno 1kPa.
Apsolutna vlaga označava stvarnu količinu vlage u zraku pri određenoj temperaturi.
Relativna vlaga je omjer postojeće količine vlage u zraku i maksimalne količine koju zrak kod određene temperature može primiti.

Relativnu vlagu (vlažnost zraka) izražava se u postotcima, odnosno ona pokazuje koji dio maksimalne količine vlage zrak stvarno sadrži (minimalna vlažnost u prostorijama zimi je 35 %).

Optimalna vlažnost propisana je pravilnicima, a ovisi o vrsti i namjeni prostorije. Za stambene i administrativne prostore optimalna vlažnost φi = 60%.
Relativna je vlaga vrlo važna u zatvorenim prostorima, jer utiče na psihofizičke funkcije čovjeka. Čovjek lakše podnosi visoke temperature ako je zrak suh, jer regulira tjelesnu temperaturu znojenjem. (Znojenjem, odnosno isparavanjem troši se tjelesna toplota i tako se tijelo hladi). Ukoliko je zrak zasićen vodenom parom on neće moći primiti dodatnu paru stvorenu znojenjem što može dovesti do toplotnog udara. Premali postotak vlage u zraku izaziva nelagodu, smetnje u dišnim organima, te pogodnost infekcijama. Razlog je pojačano isparavanje (tepisi, namještaj i dr.) koje stvara prašinu, a čestice prašine na vrućim grijnim tijelima stvaraju amonijak i druge plinove koji nadražuju sluznicu i izaziva oboljenja.

Kondenzat nastaje kada količina vlage u zraku pređe količinu maksimalne vlage kod određene temperature, moguće na dva načina:

- ako se u zasićeni zrak dodaju nove količine vodene pare višak će se kondenzirati i
- ako se zrak koji sadrži vodenu paru ohladi ispod točke rosišta višak će se kondenzirati. [25]

Temparatura rosišta označava onu temperaturu do koje se vlažan zrak može ohladiti da se postigne njegova puna zasićenost, odnosno postotak vlage u zraku 100%.
Do kondenzacije dolazi kad je temepatura neke površine manja od temperature rosišta zraka koji tu površinu dodiruje. Da bi se to spriječilo građevinski element mora imati dovoljan otpor prolasku toplote Ro.
Važna posljedica povećane vlažnosti materijala jest slabljenje termoizolacione sposobnosti što je posebno nepoželjno kod termoizolacionih materijala.
Jedan od uzroka vlaženja u unutrašnjosti sklopa je i kondenzacija difuznog toka vodene pare. Zimi je koncentracija vodene pare u zraku grijanog prostora viša od koncentracije vodene pare u vanjskom zraku. Zbog težnje da se koncentracije izjednače, vodena para iz prostora boravka prodire kroz zidni sklop prema van. Ta se pojava naziva difuzijom vodene pare.

Što je topliji i vlažniji zrak u prostoru boravka i što je hladnija i suša okolina, to je snažniji difuzijski prijenos vodene pare.
Zbog različitih temperatura u zgradi i izvan nje temperatura pojedinih slojeva snižava se od unutra prema van. Vodena para koja prolazi od toplijih slojeva prema hladnijim kod neugodnih se kombinacija temperature i relativne vlažnosti kondenzira na određenome mjestu u konstrukciji.
Do kondenzacije u konstrukciji dolazi češće kada je toplinska izolacija na unutarnjoj strani ili iza sloja parne brane na vanjskoj strani toplinske izolacije. Osnovno pravilo za odgovarajući sastav glasi: na unutarnjoj strani konstrukcije mora biti materijal s manjom propusnosti vodene pare i niskom toplinskom izolativnosti, na vanjskoj strani s visokom propustljivošću i visokom toplinskom izolativnsti. Kako bi se spriječila kondenzacija vodene pare, u konstrukciju se na unutarnju toplu stranu toplinskoizolacijskog sloja ugrađuje parna brana ili parna zaporka koja spriječava prekomjeran ulaz difuznog toka u unutrašnjost. Sastav konstrukcije je usprkos mogućoj pojavi kondenzacije u zimskom razdoblju odgovarajući ako se konstrukcija tijekom ljeta posuši.

Vodena para prodire sa zrakom u sve šupljine i pore građevinskog materijala, osim nepropusnih materijala, a to su metali. No gibanje pare nije uvijek vezano za strujanje zraka ili pritisak vjetra, već se često ponaša kao da nema zraka.
Vodena para se u prostoriji raspoređuje jednolično dok se toplota ne raspoređuje jednolično. Topli zrak se diže pa je temperatura ispod stropa kod normalnih stropnih visina za oko 4°C viša od temperature uz pod. Zbog jednoličnog pritiska pare biti će uz pod veća relativna vlaga, a manja uz strop.
Kod velike razlike u vanjskoj i unutarnjoj temperaturi (zimi 15°- 30°) nastaje i znatna razlika u parnom pritisku. Vodena para visokog pritiska unutarnje prostorije nastojat će prodrijeti prema vanjskom nižem pritisku.

Svaki građevinski materijal, ovisno o svojoj strukturi, pruža određeni otpor difuziji vodene pare. Kao mjera za taj otpor koristi se karakteristika materijala nazvana faktor otpora difuziji vodene pare, μ. *To je veličina bez dimenzija. Njena brojčana vrijednost pokazuje koliko je puta veći otpor difuzijskom prolasku vodene pare kroz promatrani građevinski materijal nego kroz sloj mirnog zraka jednake debljine i jednake temperature. Naime, u usporedbi s građevinskim materijalima, zrak pruža najmanji otpor difuziji vodene pare.[26]*
U najvećem broju slučajeva dobre toplotne izolacije su loši difuzni izolatori i obratno.

Materijal koji ima podjednake vrijednosti toplinsko difuzne izolacije je pjenušavo staklo (foam-glass) i djelomično styrodur.
Difuzni otpor građevinskog materijala ovisi o njegovoj strukturi i količini pora.
Vodena para ulazi u materijale difuzijom ili kapilarnim vlaženjem (materijal s vrlo sitnim porama-kapilarima "navlači" vlagu kapilarnim djelovanjem).

Prema paropropusnosti građevinske materijale svrstava se u sljedeće grupe:

- *Organske materijale* koji su propusni zbog velike količine površinskih pora te su *higroskopni (Higroskopnost je svojstvo čvrstih ili tekućih tvari da upijaju ili zadržavaju vodu iz okoline*);
- *Pečene mineralne materijale* čija propusnost ovisi o vrsti i kvaliteti (obična opeka, klinker pločica). U pravilu opeka zbog svoje poroznosti lako upija vlagu ali ima sposobnost samoisušenja;
- *Građevinski materijali s dodacima veznog materijala* - betoni i malteri. Uslijed takozvanog bubrenja betona, do kojeg dolazi ako suhi odležali beton vlažimo, nastaje samobrtvljenje betona što pojačava difuznu izolaciju materijala, te se jake betone i cementne maltere smatra difuzno jačim materijalima (ukoliko nema većih pukotina nastalih prilikom izvedbe).

Vanjski građevinski element (zid) treba projektovati tako da u njemu ne dođe do kondenzacije vodene pare koja se difuziono kreće kroz zid.
Kondenzaciju treba spriječiti u sloju zida koji je osjetljiv na promjenu vlažnosti (termoizolacioni sloj, drvo i sl.).
Za materijale koji nisu osjetljivi na promjenu vlažnosti kondenzacija je dozvoljena u određenim granicama, ali tako da ne dođe do oštećenja materijala.
Oštećenja se neće pojaviti kad je kondenzovana vodena para na završetku razdoblja difuzije vodene pare (završetak zimskog perioda) manja od najveće dozvoljene vlažnosti tog materijala, odnosno kad se ukupna količina vodene pare može isušiti u ljetnom periodu. [4]

Parne brane su materijali s velikim difuznim otporom odnosno difuzne izolacije, a mogu biti potpune parne brane (metali, staklo) ili djelomične (sintetske i sintetsko-bitumenske trake).
Kao parne brane koriste se:

- metalne folije (zaštićene) ili limovi (Al, Cu) – albit, albifol, alumka i sl.,

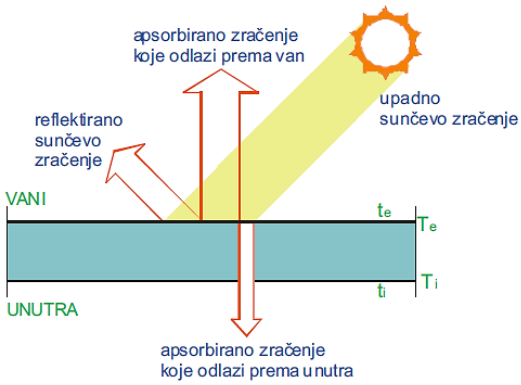
- višekratni uljni namazi i lakovi,
- sintetske (PE-okiten višeslojan, PVC) ili sintetskobitumenske trake s uloškima,
- asfaltni i parafinski slojevi,
- neprekidane gumene trake i folije i
- pjenušavo staklo (foam glass).

6.3. DJELOVANJE SUNČEVOG ZRAČENJA

Ljeti sunce zagrijava vanjske obodne konstrukcije građevinskog objekta. Zagrijavanje i akumulacija toplote vanjskih konstrukcija ovisi o vrsti materijala, boji materijala, strani svijeta i temperaturi zraka.
Kada sunčevo zračenje padne na neku vanjsku površinu građevinskog elementa, dio energije će element apsorbirati (upiti), dio će reflektovati (odbiti), a dio propustiti.
Kod kratkotalasnog sunčevog zračenja od presudnog uticaja je boja površine građevinskog elementa: što je je boja svijetlija površina će odbijati /reflektovati) veću količinu enegije, a manje apsorbirati.

Ukupno Sunčevo zračenje na površinu Zemlje, za vedrog neba, iznosi oko 1000 W/m^2. Dio tog zračenja može se pasivno koristiti i kao toplinski dobitak zgrade, preko:

- transparentnih površina u ovojnici zgrade (npr. prozori),
- negrijanih ostakljenih prostora (zimskih vrtova) smještenih uz objekat,
- neprozirnih vanjskih građavinskih dijelova zgrade,
- transparentne termoizolacione ovojnice zgrade.

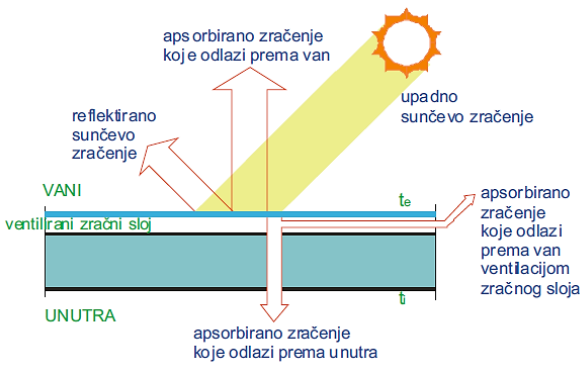


Slika 6.6. Djelovanje Sunčevog zračenja na ravnu građevinsku plohu

Vrijednost Sunčevih toplinskih dobitaka ovisna je o:

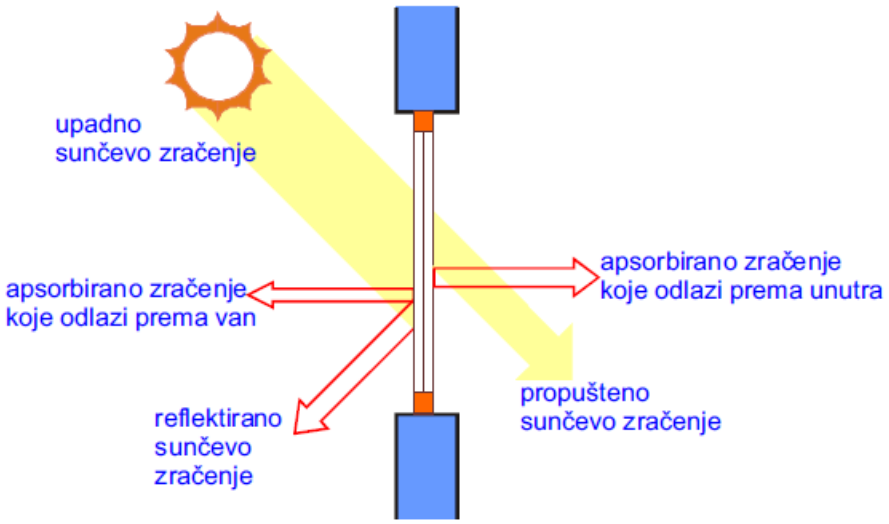
- lokaciji i orijentaciji površine koja prima Sunčevo zračenje,
- nagibu prijemne plohe prema horizontalnoj ravni i
- efektivnoj sabirnoj površini plohe koja prima Sunčevo zračenje. [26]

Kod zgrade koja je optimalno orijentirana u odnosu na Sunčeve toplinske dobitke može se znatno smanjiti potrošnja energije za grijanje prostora. Pretežni dio Sunčevog zračenja koje kroz ostakljenu plohu prodire u



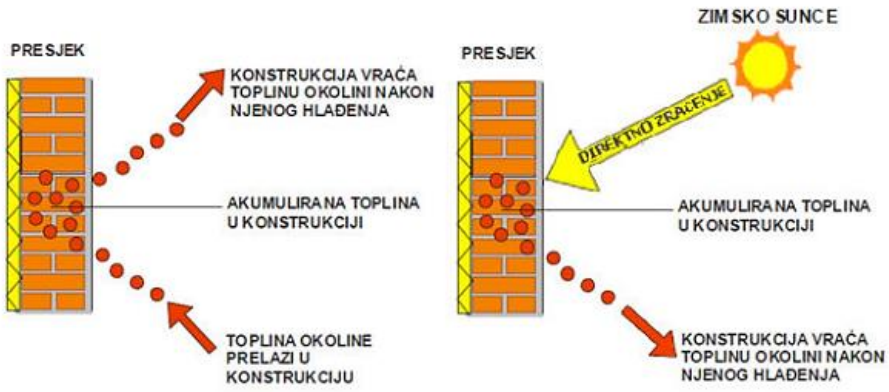
Slika 6.7. Djelovanje Sunčevog zračenja na u građevinsku plohu s ventiliranom oblogom

prostoriju apsorbiraju građevinski dijelovi koji ograđuju prostor i ono se pretvara u dugovalno toplinsko zračenje.



Slika 6.8. Djelovanje sunčevog zračenja na ostakljenu površinu objekta

Staklo nije propusno za dugovalno toplinsko zračenje pa toplota ostaje zarobljena u prostoriji povećavajući njenu temperaturu. Ta pojava se zimi, te u proljeće i jesen koristi za smanjenje potrebne energije za grijanje prostorija, ali ljeti, ona vodi ka neželjenom pregrijavanju prostorije, što je potrebno ograničiti pomoću odgovarajućih mjera zaštite ostakljenih površina od Sunčeva zračenja tokom ljeta.



Slika 6.9. Izvori akumulacije toplote u građevinskim elementima

Da bi se ostvarili što bolji preduvjeti za akumulaciju toplote u građevinskim elementima, potrebno je materijale s većom specifičnom težinom u višeslojnim pregradama postaviti s unutrašnje, tople strane. To znači da termoizolaciju obodnih konstrukcija uvijek treba postavljati s vanjske strane.

Sunčevo zračenje koje pada na jedinicu površine nekog građevinskog elementa razlaže se u nekoliko dijelova. Omjer tih dijelova ovisi o koeficijentu apsorpcije, refleksije i transparentnosti površine građevinskog elementa na koji pada Sunčevo zračenje. Količina apsorbiranog kratkovalnog Sunčevog zračenja ovisi najviše o boji površine građevinskog elementa. Svijetle boje više reflektiraju Sunčevo zračenje, a tamne površine puno vise apsorbiraju Sunčevu energiju.

Koeficijent apsorpcije za bijelu boju je 20-30 %, a za crnu 90-100 %.
S obzirom na poziciju u objektu, ravni krov se zagrijava najviše, a južna fasada npr. znatno više od sjeverne.
Toplinsko difuzni tokovi u konstrukcijama, u ljetnom periodu, biti će obrnuti od zimskih. Toplota i vlaga prolazit će izvana prema unutra. Zato se konstrukcije treba proračunvati i za zimsku i za ljetnu toplinsku stabilnost.
Toplota zagrijane fasade prenosi se na unutarnju površinu te dolazi do zagrijavanja prostorije. Zato je važno da konstrukcija bude takva da do zagrijavanja unutarnje prostorije dođe što kasnije (kad na fasadi dolazi do pada temperature - predvečer) odnosno da je potreban što veći vremenski razmak između početka zagrijavanja fasade i unutarnje površine zida, koji se naziva *fazni pomak*.
Konstrukcija treba biti takva da je temperatura unutarnjeg zida što Manja, odnosno da konstrukcija ima određeno toplotno prigušenje. Ovo je jedan od razloga korištenja ventilirane fasade, kojom se ostvaruje dobar fazni pomak. O elementima i načinu izgradnje ovih fasada bilo je riječi u prethodnim poglavljima.

6.4. AKUSTIKA I DJELOVANJE ZVUKA U OBJEKTIMA

Zvuk, kao fizikalna pojava titranja čestica u elastičnoj sredini, predstavlja uobičajeno sredstvo ljudske komunikacije. Danas gotovo da nema trenutka u kojem se zvuk može isključiti iz životnih funkcija. Stoga je jasno da je zvuk od velike važnosti čovjeku. Gotovo sve pojave ili procesi u životnom okruženju stvaraju neki zvuk.
Elastična sredina podrazumijeva zrak, odnosno gasove i tečnosti, te krute materijale.
Zvučni talasii se ne mogu širiti kroz vakuum. Ovi talasi se kroz različite medije kreću različitim brzinama. Brzina ovisi i o temperaturi medija kroz koji se zvuk kreće. U zraku se pri temperaturi od 20°C ti talasi kreću brzinom od 300 m/s, u vodi se kreću približnom brzinom od 1500 m/s, dok se u željeznoj žici kreću brzinom od 5000 m /s.

Što je materijal gušći, zvuk se kroz njega prenosi duže i brže.

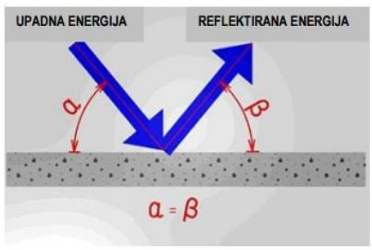
Zvučni talas ima svojstvo da se ciklički ponavlja u vremenu pa se jedno takvo ponavljanje naziva talasnim ciklusom. Frekvenciju talasa definše se kao broj talasnih ciklusa koji se ponavlja u jednoj sekundi.
Učestalost ponavljanja zvučnih talasa naziva se frekvencija zvuka.
Frekvencija se mjeri u Hz (Hertz-ima), a označavo je sa *f*. Frekvencija od 100 Hz označava učestalost, odnosno ponavljanje jednog talasnog ciklusa 100 puta u sekundi.
Prosječno ljudsko uho može čuti zvukove frekvencijskog raspona od 16 Hz do 20 000 Hz (20 kHz). Sve frekvencije ispod 16 Hz nazivaju se infrazvuk, a frekvencije više od 20 000 Hz nazivaju se ultrazvuk.

Zvuk koji se širi zrakom naziva se zračni zvuk i ponaša se tako da s udaljenošću slabi, odnosno zvučni talas gubi energiju (kao kamenčić bačen u vodu).

Zvuk se razmatra sa dva aspekta, subjektivno ili psihološko i objektivno ili fizikalno značenje zvuka. U prvom smislu zvuk je vezan za sam čovjekov sluh, a u drugome to je energija koja se širi i onda kada nema uha koje bi je otkrilo. Za građevinsku akustiku bitno je subjektivno razmatranje zvuka jer se ovdje razmatraju zvučne pojave koje čuje normalno ljudsko uho, a i konačan sud o akustičkoj kvaliteti neke prostorije donosi se na temelju slušanja. [29]

Kod razmatranja širenja zvuka u zatvorenom prostoru važno je razmotriti pnašanje zvučnog talasa.

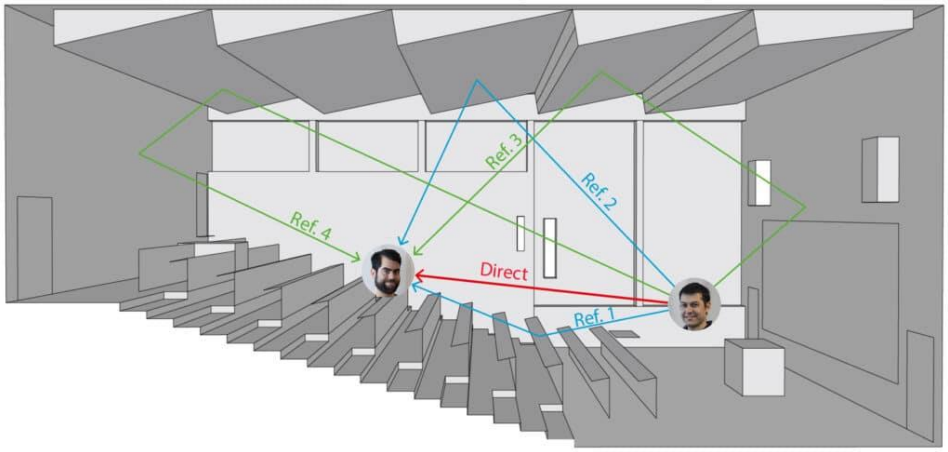
Zvučni tlas udara u površinu konstrukcije objekta, prije nego znatno oslabi. Zvučno polje u zatvorenom prostoru nije sferno i ovisi o geometriji i akustičkim svojstvima tih površina. Volumen prostorije i udaljenosti između izvora zvuka, površine konstrukcija i mjesta slušanja također su važni. Zvuk se na određenom mjestu slušanja u prostoriji sastoji od direktnog i reflektiranog zvuka. Direktan zvuk jest zvuk koji se još nije odbio od neke površine. Zbir svih reflektiranih zvukova zove se *reverberacijsko zvučno polje*. To polje sastoji se od svih zvukova koji su se odbili jedanput, dvaput ili više puta od površine konstrukcije objekta. Zvuk koji je reflektiran jednom zove se prva refleksija, dvaput druga refleksija itd. [29]



Slika 6.10. Refleksija zvuka o glatke površine građevinskog elementa

Veći dio energije zvučnog talasa reflektira se kad udari o površinu tvrdog građevinskog materijala. Ugao upada 'a' jednak je uglu

refleksije 'b' za ravne površine. Ako se površina ne može smatrati ravnom, refleksija će biti difuzna.



Slika 6.11. Reverberacijsko polje u amfiteatralnom prostoru

Refleksija zvuka nikad nije potpuna kao što je prikazano na slici 6.10. čak i kod vrlo tvrdih građevinskih materijala. Betonski zid, npr. tipično ima koeficijent apsorpcije 1% pri niskim frekvencijama, a 3% pri visokim frekvencijama.
Refleksija zvučnog talasa, kad on udari u materijal, događa se zbog posebnog akustičkog svojstva koje se može nazvati akustički otpor *(akustička impedancija)*.
Svi materijali imaju svoj akustički otpor, od vrlo malog kod zraka, do vrlo visokog kod, npr. betona, stakla, keramičkih pločica itd. [29]

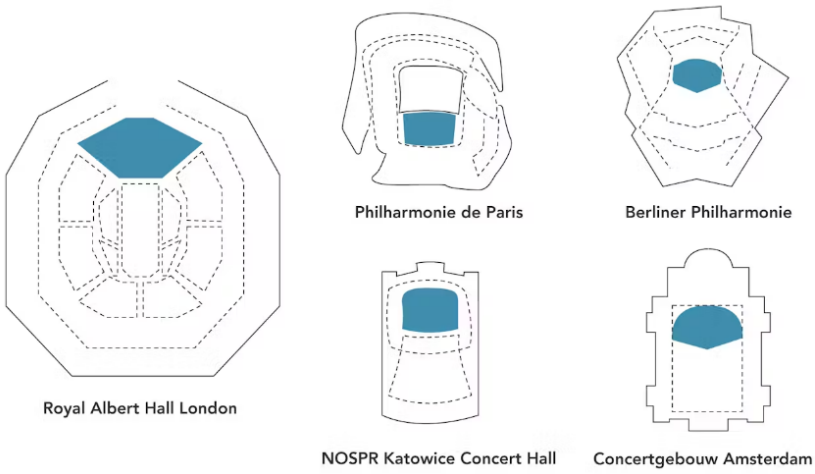
Odbijanje zvuka u prostoru može stvoriti jeku, odnosno veliku koncentraciju zvuka koja zvuk čini nejasnim usljed velikog broja refleksija.
Da bi se to izbjeglo koriste se difuzne površine, izrađene od materijala koji disperzuju (rasipaju) ili apsorbuju višak zvuka.
Difuzni paneli različitih oblika montiraju se na zidove i stropove prostorija i dimenzioniraju se prema talasnoj dužini zvuka koji trebaju raspsršiti ili upiti. Ovo je naročito važno kod prostorija u kojima se traži visok kvalitet zvuka, predavaonica, pozorišta koncertnih dvorana i sl.
Ovakvi objekti zahtijevaju veoma složene projekte akustike u sklopu izvedbenih projekata. Okvirno se za difuzne panele uzima pravilo da izbočine moraju doseći najmanje jednu sedminu talasne dužine zvuka.

Građevinska akustika zato ima zadatak da u prostorijama stvori uvjete za dobro i ugodno slušanje. Pritom trebaju biti zadovoljni ne samo slušači, nego i govornik.

Da bi se postiglo dobru akustiku u prostoriji, potrebno je zadovoljiti sljedeće uvjete:

- u prostoriji ne smije biti buke, ni unutarnje niti vanjske,
- zvuk u prostoriji mora biti dovoljno glasan na svim mjestima,
- u prostoriji ne smije biti jeke,
- glasnoća zvuka mora biti približno jednaka posvuda, što znači da na mjestima udaljenijim od izvora zvuka, izvornom zvuku treba dodati reflektirani zvuk od prikladno postavljenih ploha u prostoriji,
- u prostoriji ne smiju nastati neželjene rezonancije,
- odjek mora biti dovoljno malen da bi se izbjegla preklapanja uzastopnih zvukova u govoru i muzici pa zbog toga direktan zvuk mora biti u određenom odnosu prema reflektiranom zvuku. [29]

Akustičke karakteristike prostora ovisiće o njegovoj veličini, odnosno volumenu, obliku prostorije, kvalitetu i vrsti ugrađenih materijala.
Generalno, se smatra da je najznačajniji faktor "dobre akustike" prostora njegov oblik.
Prilikom projektovanja, pažnju je potrebno posvetiti svim plohama prostorije. (pod strop, zidovi, balkoni u koncertnim halama i sl.)
Ovdje je naravno najvažnija činjenica da zvuk dolazi do slušatelja što kraćim putem. Odnosno da je vrijeme reverberacije što kraće.



Slika 6.12. Tlocrtne forme koncernih dvorana s najboljom akustikom

Najpovoljniji je oblik prostorije kod kojih su udaljenosti zvučne zrake od govornika pa do najudaljenijeg slušatelja gotovo jednake. Da bi slušatelji mogli govornika dobro čuti, moraju se nalaziti unutar ugla od ± 45° ispred govornika.

Royal Albert Hall, London
Godina otvaranja: 1871.
Kapacitet: 5098
Zapremina: 8.6650 m^3
Reverberacija:
djelimično puna -3.1 sekunda
puna dvorana -2.4 ssekunde

Concertgebouw, Amsterdam
Godina otvaranja: 1888.
Kapacitet: 2037
Zapremina: 18.780 m^3
Reverberacija:
djelimično puna -2.6 sekundi
puna dvorana -2.1 sekunde

Berliner Philharmonie, Berlin
Godina otvaranja: 1963.
Kapacitet: 2440
Zapremina: 21.000 m^3
Reverberacija:
djelimično puna -2.2 sekundi
puna dvorana -1.9 sekunde

Philharmonie de Paris
Godina otvaranja: 2015.
Kapacitet: 2400
Zapremina: 37.700 m^3
Reverberacija:
djelimično puna -3.1 sekundi
puna dvorana -2.6 sekunde

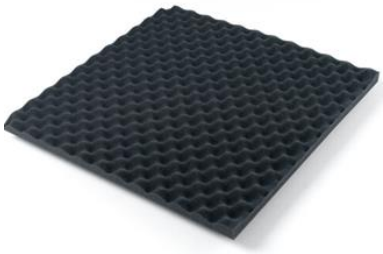
NOSPR Katowice
Godina otvaranja: 2014.
Kapacitet: 1800
Zapremina: 22.000 m^3
Reverberacija:
djelimično puna -2.3 sekundi
puna dvorana -2.1 sekunde

Minimalna specifična zapremina dvorane po slušatelju je 6,5 m^3 ispod kojega se ne bi smjelo ići ako se želi postići akustička kvaliteta. Optimalno bi bilo cca. 7–8 m^3 po slušatelju. U slučaju većih zapremina dvorana, podrazumijeva se postavljanje apsorbera i difuznih panela.

Kad se govori o apsorpcijskim materijalima ili o apsorpcijskim konstrukcijama, misli se na one kojima je osnovni zadatak da svojim akustičkim svojstvima proizvedu kontroliranu apsorpciju (upijanje zvuka).
Svrha takvih akustičkih materijala i elemenata u praksi je da:

- skrate vrijeme odjeka,
- otklone pojavu jeke i
- priguše buku.

Zvuk se u nekom materijalu apsorbira na taj način što se pretvori u drugi oblik energije i, konačno, u toplotu.
Tipični porozni apsorpcijski materijali su tekstilni proizvodi od vune, pamuka i svile, ploče od biljnih niti (koks, juta i dr.), mineralna vuna, strugotine od drveta, staklena vuna itd. U njima se zvuk apsorbira na taj način što on potakne zrak u porama na titranje pa se trenjem zraka o stjenke pora zvučna energija „poništava", tj. pretvara u toplotu. [29]

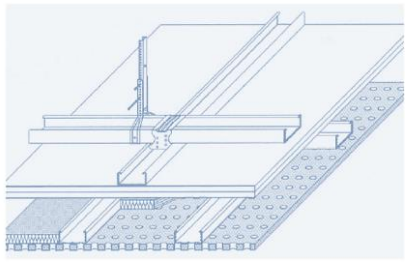


Slika 6.13. Zidni/stropni modularni apsorberi

Materijali koji se koriste za izoliranje zidova i stropova su različiti tipovi akustičnih panela. To su najčešće perforirane ploče od mekanih materijala kakvi su spužva, melaminska pjena, poliuretanska pjena i sl.
Princip njihovog rada je da svaki mali prorez ili rupa djeluju kao centar refrakcije (lomljenja zvučnog talasa) zvučne energije i na taj način upijaju zvuk.
Postavljanje panela na određeni razmak od zida, u kombinaciji s izolacijskim materijalom između, omogućava panelima apsorpciju tonova visokog frekvencijskog područja. [29]

Veoma bitna razlika u prenošenju zvuka kroz zidove i podove je činjenica da se o zidove odbija zračni zvuk, dok se udarima o pod, hodanjem, pomjeranjem namještaja i sl. stvara tzv. *udarni zvuk* koji se prenosi kroz slojeve poda, zida i međuspratne konstrukcije.
Jednako se tako može prenijeti i buka. Pod bukom se smatra svaki zvuk neugodan za čovjekovo uho, neželjen ili ometajući zvuk.
Strogo gledano, zvuk iznad 60 dB smatra se psihološki ometajućim, zvuk od 60 do 90 dB smeta čovjeku na fiziološkom nivou, a zvuk preko 90 dB može prouzrokovati fizičko oštećenje sluha.
No međutim, buka nije samo prejak zvuk, nego i neugodan, ponavljajući, neželjen zvuk koji smeta čovjeku.

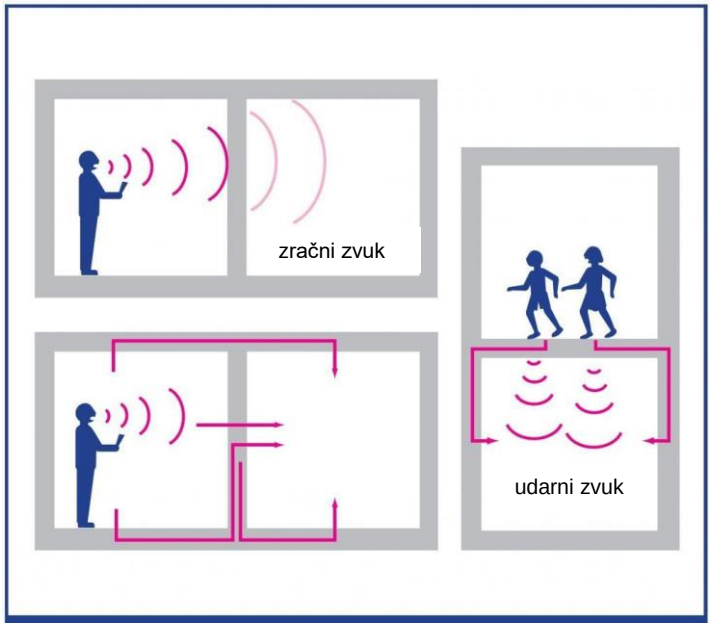
Decibel (oznaka dB) je jedinica razine neke fizikalne veličine (razine snage, napona, struje, jačine zvuka i sl.).



Slika 6.14. Rezonancijski stropni apsorber – montaža

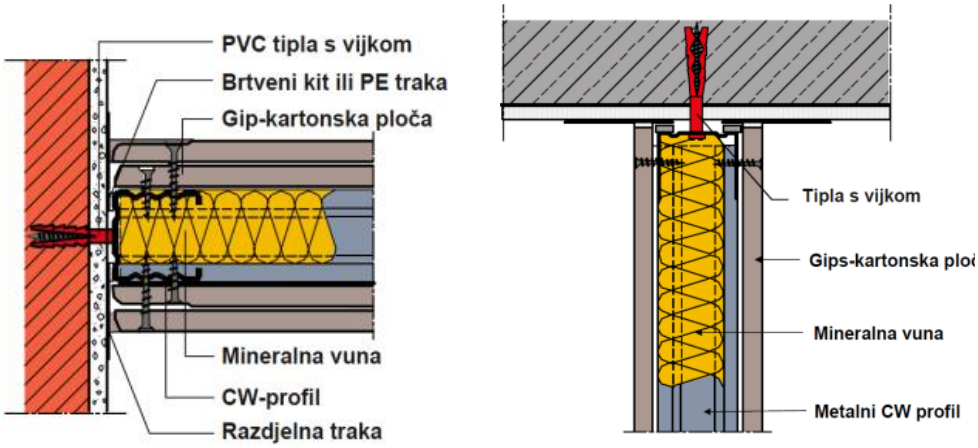
Izolacija buke od hodanja odnosi se na zvučnu izolaciju stropova i stepenica. Tu za zadovoljavajuću akustičnu kvalitetu treba po mogućnosti težiti izolaciji od 40 dB između stanova, te 45 dB unutar stana ili porodične kuće.

Udarni zvuk koji nastaje i širi se preko međuspratnih konstrukcija eliminira se izvedbom tzv. plivajućih podova, u sklopu kojih se postavlja adekvatan izolacijski materijal (najčešće mineralne vune). S obzirom da je zvuk mehaničko titranje talasa, kada ti talasi naiđu na međusobno isprepletena vlakna mineralne vune, dolazi do apsorpcije te zvučne energije i pretvaranja iste u drugi oblik– toplotnu energiju.



Slika 6.15. Shematski prikaz zračnog i udarnog zvuka

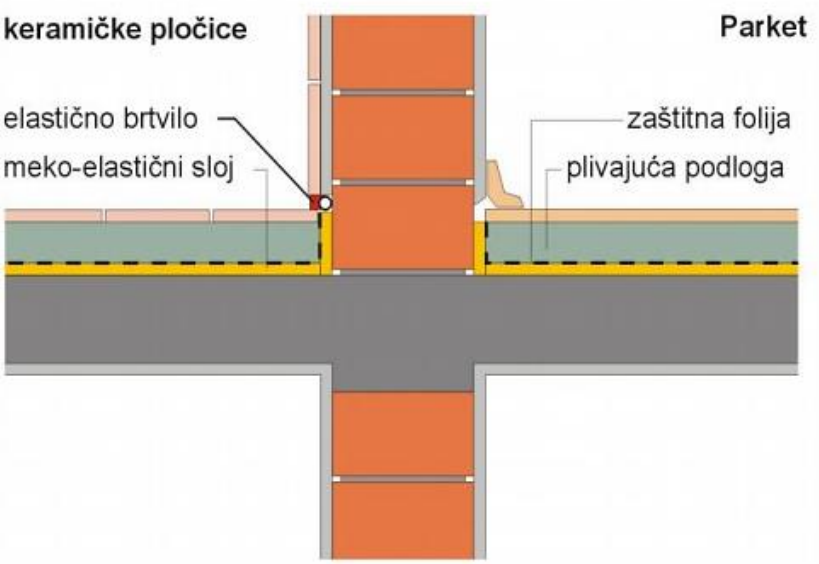
Zračni zvuk, generalno gledajući, učinkovito se zaustavlja masivnom konstrukcijom što iziskuje znatna statička opterećenja i kompliciraniju izvedbu. Nasuprot tome, sistemom *mala masa – opruga – mala masa* postiže se jednak, pa čak i kvalitetniji rezultat po pitanju poboljšanja zvučne izolacijske moći pregrade.



Slika 6.16. Detalji spojeva gipskartonskih zidova

Gipskartonske pregrade rađene po sistemu duplog platanja (dvostruka ploča s jedne i druge stane zida) s ispunom od mineralne vune ili drugog apsorbirajućeg materijala predstavljaju dobre zvučne izolatore između prostorija.
S obzirom na malu težinu materijala postavljaju se kao akustičke pregrade i na već postojeće zidove između stanova ili kao dodatna izolacija.

Mala masa u ovom slučaju predstavlja završnu oblogu (gipskartonska ploča, lamperija i sl.) dok oprugu predstavlja mineralna vuna.



Slika 6.17. Brtvljenje slojeva plivajućeg poda na spoju sa zidom

Ta vlaknasta struktura također je izuzetno bitna prilikom spriječavanja prijenosa zvuka u masivnu konstrukciju. Iz tog razloga je poželjno ugraditi elastični materijal s nižom vrijednošću dinamičke krutosti unutar tzv. *plivajućeg poda* kod kojeg podna površina leži na sloju izolacijskog materijala, koji bitno umanjuje prijenos nastalog udarnog zvuka u prostore ispod, ali i okolne prostorije. [29]
Međuspratne konstrukcije, dakle, podrazumijevaju zadovoljavajuću izolaciju od zračne i udarne buke, a zidovi samo od zračnog zvuka, jer je pretpostavka da će udari u zid biti rijeđi.

Pri tome treba paziti da se izolacijski materijal (mineralna i staklena vuna, stiropor, pluto, guma) provuče i bočno te oko cijevi i kanala koji vertikalno probijaju konstrukciju i na mjestu spoja podne konstrukcije sa zidom, da bi se izbjegli tzv. *zvučni mostovi*.

Uz sve navedene mjere, važno je voditi računa i o zvučnoj izolaciji prozora, vrata i ostalih građevinskih elemenata, što se postiže većim brojem slojeva, ugrađivanjem termoizolacionih, mekših, materijala na spojeve konstrukcije prozora sa zidom i sl.
O svim ovim principima, kao i principima zaštite od buke na nivou projektovanja objekta i urbanističkom nivou, bilo je riječi u ranijim poglavljima.

7. ENERGETSKA EFIKASNOST OBJEKATA

7.1. Shema energetski efikasne kuće

U prethodnom poglavlju ukratko su objašnjeni osnovni fizikalni procesi u građevinskom objektu, na njegovoj ovojnici i u unutrašnjosti, kao što su toplotnitokovi, prolaz energije, difuzija vlage i sl.

Ta saznanja poslužit će kao uvod u poglavlje o energetskoj efikasnosti ili energetskoj učinkovitosti kao veoma aktuelnoj temi u suvremenom graditeljstvu.

Generalno se pod energetskom efikasnošću smatra, zbir isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije tako da stepen udobnosti i stopa proizvodnje ostanu iste.

Kada se ova definicija primjeni na građevinski objekat to bi značilo sve mjere koje se u objektu poduzimaju da bi on trošio manje energije za grijanje, hlađenje, pripremu tople vode, rasvjetu i sl.

Ove mjere nazivaju se mjere povećanja energetske efikasnosti objekta i podrazumijevaju sve faze izgradnje objekta, od projektovanja preko građevinskih i zanatskih radova, do mjera koje se poduzimaju tokom eksploatacije objekta.

Energetsku efikasnost ne treba poistovjećivati s uštedom energije jer bi to podrazumijevalo određena odricanja, ovdje je smisao u

jednakoj ili boljoj kvaliteti življenja u prostoru koja se provedenim mjerama postiže.
Kao disciplina koja u obzir uzima sva načela arhitektonske i građevinske struke i kombinuje ih s principima energetskog planiranja i analize, energetska efikasnost je sveobuhvatna i podrazumijeva, osim projektantskih, i složena tehničko-tehnološka rješenja termotehničkih sistema u objektu, elektroinstalacija, sistema pripreme tople vode, rekuperacije i sl.

U ovom dijelu udžbenika apostrofiraće se arhitektonske i građevinske mjere poboljšanja energetskih karakteristika građevinskog objekta., s kratkim osvrtom na nova tehnološka rješenja termotehničkih sistema.

7.1. PRINCIPI ENERGETSKI ODRŽIVOG GRAĐENJA

Energetski i ekološki održivo graditeljstvo teži:

- smanjiti gubitke toplote iz zgrade poboljšanjem toplinske zaštite vanjskih elemenata i povoljnim odnosom ovojnice/oplošja i volumena zgrade,
- povećati toplotne dobitke u zgradi povoljnom orijentacijom zgrade i korištenjem Sunčeve energije,
- koristiti obnovljive izvore energije u zgradama (biomasa, sunce, vjetar i dr.), te
- povećati energetsku efikasnost termoenergetskih sistema.

Cilj mjera energetske efikasnosti je ukupno smanjenje utroška energije, odnosno ušteda koja na kraju rezultira zaštitom okoliša, odnosno očuvanjem prirodnih resursa.

Mjere energetske efikasnosti ranije se nisu primjenjivale pa su prosječno stare kuće godišnje trošile 200-300 kWh/m^2 energije za grijanje. Danas, standardno izolirane kuće troše ispod 100 kWh/m^2, a suvremene niskoenergetske kuće oko 40 kWh/m^2, i pasivne kuće 15 kWh/m^2 i manje.
Energijom koja se, potroši u prosječnoj kući u Bosni i Hercegovini, mogu se zagrijati 3–4 *niskoenergetske kuće* ili 8 – 10 *pasivnih kuća.*

Primjena mjera energetske efikasnosti u građenju objekata na našim prostorima, novijeg je datuma i kao institucionalizirana obaveza još nije ustanovljena na cijelom prostoru BiH, ali je dio mjera prilagođavanja zakonodavstvu Evropske unije, koje je država preuzela.

Osim zaštite okoliša, cilj energetske efikasnosti je i ekonomska ušteda koja se postiže kroz manju cijenu energije potrebne za zagrijavanje objekta jer su kod objekata bez adekvatne izolacije gubici energije veliki.
Nedovoljna toplotna izolacija zimi dovodi do povećanih gubitaka, hladnih obodnih konstrukcija, oštećenja nastalih kondenzacijom (vlagom), te pregrijavanja prostora ljeti. Posljedice ovih procesa su oštećenja konstrukcije i neudobna životna sredina.

Poboljšanjem termoizolacionih karakteristika zgrade moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka toplote iz građevine za prosječno 40-80 %. Ovo je izuzetno važno u energetskoj sanaciji postojećih objekata, koji su najveći potrošači energije, pa samim tim imaju veliki potencijal za uštedu.
Do donošenja propisa u bivšoj državi pod nazivom "Toplotna tehnika u građevinarstvu, tehnički uvjeti za projektiranje i građenje zgrada" 1987. godine, nisu postojali propisi za ugradnju termoizolacije na fasade objekata. Većina objekata građenih nakon toga za termoizolaciju fasada koristila je polistirenske obloge debljine oko 5 cm, ili termožbuku u debljini sloja 2-3 cm, što je i dalje nedovoljna izolacija.

Procjena je da više od 75 % naseljenih zgrada u Bosni i Hercegovini ima nezadovoljavajuću toplinsku zaštitu, s prosječnom potrošnjom energije za grijanje prostora veće od 200 kWh/m^2.

Prosječna godišnja potrošnja energije u jednom bosanskohercegovačkom domaćinstvu kreće se oko 7900 kWh. Razlozi ovako visoke potrošnje leže u tome što je najveći broj objekata izgrađen 70-ih i 80-ih godina, prije donošenja propisa o obaveznoj toplinskoj zaštiti.
Dodatno tu su pogrešna orijentacija objekta, nedovoljna izolacija objekta, slaba kvaliteta prozora i još mnogo razloga.

Energetskom obnovom ovih objekata, moguće je postići uštedu u potrošnji toplinske energije od preko 60 %. Osim zamjenom prozora, najveće uštede mogu se postići izolacijom vanjskog zida.

7.2. POTROŠNJA ENERGIJE U ZGRADAMA

Fizika energiju definiše kao sposobnost tijela da izvrši rad. Energiju samu po sebi nije moguće spoznati čulima, ali njene učinke naravno jeste - kretanje, toplota, svjetlost, zvuk, itd.
Svakodnevno pod energijom podrazumijeva se toplinsku, električnu, svjetlosnu i druge vidove energije koju koristimo za grijanje, hlađenje, kuhanje i sl.

Promjene oblika energije prema zakonima prirode definisao je nemački filozof i fizičar Helmholtz. Prema njegovoj definiciji "u izolovanom sistemu (koji nije u vezi sa okolinom), zbir svih količina energije ne mijenja se s vremenom". Energija, dakle, može prelaziti iz jednog oblika u drugi, no pri tome ukupna količina energije ostaje konstantna.
Jedinica za energiju je Džul (oznaka: J), često se upotrebljavaju i izvedeni oblici (kJ, MJ, PJ, itd.). Ipak, u svakodnevnom životu puno se češće upotrebljava ekvivalentna jedinica Ws (watt second, 1J = 1 Ws), a posebno njen izvedeni oblik kWh.

U energetici je najpogodnija podjela energije prema stepenu pretvaranja iz oblika koji se ne mogu neposredno koristiti. Ova podjela je sljedeća:

- primarna enerija koja je sadržana u nosiocu energije tj. energentu (nafta, gas, ugalj),
- sekundarna energija dobijena energetskom transformacijom iz primarne energije (npr. električna energija dobijena iz uglja u termoelektrani, te elektrane), a pri tome dio primarne energije se gubi zbog neefikasnosti transformacije,
- neposredna (konačna) energija koja dolazi do krajnjeg korisnika, dakle do domaćinstva, pri tome dio sekundarne energije se izgubi zbog gubitaka u prenosu i distribuciji energije,
- korisna energija kao energija za zadovoljavanje potreba krajnjih korisnika, npr. toplota električne grijne ploče na štednjaku, a pri tome dio konačne energije se takođe gubi zbog neefikasnosti transformacije korišćenih uređaja.

Izvori energije dijele se na obnovljive i neobnovljive. Karakteristika obnovljivih izvora energije jeste da su neiscrpni, odnosno neprestano se obnavljaju u prirodi.
U obnovljive izvore energije ubrajaju se: sunčeva energija, energija vjetra, energija vode i geotermalna energija.

Energija dobijena iz biomase se takođe smatra obnovljivim izvorom energije.

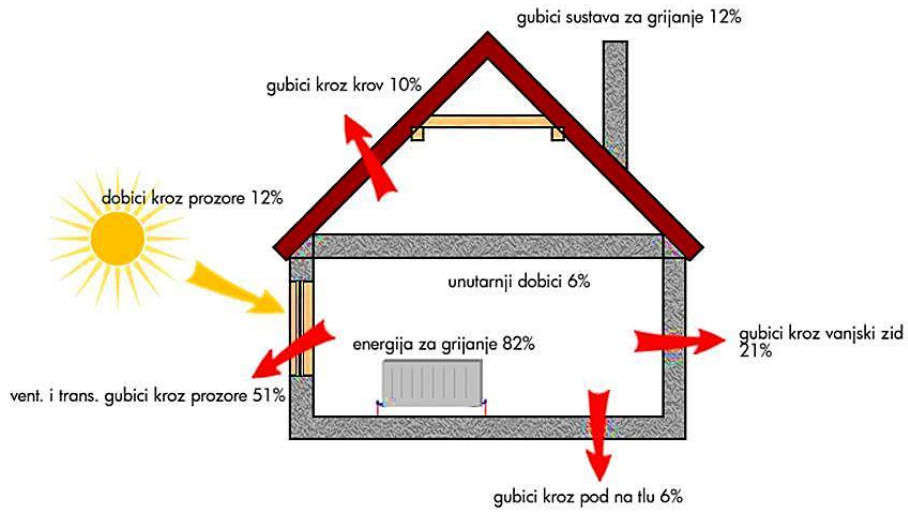
Za razliku od navedenih, neobnovljivi izvori energije, su fosilna goriva (ugalj, nafta i prirodni gas) i nuklearna goriva (uran, plutonijum), čija su nalazišta i zalihe ograničene i podložne konačnom iscrpljivanju.
Iz ovih, primarnih, oblika energije različitim uređajima, odnosno njihovim radom dobija se korisna energija ((električna, toplotna i kinetička – energija kretanja).
Takvi uređaji su kotlovi, motori solarni kolektori, fotonaposnki paneli, tioplotne pumpe ili dizalice toplote i sl. [30]

7.2.1. ENERGETSKI BILANS ZGRADE

Potrošnja energije u zgradi zavisi od karakteristika same zgrade (njenog oblika i građevinskih materijala), karakteristika energetskih sistema u njoj (sistema grijanja, električnih uređaja i rasvjete, i dr.), ali i od klimatskih uslova oblasti u kojoj se zgrada nalazi. Osnovni pojmovi za analizu potrošnje energije u zgradama su:

- toplotni gubici i dobici,
- koeficijent prolaza toplote,
- stepen-dani grijanja,
- stepen korisnog delovanja.

Ovi kriterijii su ključni za određivanje energetskog (toplotnog) bilansa zgrade. Na slici 7.2. prikazana je shema zgrade sa svim toplotnim tokovima, odnosno energetskim gubicima i dobicima.



7.2. Shema energetskog bilansa zgrade

Energetski bilans zgrade podrazumijeva sve energetske gubitke i dobitke te zgrade:

- gubici toplote kroz krov,
- gubici kroz zidove,
- gubici kroz pod na tlu,
- transmisioni i ventilacioni gubici kroz prozore i fasadne otvore,
- gubici sistema za grijanje, te
- dobici od energije sunca kroz prozore,
- dobici od sistema grijanja i unutarnji dobici.

Uobičajeno je riječ o toplotnom bilansu zgrade, odnosno razmatra se koliko je energije potrebno da bi se zadovoljile toplotne potrebe zgrade. Važno je zapamtiti da je potreba za toplotnom energijom uvek usko vezana za toplotne gubitke zgrade. Naime, dok god su toplotni dobici energije dovoljni za pokrivanje toplotnih gubitaka, u zgradi će se održavati željeni uslovi toplotne ugodnosti. [30]
Transmisioni gubici toplote nastaju prolaskom (transmisijom) toplote kroz elemente omotača zgrade. Oni zavise od građevinskih elemenata zgrade (opeka, armirani beton itd.), debljini termičke zaštite na zidovima, prozorima, vratima, itd. Transmisioni gubici nisu jedini koji određuju potrebe grijanja zgrade, njima se moraju dodati i termički gubici zbog provjetravanja, tzv. ventilacioni gubici (Q_{vent}). Oni se određuju na temelju potrebnog broja izmjena vazduha.
Osim termičkih gubitaka, u zgradama postoj i termički dobici koji ne dolaze iz sistema grijanja, tzv. slobodni termički dobici. Ti dobici uključuju toplotu dobijenu od osoba koje borave u prostoru, kao i od različitih uređaja (npr. kancelarijska oprema, rasvjeta, kuhinjski uređaji i dr.) koji se u tom prostoru koriste. To su unutrašnji ili interni dobici (Q_{in}).
Osim toga, određena količina toplote u prostor dolazi i od Sunčevog zračenja (Q_{sun}).
Pa je onda energija koju je potrebno osigurati iz sistema grijanja (korisna energija Q_k) za zagrijavanje zgrade:

$$Q_{k=}\, Q_{trans} + Q_{vent} + Q_{in} + Q_{sun}$$

gde je:

Q_k – *korisna energija*
Q_{trans} – *transmisioni gubici*
Q_{vent} – *ventilacioni gubici*
Q_{in} – *unutrašnji dobici*
Q_{sun} – *dobici od sunca*

Dodatno u obzir treba uzeti u obzir primarnu energiju koju troši sistem grijanja. Da bi sistem grijanja zadovoljio termičke potrebe zgrade, potrebna je određena količina primarne energije (energenta) Q. Ta je energija veća od energije Q_k jer tehnički sistemi nisu savršeni, tj. oni također imaju svoje gubitke (Q_η). Ove gubitke određujemo upravo pomoću stepena korisnog dejstva. Stepen korisnog dejstva kotla, bojlera ili uopšteno bilo kojeg drugog uređaja, određuje se laboratorijskim mjerenjima i to je podatak koji proizvođač mora da navede na svom proizvodu.
Stepen korisnog dejstva označava se sa η, a izražava u procentima i govori kolika je efikasnost pretvaranja goriva u kotlu. Naime, energiju goriva ne može se iskoristiti u potpunosti, jer se dio energije izgubi sa ispuštenim dimnim gasovima ili vlagom, dio se prenosi sa samog kotla na okolinu zračenjem, a dio goriva ni ne sagori u potpunosti. Dakle vrijedi jednačina:

$$Q = Q_k + Q_\eta$$

gde je:

Q – *primarna energija*
Q_k – *korisna energija*
Q_η – *gubici tehničkih sistema*

Iz svega navedenog proizlazi jednačina energetskog bilansa zgrade:

$$Q + Qin + Qsun = Qtrans + Qvent + Q_k + Q_\eta$$

Iz jednačine je jasno da mjere energetske efikasnosti idu u tri smjera:

- povećanje toplotnih dobitaka od Sunca (posebno kod novogradnje),
- smanjenje transmisionih i ventilacionih gubitaka (poboljšanje termičke izolacije, energetski efikasni prozori),
- smanjenje gubitaka u sistemu grijanja (energetski efikasni kotlovi, izolacija cjevne mreže, automatska regulacija),
- povećanje udjela obnovljivih izvora energije (sunčevi kolektori za sistem potrošne tople vode i kao dodatak sistemu grijanja, korišteenje biomase).

Struktura potrošnje energije po energetskim sistemima u zgradi zavisi također i od klimatskih uslova, pa tako udio potrošnje energije u sistemima grijanja može varirati od 30 do 60%, dok udio potrošnje energije u rashladnim sistemima može varirati od 3 do 10%.

Na potrošnju energije u ovim sistemima veliki uticaj imaju oblik objekta (odnos grijane površine i zapremine objekta), termoizolacija, izbor termotehničkog sistema itd.
U sistemima grijanja i pripreme potrošne tople vode potrebno je razmotriti upotrebu obnovljivih izvora energije, posebno kotlova na biomasu ili sunčevih toplotnih kolektora. Osim toga, obnovljivi izvori energije mogu se koristiti i za sopstvenu proizvodnju električne energije pomoću fotonaponskih panela ili mini vjetrogeneratora. [30]
Ocjenjivanje energetske efikasnosti (energetskih karakteristika) zgrade se provodi na način da se količine pojedinih isporučenih (procijenjenih) nositelja energije pomnoži s odgovarajućim faktorima ili koeficijentima pretvorbe energije. Algebarski zbroj tako ponderiranih upotrebljenih (procijenjenih) nositelja energije predstavlja karakteristiku energetske učinkovitosti (energetskog svojstva) zgrade ili kraće energetsku karakteristiku zgrade (potrebnu primarnu energiju, emisiju CO_2 ili propisima definiranu karakteristiku).
Energetska učinkovitost (energetsko svojstvo) zgrade prikazuje se ukupnim pokazateljem energetske učinkovitosti (energetskog svojstva) zgrade, *EP* (eng. energy performance), koji je odnos karakteristike energetske učinkovitosti zgrade i ploštine kondicionirane površine poda zgrade.
Pokazatelj energetske učinkovitosti ili kraće energetski pokazatelj može prikazivati:

- potrebnu primarnu energiju (EP),
- emisiju CO_2 ,
- propisima definirani parametar.

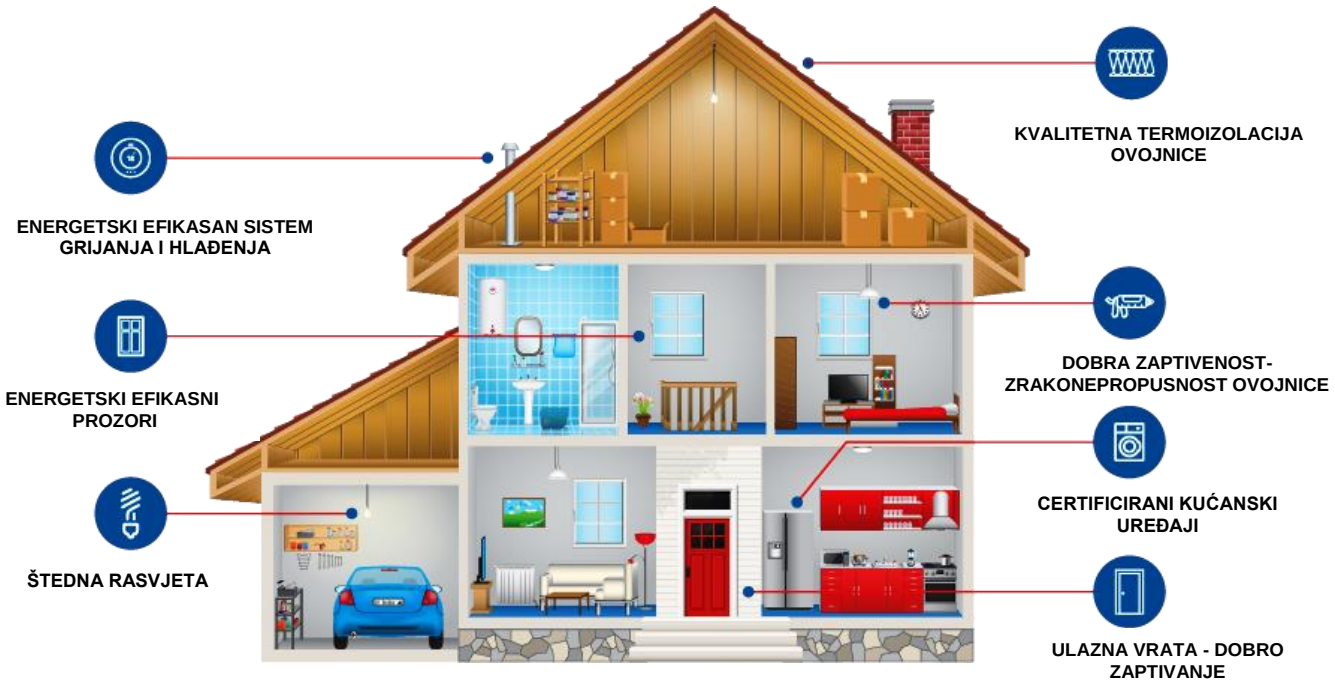
Mjerna jedinica pokazatelja energetske učinkovitosti (energetskog svojstva), EP, može biti MJ/(m^2 x a) ili kWxh/(m^2 x a) ili $kgCO_2$/(m^2 x a) ili EURA/(m^2 x a), zavisno o odabranom pokazatelju.
Energetski pokazatelji omogućuju kvantitativno energetsko vrednovanje zgrade na jedinstvenoj bazi i mjera su energetske kvalitete zgrade.

7.3. PRINCIPI PROJEKTOVANJA ENERGETSKI EFIKASNIH OBJEKATA

Prilikom gradnje nove kuće važno je već u fazi idejnog projekta u suradnji s projektantom termotehničkih sistema, predvidjeti sve što je potrebno da se dobije kvalitetna i optimalna energetski efikasna kuća, za što je potrebno:

- analizirati lokaciju, orijentaciju i oblik kuće,
- primijeniti visoki nivo toplinske izolacije cijele vanjske ovojnice i izbjegavati toplinske mostove,
- iskoristiti toplinske dobitke od sunca i zaštititi prostore od pretjeranog osunčanja,
- koristiti energetski efikasan sistem grijanja, hlađenja i ventilacije u kombinaciji s obnovljivim izvorima energije,
- povećati učinkovitost sistema rasvjete i energetskih potrošača,
- ostvariti energetsku kontrolu i upravljanje energijom u objektu,
- propisati ciljne vrijednosti ukupne godišnje potrošnje zgrade po m^2 ili m^3 na institucionalnom nivou, te
- uvesti obavezno energetsko certificiranje zgrada prema godišnjoj potrošnji energije.

Većina navedenih mjera, izuzev zadnje dvije, zahtijeva angažman projektanta objekta, ali bez zadnje dvije energetska efikasnost u zgradarstvu gubi smisao.



7.3. Faktori koji utiču na energetsku efikasnosti objekta

Iskustvo pokazuje da je dodatno ulaganje u povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje toplinskih gubitaka na novogradnji višestruko isplativo. Povećanje cijene izgradnje za 10 do 20 %, može značiti energetske uštede 50 do 80 %.
Potrebno je analizirati optimalnu razinu toplinske izolacije i u skladu s tim planirati energetske sisteme u kući. Važnu ulogu ima i zaštita od pretjeranog osunčanja prostora, koja vrlo često može biti u sklopu arhitektonskog elementa, pa je i to važno razmotriti, već u fazi idejnog projekta. O elementima zaštite od pretjeranog osunčanja bilo je riječi ranije u tekstu.

Mjere energetske učinkovitosti kod postojećih i novih objekata mogu se podijeliti na

- jednostavne mjere, bez dodatnih troškova,
- mjere uz male troškove i
- mjere energetske efikasnosti uz veće troškove.

Jednostavne mjere povećanja energetske efikasnosti, bez dodatnih troškova, uz trenutne uštede podrazumijevaju:

- gašenje grijanja ili hlađenja noću,
- spuštanje roletni noću,
- smanjenje sobne temperature zimi za 1°C,
- podešavanje temperature hlađenja ljeti na 26°C,
- korištenje prirodnog osvjetljenja,
- isključivanje rasvjete i uređaja kada nisu potrebni

Mjere uz male troškove i brzi povrat investicije podrazumijevaju:

- brtvljenje prozora i vanjskih vrata te postavljanje dvostrukog IZO ostakljenja,
- reduciranje gubitaka toplote kroz prozore ugradnjom roleta,
- toplinsko izoliranje kosog krova,
- ugradnju termostatskih ventila na radijatore,
- redovno servisiranje i podešavanje sistema grijanja i hlađenja,
- ugradnju štednih žarulja u rasvjetna tijela,
- zamjenu kućanskih uređaja energetski efikasnijima- energetskog razreda A ili višom.

Mjere uz veće troškove i duži period povrata investicije podrazumijevaju:

- zamjenu prozora i vanjskih vrata toplotnikvalitetnijim prozorima,
- termičku izolaciju neizolirane zgrade,
- povećanje debljine sloja termoizolacije,

- centraliziranje sistema grijanja i pripreme potrošnje tople vode,
- analiziranje sistema grijanja i hlađenja,
- ugradnju solarnog sistema za zagrijavanje vode,
- ugradnju fotonaponskog sistema za dobivanje električne energije. [30]

7.3.1. TERMOIZOLACIJA OVOJNICE ZGRADE

Termoizolaciju vanjskog zida, u pravilu, treba izvoditi izvedbom termoizolacionog sloja s vanjske strane zida, a iznimno s unutarnje strane zida. Izvedba toplinske izolacije s unutarnje strane zida, nepovoljna je s građevinsko-fizikalnog stajališta, a često je i skuplja zbog potrebe dodatnog rješavanja problema difuzije vodene pare, strožijih zahtjeva u pogledu sigurnosti protiv požara, gubitka korisnog prostora i dr.
Termički treba izolirati i dio pregrada koje se spajaju s vanjskim zidom.
Poboljšanjem toplinsko izolacijskih karakteristika zgrade moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline objekta, prosječno za 30-80 %.
Bitnu ulogu u tome imaju svi dijelovi ovojnice zgrade, kao što su:

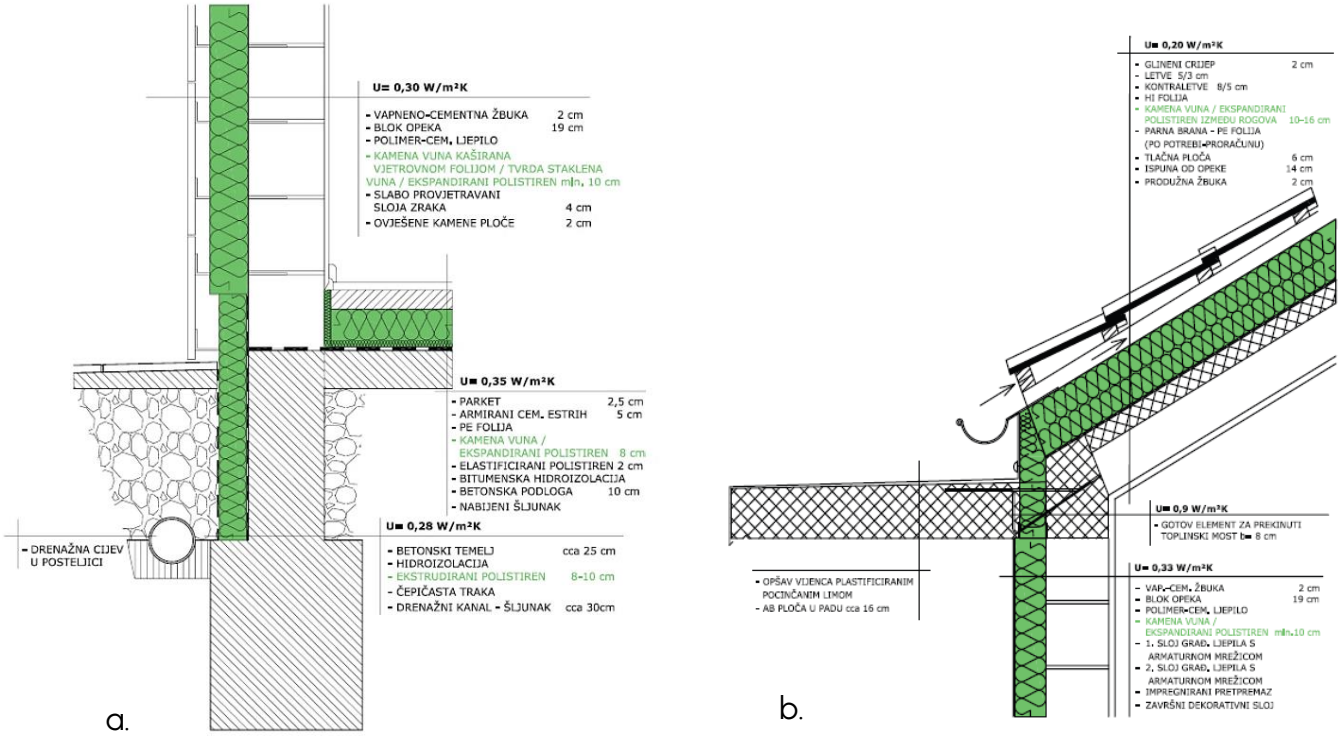
- vanjski zid,
- zid između grijanih prostora različitih korisnika,
- zid prema negrijanom prostoru,
- vanjski zid prema terenu,
- pod na terenu,
- međuspratna konstrukcija koja odvaja prostore različitih korisnika,
- strop prema negrijanom podrumu,
- strop prema negrijanom tavanu,
- ravni i kosi krov iznad grijanog prostora,
- strop iznad vanjskog prostora i
- prozori i vanjska vrata.

Kod izvedbe termoizolacionog sloja s vanjske strane zida moguća su dva rješenja završnog sloja koji štiti termoizolacioni sloj i ostatak zida od vanjskih atmosferskih utjecaja. Prvo rješenje karakterizira izvedba vanjskog zaštitnog sloja punoplošnim lijepljenjem na termoizolacioni sloj (tzv. kompaktna fasada).
Kod drugog rješenja zaštitni je sloj u obliku pojedinačnih elemenata učvršćenih na odgovarajuću potkonstrukciju, tako da između zaštitne obloge i sloja termoizolacije ostane sloj zraka koji se ventilira prema van (tzv. ventilirana fasada). Ovako se postiže energetski efikasan termoizolacioni sloj koji se završava slojem za

provjetravanje kroz koji zrak cirkulira i isušuje vlagu. O ovim načinima izrade fasada bilo je riječi ranije u tekstu kao i o vrstama termoizolacionih materijala, gdje je naglašeno da je ventilirana fasada najbolje rješenje u pogledu uštede energije.

Bez obzira o kojem sistemu fasadne ovojnice se radi debljina termoizolacionog sloja ne bi trebala biti manja od 10 do 12 cm, čime bi se vrijednost koeficijenta prolaska toplote (*U zida*) dovela na cca. 0.25 do 0.35 W/m^{2}K.

Osim dovoljne debljine termoizolacionog sloja na fasadi objekta, važno je postići zrakopropusnost vanjske ovojnice zgradekoja će onemogućiti infiltracija unutrašnjeg toplog zraka koji izlazi iz zgrade ili ulazak hladnog vanjskog zraka u zgradu kroz pukotine, šupljine i druga mjesta nastala slučajnim i nenamjernim propustima.



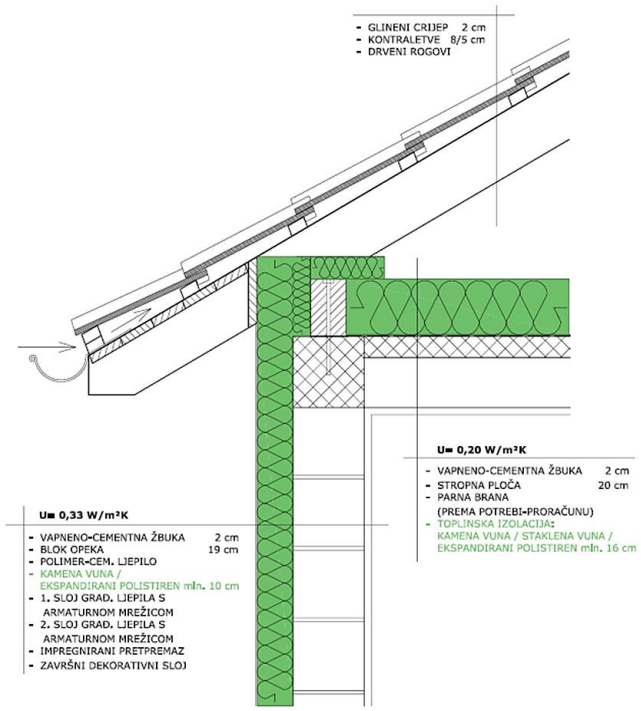
7.4. Pravilna izvedba termoizolacije (a- spoj soklenog zida i vanjskog zida, b- spoj zida i kosog krova)

Termoizolacija krova

Bez obzira što je udio krova od svega oko 10-20 % u ukupnim toplinskim gubicima u kući, krov ima posebno važnu ulogu u kvaliteti i standardu stanovanja. On štiti kuću od kiše, snijega, hladnoće i vrućine. Najčešći oblik krova na porodični, i manjim stambenim zgradama je kosi krov.

Vrlo često se prostor ispod kosog krova predviđa za stanovanje iako nije adekvatno toplotniizoliran. Kod takvih situacija pojavljuju se veliki toplotnigubici zimi pa kroz krov može proći i 30 % energije. Za toplinsku izolaciju kosih krovova treba koristiti nezapaljive i paropropusne termoizolacione materijale (kamena vuna).

Detalj spoja termoizolacije vanjskog zida i krova treba riješiti bez toplinskih mostova, kao što je prikazano na slici 7.4.b. Ako prostor ispod kosog krova nije grijan, tj. nije namijenjen za stanovanje, termoizolaciju treba postaviti na strop zadnje etaže prema negrijanom tavanu, kao štp ke pokazano na slici 7.5.

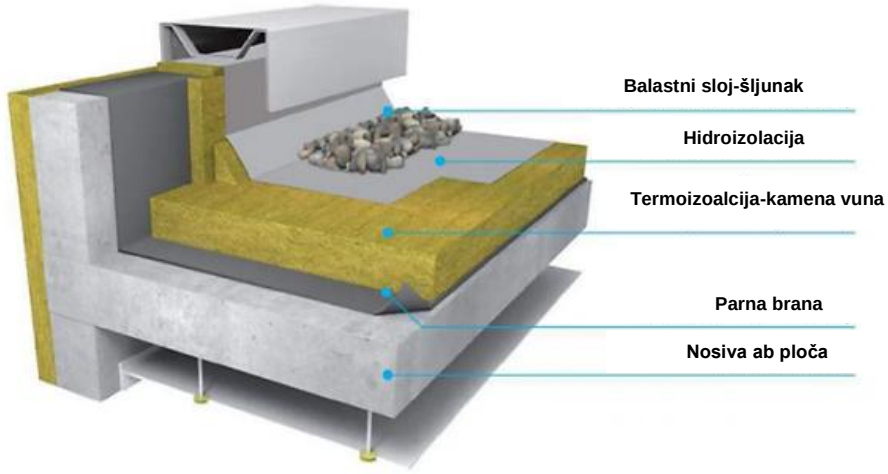


7.5. Pravilna izvedba termoizolacije na stropu prema negrijanom potkrovlju - spoj sa zidom

Preporučljiva debljina termoizolacije na kosom krovu iznosi najmanje 16 do 20 cm. Izolaciju je najbolje postaviti u dva sloja; jedan sloj između rogova, a jedan sloj ispod ili iznad rogova, kako bi se spriječili toplotnimostovi. Toplinsku izolaciju s donje strane najčešće se zatvara gips-kartonskim pločama.

7.6. Termoizolacija kosog krova u dva sloja

Ravni krovovi su najviše izloženi atmosferskim uticajima od svih vanjskih elemenata zgrade. Zato je važno kvalitetno ih izolirati i termoizolacijom i hidroizolacijom, te pravilno riješiti odvodnju oborinskih voda. Ravni krov može biti riješen kao prohodni, neprohodni ili tzv. zeleni krov. U skladu s time izvodi se završna obrada krova.

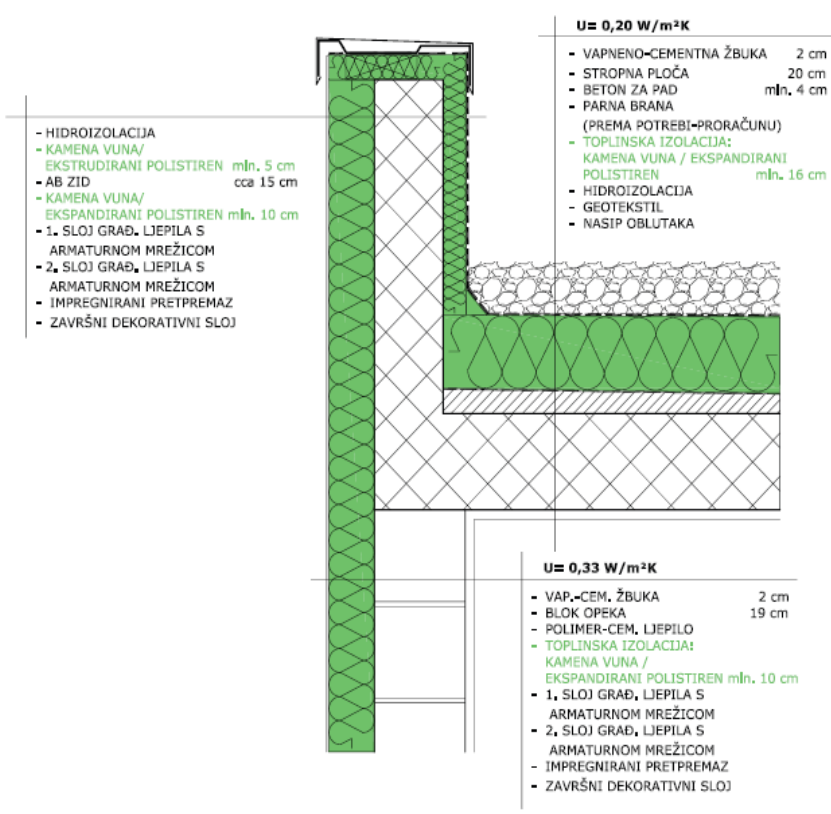


7.7. Slojevi ravnog krova

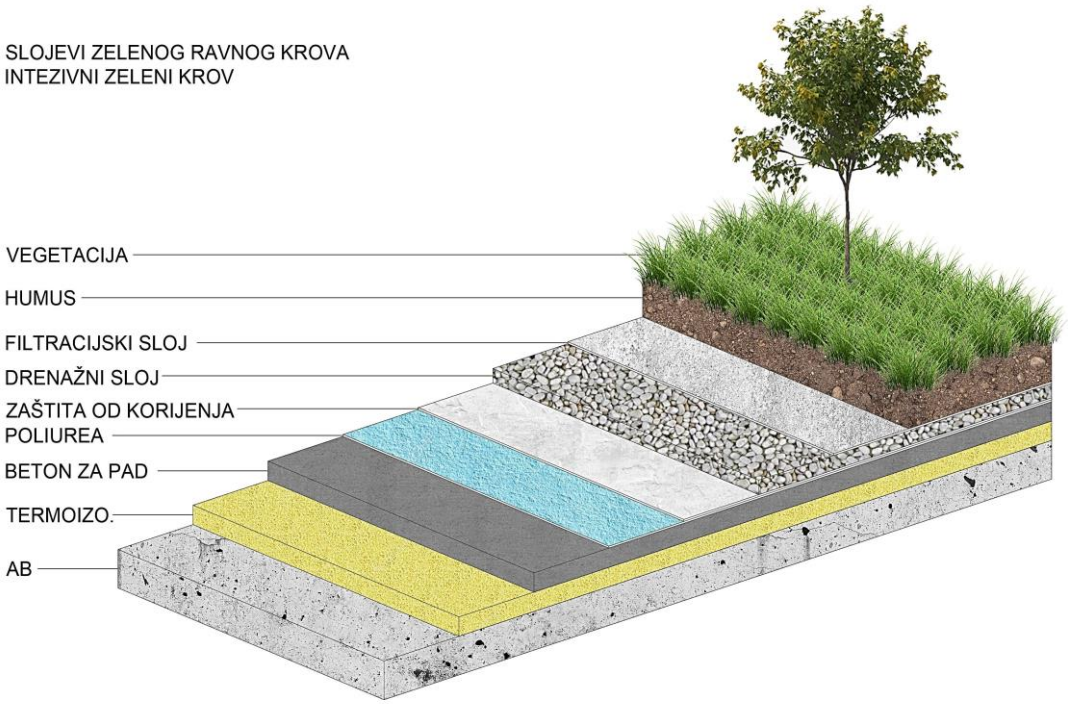
Prohodni ravni krov ili krovna terasa se može izvesti s ozelenjenim krovom, koji je odgovarajuće hidroizoliran i termoizoliran prema stambenom prostoru s donje strane.

U tom slučaju se povećava broj potrebnih slojeva i njihova ukupna debljina. Ovisno o vrsti bilja određuje se potrebna dubina zemlje, a bitno je spriječiti prodor korijenja do sloja hidroizolacije, i vlage do toplinske izolacije.

Ozelenjeni krov dobro zadržava toplinu, akumulira ju u slojevima zemlje i na taj način ostvaruje stalnu temperaturu završnog sloja, ljeti i zimi.



7.8. Pravilna izvedba termoizolacije na ravnom krovu



Slika 7.9. Ozelenjeni ravni krov- slojevi

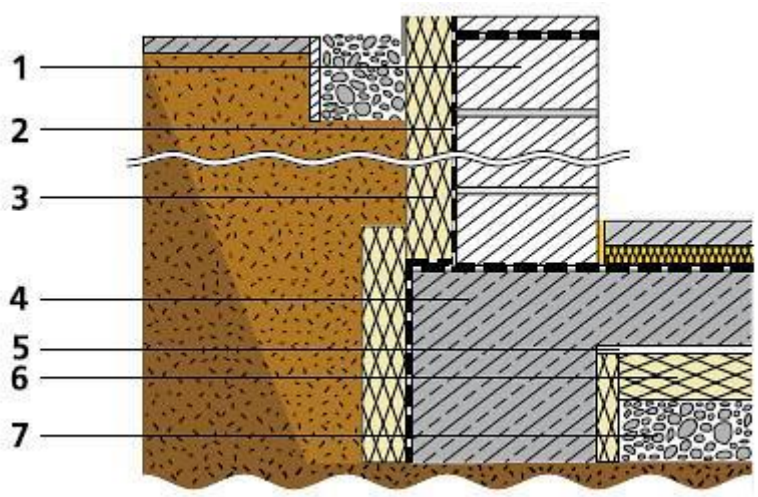
Termoizolacija podova

Konstrukcije poda na tlu razlikuju se od podnih konstrukcija prema negrijanom prostoru po nosivoj betonskoj podlozi i hidroizolaciji. Toplotnigubici prema terenu iznose do 10 % ukupnih toplinskih gubitaka. Kod novogradnji se pod na terenu treba toplotniizolirati što debljim slojem termoizolacije, dok je kod postojećih zgrada takva mjera uglavnom ekonomski neisplativa, zbog većih građevinskih zahvata koji je prate. Međutim, ekonomski vrlo isplative mjere su toplotna izolacija stropne konstrukcije prema negrijanom tavanu, te podne konstrukcije prema negrijanom podrumu.

Slika 7.10. Termoizolacija stropa podruma

Također, potrebno je toplotnizaštititi i podne konstrukcije iznad otvorenih prolaza.
Da bi se izbjegli toplotnimostovi, odnosno nepotrebni toplotnigubici, potrebno je izolirati cijelu vanjsku ovojnicu zgrade, uključujući i

dijelove konstrukcije prema negrijanim prostorima ili prostorima s različitim režimom korištenja. Preporučuje se toplotniih izolirati s minimalno 10 cm kamene vune ili polistirena.
Završna obrada može biti žbukanjem ili obloga gipskartonskim pločama ako se radi o unutrašnjem prostoru.
Termoizolacija podrazumijeva pravilnu i neprekidnu izolaciju ukupne vanjske ovojnice bez prekida izolacije, kako bi se uticaj toplinskih mostova smanjio na minimum.
Pod na tlu potrebno je izolirati s minimalno 10 cm toplinske izolacije. Iako su gubici kroz pod na tlu relativno mali u usporedbi s gubicima drugih dijelova konstrukcije, temperatura podne plohe slična temperaturi unutrašnjeg prostora puno je ugodnija za boravak.



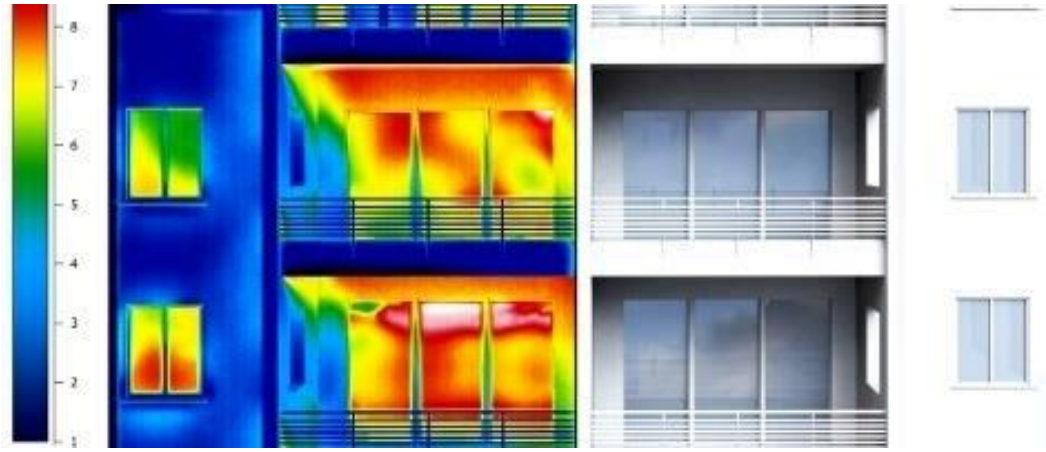
1. Vanjski zid podruma
2. Hidroizolacija
3. Termoizolacija XPS
4. Temeljna ploča
5. Razdvajajući sloj
6. Termoizolacija XPS
7. Podložni beton

Slika 7.11. Termoizolacija poda na tlu

Kod analiza vanjske ovojnice potrebno je analizirati sve građevinske elemente konstrukcija prema vanjskom ili negrijanom prostoru, te prema tlu.
Posebno treba obratiti pažnju na analizu i utvrđivanje postojanja toplinskih mostova, kao i eventualne vlage u konstrukciji.
Problemi koje je moguće otkriti termografskim snimanjem su nehomogenost materijala zida, neispravnosti ili nepostojanje toplinske izolacije, vlaga u konstrukciji, problemi ravnih krovova, toplotnimostovi i otvoreni propusti za zrak i sl.

Toplotni mostovi

Toplotni most je manje područje u omotaču grijanog dijela zgrade kroz koje je toplotnitok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevinskog dijela.
Zbog manjenog otpora toplinskoj propustljivosti u odnosu na tipični presjek konstrukcije, temperatura unutarnje površine pregrade na toplinskom mostu manja je nego na ostaloj površini što povećava opasnost od kondenzacije vodene pare.



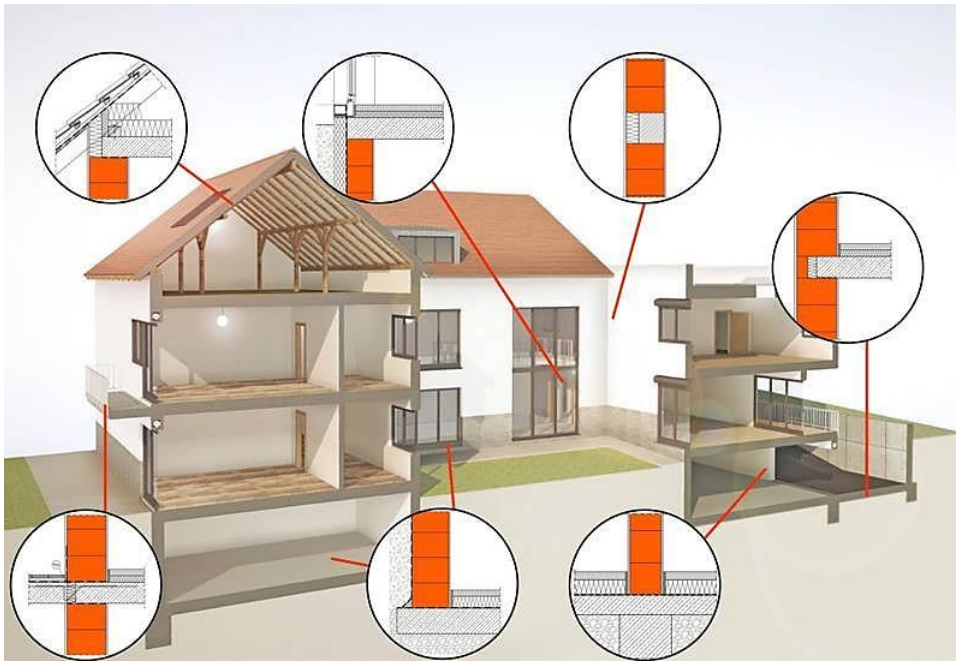
Slika 7.12. Termografski snimak fasade objekta (crveno – toplotnimostovi)

Ovisno o uzroku povišene toplinske propustljivosti, razlikuju se tri vrste toplinskih mostova.

- konstruktivni toplotni mostovi–nastaju kod kombinacija različitih vrsta materijala;
- geometrijski toplotni mostovi–nastaju uslijed promjene oblika konstrukcije, npr. uglovi zgrade i
- sistemski toplotni mostovi [30]

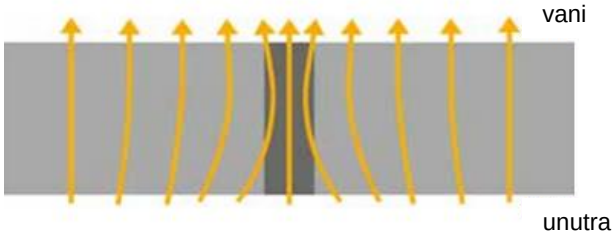
U praksi su vrlo česte kombinacije ovih vrsta toplinskih mostova, pa se prema prema područjima zgrade na kojima nastaju, dijele dodatno na:

- geometrijske toplotne mostovi,
- toplinske mostove uvjetovane materijalom,
- kombinirane toplinske mostove,
- konstruktivne toplinske mostove,
- zračne (konvektne) mostove i
- toplinske mostove uvjetovane okolinom.[31]

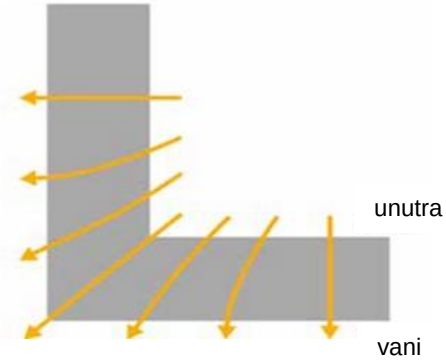


Slika 7.13. Pozicije toplinskih mostova ma objektu

Konstruktivni toplotni mostovi nastaju kod kombinacija različitih vrsta materijala koji zbog svojih razlika rezultiraju različitim tokovima topline i uzajamnog djelovanja. Primjer za to su spoj stropa sa vanjskim zidom, prolazna ploča od armiranog betona u području balkona ili nosači od armiranog betona u zidu kod skeletne konstrukcije. [31]



Slika 7.14. Prikaz presjeka kroz dva materijala, tamno siva boja sa visokom vodljivosti (čelik) i siva sa srednjom vodljivošću (beton).
Smjer toka toplote prikazan je strelicama. Toplota teče iz tople prostorije u hladnije područje kroz materijal. [31]



Slika 7.15. Geometrijski toplotni mostovi
Ovi mostovi nastaju zbog promjene oblika konstrukcije, npr. uglovi zgrada. Većim dijelom građevine unutarnja površina koja preuzima topotu i vanjska površina koja predaje topotu, iste su veličine. U slučaju kada je vanjska površina, koja predaje toplotu u području ugla, značajno veća od unutrašnje površine koja preuzima toplotu nastaje povećani toplotnitok u području ugla.

Toplotni mostovi se javljaju na dijelu spajanja građevinskih konstruktivnih elemenata po obodu konstrukcije.
Kod zgrade sa dobrom toplotnom izolacijom toplotni mostovi koji nisu izolovani mogu povećati ukupne gubitke toplote za 10%.
Zbog toga je neophodno izolovati toplotne mostove u cilju poboljšanja otpornosti propuštanja toplote omotača kao cjeline.
Toplotni mostovi predstavljaju mjesta kroz koja se nepotrebno gubi toplotna energija potrebna za zagrijavanje u zimskom periodu. Zbog snižene temperature unutrašnje površine toplotnih mostova može doći do pojave kondenzacije vodene pare, što će rezultirati s više negativnih posljedica.
Jednoličan toplotni otpor vanjske ovojnice zgrade može se promijeniti uslijed:

- potpunog ili djelomičnog prodora ovojnice zgrade materijalima drugačijih svojstava toplinske provodljivosti
- promjene debljine građe
- razlike između unutarnje i vanjske površine, kao što se događa na spojevima zida, poda, stropa.

Posljedice toplinskih mostova su:

- promjene u toplinskim gubicima
- promjene unutarnje površinske temperature.

Zbog manjeg otpora toplinskoj propustljivosti, nego tipični presjek pregrade, temperatura unutarnje površine pregrade na toplinskom mostu manja je nego na preostaloj površini, što povećava potencijalnu opasnost kondenziranja vodene pare na ovim mjestima. Najbolji način izbjegavanja toplotnih mostova je postavljanje toplinske izolacije s vanjske strane cijele vanjske ovojnice, bez prekida, te dobro brtvljenje reški i spojeva.

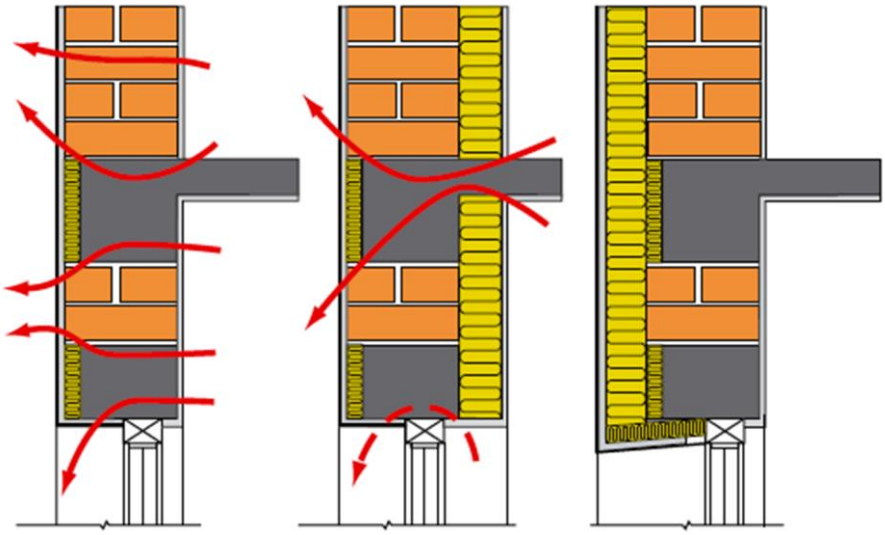
Najčešća mjesta pojavljivanja toplinskih mostova su:

- uglovi zgrada,
- spojevi unutrašnjih i vanjskih zidova,
- spoj drvenih podrožnica i rogova sa armirano-betonskim serklažima,
- spoj stropa i vanjskog zida,
- spoj zida i krova,
- spoj zida i plohe poda/stropa podruma,
- spojevi prozora i vrata,
- prodori izolacijskih slojeva (balkoni, konzole i sl.) [31]

Toplotni mostovi stvaraju različite posljedice u objektu. Najčešće je to gubitak toplote, te povećana potrošnja energije. Dolazi do površinske kondenzacije vodene pare, te pojave gljivica i plijesni.

Ukoliko se ne spriječi pojava toplotnog mosta ili smanji njihovo djelovanje, može doći i do oštećenja građevinskih elemenata.

Za rješavanje problema toplotnih mostova preporučuje se u glavnom i izvedbenom projektu razraditi sve bitne detalje, posebno mjesta potencijalnih toplinskih mostova, u skladu s propisima o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

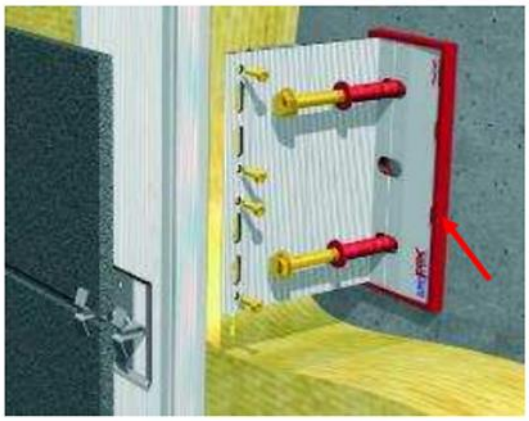


Slika 7.16. Prednosti vanjske u odnosu na unutrašnju izolaciju za eliminisanje termičkih mostova.

Prozore treba ugraditi tako da su barem dijelom u nivou termoizolacije; kutija za roletu mora biti toplinski izolirana; termoizolaciju zida treba povući do temelja, a po potrebi treba izolirati i temelj.
Zone zidova negrijanih ili otvorenih prostora koji se nastavljaju u grijane prostore obavezno je termoizolirati u dužini najmanjoj 50 cm od spoja konstrukcija (produženje toplinskog mosta).

Po završetku izgradnje, kvalitetu gradnje i toplinske zaštite moguće je sve dodatno provjeriti termografskim snimanjem.

U izgardnji obješenih fasada, te metalnih nosača, pojavljuje se *tačkasti toplotni most* koji se može prekinuti korištenjem nosača ventiliranih fasada izrađenih od kompozitnih materijala ili staklenih vlakana sa malom toplinskom provodljivosti ili korištenjem podložaka od teflona ili plastičnih masa čija mala toplotna provodljivost doprinosi smanjenju tačkastih toplotnih mostova.



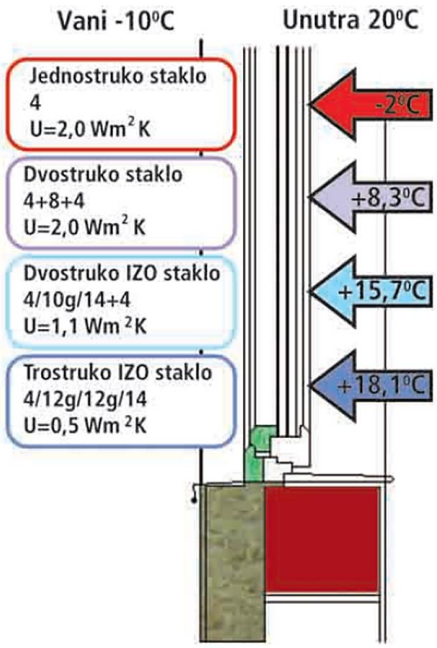
Slika 7.17. Izolacija tačkastog termalnog mosta

Termografske kamere opažaju zračenje u infracrvenom pojasu elektromagnetskog spektra (900-14000 nanometara ili 0.9-14 mikrometara) i stvaraju snimke tog zračenja koje nazivamo termogramima.
Kako infracrveno zračenje emitiraju sva tijela ovisno o njihovoj temperaturi, prema zakonu zračenja crnog tijela, termografija omogućava „gledanje" okoline bez vidljivog osvjetljenja.
Količina zračenja se povećava s temperaturom, stoga termografija omogućava da vidimo promjene temperature.

Gledani termografskom kamerom, topli predmeti se dobro ističu u odnosu na hladniju pozadinu; ljudi i druge toplokrvne životinje postaju lako vidljivi u odnosu na okoliš.

Prozori i energetska efikasnost

O elementima i materijalima koji se koriste za izgradnju vanjske stolarije ili bravarije, bilo je riječi u poglavlju o prozorima i vratima. Ovdje je bitno naglasiti da je prozor s aspekta protoka energije, najdinamičniji dio vanjske ovojnice zgrade, koji istovremeno djeluje kao prijemnik koji propušta sunčevu energiju u prostor, te kao zaštita od vanjskih utocaja i toplinskih gubitaka.
Gubici kroz prozore dijele se na transmisijske gubitke i gubitke ventilacijom, tj. provjetravanjem.
Ako se zbroje transmisijski toplinski gubici kroz prozore i gubici provjetravanjem, ukupni toplotni gubici kroz prozore predstavljaju više od 50 % toplinskih gubitaka zgrade. [30]
Gubici kroz prozore obično su deset i više puta veći od onih kroz zidove, pa je jasno koliku važnost igra energetska učinkovitost prozora u ukupnim energetskim potrebama zgrada. U skladu s novim Tehničkim propisom, koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata može iznositi maksimalno U =1.80 W/m^{2}K.
Dok se na starim zgradama koeficijent U prozora kreće oko 3.00-3.50 W/m^{2}K i više (gubici topline kroz takav prozor iznose prosječno 240-280 kWh/m^2 godišnje).

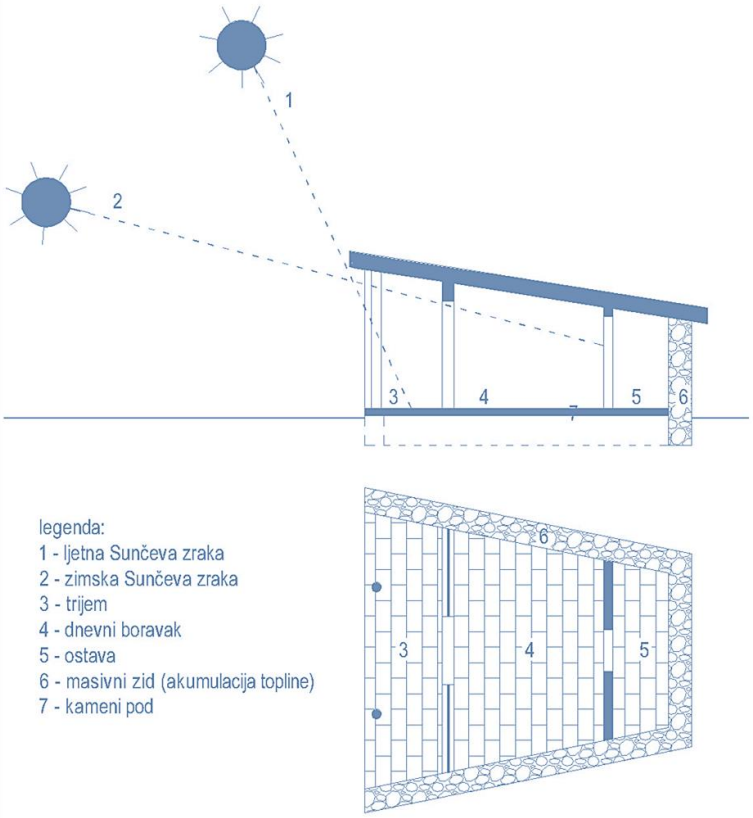


Evropska zakonska regulativa propisuje sve niže i niže vrijednosti i one se danas najčešće kreću u rasponu od 1.40 do 1.80 W/m^{2}K.
Na suvremenim niskoenergetskim i pasivnim kućama taj se koeficijent kreće između 0.80 do 1.40 W/m^{2}K.
Preporuka za gradnju suvremene energetski učinkovite zgrade je koristiti prozore s koeficijentom
U < 1.40 W/m^{2}K.

Slika 7.18. Temperature naunutrašnjoj strani stakla, ovisno o vrsti ostakljenja.

7.4. PLANIRANJE I PROJEKTOVANJE NISKOENERGETSKIH STAMBENIH OBJEKATA

Energetski efikasna kuća je u principu, kuća koja koristi manje energije od prosječne kuće.
Optimizirana potrošnje energije i postizanje najbolje moguće iskoristivosti dostupne energije nije nova ideja; o ovoj ideji razmišlja se koliko traje i gradnja kuća. Cilj postizanja toplotnog komfora u objektu, oduvijek je interesovao graditelje.
Ovaj problem prvi je proučavao i zabilježio Sokrat, grčki klasični filozof, prije gotovo 2500 godina. U ranoj literaturi rješenje ovog problema je poznato pod pojmom „Sokratova kuća" (eng. Socratic House). *Sokratova kuća* je hipotetski opis energetski efikasne kuće. Sokratova proučavanja odnosila su se uglavnom na uticaj kretanja Sunca na položaj i konstruktivnii oblik kuće.



Slika 7.19. Sokratova kuća

Tlocrtni oblik „Sokratove kuće"je trapez s južno orijentisanom osnovom prizemlja i krovom koji pada prema sjeveru, radi smanjenja utjecaja udara sjevernih vjetrova na stambeni objekt. Sjeverni zid je masivna kamena konstrukcija jer u ono vrijeme nije bilo kvalitetnih izolacionih materijala pa je to trebalo nadoknaditi debljinom zida, čime se spriječava gubitak energije, a isti ujedno služi i za akumulaciju topline.
Orijentacija trijema odnosno ulaza kuće je južna, a projektovan je tako da blokira visoko sunce u ljetnom periodu, a istovremeno propušta niske zrake sunca zimi duboko u prostorije.
Prema ovom konceptu, kuće u sjevernoj hemisferi trebale bi biti južno orijentisane, a u južnoj hemisferi sjeverno orijentisane da bi se maksimalno iskoristila solarna energija. Na drugoj strani morao bi postojati jako dobro izolirani zid kojim se sprječava gubitak energije.

Danas postoji pet glavnih kategorija energetski efikasnih kuća:

1. niskoenergetske kuće (low energy house),
2. pasivne kuće (passive house, ultra-low energy house),
3. kuće nulte energije (zero-energy house or net zero energy house),
4. autonomne kuće (autonomous building, house with no bills) i
5. kuće sa viškom energije (energy-plus-house).

7.4.1. NISKOENERGETSKE KUĆE (LOW ENERGY HOUSE)

Energetski efikasna kuća (energetski štedljiva kuća) je ona kuća koja, u odnosu na prosječnu kuću, troši manje energije za grijanje i pripremu tople vode.
Nazivi niskoenergetska kuća i pasivna kuća ne označavaju direktno način same gradnje kuće, već prvenstveno označavaju potrošnju energije za grijanje.
Ovakve se kuće, danas, grade kako bi se uštedjelo na energiji za grijanje i hlađenje, te preko toga i smanjilo zagađenje okoliša tj. smanjilo ispuštanje CO_2 u okolinu. Osim uštede i očuvanja okoliša takvim se načinom gradnje ujedno i povećava ugodnost življenja.

Niskoenergetska ili „trolitarska" kuća je naziv za kuću koja troši manje energije od klasično građene kuće ali više od „pasivne" kuće. Za niskoenergetsku kuću je propisan standard od maksimalno 30 kWh/m^2 potrebne godišnje toplotne energije. Jednostavnim proračunom dobija se da će takva kuća na grijanje trošiti približno godišnje 3 lit/ m^2 lož ulja ili 3 m^3/m^2 prirodnog plina na godinu ili 6 kg/m^2 peleta godišnje.
Standardi za niskoenergetske kuće razlikuju se po klimatskim regijama, jer je u osnovi ovog projektanstakog modela, maksimalno korištenje insolacije.
Niskoenergetske kuće u pravilu koriste visoke nivoe insolacije, energetski efikasne prozore, niske nivoe propuštanja vazduha i toplotnu rekuperaciju u ventilaciji kako bi se postigla manje potrošnja energije potrebne za grijanje i hlađenje.
Smanjenje toplotnih gubitaka niskoenergetske kuće ostvaruje se na sljedeći način:

- orijentacija kuće na jug,
- odvajanje toplotnih zona kuće (dnevna soba prema jugu, ostave na sjever),
- kompaktna gradnja,
- vrlo dobra toplotna izolacija cijelog obima kuće,
- nizak koeficijent prolaska toplote kod prozora,
- niskotemperaturni sistem grijanja i
- kontrolisana ventilacija prostorija sa rekuperacijom. [32]

Kako bi se povećali dobici energije preporučuje se:

- aktivno korištenje sunčeve energije pomoću solarnih toplovodnih kolektora (topla voda) i fotonaponskih kolektora (struja) i
- pasivno korištenje sunčeve energije preko velikih staklenih ploha orijentisanih na jug.

Ovdje se mora naglasiti da se do standarda niskoenergetske ili kuće ne može doći isključivo "podebljavanjem" izolacije i kvalitetnom stolarijom. Kod takvih se kuća mora posvetiti puno pažnje prvom koraku – projektiranju, koje kod ovih kuća obavezno podrazumijeva sudjelovanje stručnjaka iz više polja, od arhitekta, statičara, mašinaca, električara do konstruktera.

Standardi koji se moraju ispoštovati kod niskoenergetskih kuća za određene dijelove građevine su:

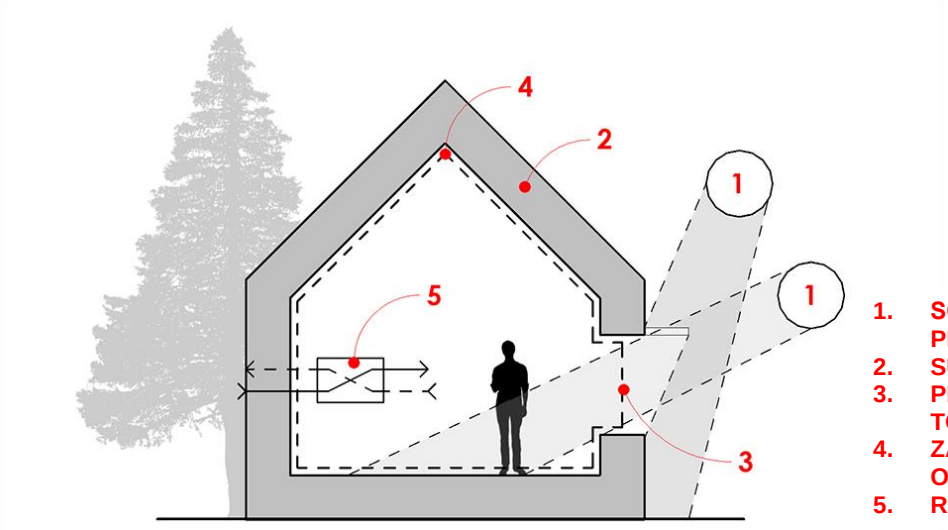
- koeficijent prolaska toplote kod prozora Uw < 1.3 W/m^{2}K
- koeficijent prolaska toplote kod vanjiskih zidova Uw < 0,20 W/m^{2}K
- koeficijent prolaska toplote za krov Uw < 0,15 W/m^{2}K
- koeficijent prolaska toplote za pod na tlu Uw < 0,15 W/m^{2}K

Što je koeficijent prolaska toplote (U) manji, to je toplotna zaštita zgrade bolja. [32]
Kod niskoenergetskih kuća koriste se i standardi solarnih pasivnih i aktivnih tehnika i tehnologija, a mogu se koristiti i tehnologije za recikliranje toplote iz vode (kogeneracija) koja je već korištena kod tuširanja ili u mašini za pranje posuđa. Najčešće se ovakvi objekti zagrijavaju i hlade jedinstvenim sistemom koji napajaju toplotne pumpe ili dizalice toplote.

7.4.2. PASIVNE KUĆE (PASSIVE HOUSE, ULTRA-LOW ENERGY HOUSE)

Općenita definicija pasivne kuće je: „Pasivna kuća je zgrada kod koje toplotni komfor može biti postignut samo naknadnim grijanjem ili hlađenjem svježe mase zraka, a da kvaliteta zraka unutar kuće bude visoka – bez potrebe za recirkulacijom zraka".
Glavni cilj pasivne gradnje je maksimalna udobnost boravka uz minimalnu potrošnju energije. Već u ranoj fazi projektovanja pasivne kuće, potrebno je uzeti u obzir oblik kuće, orijentaciju prema stranama svijeta, uvjete lokacije, veličinu i poziciju prozora i vrata, zaštitu od sunca, itd. Troškovi izgradnje pasivne kuće su u prosjeku za oko 15% veći od izgradnje uobičajene kuće, međutim kroz nekoliko godina cijena investicije se amortizuje kroz manje račune za energiju.

Godišnja potrošnja energije pasivne kuće za grijanje iznosi manje od 15 kWh/m^2. Za usporedbu, niskoenergetska kuća ima potrošnju oko 35 kWh/m^2, a klasična kuća (dobro izolirana) ima godišnju potrošnju energije oko 130 kWh/m^2 [33].



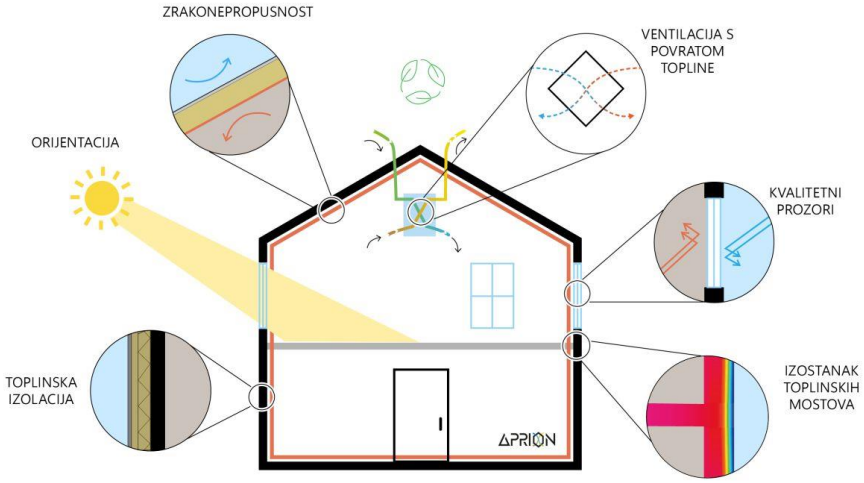
Slika 7.20. Osnovni principi pasivne kuće

Da bi se zgrada smatrala pasivnom, ona mora ispunjavati slijedeće uvjete:

- maksimalna potrošnja energije za grijanje po kvadratnom metru neto stambenog prostora mora biti 15 kWh,
- ukupna energija koja se koristi za grijanje, toplu vodu i električnu energiju ne smije prelaziti 60 kWh po kvadratnom metru obrađene površine poda godišnje,
- toplotna udobnost mora biti zadovoljena za sve životne prostore tokom zimskih i ljetnih mjeseci, s ne više od 10% sati u datoj godini iznad 25°C [33].
- prozorski okviri moraju biti dobro izolirani i opremljeni niskoemisionim staklima punjenim argonom ili kriptonom. Koeficijent prijenosa toplote koji se podrazumijeva je 0,80 W/(m^{2}K),
- efikasna ventilacija i kvalitetan zrak u zatvorenom prostoru su ključni (najmanje 75% toplote iz odvodnog zraka ponovo se prenosi na svjež zrak pomoću izmjenjivača toplote),
- nekontrolisano curenje kroz praznine mora biti manje od 0,6 ukupne zapremine kuće na sat tokom ispitivanja pritiska na 50 Pa,
- toplotni mostovi se moraju maksimalno izbjeći na svim spojevima [3].

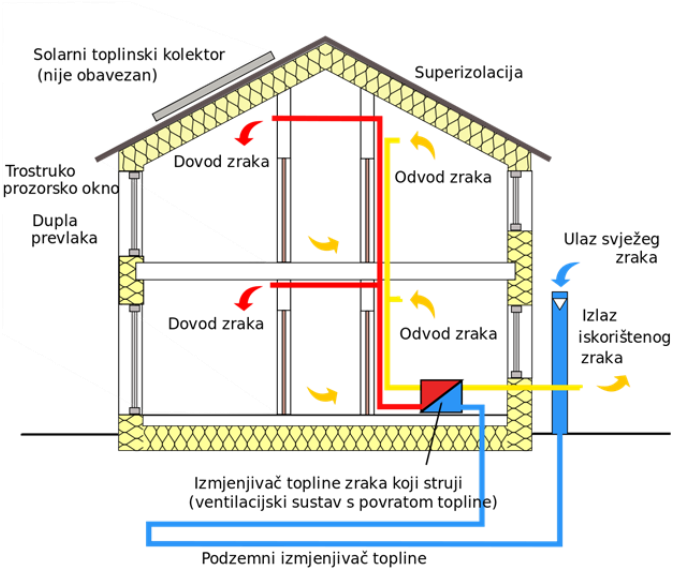
Sistem grijanja koji se koristi je niskotemperaturno grijanje (podno grijanje ili grijanje na zidu) ugrađuje se kako bi pri pogrešnom korištenju i kod mogućih kasnijih dogradnji i promjena objekta, postojale dodatne rezerve grijanja.
Blower-Door-test je također obaveza kod ovakvih objekata kao i termografsko snimanje objekta, upotrebljava se za kontrolu i

osiguranje kvalitete zrakonepropusnosti izgrađenog pasivnog objekta.
Pasivne kuće najvišeg standarda, najčešće, nemaju aktivni sistem grijanja ili klimatizacije.



Slika 7.21. Elementi pasivne kuće

Za izgradnju se koriste materijali najvišeg kvaliteta kojima je moguće dobiti gotovo hermetički zatvoren prostor unutar kuće, u protivnom bi toplota izašla kroz fuge, spojeve i razne otvore. Uz specifičan raspored prostorija, gdje su one najtoplije izložene najvećem osunčanju, kuća ima i poseban sistem prozračivanja.



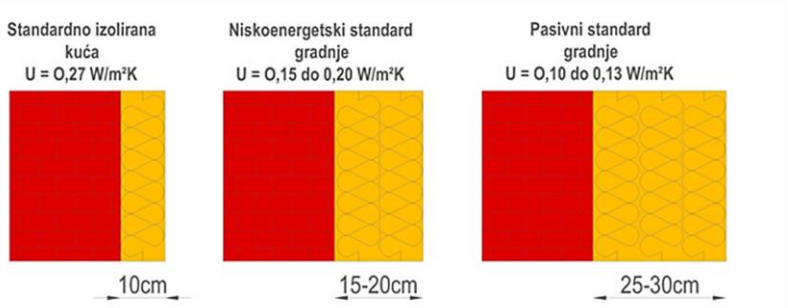
Slika 7.22. Ventilacija pasivne kuće

Za opskrbu svježim zrakom brine se sistem kontrolirane ventilacije koji radi putem izmjene topline - izlazni ili potrošeni zrak iz

unutrašnjosti na višoj temperaturi može prenijeti i do 90% svoje topline na ulazni zrak. Drugim riječima, ako zrak u prostoriji iznosi 20° C, a temperatura u okolišu iznosi 0° C, temperatura ulaznog zraka se može podignuti i na 16° C.
Proces je u ljetnim mjesecima obrnut, tako da izlazni zrak preuzima toplotu ulaznog zraka, održavajući ugodnu temperaturu u prostorijama bez potrebe za klima-uređajima.

Princip ventilacije pasivne kuće je sljedeći: Svježi zrak u prostoriju ulazi preko ventilacionih otvora i prvo klizi preko stropa ispunjavajući prostoriju i to brzinom koja se ne osjeti. Prednost kontroliranog provjetravanja prostorije je u tome što se vanjski zrak preko finih filtara filtrira i samim tim u njemu nema prljavštine i peludi što je posebno važno za alergične osobe.
Ventilirati kuće potrebno je tokom noći kad je vanjska temperatura niža. Vanjska strujanja zraka pomažu pri hlađenju kuće i dovodu svježeg zraka.

Što se tiče izolacije pasivne kuće, njena debljina bi trebala iznositi od 25 do 40 cm uz obaveznu ugradnju prozora s trostrukim ostakljenjem i vratima koje zadržavaju toplinsku energiju, čime se može postići da značajan dio topline ostane u kući. Kao što je i gore navedeno u zahtjevima, „Blower-Door Test"-om i termografskim snimanjem provjerava se da li je zadovoljen standard pasivne kuće.



Slika 7.23. Termoizolacioni sloj za energetski efikasne zgrade

Za razliku od konvencionalnih objekata u pasivnoj kući je znatnije izražena emisija topline koju produciraju „unutarnji izvori" jer svaki čovjek „zagrijava" prostor oko sebe snagom od 80 wati.

Jedan primjer iz prakse najbolje prikazuje efikasnost pasivnih kuća. Nakon dugogodišnjih mjerenja, urađenih u prvoj pasivnoj kući u njemačkom gradu Darmstadt-Kranichsteinu, je potvrđeno da su potrebe za dogrijavanje unutrašnjosti bile neznatne, čak i tokom oštrih zimskih mjeseci 1996/1997 godine, kada je dnevna prosječna temperature padala i do -14° C.

Koncept ove pasivne kuće tako je dobro napravljen i konstruisan da se prostor od 20 m² moglo sasvim ugodno ugrijati i pomoću dvije standardne sijalice od 75W (unutarnji izvor topline).

Dnevna temperature zraka u unutrašnjosti konstatno je iznosila preko 20°C.

Slika 7.24. Pasivna kuća u Darmstadtu

Vrsta konstrukcije: zidana konstrukcija

Godišnja potreba za grijanjem (PHPP): 14 kWh /(m^2a)

Nepropusnost za zrak (PHPP): n50 = 0,22/h

Strop podruma: Površinska obrada na tkanini od fiberglasa, 250 mm izolacijske ploče od polistirena, 160 mm beton, 40 mm zvučna izolacija od polistirena, 50 mm cementni pod, 8-15 mm parket, ljepilo, zaptivanje bez rastvarača. U-vrijednost: 0,13 W/(m^2K)

Zidovi: Mineralna žbuka ojačana tkaninom, 275 mm izolacije od ekspandiranog polistirena (EPS) (ugrađene u dva sloja u to vrijeme, 150+125 mm), 175 mm zid od silikatno-krečne opeke, 15 mm kontinuirano unutrašnje gipsano malterisanje; tapete od drvene iverice, premaz emulzionom bojom. U-vrijednost: 0,14 W/(m^2K)

Zeleni krov: Humus, netkani filter, zaštitna membrana za korijenje, 50 mm iverica bez formaldehida. Lagana drvena konstrukcija s gredama (drvena I-greda, spojnica od tvrde ploče), kontra letva, brtvljenje polietilenskom folijom zalijepljenom bez spajanja, gipsane ploče 12,5 mm, tapete od drvene iverice, premaz emulzijske boje i cijela šupljina od 44,5 cm ispunjena izolacijom od uduvane mineralne vune. U-vrijednost (krov hodnika): 0,10 W / m^2K
Okviri prozora: Drveni prozor s okvirom izoliranim poliuretanskom pjenom (CO_2-pjena, bez HCFC-a, ručno izrađeno) U-vrijednost: 0,79 W/m^2K

Ostakljenje: Trostruko niskoemisijsko ostakljenje s kriptonskim punjenjem: Ug-vrijednost 0,7 W/(m^2K).

Ulazna vrata: Francuska prozorska vrata s dodatnom, ručno izrađenom izolacijom okvira. U-vrijednost: 0,78 W/m^2K

Ventilacija: kontrolirani ventilacijski sistem s povratom topline
Instalacija grijanja: zidni kondenzacijski bojler (12 kW) za sve četiri kuće, vrlo mali radijatori na unutrašnjim zidovima

Potrošna topla voda: Solarni sistem s vakuumskim ravnim panelima podržan plinskim kondenzacijskim bojlerom

7.4.3. AUTONOMNE KUĆE (AUTONOMOUS BUILDING, HOUSE WITH NO BILLS)

Autonomna (nezavisna) kuća potpuno normalno funkcioniše nezavisno od podrške infrastrukture izvana. Ovaj tip kuće nema priključak na elektrodistibutivnu mrežu, vodovod, kanalizaciju, odvodnju, komunikacijsku mrežu, a u nekim slučajevima nema ni priključka na javne saobraćajnice. Autonomna kuća je mnogo više od energetski efikasne kuće jer je energija u ovom slučaju samo jedan od resursa koje je potrebno dobiti iz prirode.

7.4.4. KUĆE GOTOVO NULTE ENERGIJE (nZEB HOUSE)

Za razliku od niskoenergetskih i pasivnih zgrada, energetski gotovo nulta gradnja zahtijeva skoro 0% ili veoma mali procenat primarne energije.
Prednost kod ovakve gradnje jeste u tome da je godišnji utrošak energije na grijanje, ventilaciju, hlađenje, rasvjetu i pripremu potrošne tople vode maksimalno snižen, a komfor življenja zadržan i u nekim slučajevima čak povećan u odnosu na standardnu gradnju (zgrada posjeduje optimalne temperature i vlažnosti zraka, optimalnu razinu CO_2 u zraku, te temperature na površini građevnih dijelova zgrade koje ne izazivaju osjećaj hladnoće). Polazeći od ovih definicija jasno je da nZEB standard ne ograničava godišnju energiju samo za grijanje zgrade, već cjelokupnu primarnu energiju koju zgrada smije potrošiti po kvadratnom metru površine.

Da bi se zadovoljili svi navedeni uslovi potrebno je detaljno analizirati lokaciju i orijentaciju objekta, organizaciju njegovog unutrašnjeg prostora, primjenu materijala za građenje, uticaj okoliša i sisteme utroška energije orijentirajući se na obnovljive sisteme energije. [34]
S aspekta arhitektonskog planiranja objekta zgradu gotovo nulte energije je potrebno projektovati tako da posjeduje što manje potrebe za energijom. Preporučuje se objekat jednostavne forme i izgleda (kompaktni oblik projektovanja). Projektovanje ovakvog objekta zahtijeva suradnju svih struka (projektanata arhitekture, građevine, građevinske fizike, sistema grijanja i elektroinstalacija) s ciljem lakšeg postizanja standarda nZEB, energetske učinkovitosti, ekonomičnosti izgradnje i očuvanja okoliša. Prilikom projektovanja općenito treba obratiti pažnju na debljinu vanjskog omotača – neprekinuta toplotna izolacija optimalne debljine, otvore s prozorima odgovarajućih toplotnih karakteristika, osiguranje optimalne kvalitete zraka s mehaničkim ventilacijama, zrakonepropousnost vanjskog omotača zgrade – smanjenje

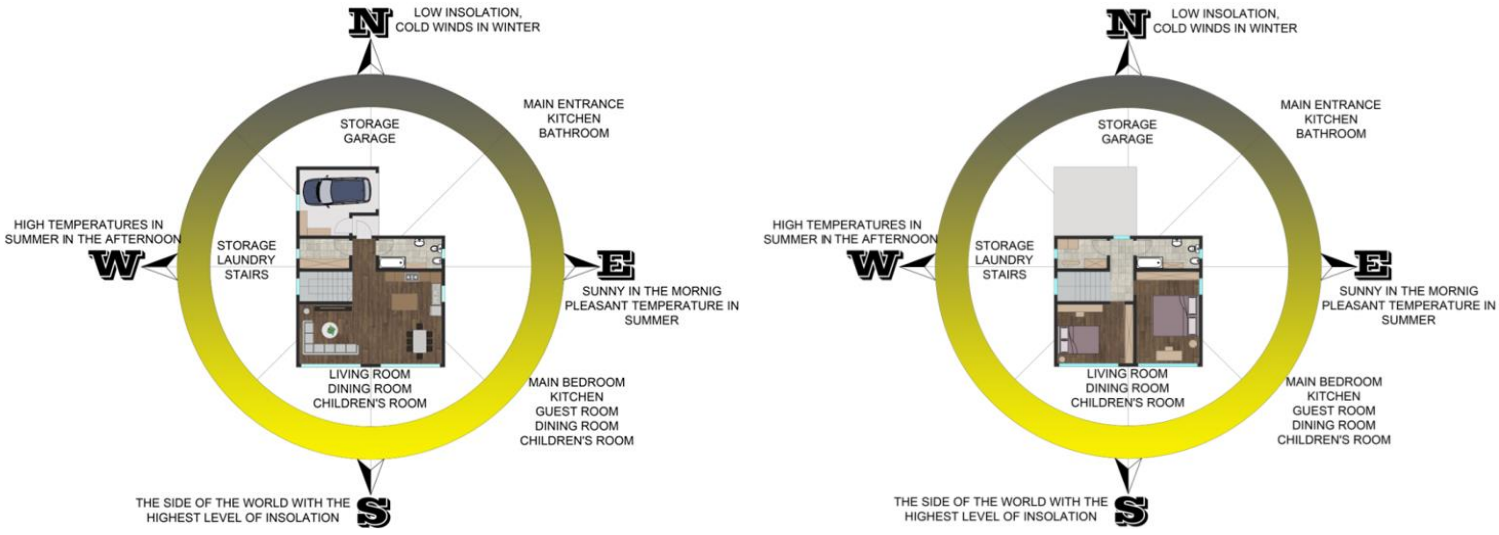
gubitaka toplote i buke te minimiziranje ili ako je u mogućnosti isključenje toplinskih mostova.

Orijentacija zgrade može utjecati na energetsku učinkovitost pa je prilikom projektovanja potrebno ocijeniti ekonomičnost orijentacije tako da se [34]:

- izračuna gubitak topline u zimskom razdoblju i dobitak topline u ljetnom razdoblju za svaku stranu zgrade, uzimajući u obzir utjecaj vjetra i izravnog zračenja Sunca,
- utvrdi korisnost upotrebe prirodnog svjetla u usporedbi s gubicima i dobicima topline za svaku orijentaciju zgrade prema stranama svijeta,
- utvrdi korisnost dobitaka topline Sunčeva zračenja u razdoblju grijanja u usporedbi s dobicima topline u razdoblju hlađenja zgrade.

Ovako dobijene vrijednosti omogućuju odabir orijentacije kod koje su prosječni godišnji troškovi grijanja, hlađenja i rasvjete najmanji.

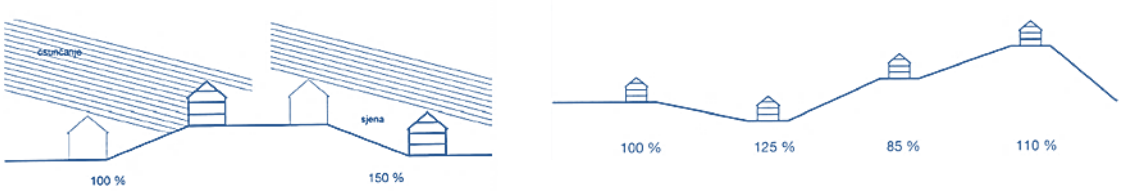
Zgrada mora biti orijentirana tako da minimalno opterećuje HVAC sistem-računajući na prilive toplote treba predvidjeti sjenila, brisoleje i tende, te vegetaciju kako bi se smanjio toplotni dobitak kroz prozore. Projektant treba izbjegavati ostakljenje na istočnoj/zapadnoj fasadi. Ostale mjere za smanjenje toplinskih dobitaka su povećanje izolacije na neprozirnim površinama, korištenje ostakljenja s niskim vrijednostima koeficijenta U, korištenje fasade s prvovjetravanim slojem i sl.



Slika 7.25. Prostorno pozicioniranje prostorija u objektu u odnosu na njihovu namjenu za maksimalno iskorištenje insolacije

Na slici 7.25. prikazana su tlocrtna rješenja prizemlja i etaže stambene kuće. Objekat ima južnu orjentaciju, prostorije za dnevni

boravak i spavaće sobe nalaze se na južnoj strani i imaju velike staklene otvore s ciljem maksimalnog iskorištenja sunčeve energije. Na istočnoj strani objekta projektom je predviđena kuhinja i toalet. Velika osunčanost ujutro, te ugodne temperature ljeti su odlike ovog prostornog sklopa kuće. Na zapadnoj strani predviđen je prostor za stepenište, ostavu i viešeraj. Uz visoke ljetne temperature u poslijepodnevnim satima na zapadnoj strani treba izbjegavati projektovanje prostorija za dnevni boravak. Na sjevernoj strani koja posjeduje nizak nivo insolacije, te hladne vjetrove zimi projektom je predviđena garaža i ulaz u kuću.
Značajan uticaj na toplinske gubitke ima i lokacija zgrade. U ovisnosti od izloženosti zgrade nepovoljnim utjecajima koji ovise od konfiguracije i osunčanosti terena, udara vjetra i blizine vode različiti su i gubici topline.



Slika 7.26. Uticaj topografskog smještaja zgrade na energetski pokazatelj (gubici toplote) i uticaj položaja zgrade u odnosu na osunčanje na energetski pokazaatelj

Na slici 7.26. je vidljivo da je u dolinama niža temperatura zraka, dok je na uzvišenjima prisutna veća izloženost udarima vjetra i osunčanju. Slika također prikazuje nepovoljan uticaj zasjenjenih područja za izgradnju nZEB – niža je vanjska teperatura zraka i umanjeni su dobici topline od sunčevog zračenja u zasjenjenom prostoru. [34]

Kada su instalacijae u zgradi u pitanju, HVAC (grijanje, ventilacija i klimatizacija) i električna rasvjeta su dvije stavke koje u zgradi troše najviše energije na koje otpada 40-60%, odnosno 20-30% ukupne potrošnje energije.
Glavne energetski učinkovite mjere kod grijanja, ventilacije i klimatizacije su klimatizacijski sistemi s varijabilnom promjenom volumena zraka, varijabilne brzine rada ventilatora i pumpi te visokim koeficijentom učinkovitosti rashladnika vode s optimalnom kontrolom. [34]
Prirodno osvjetljavanje prostora uključuje projekt ovojnice (oplošja) zgrade i električne rasvjete te izravno utiče na uslove u unutrašnjosti što zauzvrat ima učinak na sistem grijanja, ventilacije i klimatizacije.

Neki od najučinkovitijih sistema korištenih za smanjenje isporučene energije:

- Kotlovi s promjenjivim kapacitetom, rashladni sistemi promjenjivog kapaciteta i pumpni sistemi promjenjivog kapaciteta;
- Korištenje visokoučinkovitih sistema rasvjete i upravljanja kao što su LED svjetla, prigušnice visokih performansi, dvokružna rasvjeta, senzori zauzetosti i senzori za prigušivanje dnevnog svjetla;
- Optimizacija HVAC opterećenja kroz korištenje rashladnih uređaja s povratom topline, korištenje podnih sistema za distribuciju zraka, korištenje rashladnih uređaja visoke učinkovitosti, korištenje pasivnog hlađenja, primjena skladištenje topline pomoću PCM, korištenje kombiniranog grijanja i struje i korištenje prirodne ventilacije.

Testna faza utroška energije trebala bi obuhvatiti HVAC sisteme, kontrolu rasvjete i dnevne rasvjete, pripremu tople vode i bilo koji obnovljivi izvor poput vjetra i sunca.

Puštanje u pogon zgrade može smanjiti potrošnju energije, smanjiti operativne troškove, smanjiti povratne pozive izvođača i poboljšati produktivnost stanara.
Uspješna provedba procesa puštanja u pogon može donijeti 5-10% poboljšanja energetske učinkovitosti.

7.4.5. KUĆE SA VIŠKOM ENERGIJE (ENERGY-PLUS HOUSE)

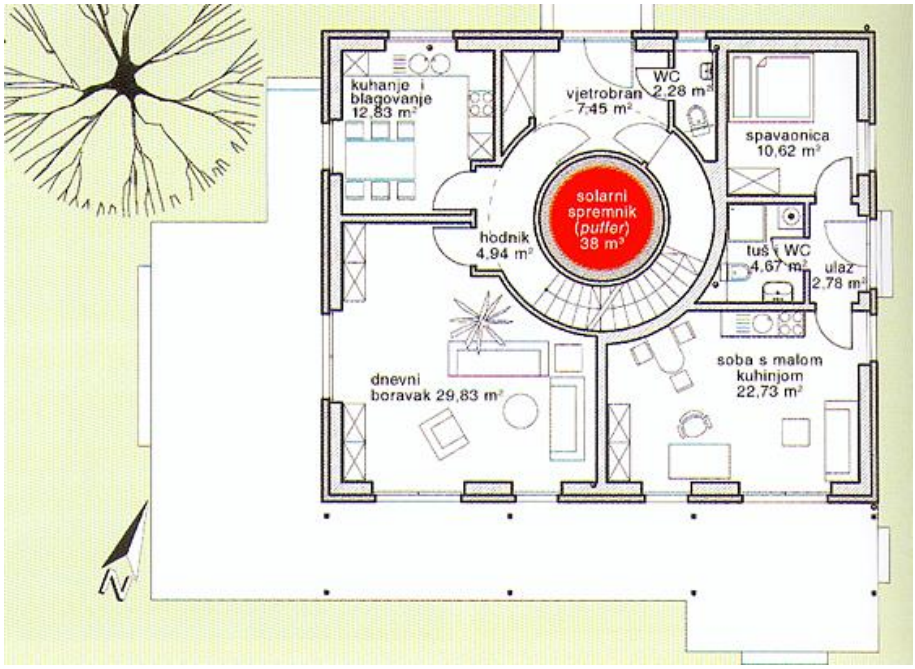
Kuća s viškom energije je kuća koja upotrebom malih generatora električne energije, niskoenergetskih tehnika gradnje poput pasivnog solarnog dizajna kuće, te pažljivog odabira lokacije za kuću, u prosjeku tokom cijele godine proizvede više energije, koristeći obnovljive izvore energije, nego što je uzme iz vanjskih sistema.
Ogromna je razlika između mnogih kuća s viškom energije i praktično se niti ne mogu porediti sa tradicionalnim kućama jer jednostavno koriste najefikasnija energetska rješenja (aparati, grijanje i sl.) kroz cijelu kuću.

U nekim razvijenim državama, kao što je npr. Velika Britanija ili Njemačka, tvrtke za distribuciju električne energije moraju kupovati višak energije iz takvih kuća i tim pristupom kuća umjesto da je stalni trošak, može zarađivati novac za vlasnika. Ovaj princip se polako uvodi i kod nas

Na primjeru porodične kuće u Straubingu u Njemačkoj, jedne od niza ovakvih objekata arhitekta Georga Dascha, sa osnovim konceptom 100 % sunčeve arhitekture bez ikakvih drugih sistema za grijanje i struju, pokazaće se elementi pasivne kuće.

Na ovom objektu primjenjeni su svi standardi pasivne kuće su od debelih, dobro izoliranih zidova, nepropusnog vanjskog omotača uz kontroliranu ventilaciju sa povratom topline, do pravilne orijentacije i primjene solarog sistema. [37]

Slika 7.27. Zid objekta



Slika 7.29. Tlocrt porodične kuće u Straubingu [37]

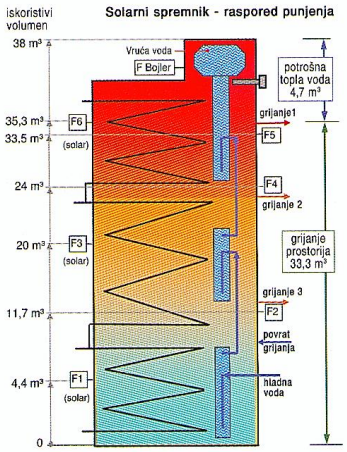
Slika 7.30. Doprema centralnog spremnika

Primjenjena tehnologija:

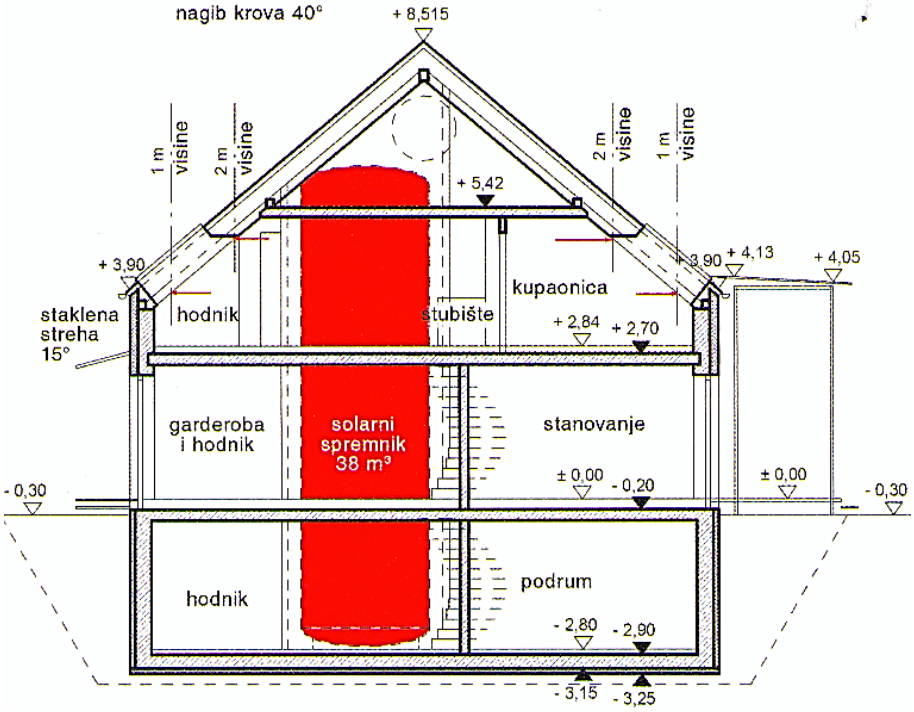
- solarni kolektori 90 m² za pripremu tople vode i grijanje, 33 m² fotonaponskuh panela za proizvodnju struje (za pogon vodenih pumpi, ventilatora i upravljačkih sistema), solarni spremnik 40 m³,
- debeli zidovi 42,5 cm od opeke ispunjene vulkanskim perlitom dobivenim iz lokalnog područja (velike vatrootpornosti, toplinskog kapaciteta i zvučne zaštite), U=0,18 W/m²K - masivni zidovi kao spremnici topline uvećavaju energetsku bilancu za 10-15 %,
- krov izoliran debelim pločama prešane konoplje 30 cm sa U=0,12 W/m²K, ekološki vrijednih svojstava materijala bez primjesa i mirisa,
- trostruko ostakljeni prozori od drveta zaštićenog aluminijem U 0,85 W/m²K,

Slika 7.31. Solarni krov

- podzemni zračni kolektor sa povratom topline sa sistemom podzmnih cijevi od 20 cm postavljenih na dubini minimalno 2 m,
- dodatni fotonaponski paneli za višak električne energije. [37]



Slika 7.32. Centralni solarni spremnik tople vode porodične kuće u Straubingu



Slika 7.33. Presjek porodične kuće u Straubingu

7.5. SISTEMI OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Obnovljivi izvori energije su obnovljivi, nefosilni izvori, tj. energija vjetra, sunca, aerotermalna, geotermalna, hidrotermalna energija, energija mora, hidroenergija, biomasa, deponijski plin, plin iz pročišćavanja otpadnih voda i bioplinovi.

Minimalni udio obnovljivih izvora energije potreban za osiguravanje gotovo nulte ili jako niske potražnje energije zgrade morao bi se kretati od 50% do 90% kako bi se ostvarili energetski i klimatski ciljevi Europske unije.
Taj predloženi raspon od 50%-90% usklađen je s definicijom zgrade približno nulte energije u Direktivi o energetskoj učinkovitosti zgrada koja zahtjeva da energetska potražnja zgrade bude pokrivena iz obnovljivih izvora do „veoma značajne granice". Takav zahtjev omogućava da obnovljiva energija postane

dominantan dio energetskog sistema, dok fosilni sistemi postoje samo u određenoj mjeri (kao rezervni izvor). [35]
Obnovljivi izvori energije dostupni u krugu zgrade koriste se pasivno (npr. toplotni dobici kroz prozore) i aktivno (npr. toplinske pumpe) čime se djelomično zadovoljava potreba za energijom neke zgrade. Obnovljivi izvori energije također se koriste za generiranje energenata (električne energije) koji djelomično pokrivaju potrebu za energijom i koji se djelomično vraćaju u mrežu, ovisno o vremenskoj usklađenosti između proizvodnje i potrebe za energijom i dostupnih mogućnosti skladištenja.
Glavne tehnologije koje se obično usvajaju kao sistemi obnovljivih izvora energije su:

- Fotonaponski i integrirani fotonaponski sistemi – koji se najčešće postavljaju na krovove zgrada. Kod ovih sistema veći dio solarne energije se ne pretvara u eletktričnu energiju već se reflektira;
- Hibridni fotonaponski-termalni sunčani kolektori (HPVT)– proizvodi i električnu i toplinsku energiju. Koristi termoelektrične rashladne sisteme u cilju smanjenja temperature solarne ćelije i iskorištava toplu vodu;
- Solarni kolektori za pripremu potrošne tople vode – vodene pumpe na solarni pogon, dvofazni solarni kolektori i sl.;
- Toplotne pumpe – dobijanje topline iz zemlje, zraka ili vode – prevođenje s niže temperaturne razine na višu;
- Područno grijanje i klimatizacija – učinkovitiji HVAC sistemi koji doprinose smanjenju problema vezanih uz okoliš itd.

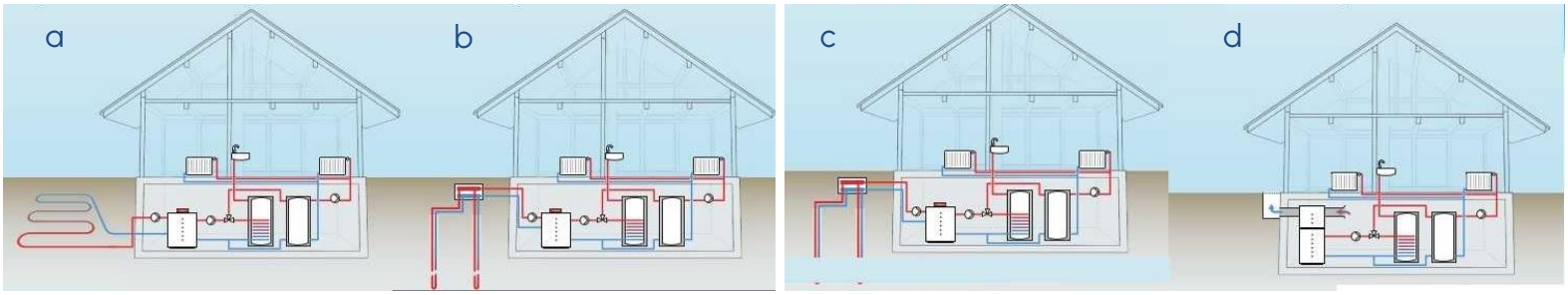
Sa stanovišta energetske uštede, za manje sisteme veoma zadovoljavajućim se pokazao kombinirani kotao koji služi istovremeno za grijanje prostorija i pripremu tople vode, a time što nije potreban spremnik za toplu vodu izbjegavaju se toplotni gubici koje on uvijek u većoj ili manjoj mjeri uzrokuje, neovisno o kvaliteti izolacije spremnika. Danas, se sve češće koriste sistemi toplotnih pumpi, koje mogu biti različito tehnološki koncipirane.

Toplotna pumpa (dizalica topline) je uređaj koji vrši oduzimanje toplote nekom toplinskom spremniku, koju taj radni medij može prenositi dalje kao korisnu toplinu. Ukoliko je taj toplotni spremnik konstantne temperature (npr. morska voda, toplota tla i sl.), postiže se dobra efikasnost procesa, pa ovakav uređaj predstavlja energetski najpovoljnije rješenje u slučaju korištenja električne energije za grijanje. No mora se uzeti u obzir da je proizvedena toplotna energija nižih parametara (obično oko 55°C), te je povoljna za korištenje u ventilokonvektorima, klima komorama, podnom grijanju i sl. Toplotna pumpa može služiti i kao rashladnik vode.
Kao izvori toplotne energije se koriste:

- zrak odnosno atmosfera,
- sunčevi zraci,
- zemljino tlo,
- podzemne vode: bunari,
- površinske vode: more, jezera, rijeke,
- otpadne vode kao i otpadna toplota iz domaćinstva i industrije.

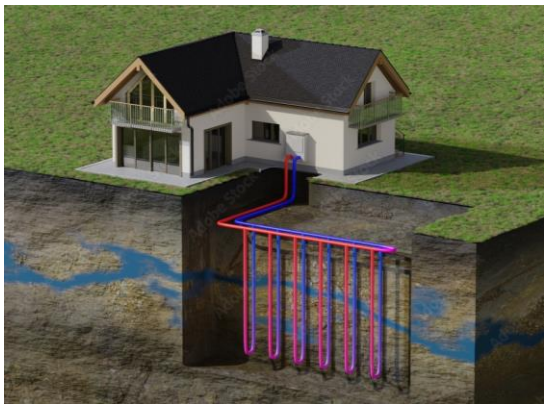
Vrste toplotnih pumpi po medijumu su:

- zrak - voda toplotne pumpe,
- vazduh - vazduh toplotne pumpe,
- voda - voda toplotne pumpe,
- zemlja - voda toplotne pumpe.

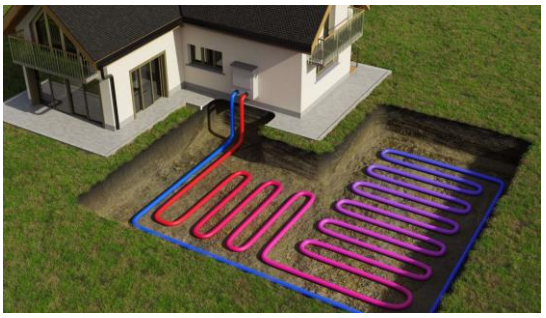


Slika 7.34. Vrste toplotnih pumpi
(a)zemlja-voda, horizontalni vod, b) zemlja-voda, vertikalni vod,
c)voda-voda, d) zrak- voda)

Geotermalna toplotna pumpa funkcioniše tako što preuzima toplotu iz zemlje da bi obezbijedila korisnu energiju za grijanje kuće i obezbjeđivanje tople vode. Toplotna geotermalna pumpa nudi odličnu uštedu energije, čak do 75% energije za grijanje može biti izvučeno iz zemlje.



Kao vrlo zahtjevni sistemi geotermalne pumpe se rjeđe koriste. Umjesto njih, u upotrebi su sve češće, uređaji koji, koristeći rad električne energije i energijski potencijal okoline (zraka, vode), u zimskim uslovima podižu temperaturu u zagrijavanom prostoru, a u ljetnim uslovima „ispumpavaju" toplotu iz prostora i odvode je u okolinu pri čemu ostvaruju efekat hlađenja.



Slika 7.35. Geotermalne toplotne pumpe

8. LITERATURA

[1] Neidhardt Tatjana: Građevne konstrukcije, II izdanje, Zagreb, 2004.

[2] Pečur, Banjad Ivana, urednica: Priručnik za trenere, građevinsko zanimanje krovopokrivač, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2016.

[3] Milovanović Bojan i Stepinac Mislav: Tehnologija izvođenja zidarskih radova u graditeljstvu, pruručnik, Agencija za strukovno obrazovanje odraslih, Zagreb, 2003.

[4] Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet, Osijek 2013.

[5] Kulundžić Mario: Fasadni sustavi i planiranje njihove izvedbe, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, 2016.

[6] Pečur, Banjad Ivana, urednica: Priručnik za trenere, građevinsko zanimanje fasader Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2016.

[7] Beljak, Elena: Ventilirani fasadni sustavi, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2009., dostupno na https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:237:703906

[8] Ugradnja fasade sa kamenom vunom u 8 koraka, dostupno na https://potkrovlje.ba/2023/07/ugradnja-fasade-sa-kamenom-vunom-u-8-koraka-2/ (15.02.2025.)

[9] Ljeljak Lea: Staklene fasade, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2009. dostupno na: https://repozitorij.grad.unizg.hr/islandora/object/grad:2863 (15.02.2025.)

[10] Batur, Domagoj: Zelene fasade i krovovi, Završni rad, Filozofski fakultet Univerziteta u Rijeci, 2021., dostupno na https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:231:382825, (18.06.2025.)

[11] Vrbanov Kosta: Green facades, Diplomarbeit, Technische Universitat Wien, 2019., dostupno na https://repositum.tuwien.at/bitstream/20.500.12708/7588/, (24.06.2025.)

[12] Bijedić Dženana: Osnove arhitektonskih konstrukcija, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Sarajevu, mart 2020.

[13] Dr Danijela Zlatković Podne konstrukcije, dostupno na https://odseknis.akademijanis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/Podovi%20predavanja%2017.03.2020.pdf, (13.04.2025.)

[14] https://www.izgradnjakuce.com/estrih/, (21.04.2025.)

[15] https://webgradnja.hr/clanci/primjena-spustenih-stropova/3334 , (02.05.2025.)

[16] Milovanović Bojan i Stepinac Mislav: Tehnologija izvođenja zidarskih radova u graditeljstvu, pruručnik, Agencija za strukovno obrazovanje odraslih, Zagreb, 2003.

[17] Miljanić, Patricija: Prozori i vrata energetski učinkovitih zgrada, Završni rad, Sveučilište Zagrebu, Građevinski fakultet, 2021. (27.03.2025.)

[18] Marković Anja: Proračun energetskih pokazatelja prozora, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, 2016.,(29.03.2025.)

[19] Abrashi Ivana, Rengel Tihomir, Prodan-Abramović Damir: Instalacije vodovoda, Skripta za studente Arhitektonskog fakulteta, Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2025

[20] Harapin Anel, Galić Mirela: Kućne instalacije, dostupno na https://www.scribd.com/document/374904108/Kucne-instalacije-Harapin-Mirela-Gali%C4%87-pdf, (20.04.2025.)

[21] Cetinić Ivan, Rengel Tihomir, Prodan-Abramović Damir: Instalacije grijanja – skripta za studente Arhitektonskog fakultet, Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2022.

[22] Muraj Iva: Elementi Instalacija Zgrada - Dimnjaci I Ventilacije, predavanja Arhitektonski fakultet Zagreb, dostupno na https://www.scribd.com/document/401983266/ak1-21-elementi-instalacija-zgrada-dimnjaci-i-ventilacije-pdf, (20.06.2025.)

[23]Magaš Olga: Osnove građevinske fizike, predavanja, dostupno na https://www.scribd.com/document/53242712/GRA%C4%90EVINSKA-FIZIKA,(20.06.2025.)

[24] Šimetin Vladimir: Građevinska fizika, Zgrada i energija, Fronta impress, Zagreb, 2020.

[25] Vrančić. T. Fizika zgrada, članak, Građevinar 57., 2005. dostupno na http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-57-2005-12-10.pdf, (25.06.2025.)

[26] Koški Željko i Gorana Zorić: akumulacija sunčeve energije u obiteljskim pasivnim kućama, https://hrcak.srce.hr/file/94763

[27] Debeljak Alen, Projektiranje akustičkih svojstava prostora, Završni rad, Univerzitet Sjever, 2016. dostupno na https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:082101, (27.06.2025.)

[28] Fejzić Emir, Osobe umanjenih rjelesnih sposobnosti i arhitektonske barijere, EXPEDITIO, Centar za održivi prostorni razvoj, Kotor, 2007.

9. Popis slika s izvorima

Slika 1.1. Tradicionalni pokrovi od prirodnih materijala, preuzeto sa https://www.arhiteko.hr (20.01.2025.)

Slika 1.2. Ventilirani kosi krov sa toplinskom izolacijom iznad rogova, preuzeto sa https://guttashop.hr/krovne-i-fasadne-folije-energetska-usteda (20.01.2025.)

Slika 1.3. Pokrov od kamena škriljevca, preuzeto sa https://www.raynesroofing.co.uk/blog/slate-roof-repair/, (20.01.2025.)

Slika 1.4. Pokrov od betonskog ravnog crijepa, preuzeto sa www.wienerberger.hr (21.01.2025.)

Slika 1.5. Pokrov od ravnog lima (limena šindra Prefa), preuzeto sa https://www.prefa.hr/prefa-krovni-i-fasadni-sistemi/ (21.01.2025.)

Slika 1.6. Nagib krova za pojedine vrste krovnog pokrova, preuzeto sa www.tumir.hr, (21.01.2025.)

Slika 1.7. Pokrov i fasada od ravnog falcanog lima (Prefalz), preuzeto sa https://www.prefa.hr/prefa-krovni-i-fasadni-sistemi/ (21.01.2025.)

Slika 1.8. Shematski prikaz neprekidnosti toplinske ovojnice zgrade, preuzeto iz: Pečur, Banjad Ivana, urednica: Priručnik za trenere, građevinsko zanimanje krovopokrivač, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2016., str. 21.

Slika 1.9. Termoizolacija iznad rogova-lijevo i iznad i u nivou rogova, preuzeto sa https://www.saint-gobain.hr/clanci/izolacija-s-gornje-strane-roznika, (22.01.2025.)

Slika 1.10. Varijante ventiliranja krova, preuzeto sa https://www.prefa.hr/pitanja-odgovori/o-slojevima-krova/, (22.01.2025.)

Slika 1.11. Presjek kroz konstrukciju ventiliranog krova, preuzeto iz Shematski prikaz neprekidnosti toplinske (žuto) i zrakonepropusne (crveno) ovojnice zgrade, preuzeto sa https://jonimpex.rs/ (22.01.2025.)

Slika 1.12. Presjek kroz konstrukciju jednostruko i dvostruko ventiliranog krova, preuzeto sa https://nastava.asoo.hr/wp-content/uploads/2020/03/Arhitektonski-tehni%C4%8Dar_3-razred_Arhitektonske-konstrukcije_Pokrovi-kosih-krovova.pdf, (22.01.2025.)

Slika 1.13. Pokrivanje krova slamom, https://master-hr.decorexpro.com

Slika 1.14. Pokrivanje krova daskom (okomito na strehu), preuzeto sa https://www.swedishwood.com, (23.01.2025.)

Slika 1.15. Krov i fasada objekta od daske, preuzeto sa https://www.swedishwood.com, (22.01.2025.)

Slika 1.16. Slika 1.16. Detalj krova i fasade od cedrove šindre, preuzeto sa https://www.customshingles.com, (23.01.2025.)
Slika 1.17. Pokrov od cedrove šindre, preuzeto sa https://www.arcat.com, (23.01.2025.)
Slika 1.18. Detalj tradiconalnog pokrivanja kamenom, preuzeto sa https://artsandculture.google.com, (23.01.2025.)
Slika 1.19. Detalj modernog pokrivanja ravnim kamenim pločama, preuzeto sa www.truestoneroofing.com (23.01.2025.)
Slika 1.20. Ravni crijep, preuzeto sa https://www.nexe.ba/proizvodi/crijep/valens/, (23.01.2025.)
Slika 1.21. Ravni utoreni crijep, preuzeto sa https://www.wienerberger.hr/proizvodi/krov/tondach-crijep/utoreni-biber-natur-prirodno-crvena.html, (23.01.2025.)
Slika 1.22. Kupa kanalica, preuzeto sa https://www.archiexpo.com/prod/ludowici/product-63722-1196645.html, (24.01.2025.)
Slika 1.23. Valoviti utoreni crijep, preuzeto sa https://www.wienerberger.ba/proizvodi/krov/tondach-crijep/veneton-11-natur-color-antik.html, (24.01.2025.)
Slika 1.24. Reform crijep, preuzeto sa https://laberna.hr/proizvodi/krovista/glineni-pokrovi/erlus/erlus-reformpfanne-xxl, (24.01.2025.)
Slika 1.25 Utoreni crijep, preuzeto sa https://www.wienerberger.ba/proizvodi/krov/tondach-crijep/traditon-9-natur-color-antik.html, (24.01.2025.)
Slika 1.26. Engobirani, glazirani crijep, preuzeto sa https://www.creaton.com/your-roof/dream-roof, (24.01.2025.)
Slika 1.27. Biber crijep, preuzeto iz: Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.59.
Slika 1.28. Jednostruki pokrov biber crijepom, preuzeto iz: Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.59.
Slika 1.29. Dvoostruki pokrov biber crijepom, preuzeto iz: Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.60.
Slika 1.30. Krunski pokrov biber crijepom, preuzeto iz: Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.61.
Slika 1.31. Utoreni biber crijep i dupli biber crijep, preuzeto sa https://tondach.ba, (24.01.2025.)
Slika 1.32. Dodatni elementi za pokrivanje biber crijepom, preuzeto sa https://tondach.ba, (24.01.2025.)

Slika 1.33. Detalj presjeka konstrukcije krova pokrivenog biber crijepom, preuzeto iz: Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.63.

Slika 1.34. Jednostruko i dvostruko utoreni crijep, preuzeto iz: Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.65.,

Slika 1.35. Utoreni crijepovi , https://tondach.ba, (24.01.2025.)

Slika 1.36. Bramac jednostruko utoreni crijep, preuzeto sa https://laberna.hr/proizvodi/krovista/betonski-i-vlaknocementni-pokrovi/bramac-bmi, (24.01.2025.)

Slika 1.37. Presjek krovne konstrukcije pokrivene Bramac crijepom, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet, Osijek 2013. Str.64.,

Slika 1.38. Detalj sljemena krova pokrivenog Bramac crijepom, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.66.

Slika 1.39. Pokrov kupa kanalicom, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.62.

Slika 1.40. Pokrov mediteran crijepom Veneton 14, proizođača Tondach, preuzeto sa https://www.wienerberger.ba/content/dam/wienerberger/bosnia/marketing/documents-magazines/technical/tondach/technical-product-info-sheet/BA_MKT_TEC_ROF_TON_Veneton_14_Tehnicki_list.pdf, (24.01.2025.)

Slika 1.41. Betonski crijep različitih boja, proizođača Bramac, preuzeto sa https://pravimajstor.hr

Slika 1.42. Stakleni solarni crijep, preuzeto sa https://egradnja.ba/vijesti/31072015/solarni-crijep-napravljen-od-stakla

Slika 1.43. Spajanje limenih ploča, ležeći prijevoj stojeći projevoj (ležeći i stojeći falc), preuzeto iz: Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.651.

Slika 1.44. Spajanje limenih ploča na krovu-shema i detalji, preuzeto sa https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/375/820/pokrivanje-krovova-limom (28.01.2025.)

Slika 1.45. Pokrov od falcanog aluminijskog lima proizvođača Prefa, preuzeto sa https://www.prefa.hr/katalog-proizvoda/fasadni-sustavi/https://www.prefa.hr/arhitekti-projektanti/ (29.01.2025.)

Slika 1.46. Ventiliranje krova za pokrivanje ravnim limom – varijante, preuzeto sa https://www.prefa.hr/arhitekti-projektanti/(29.01.2025.)
Slika 1.47. Izvedba strehe kod pokrova od falcanog lima, , preuzeto sa https://www.prefa.hr/arhitekti-projektanti/(29.01.2025.)
Slika 1.48. Spajanje ploča kod rebrastog pokrivanja, preuzeto iz; Koškl Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet, Osijek 2013. Str.72.
Slika 1.49. Rebrasto pokrivanje krova limom – detalji, preuzeto iz Koškl Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet, Osijek 2013. Str.72.
Slika 1.50. Čelični trapezni lim (TR18 i TR40), preuzeto sa https://civicbih.com/en (01.02.2025.)
Slika 1.51. Sinusoidni valoviti lim, preuzeto sa https://civicbih.com/en(01.02.2025.)
Slika 1.52. Visokoprofilirani trapezni lim, preuzeto sa https://civicbih.com/en (01.02.2025.)
Slika 1.53. Profilisani lim u obliku crijepa, preuzeto sa https://civicbih.com/en/prestige (01.02.2025.)
Slika 1.54. Slojevi pokrova s trapeznim limom, preuzeto sa https://www.saint-gobain-africa.com/en/products/ashgrid-spacer-system (01.02.2025.)
Slika 1.55. Vrste krovnih panela, preuzeto sa https://baumet.ba/proizvodi/termoizolacioni-paneli/klasicni-krovni-paneli/ (01.02.2025.)
Slika 1.56. Sastav krovnog panela, preuzeto sa https://atg.ba/?page_id=214 (01.02.2025.)
Slika 1.57. Spoj dva panela, preuzeto sa https://atg.ba/?page_id=214 (01.02.2025.)
Slika 1.58. Detalj pričvršćenja panela, preuzeto sa https://atg.ba/?page_id=214 (01.02.2025.)
Slika 1.59. Detalj krovnog i zidnog termopanela, preuzeto sa https://www.izoforma-paneli.hr/sendvic-paneli/mono-k5/, (03.02.2025.)
Slika 1.60. Detalj fasade objekta od vlaknastocementnih ploča Swissperal, preuzeto sa https://www.archdaily.com/catalog/us/products/8999/swisspearl-fiber-cement-panels-swisspearl/236378 (05.02.2025.)
Slika 1.61. Ravne vlaknastocementne ploče – dimenzije elemenata, preuzeto iz Koškl Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet, Osijek 2013. Str.69.
Slika 1.62. Detalj pokrova ravnim pločama Swisspearl, https://www.swisspearl.com/de-ch/produkte/roof/meteo (05.02.2025.)
Slika 1.63. Shema polaganja ravnih ploča na letvanu potkonstrukciju, preuzeto sa https://www.swisspearl.com/de-ch/produkte/roof/meteo (06.02.2025.)

Slika 1.64. Detalj pokrova i fasade od valovitih vlaknastocementnih ploča, arhitekt DI Bettina Brunner-Krenn, preuzeto sa https://www.swisspearl.com/at/referenzen/house-bk (07.02.2025.)
Slika 1.65. Detalj preklapanja valovitih ploča, https://webdrvara.com/index.php/salonit-ploce/b8-salonit-ploca, (07.02.2025.)
Slika 1.66. Detalj savijene polikarbonatne ploče, preuzeto sa https://cebos.ba/pune-polikarbonatne-ploce/, (07.02.2025.)
Slika 1.67. Polikarbonatne saćaste ploče "Lexan", preuzeto sa https://ba.hbsinostarmetals.com/roofing-sheet/polycarbonate-sheets/polycarbonate-hollow-sheets.html, (07.02.2025.)
Slika 1.68. Sistem odvodnje oborinskih voda, preuzeto sa https://civicbih.com/sistem-oborinskih-voda, (07.02.2025.)
Slika 1.69. Stojeći oluk, preuzeto iz: Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.56.
Slika 1.70. Viseći i ležeći oluk, preuzeto iz: Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.56-57..
Slika 1.71. Proračun veličine oluka, preuzeto sa https://ihouses.decorexpro.com/hr/kanalizaciya/rascet-vodostocnoj-sistemy/
Slika 1.72. Kuke za vješanje oluka, preuzeto sa https://builderhub-hr.techinfus.com/dom/fasad/vodostochnyj-zhelob/ (09.02.2025.)
Slika 1.73. Pozicije vertikalnih oluka/odvodnih cijevi ovisno o tlocrtu krova, preuzeto sa https://budpomichnyk.com.ua/pokrivlya/montazh-vodostichnoyi-systemy-svoyimy-rukamy/ (09.02.2025.)
Slika 1.74. Zidna lajsna, preuzeto sa https://alternativa.ba/en/sheet-flashings/ (10.02.2025.)
Slika 1.75. Oluk lajsne, preuzeto sa https://alternativa.ba/en/sheet-flashings/ (10.02.2025.)
Slika 1.76. Vjetar lajsna, https://www.limocin.hr/ (28.05.2025.)
Slika 1.77. Pokrov Opere u Sydneyu, preuzeto sa https://brewminate.com/preserving-the-future-of-the-sydney-opera-house/, (28.05.2025.)
Slika 2.1. Detalj fasade dvorca Versailles u Parizu, preuzeto sa https://www.musement.com/us/paris/tour-of-versailles-palace-and-optional-gardens-show-370522/ (28.05.2025.)
Slika 2.2. Detalj termožbuke, preuzeto sa *https://ihouses.decorexpro.com/hr/otoplenie/osobennosti-teploizolyacionnoj-shtukaturki-dlya-vnutrennix-rabot/*, (30.05.2025.)

Slika 2.3. ETICS sistem fasade, preuzeto sa https://potkrovlje.ba/2023/07/ugradnja-fasade-sa-kamenom-vunom-u-8-koraka-2/ ,(30.05.2025.)
Slika 2.4. Izrada ETICS fasade s kamenom vunom, preuzeto sa https://potkrovlje.ba/2023/07/ugradnja-fasade-sa-kamenom-vunom-u-8-koraka-2/, (30.05.2025.)
Slika 2.5. Početni sokleni profil za kamenu vunu, preuzeto sa *https://knauf.com/hr-HR/p/proizvod/satt-pocetni-celicni-profil-30-mm-10599_0259* (30.05.2025.)
Slika 2.6. Tiple pričvsnice za kamenu vunu, preuzeto sa *https://senigorshop.ba/gradevinski-materijal-c-1/fasadni-sistemi-c-18/ostalo-c-29/tipla-fasadna-120-mm-s-metalnim-klinom-p-12252* (30.05.2025.)
Slika 2.7. Ugaoni aluminijski profil s mrežicom, preuzeto sa *https://pennyshop.ba/shop/proizvod/pla-pen-profil-s-mrezicom-za-fasadu-25m/024561* (30.05.2025.)
Slika .28. Staklena fasadna mrežica, preuzeto sa https://montingbl.net/proizvodi/staklena-fasadna-mrezica-145g-halkotherm/ (30.05.2025.)
Slika 2.9. Različite teksture dekorativnog sloja fasade, preuzeto sa https://master-hr.decorexpro.com/shtukaturka/fasadnaya-dekorativnaya/ (30.05.2025.)
Slika 2.10. Vrste toplinsko-izolacionih materijala, preuzeto iz: M. Jelčić Rukavina, M. Carević, Z. Veršić. (2020). Sigurna uporaba toplinsko-izolacijskih materijala u građevinama s aspekta zaštite od požara: Tehnički priručnik za projektiranje i izvođenje, str. 18
Slika 2.11. Staklena vuna, preuzeto sa https://knauf.com/hr-HR/p/proizvod/smartroof-top-22556_4305
Slika 2.12. Kamena vuna, preuzeto sa https://gramat.rs/product/knauf-insulation-ventacusto/ (30.05.2025.)
Slika 2.13.EPS, preuzeto sa https://www.plastform.hr/proizvod/plastopor-eps-100-035/ (30.05.2025.)
Slika 2.14. XPS, preuzeto sa https://fibran.hr/portfolio-item/fibranxps-etics-gf-i/ (30.05.2025.)
Slika 2.15. Ugradnja PUR pjene, preuzeto sa https://ba.pu-catalysts.com/info/exploring-the-versatile-applications-of-spray-97117863.html (30.05.2025.)
Slika 2.16. Ploča od PIR pjene, preuzeto sa https://planeteco.com/product/pir-insulation-sheet/ (30.05.2025.)
Slika 2.17. VIP panel, preuzeto sa https://www.turvac.eu/products/turvac-si-vip (30.05.2025.)

Slika 2.18. Princip funkcioniranja ventilirane fasade ljeti i zimi, preuzeto sa https://www.siteproject.hr/ventilirane-fasade/ (30.05.2025.)
Slika 2.19. Primjeri ventiliranih fasada s opekom, preuzeto sa https://www.inzenjer.net/proizvod/fasadna-i-podna-opeka-9/ (30.05.2025.)
Slika 2.20. Presjek ventiliranih fasada s opekom, https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/3960/820/tehnicki-principi-zidanja-obloznih-zidova-od-fasadne-silikatne-opeke-uz-upotrebu (30.05.2025.)
Slika 2.21. Presjek ventilirane fasada s kamenom oblogom (sistem, "Feal") preuzeto sa https://miral-pvc.com/staklene-fasade-alu/fasadne-obloge/ (02.06.2025.)
Slika 2.22. Detalji montaže kamene obloge fasade, preuzeto sa https://www.inzenjer.net/gradjevinarstvo/ventilisane-fasade-od-kamena/ (02.06.2025.)
Slika 2.23. Detalj ventilirane fasada s terracotta keramičkim pločam, preuzeto sa https://www.tradekorea.com/product/detail/P713076/Terracotta-Wall-Facade-Panels.html (02.06.2025.)
Slika 2.24. Terracotta ploče, tipovi, preuzeto sa https://www.tradekorea.com/product/detail/P713076/Terracotta-Wall-Facade-Panels.html (02.06.2025.)
Slika 2.25. Detalj ventilirane fasada s vlaknasto-cementnim pločama, preuzeto sa https://www.connanfacade.fr/infos-techniques-panneau-facade/ (02.06.2025.)
Slika 2.26. Detalj fasada sa "Swisspearl" vlaknasto – cementnim pločama, preuzeto sa https://www.archdaily.com/594698/tagusgas-headquarter-saraiva-associados (02.06.2025.)
Slika 2.27. HPL ploča- sastav, preuzeto sa http://www.size-projekti.hr/max-compact-eksterijer-mo18-4 (02.06.2025.)
Slika 2.28. Detalj fasade sa Fundermax HPL pločama, arhiva autora
Slika 2.29. "Alucobond panel" – sastav, preuzeto sa https://www.pngwing.com/en/free-png-plnhl (02.06.2025.)
Slika 2.29. Detalj "Alucobond fasade" preuzeto sa https://webgradnja.hr/specifikacije/1569/alubond (02.06.2025.)
Slika 2.30. Detalj fasade objekta od Prefabond kompozitnih ploča Autori: Inkubator, Bihać
Slika 2.31. Kristalna palata, rekonstrukcija, preuzeto sa https://www.alternatehistory.com/forum/threads/wi-the-crystal-palace-survives.525631/(02.06.2025.)

Slika 2.32. FEAL - 60 K Kontinuirana fasada – detalj, preuzeto sa https://webgradnja.hr/katalog/4570/aluminijski-profili-za-fasade-50-fk (02.06.2025.)
Slika 2.33. Detalj kontinirane fasade Feal, preuzeto sa https://feal.ba/proizvodi/sistemi-prozora-i-vrata/ (02.06.2025.)
Slika 2.34. FEAL - 50 FK Polustrukturalna fasada – detalj, preuzeto sa https://alkus.ba/index.php/hr/fasadni-sistemi/139-50-fk (02.06.2025.)
Slika 2.35 . FEAL - 50 S strukturalna fasada – detalj, preuzeto sa http://www.maks.ba/de/proizvod/7/kontinuierliche-fassade (02.06.2025.)
Slika 2.36. Elementi sistema spider fasade, preuzeto sa https://fitechnic.com/point-fixing/
Slika 2.37. Detalj složene konstukcije spider fasade, preuzeto sa https://www.sgapco.com/spider-system.html (02.06.2025.)
Slika 2.38. Princip funkcioniranja dvostruke fasade, https://www.researchgate.net/figure/Principles-of-functioning-of-a-two-layer-facade-Source-Souza-2019_fig2_366596180 (02.06.2025.)
Slika 2.39. Detalj dvostruke fasade, preuzeto sa https://wfmmedia.com/sustainability-through-intelligent-facade/
Slika 2.40. Detalji fasade objekta "Gherkin" u Londonu, preuzeto sa https://www.archdaily.com/447205/the-gherkin-how-london-s-famous-tower-leveraged-risk-and-became-an-icon-part-2 (02.06.2025.)
Slika 2.40. Babilonski viseći vrtovi, preuzeto sa https://wanderboat.ai/attractions/iraq/al-hillah-central-subdistrict/remains-of-the-hanging-gardens-of-babylon/xrKIs7QUQgyoSbN8Szj4Yg (02.06.2025.)
Slika 2.41. Tipovi zelenih fasada, Vrbanov Kosta, diplomski rad, Zelene fasade, TU Wien, april 2019. Str. 13
Slika 2.42. Kablovski i rešetkasti sistemi zelenih fasada, Vrbanov Kosta, diplomski rad, Zelene fasade, TU Wien, april 2019. Str. 21.
Slika 2.43. Varijante fasadnih "živih zidova", preuzeto sa https://citygreen.com/living-walls/ (02.06.2025.)
Slika 2.44. Kombinova fasada; prizemlje strukturalna fasada Feal, spratovi ventilirana fasada s oblogom od hpl ploča Fundermax, Autori: Ingkubator, Bihać, arhiva autora
Slika 3.1. Osnovni elementi konstrukcije poda, preuzeto sa https://www.ursa.ba/bs-latn-ba/primjene/podovi/ (14.06.2025.)

Slika 3.2. Tipovi ugradnje podova - detalj presjeka, preuzeto sa https://knauf.com/cs-CZ/knauf-insulation/ (14.06.2025.)
Slika 3.3. Plivajući pod, detalj uz zid, preuzeto sa https://knauf.com/cs-CZ/knauf-insulation/ (14.06.2025.)
Slika 3.4. Plivajući pod - osnovni detalj u mokrim prostorijama, preuzeto sa https://knauf.com/cs-CZ/knauf-insulation/ (14.06.2025.)
Slika 3.5. Plivajući pod, s podnim grijanjem, preuzeto sa https://knauf.com/cs-CZ/knauf-insulation/ (14.06.2025.)
Slika 3.6. Plivajući pod na tlu, preuzeto sa https://knauf.com/cs-CZ/knauf-insulation/
Slika 3.7. Plivajući pod između grijanih etaža, preuzeto sa https://knauf.com/cs-CZ/knauf-insulation/ (14.06.2025.)
Slika 3.8. Plivajući iznad negrijanoh prostora, preuzeto sa https://knauf.com/cs-CZ/knauf-insulation/ (14.06.2025.)
Slika 3.9. Brodski pod, preuzeto sa https://dir-rubinic.hr/isplati-li-se-ulagati-u-brodski-pod (14.06.2025.)
Slika 3.10. Parket, preuzeto sa https://faktormagazin.ba/tag/parket/ (14.06.2025.)
Slika 3.11. Lamelirani drveni pod, preuzeto sa https://www.podovi.org/mi-pravimo-viseslojne-podove/ (14.06.2025.)
Slika 3.12. Pod od lomljenog kamena, preuzeto sa https://www.bauma-stone.com/shop/article/215723-002004/LUSERNE_(14.06.2025.)
Slika 3.13. Pod od fino rezanog kamena Travertina, preuzeto sa https://www.cemmarble.com/tr/walnut-traverten-eskitme-pattern-set-paver (14.06.2025.)
Slika 3.14. Polaganje keramičkih pločica na pod, preuzeto sa https://keramont.hr/radovi/50-postavljanje-gres-plocica-nivelir-sistem (14.06.2025.)
Slika 3.15. Polaganje vinil poda, preuzeto sa https://lesgitesdargonne.fr/898164/35x6-Inch-White-Grey-Wood-Planks-For-Bedroom-Bathroom-Kitchen (14.06.2025.)
Slika 3.16. Polaganje epoxy poda, preuzeto sa https://www.youtube.com/watch?v=9o2D_n4vP6I
Slika 3.17. Sistemsko rješenje podova i zidova u mokrim prostorijama, preuzeto sa https://www.mapei.com/hr/hr/proizvodi-i-rjesenja/nasa-rjesenja/solution-detail/system-far-waterproofing-and-soundproofing-ceramic-and-glass-mosaic-coverings-in-bathrooms-and-wet-environments (14.06.2025.)

Slika 3.18. Tradicionalni drveni kasetirani strop, preuzeto sa https://stockcake.com/i/ornate-ceiling-detail_1252137_588979 (14.06.2025.)

Slika 3.19. Malterisanje stropne površine, preuzeto sa https://builderhub-hr.techinfus.com/remont/potolki/kak-vyravnivat/ (15.06.2025.)

Slika 3.20. EPS dekorativne stropne ploče, preuzeto sa https://builderhub-hr.techinfus.com/osb/ukladka-plitki/ (15.06.2025.)

Slika 3.21. Spušteni stropovi, preuzeto sa https://knaufsistemi.com/armstrong-strop/

Slika 3.22. Vidljiva potkonstrukcija "Armstrong" stropa, preuzeto sa https://knaufsistemi.com/armstrong-strop/ (15.06.2025.)

Slika 3.23. Konstrukcija za "Armstrong" spušteni stop, preuzeto sa https://www.legalizacija.ba/spusteni-strop-rigips-om/ (15.06.2025.)

Slika 3.24. Spušteni strop sa skrivenom potkonstrukcijom, preuzeto sa https://www.rudarska.hr/wp-content/uploads/2019/04/Stropovi-u-suhoj-gradnji.pdf (15.06.2025.)

Slika 3.25. Detalj vješanja gipskartonske ploče kod kontinuiranog stropa, preuzeto sa https://www.technogipspro.com/sr/systems/technogips-pro-c2-4 (15.06.2025.)

Slika 3.26. Stropne i zidne obloge od šperploče, preuzeto sa https://www.archdaily.com/103092/house-in-fukawa-suppose-design-office/500702af28ba0d4148000a01-house-in-fukawa-suppose-design-office-image (15.06.2025.)

Slika 3.27." Dampa" spušteni strop, preuzeto sa https://www.abvsistem.com/hanter-daglas/ (15.06.2025.)

Slika 3.28. Konstrukcija spuštenog stropa od cementnih ploča, preuzeto sa https://knauf.com/en-TZ/knauf-gypsum/products/systems-solutions (15.06.2025.)

Slika 3.29. Vanjski spušteni strop sa "Aquapanel" pločom, preuzeto sa https://knauf.com/hr-HR/knauf-hrvatska/knauf-kompetencije/strucne-kompetencije-2/aquapanel/skylite-stropni-sustavi (15.06.2025.)

Slika 3.30. Stropna konstrukcija u Centru za studije i istraživanje nafte Kralj Abdulah u Rijadu, preuzeto sa https://www.archdaily.com/882341/king-abdullah-petroleum-studies-and-research-centre-zaha-hadid-architects/59f087f3b22e38e2ab000105-king-abdullah-petroleum-studies-and-research-centre-zaha-hadid-architects-photo (15.06.2025.)

Slika 4.1. Vrata krstionoce katedrale Santa Maria del Fiore, preuzeto sa https://www.worldhistory.org/image/12766/ghibertis-gates-of-paradise-florence/ (10.07.2025.)
Slika 4.2. Prijenos toplote kroz prozor, preuzeto sa https://www.indiamart.com/proddetail/garware-sun-control-film-2854328558333.html (10.07.2025.)
Slika 4.3. Elementi prozora, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.125.
Slika 4.4. Sastav drvenog prozora- detalj presjeka, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.128.
Slika 4.5. Detalj RAL sistema ugradnje doprozornika, preuzeto sa https://www.trebam.hr/savjeti/stolarija-prozori/sto-je-ral-montaza-i-kako-se-izvodi (10.07.2025.)
Slika 4.6. Vrste prozora po broju krila, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.126.
Slika 4.8. Vrste prozora prema smjeru otvaranja, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.126.
Slika 4.9. Vrste prozora prema vrsti konstrukcije krila, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.127.
Slika 4.10. Vrijednosti temperature različitih tipova stakla, preuzeto sa https://ekologija.ba/file/koristenje-toplotne-energije/113 (10.07.2025.)
Slika 4.11. Dostruko Low E staklo – presjek, preuzeto sa https://ilsad.hr/proizvodi/stakla/low-e-staklo/ (10.07.2025.)
Slika 4.12. Vrijednosti U faktora kod običnog IZO stakla i Low E stakla, preuzeto sa https://ilsad.hr/proizvodi/stakla/low-e-staklo/ (10.07.2025.)
Slika 4.13. Karakteristične mjere prozora, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.123.
Slika 4.14. Drveni prozor- presjek kroz sklop, preuzeto sa https://savokusic.com/bs/proizvodi/prozori/drvo-aluminijum/prozor-drvo-aluminijum-124/ (10.07.2025.)

Slika 4.15. Drveni prozor- presjek kroz prozor (detalj donjeg okvira), preuzeto sa https://domet.hr/proizvodi/prozori-i-klizne-stijene-2/ (10.07.2025.)
Slika 4.16. PVC prozor- presjek kroz sklop, preuzeto sa https://megaplast.rs/proizvodi/geneo/pvc-prozor-geneo/ (10.07.2025.)
Slika 4.17. PVC prozor- dimenzije šestokomornog prozora proizvođača Salamander, preuzeto sa https://www.hericagi.com/?page_id=28 (10.07.2025.)
Slika 4.18. Aluminjski prozor proizvođača "Feal", tip profila "T 85", preuzeto sa https://feal.ba/proizvodi/sistemi-prozora-i-vrata/aluminijski-prozori/termo-85/ (10.07.2025.)
Slika 4.19. "Janisol arte" prozor od Corten čelika, proizvođača Jansen, preuzeto sa https://www.jansen.com/nl-nl/steel-systems/producten/detail/janisol-arte-20-raam.html (10.07.2025.)
Slika 4.20. Presjek profila Jansol arte prozora, preuzeto sa https://www.jansen.com/nl-nl/steel-systems/producten/detail/janisol-arte-20-raam.html (10.07.2025.)
Slika 4.21. Presjek profila "Connex bloc" prozora, preuzeto sa https://baukobox.de/en/products/4945-jansen-ag-connex-cube (10.07.2025.)
Slika 4.22. "Connex bloc" prozor, proizvođača Jansen, kombinacija drvo – aluminij, preuzeto sa https://www.jansen.com/en/building-systems-profile-systems-steel/products/detail/connex-bloc.html (10.07.2025.)
Slika 4.23. Detalj RAL montaže prozora i vanjske prozorske klupice, preuzeto sa https://www.dds-online.de/bauelemente/daemmung-und-dichtung-in-einem/ (10.07.2025.)
Slika 4.24. Detalj pokretnih horizontalnih brisoleja na staklenoj fasadi, preuzeto sa https://feal.ba/proizvodi/zastita-od-sunca/aluminijski-brisoleji-i-zaluzine-2/ (10.07.2025.)
Slika 4.25. Fasada sa vertikalnim fiksnim brisolejima na gradskoj vijećnici u Freiburgu, Ingenhoven architects, preuzeto sa https://www.archdaily.com/885885/freiburg-town-hall-ingenhoven-architects/5a3b3b93b22e384b3a000149-freiburg-town-hall-ingenhoven-architects-image (10.07.2025.)
Slika 4.26. Podfasadne i nadžbukne aluminijske žaluzine s maskom, preuzeto sa https://bumerang.ba/aluminijske-zaluzine-raffstore/ (10.07.2025.)
Slika 4.27. Podfasadne i nadfasadne aluminijske roletne, preuzeto sa https://hr.medle.si/rolete/predprozorske-podzbukne/podzbukna-90/ (10.07.2025.)
Slika 4.28. Elementi vrata, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet, Osijek 2013. Str. 144.

Slika 4.29. Vrste vrata po boju krila, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str. 135.
Slika 4.30. Vrste vrata po načinu otvaranja, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str. 134.
Slika 4.31. Vrste vrata prema smjeru otvaranja, preuzeto sa https://www.unihobby.cz/pruvodce-vyberem-dveri
Slika 4.32. Karakteristične mjere vrata, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str.133.
Slika 4.33. Tipovi stolarskih dovratnika, preuzeto sa https://www.dana.at/partner-architekten/zargen-stoecke (12.07.2025.)
Slika 4.34. Čelični kutni dovratnik, preuzeto sa https://webshop.schachermayer.com/cat/hr-BA/product/domoferm-prestige-ut632-2-krilo-ei230-c5-profil-88-d-1800-2000-mm-re/111763425 (12.07.2025.)
Slika 4.35. Detalj dovratnika punih drvenih vrata, preuzeto sa https://www.dvabora.com/sobna-vrata-masiv/sv16mas (12.07.2025.)
Slika 4.36. Detalj presjeka punih drvenih vrata, preuzeto sa https://www.dvabora.com/sobna-vrata-masiv/sv16mas (12.07.2025.)
Slika 4.37. Detalj presjeka vrata od furniranog MDF- sa saćem, preuzeto sa https://www.dvabora.com/sobna-vrata-masiv/sv16mas (12.07.2025.)
Slika 4.38. Shematski prikaz sigurnosnih ulaznih vrata, preuzeto sa https://protuprovalna-vrata.hr/vise-o-vratima/ (12.07.2025.)
Slika 4.39. Vrata prilagođena kretanju osoba umanjenih tjelesnih sposobnosti, Fejzić Emir, Osobe umanjenih rjelesnih sposobnosti i arhitektonske barijere, EXPEDITIO, Centar za održivi prostorni razvoj, Kotor, 2007., str.68.
Slika 4.40. Slika 4.40. Vrata dovoljne širine, pravilno pozicionirana, *Fejzić Emir, Osobe umanjenih rjelesnih sposobnosti i arhitektonske barijere, EXPEDITIO, Centar za održivi prostorni razvoj, Kotor, 2007., str.69.*
Slika 4.41 . Automatska vrata prilagođena kretanju osoba u kolicima, preuzeto sa: https://turtech.en.made-in-china.com/product/lncReFaPJTkH/China-Automatic-Disabled-Toilet-Door-System.html (18.02.2026)
Slika 4.42. Sekcijska garažna vrata, preuzeto sa https://www.ing-door.hr/garazna-vrata.html, (18.02.2026)
Slika 4.43. Rolo garažna vrata, preuzeto sa: https://mgroloplast.com/rolo_garazna_vrata.html, (18.02.2026)

Slika 4.44. Muzej suvremene umjetnosti Garage u Moskvi, arhitekti OMA, Rem Koolhaas, preuzeto sa https://www.archdaily.com/642936/garage-museum-of-contemporary-art-oma (12.07.2025.)
Slika 5.1. Vodomjerno okno s horizontalnim vodomjerom, preuzeto sa https://komunalac.ba/naslovna/wp-content/uploads/2021/04/vodomjerno-okno.pdf (15.07.2025.)
Slika 5.2. Vodomjer s daljinskim očitanjem, preuzeto sa https://www.fero-term.hr/product/ikom-1-2.html
Slika 5.3. Vodomjerni ormarić s vertikalnim vodomjerima, preuzeto sa https://ikom-mjerila.hr/proizvodi/voda/water-meter-cabinets/ikom-ormaric-za-ugradnju-vodomjera-ovv2 (15.07.2025.)
Slika 5.4. Shema vodovodne instalacije u zgradi, preuzeto sa https://renewability.com/multi-family/ (15.07.2025.)
Slika 5.5. 3d shema vodovodnih instalacija tople i hladne, preuzeto sa https://renewability.com/multi-family/ (15.07.2025.)
Slika 5.6. 3d shema vodovodnih instalacija (hladna sanitarna voda, topla voda i voda za sprinklerski sistem), preuzeto sa https://jointop.co.kr/products/application/?lang=en (15.07.2025.)
Slika 5.7. Tlocrt instalacionog okna, arhiva autora
Slika 5.8. Primjeri pozicija instalacionog okna s kanalizacionim, vodovodnim i ventilacionim vertikalama, preuzeto sa https://vseosvita.ua/library/embed/0100f3pp-1a92.docx.html (15.07.2025.)
Slika 5.8. Dimenzije Wc školjke, preuzeto sa https://www.geberit.ba/proizvodi-za-kupaonicu/kupaonske-linije/ (15.07.2025.)
Slika 5.9. Dimenzije bidea, preuzeto sa https://www.geberit.ba/proizvodi-za-kupaonicu/kupaonske-linije/ (15.07.2025.)
Slika 5.10. Dimenzije kade, preuzeto sa https://www.geberit.ba/proizvodi-za-kupaonicu/kupaonske-linije/ (15.07.2025.)
Slika 5.11. Dimenzije tuš kade, preuzeto sa https://www.geberit.ba/proizvodi-za-kupaonicu/kupaonske-linije/ (15.07.2025.)
Slika 5.12. Shema kućne kanalizacije, preuzeto sa https://quizlet.com/565078787/instalacije-u-zgradama-flash-cards/ (15.07.2025.)

Slika 5.13. Dimenzije pisoara, preuzeto sa https://www.geberit.ba/proizvodi-za-kupaonicu/kupaonske-linije/ (16.07.2025.)
Slika 5.14. Dimenzije umivaonika, preuzeto sa https://www.geberit.ba/proizvodi-za-kupaonicu/kupaonske-linije/ (16.07.2025.)
Slika 5.15. Dimenzije sudopera, preuzeto sa https://www.geberit.ba/proizvodi-za-kupaonicu/kupaonske-linije/ (16.07.2025.)
Slika 5.16. Detalj presjeka fekalne vertikale, preuzeto sa https://iki.webador.com/2-godina/2-2-instalacije-za-odvodnjavanje-1/2-2-1-uvod-unutarnja-i-vanjska-odvodna-instalacija (16.07.2025.)
Slika 5.17. Shematski prikaz ugradnje polipropilenskog septika, preuzeto sa https://technohub.decorexpro.com/hr/santekhnika-i-vodosnabzhenie/438-septiki-dlya-dachi-kakoj-luchshe.html (16.07.2025.)
Slika 5.18. 3d shema fekalne vertikale, preuzeto sa https://iki.webador.com/2-godina/2-2-instalacije-za-odvodnjavanje-1/2-2-1-uvod-unutarnja-i-vanjska-odvodna-instalacija (16.07.2025.)
Slika 5.19. Detalj armiranobetobnske septičke jame, preuzeto sa https://pdfcoffee.com/septicke-jame-i-upojni-bunari-1-pdf-free.html (16.07.2025.)
Slika 5.20. Shematski prikaz centralnog grijanja zgrade, preuzeto sa https://warmpro.techinfus.com/hr/sistemy/centralizovannoe-otoplenie.html (16.07.2025.)
Slika 5.21. Shematski prikaz kotlovnice u zgradi, preuzeto sa https://warmpro.techinfus.com/hr/sistemy/centralizovannoe-otoplenie.html (16.07.2025.)
Slika 5.22. Shematski prikaz dimnjaka u zgradi, preuzeto sa https://exodraft.com.au/exodraft_solution/fireplaces-and-stoves-2/ (16.07.2025.)
Slika 5.23. Dijelovi dimnjaka –shema, preuzeto sa https://www.scribd.com/document/638524994/Dimnjak-i-ventilacijski-kanali (16.07.2025.)
Slika 5.24. Izmjena kod dimnjaka, preuzeto sa https://uppo.hcpi.hr/attachments/documents/UPPO_Prirucnik_GF_HKIG_w.pdf (16.07.2025.)
Slika 5.25. Dimnjački kanali zidani opekom, preuzeto sa https://pdfcoffee.com/dimnjacki-kanali-pdf-free.html (18.07.2025.)
Slika 5.26. Shema i elementi "Shunt" dimnjaka, preuzeto sa https://web-arhiva.skole.hr/ss-graditeljska-zg/upload/ss-graditeljska-zg/images/static3/2070/File/DIMNJACI-teorija.pdf (18.07.2025.)

Slika 5.27. "Schiedel " dimnjak- elementi sistema, preuzeto sa https://webgradnja.hr/katalog/673/sistem-dimnjaka-uni-plus-za-kruta-tekuca-i-plinska-goriva (18.07.2025.)
Slika 5.28. Glava dimnjaka, preuzeto sa https://shop.schiedel.com/rs/linija-proizvoda/keramicki-dimnjaci/ (18.07.2025.)
Slika 5.29. Plašt "Schiedel" dimnjaka, preuzeto sa https://shop.schiedel.com/rs/linija-proizvoda/keramicki-dimnjaci/ (18.07.2025.)
Slika 5.30. Keramička cijev "Schiedel" dimnjaka, preuzeto sa https://shop.schiedel.com/rs/linija-proizvoda/keramicki-dimnjaci/ (18.07.2025.)
Slika 5.31. Kamena vuna za dimnjak, preuzeto sa https://shop.schiedel.com/rs/linija-proizvoda/keramicki-dimnjaci/ (18.07.2025.)
Slika 5.32. Visina dimnjaka na ravnom krovu –shema, arhiva autora,
Slika 5.33. *Minimalna visina dimnjaka u odnosu na sljeme objekta*, preuzeto sa preuzeto sa https://ihouses.decorexpro.com/hr/ventilyaciya/sposoby-rascheta-vysoty-ventilyacionnoj-truby-nad-kryshej/ (18.07.2025.)
Slika 5.34. *Završni elemnti za oblaganje dimnjaka i dimjačka kapa*, preuzeto sa https://www.masterhaus.bg/en/product/200023-chimney-set-uni-final-16-height-1-5-m-finishing-set-for-chimney-construction (18.07.2025.)
Slika 5.35. *Prodor dimnjaka kroz međuspratnu konstrukciju*, arhiva autora
Slika 5.36. *Prodor dimnjaka kroz drvenu krovnu konstrukciju* – detalj, preuzeto sa https://www.leier.com.hr/downloadmanager/details/id/3452/ (18.07.2025.)
Slika 5.37. *Shematski prikaz ventilacije u zgradi*, preuzeto sa https://alterair.ua/ru/stati/ustroystvo-ventilyatsii-v-khrushchevke/ (18.07.2025.)
Slika 5.38. *Shematski prikaz ventilacije u zgradi*, a) pojedinačni kanal, b) sabirni kanal, preuzeto sa https://shop.schiedel.com/rs/proizvod/kanal-ventilacioni-ls1/ (18.07.2025.)
Slika 5.39. *Elementi ventilacionih kanala LS i L, proizvođača Schiedel*, preuzeto sa https://shop.schiedel.com/rs/proizvod/kanal-ventilacioni-ls1/ (18.07.2025.)
Slika 5.40. *Detalj tlocrta stana s instalacionim oknom*, arhiva autora
Slika 5.41. *Pompidou kulturni centar u Parizu*, preuzeto sa https://www.flickr.com/photos/157390484@N07/24666109168/ (18.07.2025.)
Slika 6.1. *Uticaji na objekat*, preuzeto sa http://schubernig.at/grundleistungen/ (18.07.2025.)

Slika 6.2. *Ilustracija koeficijenta toplotne provodljivosti*, preuzeto iz: Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str. 79.
Slika 6.3. *Provođenje toplote kroz višeslojnu zidnu stijenu*, preuzeto sa https://www.rudarska.hr/wp-content/uploads/2019/10/4_Fizikalne-karakteristike-obodnih-konstrukcija.pdf (18.07.2025.)
Slika 6.4. *Toplotne krivulje višeslojnih zidova*, arhiva autora
Slika 6.5. Prolaz toplote kroz zidove različitog sastava, preuzeto sa https://www.rudarska.hr/wp-content/uploads/2018/09/1-1.-i-1-2.Fiz_.-karakteristike-i-Vrste-vanjskih-zidova.pdf, Građevinski fakultet, Osijek 2013. Str. 81. (18.07.2025.)
Slika 6.7. Djelovanje Sunčevog zračenja na u građevinsku plohu s ventiliranom oblogom, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str. 91.
Slika 6.8. Djelovanje sunčevog zračenja na ostakljenu površinu objekta, preuzeto iz Koški Ž., Slabinac V., Stober D.: Elementi visokogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmajera, Građevinski fakultet , Osijek 2013. Str. 93.
Slika 6.9. Izvori akumulacije toplote u građevinskim elementima, preuzeto sa https://www.gfos.unios.hr/app/storage/protected/42-12-06-2017-08-07-35-akumulacija-sunceve-energije-u-obiteljskim-pasivnim-kucama.pdf (19.07.2025.)
Slika 6.10. Refleksija zvuka o glatke površine građevinskog elementa, preuzeto sa https://hrcak.srce.hr/file/94765 (19.07.2025.)
Slika 6.11. Reverberacijsko polje u amfiteatralnom prostoru, preuzeto sa https://odeon.dk/learn/articles/room-acoustics/#gsc.tab=0 (19.07.2025.)
Slika 6.12. Tlocrtne forme koncernih dvorana s najboljom akustikom, preuzeto sa https://www.rockfon.co.uk/about-us/blog/2022/top-5-concert-halls-for-the-best-classical-music-experience/ (19.07.2025.)
Slika 6.13. Zidni/stropni modularni apsorberi, preuzeto sa https://www.audiopro.hr/proizvod/sonitus-ovulum-5-f-60x60x5cm-10-kom-izolacijska-spuzva?idPro=63685 (19.07.2025.)
Slika 6.14. Rezonancijski stropni apsorber – montaža, preuzeto sa https://knauf.com/es-ES/knauf/soluciones/aplicaciones/techos/sistema-techos-continuos (19.07.2025.)
Slika 6.15. Shematski prikaz zračnog i udarnog zvuka, preuzeto sa https://www.safeacoustics.com/sound-insulation-between-two-rooms/ (19.07.2025.)

Slika 6.16. Detalji spojeva gipskartonskih zidova, preuzeto sa https://www.rudarska.hr/wp-content/uploads/2018/02/Predavanja.pdf (19.07.2025.)
Slika 6.17. Brtvljenje slojeva plivajućeg poda na spoju sa zidom, preuzeto sa https://www.rudarska.hr/wp-content/uploads/2018/10/za%C5%A1tita-od-buke.pdf (19.07.2025.)
Slika 7.1. Shema energetski efikasne kuće, preuzeto sa https://www.buildexpo.kiev.ua/en/spec_vystavky/energy-and-eco-technology/
Slika 7.2. Shema energetskog bilansa zgrade, preuzeto sa https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetske-savjetnike.pdf (19.07.2025.)
Slika 7.3. Faktori koji utiču na energetsku efikasnosti objekta, preuzeto sa https://www.championwindow.com/inspiration/misc/how-to-make-your-home-more-energy-efficient/ (19.07.2025.)
Slika 7.4. *Pravilna izvedba termoizolacije*, preuzeto sa https://enerpedia.net/images/3/33/Izolacija_vz.JPG (19.07.2025.)
Slika 7.5. *Pravilna izvedba termoizolacije na stropu prema negrijanom* potkrovlju - spoj sa zidom, preuzeto sa https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetske-savjetnike.pdf (19.07.2025.)
Slika 7.6. *Termoizolacija kosog krova u dva sloja*, https://knauf.com/sr-RS/knauf-insulation
Slika 7.7. *Slojevi ravnog krova*, preuzeto sa https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetske-savjetnike.pdf (19.07.2025.)
Slika 7.8. *Pravilna izvedba termoizolacije na ravnom krovu,* preuzeto sa https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetske-savjetnike.pdf (19.07.2025.)
Slika 7.9. *Ozelenjeni ravni krov- slojevi*, preuzeto sa https://www.hidroguma.com/ (19.07.2025.)
Slika 7.10. *Termoizolacija stropa podruma,* preuzeto sa https://www.saint-gobain.hr/isover/sustavi/gips-spusteni-strop-s-toplinskom-i-zvucnom-izolacijom (19.07.2025.)
Slika 7.11. *Termoizolacija poda na tlu*, preuzeto sa https://webgradnja.hr/specifikacije/1000/izolacija-zidova-u-zemlji-i-temeljne-ploce-ursa-xps-om (19.07.2025.)
Slika 7.12. *Termografski snimak fasade objekta* , preuzeto sa https://keepwarmeurope.eu/fileadmin/user_upload/Learning_Centre/Croatia/Needed_and_delivered_thermal_energy_for_heating.pdf (19.07.2025.)
Slika 7.13. *Pozicije toplinskih mostova ma objektu*, preuzeto sa https://www.zi-online.info/en/artikel/zi_Germany_s_Buildings_Energy_Act_Optimally_equipped_for_the_GEG_with_bricks-3608876.html (19.07.2025.)

Slika 7.14. *Prikaz presjeka kroz dva materijala*, preuzeto sa https://www.nzeb.hr/nzeb_u_obnovi/predavanja/1_dan/2_3_3_TRESS_Michael_Unterhofer_SCHOECK.pdf (19.07.2025.)
Slika 7.15. *Geometrijski toplotni mostovi*, preuzeto sa https://www.nzeb.hr/nzeb_u_obnovi/predavanja/1_dan/2_3_3_TRESS_Michael_Unterhofer_SCHOECK.pdf (19.07.2025.)
Slika 7.16. *Prednosti vanjske u odnosu na unutrašnju izolaciju za eliminisanje termičkih mostova,* preuzeto sa https://nastava.asoo.hr/wp-content/uploads/2020/03/Arhitektonski-tehni%C4%8Dar_4.-razred_Arhitektonske-konstrukcije_Vanjski-zidovi.pdf (19.07.2025.)
Slika 7.17. *Izolacija tačkastog termalnog mosta*, preuzeto sa https://croskills-reload.grad.hr/wp-content/uploads/2023/02/Brosura-za-radnike-ZAJEDNICKI-DIO.pdf (19.07.2025.)
Slika 7.18. *Temperature naunutrašnjoj strani stakla, ovisno o vrsti ostakljenja*, preuzeto sa https://www.petracic-projekt.hr/slike_dat/dm66.pdf (19.07.2025.)
Slika 7.19. *Sokratova kuća*, preuzeto sa https://korak.com.hr/korak-026-lipanj-2009-pasivna-kuca-2-dio-obnovljivi-izvori-energije-u-hrvatskoj/ (19.07.2025.)
Slika 7.20. Osnovni principi pasivne kuće, preuzeto sa https://www.wilsonarchitecturaldesign.com/resources/the-five-principles-of-passive-house (19.07.2025.)
Slika 7.21. *Elementi pasivne kuće*, preuzeto sa https://egradnja.hr/vijesti/sto-je-pasivna-kuca-i-koje-su-sve-njene-prednosti-316 (19.07.2025.)
Slika 7.22. *Ventilacija pasivne kuće*, preuzeto sa https://ecos.ba/hr/novosti/ventilacija-pasivne-kuce/34761 (19.07.2025.)
Slika 7.23. *Termoizolacioni sloj za energetski efikasne zgrade*, arhiva autora
Slika 7.24. *Pasivna kuća u Darmstadtu*, preuzeto sa https://passivehouse.com/former_conferences/Kran/Passive_House_Spring_Winter.htm (19.07.2025.)
Slika 7.25. *Prostorno pozicioniranje prosotrija u objektu u odnosu na njihovu namjenu za maksimalno iskorištenje insolacije, preuzeto iz :* Husetić Aida, Omeradžić Dženan, Japić Emina: Conceptual principles of nearly zero energy, 8 th international conference „New Technologies, Development and Application" NT,2022, str.3.
Slika 7.26. *Uticaj topografskog smještaja zgrade na energetski pokazatelj* (gubici toplote) i uticaj položaja zgrade u odnosu na osunčanje na energetski pokazaatelj, preuzeto iz : Husetić Aida,

Omeradžić Dženan, Japić Emina: Conceptual principles of nearly zero energy, 8 th international conference „New Technologies, Development and Application" NT,2022, str.3.
Slika 7.27. Zid objekta, Georg Dasch, 100 % solar heated monolithic clay block house, CESB 07 Prague Conference, Session T2B: Building Design 3, Str.405-410.
Slika 7.29. Tlocrt porodične kuće u Straubingu, preuzeto iz: Dasch Georg, 100 % solar heated monolithic clay block house, CESB 07 Prague Conference, Session T2B: Building Design 3, Str.405-410.

Slika 7.30. Doprema centralnog spremnika, preuzeto iz: Dasch Georg, 100 % solar heated monolithic clay block house, CESB 07 Prague Conference, Session T2B: Building Design 3, Str.405-410.
Slika 7.31. Solarni krov, preuzeto iz: Dasch Georg, 100 % solar heated monolithic clay block house, CESB 07 Prague Conference, Session T2B: Building Design 3, Str.405-410.
Slika 7.32. Centralni solarni spremnik tople vode porodične kuće u Straubingu, preuzeto iz: Dasch Georg, 100 % solar heated monolithic clay block house, CESB 07 Prague Conference, Session T2B: Building Design 3, Str.405-410.
Slika 7.33. Presjek porodične kuće u Straubingu, preuzeto iz: Dasch Georg, 100 % solar heated monolithic clay block house, CESB 07 Prague Conference, Session T2B: Building Design 3, Str.405-410.
Slika 7.34. Vrste toplotnih pumpi, preuzeto sa https://www.kirchleitner.org/leistung/heizung/w%C3%A4rmepumpen.html (19.07.2025.)
Slika 7.35. Geotermalne toplotne pumpe, preuzeto sa https://energiewende.bundeswirtschaftsministerium.de/EWD/Redaktion/EN/Newsletter/2022/10/Meldung/news2.html (19.07.2025.)