

## OPASNOSTI POVRŠINSKE KONDENZACIJE U GRAĐEVNIM KONSTRUKCIJAMA

Vlaga u zidovima glavni je uzrok oštećenja i nastanka plijesni. Starije zgrade, koje su bile loše izolirane s lošim brtvljenjem prozora, imale su tu prednost što je izmjena zraka u prostoru sa zatvorenim prozorima bila stalna i dovoljno velika. Pri današnjim, bolje izoliranim građevinama to je drukčije. Nekontrolirana je izmjena zraka kroz prozorske spojeve mala. Kod novogradnja važna je i ugrađena vlaga koja se uobičajeno zbog kratkog vremena od završetka zgrade do useljenja nema vremena dovoljno isušiti. U određenim slučajevima dolazi do ozbiljnih oštećenja stambenih prostora, vlaga i razvoj plijesni mogu ugroziti i zdravlje ljudi.

### Površinska kondenzacija vodene pare

Za pojavu površinske kondenzacije postoje dva razloga – izvor vlage odnosno vodene pare i primjerena površina na kojoj se para može kondenzirati. Površinska je kondenzacija povezana s razvojem plijesni. Glavni uzroci pojave kondenzacije jesu:

- preniska temperatura prostora
- neučinkovito i nepravilno prozračivanje
- prekomjerno nastajanje vlage
- neprimjereni građevni materijali i njihova pogrešna ugradnja
- neprimjeren toplinska izolacija.

Uzroci za navlaživanje i razvoj plijesni zbog površinske kondenzacije mogu biti prodiranje oborinske vode ili oštećenje kućne instalacije.

Do kondenzacije najčešće dolazi na zidovima uz prozore koji su u većini slučajeva najhladnije površine u zgradi. Dođe li do kondenzacije na suvremenim izolacijskim ostakljenjima, uzrok je u načinu stanovanja (preve-

liko opterećenje unutarnjeg zraka vlagom).

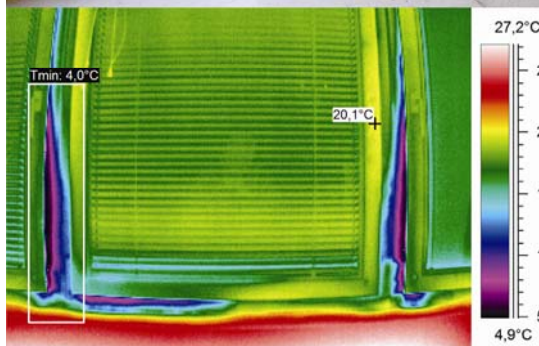
Previsoka relativna vlaga stvara vrlo povoljne uvjete za nastanak plijesni. U stambenom okruženju dovoljno je hranjivih tvari za plijesan (u žbukama, bojama, tekstilu, drvu itd.).

Prijenosni (konvekcijski) toplinski most nastaje zbog zrakopropusnosti između prozora i *špalete*. Prolaz vlažnoga zraka kroz zid (koji postaje toplinski prohodniji) velik je i stoga se vlaga u zidu kondenzira. Na fotografijama slikanim infracrvenom kamerom vide se hladnija mjesta (ljubičasta boja) koja su posljedica površne ugradnje prozora i balkonskih vrata.

Preniska površinska temperatura na ostalim površinama (uz prozore) može biti posljedica nedovoljnoga grijanja prostora ili lokalno povećanoga toplinskog toka kroz određeni dio vanjskog ovoja zgrade (materijal/konvekcijski toplinski mostovi, kombinacija).



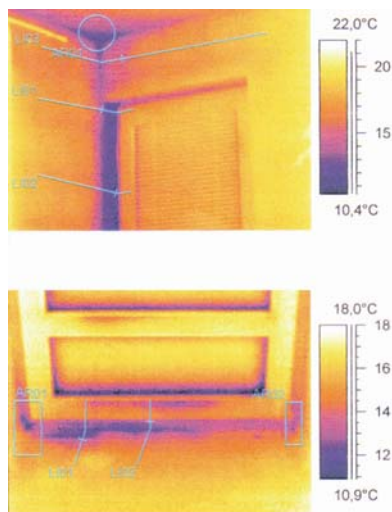
Plijesan u području materijalnoga toplinskoga mosta



Konvekcijski toplinski most (zrakopropusnost spoja između špalete i prozora)

Konvekcijski toplinski mostovi nastaju na mjestima slabo brtvljenih proboja (prozori, zračnici, dimovodni kanali), na zrakopropusnim priključcima parnih brana, spoju kosoga krova i zida te na preklopima parnih brana. Proces prijenosa (konvekcije) vodene pare kroz zrakopropusna mjesta u krovu znatno je intenzivniji od difuzije vodene pare. To znači da može ući u konstrukciju u vrlo kratkom vremenu velika količina vodene pare koja se zatim kondenzira i uzrokuje navlaživanje građevne konstrukcije. Posljedica toga je propadanje slojeva građevne konstrukcije i razvoj plijesni.

Kod površina koje su paropropusne ili poroznim površinama (žbuke,



**Neprikladno brtvljenje balkonskih vrata**

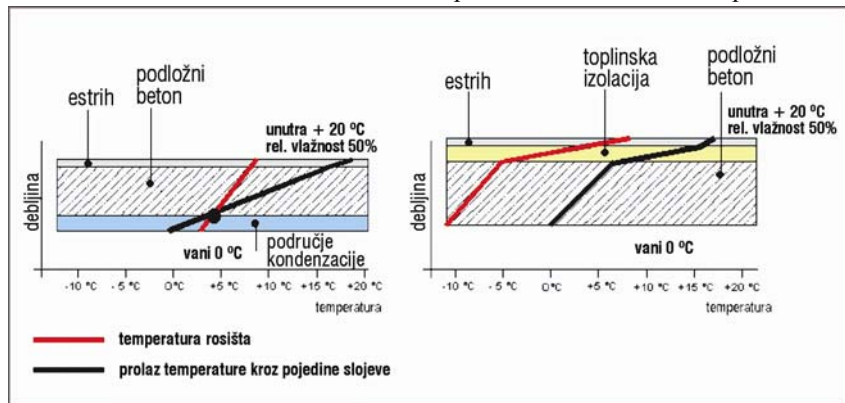
estrisi) kondenzat neće nastati na površini nego u unutrašnjosti, gdje temperatura odgovara temperaturi rosišta. Kondenzat će kao kapilarna vlaga prodrijeti na površine i uzrokovati oštećenja. Ako se između podložnoga betona i estriha položi toplinska izolacija, temperatura slojeva uvijek će biti viša od temperature rosišta te neće doći do kondenzacije.

površinskom kondenzacijom i plijesni pri novogradnjama mogu biti u neodgovarajućoj uporabi stambenih prostora, ponajprije u prvoj sezoni grijanja (nedostatno grijanje i prozračivanje).

Karakteristika je starijih zgrada da su imale ugrađene prozore sa slabim brtvljenjem spojeva koje je omogućavalo dovoljnu izmjenu zraka u prostoru i kod zatvorenih prozora. U

nja ovisi o rasporedu prozora i vrata u prostoru, godišnjem dobu, vjetrovitosti i slično. Sve prostore u kojima se sadržaj vlage u zraku povećao potrebno je prozračivati odvojeno od drugih prostora, kako se vlaga ne bi prenijela u druga područja stana. Prostore treba prozračivati često, kratko i temeljito, umjesto dugotrajnoga prozračivanja s djelomično otvorenim prozorima. Dugotrajno prozračivanje zimi uzrok je hlađenja građevnih konstrukcija uz prozor (neizolirane *špalete*). Zbog niskih površinskih temperatura dolazi do površinske kondenzacije vodene pare iz zraka i razvoja plijesni. Uz sve površine građevne konstrukcije potrebno je osigurati dovoljno kretanje zraka. Namještaj od poda do stropa i prislonjen na zid može uzrokovati nastanak plijesni na zidu ili u kutovima.

Prijelazno doba i blage zime najopasniji su za razvoj plijesni i zbog nestalnoga su grijanja oscilacije unutarnje temperature veće pa se mijenja relativan vlažnost unutarnjega zraka. Unutarnji zrak se brže grije u usporedbi s masivnim građevnim elementima. Na nedovoljno zagrijanim površinama zrak se ponovno ohladi. Toplinski nezaštićeni obodni elementi i toplinski mostovi tako su idealna podloga za razvoj plijesni. Najbolje je prozračivati ujutro i uvečer kada je vanjski zrak hladniji nego u podne. Umjesto prirodnoga prozračivanja kroz prozore primjerenije je rješenje mehaničko prozračivanje s vraćanjem otpadne topline, što zahtijeva veću početnu investiciju.



**Kondenzacija vodene pare kroz porozne građevne materijale**

**Utjecaj stanara na pojavu plijesni**

Do pojave plijesni može doći u zgradama (stanovima) grijanim u skladu s novim propisima i u starijim zgradama gdje tih problema prije obnove nije bilo. U slučaju brze gradnje i useljenja odmah nakon završetka radova treba računati s građevinskom vlagom. Uzroci problemima s

novim su zgradama ugrađeni energijski sigurni prozori i vrata s vrlo niskom zrakopropusnošću. Stambene je prostore potrebno stoga prozračivati u svim dijelovima godine. Topao zrak ne osigurava dobru stambenu ugodnost ako je previše vlažan. Vlažnost zimi trebala bi biti između 40 i 60 posto. Učinkovitost prozračiva-

Režim grijanja uvelike utječe na nastanak plijesni. Prekinuti režim grijanja, vremenski predugi intervali isključenoga grijanja (na primjer grijanje rijetko rabljenih prostora) i neprikladno prozračivanje mogu uzrokovati prevelika hlađenja građevnih konstrukcija. U slučaju dobre izolacije ovoja i odgovarajuće regulacije grijanja prijelaz na niži

režim grijanja nije problematičan ako oscilacija temperature zraka uz primjerenu vlažnost ne prelazi četiri stupnja.

### Zaključak

Uzrok plijesni mogu biti određene pogreške u izvedbi građevnih konstrukcija, stambene navike, odnosno prevelika opterećenja prostora vla

gom ili kombinacija tih uzroka, ali i neprimjereno prozračivanje i grijanje prostora. Odgovarajućim izvorom izolacijskoga materijala vanjskoga ovoja i svih pripadajućih slojeva osigurava se nesmetan prolaz vodene pare i time sprječavanje opasnosti kondenzacije unutar građevnih konstrukcija. Kroz paropropusne građevne materijale odlazi u vanjski

okoliš samo do dva posto sve vlage. Sva ostala suvišna vlaga može se odstraniti samo prirodnim ili prisilnim prozračivanjem.

Tanja Vrančić i Bojan Grobovšek,  
dipl. ing. stoj.

IZVOR: mag Miha Tomšič: Vlaga in plesen v zgradbi, ZRMK Ljublan

## RAZLIČITI NAČINI IZVEDBE HIDROIZOLACIJE PODZEMNIH DIJELOVA GRAĐEVINE

Hidroizolacija ne štiti samo zidove koji su ukopani u zemlju. Od prodora vlage potrebno je izolirati i druge građevne konstrukcije koje su joj izložene, na primjer ravne krovove, balkonske ploče itd.

U osnovi se razlikuju horizontalne i vertikalne hidroizolacije. Horizontalna je hidroizolacija položena usporedno s tlom i sprječava dizanje kapilarne vlage te prodor podzemne vode. Vertikalna se hidroizolacija polaže na zidove koji se zatim zatrpaju zemljom. Ako na terenu postoji podzemna voda, potrebno je izvesti drenažu. Osnovno je pravilo pritom ne spriječiti tok podzemne vode, već omogućiti slobodno protjecanje ispod tla i oko građevine. Zahtjevnije područje hidroizolacije jest zaštita građevine od hidrostatičkoga tlaka vode. Konstrukcije koje su pod utjecajem stalnoga ili povremenoga hidrostatičkog tlaka u praksi se nazivaju *kesonskim* konstrukcijama.

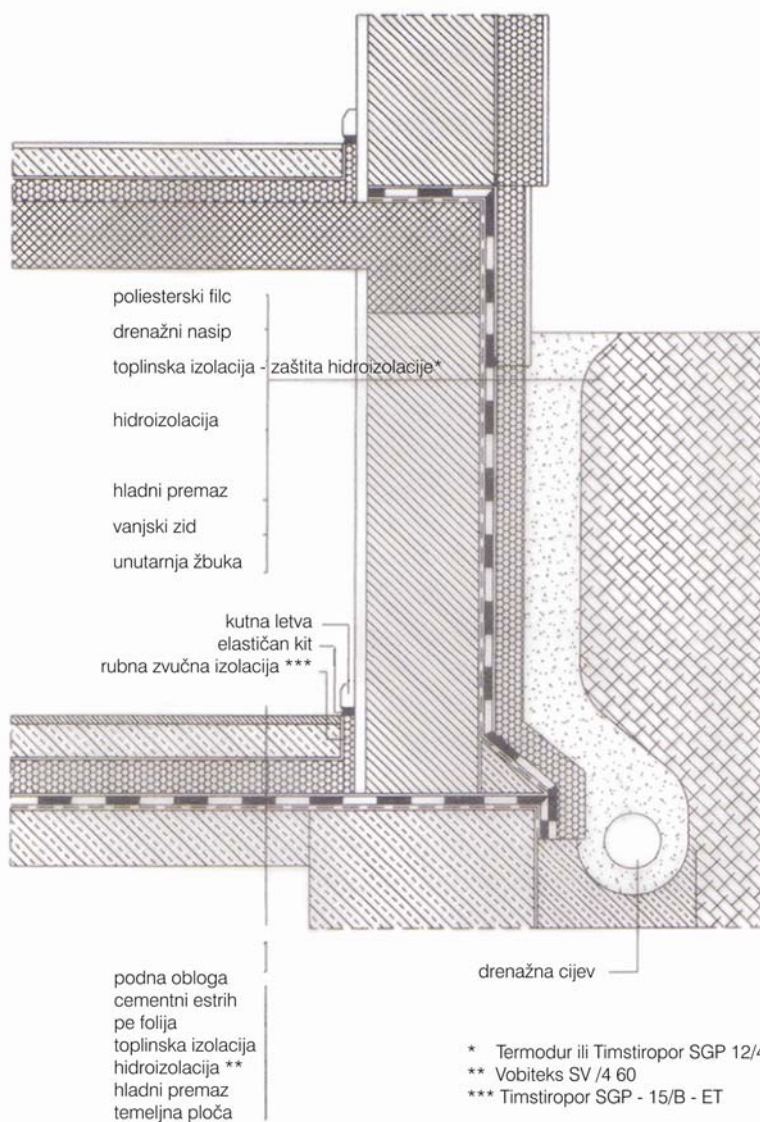
### Zaštita temelja od podzemne vode i vlage

Drenaža se izvodi ako je na terenu podzemna voda. Ponavljamo, osnovno je pravilo pritom ne spriječiti tok podzemne vode, već omogućiti slobodno protjecanje ispod površine tla i oko građevine. Najprije se polaže drenažni sloj šljunka, debljine između 15 i 20 cm. Oko svih se zidova zatim nasipa, do najviše točke terena, najmanje 20 cm debeo sloj šljunka. U smjeru toka vode kroz drenaž-

Slika 1. Hidroizolacija od podne vlage

ne se slojeve mora primjereno padu terena izvesti drenažni kanal s nagibom, koji se također napuni odgova-

rajućim šljunkom i kamenjem. Ako je potrebno postavi se i drenažna cijev. Sakupljena podzemna voda, koja



se skupi ispod građevine ili oko nje, može se tako odvesti u niže dijelove terena.

Podloga za polaganje hidroizolacijskih traka mora biti tvrda, glatka i čista. Na takvu se podlogu najprije nanosi hladni bitumenski premaz. Bitumenske se trake vare tako da se plamenom zagrijava njihova površina, postupno se odvijaju i lijepe na podlogu. S varenjem bitumenske trake na podlogu može se započeti kada je prednamaz posve suh. Preklap traka po dužini i u poprečnom smjeru trebao bi biti 10 cm. Ako se polaže hidroizolacija u dva ili tri sloja, pomak traka trebao bi biti za polovicu širine trake, što je približno 50 cm.

Kod zgrada koje nemaju izolirane podrumске zidove i podove može do 20 posto ukupnih toplinskih gubitaka nastati u grijanim podrumskim prostorima. Najprimjerenija je neprekinuta toplinska izolacija koja je položena na vanjskoj strani podrumskih zidova. Ako se položi iznad hidroizolacije, hidroizolacija dobiva dodatnu trajnu zaštitu od mehaničkih oštećenja. Za toplinsku se izolaciju preporučuje debljina od 50 mm. Izvedba je prikazana na slici 1.

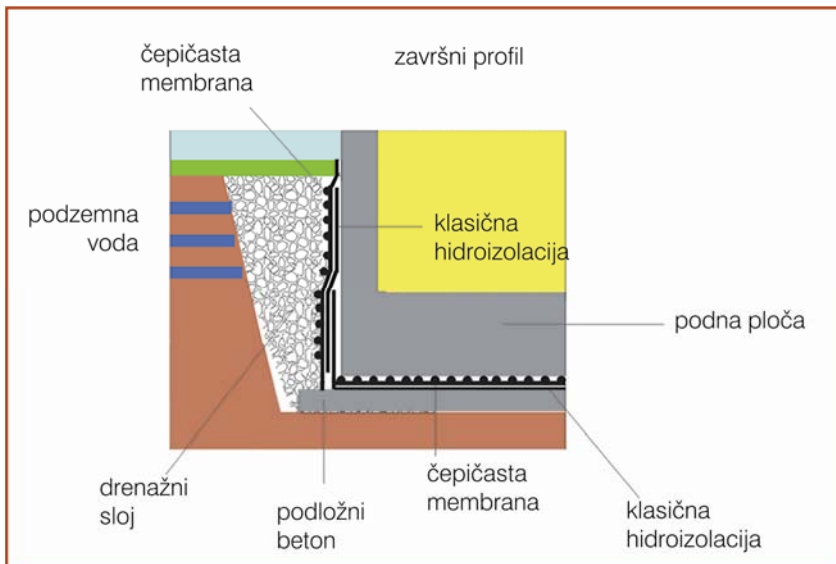
Ekspandirani se polistiren polaže uhlavnomo do 3 m ispod kote terena i ne upotrebljava se u zonama kapilarnoga dizanja vode odnosno u području ispod moguće razine podzemne vode. Ekstrudirani se polistiren preporučuje za područja sa stalnom vodom u tlu, dok za pjenjeno staklo nema nikakvih ograničenja što se tiče dodira s vodom. Ako su ploče pjenjenoga stakla smještene duboko ispod razine podzemne vode, potrebno je izvesti zaštitu od dizanja ploča zbog uzgona.

Spojevi ploča mogu biti tupi ili stepenasti. Ploče se na hidroizolaciju lijepe točkasto (5 do 8 točaka na ploču) ili po cijeloj dužini. Toplinski se izolacijski materijal polaže u jednom sloju, s tijesno pritisnutim spojevi-

ma koji se izmaknu s obzirom na prethodni red. Od podruma nagore, izolacijski sloj završava na početku toplinske izolacije ovoja zgrade. Građevna se jama mora zasipavati u slo-

nje toplinskoizolacijskih ploča.

Jedan od primjera izolacijskih zaštitnih sustava hidroizolacije od mehaničkih oštećenja jest sustav *Tefond* (slika 2.).



Slika 2. Izvedba hidroizolacije podne ploče u području podzemne vode

jevima koji se odgovarajuće zgušnjavaju, kako ne bi došlo do slijeganja zasipa što može uzrokovati pomica-

Izvedba s jednim slojem čepičaste membranske folije nije preporučljiva u slučaju kada se podzemna voda povremeno digna iznad kote sloja čepičaste membrane. U tom je slučaju, osim izvedbe s čepičastom membranskom folijom, najbolje izvesti i klasičnu horizontalnu hidroizolaciju kako je prikazano na slici 3.

Rubni se spoj izvodi spajanjem na pritisak i s lijepljenjem ruba samoljepljivom bitumenskom trakom koja omogućava vodonepropustan uzdužni spoj. U tom slučaju takva izvedba osigurava dodatnu sigurnost jer je sanacija u slučaju prodora podzemne vode u građevinu vrlo zahtjevna i skupa.

Hidroizolacija se štiti posebnim trakama, tzv. čepičastim membranama koje su napravljene od polietilena visoke gustoće (HPDPE). Sam oblik membrane omogućava veliku otpornost na udarce, tlak, vlak te otpornost na kemijske tvari koje su u zemlji i vodi u tlu. Širina membrane jest približno 2 m, dužina role 20 m ili više, tako da se zidovi mogu izolirati ver-



Slika 3. Čepičasta membrana

tikalno bez obzira na njihovu dužinu i visinu, bez prekida i prekrivanja. Kako se membrana učvršćuje na gornjem rubu, dodatno pričvršćivanje, bušenje i probijanje postojeće hidroizolacije nije potrebno. Uporabom manjeg sustava mogu se vrlo jednostavno spriječiti oštećenja hidroizolacije pri zasipavanju i slijeganju građevine te oštećenja od skupljanja betona zbog temperaturnih razlika. U velikoj se mjeri sprječava tvorba kondenzacijskih mjesta između hidroizolacije i stijene.

### Hidroizolacija kesonskih konstrukcija

Zahtjevnije područje hidroizoliranja jest zaštita građevina od hidrostatičkoga tlaka vode. Konstrukcije koje su pod utjecajem stalnoga ili povremenoga hidrostatičkoga tlaka u praksi se nazivaju *kesonskim konstrukcijama*.

Zbog specifične tehnologije (hidroizolacija je spojena s betonom na donjoj strani armiranobetonske podne ploče) opisani se sustav bitno razlikuje od standardnih načina hidroizoliranja.

Vanjski se podrumski zidovi moraju zaštititi od vlage i vode koja dolazi iz zemlje. Vertikalna se hidroizolacija polaže na vanjsku stranu zida i povezuje s horizontalnom hidroizolacijom. Na takav se način dobiva nepropusni bazen – keson u kojem su podrumske konstrukcije zaštićene od vlage i podzemne vode. Kesonska konstrukcija (uglavnom armiranobetonski sklop podne ploče i obodnoga sustava) mora biti dimenzionirana s obzirom na predviđeni hidrostatički tlak. Koliki je utjecaj podzemne vode (dizanje i posljedično povezan hidrostatički tlak) moguće je odrediti samo na osnovi geometrijskih istraživanja terena. Do dizanja podzemne vode može doći i zbog skupljanja cijeđene vode uz građevinu. U tom se slučaju drenaža može predvidjeti na višoj razini (ne na razini temeljenja), ispod te se razine izvede tzv. membranska hidroizolacija

odnosno zaštita građevine od hidrostatičkoga tlaka vode. Izvedba hidroizolacije kesonske konstrukcije mora biti takva da se postigne odgovarajuća vodonepropusnost. Na izbor odgovarajućega sustava hidroizolacije utječe:

- način izvedbe podne konstrukcije s obzirom na sustav temeljenja (klasična podna armiranobetonska ploča, podna ploča s vezom na pilote, itd.)
- dilatiranje kesonske konstrukcije (ako je potrebno, preporučuje se da se predvidi samo u zoni zida i pritom se očuva podna ploča kao jedinstvena konstrukcija)
- izvedba vertikalne obodne konstrukcije kesona (pozicija obodnih zidova – sustav osiguravanja građevinske jame, izbočeni dijelovi)
- elementi proboja u zidovima odnosno njihov oblik i funkcija (kanalizacija, kinete).

Za postizanje vodonepropusnosti i onemogućavanja prodora podzemne vode do površinske armiranobetonske obodne konstrukcije kesona, vrlo je pouzdan sustav izvedbe s membranskom hidroizolacijom. Zaštita građevine (hidroizolacije) od utjecaja podzemne vode ugradi se ispod podne ploče i na vanjsku stranu obodnoga armiranobetonskoga zida. U praksi se najčešće upotrebljavaju dva osnovna tipa membranske hidroizolacije:

- hidroizolacija od bitumenskih traka
- hidroizolacija od sintetičkih folija.

Karakteristika obaju tipova su tvornički izrađeni proizvodi koji se moraju ugraditi s obzirom na pravila struke i poštovati sve upute proizvođača. Posebnu je pozornost potrebno posvetiti načinu izvedbe svih detalja.

Područje uporabe bitumenske hidroizolacije vrlo je široko. Najviše se upotrebljava dvoslojna ili višeslojna hidroizolacija s polimer–bitumenskim varenim trakama.

Kombinirani sustav hidroizoliranja kesonske konstrukcije jest sintetička folija koja se redovito ugrađuje kao horizontalna hidroizolacija i bitumenske samoljepljive trake koje se ugrađuju kao vertikalna hidroizolacija.

Debljina sintetičke folije (membrane) na bazi HDPE (*High-density polyethylene*) jest 1,2 mm. Na membranu se nanosi ljeplivo koje je osjetljivo na tlak i zaštićeno vremenski neosjetljivim slojem koji omogućava prohodnost. Namještena hidroizolacijska membrana ostvaruje vodonepropusnu vezu s na nju izlivenim svježim betonom. Dobiva se trajno elastičan ljepljiv spoj i potpuno brtvljenje između folije i betona. Kako se radi o trajno elastičnom površinskom spoju, moguća naprezanja u podnoj ploči ne mogu uzrokovati trganje hidroizolacije. Folija ima otpornost na kidanje i malu osjetljivost na učinke proboja. Proizvedena je u rolama širine 120 cm i dužine 30 m. Preklopi folije predviđeni su u širini 100 mm. Folija podnosi polaganje teške armature s klasičnim distancerima.

Za ostale membranske hidroizolacije potrebna je izvedba odgovarajuće podloge (podložni beton debljine najmanje 10 cm) i ugrađena mehanička zaštita. Ti slojevi pri izvedbi s folijom *Preprufe 300 R* nisu potrebni jer se podloga može ugraditi na podlogu uvaljanoga finalnoga sloja tampona. Na sloj se najprije polaže polipropilenska pustina (PP), a zatim ugradi folija po uputama proizvođača. Temperatura ugradnje može biti do -4 °C. Folija se na rubovima predviđene podne armiranobetonske ploče ugradi na prethodno izvedenu oplatu koja je postavljena na obodne linije buduće podne ploče. Folija se pribija u zoni preklopa,

a ako je oplata metalna prilijepi se posebnim samoljepljivim trakama. S folije se zatim odstrani tanka zaštitna sintetička folija te na njezinu površinu ugradi predviđena armatura koja naliježe na plastične distancere. Folija se pri betoniranju spoji na betonski rub. Na vertikalni se dio folije poslije spaja vertikalna hidroizolacija.

debljine 0,8 mm koja ima tvornički ugrađen samoljepljivi nanos visokopolimeriziranoga bitumena. Folija se pritiskanjem na zidnu površinu izvodi s preklopom širine 100 mm i vodonepropusno zalijepi s folijom *Preprufe 300 R*. Prethodno je potrebno na betonsku površinu nanijeti hladni bitumenski premaz. Spoj s rubnim,

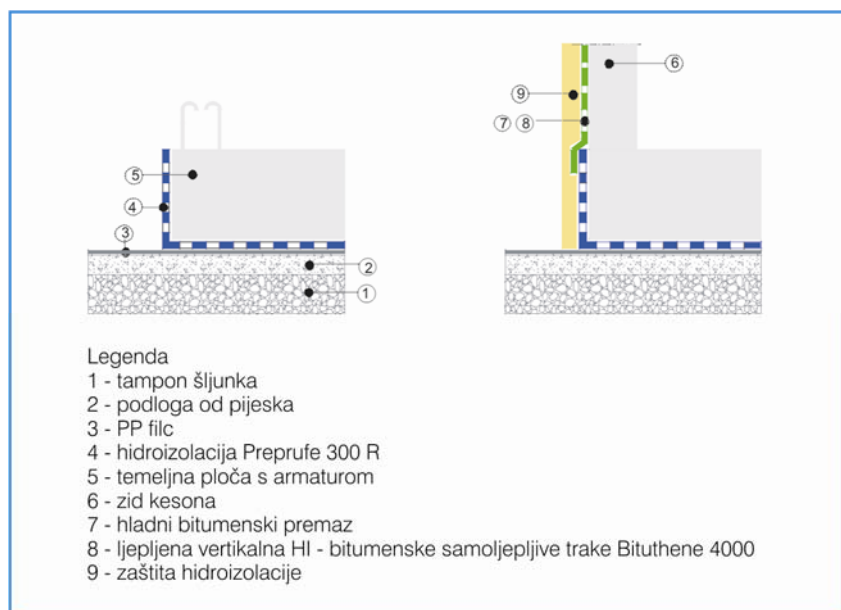
Na slici 4. prikazana je izvedba horizontalne i vertikalne hidroizolacije sa sustavom *GRACE* u tzv. širokom iskopu.

Tipični su detalji dilatacije obodnih zidova i kesona razni proboji (cijevi, armatura, sidra) te spojevi između horizontalne i vertikalne hidroizolacije. Horizontalne dilatacije kesona treba po mogućnosti izbjegavati. Važni detalji mogu biti spojevi između horizontalne i vertikalne hidroizolacije drugoga dijela građevine (na primjer terasa, ploča itd.).

Ugradnja hidroizolacije *Preprufe* omogućava u slučaju pravilne ugradnje trajan spoj s betonom podne ploče. U slučaju ugradnje drugih membranskih hidroizolacija, gdje su membrane odvojene od betonske površine, mogu čak i mala mehanička oštećenja uzrokovati prodiranje podzemne vode do betona u unutrašnjosti konstrukcije. I kod folije *Preprufe* može doći do mehaničkih oštećenja, iako voda zbog spojenosti hidroizolacije s betonom ne može prodrijeti između izolacije i podne ploče. Oštećenja hidroizolacije mogu se sanirati injektiranjem propusnoga mjesta s vrha podne ploče. Zbog specifične tehnologije hidroizolacija *Preprufe* spojena je s betonom na donjoj strani armiranobetonske podne ploče, što ne omogućava niti jedan drugi način izvedbe s klasičnim membranama. Folije su otporne i na mraz, vrućinu, plinove i tvari koje se nalaze u zemlji. Upotrebljavaju se i za izvedbu pilotnih zidova.

T. Vrančić

Izvor: B. Grobovšek: Hidroizolacije



Slika 4. Izvedba horizontalne i vertikalne hidroizolacije

Nakon ugradnje folije postavlja se oplata (unutarnja strana podrumskoga zida), položi vertikalna armatura i izvede betoniranje podrumskoga zida. Pritom se beton spoji s folijom. Tako je vertikalna hidroizolacija posve spojena sa zidom odnosno donjom površinom podne ploče. S tim je postignuta potpuna spojenost između cijele hidroizolacije i obodne površine kesona.

Bitumenska samoljepljiva folija proizvedena je na bazi HDPE folije

već izvedenim krajem folije na vrhu armiranobetonske podne ploče potrebno je izvesti s lijepljenim preklopom. Vertikalnu je hidroizolaciju potrebno nakon ugradnje mehanički zaštititi pločama od ekstrudiranoga polistirena koje se na površinu lijepe posebnom ljepljivom trakom.

Pri ugradnji horizontalne i vertikalne hidroizolacije vrlo je važna izvedba detalja. Pritom je potrebno striktno poštovati projektna rješenja i način izvedbe koje propisuje proizvođač.