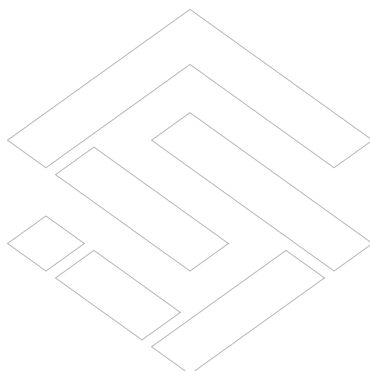


KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

– STRUKOVNI DIO –



PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE FASADER



**KONTINUIRANA IZOBRAZBA
GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI**

STRUKOVNI DIO

PRIRUČNIK ZA TRENERE
FASADER

IMPRESSUM:**Urednica:**

prof.dr.sc. Ivana Banjad Pečur, *Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet*

Autori:

Darinka Kalšan, *Graditeljska škola Čakovec*

dr.sc. Bojan Milovanović, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*

Hrvatska udruga proizvođača toplinsko-fasadnih sustava (HUPFAS)

Recenzenti:

prof.dr.sc. Ivana Banjad Pečur, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*

Hrvatska udruga proizvođača toplinsko-fasadnih sustava (HUPFAS)

Ivana Carević, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*

Dizajn i prijelom:

Dijana Kasavica

ISBN:

978-953-6272-93-8

Tisak:

TISKARA ZELINA d.d.

Katarine Krizmanić 1, 10380 Sveti Ivan Zelina

Odgovornost za sadržaj ove publikacije preuzimaju isključivo autori. Njihov sadržaj ne odražava nužno službena stajališta Europske unije. EASME niti Europska komisija nisu odgovorni za bilo kakvo korištenje sadržanim informacijama.

Nakladnik:

Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

Sva prava pridržavaju autori i urednica. Niti jedan dio ove knjige ne smije se reproducirati ili distribuirati bez dopuštenja autora i urednice.

Zagreb, 2016.



PRIRUČNIK ZA TRENERE
FASADER



Usljed nedostatka odgovarajuće stručno osposobljenih radnika na hrvatskom tržištu, prepoznata je potreba za **usavršavanjem/osposobljavanjem/prekvalifikacijom radne snage** za energetske učinkovitu obnovu i gradnju zgrada, koji će time jamčiti za kvalitetnu izvedbu. S obzirom na navedeno, u okviru europske inicijative Build Up Skills pokrenut je projekt CROSKILLS, koji je podijeljen u dvije faze. U prvoj fazi izrađena je Analiza stanja u zgradarstvu Hrvatske i vještina građevinskih radnika u energetske učinkovitosti, uspostavljena Nacionalna kvalifikacijska platforma te izrađene Nacionalne smjernice za kontinuiranu izobrazbu građevinskih radnika u energetske učinkovitosti, koje je podržalo više od 20 nacionalnih institucija i sektorskih organizacija.

Opći cilj projekta CROSKILLS jest uspostaviti sveobuhvatni program kvalifikacija i osposobljavanja građevinskih radnika, kako bi se omogućilo cjeloživotno osposobljavanje radnika u području energetske učinkovitosti te sustavna evaluacija kvalificirane radne snage u državi. Projektom CROSKILLS obuhvaćeno je sljedećih šest prioriteta građevinskih zanimanja: ZIDAR, FASADER, KROVOPOKRIVAČ, SOBOSLIKAR LIČILAC, MONTER SUHE GRADNJE I TESAR.

Jedna od važnih karika za uspostavljanje sveobuhvatnog programa kvalifikacija i osposobljavanja građevinskih radnika jest **obuka trenera** koji bi svoja novostečena znanja i vještine trebali prenijeti na jednu od skupina prioriteta građevinskih zanimanja. Priručnici za šest prioriteta građevinskih zanimanja za obuku trenera podijeljeni su na ZAJEDNIČKI DIO, s cjelinama koje su jednake za sva zanimanja, te STRUKOVNI DIO s cjelinama koje se odnose na jedno od prioriteta građevinskih zanimanja u području energetske učinkovitosti.

Ovaj priručnik namijenjen je svima onima koji imaju znanja iz zanimanja FASADER, s ciljem da ih dodatno usavrše u području energetske učinkovitosti. Obučavanje trenera za prenošenje potrebnih vještina i znanja drugima predstavlja osnovu za uspješnu realizaciju projekta CROSKILLS.

Strukovni dio kontinuirane izobrazbe građevinskih radnika u okviru energetske učinkovitosti za zanimanje **FASADER obuhvaća sljedeće cjeline i teme, namijenjene teorijskoj nastavi:**

Poglavlje **UVOD U FASADERSKU STRUKU** objašnjava koja je djelatnost fasadera, te kojim se strojevima, priborom i alatima služi. Potpoglavlje **MATERIJALI U FASADERSKOJ STRUCI** daje pregled građevinskih proizvoda namijenjenih gradnji zgrada: vrste opeka, mort kao vezivno sredstvo za povezivanje opeke, polimercementno ljepilo. Potpoglavlje **TOPLINSKA IZOLACIJA** objašnjava svrhu toplinske izolacije, kratko se osvrće na toplinske mostove (koji su detaljno obrađeni u Zajedničkom dijelu), te obrađuje vrste toplinske izolacije. Dodatno se obrađuju mortovi za žbukanje i završno-dekorativni sloj (vrste završnih fasadnih žbuka, vrste tekstura i struktura završnih žbuka, specijalne žbuke i premazi), te moguće vanjske obloge.

Poglavlje **IZOLACIJA ZGRADE** na početku obrađuje **IZOLACIJSKE MATERIJALE** podijeljene prema vrsti izolacije (**MATERIJALI ZA HIDROIZOLACIJU ZGRADE, MATERIJALI ZA TOPLINSKU IZOLACIJU, MATERIJALI ZA AKUSTIČNU IZOLACIJU**). U poglavlju **IZOLACIJA TEMELJA I PODOVA** objašnjeno je zašto je bitna izolacija temelja i podova te je pojašnjena izrada plivajućeg poda. Poglavlje **PRIMJENA IZOLACIJSKIH MATERIJALA, ETICS SUSTAVI** objašnjava što je to ETICS sustav, strukturu, podloge, osnovne faze izvođenja s izvršenim predpripremnim fazama prije samog izvođenja, postavljanje toplinsko-izolacijskih ploča i lamela (lijepljenje, mehaničko pričvršćivanje, izbor pričvrsnica, bušenje rupa, broj pričvrsnica, shemu postavljanja, postavljanje pričvrsnica, armaturni sloj sa staklenom mrežicom, mort za armaturni sloj, miješanje morta za armaturni sloj, dijagonalno armiranje, izvedba rubova i kutova,

spoj krova i zida, ugradnju prozorske klupčice, pričvršćivanje elemenata, završno-dekorativnu žbuku, stupanj refleksije, nanošenje predpremaza, nanošenje završno-dekorativne žbuke, završno-dekorativnu žbuku za podnožje). Prikazani su zahtjevi za podloge, ovisno o vrsti podloge. Važan dio poglavlja **IZOLACIJA ZGRADE** jest potpoglavlje Greške pri izvođenju ETICS sustava gdje su slikovno prikazane posljedice grešaka koje su se dogodile prilikom izvođenja.

U ovoj se cjelini obrađuju i **VENTILIRANE I STAKLENE FASADE**, kao najučinkovitiji sustavi za istovremeno rješavanje problema toplinske izolacije zgrade, smanjenja utjecaja toplinskih mostova, kao i problema uzrokovanih kondenzacijom vodene pare, čime se postiže optimalno termo-higrometrijsko ponašanje zgrade, poglavlje **VENTILIRANE FASADE** obrađuje konstruktivne dijelove ventilirane fasade, zahtjeve za sastavne dijelove ventiliranih fasada, postupak ugradnje sustava ventiliranih fasada, spojne materijale koji međusobno spajaju pojedinačne građevinske dijelove potkonstrukcije ventiliranih fasada, sredstva za učvršćivanje na nosivi dio konstrukcije. Pričvršćenje fasadnih elemenata pomoću nevidljivih tj. lijepljenih veza, kao jeftini način montaže fasadnih ploča, pomoću trajno elastičnog ljepila i dvostrano ljepljive montažne trake za fiksiranje ploča na noseće profile obrađeno je detaljnije. Prikazani su ventilirani sustavi sa žbukom kao završnim slojem. Dane su smjernice za određivanje vodoravnog razmaka između osi okomitih profila nosača, ugradnja toplinske izolacije, ugradnja vertikalnih nosivih profila, ugradnja ploča, prekid toplinskih mostova, sredstva za sidrenje, ugradnja završne letvice i ventilacijskog profila, te navedeni neki od problema koji se pojavljuju kod ventiliranih fasada.

Poglavlje **STAKLENE FASADE** daje prikaz jednostrukih i dvostrukih element fasada koje su skladu s najnovijim trendovima suvremene arhitekture i zahtjevima za racionalnom potrošnjom energije.

Kod izolacije zgrada u potpoglavlju **UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE** navode se zahtjevi pravilne ugradnje stolarije, te opisuju sustavi brtvljenja pomoću RAL PVC letvica, pomoću folija i ekspandirajuće brtve te pomoću brtvenih traka. Navedene su i posljedice nepravilne ugradnje vanjske stolarije.



Croatian labour market lacks adequately qualified workers in the field of energy efficiency. Consequently, a need has been identified for **basic training / specialisation / retraining of the workforce (craftsmen, entrepreneurs)** in energy efficiency i.e. in refurbishment and construction of new buildings, thus guaranteeing for high quality performance. Poor workmanship as well as the requirement for highly skilled workers for constructing nZEBs are the basis of the European initiative Build Up Skills, which started the CROSKILLS project, divided in two phases: CROSKILLS Pillar I and CROSKILLS Pillar II. During the Pillar I stage, Status Quo Analysis of the building sector in Croatia was performed where skills of construction workers in the field of energy efficiency and renewable sources of energy were assessed, and the National Qualification Platform established, which derived the National Roadmap for Lifelong Education of the Construction Workers in the Field of Energy Efficiency. The National Roadmap was endorsed by more than 20 national institutions and sectoral organizations.

The main goal of the CROSKILLS project is to establish a large-scale qualification and training scheme for Croatian blue-collar building workers, in order to enable lifelong training of workers in the field of energy efficiency and the systematic evaluation of skilled workforce in Croatia. CROSKILLS project targets 6 priority construction professions: BRICKLAYERS, PLASTERERS, ROOFERS, CARPENTERS, HOUSE PAINTERS AND DRYWALL SYSTEM INSTALLERS.

An important link in the establishment of a comprehensive worker qualification and training scheme is the **training of trainers**. These trainers would transfer their newly acquired knowledge and skills to one of the priority construction professions (blue-collar workers). Each of the manuals for 6 priority professions consists of two parts: COMMON SECTIONS covering topics that are equally relevant for all occupations, and PROFESSION-SPECIFIC SECTIONS covering knowledge that a particular profession has to master in the field of energy efficiency.

This manual is intended for all those possessing certain knowledge in the profession of PLASTERERS, with interest for further training and improvement in the field of energy efficiency. Training of trainers is the basis for successful implementation of the CROSKILLS goals where trainers will be adequately instructed and advised for the transfer of necessary skills and knowledge to blue-collar workers.



Profession-specific sections of the manual for **PLASTERERS** in the field of energy efficiency include the following topics, intended mainly for theoretical part of the education:

INTRODUCTION TO **PLASTERER'S PROFESSION** section gives an overview of plastering and the equipment, tools and machinery used in their work. The on **MATERIALS IN THE PLASTERER'S PROFESSION** gives an overview of building materials for the construction of buildings: types of brick, mortar as a binding agent, base coats. **THERMAL INSULATION** chapter explains the purpose of thermal insulation, shortly reviews the thermal bridges, which are more in-depth discussed in the Common Sections of the manual, and describes the types of thermal insulation. In addition, there is an overview of plastering mortars and finishing coats (types, surfaces and structures of finishing mortars, special plasters, paints and external coatings).

The section **INSULATION OF THE BUILDING** includes **INSULATION MATERIALS** divided according to the insulation type: **HYDROINSULATION MATERIALS, THERMAL INSULATION MATERIALS AND ACOUSTIC INSULATION MATERIALS. INSULATION OF FOUNDATIONS AND FLOORS** section answers the question why insulation of the foundations and floors is so important, and also describes installation of the floating floor. Section **APPLICATION OF INSULATION MATERIALS, ETICS SYSTEMS** provides the definition of ETICS systems, structures, surfaces, basic application stages including preparatory stage, application of thermal insulation panels and slices (applying the adhesive mortar, anchoring, selection of the anchors, drilling the anchors holes, number of anchors, anchoring pattern, setting the anchors, reinforced base coat with glass fibre mesh, base coat

with reinforcement, mixing the base coat, diagonal reinforcement, formation of edges and corners, connection of roof and wall, window sill connections, fixing the elements, finishing coat, lightness coefficient, application of the system primer and finishing coat, finishing coats for the base and perimeter area). Preparation of the substrate depending on its type is also explained. One of the most relevant aspects of building insulation is dealt with in the chapter Mistakes during application of ETICS systems where most common mistakes and consequences of the poor workmanship are illustrated.

As part of **BUILDING INSULATION** section, **VENTILATED AND GLASS FAÇADES** chapters are included. The **VENTILATED FAÇADES** are introduced as the most efficient systems for thermal building insulation where the impacts of thermal bridges and water vapour condensation are reduced, achieving optimal thermo-hygrometric behaviour of the building. The chapter covers structural components of the ventilated façades, component requirements, installation procedure, joinery linking the individual parts of the ventilated façades, and anchoring parts of the structure. Anchoring of façade elements with invisible i.e. adhesive connections, using permanently elastic adhesives and double-sided adhesive installation tapes for fixing the panels on supported structures, is analysed as the cheapest method of installation of façade panels. Ventilated systems with plasters as final covering are also reviewed. Guidelines for determining the horizontal distance between the vertical profiles of the girder, installation of thermal insulation, installation of vertical load-bearing profiles and panels, thermal bridges discontinuation, anchoring equipment, installation of the final moldings and ventilation profiles are also included, as well as the installation problems that may occur.

The **GLASS FAÇADES** chapter presents single and double-skin façades which follow the latest trends in contemporary architecture and requirements for rational energy consumption.

The **MOUNTING OF EXTERIOR JOINERY** chapter reviews the requirements for proper joinery mounting and describes several sealing systems - using RAL PVC bars, using foil and intumescent strips, using foil, and using seal strips. The chapter also explains the consequences of incorrect joinery mounting.

1 UVOD U FASADERSKU STRUKU	17
1.1 DJELATNOST FASADERA	17
1.2 FASADERSKI PRIBOR, ALATI I STROJEVI	18
1.3 MATERIJALI U FASADERSKOJ STRUCI	23
1.3.1 Vrste opeka	24
1.3.2 Mort – vezivno sredstvo za povezivanje opeke	27
1.3.3 Polimercementna ljepila	28
1.3.4 Toplinska izolacija	29
1.3.5 Mort za žbukanje	34
1.3.6 Završno-dekorativni sloj	35
1.3.7 Vanjske obloge	38
1.4 OSNOVE ZIDANJA I ŽBUKANJA	39
1.4.1 Osnovni zidarski pojmovi	39
1.4.2 Osnovna pravila zidanja	40
1.4.3 Glavni vezovi / slogovi	40
1.4.4 Osnovno o zidanju fasadnom opekom normalnog formata	43
1.4.5 Žbukanje	49
2 IZOLACIJA ZGRADE	55
2.1 ETICS SUSTAVI	55
2.1.1 Povezani sustavi za vanjsku toplinsku izolaciju – ETICS	55
2.1.2 Greške pri izvođenju ETICS sustava	107
2.2 VENTILIRANE I STAKLENE FASADE	124
2.2.1 Ventilirane fasade	124
2.2.2 Staklene fasade	155
2.3 UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE	159
2.3.1 Sustav brtvljenja pomoću folija i ekspandirajuće brtve	160
2.3.2 Sustav brtvljenja pomoću folija	160
2.3.3 Sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka	161
2.3.4 Sustav brtvljenja pomoću RAL PVC letvica	162
2.4 ZELENE FASADE	163
3 REFERENCE	166

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

**PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE FASADER**



UVOD

1 UVOD U FASADERSKU STRUKU

1.1 DJELATNOST FASADERA

Fasaderske radove na zgradama izvode fasaderi, a pod pojmom izvedbe fasaderskih radova podrazumijeva se planiranje i izvedba fasada u skladu s tehničkim propisima i normativima. Uvjeti koji se postavljaju prilikom projektiranja i izvedbe fasada višestruki su i postaju sve zahtjevniji. Fasaderi su građevinski radnici koji obavljaju poslove izvedbe novih i obnavljanja starih fasada na različitim građevinama, uglavnom na terenu i na otvorenom prostoru (Slika 1-1).



Slika 1-1 Fasader [1]

Standardi očuvanja energije postaju sve stroži i imaju velik utjecaj na daljnji razvoj fasaderskih radova (Slika 1-2). Svakako je veliki izazov razviti održivi sustav i komponente koje mogu osigurati sve zahtjeve za projektiranje suvremenih građevina uz istodobno pouzdanu i ekonomičnu izvedbu vanjske obloge – fasade. Postoje različite vrste fasada i načini obrade fasadnih zidova.



Slika 1-2 Standardi za očuvanjem energije utječu na razvoj fasaderskih radova [2]

Za izradu fasada potrebno je poznavanje svih vrsta klasičnih i suvremenih materijala koji se koriste u izradi fasade. To su kamen, pijesak i drugi agregati, mortovi, žbuke, gips, opeka, veziva, beton, keramički proizvodi, drvo, razne boje i prerađevine za fasade te materijali za hidroizolaciju, zvučnu i toplinsku izolaciju.

Fasada stvara vizualni dojam cijelog zdanja, a također utječe i na klimatsku kontrolu unutar same građevine, te nam daje osjećaj ozračja koje vlada unutarnjim prostorom (Slika 1-3).



Slika 1-3 Fasada daje vizualnu impresiju cijelog zdanja

Fasada i zaštita zidova zgrada trebaju biti tako izvedene da udovoljavaju estetskim, fizikalnim, energetskim i klimatskim zahtjevima. Svaki od ovih zahtjeva treba biti uvažan i niti jedan ne smije dobiti prednost u odnosu na druge, odnosno moraju se smatrati jednako važnima. O estetskom izgledu fasade odlučuje projektant, pri tome uvažavajući, između ostaloga i okolicu te po potrebi i tradiciju gradnje. Fizikalna svojstva materijala fasade moraju biti takva da osiguraju trajnost pri promjenjivim klimatskim uvjetima. Vodonepropusnost i dobra termička svojstva materijala fasade smanjuju termičke dilatacije i gubitke topline zgrade. Fasada mora biti otporna na udare vjetrova i nepropusna na udare kiše pod djelovanjem vjetrova.

Prema vrsti, fasade mogu biti izvedene kao neožbukani vanjski zid, ožbukani vanjski zid, vanjski zid obložen fasadnom opekom, vanjska obloga od kamenih ploča sa zračnim međuprostorom, vanjska staklena obloga sa zračnim ventiliranim prostorom, vanjska limena obloga sa zračnim ventiliranim prostorom, pre-fabricirani betonski elementi ili neki drugi način izvedbe (Slika 1-4).



Slika 1-4 Različiti načini obrade fasadnih zidova [110]

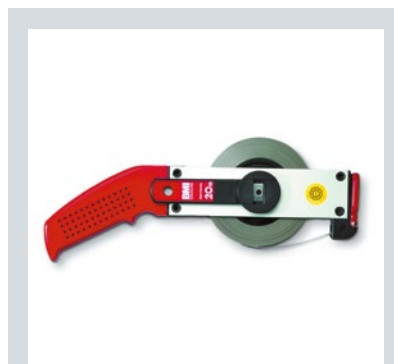
1.2 FASADERSKI PRIBOR, ALATI I STROJEVI

Za kvalitetno obavljanje fasaderskih radova od velike je važnosti kompletan i ispravan alat. Pribor, strojevi i alati koji koriste fasaderi prikazani su na slikama ispod.



Za mjerenje dimenzija manjih elemenata

Slika 1-5 Sklopivi metar [4]



Za mjerenje većih dimenzija

Slika 1-6 Mjerna traka [5]



Za određivanje i provjeru okomitosti

Slika 1-7 Visak [6]



Za određivanje i provjeru vodoravnosti

Slika 1-8 Libela [7]



Za prenošenje horizontale na veću udaljenost

Slika 1-9 Cijevna libela – vodena vaga [8]



Za određivanje i provjeru pravog kuta

Slika 1-10 Kutnik – fiksni [9]



Za provjeru ravnine, ravnanje žbuke i betona

Slika 1-11 Zidarska ravnalica



Za određivanje pravca

Slika 1-12 Konopac – špaga [10]



Za određivanje i provjeru svih kutova

Slika 1-13 Kutnik – pokretni



Za viziranje i prenošenje visina

Slika 1-14 Laser [11]



Za stavljanje morta, bacanje grube žbuke

Slika 1-15 Zidarska žlica [12]



Za pretovar morta i žbuke

Slika 1-16 Zidarska tavica – velika i mala [13], [14]



Za lomljenje i poravnavanje opeke

Slika 1-17 Zidarski čekić [15]



Za zaglađivanje žbuke i betona

Slika 1-18 Zidarska gladilica (plastična, drvena, čelična) [16]



Za zaglađivanje (reški)

Slika 1-19 Reškalice [17]



Za ručno miješanje malih količina morta, betona

Slika 1-20 Greblica/zgrtalo [18]



Za probijanje rupa i kanala

Slika 1-21 Dlijeto i špica [19]



Za zacrtavanje položaja i provjeru debljine reški

Slika 1-22 Zidarska olovka [20]



Za močenje fine žbuke prilikom zaglađivanja

Slika 1-23 Četka [21]



Za prosijavanje pijeska i fine žbuke

Slika 1-24 Zidarsko sito [22]



Za držanje malih količina morta, žbuke

Slika 1-25 Mortarka [23]



Za zaglađivanje

Slika 1-26 Fasadna lopatica s alu-ojačanjem [24]



Za struganje EPS-a

Slika 1-27 Strugač EPS-a – kutni [25]



Za struganje EPS-a

Slika 1-28 Strugač EPS-a čelični – grubi [26]



Za nanošenje ljepila

Slika 1-29 Nazubljeni gleter [27]



Za zaglađivanje

Slika 1-30 Gleter [27]



Za bušenje toplinske izolacije

Slika 1-31 Bušač [28]



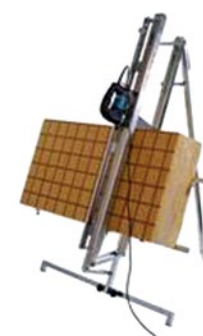
Za rezanje toplinske izolacije

Slika 1-32 Nož i pila za rezanje toplinske izolacije [29]



Za rezanje toplinske izolacije

Slika 1-33 Aparat za rezanje stiropora [30]



Za rezanje toplinske izolacije

Slika 1-34 Višenamjenski rezač za toplinsku izolaciju [31]

RUČNA TRANSPORTNA SREDSTVA



Za ručni prijenos malih količina materijala

Slika 1-35 Kanta [32]



Za prijenos većih količina materijala

Slika 1-36 Tačke – ručna kolica [33]



Za prijenos većih količina materijala

Slika 1-37 „JAPANER“ – japanska kolica [34]

GRAĐEVINSKI STROJEVI



Za miješanje morta, žbuke, betona

Slika 1-38 Mješalica za mort/beton [35]



Za zbijanje svježeg betona

Slika 1-39 Pervibrator [36]



Za zbijanje svježeg betona

Slika 1-40 Oplatni vibrator [35]



Za nabijanje šljunka

Slika 1-41 Vibro ploča za šljunak [37]



Za zaglađivanje betona

Slika 1-42 Vibro ploča za beton [38]



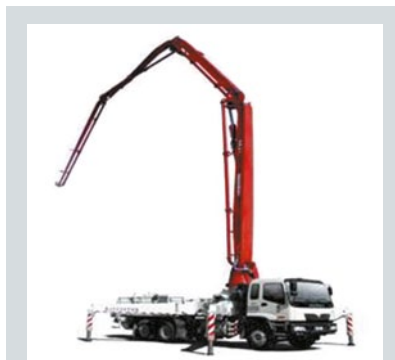
Za strojno žbukanje

Slika 1-43 Stroj za žbukanje [39]



**Za prijevozbetona iz
betonare do gradilišta**

Slika 1-44 Auto miješalica [40]



**Za ugradnju betona pod
pritiskom na visinu**

Slika 1-45 Auto pumpa [41]



**Za podizanje tereta
na gradilištu**

Slika 1-46 Građevinski lift [42]

1.3 MATERIJALI U FASADERSKOJ STRUCI

Materijali se u zgradarstvu prema njihovoj namjeni dijele na konstrukcijske materijale, nekonstrukcijske materijale, veziva, materijale za obloge i zaštite (Slika 1-47). Građevinski proizvodi namijenjeni ugradnji u zgradu (svrha – racionalno korištenje energije i toplinske zaštite) dijele se na:

- toplinsko-izolacijske građevinske proizvode
- povezane sustave za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS)
 - » na osnovi ekspaniranog polistirena i
 - » na osnovi mineralne vune,
- zide i proizvode za zidanje.



Slika 1-47 Materijali u zgradarstvu [43], [44]

1.3.1 Vrste opeke

OPEKA je proizvod od dobre i očišćene gline, oblikovane, sušene i paljene na 800-1000 °C. Oblik opeke je najčešće pravilni paralelopiped, a prema veličini opeke jesu:

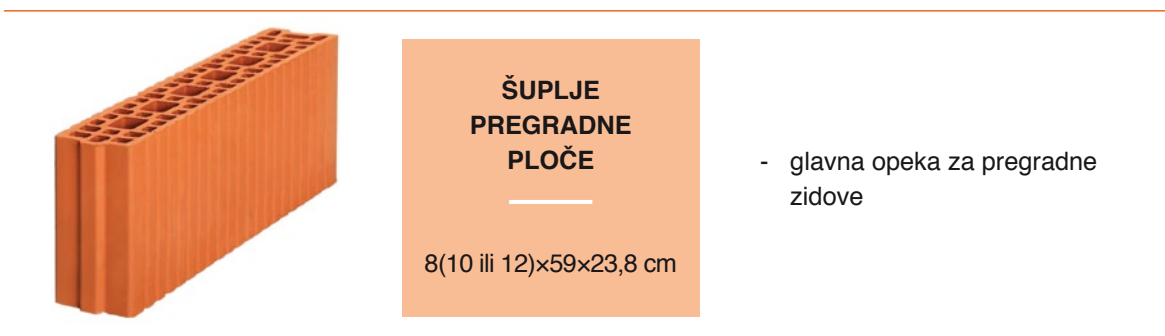
- normalnog formata (NF)
- povećanog formata (modularne opeke, blokovi i ploče, radijalne opeke i dr.) (Tablica 1-1).

Struktura opeke može biti puna, šuplja ili porozna. Namjena opeka povezana je s oblikom i strukturom opeka kojom se izvode:

- konstruktivni zidovi (nosivi i vezni zidovi)
- pregradni zidovi
- obložni zidovi
- opločenja i dr.

Tablica 1-1 Neke vrste opeke

	<p>OPEKA NORMALNOG FORMATA</p> <hr/> <p>25×12×6,5 cm</p>	<ul style="list-style-type: none">- najstarija opeka- uglavnom za dimnjake, stupove, nenasive zidove- mala, njome se sporo zida, tradicionalna; može biti fasadna
	<p>ŠUPLJI OPEKARSKI BLOKOVI</p> <hr/> <p>29×19×19 cm</p>	<ul style="list-style-type: none">- danas glavni opekarski blok za zidanje nosivih zidova- njome se brže zida, manja potrošnja morta
	<p>OPEKARSKI TERMO BLOKOVI</p> <hr/> <p>30×25×23,8 cm 38×25×23,8 cm</p>	<ul style="list-style-type: none">- sve više se koristi za nosive zidove- bolji je toplinski izolator od šupljih opekarskih blokova



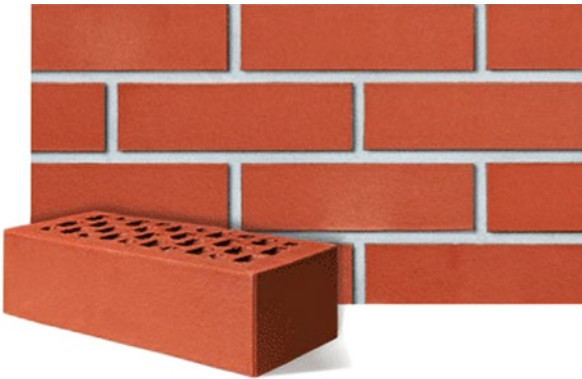
Prema obliku, izmjerama, vanjskom izgledu i svojstvima razlikujemo više vrsta opeke i opekarskih proizvoda. Proizvođači opekarskih proizvoda danas na tržištu nude široki spektar različitih vrsta opeke (Slika 1.3-2).



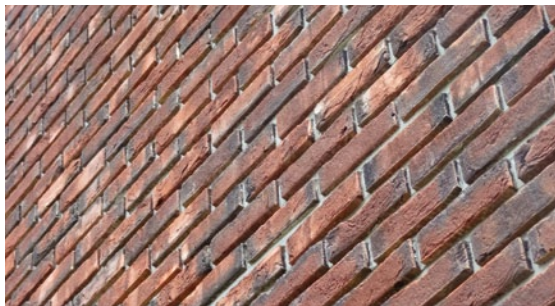
Slika 1-48 Spektar opekarskih proizvoda [45]

Puna (obična) opeka tradicionalno se upotrebljava za zidanje zidova. Dimenzije su joj 25×12×6,5 cm; na ležišnoj plohi može imati do 15 % šupljina (puna opeka sa šupljinama). Masa pune opeke iznosi 3,1 do 3,5 kg, a u 1 m³ stanu 384 takve opeke.

Porozna opeka proizvodi se kao i obična, ali se u glinenu smjesu dodaje sitni materijal koji tijekom pečenja izgori.



Slika 1-49 Struktura fasadne opeke [46]



Slika 1-50 Fasada izrađena klinker opekom [110]

Puna fasadna opeka upotrebljava se za zidanje ili oblaganje zidova koji se ne žbukaju. Oblikom je nalik punoj opeci, ali je otporna na smrzavanje, sa smanjenim udjelom soli koje bi se mogle pojaviti na površini zida. Po strukturi, opeke za fasade jesu pune ili rupičaste, sa šupljinama do 15 % (Slika 1-49). Obrada površine fasadne opeke uključuje glaziranje, engobiranje, pjeskarenje i reljefiranje. Fasadna opeka ima visoku trajnost te se time znatno smanjuju troškovi održavanja objekata.

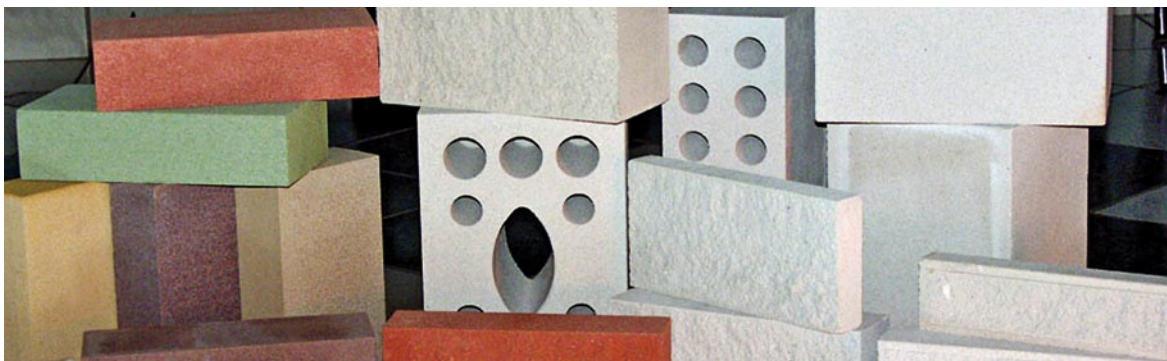
Šuplje opeke i opečni blokovi danas se najviše upotrebljavaju. Šupljine mogu biti uspravne ili vodoravne. Dimenzije šuplje opeke jednake su dimenzijama one pune, dok se opečni blokovi proizvode različitih veličina, oblika i površine šupljina, ovisno o namjeni za vanjske, pregradne ili nosive zidove, za trusna područja i sl.

Stropni blokovi i gredice opečni su elementi za izradbu polumontažnih međukatnih konstrukcija. Gredice s armaturom čine nosivi dio, a blokovi ispunu, koja ujedno zamjenjuje oplatu stropa; betoniranjem tanke ploče elementi konstrukcije povezuju se u cjelinu.

Prepeka ili klinker izrađuje se od boljeg materijala i peče na 1200 °C gotovo do taljenja (sinteriranja). Takva je opeka gusta, čvrsta, nepropusna, glatke površine i otporna na smrzavanje pa se upotrebljava za oblaganje fasada, jako opterećeno zide, popločavanje puteva (Slika 1-50).

Silikatna opeka proizvodi se od silicijevog i kalcijevog oksida (kremenog pijeska i gašenog vapna). Zaparivanjem pod tlakom smjese u kalupima, dobiva se opeka velike čvrstoće, pravilnih rubova i bijelosiive boje. Dodatkom pigmenata u smjesu prije pečenja proizvod zadržava iste karakteristike, a postižu se pastelni tonovi. Tekstura silikatne opeke je glatka ili hrapava, čime se ističe prirodna struktura opeke. Posebnom obradom opeke hrapave površine dobiva se dodatna bordura (Slika 1-51).

Šamotna (vatrostalna) opeka proizvodi se od smjese koja se sastoji od nepečene te od mljevene, pret-hodno pečene vatrostalne gline. Može izdržati temperature do 1600 °C pa se upotrebljava za oblaganje ložišta i donjih dijelova dimnjaka.



Slika 1-51 Fasadna silikatna opeka [47]

1.3.2 Mort – vezivno sredstvo za povezivanje opeke

Mort je mješavina jednog ili više anorganskih veziva, agregata, vode i po potrebi dodataka za zidanje i fugiranje zida.

Mort prema načinu proizvodnje može biti:

- a) tvornički projektiran – mort određen svojstvima, proizveden u proizvodnom pogonu (tvornici) izvan gradilišta čiji je sastav i postupak proizvodnje odabrao proizvođač;
- b) zadanog sastava – mort određen sastavom, proizveden u proizvodnom pogonu (tvornici) ili izrađen na gradilištu za potrebe toga gradilišta prema projektu zidane konstrukcije.

Tehnička svojstva morta moraju ispunjavati opće i posebne zahtjeve bitne za krajnju namjenu morta i moraju biti specificirana prema normi HRN EN 998-2.

Vrste morta prema svojstvima i/ili upotrebi su:

- a) mort opće namjene (G) – mort za zide bez posebnih značajki;
- b) tankoslojni mort (T) – tankoslojni mort za zide s najvećim zrnom agregata do 2 mm;
- c) lagani mort (L) – mort za zide čija je gustoća suhog očvrnulog morta 1300 kg/m³.

Određena svojstva mogu se specificirati u projektu zidane konstrukcije. Za mort zadanog sastava koji se za obiteljsku kuću ili jednostavnu građevinu izrađuje na gradilištu i čija je zahtijevana tlačna čvrstoća manja ili jednaka 5 N/mm², u glavnom se projektu određuju omjerima pojedinih sastojaka. Za mort zadanog sastava gdje je u glavnom projektu zahtijevana tlačna čvrstoća veća od 5 N/mm² smije se primijeniti samo mort proizveden u proizvodnom pogonu (tvornici). U glavnom se projektu određuju omjeri pojedinih sastojaka.

Sastav morta je slijedeći:

- VEZIVO (vapno, cement ili oboje);
- ISPUNA (pijesak, mljeveni kamen) – bez kemikalija i organskih tvari;
- VODA (čista) – pokreće proces vezivanja (očvršćivanja) veziva.

Mortovi prema proizvodnji jesu:

- tradicionalni – pripremaju se na gradilištu u volumenskim omjerima (mjere se lopatom ili kantom); nisu ujednačenog sastava,
- industrijski proizvedeni/gotovi – pripremaju se u tvornici u masenim omjerima; prednost im je u brzini pripreme, ujednačenoj kakvoći urednosti radnog prostora (obični, šamotni, estrisi...).

Tablica 1-2 Vrste morta prema vezivu

VRSTE MORTA		
vapneni mort	produžno–cementni mort	cementni mort
<ul style="list-style-type: none"> - vapno - pijesak - voda 	<ul style="list-style-type: none"> - cement - vapno - pijesak - voda 	<ul style="list-style-type: none"> - cement - pijesak - voda
<ul style="list-style-type: none"> - mala čvrstoća - sporo veže - svjetlo siva boja 	<ul style="list-style-type: none"> - dobra čvrstoća - umjereno veže - siva boja 	<ul style="list-style-type: none"> - najbolja čvrstoća - brzo veže - tamno siva boja

Najčešće se koristi produžno–cementni mort. Tako se zove zato jer u njemu vapno produljuje vrijeme do početka vezivanja cementu (Tablica 1-2).



Slika 1-52 Polimercementno ljepilo za lijepljenje ETICS sustava s EPS-om

1.3.3 Polimercementna ljepila

Polimercementna ljepila za toplinske sustave (ETICS) koriste se za lijepljenje izolacijskih ploča i izradu temeljnog sloja završne žbuke kod izvedbe povezanih sustava za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS). Lijepljenje se izvodi gotovim, tvornički pripremljenim polimercementnim mortom ili pastoznim disperzijskim ljepilom. Njihov je sastav obično sljedeći: cement, pijesak granulacije do 2,0 mm, punila, dodaci, mikroarmaturna vlakna (Slika 1-52).

Uloga morta za lijepljenje jest osigurati dobru čvrstoću prijanjanja na različitim podlogama i stvoriti čvrstu vezu između podloge i toplinsko-izolacijskog materijala. Prilikom miješanja morta za lijepljenje treba se pridržavati uputa proizvođača (tehnička uputa, upute na pakiranju). To vrijedi i za pastozna ljepila za koja proizvođač propisuje dodavanje cementa.

Izuzetno je bitno naglasiti kako je pri izvođenju ETICS sustava potrebno koristiti certificirane sustave proizvođača, što znači kako je potrebno koristiti isključivo materijale i proizvode (od ljepila, staklene mrežice, toplinske izolacije te završnih slojeva) koje preporučuje proizvođač certificiranog ETICS sustava, bez iznimke.

1.3.4 Toplinska izolacija

1.3.4.1 Svrha toplinske izolacije

Gradnja u skladu sa suvremenim smjernicama energetske učinkovitosti podrazumijeva toplinsku zaštitu objekata. Toplinska izolacija smanjuje toplinske gubitke zimi, pregrijavanje prostora ljeti, te štiti nosivu konstrukciju od vanjskih uvjeta i jakih temperaturnih naprezanja. Dobro poznavanje toplinskih svojstava građevinskih materijala jedan je od preduvjeta za projektiranje i izvođenje energetski učinkovitih zgrada. Toplinski gubici kroz građevinski element ovise o sastavu elementa, orijentaciji i koeficijentu toplinske vodljivosti. Što je koeficijent prolaska topline manji, to je toplinska zaštita zgrade bolja.

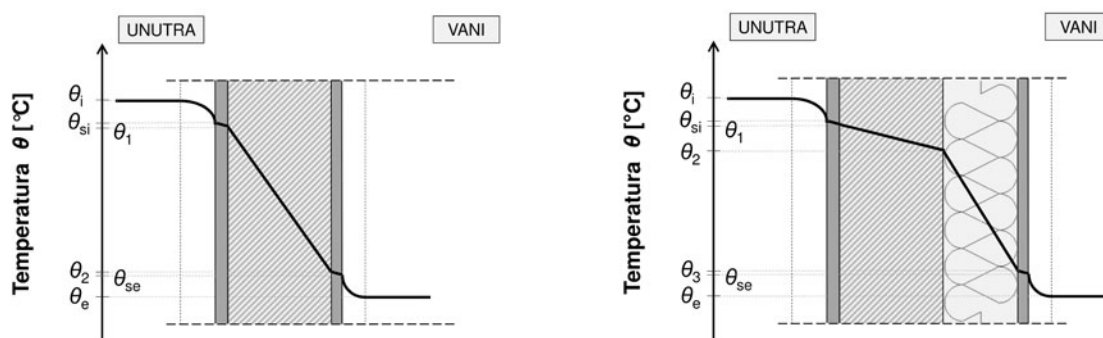
Pri izboru materijala za toplinsku zaštitu treba osim toplinske vodljivosti uzeti u obzir i druge značajke materijala kao što su ponašanje u požaru, faktor otpora difuziji vodene pare, tlačna tvrdoća, stišljivost, trajnost, otpornost na vlagu i drugo.

Položaj toplinske izolacije najpovoljniji je s vanjske strane u odnosu na grijani prostor. Postavljanje toplinske izolacije unutar slojeva vanjske konstrukcije ili na unutarnjoj strani su nepovoljnije za postizanje ispravnog fizikalnog procesa (Slika 1-53).

Na kakvoću toplinske izolacije zidova utječe debljina izolacijskog sloja, te provodljivost materijala λ (W/mK). Većina uobičajenih materijala za toplinsku izolaciju ima toplinsku provodljivost $\lambda = 0,030-0,045$ W/mK. Što je vrijednost λ manja, to toplinska izolacija ima bolja svojstva (Slika 1-54).



Slika 1-53 Položaj toplinske izolacije u zgradi, a) s vanjske strane, b) s unutarnje strane



Slika 1-54 Prolaz topline kroz zid bez toplinske izolacije i s toplinskom izolacijom [110]

Za postizanje dobre toplinske zaštite vanjskog zida, preporučljivi koeficijent prolaska topline iznosi $U=0,35$ W/m^2K (Tablica 1-3).

Tablica 1-3 Na kakvoću toplinske izolacije zidova utječe debljina izolacijskog sloja, te provodljivost materijala (λ)

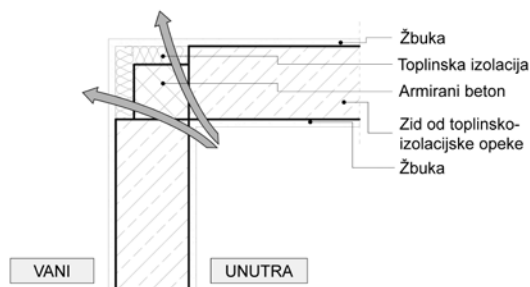
Toplinsko-izolacijski materijal	Toplinska provodljivost (W/mK)	Potrebna debljina (cm) za $U=0,35$ W/m^2K
Kamena vuna	0,035 do 0,050	9-11
Ekspandirani polistiren-stiropor	0,035 do 0,040	9-10
Ekstrudirani polistiren-stirodur	0,030 do 0,040	8-10
Tvrda poliuretanska pjena	0,020 do 0,040	7-9
Drvena vuna	0,065 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

1.3.4.2 Toplinski most

Toplinski most u graditeljstvu označava manje područje u omotaču grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela. Zbog smanjenog 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 kondenziranja vodene pare.

Ovisno o uzroku povišene toplinske propustljivosti, razlikujemo dvije vrste toplinskih mostova:

- konstruktivni – nastaju kod kombinacija različitih vrsta materijala;
- geometrijski – nastaju uslijed promjene oblika konstrukcije, npr. uglovi zgrade.



Slika 1-55 Toplinski most [110]

Uz kvalitetnu toplinsku izolaciju vanjske ovojnice kuće, izbjegavanje jakih toplinskih mostova preduvjet je energetske učinkovite gradnje. Postavljanjem izolacije na ovojnicu kuće (zidovi, krov, pod) moguće je izbjeći većinu toplinskih gubitaka uslijed toplinskih mostova. Položaj prozora u zidu također igra važnu ulogu u izbjegavanju toplinskih mostova, stoga ga je potrebno smjestiti u razini toplinske izolacije. Ako to nije moguće, potrebno je toplinski izolirati špalette oko prozora. Pravilnom izolacijom toplinskih

mostova izbjegava se kondenzacija na pojedinim dijelovima konstrukcije (Slika 1-55).

1.3.4.3 Vrste toplinske izolacije

Mineralna vuna izolacijski je materijal mineralnog porijekla za toplinsku, zvučnu i protupožarnu izolaciju, toplinske provodljivosti između $\lambda=0,035$ i $0,045$ W/mK. Negoriv je materijal, paropropusna je i djelomično vodootporna. Otporna je na starenje i raspadanje, te na mikroorganizme i insekte. Koristi se u svim vanjskim konstrukcijama za toplinsku zaštitu, te u pregradnim zidovima za zvučnu zaštitu, a ne preporučuje se za izolaciju zidova pod zemljom (Slika 1-56).

Ekspandirani polistiren-EPS (stiropor) ima dobra izolacijska svojstva ($\lambda = 0,035-0,040$ W/mK), nisku cijenu i jednostavno se ugrađuje pa je danas jedan od najpopularnijih izolacijskih materijala. Koristi se najviše kao toplinska zaštita, u svim vanjskim konstrukcijama, te kao plivajući pod u podnim međukatnim konstrukcijama. Ima znatno slabija protupožarna svojstva od kamene vune, te nije otporan na temperature više od 80°C (Slika 1-57).

Ekstrudirani polistiren-XPS (stirodur) ima dobra izolacijska svojstva ($\lambda = 0,035-0,040$ W/mK), neosjetljiv je na vlagu i visoke je tlačne čvrstoće. Koristi se tamo gdje je pored toplinske izolacije potrebno osigurati i veliku nosivost (Slika 1-58). Osim uobičajene primjene koristi se za:

- toplinsku izolaciju i zaštitu hidroizolacije podrumskih zidova i podrumskih podova,
- toplinsku izolaciju industrijskih podova,
- kao jedinstveno trajno toplinsko izolacijsko rješenje obrnutih ravnih krovova i obrnutih ravnih zelenih krovova,
- kao toplinska izolacija podnožja, špaleta, rubova ploča, balkona.

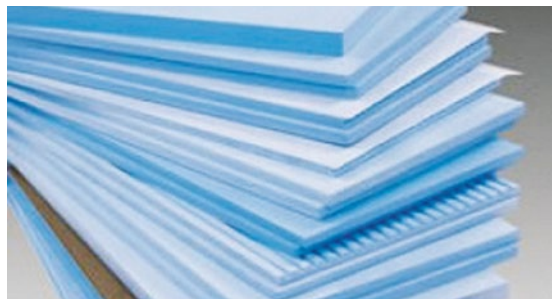
Grafitni stiropor ima $\lambda=0,032$ W/mK, sive je boje i sadrži grafit. Male je težine, teško zapaljiv i ne podržava gorenje. Koristi se za toplinsku izolaciju fasadnih sustava kod niskoenergetskih i pasivnih kuća (Slika 1-59).



Slika 1-56 Mineralna vuna [50]



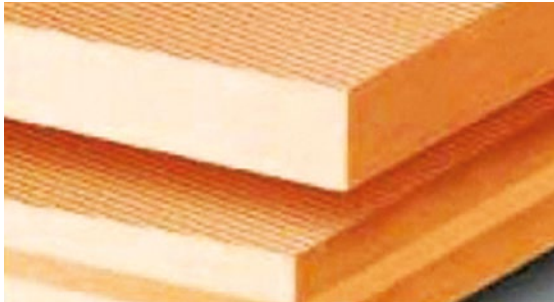
Slika 1-57 Ekspandirani polistiren-EPS [51]



Slika 1-58 Ekstrudirani polistiren-XPS [52]



Slika 1-59 Grafitni stiropor [53]



Slika 1-60 Poliuretanska tvrda pjena [54]



Slika 1-61 Vakumski izolacijski paneli [55]



Slika 1-62 Pluto [56]



Slika 1-63 Celuloza [57]

Poliuretanska pjena (PUR pjena) ima izuzetna izolacijska svojstva ($\lambda=0,020-0,035$ W/mK), dobru otpornost na vlagu i temperaturne promjene. Može se štrcati na površinu ili u šupljinu pa se koristi pri sanacijama krovova i kod montažne gradnje.

Poliuretanska tvrda pjena ima vrijednost toplinske vodljivosti $\lambda=0,019-0,025$ W/mK te spada u najbolje izolacijske materijale na tržištu. Otporna je na visoke temperature i samogasiv je materijal. Neosjetljiva je na vlagu, na plijesni, trulež i gljivice i otporan na kemikalije, benzin, insekte, glodavce te biološki neutralan. Poliuretanska tvrda pjena kašira se Al, 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 sustavom utor-pero (Slika 1-60).

Vakumski izolacijski paneli (VIP PANELI) koji zbog svojih superiornih izolacijskih značajki mogu zamijeniti 5-7 puta deblju klasičnu izolaciju pa se tako često izvode na terasama i mjestima gdje nije moguće staviti izolaciju deblju od 2-5 cm. Česta je primjena kod pasivnih kuća i niskoenergetskih zgrada (Slika 1-61).

Pluto je vrlo dobar izolacijski materijal koji se proizvodi mljevenjem kore hrasta plutnjaka te ekspanzivanjem čestica pluta. Pluto se isporučuje u pločama, u rastresitom stanju ili zalijepljeno na neku traku. Zbog lijepog izgleda pluto se upotrebljava za oblaganje zidova i podova kao toplinska izolacija, zvučna izolacija i kao obloga (Slika 1-62).

Celuloza je visokokvalitetna toplinska i zvučna izolacija. Izrađuje se od celuloznih vlakana, odnosno sitno mljevenog novinskog papira, kojem se dodaje borova sol. Ona sprečava nastanak plijesni i odbija štetočine, a u dodiru s vatrom sprječava proces gorenja. Primjerena je za novogradnju kao i kod sanacije postojećih objekata. Ugrađuje se upuhivanjem uz pomoć posebnog stroja u zidove i podove, a koristi se i kao izolacija stropa (Slika 1-63).

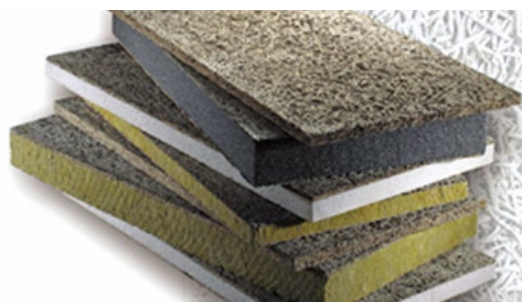
Perlit je eruptivni kamen, koji se mehanički usitnjava i kratko zagrijava na 1000 °C. Pri tome se

voda sadržana u stijenu pretvara u vodenu paru i napuhuje materijal te povećava njegov obujam 15 do 20 puta. Nastali proizvod je bijeli granulat veličine zrna do 6 mm. Perlit se koristi uglavnom kao izolacijski materijal za zasipavanje. Ekspandirani perlit nije zapaljiv, ali je osjetljiv na vlagu. Perlit izolacijske ploče se sastoje od ekspaniranog perlita, koji je obrađen s organskim ili neorganskim vlaknima i vezivima. Vlakna se pripreme te zajedno s ekspaniranim perlitom vlažnim postupkom oblikuju u izolacijske ploče (Slika 1-64).



Slika 1-64 Perlit [58]

Ploče od drvenih vlakana (drvena vuna) proizvode se tako da se vlakna spajaju cementom. Ploče su lagane jer sadrže šupljine, a često se upotrebljavaju u kombinaciji s nekom, još boljom toplinskom izolacijom kao tanka, tvrda kora (**kombi ploče**). Za toplinsku izolaciju mogu se upotrebljavati i mješavine drvnih čestica (piljevine) i nekog veziva ili u vidu prešanih ploča ili lijevane na mjestu ugradnje (Slika 1-65).



Slika 1-65 Kombi ploče [59]

Ovčja vuna ima toplinska izolacijska svojstva slična ostalim vlaknastim izolatorima. Prirodna vuna se pere kako bi se uklonio lanolin, te se miješa s **poliesterom** koji pomaže da zadrži svoj oblik. Ovčja vuna je higroskopska i stoga će upiti i osloboditi **vodenu paru**, ne narušavajući njezinu toplinsku učinkovitost. Vuna ima višu vatrootpornost ali se topi kada dođe u dodir sa izvorom plamena, stoga se obrađuje neopasnim vatrootpornim sredstvom kako bi se poboljšala vatrootpornost, te smanjila zapaljivost i površina širenja plamena (Slika 1-66).



Slika 1-66 Ovčja vuna [60]

Slama je obnovljivi materijal i predstavlja izrazito zdravu alternativu modernim građevinskim materijalima. Slama ima dobru toplinsku i akustičnu izolaciju, a njezini građevni proizvodi otporni su na požar, imaju relativno dobru čvrstoću i otporni su prema nametnicima. Slama je vrlo jednostavna za oblikovanje te dostupna kao sirovina po niskoj cijeni. Danas su razvijeni građevinski elementi od prešane slame, najčešće kao ploče različitih dimenzija te paneli (Slika 1-67).



Slika 1-67 Paneli od slame [61]

1.3.5 Mort za žbukanje

Mort za žbukanje mješavina je jednog ili više anorganskih veziva, agregata, vode i ponekad dodatnih sastojaka i/ili dodataka, koja se upotrebljava kao vanjski mort za žbukanje.

Vrste mortova za žbukanje prema načinu proizvodnje i konceptu jesu:

- tvornički proizveden suhi mort za žbukanje,
- tvornički proizveden mokri mort za žbukanje s usporivačem,
- tvornički poluproizveden mort za žbukanje,
- mort za žbukanje proizveden na gradilištu,
- grubi mort za žbukanje,
- projektirani mort za žbukanje,
- propisani mort za žbukanje,
- mješavina za podložni sloj,
- mješavina za završni sloj,
- mort za obnavljanje,
- ojačani mort za žbukanje.

Žbuka je jednoslojni ili višeslojni mort za žbukanje nanesen na zidove i stropove, koji svoja konačna svojstva na elementima građevine postiže tek nakon dovoljnog stvrdnjavanja (uslijed fizikalnih i/ili kemijskih procesa).

Žbuka prema namjeni može biti:

- unutarinja,
- vanjska,
- ukrasna,
- hidroizolacijska,
- termoizolacijska.

Višeslojna žbuka može sadržavati sljedeće slojeve:

- sloj za predprskanje (posrednik prijanjanja osnovnog sloja za podlogu, koji se ne računa kao sloj žbuke),
- osnovni (grubi) sloj,
- završni (fini) sloj,
- ukrasni (obojeni) sloj.

Razlozi žbukanja konstrukcija zgrada mogu biti tehnički, higijenski i estetski.

(Moto: *Žbuka je zaštita i ukras zgrade.*)

Tehnički razlozi jesu:

- izravnavanje neravnih ploha zidova i stropova i stvaranje ravne podloge za bojanje, polaganje tapeta i sl.,
- zaštita vanjskih zidova od atmosferilija,

- poboljšanje toplinske izolacije zidova i stropova,
- zaštita drvenih i čeličnih konstrukcija od požara i dr.

Higijenski razlozi jesu:

- stvaranje glatkih površina koje se lako čiste i dr.

Estetski razlozi jesu:

- poljepšanje izgleda vanjskih i unutarnjih ploha zidova, stropova i drugih elemenata zgrade.

Tablica 1-4 Vrste mineralnih žbuka

VRSTE MINERALNIH ŽBUKA			
vapnena	produžno – cementna	cementna	produžno – gipsna
<ul style="list-style-type: none"> - vapno - pijesak - voda 	<ul style="list-style-type: none"> - cement - vapno - pijesak - voda 	<ul style="list-style-type: none"> - cement - pijesak - voda 	<ul style="list-style-type: none"> - gips - vapno - pijesak - voda
<ul style="list-style-type: none"> - jako upija vlagu - za unutarnje žbukanje suhih prostorija 	<ul style="list-style-type: none"> - malo upija vlagu - za sva žbukanja osim soklova i sportskih dvorana 	<ul style="list-style-type: none"> - ne upija vlagu - za žbukanje soklova i sportskih dvorana 	<ul style="list-style-type: none"> - jako upija vlagu - za unutarnje žbukanje suhih prostorija

1.3.6 Završno-dekorativni sloj

Kod odabira ogovarajućeg proizvoda za fasadu, podnožje ili unutarnje zidove i stropove potrebno je poznavati mnoge detalje, zato će se navesti najbitnije stvari o završnim žbukama i bojama.

Najbitniji čimbenici pri odabiru materijala jesu: primjena žbuke, je li primjena unutarnja ili vanjska i koriste li se za podnožja ili fasade, kao i koristi li se žbuka za sanacije ili novogradnje.

U odnosu na fasadu, voda ima višestruko jači utjecaj na površinu podnožja. Zato se predlaže isključivo primjena materijala koji su razvijeni za podnožja.

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 nakon godinu – dvije nabubriti i odljuštiti se.

U slučaju sanacije povijesnih spomenika, često se propisuje primjena silikatnih završnih žbuka ili fasadnih boja.

U slučaju novogradnje, kod završnih žbuka valja pozornost obratiti na sljedeće:

- Tehnička svojstva
 - » Paropropusnost
 - » Vrsta veziva (mineralna, umjetna smola, silikon, silikat)
- Vrstu temeljne žbuke
 - » Obična temeljna žbuka / lagana temeljna žbuka
 - » Toplinsko-izolacijska žbuka
 - » Povezani sustav za vanjsku toplinsku izolaciju – ETICS
 - » Sanirni sustav za odvlaživanje
 - » Posebni vezivni mort za renoviranje starih fasada (Renti)
- Otpornost na klimatske utjecaje
- Izgled
 - » Boja (ovisno od proizvodu može se izabrati čak 470 boja)
 - » Struktura (zrnasta / zaribana)
 - » Veličina zrna (1; 2; 2,5 i 4 mm)

1.3.6.1 Vrste završnih fasadnih žbuka

Završne fasadne žbuke (dekorativne) razlikuju se po kemijskom 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, vapna, pijeska veličine zrna 2-7 mm, dodataka, pigmenata za boju i vode. Povoljne su paropropusnosti, slabe vodoodbojnosti i elastičnosti. Tankoslojne mineralne žbuke za završne slojeve na toplinsko-izolacijskim pločama su pristupačne cijenom i kakvoćom (praškaste – Bavorske i sl.) (Tablice 1.3-4).

Akrilne žbuke – vodootporne, male paropropusnosti, povoljne elastičnosti, mogu biti i u tamnijim tonovima, najskuplja 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 povoljne.

Silikonske žbuke su vodootporne, male paropropusnosti, povoljne elastičnosti, izvode se samo u manje saturiranim-svjetlijim tonovima (ne primaju puno pigmenta), znatno su skuplje od silikatne žbuke.

Odabirom 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 sustava. Upute o ugradnji završno-dekorativnog sloja dane su u poglavlju koje govori o izolaciji ETICS sustavima.

1.3.6.2 Vrste teksture i strukture završnih žbuka

Prema izgledu i strukturi površine dijelimo na: zaribane, zaglađene, špricane, valjane i strugane.

Zaribana dekorativna žbuka – za ove žbuke je karakteristična žljebasta strukturirana površina koja se postiže kotrljanjem strukturnih zrnaca pijeska (granulata) prilikom zaribavanja (Slika 1-68).

Zaglađena dekorativna žbuka – za zaglađene dekorativne žbuke karakteristična je jednakomjerno zrnato strukturirana površina. Zaglađuje se drvenim ili metalnim gladilicama (Slika 1-69).

Prskana dekorativna žbuka – struktura plohe je oštra i ravnomjerna. Prskanje je ručno tzv. “ježom” ili strojno “pištoljem” (Slika 1-70).

Valjana dekorativna žbuka – tekstura površine valjanih dekorativnih žbuka 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 jednakomjerna nanos žbuke mijenjamo u manje-više reljefan (Slika 1-71).

Zrnčasta (“štokana”) dekorativna žbuka – izvedba samo na kamenoj žbuci. Struktura plohe je gruba, zrnčasta, nastaje kada 10 dana po izvedbi žbuke obrađujemo površinu čekićem “zrnčarom” ručno ili strojno.

Brušena dekorativna žbuka – izvedba samo na kamenoj žbuci. Struktura plohe je fina, glatka, brušena strojevima za brušenje i poliranje (terazzo obrada).



Slika 1-68 Zaribana žbuka [62]



Slika 1-69 Zaglađena žbuka [63]



Slika 1-70 Prskana žbuka



Slika 1-71 Valjana žbuka [64]

Prana dekorativna žbuka – samo na kamenoj žbuci. Struktura plohe je s vidljivim zrcima, nastaje ispiranjem površinskog sloja žbuke vodom.

Ličena dekorativna žbuka – zaglađena za premaze. Premazi se nanose kistovima, četkama ili valjcima.

Strugana dekorativna žbuka – struganjem nanosa u napola stvrdnutom stanju odstranjujemo gornji nekoliko milimetara debeli sloj. Struktura plohe ima nejednolika udubljenja koja nastaju različitim alatima: „šerana“ – strugana metalnim nožem.

1.3.6.3 Specijalne žbuke i premazi

Protupožarna žbuka – u debljini 4 do 5 cm štiti od požara 2 sata (F120). Sastoji se od vatrootpornih veziva, agregata, punila i vode (vermikulitna žbuka). Na čelik se nanosi na prethodno nanesen polimercementni mort, a kod ostalih konstrukcija na cementni “špric”.

Protupožarni premaz – u debljini 1 do 2 mm, na visokoj temperaturi ekspandira i stvara gustu mikroporoznu pjenu. Sastav premaza za metalnu je konstrukciju na bazi sintetskih smola, titanovog oksida i anorganskih soli, a za drvenu konstrukciju na bazi sintetskih polimera.

Baritna žbuka – za zaštitu od zračenja. Sastav je cement, baritni pijesak, vapno, dodaci i voda. Nanosi se u dva sloja po 1-2 cm (ovisno o jačini zračenja) na cementni “špric”. Treba biti rabicirana.

Hidroizolacijska žbuka – nanosi se na beton ili opeku ožbukanu cementnim mortom u tri sloja ukupne debljine 4 do 6 mm. Služi za zaštitu od vlage, kod sanacija vlažnih zidova. Sastav je na bazi mineralnih veziva i dodataka za nepropusnost.

Sanirni sustavi žbuka – veliki dio starih zgrada zidan je bez hidroizolacije te iz tog razloga radovi održavanja i saniranja zahtijevaju stručnost i posebne materijale. Žbuke za odvlaživanje i sanaciju proizvode se s preciznim odnosom sastojaka i strogom kontrolom tvorničkog procesa proizvodnje. Kod ovih žbuka vrlo je bitan visoki udio pora, kako bi se u njima mogle taložiti soli koje još dugo izbijaju iz zida.

1.3.7 Vanjske obloge

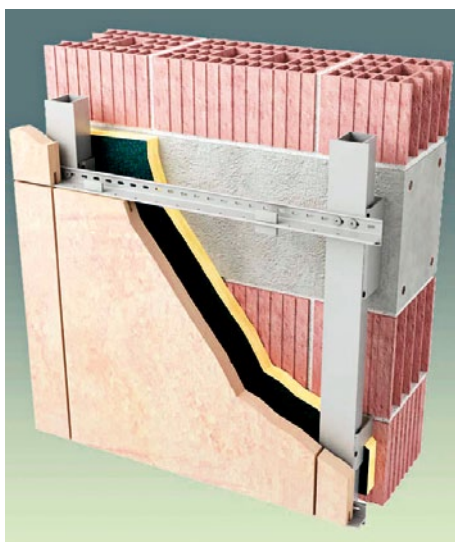
Obloge vanjskih i unutarnjih ploha imaju zaštitno – estetsku ulogu. Izvode se pričvršćenjem na pojedinačne nosače ili, češće, na posebno postavljenu nosivu potkonstrukciju.

Vanjske obloge mogu biti:

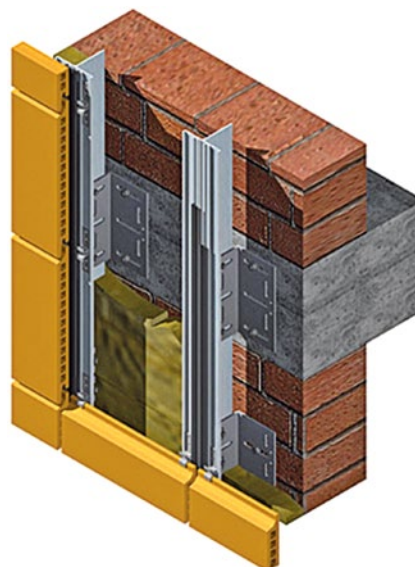
- kamene ploče (Slika 1-72),
- obložna opeka ili obloga kamenim klesancima,
- proizvodi od keramike (Slika 1-73),
- drvene ploče, daske,
- HPL ploče,

- lim,
- staklo,
- vlaknocementne ploče,
- plastične ploče (polikarbonati, PVC, akrili, itd...).

Svaka vanjska obloga treba biti izvedena s ventiliranim zračnim slojem radi ispravnog fizikalnog procesa, a izvedba ili način pričvršćenja ovisi o vrsti obloge.



Slika 1-72 Obloga kamenim pločama [65]



Slika 1-73 Obloga pločama od keramike [66]

Upute o ugradnji fasadnih obloga dane su u poglavlju koje govori o ventiliranim fasadama.

1.4 OSNOVE ZIDANJA I ŽBUKANJA

1.4.1 Osnovni zidarski pojmovi

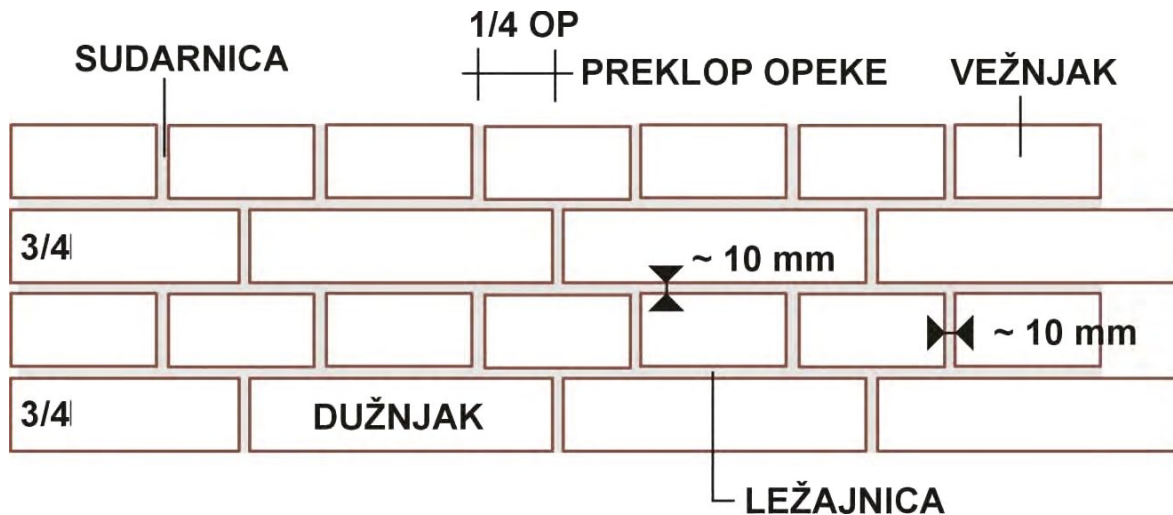
Zidovi od opeke normalnog formata (NF) zidaju se tako da se opeke slažu prema određenim pravilima u vodoravnim slojevima koji se međusobno povezuju mortom (Slika 1-74).

Prostor između opeka se ispunjava mortom i naziva se **reška ili sljubnica**. Vodoravne reške široke su oko 12 mm i nazivaju se **ležajnice**. Okomite reške široke su oko 10 mm i nazivaju se **sudarnice**. Opeka koja je ugrađena u zid tako da joj je duža stranica paralelna s licem zida naziva



Slika 1-74 Prikaz zidanja opekom NF i mortom [67]

se **uzdužnjak**, a opeka koja je svojom dužinom uzidana okomito na lice zida naziva se **vežnjak** (ona veže i ukrućuje zid) (Slika 1-75).



Slika 1-75 Nazivi dijelova zida od opeke [68]

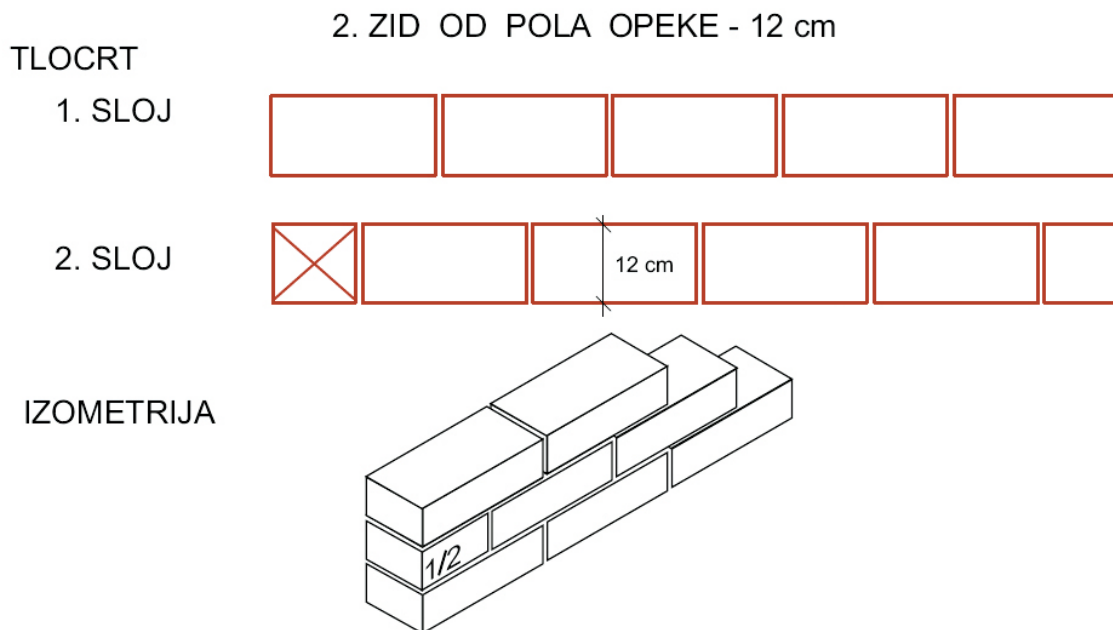
1.4.2 Osnovna pravila zidanja

1. Svaki sloj opeke ili blokova mora biti **vodoravan** po cijeloj svojoj dužini i širini.
2. Svaka **sudarnica** višeg sloja mora biti **odmaknuta** od najbliže sudarnice nižeg sloja za najmanje $\frac{1}{4}$, a najbolje $\frac{1}{2}$ dužine opeke ili bloka.
3. U svim neparnim slojevima nekog zida slažu se opeke/blokovi kao u 1. a u svim parnim kao u drugom sloju istog zida – u zidu, dakle, postoje samo **2 različita sloja**.
4. Lica i naličja zidova moraju biti **okomita** osim ako se radi o kosim zidovima.
5. Kod zidanja treba upotrebljavati cijele opeke ili blokove, a lomljene samo kada to zahtijeva vez.
6. U unutrašnjosti debelih zidova zidanih opekom NF treba stavljati vežnjake jer su čvršći od dužnjaka.

1.4.3 Glavni vezovi / slogovi

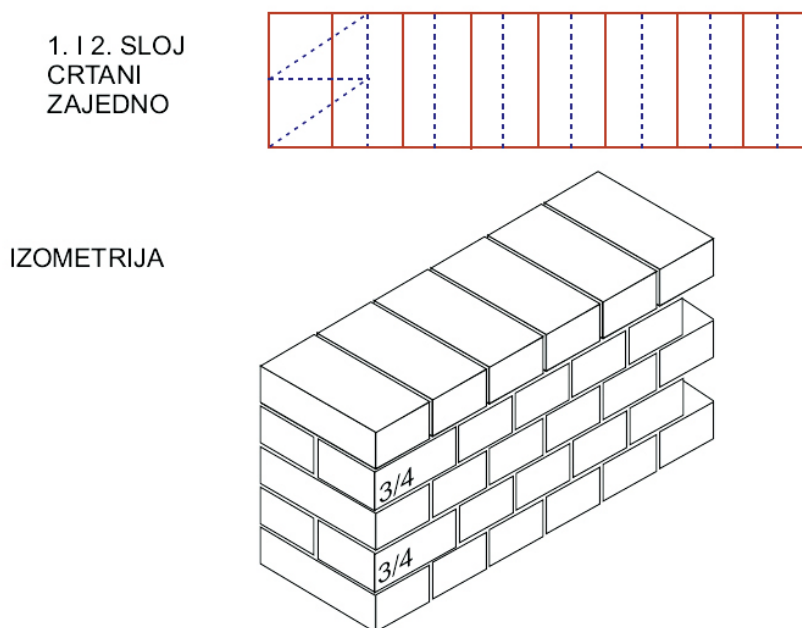
Opeke ili blokovi u zidovima i ostalim zidanim elementima mogu biti složene na razne načine (vez ili slog), a najčešći su:

Vez dužnjaka – takav vez opeke ili blokova gdje su u cijelom zidu isključivo dužnjaci. Njime se ne mogu zidati zidovi debljina većih od 12 cm (opeka NF) ili 19 cm (šuplji opekarski blokovi). Uobičajen je i kod zidanja šupljim betonskim i blokovima od plinobetona (Slika 1-76).



Slika 1-76 Vez dužnjaka opekom NF [68]

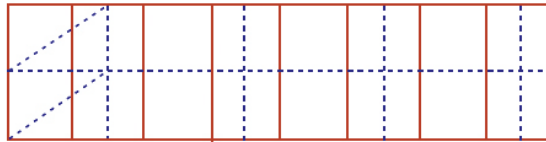
Vez vežnjaka je takav vez opeke ili blokova gdje su u cijelom zidu vežnjaci. Njime se zidaju zidovi debljine 25 cm opekom NF ili 29 cm šupljim opekarskim blokovima. Uobičajen je i kod zidanja termoblokovima (Slika 1-77).



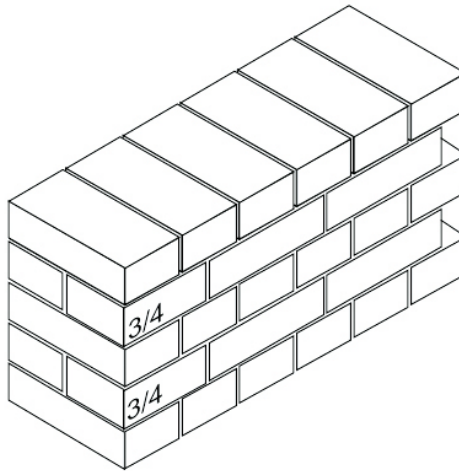
Slika 1-77 Vez vežnjaka opekom NF [68]

Blokovski (engleski) vez uobičajen je kod zidanja debljih zidova opekom NF (25 cm, 38 cm, 51 cm, 64 cm, 77 cm ...). Prepoznaje se po pravilnoj izmjeni slojeva dužnjaka sa slojevima vežnjaka. Svi slojevi (osim drugog sloja kod zida debljine 25 cm) započinju i završavaju tročetvrtinskim komadima. Lica svih zidova u ovom vezu izgledaju isto (Slika 1-78 i Slika 1-79).

1. I 2. SLOJ
CRTANI
ZAJEDNO

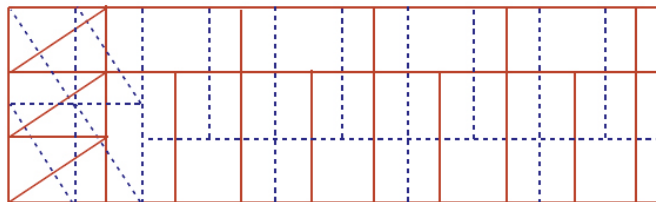


IZOMETRIJA

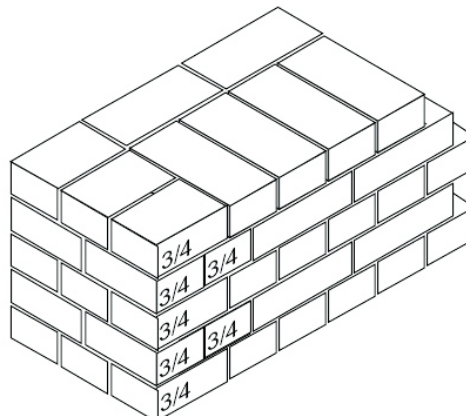


Slika 1-78 Blokovski (engleski) vez opekom NF u zidu 25 cm [68]

1. I 2. SLOJ
CRTANI
ZAJEDNO



IZOMETRIJA



Slika 1-79 Blokovski (engleski) vez opekom NF u zidu 38 cm [68]

1.4.4 Osnovno o zidanju fasadnom opekom normalnog formata

Opeka za fasade mora biti čista i uredna kako bi se na nju bolje vezao mort te pravilna zbog postizanja ravnine zida. Zidanje treba izbjegavati kada su temperature ispod +5 °C i iznad +35 °C, a ako se već zida na tim temperaturama, tada je potrebno poduzeti posebne tehnološke mjere pri zidanju. Kod zidanja zidova na visokim temperaturama poželjno je elemente za zidanje prethodno namočiti vodom kako bi se spriječio brzi gubitak vode iz morta, a ako se zida na temperaturama koje su ispod +5 °C onda se u vodu dodaju aditivi koji snižavaju točku smrzavanja vode – antifrizi.

1.4.4.1 Mort za zidanje

Mort za zidanje jeste mort koji se kod ziđa koristi za ležajne i sudarne reške, a ima zadaću povezivanja zidnih elemenata te za prenošenje sila između zidnih elemenata. Istovremeno služi za izravnavanje slojeva te zatvara međuprostore između zidnih elemenata. U svojim funkcijama nema samo utjecaj na nosivost i postojanost, već i na većinu svojstava gotovog ziđa (primjerice zvučna, toplinska, protupožarna zaštita) (Tablica 1-5).

Mort za zidanje mora odgovarati europskoj normi EN 998-2. To je vidljivo i na CE-oznakama koji se stavljaju na otpremnicu, silos ili vreće. Za izvođenje fasadnog ziđa koristi se normalni mort za zidanje (NM).

Normalni mort za zidanje klasificira se prema rastućoj tlačnoj čvrstoći u skupine morta I, II, IIa, III i IIIa.

Tablica 1-5 Zahtjevi za ziđe i pripadajući kriteriji učinkovitosti morta za zidanje

Zahtjevi za ziđe		Pripadajući kriteriji učinkovitosti morta za zidanje
Nosivost pri	Tlačnom naprezanju	Tlačna čvrstoća reški
	Vlačnom i posmičnom naprezanju, naprezanju savijanjem	Adhezivna posmična čvrstoća
Toplinska zaštita		Specifična gustoća/toplinska vodljivost
Zvučna zaštita		Specifična gustoća
Protupožarna zaštita		Svojstva polaznih materijala
Postojanost vanjskih zidova		Otpornost na mraz Koeficijent higroskopnosti Propusnost vodene pare

Nosivost, funkcija i vanjska optička slika fasadnog ziđa ovise o građevinskim materijalima koji tvore zid, a u velikoj mjeri o zanatski besprijekornoj izvedbi. Ležajne reške prema normi DIN 1053-1 trebaju biti 12 mm.

Popunjavaju se mortom punoplošno kako bi se osiguralo prenošenje naprezanja odnosno sila između zidnih elemenata. Udarne reške kod fasadne opeke popunjavaju se mortom u debljini 10 mm prilikom zidanja.

1.4.4.2 Posebni zahtjevi u pogledu morta za zidanje fasadnih zidova

Fasadni zid zidan fasadnom opekom jest obložno zide vanjskog zida. Upravo zbog zaštite od vremenskih utjecaja i optičkog oblikovanja moraju se izvesti vrlo brižljivo. Za mort za fasadne zidove postavljeni su iznimni zahtjevi. Tvornički mort mora biti prilagođen posebnim zahtjevima obložnih zidova. Posebne arhitektonske mogućnosti nudi uporaba morta u boji. Kod obložnog zida na raspolaganju stoje dvije mogućnosti: takozvani „glatki premaz reški“ i naknadno nanošenje morta. Prednost se daje glatkom premazu reški, zide se zida s reškama, a reške se dorađuju alatima za izgladivanje. Glatki premaz reški nudi homogenu, dobro komprimirane reške; reške su po dubini izvedene „u jednom lijevu“. Kod naknadnog izvođenja reške slobodno postavljene reške dubine od oko 15 mm moraju se najprije temeljito očistiti od morta, zatim se provodi vlaženje i to od podnožja zida prema gore (Slika 1-80). Mort reški snažno se sabija u



Slika 1-80 Naknadno izvođenje reške [69]

prednavlažene reške. Izrađene reške moraju se zaštititi od ranog isušivanja, a mort mora izdržati velika naprezanja. Industrijska proizvodnja morta razvila je specijalne vrste morta u boji, pa prilikom narudžbe morta svakako treba naglasiti da se radi o mortu za izradu reški.

Mort se obično nanosi zidarskom žlicom. Za ekonomičnije i preciznije nanošenja morta koriste se takozvani zidarski klizači u različitim varijantama. Mogu se prilagoditi debljini građevinskog elementa zida te omogućuju ravnomjernu debljinu reške, a to doprinosi racionalizaciji radova.

1.5.5 Zidanje fasadnog zida

Za zidanje je potrebno pripremiti materijal i alat za zidanje (zidarska žlica, libela, građevinski konop, visak, profili za fugiranje). Zidanje zidova počinje čišćenjem površine na kojoj će se formirati zid. Najprije se postave kutovi između kojih se slaže opeka do opeke, a ravnost se postiže pomoću libele i letve ravnjače. Kod zidanja zidar će opeku slagati u pravilan slog i pritom će rukom ili gumenim čekićem utisnuti svaku opeku u pravilan položaj.

Pri zidanju fasadnom opekom uvijek treba koristiti tvornički proizvedeni mort za zidanje. U suhu smjesu gotovog morta umiješa se samo voda, prema uputama proizvođača. Sadržaj vreće od 25 kg potrebno je miješati ručno ili strojno s oko 4 litre vode dok se ne postigne homogena masa pogodna za nanošenje. Zamiješani mort treba potrošiti unutar 1-2 h. Nije dozvoljeno dodavanje sredstava za zaštitu od smrzavanja jer ona potiču stvaranje mrlja.

Fasadna opeka se načelno zida u punu fugu, što znači da se nastoji postići zidarski vez opeke jednak polovici dužine opeke. Ta mjera preklopa, za opeku malog formata, nikako ne smije biti ispod 4,5 cm. Opeka jednog sloja mora se zazidati u jednoj visini.

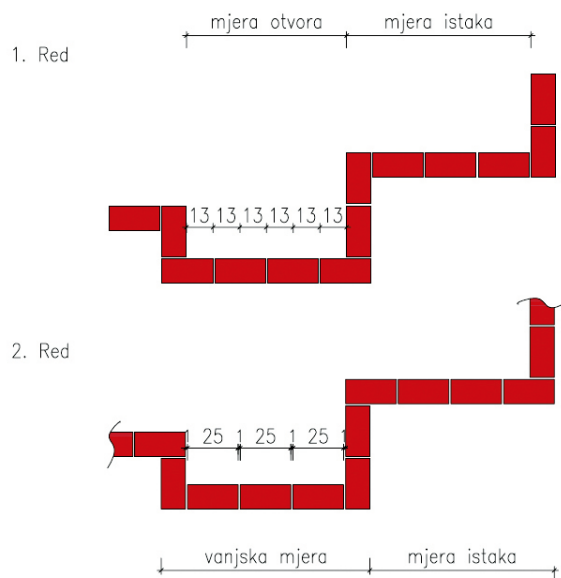
Kako bi se osiguralo optimalno povezivanje fasadnog zida opekom u kompletnoj strukturi zida potrebno je pridržavati se rasterske mjere (modula). Rasterska mjera značajno određuje pojavnu sliku zgrade s fasadnim zidovima od opeke.

Tlocrtni modul od 13 cm bazira se na duljini opeke od 25 cm i širini spojne reške od 1,0 cm. Za formate opeke uvijek treba odbiti mjeru reške od mjere modula. Tako opeka normalnog formata (NF) ima duljinu od 25 cm (dozvoljena tolerancija), sa spojnom reškom 26 cm i širinu opeke od 12 cm, sa spojnom reškom 13 cm. Visina opeke iznosi 6,5 cm, a s ležajnom reškom 7,7 cm. Ta mjera se naziva i slojna mjera. Modul (13 cm) sa svojim umnošcima osnova je za građevinsku orijentacijsku mjeru (Slika 1-81).

Iz njega proizlaze, odbijanjem ili dodavanjem mjere spojne reške od 1,0 cm, orijentacijske mjere za gradnju:

- otvorna mjera: $n \times 13 + 1$
- vanjska mjera: $n \times 13 - 1$
- mjera istaka: $n \times 13$

(n = broj komada polovice opeke)



Slika 1-81 Rasterske mjere fasadnog zida od opeke [68]

Uobičajene veličine otvora (vrata i prozori) usklađene su s mjernim rasporedom. U praksi ipak nije moguće mjere točno održati. Zbog toga se smanjivanjem ili povećanjem spojne reške postiže ujednačenost.

1.4.4.3 Dilatacijske fuge

Zbog različitih deformacija vanjskih i unutarnjih zidova od fasadne opeke potrebno je u fasadi rasporediti vodoravne dilatacijske reške. Preporučuje se da vodoravni razmaci dilatacijskih reški iznose najviše 10 mm, okomito po visini najviše po 2 kata.

Pozicioniranje dilatacijskih reški ovisi o:

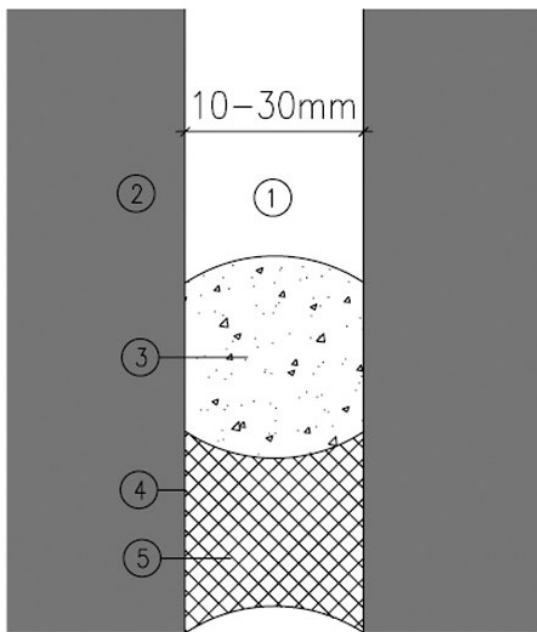
- veličini i geometriji zida,
- položaju i veličini otvora,
- debljini vanjske opeke,
- osloncu zida,
- različitom opterećenju zida,
- intenzitetu sunčevog zračenja,
- nijansi boje površine fasade,
- klimatskim uvjetima,
- zemljopisnom položaju.

Kod visoko toplinski izoliranih podloga, jako osunčanih i tamnih površina te pri velikoj izloženosti udarima kiše treba odabrati male razmake između reški. Kroz dilatacijske reške, rastavljene građevinske dijelove treba i odvojeno usidriti i armirati kako bi se omogućilo kretanje bez pritiskanja. To znači da dijelovi zida koji se dižu iz temelja, moraju biti dilatacijskim reškama odvojeni od dijelova zida koji vise na konzolama.

1.4.4.4 Oblikovanje dilatacijskih reški

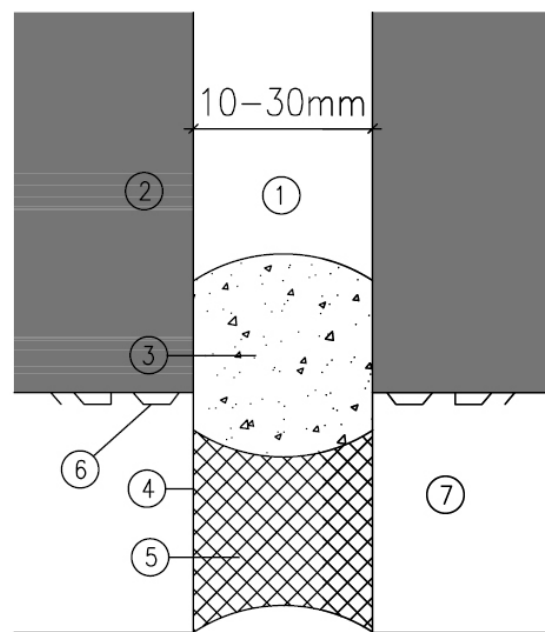
Dilatacijske reške treba prikladnim trajnoelastičnim materijalom trajno i nepropusno zatvoriti. Širina reške, ovisno o odabranom brtvenom materijalu, mora prihvatiti postignute izmjene duljine uslijed temperaturnog istezanja.

Osim toga oba dijela zida moraju se potpuno odvojiti jedan od drugoga odgovarajućim trajnoelastičnim materijalom za brtvljenje. Ovisno o vrsti materijala za reške najprihvatljivija je širina reške od 10 do 30 mm (Slika 1-82 i Slika 1-83).



- 1) dilatacijska reška
- 2) fasadni zid od klinker opeke
- 3) pjenasti materijal
- 4) osnovni premaz za prijanjanje
- 5) elastično-plastični brtveni materijal (brtvena masa za reške)

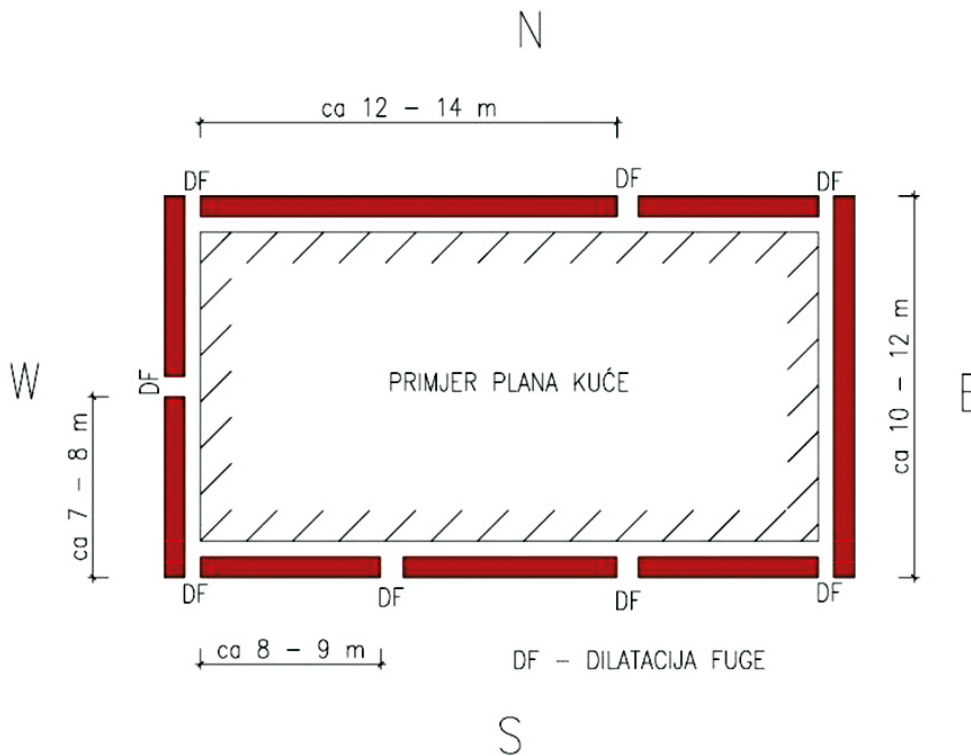
Slika 1-82 Oblikovanje dilatacijske reške u fasadnim zidovima od klinker opeke



- 1) dilatacijska reška
- 2) zid od opeke
- 3) pjenasti materijal
- 4) osnovni premaz za prijanjanje
- 5) elastično-plastični brtveni materijal (brtvena masa za reške)
- 6) profil dilatacijske reške
- 7) vanjska žbuka

Slika 1-83 Oblikovanje dilatacijske reške za ožbukani fasadni zid od klinker opeke

Kod malih fasadnih površina okomite dilatacijske reške, posebno na obiteljskim kućama, formiraju se većinom na glavnim kutovima zgrade. Tamo nastaje, uslijed pritiska, vlačnog pomicanja i smicanja, najveće statičko opterećenje u fasadnom zidu. Kod duljih fasadnih površina vertikalne dilatacijske reške dijele se u dionice od najviše 10 m. Pri tome važi: za tanje i vanjskim utjecajima jako opterećene zidove, dužine treba smanjiti, a pri debljim i bolje zaštićenim zidovima može se primijeniti najveća dozvoljena vrijednost prema propisima (Slika 1-84).



Slika 1-84 Okomite dilatacijske reške

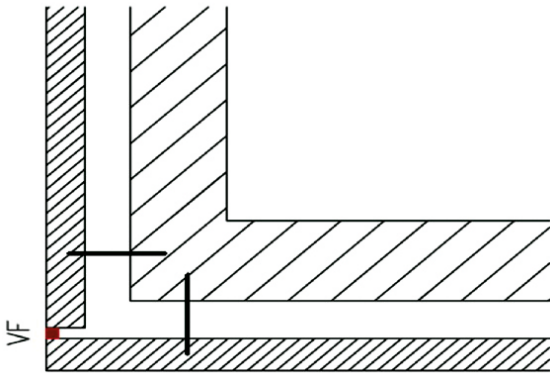
Kutne dilatacijske reške omogućavaju neovisno kretanje fasadnih zidova koji se kutno dodiruju. Sidra se raspoređuju blizu dilatacijskih reški (Slika 1-85). Okomiti razmak sidra je cca 33 cm.

Kada je kut zidan tada se sa obje strane raspoređuju reške i to uvijek najveće moguće veličine polovice dozvoljenog razmaka reški ravne površine. Sidra se raspoređuju na razmaku od min 1 m od kuta (Slika 1-86). Preporučuju se kutni mostovi (pocinčani, promjera 6 mm) u okomitim razmacima od najviše 0,6 m.

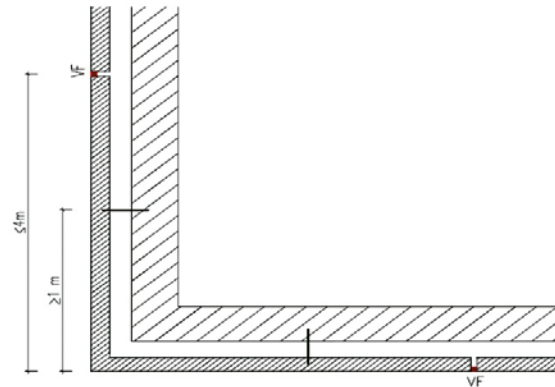
1.4.4.5 Spoj nosivog zida i fasade od opeke

Spoj nosivog zida i fasade od opeke izvodi se sponkama. Potrebna količina sponki je 5 kom/m² (na većim visinama 7 kom/m²). Pored otvora, dilatacija i u rubnom području potrebno je dodatno rasporediti sponke svakih 25 cm (4 kom/m²) (Slika 1-87).

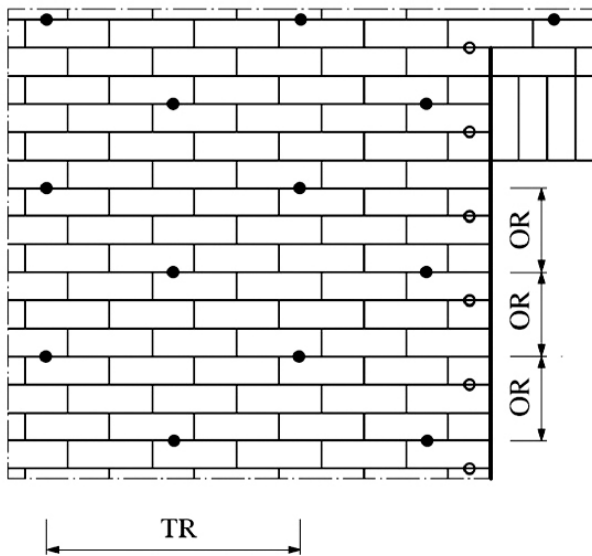
Sponke mogu biti raznih vrsta, izrađuju se iz nehrđajućeg čelika, a ugrađuju u reške opečnog zida tijekom zidanja (Slika 1-88) ili se naknadno ugrađuju tiplom 8 x 60 u armiranobetonski zid ili punu opeku (Slika 1-89).



Slika 1-85 Dilatacijske reške na kutovima



Slika 1-86 Dilatacijske reške kada je kut zazidan



Slika 1-87 Raspored sponki



Slika 1-88 Sponka tip LSA – W



Slika 1-89 Sponka tip LSA – DW s tiplom

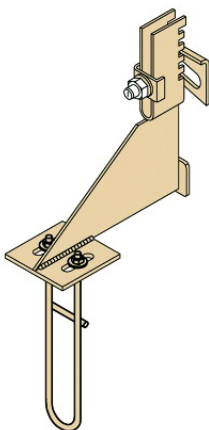
1.4.4.6 Konzole

Konzole služe za preuzimanje okomitog opterećenja od fasadne klinker opeke (Slika 1-90), te ga prenose na unutarnji nosivi sloj (zid ili nadvoj). U sljedećim slučajevima potrebno je učvrstiti fasadni zid:

- pri debljini zida od 120 mm oslonjenog u punoj širini na betonski temelj ili ploču: po visini minimalno svakih 6 m;
- oslonjen s barem 2/3 širine pri debljini zida od 120 mm: svaki kat;
- iznad (za nadvoje) preširokih otvora;
- ako se, uslijed građevinske fizike fasadni zid ne stavlja na temelj ili na izbočenu ploču.

Za različite zahtjeve – prihvat zatvorenih površina zida, stropovi zgrada, prozorske ograde, gotovi nadvoji, posebne konstrukcije – nude se različiti tipovi konzola.

Konzolama od nehrđajućeg čelika eliminiraju se toplinski mostovi čime se dobiva zavidan arhitektonski učinak jer se na fasadi pojavljuje cjelovito „zidno platno“ (Slika 1-91).



Slika 1-90 Konzola [45]



Slika 1-91 Primjer ugradnje konzola [70]

1.4.5 Žbukanje

Žbukanje spada u skupinu završnih građevinskih radova. Sa žbukanjem se može započeti kad su:

- obavljeni grubi građevinski radovi (zidanja, betoniranja,...)
- izvedene instalacije struje, vodovoda, kanalizacije...
- ugrađena stolarija (nije uvjet jer u praksi se često naknadno – nakon ugradnje stolarije žbukaju bočni dijelovi zidova oko prozora i vrata, tzv. „špalete“).

U sklopu objekta žbukanje se izvodi po slijedećem rasporedu: prvo se izvodi unutarnje žbukanje (stropova i zidova) pa tek onda vanjsko; u unutrašnjosti objekta započinje se od najviše etaže i spušta se prema najnižoj; u prostoriji se po pravilu prvo žbukaju stropovi (podgled) pa tek onda zidovi.

Zidna površina mora biti suha, čista, bez masnih mrlja, hrapava i bez prašine. Ukoliko je došlo do iscvjetavanja, kada se zid osuši, treba gornji sloj odstraniti četkom. Površina ne smije biti smrznuta. Kada postoji opasnost od noćnog smrzavanja ne smije se žbukati. Temperatura jedan dan prije žbukanja, za vrijeme žbukanja i dva dana poslije žbukanja ne smije pasti ispod 5 °C.

1.4.5.1 Slojevitost žbuke

Kod tradicionalnog, odnosno ručnog žbukanja, žbuka se uvijek nanosi u dva, a najčešće u tri sloja: podložna žbuka, osnovni sloj žbuke i završni sloj žbuke.

- **Podložna žbuka**

Žbukanje započinje temeljenjem, odnosno nabacivanjem cementnog „šprica“ na zidnu podlogu jer formiranjem grube teksture cementnog „šprica“ sloju žbuke omogućuje se najveće moguće prijanjanje za površinu. Izrađuje se od cementa, pijeska krupnoće do 4 mm i vode (omjeri tradicijske izrade 1:1, 1:2). Obavezan je kod zidova bez ili s malim brojem reški. Ne stavlja se kod žbukanja čistom vapnenom žbukom. Danas se cementni „špric“ pribavlja kao gotov materijal u vrećama, a nanosi u debljini 0,3 cm.

- **Osnovni sloj žbuke**

Osnovni sloj žbuke je sloj grube žbuke. Na sloj cementnog „šprica“ nanosi se mort za žbukanje u debljini 1,5 do 2,5 cm koji mora biti vrlo žitak, da se lako učvrsti za zid. Pri žbukanju se treba držati uputa proizvođača žbuka ako se koriste gotove žbuke. Između žbukanja pojedinih slojeva zida potrebno je pričekati određeno vrijeme za sušenje, ovisno o tipu žbuke i debljini sloja žbuke.

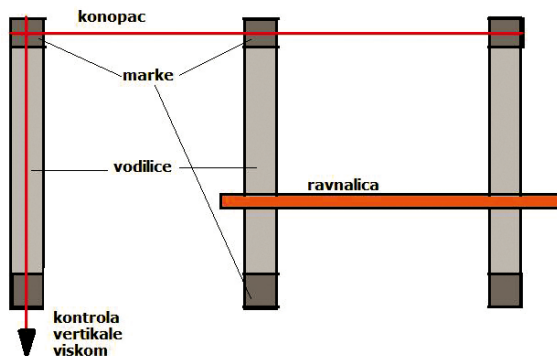
- **Završni sloj žbuke**

Završni sloj žbuke je fini sloj žbuke debljine 0,5 cm. Izrađuje se kao tekuća žbuka raznih vrsta, najčešće produžno-cementna ili vapnena, a kao ispuna se koristi fini pijesak veličine zrna do 1,2 mm ili pak gotova žbuka.

1.4.5.2 Postupci kod klasičnog žbukanja zidova

Postupci kod klasičnog žbukanja zidova jesu:

Započinje se postupkom nabacivanja na zid tzv. „cementnog šprica“ koji služi za temeljenje ostalih slojeva žbuke. Na zid se „nabacuje“ malom zidarskom tavicom, određeno vrijeme suši.



Slika 1-92 Izvedba „marki“ i vodilica

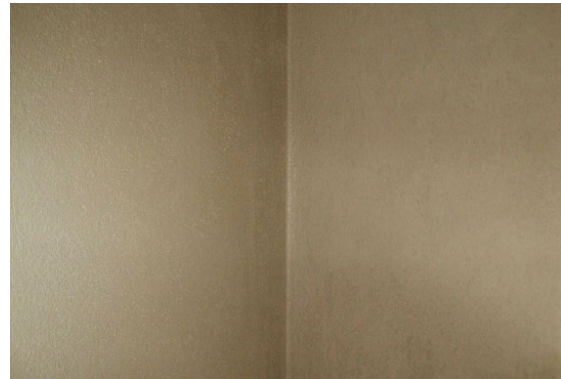
Slijedi provjera okomitosti i ravnine zida pomoću viska i libele na letvi ravnalici, i izrada „marki“ i vodilica (Slika 1-92). „Marke“ su male površine žbuke u debljini grubog sloja (1,5–2 cm) površine cca. 15x15 cm. Svrha im je lakše postizanje ravnine žbuke. Izrađuju se tako da se prvo uz rubove zida, okomito i vodoravno, izvedu krajnje marke nakon čega se razapinjanjem konopca između njih odredi debljina ostalih na međurazmacima nešto manjim od duljine letve ravnalice, oko 1,5 m.

Vodilice su male površine žbuke u debljini grubog sloja žbuke od 1,5 do 2 cm, a koje u obliku vertikalnih traka ispunjavu površinu zida između marki.

Moraju biti vertikalne, što se provjerava viskom ili letvom ravnalicom i libelom. Izvode se nabacivanjem morta zidarskom žlicom, a višak se „porezuje“ letvom ravnalicom.

Sloj grube žbuke nabacuje se zidarskom žlicom ili malom zidarskom tavicom između vodilica i izravnava „rezanjem“ letvom ravnalicom počevši od dna prostorije prema vrhu u debljini 1,5 do 2 cm. Nabacivanje se u pravilu izvodi u jednom sloju, ali kod debljih slojeva žbuke poželjno je nabacivati u više slojeva.

Izvedba sloja fine žbuke je u debljini oko 0,5 mm i može uslijediti odmah nakon izvedbe grube žbuke. Zbog tekuće konzistencije nanosi se malom zidarskom tavicom i poravnava letvom ravnalicom, prvo vertikalnim pa onda horizontalnim pokretima, nakon čega se žbuka nanosi samo tamo gdje nedostaje. Potom se nabacuje još jedan sloj fine žbuke i opet ponavlja postupak s ravnalicom, nakon čega slijedi zaglađivanje žbuke velikom gladilicom. Ukoliko nakon toga još ima neravnina i ogrebotina na žbuci, četkom se lagano prska površina vodom i zaglađuje malom gladilicom kružnim pokretima sve dok zid nije potpuno gladak (Slika 1-93).



Slika 1-93 Fina žbuka

Minimalno razdoblje sušenja žbuke, prije bilo kakve slijedeće obrade, kod vapneno-cementnih i cementne žbuke je 10 dana/1 cm debljine, a kod gipsanih žbuka 14 dana. Vrijeme sušenja treba produžiti ukoliko su nepovoljni vremenski uvjeti. Žbuka se mora sušiti polagano kako bi postigla sva svoja tražena svojstva. Pri prebrzom isušivanju povećava se rizik pucanja žbuke.

1.4.5.3 Strojno žbukanje

Danas se sve više primjenjuje strojno žbukanje, koje se od klasičnog načina žbukanja razlikuje po tome što se izvodi strojevima za žbukanje (Slika 1-94). Mort se miješa u miješalici i sustavom cijevi pod pritiskom nanosi na zid. Bez obzira na vrstu strojnog žbukanja radovi se izvode prema pravilima i smjernicama struke. Strojno žbukanje se izvodi uglavnom u jednom sloju. Umjesto marki i vodilica od žbuke koriste se gotovi profili koji ostaju zauvijek ugrađeni u zidu.



Slika 1-94 Nanošenje žbuke za strojno žbukanje direktno na podlogu [71]

Prije početka žbukanja treba izvesti zatvaranje svih otvora i postavljanje odgovarajućih profila.

Podloga za strojnu žbuku mora biti čvrsta i nosiva, postojane čvrstoće, homogena, hrapava, suha, bez prašine i nečistoća, bez štetnih cvjetanja, bez smrznutih mjesta. Granična donja temperatura kada radovi nisu dozvoljeni je +5 °C.

Vapneno-cementne, cementne i vapnene žbuke nanose na podlogu koja je prethodno obrađena „cementnim špricom“ koji služi kao sredstvo za pripremu podloge radi bolje veze zida i podložne žbuke.

Gipsane žbuke i vapneno-gipsane žbuke za strojno žbukanje nanose se izravno na podlogu. Kod primjene gipsanih žbuka na glatke betonske površine obvezna je priprema podloge specijalnim sredstvom zbog postizanja hrapavije podloge. Prije početka žbukanja ti vezivni premazi moraju biti suhi.



Slika 1-95 Ugradnja jednoslojne žbuke [72]



Slika 1-96 Stroj za žbukanje [72]

Kod ugradnje profila (Slika 1-98 i Slika 1-99), najprije pocinčane kutnike treba pričvrstiti žbukom za lijepljenje profila i pomoću razvučene špage namjestiti vodilice (Slika 1-97). Profile za priključenje prozorima treba ugraditi kod spoja žbuke i doprozornika (Slika 1-100). U slučaju gipsnih žbuka profili se mogu pričvrstiti sa žbukom, ali se u vanjskim prostorima i vlažnim prostorijama profili ne smiju pričvršćivati materijalom koji sadrži gips.

1.4.5.3.1 Redosljed strojnog žbukanja

Redosljed strojnog žbukanja je:

- zaštita stolarije jednostrano ljepljivom PVC trakom i građevinskom folijom;
- ugradnja nehrđajućih pocinčanih kutnih profila na špalete i uglove te vodilica;
- premazivanje glatkih betonskih površina sintetskom disperzijom s kvarcnim pijeskom ili nabacivanje cementnog „šprica“ za vapneno-cementne žbuke;
- ugradnja „rabit“ mreže na spojeve različitih materijala (opeka-beton i sl.) i na mjestima instalacijskih vodova;
- ugradnja jednoslojne žbuke (Slika 1-95).

1.4.5.3.2 Profili za strojno žbukanje

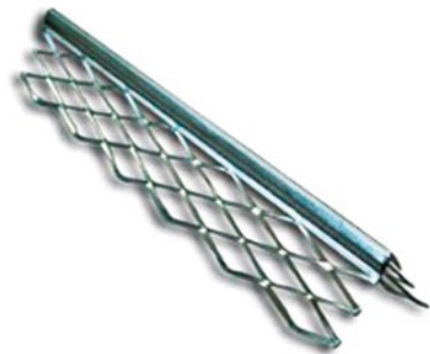
Obavezni su kod strojnog žbukanja jer njihova primjena omogućuje ekonomičnu izvedbu. Može se uštedjeti cca. 20-30 % morta za žbukanje zbog toga što se željena debljina žbuke može točno podesiti. Nanošenje manje količine materijala rezultira smanjenjem troškova, smanjuje vrijeme izvođenja radova i ujedno smanjuje vrijeme sušenja sloja žbuke. Profili za strojno žbukanje pružaju zaštitu na najosjetljivijim dijelovima tankog sloja žbuke, na rubovima i kutovima, te omogućavaju potrebno zatvaranje. Pocinčani profili ne smiju se rezati rotirajućom brusnom pločom jer se može oštetiti pocinčani sloj i time doći do korozije.

Za strojno žbukanje koriste se sljedeće vrste profila:

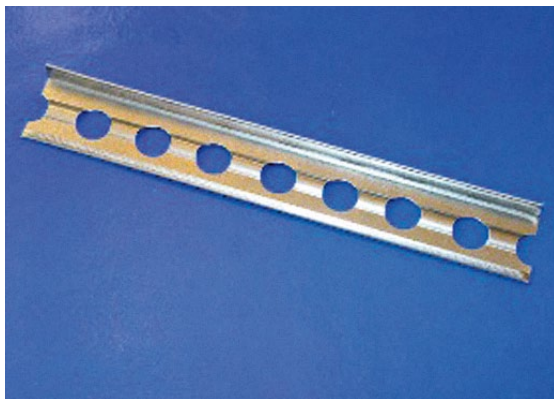
- Pocinčani čelični profili – koriste se na vapnenim, cementnim i vapneno-cementnim žbukama
- Aluminijski i PVC profili – koriste se u gipsanim i tankim žbukama



Slika 1-97 Vodilice za strojno žbukanje [73]



Slika 1-98 Unutarnji pocinčani kutnik [74]



Slika 1-99 Unutarnji vertikalni profil za završetak žbukanja [75]



Slika 1-100 Profil za spajanje prozora i žbuke

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

**PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE FASADER**



IZOLACIJA

2 IZOLACIJA ZGRADE

2.1 ETICS SUSTAVI

2.1.1 Povezani sustavi za vanjsku toplinsku izolaciju – ETICS

Jedan od najčešćih načina zadovoljavanja uvjeta uštede energije i toplinske zaštite vanjskih zidova je uporaba povezanog sustava za vanjsku toplinsku izolaciju (engl. *External thermal insulation composite system* – ETICS, njem. *Wärmedämmverbundsystem* – WDVS). Prema hrvatskim normama HRN EN 13499 i HRN EN 13500, definicija ETICS-a je sljedeća:

„Na gradilištu izveden sustav koji se sastoji iz tvornički proizvedenih proizvoda. Isporučuje se od proizvođača kao potpuni sustav i sadržava minimalno sljedeće sustavu prilagođene komponente:

- mort za lijepljenje i/ili mehaničko pričvršćenje
- toplinsko-izolacijski materijal
- mort za armaturni sloj
- staklenu mrežicu
- završno-dekorativnu žbuku.

Sve se komponente sustava odabiru ovisno o specifičnosti sustava i podloge.“

Kako bi se osigurala funkcionalnost, važna je savršena usklađenost komponenata sustava, te stručno planiranje i izvedba, što uključuje:

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

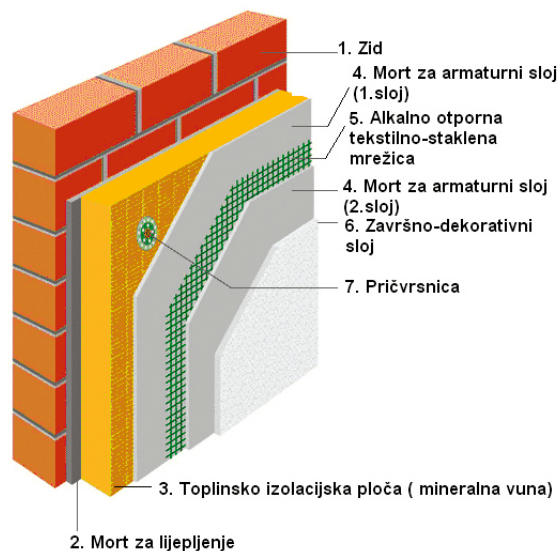
2.1.1.1 Struktura sustava

Strukturu ETICS sustava čine komponente čiji je redoslijed ugradnje prikazan brojčanim oznakama (1-7), Slika 2-1:

ETICS sustav u pravilu nastaje u tri ili četiri faze izvođenja (Slika 2-2):

- lijepljenje toplinsko-izolacijskog materijala,
- dodatno mehaničko učvršćivanje (prema potrebi),
- ugradnja armaturnog sloja,
- ugradnja završno-dekorativne žbuke s predpremazom,

pri čemu ugradnja svake komponente ima važnu ulogu u definiranju konačne kakvoće izvedenog ETICS sustava.



Slika 2-1 Presjek strukture ETICS sustava [49]



Slika 2-2 Osnovne faze izvođenja ETICS sustava [49]

Ljepilo i dodatno učvršćivanje

Lijepljenje se izvodi gotovim, tvornički pripremljenim polimer-cementnim mortom ili pastoznim disperzijskim ljepljivom (Slika 2-3). Uloga morta za lijepljenje jest osigurati dobru čvrstoću prijanjanja na različitim podlogama i stvoriti čvrstu vezu između podloge i toplinsko-izolacijskog materijala.

U novije vrijeme javljaju se jednokomponentna ljepljiva za pričvršćivanje toplinsko-izolacijskih ploča EPS-a, XPS-a, MW na bazi poliuretana (PUR) (Slika 2-4). Podloga za nanošenje ovakvih ljepljiva mora biti čvrsta, suha, čista, glatka, bez masti.

Ovisno o opterećenju vjetrom i specifičnostima podloge i završne obrade, ETICS sustavi se mogu dodatno mehanički učvrstiti (Slika 2-5). Mehaničko pričvršćivanje pruža i dodatnu stabilnost u slučaju požara.



Slika 2-3 Priprema polimer-cementnog ljepila [49]



Slika 2-4 Jednokomponentno PUR ljepilo za lijepljenje EPS-a [49]



Slika 2-5 Dodatno mehaničko pričvršćivanje toplinske izolacije [49]

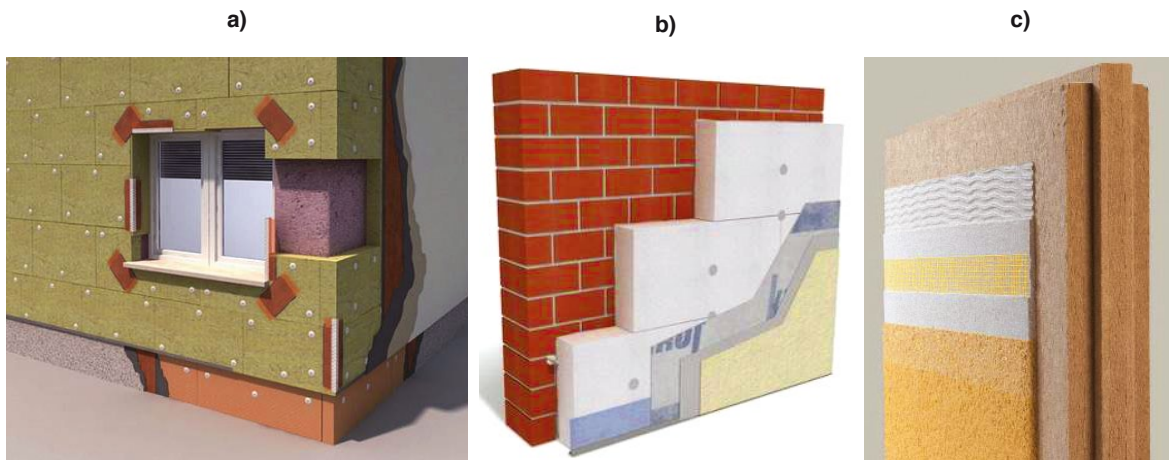
Toplinsko-izolacijski materijali

Uloga toplinsko-izolacijskog materijala jest toplinska izolacija zidova od gubitaka topline zimi i sprječavanje prekomjernog zagrijavanja konstrukcije i unutrašnjosti zgrada ljeti. Najčešće korišteni toplinsko-izolacijski materijali za ugradnju u ETICS sustave su:

1. ekspanzirani polistiren (EPS) u skladu sa zahtjevima HRN EN 13163
2. mineralna vuna (MW) (ploče i/ili lamele) u skladu sa zahtjevima HRN EN 13162.

U području podnožja izloženih prskanju vode i jačim udarnim opterećenjima koristi se ekstrudirani polistiren (XPS) u skladu sa zahtjevima HRN EN 13164.

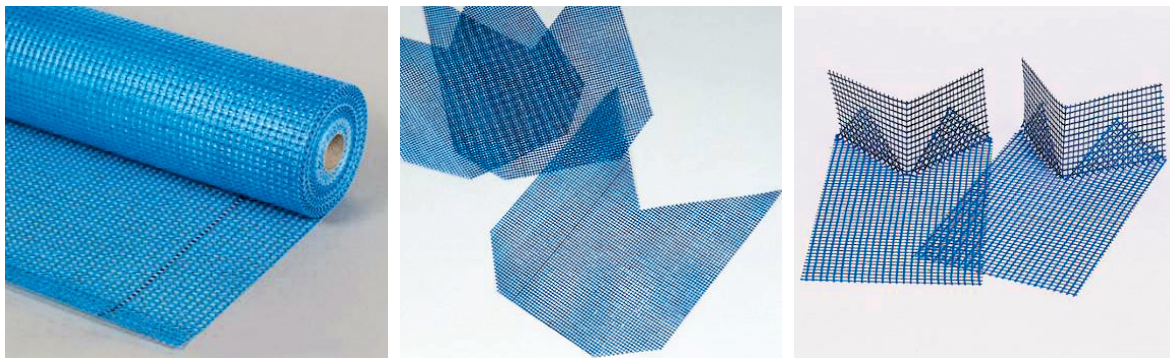
Za primjenu u ETICS sustavu mogu se koristiti i ostali toplinsko-izolacijski materijali kao što su: pluto, poliuretanske ploče (PUR), ploče od laganih drvenih vlakana i konoplja. Njihova primjena nije obuhvaćena važećom tehničkom regulativom.



Slika 2-6 ETICS sustav s: **a)** MW, **b)** EPS, **c)** ploče od drvenih vlakana [49]

Armaturni sloj

Armaturni sloj ETICS sustava čine alkalno postojana staklena mrežica (Slika 2-7), utisnuta u mort za armaturni sloj (Slika 2-8), koji je po svom sastavu polimer-cementno ili pastozno disperzijsko ljepilo.



Slika 2-7 Staklena mrežica, dijagonala i kutni komad za armiranje ETICS sustava [76]



Slika 2-8 Nanošenje temeljnog polimer-cementnog sloja na mineralnu vunu (lijevo), utiskivanje staklene mrežice (desno) [49]

Njegova uloga jest sprječavanje pojave pukotina zbog mehaničkih i higro-termičkih naprezanja nastalih uslijed izloženosti ETICS sustava atmosferilijama, mehaničkim udarima, površinskim naprezanjima.

Svojstva armaturnog sloja moraju zadovoljavati zahtjeve visoke fleksibilnosti, visoku vodoodbojnost i paropropusnost radi sprječavanja nastanka kondenzata unutar konstrukcije tijekom cijele godine. U postizanju tih zahtjeva armaturni sloj, zajedno s odabirom završno-dekorativnog sloja, ima najvažniju ulogu.

Zahtjevi za kakvoću staklene mrežice koja se može ugraditi u ETICS sustav su otpornost na alkalije (lužine), dobra prionjivost žbuke, bez PVC-a, otpornost na micanje, bez mogućnosti omekšanja.

Tekstilno staklena mrežica mora imati površinsku masu od najmanje 145 g/m² uz širinu očica od 3-5 mm. Pojedine trake moraju se međusobno preklapati najmanje 10 cm sa svih strana. Tekstilno-staklena mrežica postavlja se oko svih kuteva uz 20 cm preklapanja rubova mreže preko kuteva. Obavezno se treba pridržavati detaljnih nacрта i uputstava proizvođača sustava.

Završno-dekorativni sloj

Završno-dekorativni sloj ETICS sustava čine predpremaz i završno-dekorativna žbuka koja, ovisno o tipu korištenog veziva, može biti: plemenita mineralna žbuka, silikatna, silikatno-silikonska, silikonska i akrilatna (organska) žbuka. Odabirom veličine zrna i gore navedenog veziva moguće je dobiti različite tipove tekstura i strukture žbuke. O debljini i vrsti završno-dekorativnog sloja ovise i svojstva i funkcionalnost čitavog ETICS sustava (Slika 2-9 i Slika 2-10).



Slika 2-9 Nanošenje predpremaza [49]



Slika 2-10 Nanošenje završno dekorativne žbuke [78], [49]



2.1.1.2 Podloge

I. Neožbukane nove podloge

Kao neožbukane nove podloge za nanošenje ETICS-a pogodne su sljedeće podloge:

- puna i šuplja opeka u skladu s HRN EN 771-1 i HRN EN 771-3
- šuplji i puni blokovi (blokovi od letećeg pepela i agregata) u skladu s HRN EN 771 3
- beton u skladu s HRN EN 206-1

- porasti beton u skladu s HRN EN 771–4
- cementno vezani blokovi s drvenom strugotinom, betonskom jezgrom, sa ili bez integrirane dodatne izolacije u skladu s HRN EN 15498

II. Starogradnja i/ili postojeće ožbukane podloge

Kod starogradnje i/ili postojeće ožbukane podloge u ovom slučaju provjera podloge na koju će se postaviti ETICS, kao i priprema podloge, od presudne je važnosti. Na tim podlogama svi tipovi ETICS-a moraju se dodatno mehanički pričvrstiti. Podlogu je potrebno pripremiti kako je prikazano u daljnjem tekstu (**Provjera i procjena podloge** i **Priprema podloge**).



Slika 2-11 Izvedba ETICS sustava na OSB ploče [49]

III. Drvene podloge i lagane građevinske ploče

Ove podloge uključuju široku paletu različitih proizvoda. Za sve je važno da su zaštićene od vlage budući vlaga može uzrokovati:

- bubrenje,
- smanjenje čvrstoće,
- pomicanje ploča i štete.

IV. Ostale podloge

Ploče pogodne za ugradnju ETICS-a su:

- OSB ploče (ploče s usmjerenim vlaknima), Slika 2-11,
- cement-vlknaste ploče,
- gips-vlknaste ploče.

Za sve ploče važno je da je površina tih ploča prikladna za vlažne uvjete sukladno HRN EN 13986 – Ploče na osnovi drva za vanjsku primjenu.

Provjera i procjena podloge

Opće važeće metode ispitivanja pogodnosti podloge za ugradnju ETICS-a uključuju:

- vizualnu provjeru u cilju utvrđivanja vrste i kakvoće podloge, vlažnosti podloge, opasnosti od prodiranja vlage u ETICS i postojanja pukotina na podlozi;
- test brisanjem dlanom ili tamnom tkaninom radi procjene ima li prašine, štetnih iscvjetavanja ili kredastih starih premaza;
- test grebanjem ili zarezivanjem pomoću tvrdog oštrog predmeta radi provjere čvrstoće i nosivosti (npr. test „urezivanjem mrežice“, test ljepljivom trakom);
- test močenjem pomoću kista ili test raspršivačem radi provjere vodoupojnosti i vlažnosti podloge;
- provjera ravnosti zida; ako odstupanje ravnosti podloge nije u dopuštenim granicama tolerancije prema HRN DIN 18202, moraju se poduzeti odgovarajuće mjere ravnjanja (žbukanje i dr.);
- provjeru prijanjanja na obojenim podlogama: staklenu mrežicu dimenzija minimalno 30 × 30 cm položiti u mort za armaturni sloj debljine 3 do 5 mm predviđenog sustava tako da dio mrežice ostane slobodan; nakon najmanje tri dana sušenja prilikom povlačenja mrežice ne smije doći do odvajanja morta od podloge.



Slika 2-12 Načini ispitivanja postojeće žbuke prije izvođenja novog ETICS sustava [49]

Priprema podloge

I. Postupci na neožbukanom zidu

Tablica 2-1 Postupci na neožbukanom zidu

Vrsta	Podloga		Mjere
		Stanje	
Zid od: - opeke - betonskih blokova - blokova od porastog betona		Prašnjavo	Otprašiti, oprati vodenim mlazom ²⁾ , osušiti
		Ostaci i neravnine od morta	Ukloniti
		Nepравilnosti, šupljine	Poravnati odgovarajućim mortom u odvojenom radnom koraku (pridržavati se vremena sušenja)
		Vlaga ¹⁾	Osušiti
		Iscvjetavanja ¹⁾	Suho očetkati i otprašiti
		Trusno, nenosivo	Ukloniti, zamijeniti, poravnati (pridržavati se vremena sušenja)
		Prljavo, masno	Oprati vodenim mlazom ²⁾ s odgovarajućim sredstvom za čišćenje, isprati čistom vodom, osušiti

¹⁾ kod kapilarne vlage ukloniti uzroke ²⁾ najviše 200 bara

II. Postupci na betonu

Tablica 2-2 Postupci na betonu

Podloga		Mjere
Vrsta	Stanje	
Zidovi konstruirani od: - „in situ“ betona - predgotovljenih betonskih elemenata - obložnog betona	Prašnjavo	Otprašiti, oprati vodenim mlazom ²⁾ , osušiti
	Sinter sloj	Sastrugati i otprašiti
	Ostaci oplatnog ulja i druga odvajajuća sredstva	Oprati vodenim mlazom ²⁾ s odgovarajućim sredstvom za čišćenje, isprati čistom vodom, osušiti
	Iscvjetavanja ¹⁾	Suho očetkati i otprašiti
	Prljavo, masno	Oprati vodenim mlazom ²⁾ s odgovarajućim sredstvom za čišćenje, isprati čistom vodom, osušiti
	Ostaci i neravnine od morta	Ukloniti
	Nepravilnosti, šupljine	Poravnati odgovarajućim mortom u odvojenom radnom koraku (pridržavati se vremena sušenja)
	Trusno, nenosivo, vlaga ¹⁾	Ukloniti, zamijeniti, poravnati (pridržavati se vremena sušenja)
Loša veza između plašta i betonske jezgre	Stvoriti stabilnu podlogu kroz povezivanje i/ili sidrenjem prije nanošenja ETICS-a	
Otvorene pukotine na plaštu šire od 5 mm	Ispuniti pukotinu cementnim mortom, fuge ispunjene montažnom pjenom prethodno ostrugati	

¹⁾ kod kapilarne vlage ukloniti uzroke ²⁾ najviše 200 bara

III. Postupci na mineralnim bojama i žbukama

Tablica 2-3 Postupci na mineralnim bojama i žbukama

Podloga		Mjere
Vrsta	Stanje	
Mineralne boje	Prašnjavo	Otprašiti, oprati vodenim mlazom ²⁾ , osušiti
	Prljavo, masno	Oprati vodenim mlazom ²⁾ s odgovarajućim sredstvom za čišćenje, isprati čistom vodom, osušiti
	Ljuštenje, kredanje	Otprašiti, ostrugati, oprati vodenim mlazom ²⁾ čiste vode, osušiti
	Vlaga ¹⁾	Osušiti

Vapnene boje		Uvijek mehanički odstraniti
Mineralne završne i podložne žbuke	Prašnjavo	Otprašiti, oprati vodenim mlazom ²⁾ , osušiti
	Prljavo, masno	Oprati vodenim mlazom ²⁾ s odgovarajućim sredstvom za čišćenje, isprati čistom vodom, osušiti
	Trusno, nenosivo	Ukloniti, zamijeniti, poravnati
	Nepravilnosti, šupljine	Poravnati odgovarajućim mortom u odvojenom radnom koraku (pridržavati se vremena sušenja)
	Iscvjetavanja ¹⁾	Suho očetkati i otprašiti
	Vlaga ¹⁾	Osušiti

¹⁾ kod kapilarne vlage ukloniti uzroke ²⁾ najviše 200 bara

IV. Postupci na organskim bojama i žbukama

Tablica 2-4 Postupci na organskim bojama i žbukama

Podloga		Mjere
Vrsta	Stanje	
Disperzijske boje Žbuke na bazi umjetne smole	Postojane	Oprati čistom vodom, osušiti
	Nepostojane	Mehanički odstraniti, oprati čistom vodom, osušiti

V. Postupci na drvenim podlogama i suho-montažnim pločama

Tablica 2-5 Postupci na drvenim podlogama i suho-montažnim pločama

Podloga		Mjere
Vrsta	Stanje	
Drvene podloge i suho-montažne ploče	Prljavo, prašnjavo	Otprašiti
	Šupljine	Popraviti s odgovarajućim materijalom uključujući odgovarajuće učvršćenje
	Vlaga	Konzultirati se s nadzornim inženjerom i/ili stručnom osobom
	Nedostatak veze s podkonstrukcijom	Prije nanošenja ETICS-a stvoriti stabilnu podlogu sidrenjem ili vijcima

Ukoliko se radi o drvenim konstrukcijama, treba uzeti u obzir moguće deformacije (npr. u blizini spoja strojne konstrukcije). Ako je potrebno, u tim područjima poduzeti posebne mjere opreza.

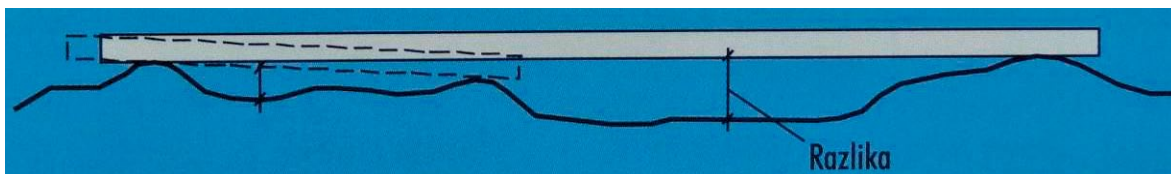
2.1.1.3 Izvođenje

Prije početka izvođenja potrebno je riješiti:

- odvođenje oborinskih voda: postavljene strehe, okapnice, žljebovi itd.;
- unutarnje žbukanje, postavljanje estriha itd., a ugrađeni materijali trebaju biti osušeni prema naputku proizvođača;
- postavljena vanjska stolarija;
- postavljene sve vanjske instalacije itd.;
- ravnina podloge mora biti u skladu s HRN DIN 18202, Tablica 2-6 i Slika 2-13;
- reške moraju biti zapunjene;
- s betonskih površina mora biti uklonjeno sredstvo za odvajanje oplata te sve eventualne masnoće;
- provjeriti valjanost podloge prema određenim standardima.

Tablica 2-6 Dozvoljene vrijednosti ravnosti podloge

Razmak mjernih točaka [m]	0,1	1	4	10	≥15
Dozvoljene vrijednosti za nezavršene zidove i donje strane ploča [mm]	5	10	15	25	30



Slika 2-13 Određivanje ravnosti podloge [49]

I. Podnožja, područje prskanja vodom i dodira s tlom

Ukoliko se ETICS izvodi i u području podnožja, prskanja vodom i dodira s tlom, potrebno je obratiti pozornost na posebne mehaničke zahtjeve i zahtjeve uvjetovane vlagom. U tim se područjima smiju koristiti isključivo međusobno usklađene komponente sustava određene od proizvođača.

NAPOMENA: Izvedba podnožja i prijelaz na perimetarsku izolaciju moraju biti definirani projektom.

Ukoliko je toplinsko-izolacijski materijal ugrađen već tijekom gradnje (izvan ETICS-a), isti je potrebno obraditi sukladno tehničkoj uputi proizvođača.

II. Podnožja i područje prskanja vodom

Područje podnožja obuhvaća dio pročelja izložen prskanju vodom najmanje visine 30 cm od razine okolnog terena ili obloge. Veća izloženost vlazi i mehaničkim opterećenjima zahtjeva primjenu posebne mjere.

NAPOMENA: Oborinske vode odgovarajućim mjerama treba odvoditi od pročelja. Preporučuje se izvedba drenažnog sloja s ciljem sprječavanja kapilarnog širenja vode. Pločnike, kao i obloge pločama ili opločnicima, treba izvoditi s odgovarajućim padom i konstruktivnim odvajanjem od objekta.

III. Područje dodira s tlom

Toplinska izolacija dijelova građevine u dodiru s tlom naziva se perimetarna izolacija. Kod izvedbe perimetarne izolacije toplinsko-izolacijski materijal se postavlja na vanjskoj strani tog dijela građevine (npr. zid podruma) izvan ETICS-a (Slika 2-14).

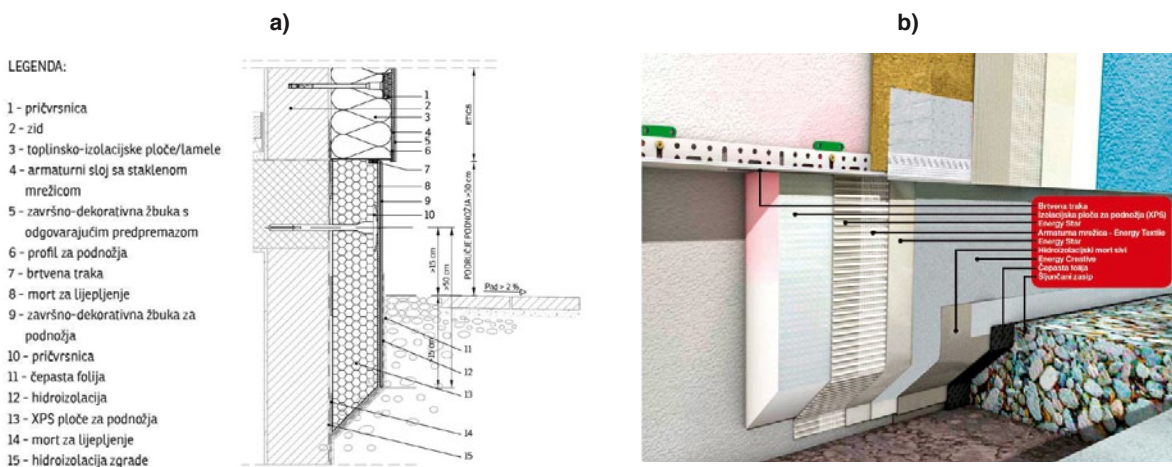
U području podnožja u čitavoj se visini primjenjuju toplinsko-izolacijski materijali propisani od strane proizvođača; obično se koriste materijali koji ne upijaju vodu, kao što je npr. XPS. Toplinsko-izolacijski materijal može manjim dijelom ulaziti ispod razine tla i ne smije biti viši od 1 m iznad razine tla. On se u području podnožja mehanički pričvršćuje pričvršnicama.



Slika 2-14 Toplinska izolacija zida prema tlu [49]

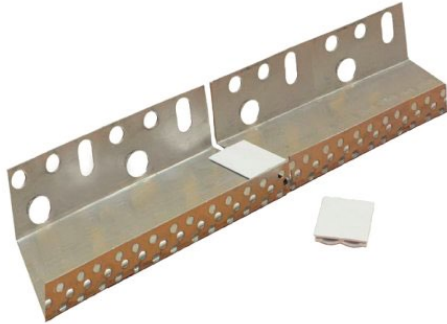
IV. Spoj s podnožjem

Kod uvučenog podnožja (Slika 2-15), donji završetak ETICS-a izvodi se primjenom U-profila za podnožje bez perforacija na donjoj strani (Slika 2-16). Profil za podnožje pričvršćuje se odgovarajućim pričvršnicama



Slika 2-15 Uvučeno podnožje (sokl): a) presjek; b) vizualizacija [49]

na razmaku od cca 30 cm, kao i na krajevima. Neravnine podloge izjednačavaju se razmaknicama („distancerima“), a spojevi izvode odgovarajućim spojnim elementima, Slika 2-16 i Slika 2-17.

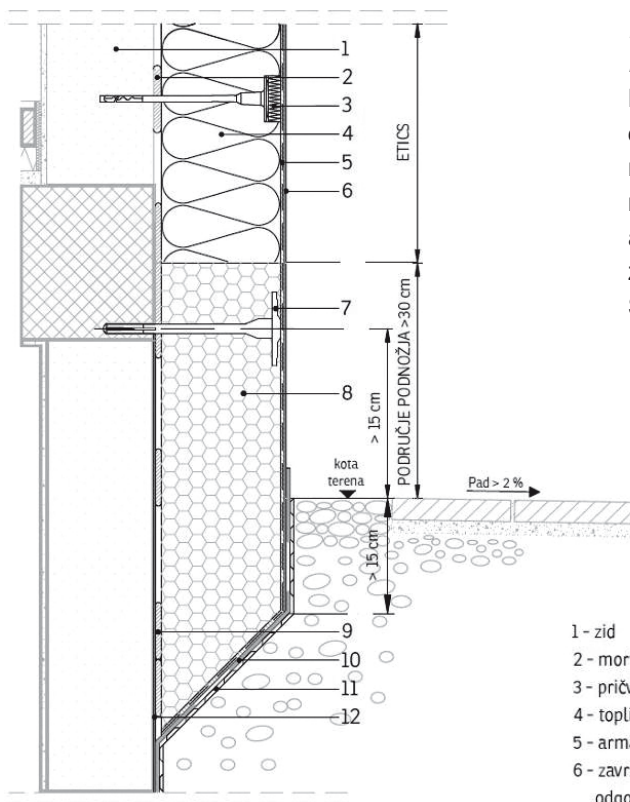


Slika 2-16 Početni profil i element za spajanje početnih profila [79]



Slika 2-17 Set za montažu sokl profila: vijak, spojnica, podmetač [49]

Ugradnjom uvjetovani razmaci između zida i profila za podnožja zatvaraju se odgovarajućim materijalima (npr. ljepilom, trakama za brtvljenje i sl.) kako bi se osigurala zrakonepropusna izvedba. Potrebno je pri-mjenjivati isključivo profile za podnožja propisane od proizvođača sustava.



Podnožje u ravnini s pročeljem i odvojenim/ različitim završnim slojem

Kod izvedbe podnožja u ravnini s pročeljem i različitim završnim slojem toplinsko-izolacijski materijal za podnožje spaja se na fasadni u istoj ravnini. Armaturni sloj izvodi se preko oba materijala, a završno-dekorativni sloj podnožja odvaja se od završno-dekorativnog sloja ETICS-a, Slika 2-18 i Slika 2-19.

LEGENDA:

- | | |
|--|---------------------------|
| 1 - zid | 7 - pričvrsnica |
| 2 - mort za lijepljenje | 8 - XPS ploče za podnožja |
| 3 - pričvrsnica | 9 - mort za lijepljenje |
| 4 - toplinsko-izolacijske ploče | 10 - hidroizolacija |
| 5 - armaturni sloj sa staklenom mrežicom | 11 - čepasta folija |
| 6 - završno-dekorativna žbuka s odgovarajućim predpremazom | 12 - hidroizolacija |

Slika 2-18 Podnožje (sokl) u ravnini s pročeljem [49]

Podnožje u ravnini s pročeljem te istim završnim slojem

Toplinsko-izolacijski materijal za podnožje spaja se na fasadni u istoj ravnini. Armaturni sloj izvodi se preko oba materijala. Završni sloj ETICS-a izvodi se i u području podnožja. Kod ovog tipa izvedbe potrebno je osigurati što manje prskanja vodom (širi drenažni sloj i sl.) (Slika 2-20).



Slika 2-19 Podnožje u ravnini s pročeljem i odvojenim / različitim završnim slojem [49]



Slika 2-20 Podnožje u ravnini s pročeljem i istim završnim slojem [49]

V. Spoj s tlom**a) Bez perimetarne izolacije**

Postavlja se na području podnožja i ulazi ispod razine tla.

b) S perimetarnom izolacijom

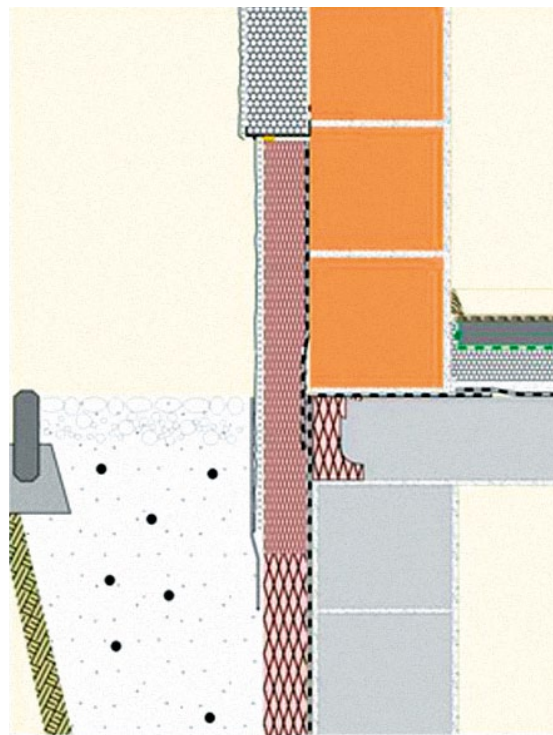
Toplinsko-izolacijski materijal koji se postavlja na području podnožja ulazi ispod razine tla minimalno 20-30 cm (Slika 2-15 i Slika 2-18).

VI. Izolacija u dodiru s tlom

Nakon određivanja budućeg nivoa tla sve dijelove sustava u dodiru s tlom potrebno je obraditi vodo-otpornim slojem (npr. masa za hidroizolaciju, bitumenski premaz i sl.) i zaštititi čepastom folijom (Slika 2-22).

VII. Miješanje i nanošenje morta za lijepljenje

Prilikom miješanja morta za lijepljenje treba se pridržavati uputa proizvođača (tehnička uputa, upute



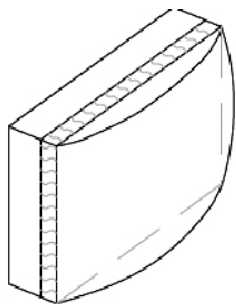
Slika 2-21 Izolacija zida prema tlu [80]



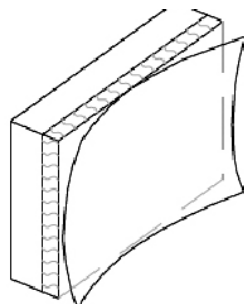
Slika 2-22 Hidroizolacija podruma, toplinska izolacija XPS-om i zaštita toplinske izolacije čepastom folijom [81], [49], [82]

na pakiranju). To vrijedi i za pastozna ljepila za koje proizvođač propisuje dodavanje cementa. Ljepilo se može nanositi ručno i/ili strojno. Prilikom njegova nanošenja treba obratiti pozornost na sljedeće:

- između toplinsko-izolacijskog materijala i podloge ne smije doći do strujanja zraka kako bi se izbjegao „efekt dimnjaka“ (strujanje zraka između podloge i toplinske izolacije)
- toplinsko-izolacijski materijal mora biti jednoliko pritisnut na podlogu po svojoj površini kako bi se izbjegle deformacije (efekt madraca ili jastuka)



EFEKT MADRACA



EFEKT JASTUKA



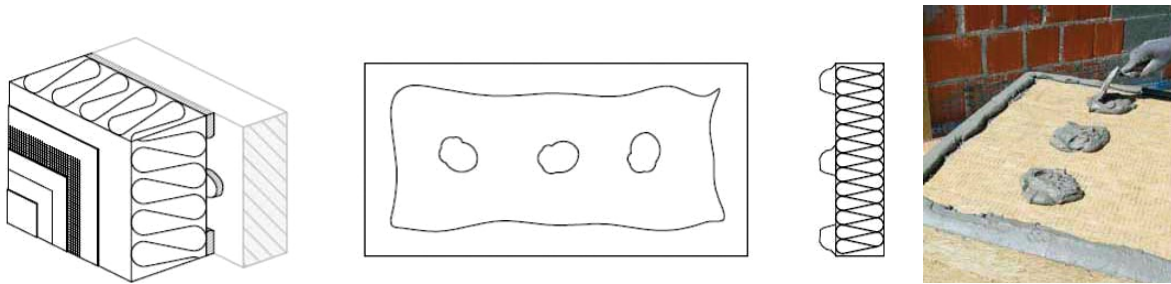
Slika 2-23 Deformacije kod toplinsko-izolacijskih materijala, shematski i primjer lošeg izvođenja [49], [83]

Ovisno o toplinsko-izolacijskom materijalu, ljepilo se može nanositi trakasto po rubu i točkasto u sredini ili metodom potpuno pokrivenog nanošenja.

Metoda „rubno-točkastog“ nanošenja

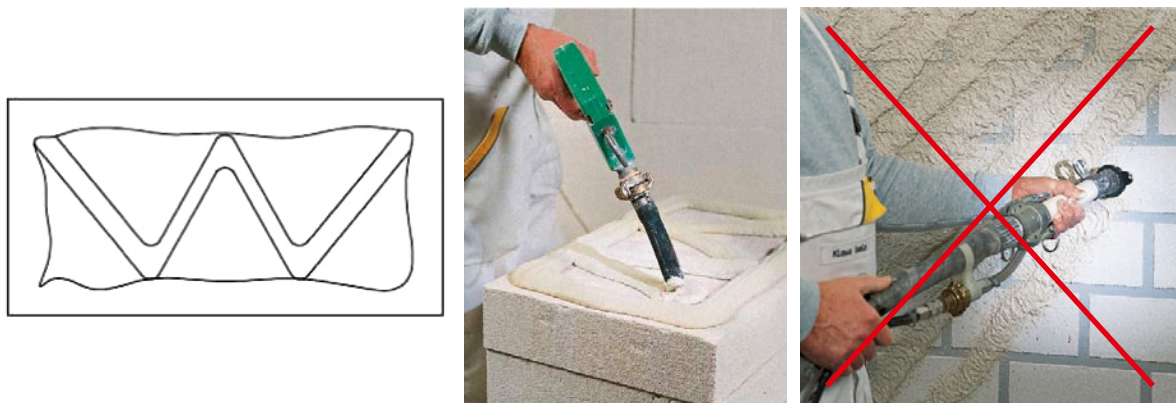
Ljepilo se po svim rubovima toplinsko-izolacijskog materijala nanosi u trakama širine cca 5 cm te po sredini na najmanje tri točke promjera 15 cm (Slika 2-24), tako da je, nakon što je toplinsko-izolacijski materijal pritisnut na podlogu, postignuta minimalna zahtijevana kontaktna površina, uz uzimanje u obzir dopuštene tolerancije ravnosti podloge.

Najveća debljina sloja ljepila ne smije biti veća od 15 mm, odnosno prema tehničkoj uputi proizvođača.



Slika 2-24 Ručno nanošenje morta za lijepljenje metodom „rubno-točkastog“ [49]

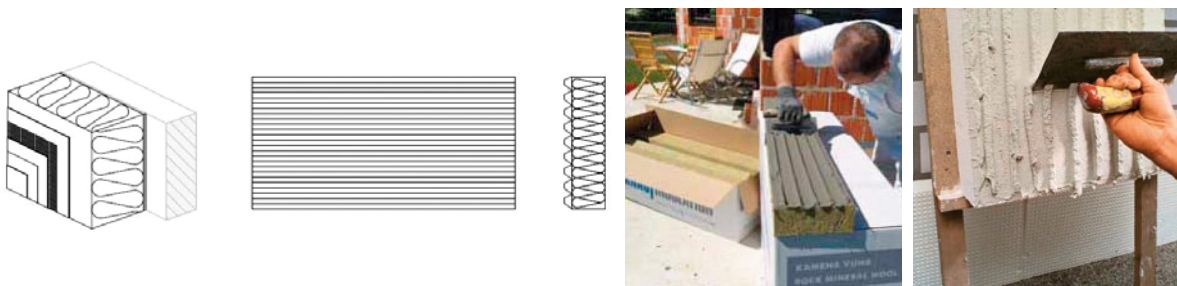
Kod strojnog nanošenja ljepila pomoću pištolja, ljepilo se nanosi gusjeničasto naokolo uz rub te u sredini u obliku slova W ili M. Dio površine pod ljepilom (kontaktna površina) $\geq 70\%$. Nije dopušteno strojno ili ručno nanošenje ljepila na zid i polaganje ploče toplinske izolacije u posteljicu od ljepila (Slika 2-25).



Slika 2-25 Strojno nanošenje morta za lijepljenje metodom „rubno-točkastog“ [49]

Metoda potpunog pokrivnog nanošenja

Ljepilo se ručno nanosi nazubljenim gladilicom (zub minimalno 10 mm) na toplinsko-izolacijski materijal. Ljepilo se može nanijeti po cijeloj površini samo kada se radi o glatkim, ravnim podlogama (npr. betonskim ili žbukanim podlogama).



Slika 2-26 Metoda potpunog pokrivnog nanošenjem morta za lijepljenje [49]

Posebnost nanošenja ovisno o vrsti toplinsko-izolacijskog materijala

1. Ekspandirani polistiren EPS-F ploče

Kod ove se vrste toplinsko-izolacijskog materijala koristi metoda nanošenja trakasto po rubu i točkasto po sredini pokrivajući minimalno 40% površine ploče ili metoda potpunog pokrivanja ploče. Prilikom nanošenja na podlogu treba koristiti isključivo metodu potpunog pokrivanja nanošenja (Slika 2-27 a) i b)).

2. Mineralna vuna MW-PT

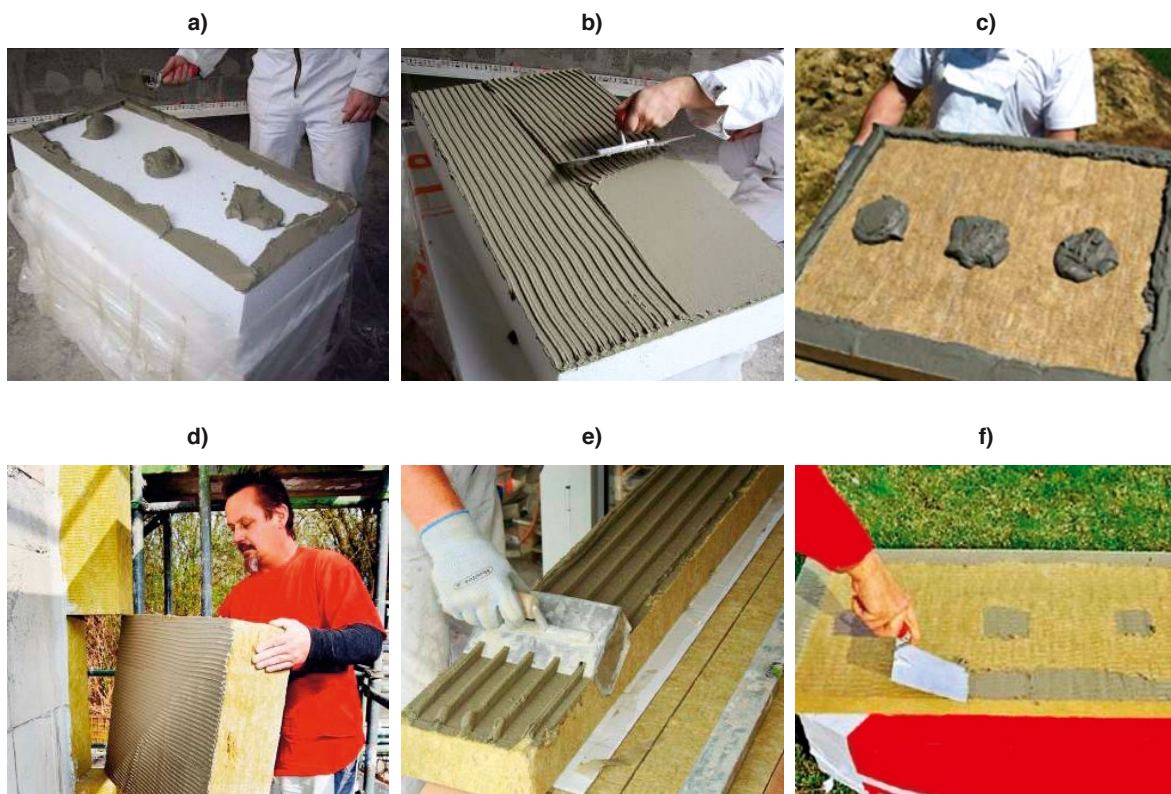
Koristi se metoda nanošenja trakasto po rubu i točkasto po sredini pokrivajući minimalno 40% površine ploče ili metoda potpunog pokrivanja nanošenja na neobrađenu stranu ploče. Prilikom nanošenja na podlogu treba koristiti isključivo metodu potpunog pokrivanja nanošenja (Slika 2-27 c) i d)).

3. Mineralna vuna MW-PT, lamela neobrađena

Na neobrađenoj površini lamele koristi se metoda potpunog pokrivanja nanošenja na lamelu (Slika 2-27 e)).

4. Mineralna vuna MW-PT, lamela obrađena s jedne ili s obje strane

Kod obostrano obrađene lamele primjenjuje se metoda potpunog pokrivanja nanošenja na lamelu ili na podlogu (Slika 2-27 e)).



Slika 2-27 Nanošenje ljepila ovisno o vrsti toplinsko-izolacijskog materijala: **a)** EPS trakasto po rubu točkasto u sredini; **b)** EPS punoplošno; **c)** MW ploča trakasto po rubu točkasto u sredini; **d)** MW ploča punoplošno; **e)** MW lamela punoplošno; **f)** izvođenje kontaktnog sloja [49]

NAPOMENA: Izvođenje kontaktnog sloja u cilju poboljšanja prionjivosti ljepila na neobrađenoj površini ploče/lamele provodi se utiskivanjem ljepila u tankom sloju neposredno prije nanošenja ljepila (po površini predviđenoj za lijepljenje) (Slika 2-27 f).

VIII. Poliuretansko ljepilo

Jednokomponentno nisko ekspanzirajuće poliuretansko (PUR) ljepilo za pričvršćivanje ploča od ekspanziranog polistirena (EPS-a) za toplinsku izolaciju zgrada kao dio ETICS sustava, Slika 2-28.

Ovo ljepilo je isključivo dio certificiranog ETICS sustava proizvođača i ne može se koristiti u drugim ETICS sustavima, osim ako od strane proizvođača sustava to nije jasno određeno.

Ovo ljepilo može se koristiti za nanošenje EPS-ploča na novim zgradama ili na zgradama na kojima se obnavlja toplinska izolacija. Oko 2 sata nakon nanošenja, EPS ploče mogu se izjednačiti (brušenjem ili rašpanjem), sidriti, te nakon toga nanijeti armirajući sloj.

Ljepilo se ne smije koristiti u blizini otvorenog plamena ili vatre, jer sadrži zapaljivi plin.



Slika 2-28 PUR ljepilo za EPS ploče [84], [85]

PUR ljepilo se koristi za lijepljenje EPS ploča na čvrste i nosive podloge, kao što su zidovi, žbuke i cementne podloge koje na sebi nemaju sastojaka koji mogu uzrokovati odvajanje (masnoće, bitumen, prašina itd.). U slučaju niskih temperatura, podloge na koje će se nanositi ljepilo ne smiju biti prekrivene snijegom ili ledom. Potrebno je provjeriti prionjivost postojećih žbuka i starih slojeva boja. Labave slojeve žbuke potrebno je ukloniti. Bilo koja onečišćenja površine i ostale tvari koje mogu uzrokovati odvajanje, paronepropusne slojeve i slojeve slabe prionjivosti, moraju biti u potpunosti uklonjena, npr. napravom za pranje vodom pod pritiskom.

Mahovinu i alge potrebno je ukloniti čeličnom četkom, te cijelu površinu prekriti otopinom sa fungicidima, u skladu sa tehničkim uputama. Stari zidovi neprekriveni žbukom, čvrste žbuke i slojevi boja moraju se očistiti od prašine, oprati vodenim mlazom i ostaviti dok se u potpunosti ne osuše.

PUR ljepilo se nanosi na rubove ploče držeći udaljenost od otprilike 2 cm od rubova i linije koja istječe, na cijeloj ploči paralelno s njegovim dužim stranicama. Odmah nakon nanošenja ljepila, potrebno je postaviti ploču na zid i pritisnuti lagano dugačkom zidarskom letvom. Ravnina površine ploče može se ispravljati do 20 minuta od trenutka postavljanja.

U slučaju primjene u nepogodnim vremenskim uvjetima, npr. za vrijeme jakog vjetera ili kiše, neophodna je primjena zaštita za skele. Obratiti posebnu pažnju na zaštitu rubova zgrade, kada se proizvod nanosi za vrijeme jakog vjetera.

Svježe mrlje od ljepila odstranite čistačem ili acetonom. Stvrdnuti dijelovi ljepila mogu se odstraniti samo mehanički.

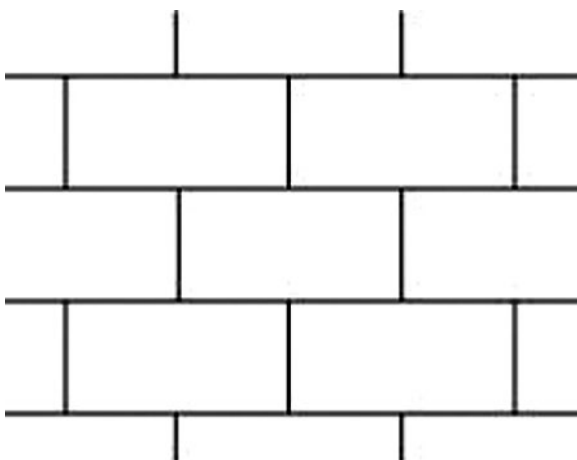
Primjena bi se trebala odvijati pri temperaturi zraka i površine od 0°C do +40°C. PUR ljepilo može podnijeti spužtanje temperature ispod 0°C 8 sati nakon njegova nanošenja.

Ovakvo PUR ljepilo sadrži tvari koje mogu štetiti zdravlju. Obvezno je nositi zaštitne rukavice i naočale. Za vrijeme izvođenja radova nije dozvoljeno jesti niti pušiti kao niti raditi u blizini otvorenog plamena. Doza je pod pritiskom i zato ju je potrebno zaštititi od temperature više od +50°C, ne uništavati dozu niti je bacati u vatru. Doza s ljepilom obavezno se mora prevoziti u tovarnom prostoru, nikada u putničkoj kabini te čuvati izvan dohvata djece.

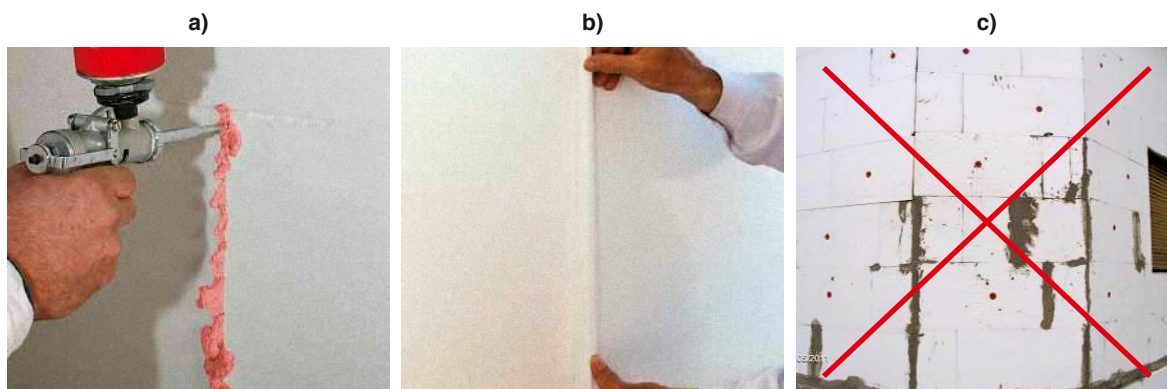
2.1.1.4 Postavljanje toplinsko-izolacijskih ploča i lamela

I. Lijepljenje

Toplinsko-izolacijske ploče i lamele postavljaju se odozdo prema gore tako da su međusobno tijesno priljubljene i povezane uzdužnom izmjeničnom vezom (Slika 2-29). Pri tom ne bi smjele nastati reške ali ako nastanu, reške do 4 mm moraju se ispuniti PUR pjenom, a one šire od 4 mm istim izolacijskim materijalom (Slika 2-30).



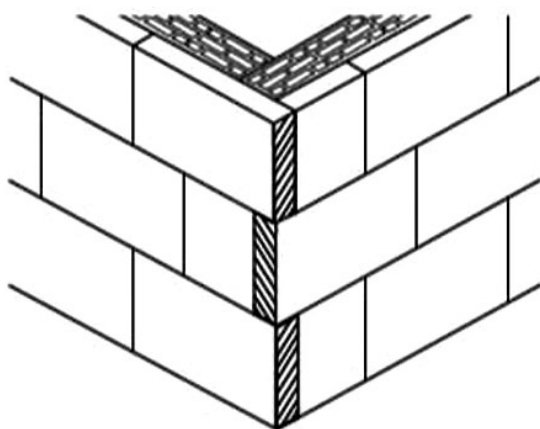
Slika 2-29 Postavljanje toplinsko-izolacijske ploče i lamele [49]



Slika 2-30 Ispunjavanje reški između ploča toplinske izolacije: **a)** PUR pjenom; **b)** istim izolacijskim materijalom; **c)** primjer lošeg izvođenja – ljepilo u reškama [49]

Na uglovima objekta smiju se koristiti samo cijele i polovice ploča/lamele na način da se ploče/lamele na uglu međusobno naizmjenice preklapaju (Slika 2-30).

Ploču prilikom postavljanja treba pritisnuti na podlogu ali ljepilo pri tom **ne smije doprijeti u reške** (Slika 2-30 c)).

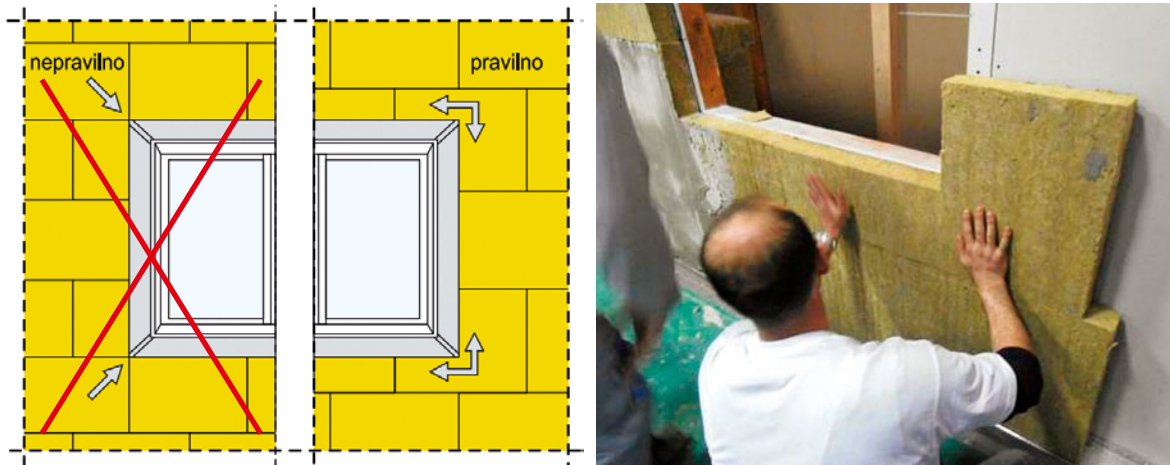


Slika 2-31 Postavljanje toplinsko-izolacijske ploče i lamele na uglovima objekta [49]

Smiju se postavljati samo cijele ploče. Priključni komadi moraju biti širi od 15 cm i ne smiju se postavljati na uglovima objekta, već samo u sredini površine.

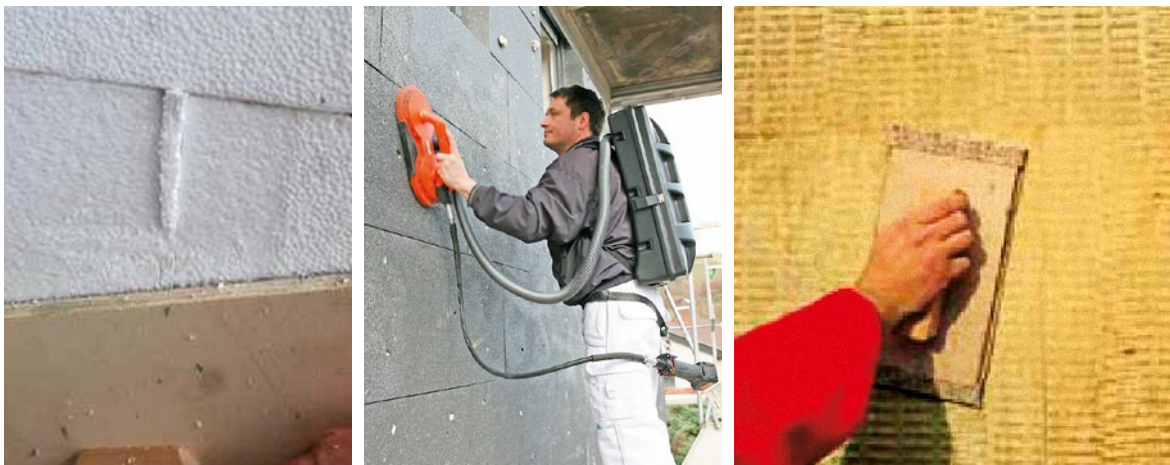
Pri debljinama ploča većim od 20 cm preporučuje se preklope ploča na uglovima međusobno učvrstiti odgovarajućim montažnim ljepilom.

Ploče s jačim oštećenjima i požutjele ploče ne smiju se koristiti. Dijelovi ploča u uglovima koji strše smiju se odrezati tek nakon odgovarajućeg stvrdnjavanja ljepila (u pravilu nakon 2-3 dana). Fuge izolacijskih ploča ne smiju biti u liniji s rubovima otvora (Slika 2-32).



Slika 2-32 Postavljanje toplinsko-izolacijske ploče oko prozora – rezanje ploča [49]

Neravnine koje nastaju na dodirima pri postavljanju ploča treba izravnati prije izrade armaturnog sloja (kod ekspaniranog polistirena brušenjem) (Slika 2-33).



Slika 2-33 Brušenje EPS-a i mineralne vune [49]

Mehaničko pričvršćivanje

Podloga mora biti tehnički korektno pripremljena tako da se osigura trajna veza između ploče i podloge, ili samo lijepljenjem, ili lijepljenjem uz dodatno mehaničko pričvršćivanje korištenjem pričvršćivača (tipli).

- Na ožbukanim podlogama i starogradnji obvezno je, uz lijepljenje ploča/lamela, sustav dodatno mehanički učvrstiti pričvršćivacima.
- Kod sustava s površinskom masom (izolacija + armaturni sloj + završno-dekorativna žbuka) većom od 30 kg/m^2 i kod zgrada viših od 22 m potrebno je provesti detaljnu analizu opterećenja i nosivosti sustava.

- Toplinsko-izolacijske fasadne ploče na osnovi mineralne vune – vlakna paralelna s ravninom ploče **uvijek** zahtijevaju dodatno mehaničko pričvršćenje.
- Dodatno pričvršćenje nije potrebno kod ETICS-a s pločama EPS-a ili lamelama MW, na novogradnji od pune ili blok opeke.
- Toplinsko-izolacijske fasadne lamele – vlakna okomita na ravninu lamele zahtijevaju dodatno mehaničko pričvršćenje, osim kada se izvodi na podlogama od pune i blok opeke, betonu, obložnom betonu iz cementno vezanih blokova na osnovi drvenog iverja bez integrirane toplinske izolacije i cementno vezanih toplinsko-izolacijskih ploča od drvenih strugotina WS i WSD, porastom betonu.

Toplinsko-izolacijske ploče za podnožja od ekspandiranog polistirena (EPS-P) i ekstrudirane polistirenske pjene (XPS)

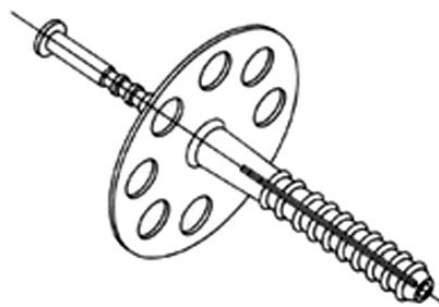
Iznad razine terena potrebno je, uz lijepljenje, i dodatno mehaničko pričvršćenje. Pritom u obzir treba uzeti sljedeće:

- pričvrsnice nikad ne smiju prolaziti kroz hidroizolaciju građevine
- kod primjene XPS-R ploča s hrapavom površinom preporučuje se izvesti dodatno mehaničko pričvršćenje prije stvrdnjavanja ljepila (u svježem stanju) pričvršnicama s vijkom.

II. Izbor pričvrsnica




Pri odabiru pričvrsnica (Slika 2-34), u obzir treba uzeti sljedeće:

- pričvrsnice moraju udovoljavati zahtjevima smjernice ETAG 014
- pričvrsnice moraju odgovarati kategoriji opterećenja za postojeću podlogu u skladu sa smjernicom ETAG 014.



Slika 2-34 Pričvrsnica za ETICS sustave

Tablica 2-7 Vrste pričvrsnica i njihova karakteristična nosivost s obzirom na kategorije podloga prema ETAG 014

Vrsta podloge	S plastičnim trnom		S čeličnim trnom		S čeličnim vijkom	
	Karakteristična nosivost (kN)					
A) beton		0,15		0,90		1,50
B) puna opeka		0,15		0,90		1,50
C) blok opeka		0,15		0,60		1,20
D) lagani beton		0,00		0,00		0,90
E) porasti beton		0,00		0,00		0,75

- ako podloga ne odgovara niti jednoj kategoriji prema ETAG 014, potrebno je izvesti ispitivanje nosivosti pričvrsnice na gradilištu („pull-off“ test)
- kod zidova od obložnog betona s cementno vezanim blokovima na osnovi drvenog iverja sidrenje pričvrsnica potrebno je izvesti u betonskoj jezgri
- kod odabira duljine pričvrsnice, radi osiguranja otpornosti na čupanje iz podloge, u obzir se moraju uzeti debljina eventualno postojeće žbuke i sloja za izravnavanje te neravnost podloge
- toplinsko-izolacijske ploče od ekspaniranog polistirena, ekstrudirane polistirenske pjene i kamene vune zahtijevaju promjer rozete ≥ 60 mm
- toplinsko-izolacijske lamele od kamene vune (vlakna okomita na ravninu) zahtijevaju promjer rozete ≥ 140 mm (Slika 2-35).



Slika 2-35 Dodatne rozete za pričvrsnice, $\varnothing 9$ cm i $\varnothing 14$ cm [49]

III. Bušenje rupa

Kod bušenja rupa u obzir treba uzeti sljedeće:

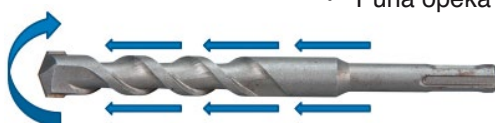
- s bušenjem se smije početi tek nakon što je ljepilo dovoljno stvrdnulo (u pravilu nakon tri dana);
- za bušenje treba koristiti svrdlo promjera navedenog na pričvrsnici;
- električnu udarnu bušilicu ili pneumatsku bušilicu treba koristiti samo kod betona ili pune opeke;
- kod šuplje opeke i šuplje blok opeke treba upotrijebiti bušilicu, odnosno alat predviđen od proizvođača pričvrsnice. Prilikom bušenja šuplje opeke s vibracijom dolazi do pucanja stijenke opeke što za posljedicu ima drastično smanjenje ili čak otkazivanje nosivosti pričvrsnice;
- ploče od mineralne vune potrebno je probušiti nevibrirajućim postupkom;
- potrebna dubina bušenja je: duljina trna + 10 do 15 mm;
- kod bušenja kroz armaturni sloj treba se pridržavati uputa proizvođača sustava;
- minimalni osni razmak između pričvrsnica te od ugla zida mora biti ≥ 100 mm.

**Bez vibracije**

- Šuplja opeka
- Porobeton

**S VIBRACIJOM**

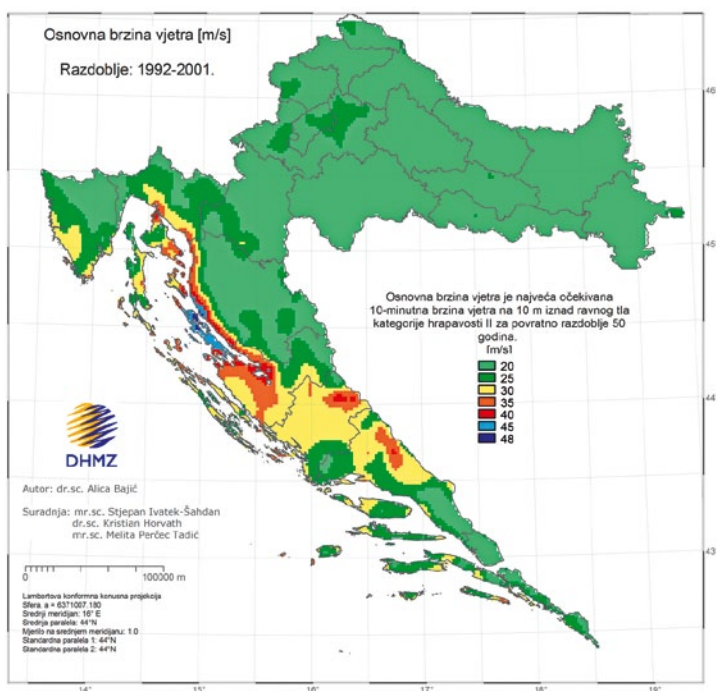
- Beton
- Puna opeka



Slika 2-36 Bušenje rupa za pričvrsnice [49]

IV. Broj pričvrsnica

Broj pričvrsnica po m² određuje se na osnovu opterećenja vjetrom na objektu u skladu s *EN 1991-1-4: Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanja vjetra*, i nosivosti pričvrsnice na predmetnoj podlozi. Opterećenje vjetrom ovisi o zemljopisnom položaju, tj. o nazivnoj brzini vjetra, visini građevine, kategoriji terena i nadmorskoj visini (Slika 2-37). Ovom normom se propisuje i širina rubne zone

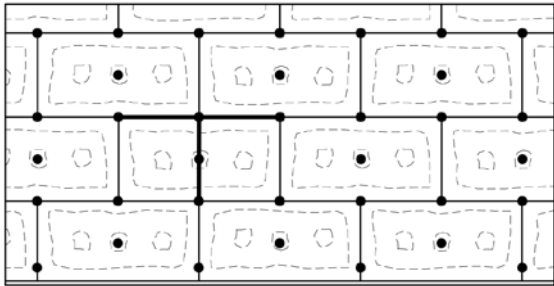


Slika 2-37 Osnovna brzina vjetra

ovisno o visini i tlocrtnoj dispoziciji objekta. Uporabivost pričvrsnice mora biti dokazana *Europskom tehničkom ocjenom* u skladu s europskom smjernicom ETAG 014.

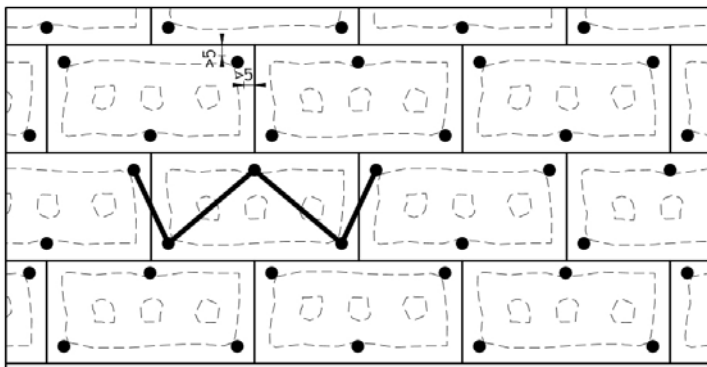
V. Shema postavljanja

Obje sheme vrijede za toplinsko-izolacijske ploče od EPS-a i mineralne vune i pričvršćivanje sa 6 kom/m². Udaljenost pričvrsnica od ugla zida i od druge pričvrsnice mora biti ≥ 10 cm. Pričvrsnica uvijek mora prolaziti kroz sloj ljepila.

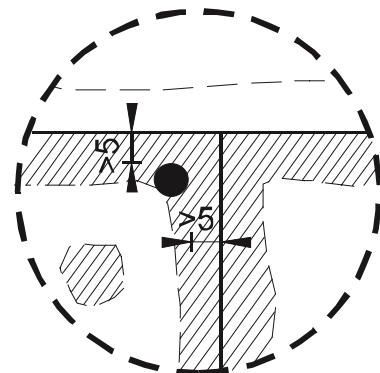


Slika 2-38 T-shema postavljanja pričvrsnica [49]

- **“T-shema”** se koristi kod sustava s EPS-om. Pričvrsnice se postavljaju u sredinu ploče i na mjestima dodira okomite i vodoravne reške (T-reške) (Slika 2-38).
- **“W-shema”** se koristi kod sustava s pločama mineralne vune. Ploča se pričvršćuje s tri pričvrsnice koje se postavljaju prema crtežu (Slika 2-39). Razmak rozete od ruba ploče mora iznositi oko 5 cm.



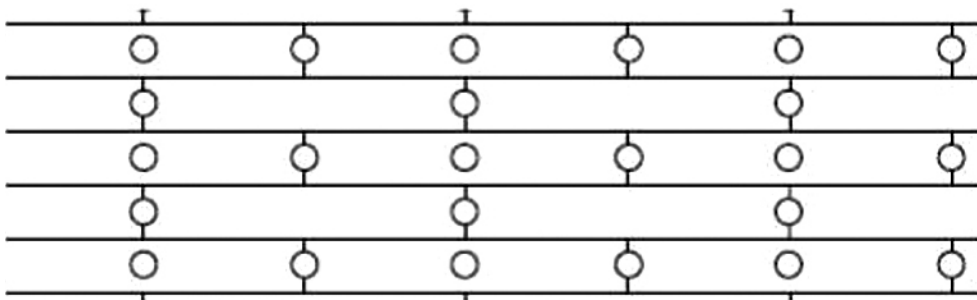
Slika 2-39 W-shema postavljanja pričvrsnica [49]



Kod sustava s lamelama od mineralne vune pričvrsnice se postavljaju kao što je prikazano u daljnjem tekstu (Slika 2-40), pri čemu se u svaki drugi red dodaje po jedna pričvrsnica u sredinu ploče.

Lamele kamene vune mogu se dodatno pričvrstiti za podlogu u sljedećim slučajevima:

- » na visinama iznad 22 m (zahtjevi u pogledu protupožarstva visokih zgrada)
- » u izuzetno seizmičkim aktivnim područjima
- » na izuzetno vjetrovitim lokacijama
- » kod primjene izolacije lamelama debljine veće od 20,00 cm
- » prilikom izolacije zaobljenih dijelova



Slika 2-40 Shema postavljanja pričvrsnica kod lamela od MW [49]

	6 kom/m ²	8 kom/m ²	10 kom/m ²	12 kom/m ²
T-shema				
W-shema				
Lamele				

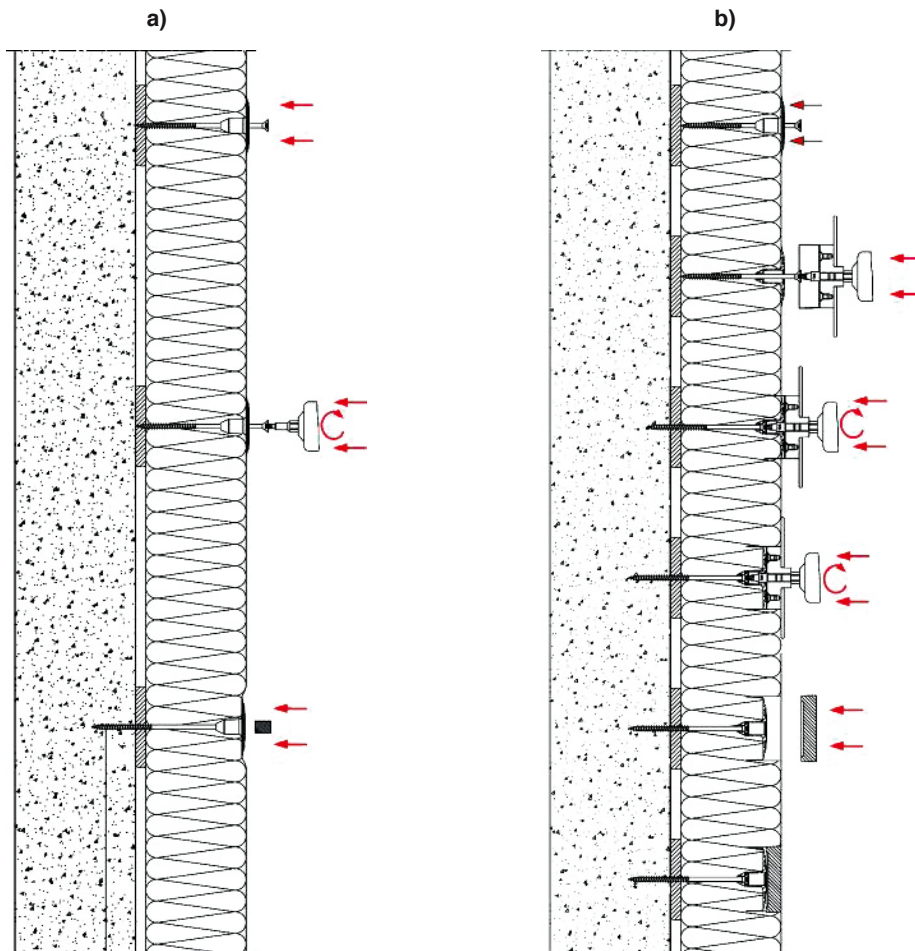
Slika 2-41 Sheme postavljanja pričvrsnica ovisno o broju pričvrsnica po m² fasade [49]

VI. Postavljanje pričvrsnica

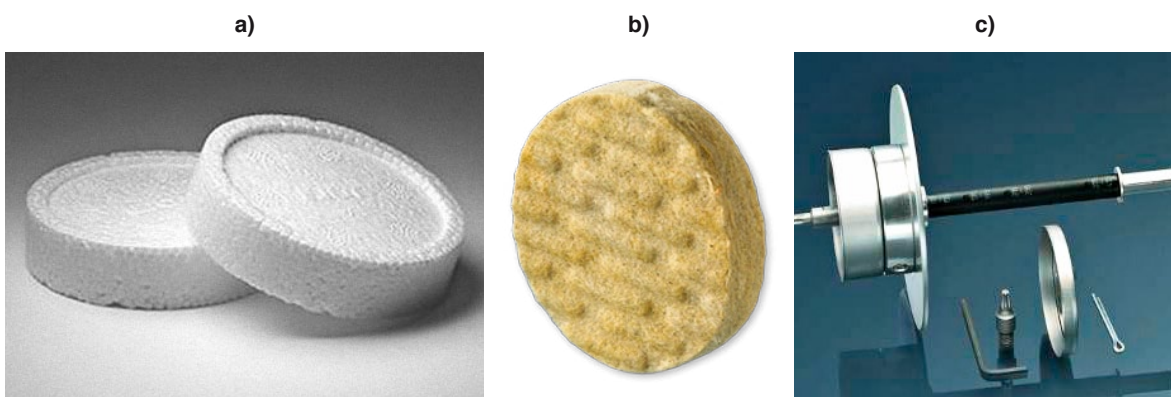
Pri postavljanju pričvrsnica u obzir se uzima sljedeće:

- pričvrstnice se smiju postaviti tek kad ljepilo otvrdne (u pravilu nakon tri dana, odnosno prema uputi proizvođača ljepila);
- pričvrstnice treba postaviti tako da je gornja površina rozete u istoj ravnini s površinom ploče/lamele (Slika 2-42 a)), uz napomenu da ovo ne vrijedi kad je rozeta upuštena u toplinsko-izolacijski materijal (Slika 2-42 b)) (pričvrsnica s rondelom Slika 2-43);
- ovisno o vrsti pričvrsnice, igla je u obliku čavla (trna) ili vijka;
- nakon postavljanja treba obvezno provjeriti jesu li pričvrstnice čvrsto usidrene u podlogu;
- previše utisnute pričvrstnice i one koje nisu čvrsto usidrene moraju se ukloniti i postaviti nove, a nastale rupe treba ispuniti istim toplinsko-izolacijskim materijalom. Slika 2-44 i Slika 2-45 prikazuju primjere

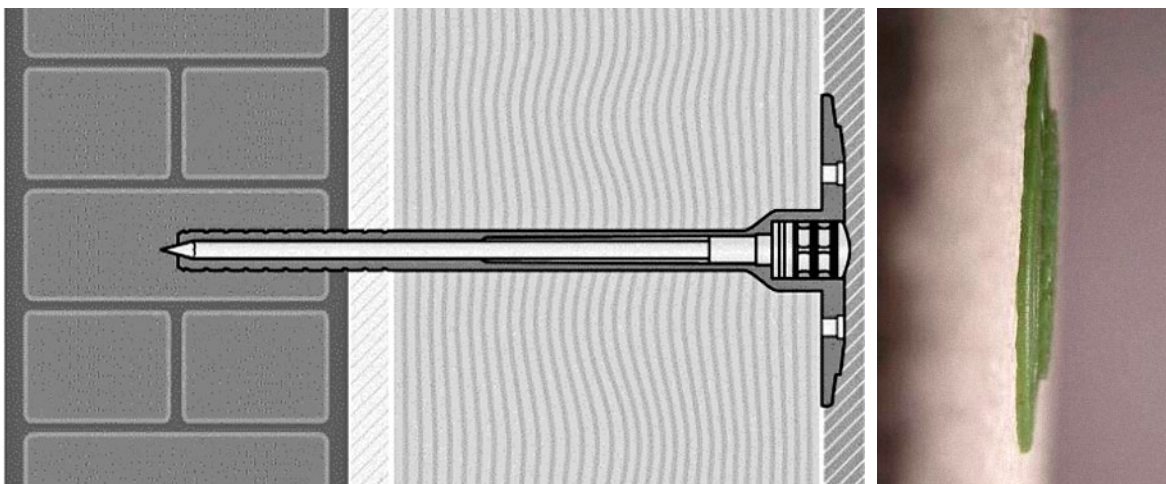
pogrešnog izvođenja mehaničkog pričvršćenja toplinske izolacije, pri čemu je tanjur pričvrsnice izvan ravnine izolacije, odnosno utisnut preduboko u toplinsku izolaciju.



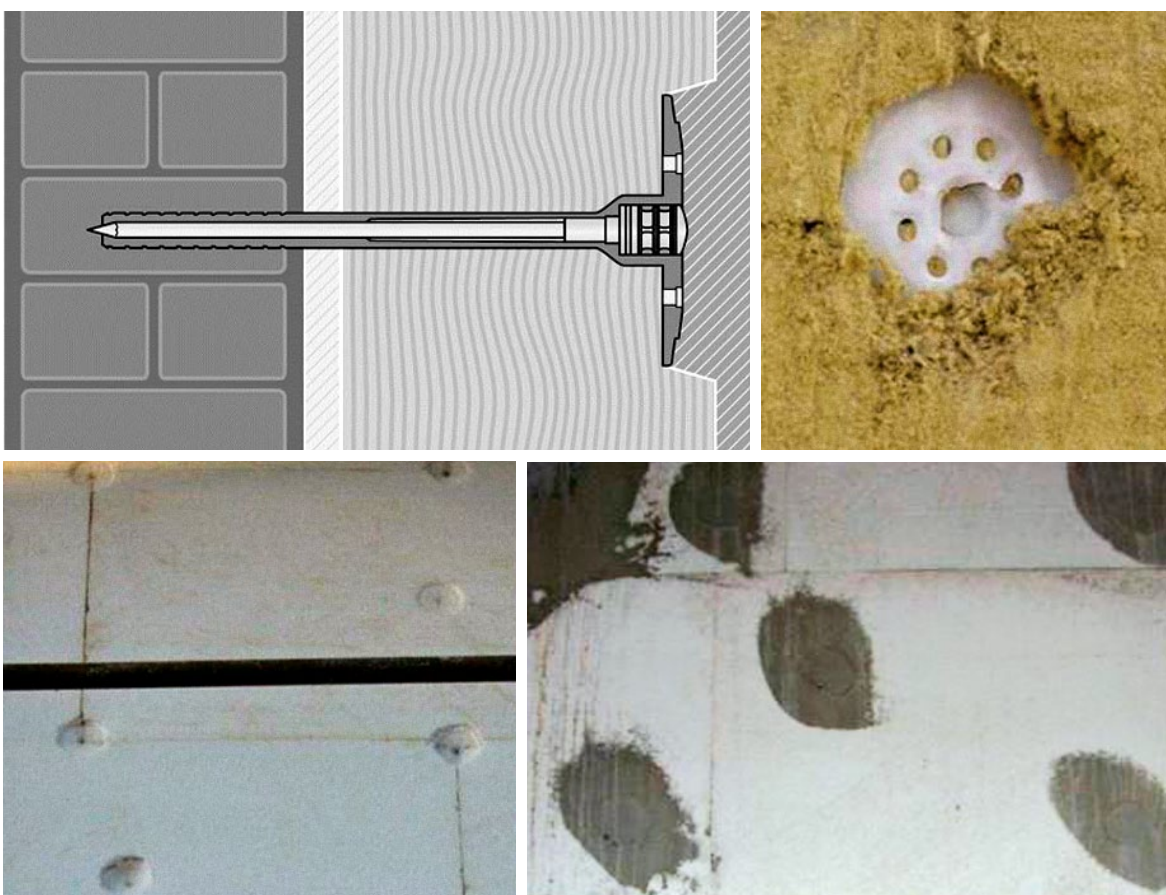
Slika 2-42 Postavljanje pričvrsnica: **a)** u ravnini s TI materijalom; **b)** upuštene pričvrsnice u TI materijal [49]



Slika 2-43 Rondela za: **a)** EPS; **b)** mineralnu vunu; **c)** specijalni alat za udubljivanje rondele [49]



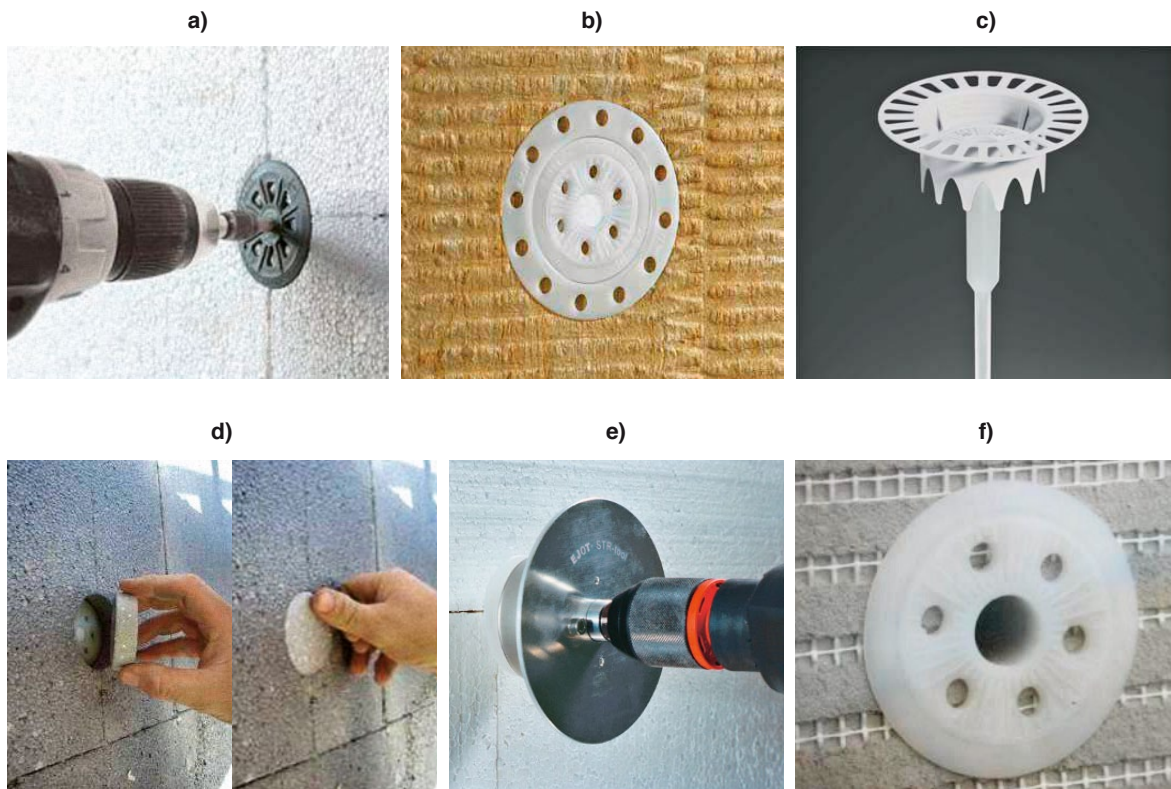
Slika 2-44 Tanjur pričvrsnice iznad ravnine izolacije – Problem: pretanak armaturni sloj, mrežica naslonjena na tanjur; Posljedica: pucanje, toplinski mostovi [83]



Slika 2-45 Tanjur pričvrsnice utisnut preduboko u izolaciji – Problem: velike razlike u debljini armaturnog sloja; Posljedica: pucanje, toplinski mostovi [49], [83]

Načini montiranja pričvrsnica:

1. Na izolaciju, Slika 2-46 a)
2. Na izolaciju + dodatni tanjur
 - a) 9 cm – za MW-ploče, Slika 2-46 b)
 - b) 14 cm – za MW-lamele
 - c) 11 cm upušteni – za MW-ploče, Slika 2-46 c)
3. Upuštene u izolaciju – rondela, Slika 2-46 d) i e)
4. Preko mrežice – na 1. nanos morta za armaturni sloj, Slika 2-46 a)



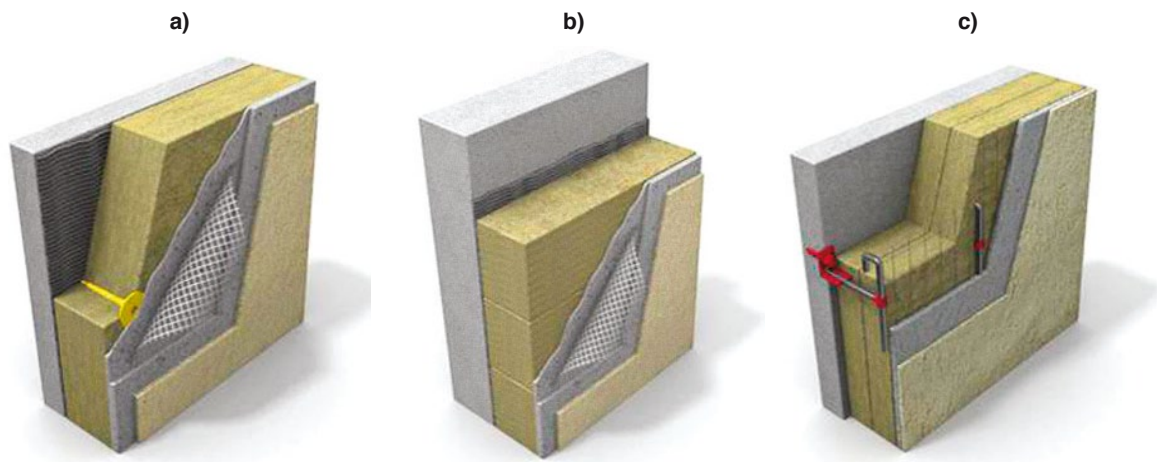
Slika 2-46 Montiranje pričvrsnica [86], [49]

VII. Armaturni sloj s staklenom mrežicom

Armaturni sloj predstavlja najvažniji element sustava jer mu daje otpornost na vanjske utjecaje, stoga ga je potrebno nanijeti posebno oprezno, uz strogo pridržavanje pravila struke.

Izvođenje armaturnog sloja treba početi najkasnije 14 dana od postavljanja toplinske izolacije. Armaturni sloj se izvodi kao tankoslojni, srednjeslojni i debeloslojni (Slika 2-47).

Kod sustava s toplinsko-izolacijskim pločama od mineralne vune, između nanošenja sloja za izravnavanje i armaturnog sloja potrebno se pridržavati određenog vremena sušenja propisanog od proizvođača sustava.



Slika 2-47 Tankoslojna žbuka na pločama MW; **b)** tankoslojna žbuka na lamelama MW; **c)** debeloslojna žbuka na pločama MW [49]

U slučaju debeloslojne žbuke, debljina sloja žbuke je 25 mm, a izvodi se u tri sloja od vapneno-cementnog morta, što omogućuje stvaranje iznimno čvrste fasade otporne na udare. U slučaju izvođenja debeloslojne žbuke, toplinska izolacija se obavezno pričvršćuje mehanički. Težina slojeva žbuke prenosi se na zid korištenjem čelične mreže i mehaničkih pričvršnica (nosača) koji se mogu prilagoditi mogućim pomacima u sloju žbuke (Slika 2-47 c)).

VIII. Mort za armaturni sloj

Po svom sastavu to je polimer-cementno ili pastozno disperzijsko ljepilo. Može biti u obliku praha ili paste. Mort za armaturni sloj prvo se nanosi na TI i pročešlja zupčastom gladilicom u debljini takvoj da se osigura pozicija mrežice u gornjoj polovini/trećini sloja (Slika 2-48).

U svježem prvom nanosu morta umeće se staklena mrežica odozgo prema dolje laganim pritiskom gladilicom (u okomitom ili vodoravnom smjeru) uz minimalni preklop od 10 cm i uz izbjegavanje nabora (Slika 2-49). Drugi nanos morta nanosi se najkasnije nakon 24 h tako da prekrije mrežicu s najmanje 1 mm žbuke. Na površini se ne smiju očitavati obrisi mrežice.



Slika 2-48 Nanošenje morta za armaturni sloj [49], [87]



Slika 2-49 Umetanje staklene mrežice u prvi sloj morta [88], [89] [49]

Tablica 2-8 prikazuje debljinu armaturnog sloja i položaj staklene mrežice moraju ovisno o debljini armaturnog sloja.

Tablica 2-8 Debljina armaturnog sloja i položaj staklene mrežice

Nazivna debljina [mm]	Minimalna debljina [mm]	Srednja debljina ¹⁾ [mm]	Položaj mrežice ²⁾	Vrijedi za ETICS na osnovi
3	2,5	≥3,0	sredina	EPS
5	4	≥4,5	gornja trećina	EPS ³⁾ , MW
8	6	≥7,0	gornja trećina	MW

¹⁾ srednja vrijednost reprezentativnog uzorka (najmanje 5 pojedinačnih vrijednosti)

²⁾ prekrivenost staklene mrežice najmanje 1 mm, u području preklapanja 0,5 mm

³⁾ ova debljina armaturnog sloja potrebna je u slučaju debeloslojne završno-dekorativne žbuke

IX. Miješanje morta za armaturni sloj

Pri miješanju morta za armaturni sloj valja se pridržavati sljedećih uputa, ovisno o vrsti morta (Slika 2-50):

a) praškasti mort za armaturni sloj

- zamiješati ih prema uputama proizvođača
- koristiti isključivo pitku vodu
- ljeti ne upotrebljavati vodu koja se zagrijala u crijevu
- dopušta se upotreba temperirane vode.

b) pastozni mort za armaturni sloj

- prije uporabe promiješati
- za dobivanje odgovarajuće konzistencije smije im se dodati manja količina pitke vode
- potrebno je pridržavati se uputa proizvođača.



Slika 2-50 Miješanje morta za armaturni sloj: a) električna miješalica; b) horizontalna miješalica [49]

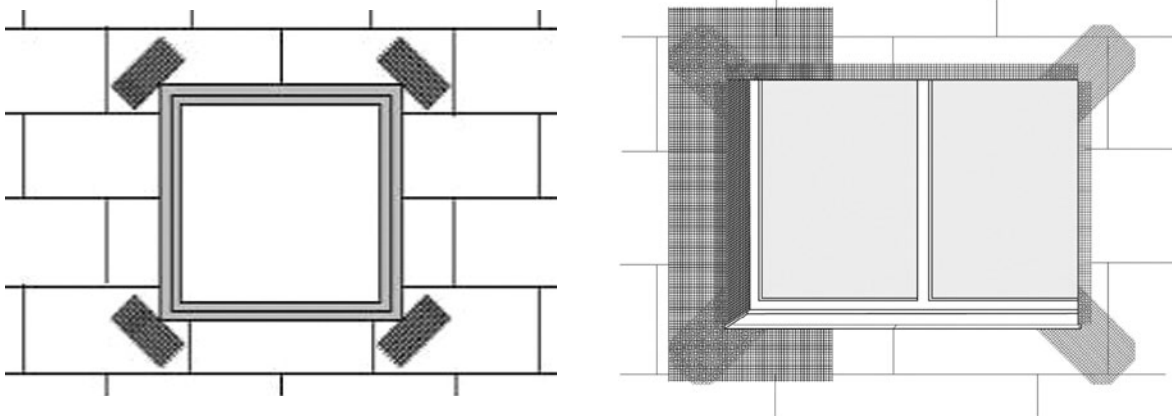
X. Dijagonalno armiranje

Na uglovima otvora prozora i vrata potrebno je izvesti dijagonalno armiranje (Slika 2-51). Ono se izvodi polaganjem staklene mrežice u svježi mort za armaturni sloj točno na uglove otvora pod kutom od $\approx 45^\circ$ prije punoplošnog nanošenja mrežice (Slika 2-52). Minimalna dimenzija armaturnih traka iznosi 20x40 cm.

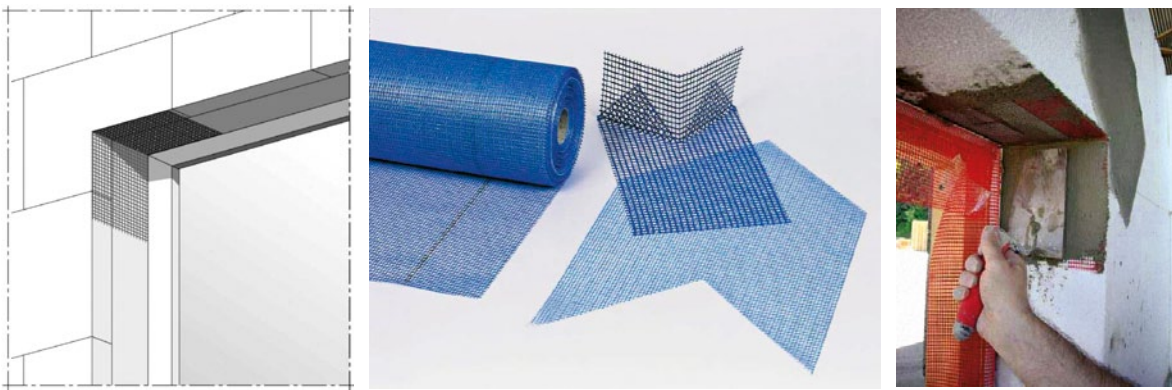
Moguće je također koristiti specijalne proizvode od staklene mrežice koji olakšavaju dijagonalno armiranje uglova otvora, kao i armiranje unutarnjih uglova špaleta (Slika 2-53).



Slika 2-51 Dijagonalno armiranje uglova prozora



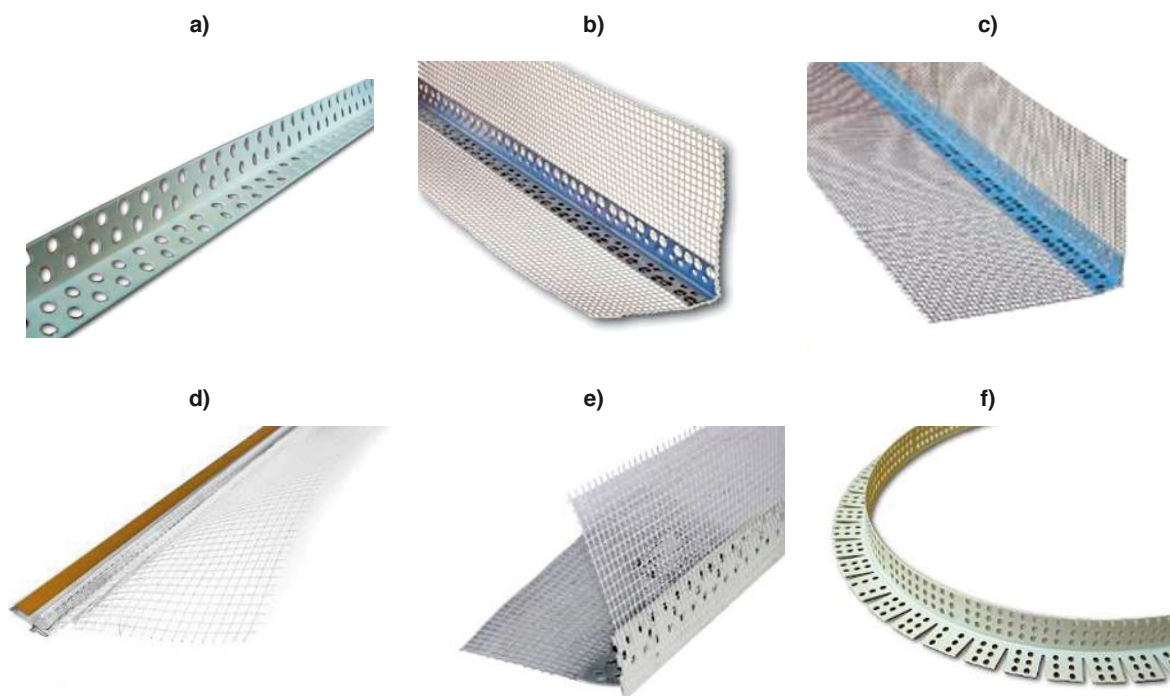
Slika 2-52 Shematski prikaz dijagonalnog armiranja [49]



Slika 2-53 a) Armiranje uglova (shematski); **b)** proizvodi za armiranje uglova otvora [76], [49]

XI. Izvedba rubova i kutova

Kod izvedbe kutova i rubova ETICS sustava, obično se koriste metalni zaštitni profili sa staklenom mrežicom, za različite namjene (Slika 2-54).



Slika 2-54 Pribor za ETICS sustav: **a)** aluminijски zaštitni profil; **b)** aluminijски zaštitni profil sa staklenom mrežicom; **c)** PVC zaštitni profil sa staklenom mrežicom; **d)** profil za armiranje špaleta; **e)** okapni profil; **f)** zaštitnik rubova svodova [90], [91], [92], [93], [94]

Pri postavljanja kutnih profila sa staklenom mrežicom mort za armaturni sloj treba nanijeti u širini većoj od širine profila s mrežicom. Spoj površinske armature izvodi se s preklopom od najmanje 10 cm (Slika 2-55).

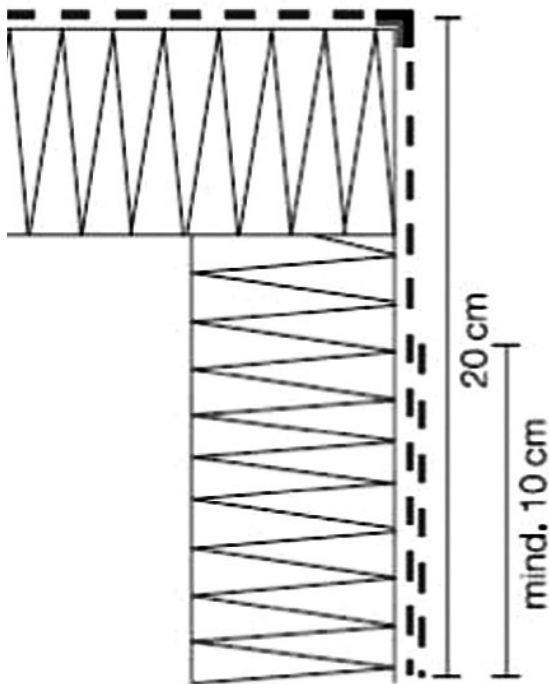


Slika 2-55 Izvedba ruba i kuta pomoću kutnog profila

Napomena: Pri postavljanju treba paziti da mrežica i kruti dio profila nisu naslonjeni na toplinsku izolaciju, tj. da debljina morta između izolacije i profila, odnosno mrežice bude najmanje 1 mm. Kod postavljanja profila mort za armiranje mora proći kroz rupe profila.



Slika 2-56 Izvedba ruba i kuta pomoću kutnog profila [49], [95]



Slika 2-57 Oblikovanje kutova bez gotovih kutnih profila

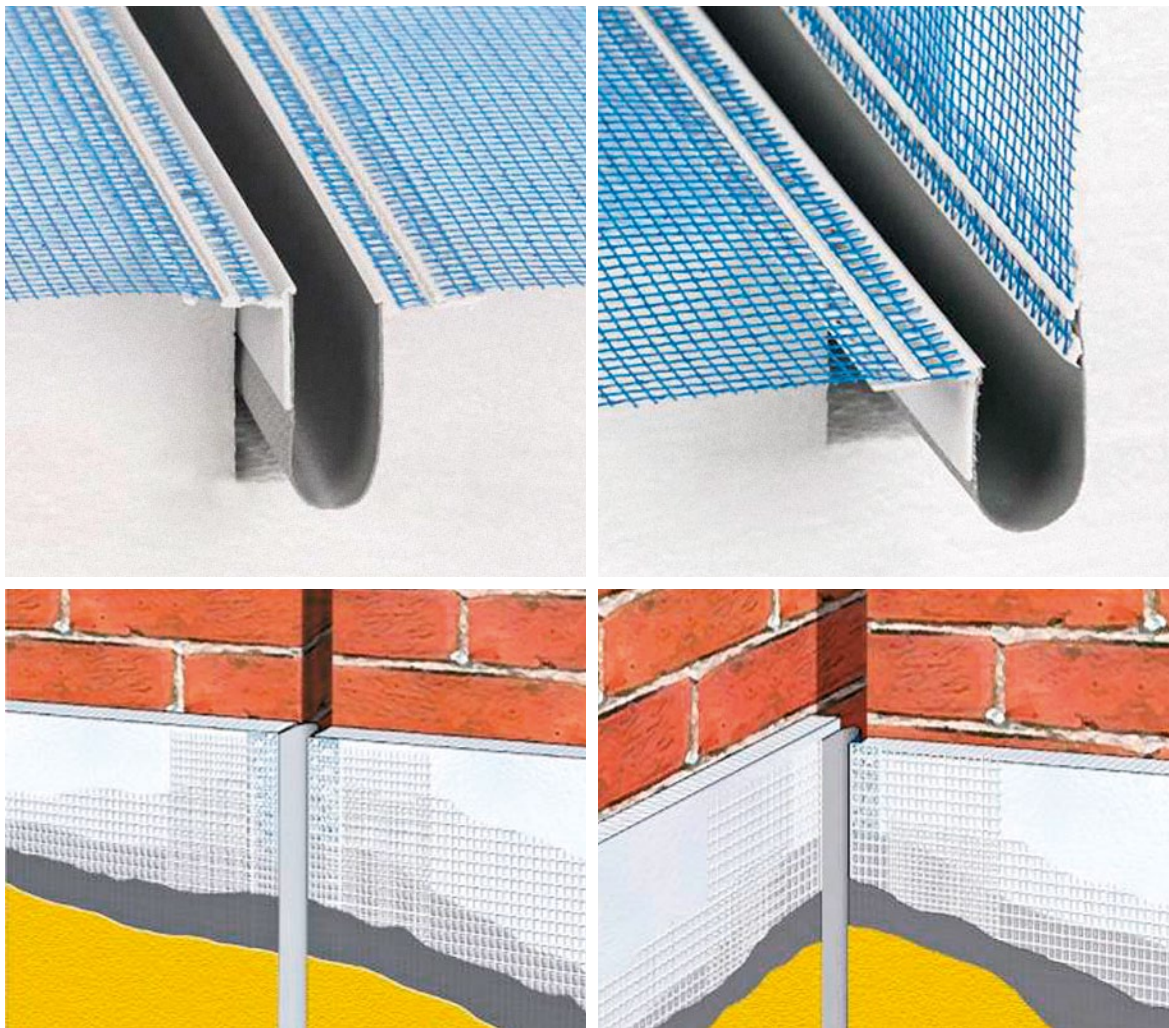
Oblikovanje kutova bez gotovih kutnih profila izvodi se tijekom površinskog armiranja. Trake staklene mrežice vode se sa svake strane kuta u širini cca 20 cm i s preklapom od najmanje 10 cm (Slika 2-57).

Dilatacije zgrade izvode se korištenjem dilatacijskih profila (Slika 2-58). Takvi profili obično dopuštaju dilatiranje ETICS sustava za ± 15 mm.

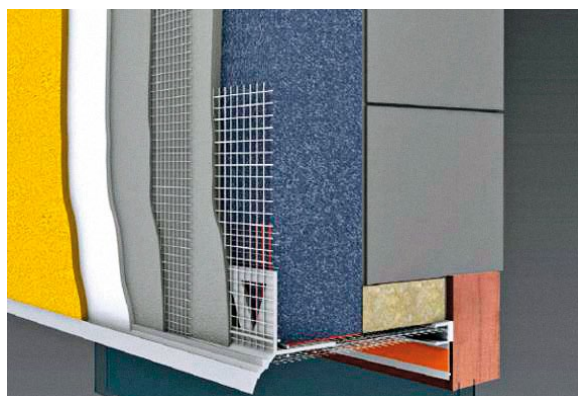
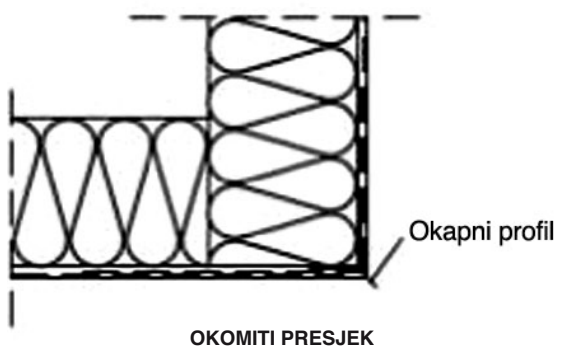
Oblikovanje okapnog ruba (vodoravni spoj površine fasade i podgleda, gornji rubovi otvora) pravilno se izvodi kako je prikazano na slici 2-59.

Unutarnji kutovi mogu se izvesti na dva načina:

- na isti način kao i izrada kutova pomoću kutnih profila s integriranom mrežicom
- identično kao i izrada uglova bez profila s prijelazom mrežice 20 cm i preklapom 10 cm; izvodi se tijekom izrade armaturnog sloja (Slika 2-60).



Slika 2-58 Dilatacijski profil [96], [97]



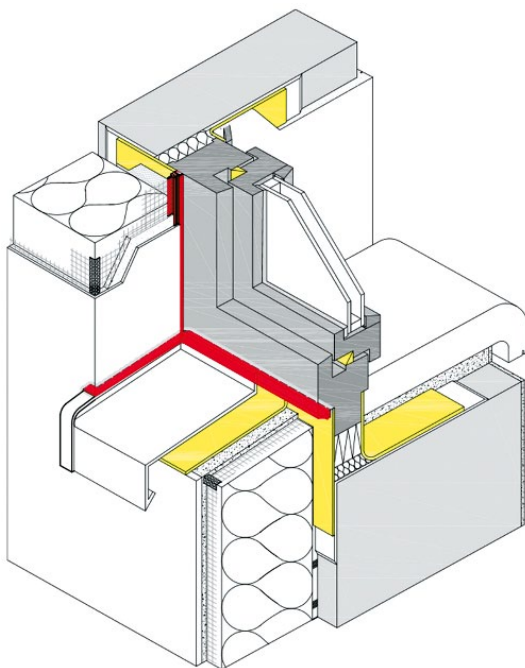
Slika 2-59 Oblikovanje okapnog ruba [98]



Slika 2-60 Armiranje **a)** kutova; **b)** spoja s doprozornikom [49]

Kako bi se osigurala pravilna funkcija letvice za spoj žbuke i stolarije (Slika 2-60 b)), ugrađivač prozora mora pričvrstiti prozore i vrata prema najnovijem stanju tehnike, tako da se isključi njihovo nedopušteno pomicanje, pri tome je potrebno pridržavati se odgovarajućih smjernica (npr. RAL Udruženja za promicanje kvalitete prozora i kućnih vrata). Osim što ugrađivači prozora moraju prozore ugrađivati vodeći računa o nepropusnosti za udare kiše, i izvođač ETICS-a mora jamčiti isto takvu izvedbu vrata i prozora na povezanom sustavu za vanjsku toplinsku izolaciju koja će osiguravati otpornost na udare kiše (Slika 2-61).

Podloga za lijepljenje mora biti ravna, čista, suha, nezamrzuta, stabilna i slobodna od bilo kakvih materijala (npr. masnoća, prljavštine), koji bi mogli nepovoljno utjecati na vezivanje.



Slika 2-61 Prikaz ugrađene letvice za spoj žbuke i stolarije

Letvice za spoj žbuke i stolarije postavljaju se neposredno prije montaže susjednih toplinsko izolacijskih ploča. U uglovima (nadvoj prozora) najprije se postavljaju vertikalne letvice maksimalne dužine, a potom horizontalni profil između vertikalnih profila. Staklena mrežica za plošno armiranje koje slijedi, mora se razvući do plastičnog profila pri čemu integrirana staklena mrežica u profil, Slika 2-54 d) mora biti položena s preklopom od oko 10 cm. Ako je dužina spoja veća od profilne šipke – dakle preko 230 cm – potrebno je voditi računa o sljedećem:

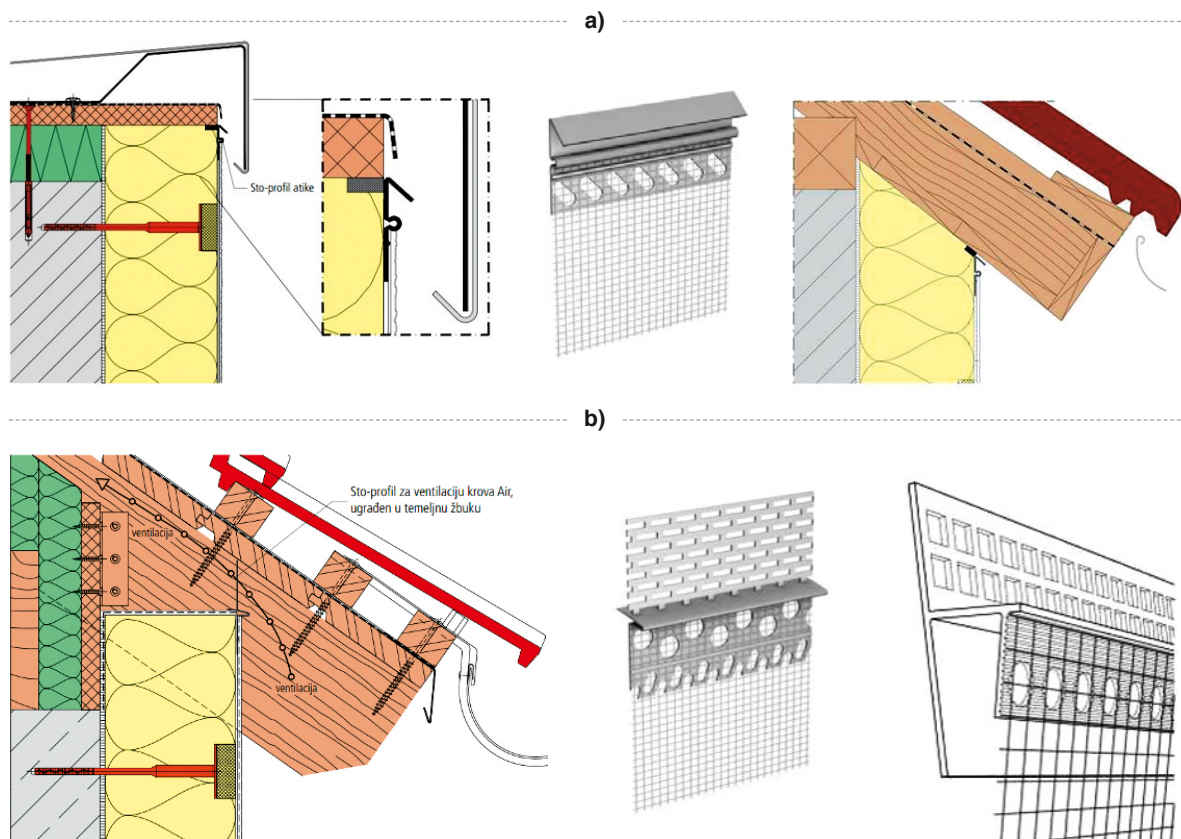
- susjedni profili ne smiju se spajati tako da budu priljubljeni jedan uz drugi, već s reškom širine 2 mm;
- u okomici: profil originalne dužine umetnite dolje, a iskrojeni dio gore (dijagonalno prema unutra) (što je reška pomaknuta dalje u smjeru nadvoja prozora, to će biti zaštićenija od udara kiše);
- popunite masom za fugiranje na fasadama.

Na ovaj način kompenzirat će se toplinski uvjetovane promjene dužine kod letvice za spoj žbuke i stolarije.

XII. Spoj krova i zida

Gornji završetak ETICS sustava je spoj krova i zida. I ovdje je jedan od glavnih zadataka spriječiti prodiranje vode, a time i teška oštećenja cijelog sustava.

Razvijeni su specijalizirani profili za priključak ETICS sustava na pokrove atike kao i neventilirane i ventilirane krovove (Slika 2-62). Profil atike posjeduje savinut okapni rub koji služi kao barijera za oborinsku vodu koja se penje uslijed vjetrova koji na nju djeluje. Kod ventiliranih krovova koriste se specijalizirani profili s integriranom ventilacijskom rešetkom koja sprječava ulazak sitnih životinja, a time i oštećenja koja one često uzrokuju.



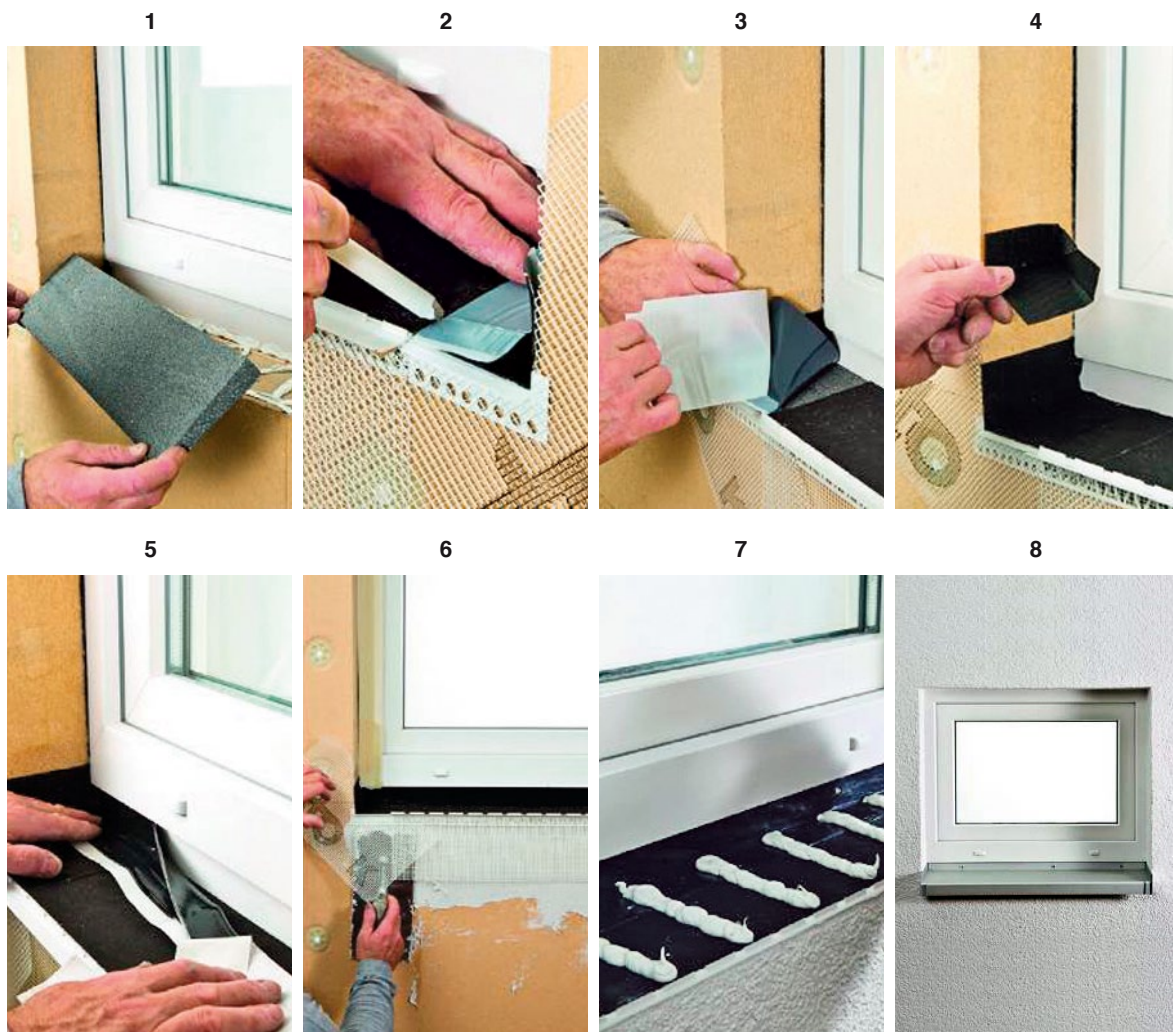
Slika 2-62 Završetak ETICS sustava spoj krova i zida: **a)** kod atike i neventiliranog krova (presjek i profil); **b)** kod ventiliranog krova (presjek i profil) [49]

XIII. Ugradnja prozorskih klupčica

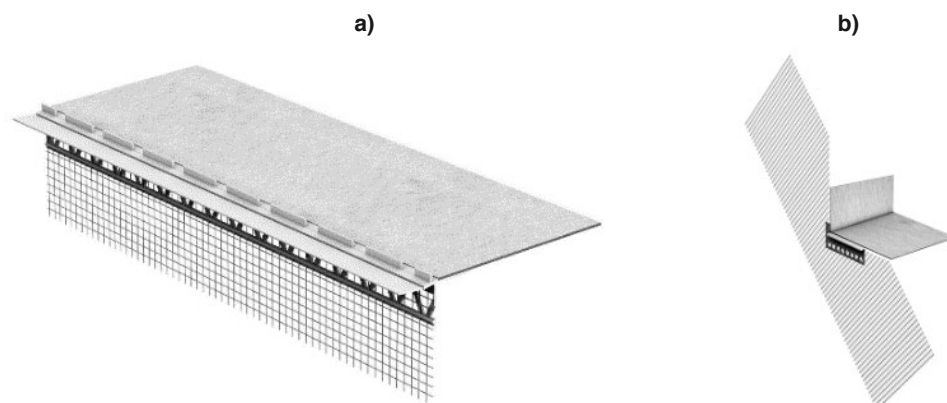
Proces ugradnje prozorskih klupčica započinje ugradnjom klinaste izolacijske ploče koja se lijepi na izolaciju same fasade (Slika 2-63). Središnji element (Slika 2-64 a) treba skratiti na širinu parapeta minus

2x80 mm. Potrebno je ucrtati položaj središnjeg elementa na parapet, što znači da sa svake strane parapeta, i lijevo i desno, treba uzeti u obzir razmak od špaleta od 80 mm. Središnji element i ugaone elemente potrebno je skrojiti na dubinu špaleta. Prednji rub središnjeg elementa otklopiti prema natrag, skinuti zaštitnu foliju s prednje ljepljive trake i ponovno ju zaklopiti. Čvrsto pritisnuti. Skinuti zaštitnu foliju s ugaonog elementa i čvrsto ga zalijepiti uz preklapanje po cijeloj površini. Sva preklapanja potrebno je pažljivo dodatno obraditi valjkom za spojeve, pazeći na to da ispod ugaonih elemenata ne nastanu nikakvi uključci zraka. Unutarnji uglovi od trake za brtvljenje moraju se zalijepiti točno u uglove parapeta (lijevo i desno) na sve tri strane (prozorska špaleta/prozorski okvir/ druga razina hidroizolacije) bez uključaka zraka. Valjkom za spojeve pritisnuti čvrsto i po cijeloj površini. Zaštitnu traku za brtvljenje zalijepiti za prozorski okvir (koristiti prikladne alate – valjke za spojeve).

Nanijeti mort za armaturni sloj žbuke ispod staklene mrežice profila, te mrežicu utisnuti u mort. Daljnji postupak armiranja žbuke te nanošenja završno-dekorativnog sloja opisan je u prethodnom i daljnjem tekstu.



Slika 2-63 Proces ugradnje prozorske klupčice [49]



Slika 2-64 Specijalizirani profili za ugradnju prozorske klupčice: **a)** središnji element; **b)** ugaoni element [49]

Fiksiranje profila prozorske klupčice provodi se ljepljivom, svakih deset centimetara po sredini iza lamela za odvođenje vode, a specijalizirano ljepljivo (preporuka proizvođača) se nanosi gusjeničasto. Pripremljeni profil prozorske klupčice umeće se u prozorski otvor i pažljivo pritisne. Ne smije se zaboraviti na izvođenje spojeva (fuga) zbog dužinskog temperaturnog istezanja prozorske klupčice.

Spojevi između izolacijskog materijala i drugih dijelova zgrade (doprozornika, dovratnika, prozorskih klupčica, itd) moraju biti vodootporni, odnosno, moraju spriječiti prodor vode u građevne dijelove, a istovremeno dopustiti širenje i skraćivanje zbog temperaturnog rada. Obično se za ovu namjenu koriste ekspanzirajuće trake koje nakon ugradnje ekspandiraju i brtve sve dijelove (Slika 2-65 i Slika 2-66).



Slika 2-65 Ugradnja i brtvljenje prozorske klupčice [99], [49]

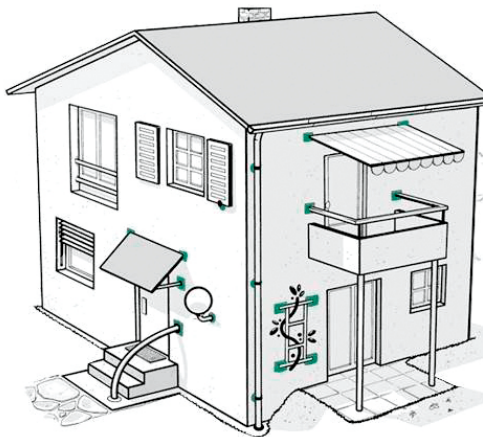
Potrebno je naglasiti kako silikonske kitove ili poliuretanske kitove ili druge mase za zapunjavanje fuga u ovom slučaju nije uputno koristiti zbog toga što oni s vremenom gube svoja svojstva, naročito elastičnost, postaju krta te zahtijevaju redovito održavanje i zamjenu.



Slika 2-66 Izgled spoja ETICS sustava i prozorske klupčice [49]

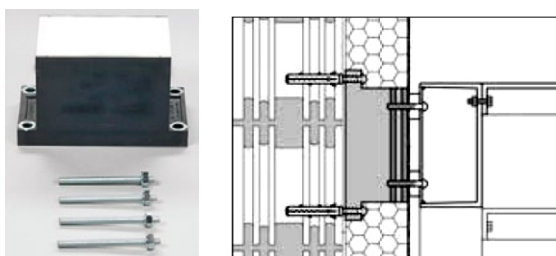
XIV. Pričvršćivanje elemenata

Povezani sustav za vanjsku toplinsku izolaciju više je od fasade. On ispunjava složene i vrlo različite zahtjeve kao na primjer one u pogledu pričvršćivanja različitih dodatnih elemenata: svjetiljaka, poštanskih sandučića, žljebova i oluka, satelitskih priključaka, nadstrešnica koji isto kao i završna žbuka spadaju u sastavne dijelove pročelja (Slika 2-67). U idealnom se slučaju već kod projektiranja zgrade ili njezine modernizacije planiraju potrebna mjesta montaže. Samo ako izvođač radova može izvesti točke pričvršćivanja prema projektu, izbjeci će se improvizirana rješenja koja su svakako mnogo sklonija oštećenjima. Osobito nepovoljan čimbenik kod nekog povezanog sustava za vanjsku toplinsku izolaciju je toplinski most koji smanjuje funkcionalnost fasade jer se na taj način dobar dio toplinske izolacije uništava. U izvjesnim okolnostima pogrešno pričvršćivanje može čak prouzročiti oštećenja na supstanci zgrade. Zahvaljujući specijaliziranom priboru za ETICS (Slike 2-68, 2-69, 2-70, 2-71), ovakve je situacije moguće energetski učinkovito riješiti.



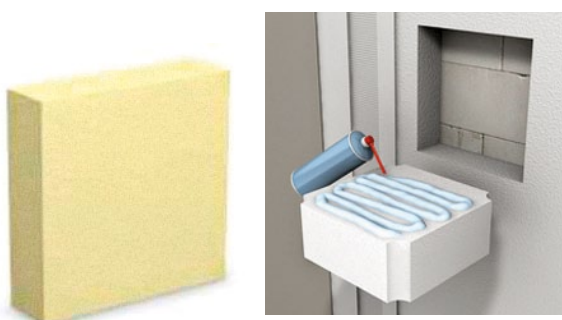
Slika 2-67 Pričvršćivanje dodatnih elemenata na ETICS sustav [100]

Montažni elementi za teške dijelove (Slika 2-67), trebaju biti dokazani odgovarajućim statičkim dokazom s pretpostavljenim opterećenjima specifičnima za pojedini slučaj, a sve na temelju karakterističnih pokazatelja proizvoda.



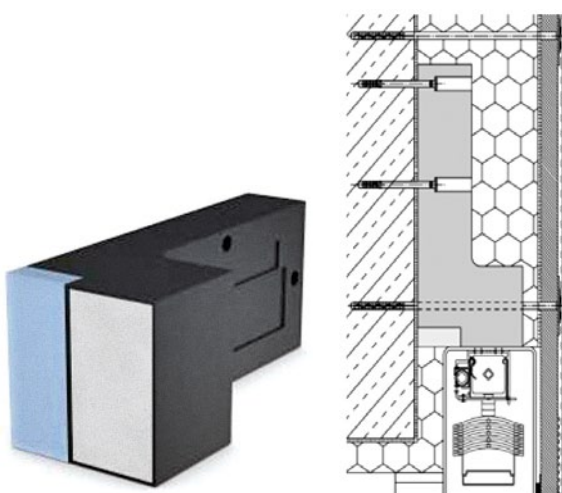
Montažni element od tvrde poliuretanske pjene i pjenasto oblikovanih metalnih ploča

- Za pričvršćivanje teških predmeta kao što su satelitski priključci ili rukohvati.
- Integrirana aluminijska ploča za pričvršćivanje predmeta na fasadu.
- Vanjska fenolna ploča osigurava optimalnu raspodjelu naprezanja po površini, te istovremeno prekida toplinski most između čeličnih i aluminijskih dijelova.



Montažni element od tvrde poliuretanske pjene

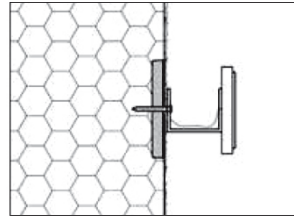
- Usidrenje se izvodi izravno u podlogu, a ne u blok



Montažni element od tvrde poliuretanske pjene i pjenasto oblikovanih metalnih ploča

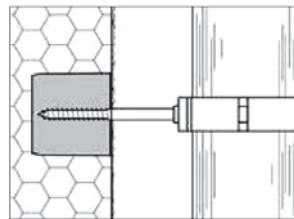
- Za montažu francuskih balkona, kutija za rolete, žaluzine ili pak grilja

Slika 2-68 Montažni elementi za teške dijelove [101], [49]



Montažna pločica od polipropilena u koju se može direktno pričvrstiti vijak

- Za sigurno pričvršćivanje vrlo laganih predmetna, npr. vodilica za rolete ili natpisnih pločica
- Ugradnja: u toplinskom izolatoru glodalom se izvede udubljenje i zalijepi se pločica
- Zahvaljujući maloj debljini, vrlo je prikladna za špalete



Montažni cilindar od vrlo čvrstog EPS-a

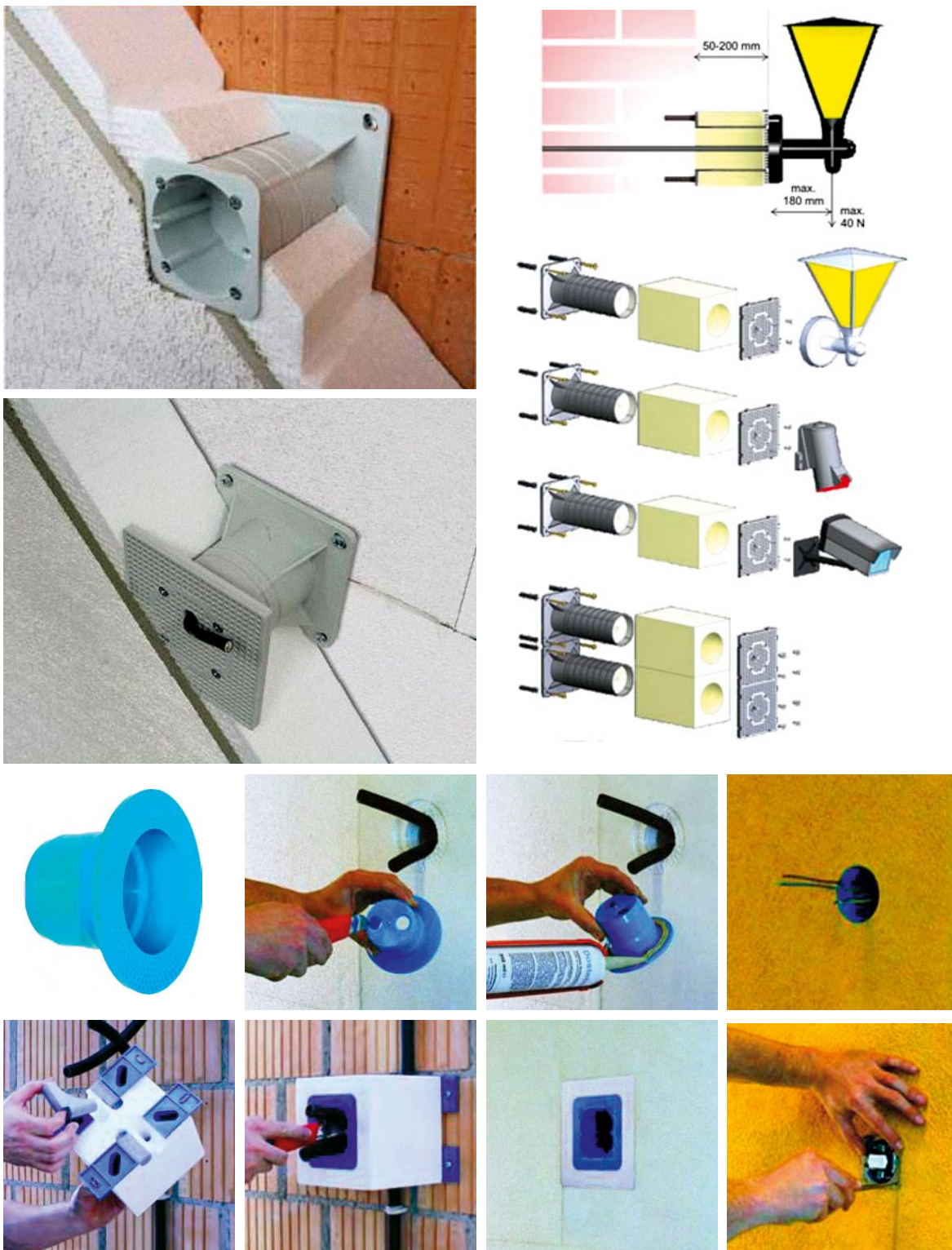
- Za sigurno pričvršćivanje laganih predmeta poput žljebova i oluka ili vješalica za odjeću
- Ugradnja: u toplinskom izolatoru glodalom se izvede udubljenje i zalijepi se cilindar



Šipka (1 m) od vrlo čvrstog EPS-a, koja se na licu mjesta može prilagoditi potrebnoj debljini toplinskog izolatora

- Pritisna podloška i mjesto za montažu u jednom
- Za poštanske sandučice, cijevne obujmice, svjetiljke i sl.

Slika 2-69 Montažni elementi za lagane predmete [49], [102]



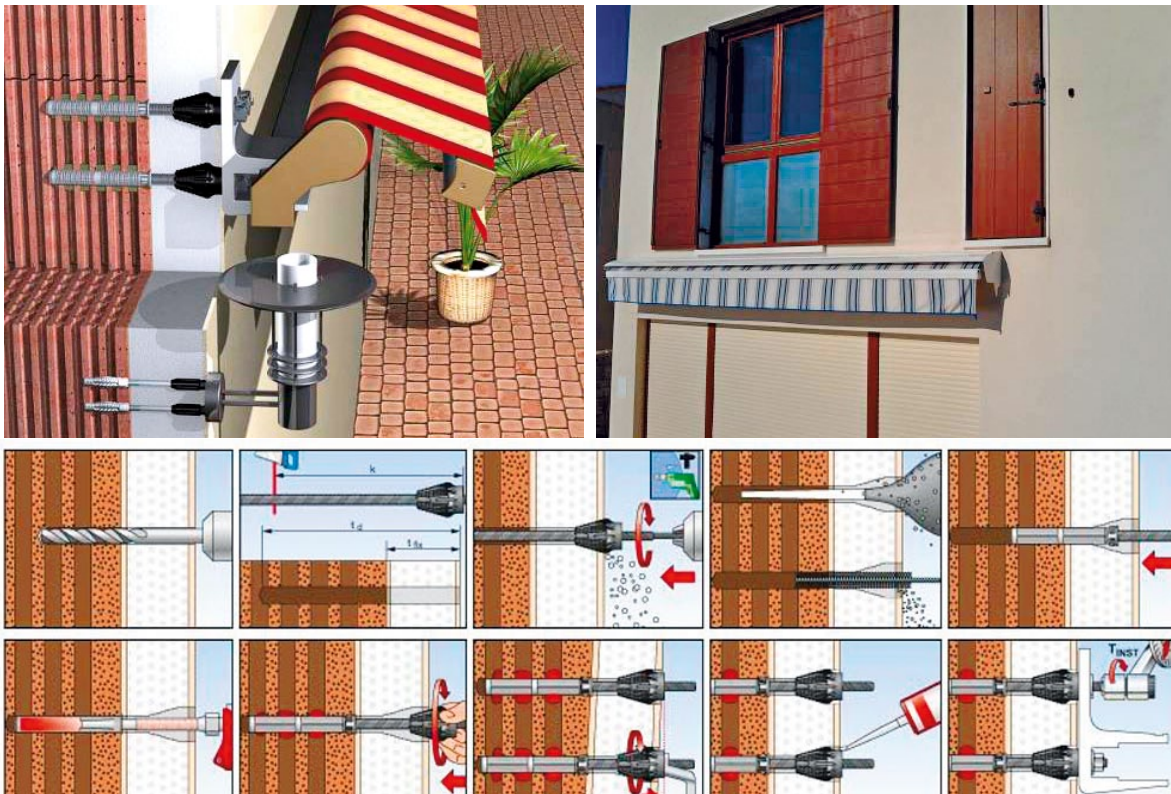
Slika 2-70 Montažni elementi za montažu vanjskih rasvjetnih tijela i drugih uređaja vezanih na električnu energiju [102], [103], [104], [105], [106]



Slika 2-71 Prikaz funkcioniranja vijčanog spoja s prekidom toplinskog mosta [107]

Osim navedenog, pričvršćivanje teških elemenata može se izvoditi i vijčanim spojevima, korištenjem specijaliziranih pričvrsnica i vijaka koji omogućuju prekid toplinskog mosta (Slika 2-72).

Prekid toplinskog mosta omogućuje tzv. konus modul od plastike ojačane staklenim vlaknima koji povezuje pocinčano sidro izrađeno od nehrđajućeg čelika s vijkom za montažu (Slika 2-71). Obodnu fugu koja nastaje tijekom instalacije zatvara se fleksibilnim trajnim brtvilima i pripadajućom posebnom zaštitnom kapom.



Slika 2-72 Montaža teških elemenata pomoću vijčanih spojeva [108]

XV. Završno-dekorativna žbuka

Nakon propisanog vremena sušenja armaturnog sloja i predpremaza (pri čemu treba slijediti upute proizvođača) i u odgovarajućim vremenskim uvjetima može se započeti s nanošenjem završno-dekorativne žbuke.

Kod preuranjenog nanošenja završno-dekorativne žbuke postoji rizik nastanka mrlja, a u ekstremnim primjerima može doći i do pojave mjehura, odnosno pucanja.

Ovisno o izvedenom sustavu mogu se nanositi različite vrste završno-dekorativne žbuke. Najmanja potrebna debljina završno-dekorativne žbuke zrnaste strukture je 1,5 mm, a žljebaste strukture – 2 mm.

XVI. Stupanj refleksije

Stupanj refleksije (albedo, bjelina) je numerička vrijednost koja označava količinu reflektirane sunčeve svjetlosti. Što je vrijednost niža, nijansa je tamnija, a fasada se više zagrijava. Time se povećavaju toplinska naprezanja u armaturnom i završnom sloju te rizik pojave pukotina.

Kako bi se smanjio rizik stvaranja pukotina, stupanj refleksije (ovisno o vrsti veziva završno-dekorativne žbuke) mora biti veći od:

- ≥ 25 za akrilatnu i silikonsku žbuku
- ≥ 30 za silikatnu žbuku
- ≥ 50 za plemenitu tankoslojnu mineralnu žbuku (1,5 do 4 mm).

Isto vrijedi i za vanjske fasadne boje na završno-dekorativnim žbukama.



Slika 2-73 Tipična temperaturna krivulja na izoliranom vanjskom zidu, upijanje sunčevog zračenja ovisno o boji fasade [109] [110]

XVII. Nanošenje predpremaza

Vrsta predpremaza mora biti usklađena s vrstom završno-dekorativne žbuke, pri čemu treba slijediti upute proizvođača. Ukoliko mort za armaturni sloj i završno-dekorativna žbuka imaju isto vezivo (disperzijsko vezivo ili mineralnu mješavinu vapna i cementa), predpremaz se eventualno može izostaviti. Predpremaz se nanosi valjkom ili četkom i može biti razrijeđen vodom (prema uputama proizvođača) (Slika 2-74). Predpremaz će ujednačiti upijanje podloge, čime se postiže ujednačeni

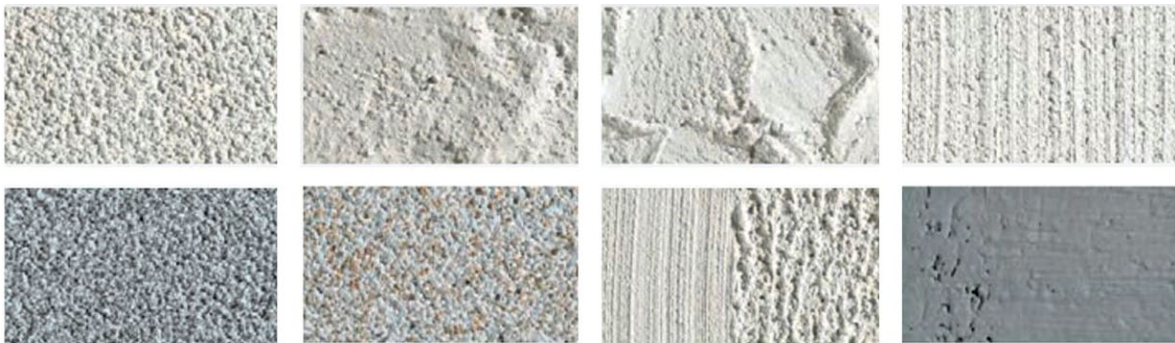


Slika 2-74 Miješanje i nanošenje predpremaza

izgled završno-dekorativne žbuke. Predpremaz se treba sušiti barem 24 sata prije nanošenja završno-dekorativne žbuke.

XVIII. Nanošenje završno-dekorativne žbuke

Završno-dekorativna žbuka može se nanositi ručno ili strojno, što ovisi o vrsti žbuke i uputama proizvođača (Slika 2-76). Površinu je moguće strukturirati na razne načine. Ovisno o vrsti materijala i željenoj strukturi, struktura se može postići odgovarajućim alatom i pritom treba slijediti upute proizvođača (Slika 2-75).



Slika 2-75 *Moguće strukture završno dekorativne žbuke*

Nanošenje i debljina sloja ovisni su o željenoj granulaciji i strukturi završnog dekorativnog sloja, a površina fasade pak o načinu zaribavanja završnog sloja. Višak materijala odstranjuje se gladilicom koja je postavljena na podlogu pod kutom od 90°. Debljina sloja obično je jednaka granulaciji završnog dekorativnog sloja.

Zaribavanje se radi na vlažnom završnom sloju, a izvodi se plastičnom gladilicom kružnim pokretima ako se želi dobiti zrnatu strukturu, te uzdužnim i poprečnim pokretima ako se želi dobiti izgrebana struktura. Za vrijeme sušenja i očvršćivanja završnog dekorativnog sloja buke, fasada se mora zaštititi od izravnog djelovanja jakog sunca, kiše i vjetra. U slučaju niskih temperatura i visoke vlažnosti, sušenje traje dulje vremena.



Slika 2-76 *Nanošenje završno-dekorativne žbuke [49]*

XIX. Završno-dekorativna žbuka za podnožje

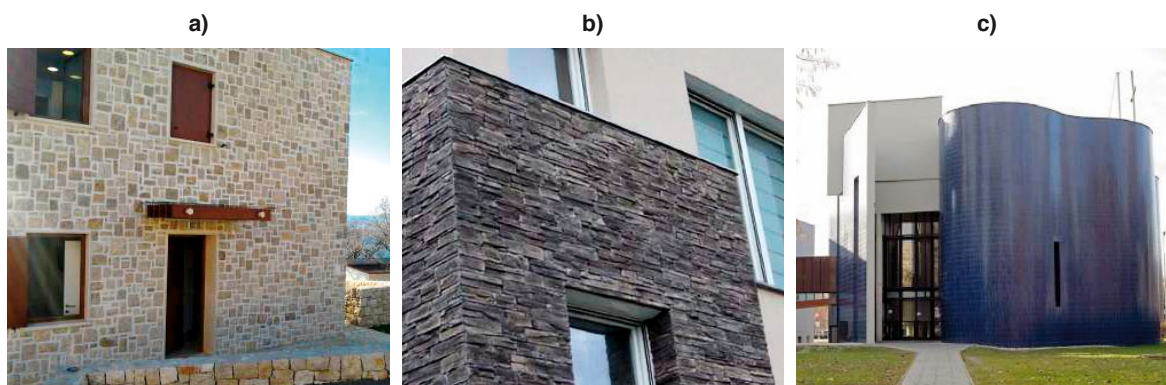
Nakon odgovarajućeg sušenja armaturnog sloja i predpremaza potrebno je nanijeti završno-dekorativnu žbuku veće vodoodbojnosti. S obzirom na to da je ovo područje jako opterećeno vodom, ne preporučuju se završno-dekorativne žbuke na osnovi mineralnog veziva. Međutim, ako se na podnožju ipak želi koristiti takva vrsta završno-dekorativne žbuke, njenu površinu obvezno treba dodatno hidrofobirati primjerenim vodoodbojnim premazom.

U području fasade koja je u dodiru s tlom, odnosno u perimetarnom se području završno-dekorativna žbuka mora zaštititi odgovarajućom izolacijom.

Jedna od mogućnosti završne obloge ETICS sustava su kamen i keramika (Slika 2-78).



Slika 2-77 Moguće strukture završno-dekorativna žbuke za podnožja [111]



Slika 2-78 Obloga ETICS sustava s: a) prirodnim kamenom; b) umjetnim kamenom; c) keramikom [112], [113]

2.1.1.5 Zahtjevi za obloge

I. Vrste obloga

Keramičke pločice

Kad je riječ o keramičkim oblogama, mogu se koristiti sve keramičke pločice iz grupa A1, B1a, B1b, A2a, B2a (prema HRN EN 14411), koje su otporne na smrzavanje prema (HRN EN ISO 10545-12). Zahtjevi koje moraju ispunjavati obloge od keramičkih pločica odnose se na nekoliko njihovih svojstava:

- **površina ploča** ne smije biti veća od 0,09 m²;
- **dimenzije ploča (oblik)** – dužina jedne stranice ne smije prelaziti 30 cm, čime se postiže ujednačen termički rad s podlogom u uzdužnom i poprečnom smjeru. Ako je riječ o ekstrudiranim pločama iz grupe A1 (vodoupojnosti ≤3 %) koje se koriste kao obloga, dimenzije mogu odstupati od navedenih tako da jedna stranica može biti do 40 cm, s tim da debljina ploče ne smije biti veća od 12 mm;
- **debljina ploča** ne smije biti veća od 15 mm. Najveće dopušteno površinsko opterećenje na podlogu (ukupna težina armaturnog sloja, ljepila za pločice i obloge) ne smije prelaziti 35 kg/m²;
- **radijus i volumen pora** – preporuka je da leđna strana pločice bude hrapava (promjer pora manji od 0,20 μm, a volumen pora manji od 20 mm³/g);
- **vodoupojnost obloge** ne smije prelaziti 6 % za obloge koje se postavljaju na izolacijske ploče od EPS-a i 3 % za obloge koje se postavljaju na izolacijske ploče od mineralne vune.

Prirodni i umjetni kamen

Zahtjevi za ove materijale su jednaki kao i za keramičke pločice. U slučajevima kad su za kamene obloge zadovoljeni uvjeti navedeni za keramičke obloge, one se mogu koristiti u skladu s ovim smjernicama. Za sve ostale slučajeve potrebno je konzultirati stručne službe proizvođača kamenih obloga i ETICS-a i obvezno se pridržavati njihovih uputa.

Ovi materijali se u pravilu koriste (režu) u većim debljinama i njihova primjena na toplinsko-izolacijske sustave povećava površinsko opterećenje na podlogu. Ako površinsko opterećenje prelazi gore navedenu granicu (35 kg/m²), primjena obloga od prirodnog ili umjetnog kamena postaje restriktivna, pogotovo stoga što ne postoji tehnička regulativa u RH za primjenu navedenih materijala na ETICS.

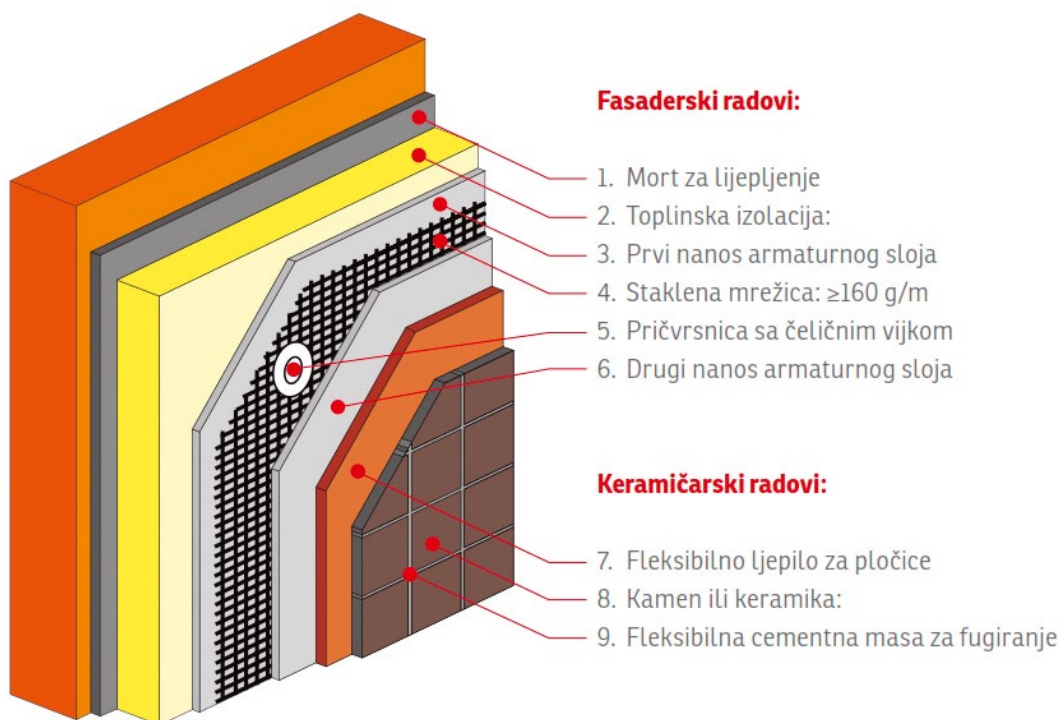
II. Izvođenje

Budući je riječ o specifičnom ETICS sustavu s vrlo visokim rizikom od građevinskih šteta, izvođenje je potrebno provesti posebno pažljivo i povjeriti ga isključivo pouzdanim izvođačima.

Podloga za ETICS sustave s kamenom ili keramičkom oblogom mora biti dovoljno nosiva kako bi preuzela težinu sustava. Za ETICS sustav s kamenom ili keramičkom oblogom pogodne su sljedeće podloge:

- beton čvrstoće veće od C16/20
- puna i šuplja opeka sa ili bez sloja žbuke
- šuplji i puni blokovi (blokovi od letećeg pepela i agregata)

Ostale podloge, kao što su porobeton, cementno vezani blokovi s drvenom strugotinom, betonskom jezgrom, s ili bez integrirane dodatne izolacije, drvene podloge, suho-montažne ploče (gips-vlknaste, cementne i sl.), starogradnja i/ili postojeće ožbukane podloge, postojeći ETICS sustavi, **nisu pogodne za nanošenje ovakvih sustava.**



Slika 2-79 Struktura ETICS sustava s oblogom [112]

Specifičnosti fasaderskih radova

Za ove sustave smiju se koristiti sljedeći toplinsko-izolacijski materijali:

- ploče i lamele mineralne vune (MW)
- ploče ekspaniranog polistirena (EPS)
- ploče ekstrudirane polistirenske pjene (XPS) ali samo za područje podnožja i prskanja vodom.

Za sustave na osnovi drugih toplinsko-izolacijskih materijala ne postoje iskustva i ne preporučuje se njihova primjena za ove obloge.

Smiju se koristiti **samo praškasti polimer-cementni mortovi** za lijepljenje, a minimalna pokrivenost ploče ljepilom (u slučaju nanošenja ljepila po rubu i točkasto u sredini) nakon pritiska ploče na podlogu iznosi 60 %. **Zabranjena je upotreba pastoznih mortova.**

Kako bi se smanjilo opterećenje na podlogu uslijed sidrenja pričvrsnice, najveća **dopuštena debljina toplinske izolacije je 20 cm.**

Daljnja pravila vrijede kao i kod uobičajenih ETICS sustava!

Sam postupak se stoga neće ponavljati, s obzirom da je opisan za slučaj ETICS sustava sa završnom žbukom, već će se ovdje istaknuti samo razlike i specifičnosti:

- U svježi mort se utiskuje staklena mrežica odozgo prema dolje laganim pritiskom gladilicom uz minimalni preklop od 10 cm. Gustoća staklene **mrežice mora biti $\geq 160 \text{ g/m}^2$** .
- Postavljanje pričvrsnica kod sustava s kamenom ili keramičkom oblogom uvijek se provodi tako da je **rozeta pričvrsnice iznad staklene mrežice**, tj. postavlja se neposredno nakon utiskivanja mrežice u svježi prvi nanos morta za armiranje.
- Pričvrsnica mora biti **isključivo s čeličnim vijkom** promjera rozete ≥ 60 mm. Kako bi se težina obloge mogla učinkovito prenijeti u podlogu, duljina sidrenja čeličnog vijka mora biti, ovisno o vrsti podloge, od 25 do 65 mm, odnosno prema preporuci proizvođača.
- S obzirom na to da se postavljanje pričvrsnica izvodi kroz mrežicu, **moгу se koristiti obje sheme, T i W**, a kod sustava s lamelama mineralne vune nije potrebno koristiti dodatnu rozetu širine 140 mm. Radi poštivanja pravila da pričvrsnica mora prolaziti kroz sloj morta za lijepljenje, preporučuje se, prije postavljanja pričvrsnica, iscrtati shemu postavljenih ploča.
- **Drugi nanos morta za armiranje** potrebno je **naniјeti unutar 24 sata** od umetanja mrežice koja mora biti prekrivena barem 1 mm mortom za armiranje. **Pozicija mrežice mora biti u gornjoj trećini sloja**.
- **Vrijeme sušenja** armaturnog sloja prije lijepljenja kamena ili keramike je **najmanje 7 dana**.
- Ukupna debljina armaturnog sloja mora biti **između 5 i 8 mm**.

Specifičnosti keramičarskih radova

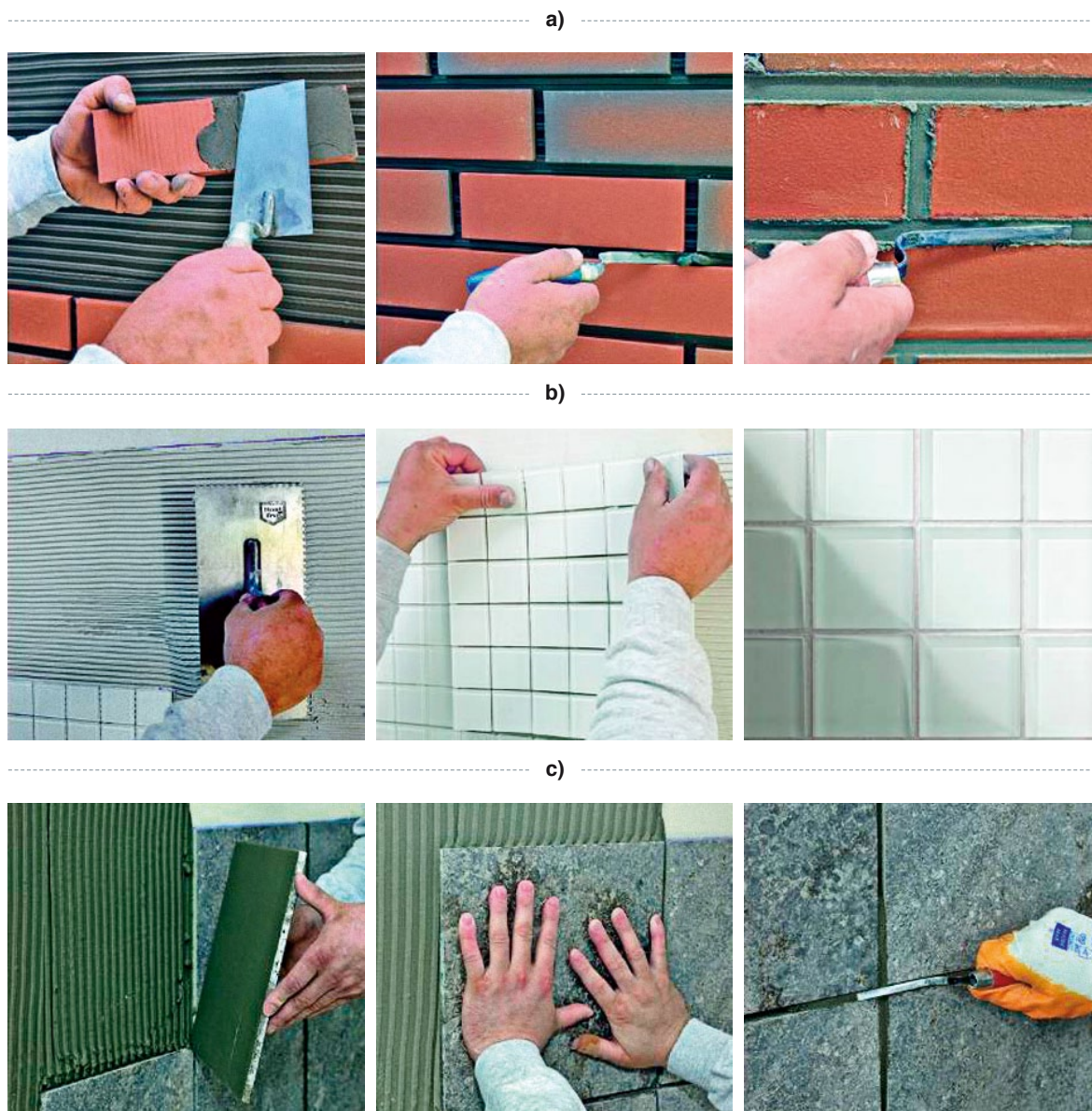
Obloga keramikom ili prirodnim/umjetnim kamenom lijepi se na očvršli armaturni sloj nakon minimalno 7 dana sušenja. Tankoslojno fleksibilno cementno ljepilo za pločice (minimalni zahtjev je razred S1 prema HRN EN 12002) nanosi se metodom *floating-buttering*. Glatkom stranom gladilice treba nanijeti tanki sloj ljepila punoplošno na podlogu, a potom deblji sloj ljepila te ga pročešljati nazubljenom stranom gladilice. Isti postupak ponoviti na stražnjoj strani obloge. Tako pripremljena obloga čvrsto se pritisne na podlogu tako da se ostvari stopostotni kontakt obloge s armaturnim slojem. Višak ljepila u fugi mora se odstraniti. Zub gladilice mora biti 6 mm za glatku, a 10 mm za profiliranu leđnu stranu obloge.

Fugiranje (Slika 2-80), keramičke obloge izvodi se nakon **najmanje 48 sati od lijepljenja** fleksibilnim cementnim masama za fugiranje prema preporuci proizvođača.

Kod planiranja izvođenja keramičkih obloga na ETICS sustave svakako mora biti predviđeno izvođenje detalja kao što su:

- fuge,
- priključci i završetci,
- prodori.

Razdjelne fuge (fuge kojima se odvajaju dijelovi obložene površine kako bi se spriječile štete uzrokovane naprezanjem uslijed djelovanja higro-termičkih promjena i težine obloge, Slika 2-80 b)) potrebno je izvesti **trajno elastičnim fasadnim kitom** na okomitim razmacima od najviše 8 m, a vodoravnim 4 m. Širina

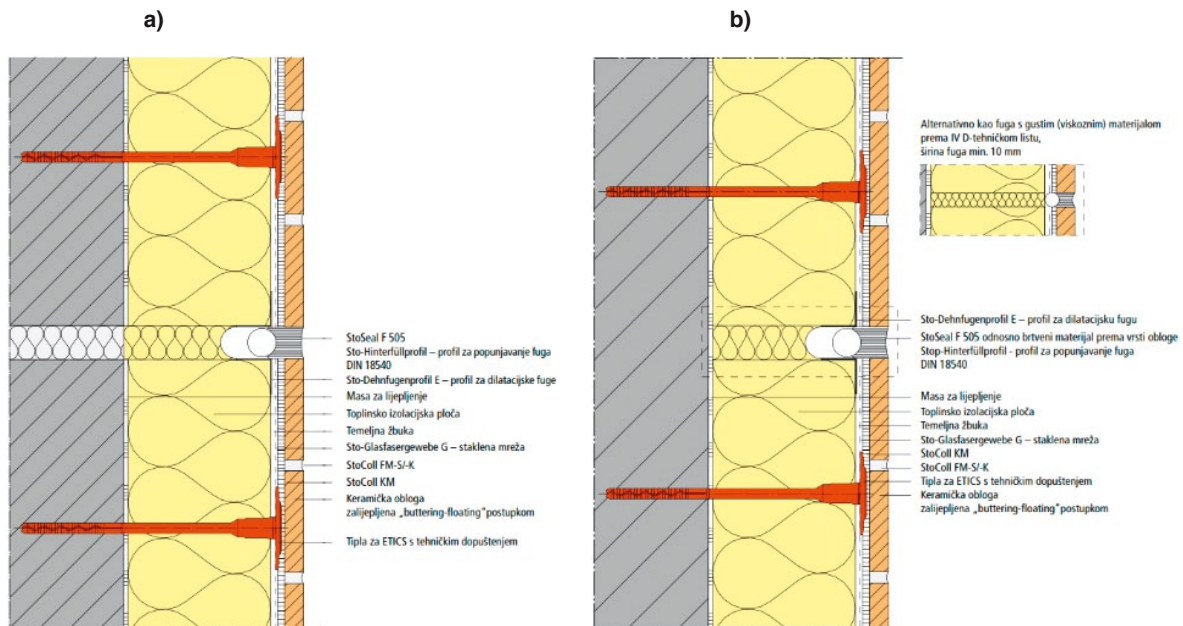


Slika 2-80 Izvedba tvrde obloge na ETICS sustav: **a)** keramičke pločice; **b)** mozaik pločice; **c)** kamene ploče [49]

razdjelne fuge ovisi o vrsti i dimenziji obloge (u pravilu od 3 do 12 mm). Razdjelne fuge potrebno je izvesti i na uglovima zgrade. Na pretanko izvedenom armaturnom sloju takve fuge uzrokovat će štete.

Dilatacijske fuge objekta (Slika 2-80 a) moraju se prenijeti **kroz cijeli ETICS sustav** u završnu oblogu pomoću odgovarajućeg dilatacijskog profila.

Izvedbom **elastičnih fuga**, npr. na uglovima objekta u samim keramičkim oblogama, mogu se izbjeći lokalna naprezanja koja uzrokuju pojavu pukotina. Svi priključci i završetci izvode se primjenom odgovarajućih profila ili trajno elastičnim fasadnim kitom.



Slika 2-81 Dilatiranje ETICS sustava s keramičkom oblogom: **a)** dilatacijska fuga; **b)** razdjelna fuga [49]

Najčešće greške uzrokovane su:

- pogrešnim izborom obloge (dimenzije, debljina, boja, vodoupojnost itd.);
- nepoštivanjem posebnosti izvedbe ETICS sustava za oblaganje kamenom ili keramikom (npr. nekorištenje pričvrsnice s čeličnim vijkom itd.);
- prevelikim površinama bez izvedbe razdjelnih fuga;
- izvedbom neelastičnih priključaka i završetaka;
- nepravilnim lijepljenjem i/ili fugiranjem obloga (npr. bez *floating-buttering*, bez fuga itd.);
- primjenom neodgovarajućih materijala (npr. nefleksibilno ljepilo ili masa za fugiranje);
- nepoštivanjem vremena sušenja kod pojedinih faza izvođenja;
- nepoštivanjem općih važećih pravila struke.

Procjena gotove površine sustava

Ravnost i pravokutnost površina fasada određuje se u skladu s normom HRN DIN 18202. Izmjerene vrijednosti ravnosti površina ne smiju biti veće od onih definiranih u Tablici 2-9:

Tablica 2-9 Kriterij za ravnost površine gotovog ETICS sustava

Razmak mjernih točaka [m]	0,1	1	4	10	≥ 15
Dozvoljene vrijednosti za gotove površine zidova i podglede [mm]	3	5	10	20	25

Izmjerene vrijednosti za pravokutnost površina trebaju odgovarati dopuštenim vrijednostima navedenim u Tablici 2-10:

Tablica 2-10 Kriterij za pravokutnost površine gotovog ETICS sustava

Razmak mjernih točaka [m]	$\leq 0,5^*$	$> 0,5$	> 1	> 3	> 6	> 15	> 30
		≤ 1	≤ 3	≤ 6	≤ 15	≤ 30	
Dozvoljene vrijednosti za okomite, vodoravne i nagnute površine [mm]	3	6	8	12	16	20	30

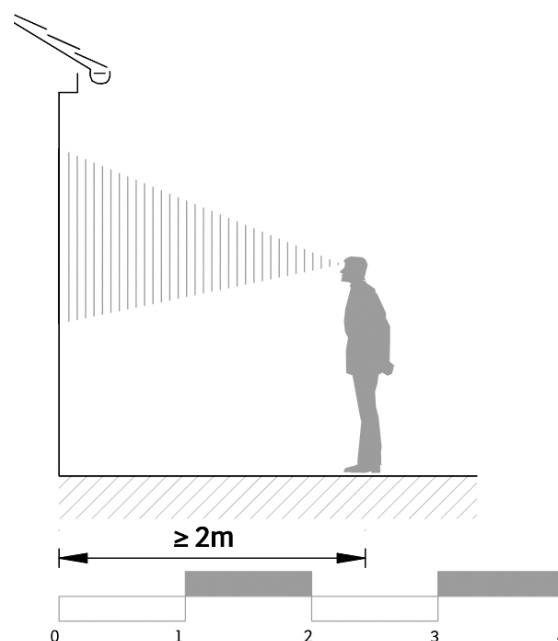
*dozvoljene vrijednosti za razmak mjernih točaka do 1 m nisu regulirane normom HRN DIN 18202. Stručna literatura za razmak do 0,5 m preporučuje vrijednost 3 mm.

Zbog specifičnosti građevine mogu se zahtijevati i strože vrijednosti od normiranih, ali se one moraju prethodno regulirati ugovorom i u pravilu rezultiraju višom cijenom izrade.

Ocjenjivanje nijanse i strukture gotove površine provodi se s udaljenosti od nekoliko metara (u pravilu 2 - 4 m) od fasade, a ne iz neposredne blizine, okomito na površinu fasade (ne iskosa) (Slika 2-82). Neujednačenosti ne smiju biti vidljive kod normalnog izvora svjetla (ne koso položenog).

Usporedba strukture i nijanse gotove fasade s unaprijed izvedenim manjim uzorkom može se koristiti samo uvjetno jer uvjeti tijekom izrade uzorka i fasade nisu isti, npr. različiti vremenski uvjeti, izvođači, podloga itd.

Završno-dekorativna žbuka ne smije imati pukotine šire od 0,2 mm. Veća koncentracija pukotina dopuštenih širina također nije dopuštena.



Slika 2-82 Ocjenjivanje nijanse i strukture gotove površine

2.1.2 Greške pri izvođenju ETICS sustava

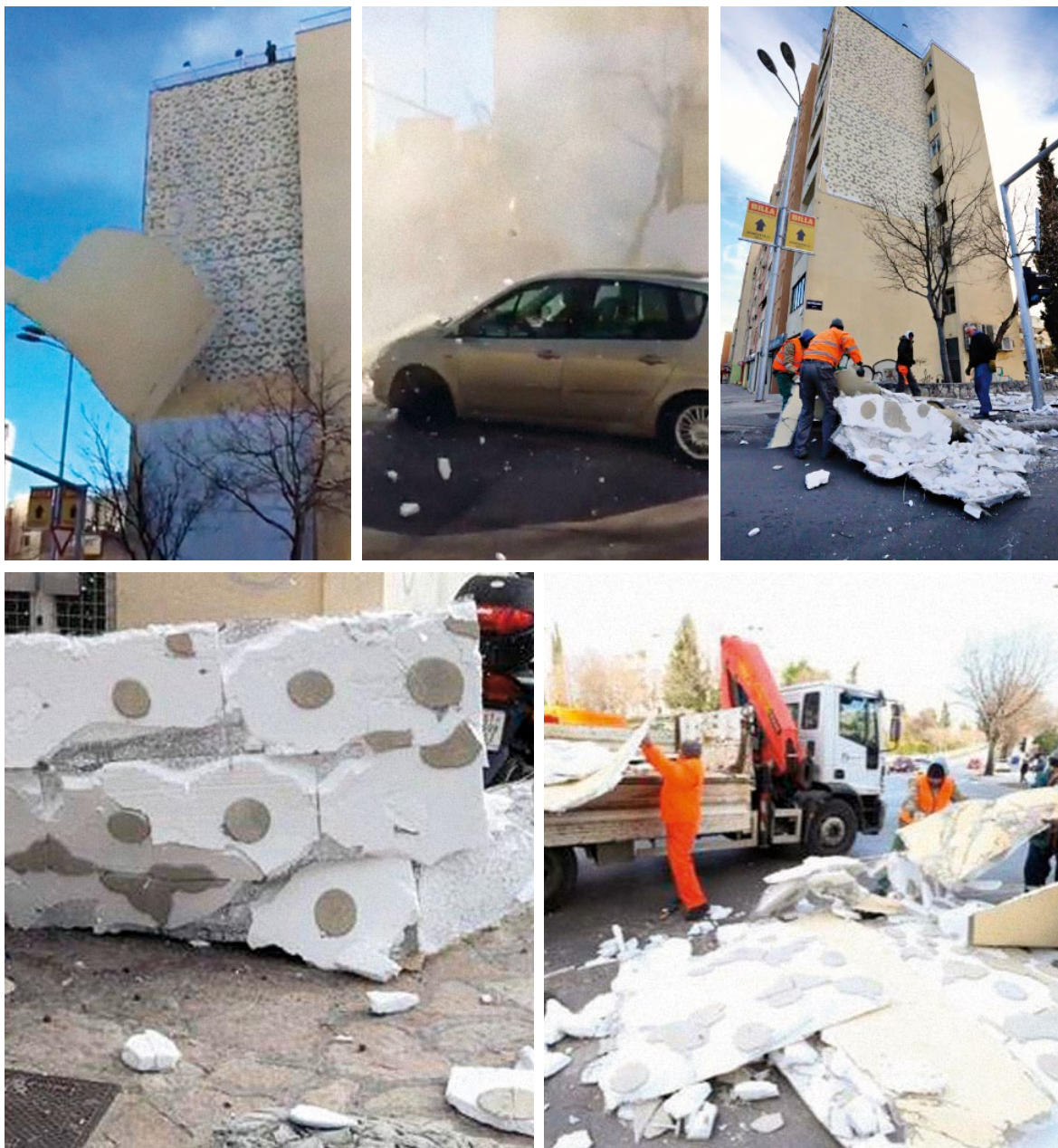
U daljnjem tekstu prikazane su najčešće greške u izvođenju ETICS sustava koje su rezultirale građevinskom štetom i/ili havarijama na zgradama. Komentari ispod slika proizašli su iz široj javnosti dostupnih informacija te fotografija predmetnih problema.



Greške:

- 1) "Točkasto" lijepljenje ploča:
 - Premala kontaktna površina između ljepila i ploče
 - Pogoršanje toplinske izolacije
 - "Efekt dimnjaka", zrak cirkulira iza ploče
 - Deformiranje ploče uslijed higro-termičkih utjecaja
- 2) Nedostatak pričvrsnica:
 - Stara fasada (obnova)
 - Visina >20 m
- 3) Neodgovarajuće ljepilo

Slika 2-83 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav, Vukovar, svibanj 2010. [114]



Greške:

- 1) "Točkasto" lijepljenje ploča
- 2) Neodgovarajuće ljepilo
- 3) Nedostatak pričvrsnica:
 - Stara fasada
 - Visina >20 m
 - Brzine vjetra >30 m/s (>108 km/s)

Slika 2-84 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav, Split 9. veljače 2015. [115], [116], [117]

**Greške:**

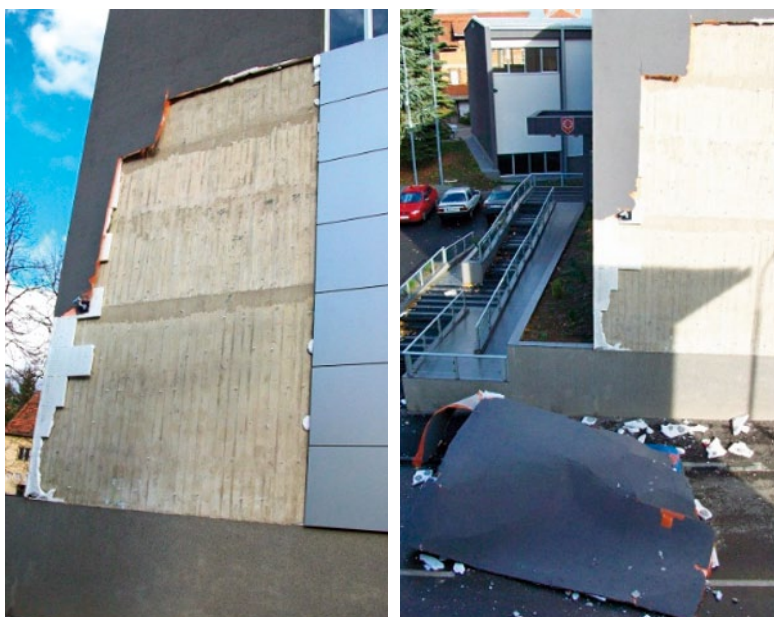
- 1) "Točkasto" lijepljenje ploča
 - Premala kontaktna površina između ljepila i ploče
- 2) Neodgovarajuće ljepilo
- 3) Nepravilno postavljanje pričvrsnica:
 - Visina >20 m
 - Brzine vjetra >30 m/s (>108 km/s)

Slika 2-85 Neadekvatno ugrađen ETICS sustav, Rijeka 5. ožujak 2015. [118]

**Greške:**

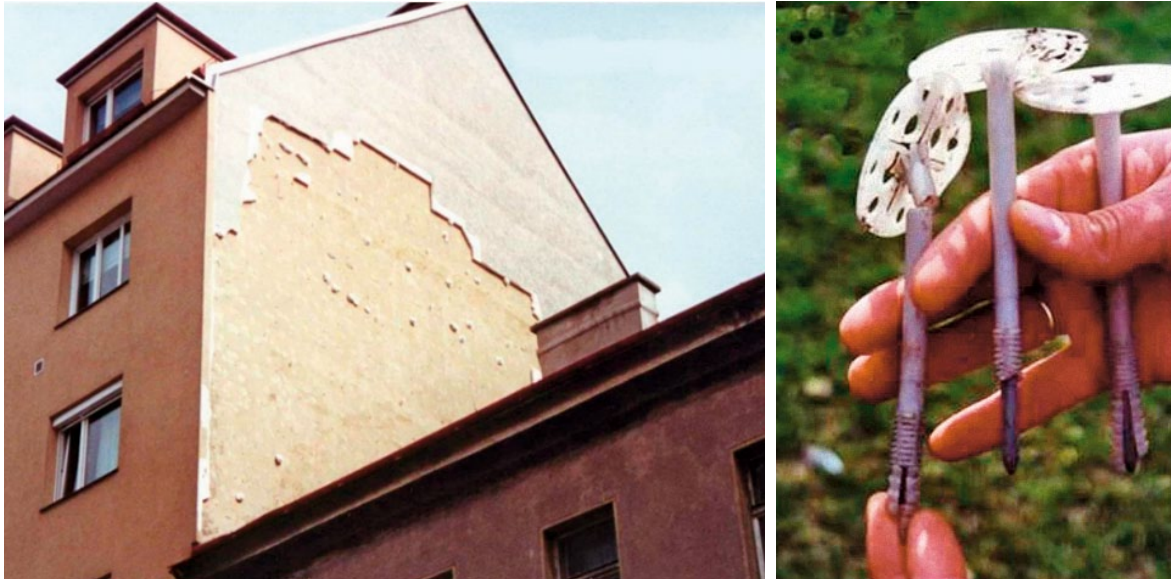
- 1) Loše pričvrstnice (mekane)
- 2) Nedovoljno ljepila
- 3) Nepravilna pozicija pričvrstnica
- (treba W-shema, a korištena T-shema)

Slika 2-86 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav, Split 2012.

**Greške:**

- 1) "Točkasto" lijepljenje ploča
- Premala kontaktna površina između ljepila i ploče
- 2) Neodgovarajuće ljepilo i mort armaturnog sloja
- 3) Nedostatak pričvrstnica na betonskoj podlozi

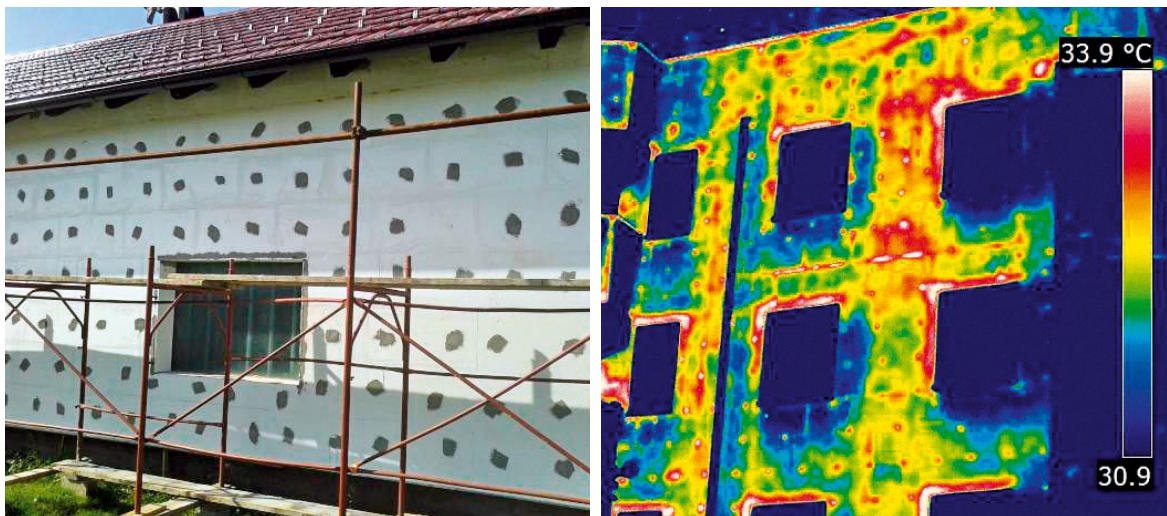
Slika 2-87 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav, Poljoprivredni fakultet Vlasenica, BiH, studeni 2012. [49]

**Greške:**

- 1) "Točkasto" lijepljenje ploča
- 2) Neodgovarajuće ljepilo i mort armaturnog sloja
- 3) Loša kvaliteta pričvrsnica
- 4) Kako prepoznati lošu pričvrsnicu?
 - Mekan tanjur
 - Mekan trn koji se lako savija
 - Ne postoji tehničko dopuštenje prema ETAG 014
 - Loša nosivost na podlozi (proba na gradilištu)

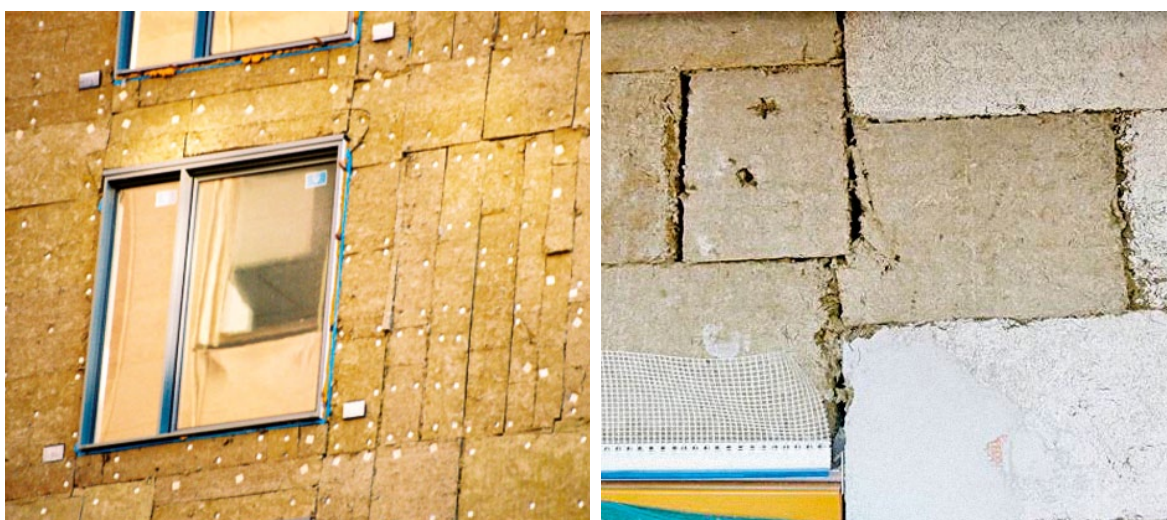
Slika 2-88 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav [49]



**Greške:**

- 1) Nedovoljan broj pričvrsnica
- 2) Neodgovarajuća shema mehaničkog pričvršćivanja
- 3) Loša izvedba kuta prozora
 - poklapanje fuge i linije otvora
 - mort u fugi
- 4) Termogram prikazuje toplinske mostove koji se pojavljuju zbog
 - loše izvedbe pričvrsnica na fasadi, položaja tanjura pričvrsnice
 - činjenice da se u fugama nalazi mort

Slika 2-89 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav [49]



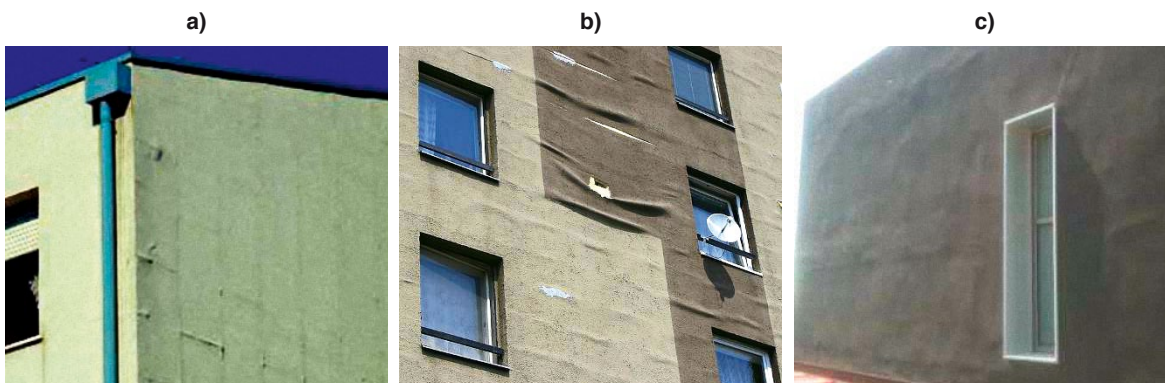
Slika 2-90 Neodgovarajuće postavljanje ploča toplinsko izolacijskog materijala



Greške:

- 1) Nepostojanje mehaničkog pričvršćenja
- 2) Iskrivljenje ploča toplinske izolacije
- 3) Ukoliko su ploče toplinske izolacije samo lijepljene postoji latentna opasnost od njihovog iskrivljenja
- 4) Iskrivljenje zbog
 - nemogućnosti širenja na spojnica
 - dodatno pričvršćenje u području spojnica ploča, kao i na sredini ploča smanjuje rizik od pucanja završne žbuke
 - pritiska vodene pare ispod sloja toplinske izolacije

Slika 2-91 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav [49], [119], [120], [121]

**Greške:****Ljuštenje (eksfolijacija) završne žbuke**

- 1) Može biti lokalizirana oko sljubnica ploča toplinske izolacije ili može obuhvatiti cijelu površinu ploče.
- 2) Vjerojatni razlozi pojavljivanja:
 - pretanki armaturni sloj
 - krivi vodo-cementni omjer
 - loši vremenski uvjeti tijekom izvođenja.

Boranje završne žbuke

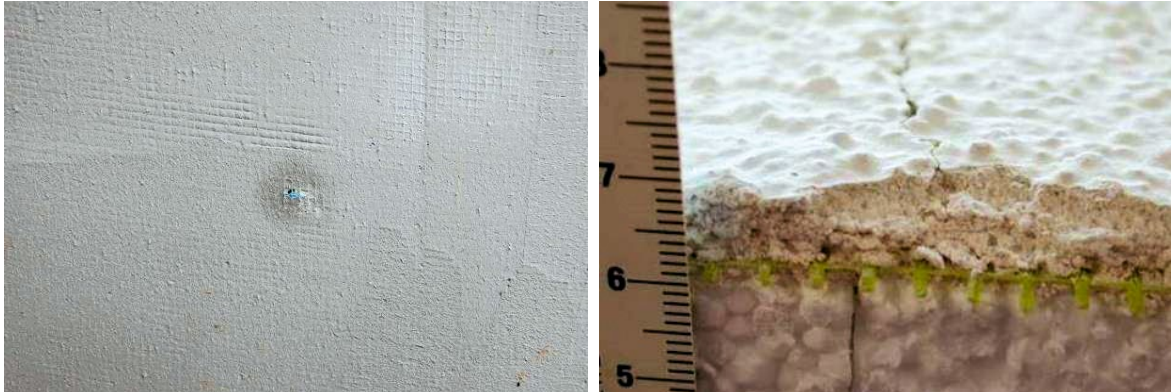
- 3) Glavni je uzrok temperaturni rad izolacijskih ploča uslijed vanjskog djelovanja.

- 4) Dodatni je uzrok upijanje vode od strane oba materijala (žbuka i izolacija) što smanjuje prijanjanje između izolacijskog materijala i žbuke.
- 5) Ovaj mehanizam omogućuje dodatni ulazak vode u slojeve sustava do trenutka dok ne dođe do rušenja.
- 6) slučaj na slici nastao je zbog obrnute instalacije dvoslojnih izolacijskih ploča,
 - sloj veće gustoće okrenut je prema zidu, a sloj manje gustoće prema van

Slika 2-92 Ljuštenje (eksfolijacija), boranje završne žbuke [122], [123], [124]**Greške:**

- 1) Popucala završna žbuka
- 2) Uzrok: Higrotermičke deformacije sustava

Slika 2-93 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav

**Greške:**

- 1) Pokazatelji pretankog armaturnog sloja:
 - vidljiv obris mrežice
 - ugiba se pod pritiskom prstom
 - potrošnja morta za armiranje $< 5 \text{ kg/m}^2$
 - vidljive pozicije pričvrsnica
- 2) Važna napomena:
 - Armaturni sloj daje cijelom sustavu mehaničku čvrstoću i otpornost.
 - Manje potrošnje od preporučenih od strane proizvođača upućuju na pretanak sloj.

Slika 2-94 Pretanak armaturni sloj [49]**Greške:**

- 1) Pretanak armaturni sloj
- 2) Oštećenja od tuče:
 - Pretanak sloj ljepila
 - Loše pozicionirana mrežica
 - Loša kakvoća morta za armiranje

Slika 2-95 Pretanak armaturni sloj [49]



Greške:

- 1) Neodgovarajuća instalacija i brtvljenje prozorske klupčice
 - bez sloja toplinske izolacije ispod klupčice
 - bez slojeva za brtvljenje ispod klupčice
 - bez brtvene trake na spoju klupčice i žbuke
- 2) Aluminij se zagrijavanjem isteže. Ako se ovo toplinski uvjetovano istežanje prozorske klupčice po dužini ne izjednači pomoću elastičnih elemenata, to će dovesti do naprezanja i pukotina u žbuci.
- 3) Trajno ulaženje vode zbog pogrešno izvedene prozorske klupčice.
 - Posljedica: prag od punog drveta se već nakon nekoliko godina raspao od vlage.

Slika 2-96 Ugradnja prozorske klupčice [125], [49]




Greške:

- 1) Pukotine uslijed koncentracije naprezanja na uglovima zidnih otvora kao posljedica nepostojeće dijagonalne armature:
 - nedostatak dijagonalnog armiranja;
 - loše pozicionirana dijagonalna mrežica;
 - staklena mrežica previše je udaljena od kuta;
 - kut nije $\approx 45^\circ$.

Slika 2-97 Pukotine [120], [110]


Greške:

- 1) Ako se odabere pogrešna letvica za spoj žbuke i stolarije s nedovoljnim kompenziranjem kretanja, tada postoji rizik odvajanja od prozorskog okvira. U tom slučaju voda može prodrijeti u sustav i prouzročiti posljedične štete.
- 2) Oštećenja od vlage kao posljedica nekontroliranog odvođenja vode, loša okapnica

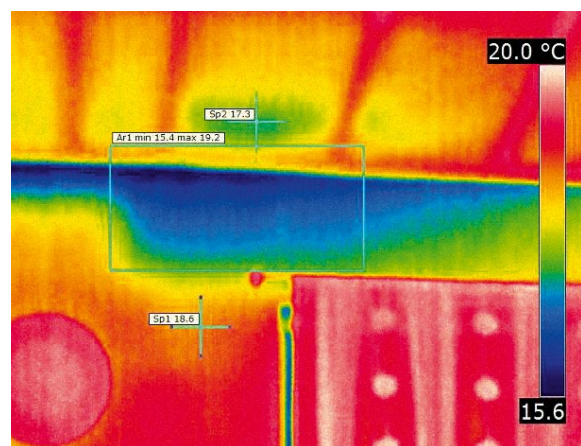
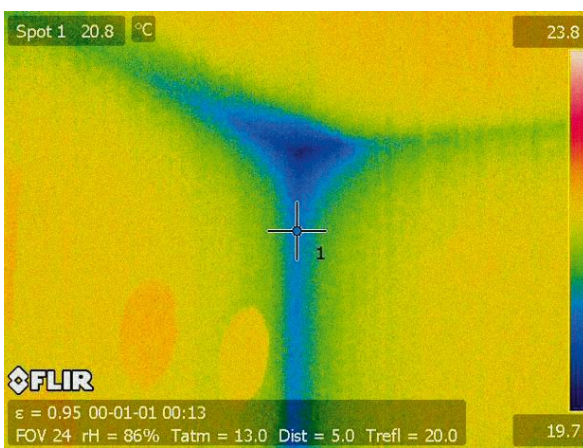
Slika 2-98 Neodgovarajuća izvedba rubova i uglova [49], [110]



Slika 2-99 Djelomično oljuštena završna žbuka ETICS sustava, porozna struktura žbuke [120], [110]



Slika 2-100 Loše izvedeni i nezabrtvljeni prodori ETICS sustava [120], [126], [127]

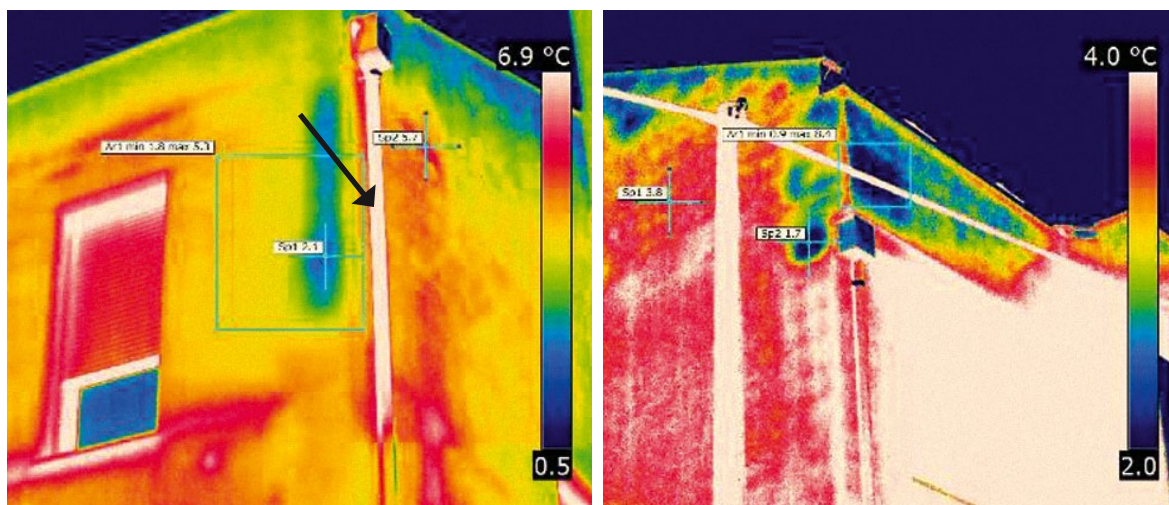


Slika 2-101 Toplinski mostovi [110]

**Greške:**

- 1) Ako se tiple ne postave bez toplinskih mostova ili se postave pogrešno, glave tipli ocrtavat će se na fasadi.
- 2) Pričvrsnice preduboko u izolacijskom materijalu

Slika 2-102 Ocrtavanje pričvrsnica na gotovoj fasadi [110], [128], [129]



Slika 2-103 Kod nestručnog spajanja atike oborinska voda može prodrijeti u ETICS sustav zbog djelovanja tlaka vjetra na nju i pritom prouzročiti oštećenja [110]



Slika 2-104 Posljedica difuzije vodene pare zbog loše ugradnje ploča EPS-a u ETICS sustav [130]

**Rješenja:**

- 1) U zonama povećanih mehaničkih opterećenja koristiti dvostruko armiranje, po mogućnosti s "pancer" mrežicom
- 2) Koristiti ETICS sustav s kamenom/keramičkom oblogom

Slika 2-105 Mehanička oštećenja ETICS sustava, oštećenje od tuče [110], [131]



Slika 2-106 Pojava algi na završnom sloju ETICS sustava s vremenom, pogotovo na rubu gdje nema okapnice; dolazi do odvajanja žbuke zbog kiše koja stalno kaplje.



Alge – zelene, plave ili crvene boje

Gljivice – crna i siva boja

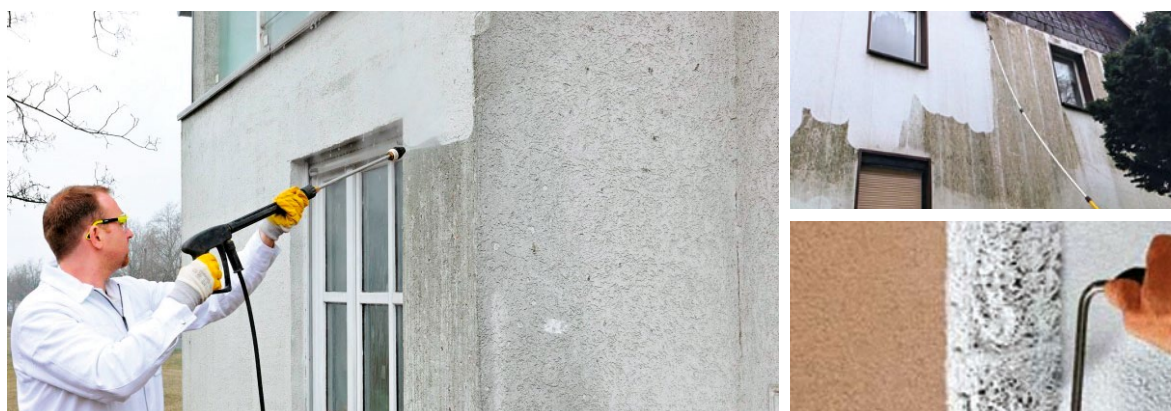
Slika 2-107 Pojava algi i gljivica [49], [123], [132]

Pojava algi i gljivica estetske je prirode te ne utječe na funkcionalnost sustava. Pojava se ne može u potpunosti spriječiti već samo usporiti i to:

- › građevno – tehnološkim mjerama:
 - značajke završnog sloja – vodoupojnost, paropropusnost, struktura, nijansa završnog sloja, dodaci (biocid)...;
 - ne nanositi sustav na vlažne i/ili nedovoljno suhe podloge;
 - materijale kod skladištenja štiti od oborina;
 - fuge kod zidova (tokom zidanja) u potpunosti ispuniti mortom;
 - zaštititi zidove od vlaženja pri dužim prekidima u izvođenju;
- › lokacijom objekta:
 - povećati razmak od zelenila;
 - zaštićen položaj;
- › konstrukcijskim detaljima:
 - većim strehama;
 - pravilnom izvedbom podnožja;
 - zaštitom od prskanja;
 - odvodnjom oborinskih voda.

Sanacija se provodi prema sljedećim koracima:

- 1) Pažljivo čišćenje fasade (pritisak vode i kut prskanja)
- 2) Sušenje
- 3) Obrada biocidnim sredstvom
- 4) Pranje i sušenje
- 5) Obrada biocidnim sredstvom
- 6) Završni premaz s dodatkom biocida



Slika 2-108 Sanacija pojave algi i gljivica



Slika 2-109 Oštećenje uslijed požara, izgled ETICS sustava nakon realnog požara EPSa i mineralne vune (ispitivanje prema BS 8414) [133], [49], [134], [110]

2.2 VENTILIRANE I STAKLENE FASADE

2.2.1 Ventilirane fasade

Ventilirane fasade su sustavi vanjske ovojnice zgrade u kojima postoji sloj ventiliranog zraka između obloge i toplinske izolacije.

Ovakav tip fasade poznat je pod nekoliko naziva, kao što su vjetrena fasada, prozračivana fasada, samo-ventilirana fasada, ili fasada sa zračnim slojem i oblogom, straga provjetravana fasada.

Ventilirane fasade se smatraju najučinkovitijim sustavima za istovremeno rješavanje problema toplinske izolacije zgrade, smanjenje utjecaja toplinskih mostova, kao i problema uzrokovanih kondenzacijom vodene pare, čime se postiže optimalno termo-higrometrijsko ponašanje zgrade.

Suprotno od slučaja monolitnih zidova, fasadni sustavi s višestrukim ovojnicama su složeniji, teži za ugradnju i zahtijevaju finije podešavanje za postizanje bolje toplinske izolacije.

Posebni slučajevi ovakvih konstrukcija su ventilirane fasade, kod kojih je jedan od slojeva zrak i pri čemu je vanjski sloj odvojen od samog sustava zida. U tom se slučaju višak vode u obliku tekućine može eliminirati gravitacijskim otjecanjem, a vlaga u obliku vodene pare koja dolazi iz zgrade i ona iz vanjskog prostora može se evakuirati strujanjem zraka. Dodatno, sloj ventiliranog zraka omogućuje prekid kapilarnog upijanja vlage u poroznim materijalima, a time smanjuje utjecaj prodora vlage u konstrukciju te izjednačuje pritiske na fasadu, omogućuje sušenje toplinsko izolacijskog materijala što posljedično omogućuje duži životni vijek vanjskih zidova, a time i same zgrade.

Ventilirana fasada, osim utjecaja na smanjenje potrošnje energije u zgradama (smatra se da se iza završne obloge može postaviti do 30 cm toplinske izolacije), smanjuje i utjecaj izravnog sunčevog zračenja kao i

utjecaj lošeg vremena na same zidove, čime ih štiti od negativnih utjecaja (patologija) koje djeluju na tradicionalne fasadne sustave.

Ventilirana fasada je sustav gradnje vanjskog zida kuća, sastavljen od nosive metalne podkonstrukcije na koju se slažu fasadni paneli, sloja mineralne vune za toplinsku izolaciju i prostora za ventilaciju. Svi dijelovi imaju strogi raspored i ulogu unutar sustava (Slika 2-110):

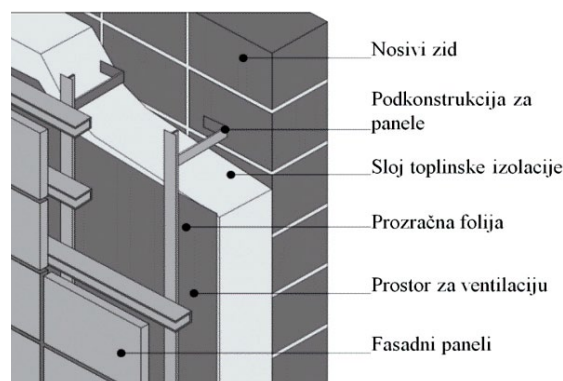
- nosivi zid zgrade,
- sloj toplinske izolacije,
- podkonstrukcija za panele,
- fasadni paneli,
- profil na spoju panela,
- prostor za ventilaciju.

Ideja ventilirane fasade proistekla je iz takozvanog „efekta dimnjaka“. Efekt dimnjaka je pojava povezana s podizanjem toplog zraka koji je lakši od hladnog. Dimnjak radi tako da je dim unutar njega puno topliji od vanjskog zraka, pa se brzo uzdiže prema gore. Upotrijebljen na ventiliranoj fasadi, taj efekt izražava činjenicu da je zrak unutar prostora za ventilaciju topliji od vanjskog i da nastoji pobjeći kroz izlaz na vrhu fasade. Ovaj tlak zraka uzrokuje povećanu ventilaciju unutar same fasade (Slika 2-111).

Ventilirane fasade u širem smislu mogu biti dvostruke fasade s mehaničkom ventilacijom, ili su samoventilirane sa slobodnom cirkulacijom zraka provjetravanjem.

Smatra se da ventilirane fasade više doprinose energetske učinkovitosti u ljetnom razdoblju i u toplijim klimatskim uvjetima, zbog toga što vanjski sloj preuzima toplinsko opterećenje, a ventilirajući sloj zraka značajno smanjuje temperaturu vanjske površine sloja toplinske izolacije. Pri tome je moguće smanjiti smanjenje potrebne energije za hlađenje od 50 % u vrijeme velikog intenziteta sunčevog zračenja i pri visokim temperaturama vanjskog zraka.

S druge strane, ventilirane fasade se smatraju manje učinkovitim fasadnim sustavima u hladnijim klimatskim uvjetima, kod kojih se zahtijeva i brtvljenje zbog bolje zaštite kiše nošene vjetro.



Slika 2-110 Konstrukтивni elementi ventiliranih fasada [135]



Slika 2-111 Dijelovi ventilirane fasade [136]

2.2.1.1 Zahtjevi za sastavne dijelove ventiliranih fasada

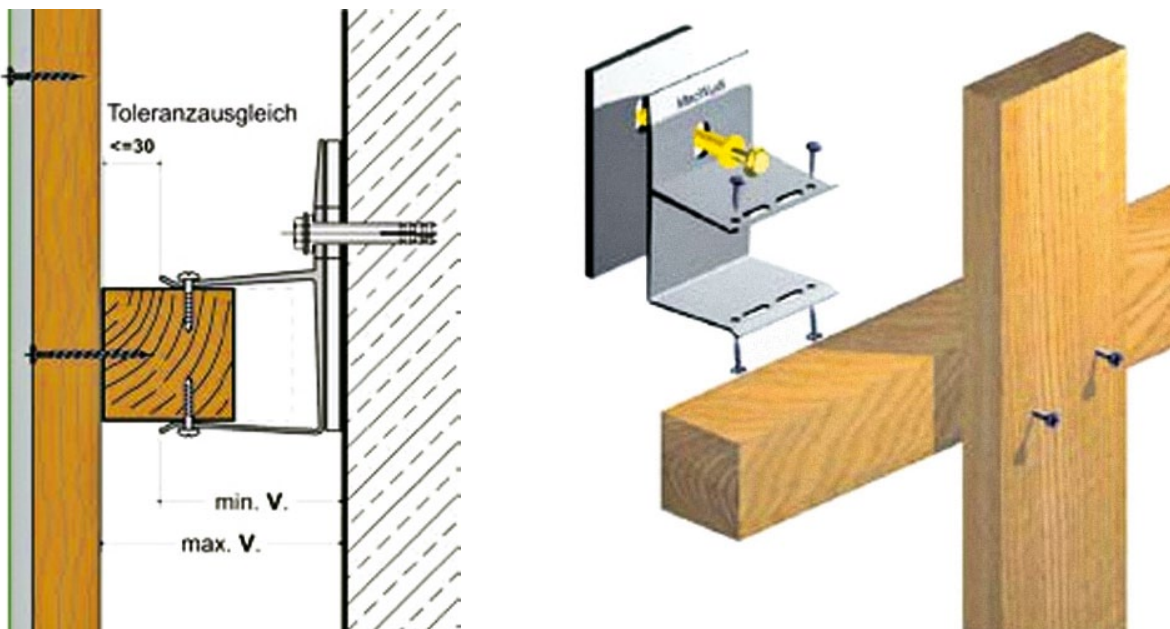
Kao što je ranije spomenuto, tipična ventilirana fasada sastoji se od nekoliko osnovnih elemenata:

- nosivog zida,
- podkonstrukcije za panele,
- toplinsko-izolacijskog materijala,
- prozračne folije (kišne brane, vodonepropusne-paropropusne barijere),
- sloja ventiliranog zraka,
- vanjskog završnog sloja (različite vrste panela i ploča).

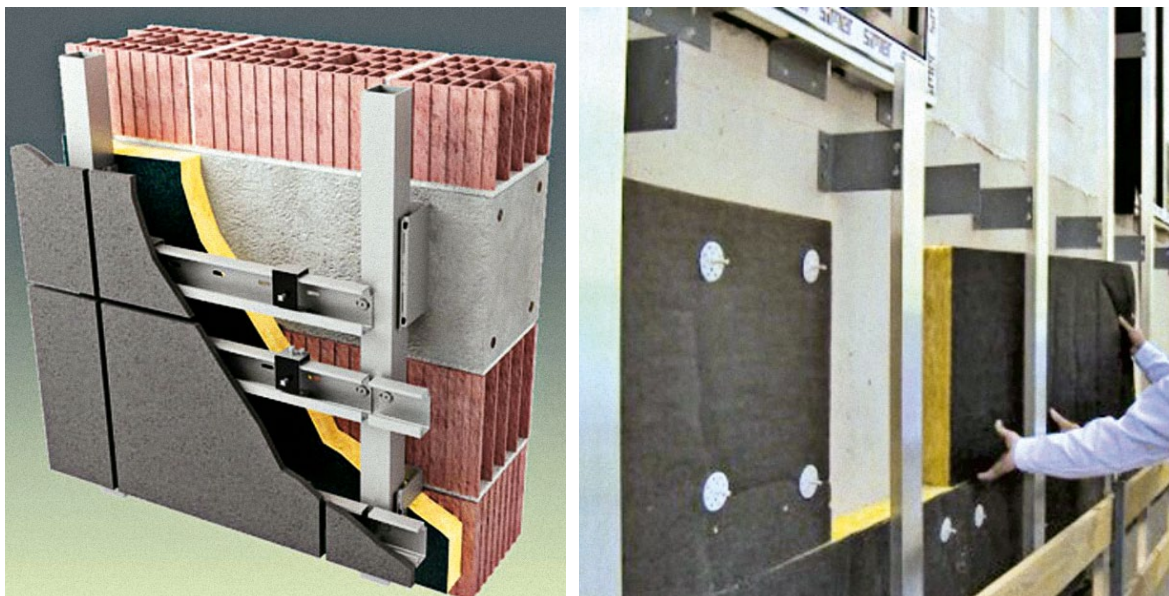
Svaki od navedenih elemenata mora zadovoljiti određene temeljne zahtjeve, a sve kako bi se postigla učinkovita i trajna ventilirana fasada. Pri tome je za nosivi zid najvažnija njegova čvrstoća, te tolerancija vezana uz odstupanje od okomice i horizontale, a čije odstupanje mora biti najmanje moguće. Također, nosivi zid treba dopustiti difuziju vodene pare kroz sebe te imati dovoljan otpor prolasku topline.

Iako postoji **veliki broj sustava podkonstrukcije i sidrenja**, osnovni zahtjev koji treba biti zadovoljen jednak je kao i za nosivi zid, a to je da bude dovoljno čvrst da može prenositi opterećenje vanjskog završnog sloja, te da može odolijevati djelovanju vjetra, mehaničkih djelovanjima kao i potresu. Također, on mora omogućiti dovoljno prostora za ugradnju vanjskog završnog sloja te biti optimiran, kako bi se smanjili toplinski mostovi. Podkonstrukcija može biti drvena ili metalna (Slika 2-112, Slika 2-113).

Izolacijski sloj (obično sloj mineralne vune – kamene ili staklene) štiti nosivi zid od temperaturnih varijacija ili od ciklusa smrzavanja i odmrzavanja koji mogu uzrokovati deformacije i oštećenja nosivog zida.



Slika 2-112 Drvena podkonstrukcija [137]



Slika 2-113 Metalna podkonstrukcija [138], [139]

Debljina sloja toplinske izolacije varira, ovisno o razini toplinske zaštite (koeficijentu prolaska topline U) koji je potrebno postići za određenu zgradu. Odabir izolacijskog materijala ovisi o nekoliko parametara: toplinskoj i akustičnoj zaštiti, vodonepropusnosti, otpornosti na požar, te ponekad i njegovoj boji (ukoliko je kroz sljubnice (fuge) moguće vidjeti izolacijski materijal).

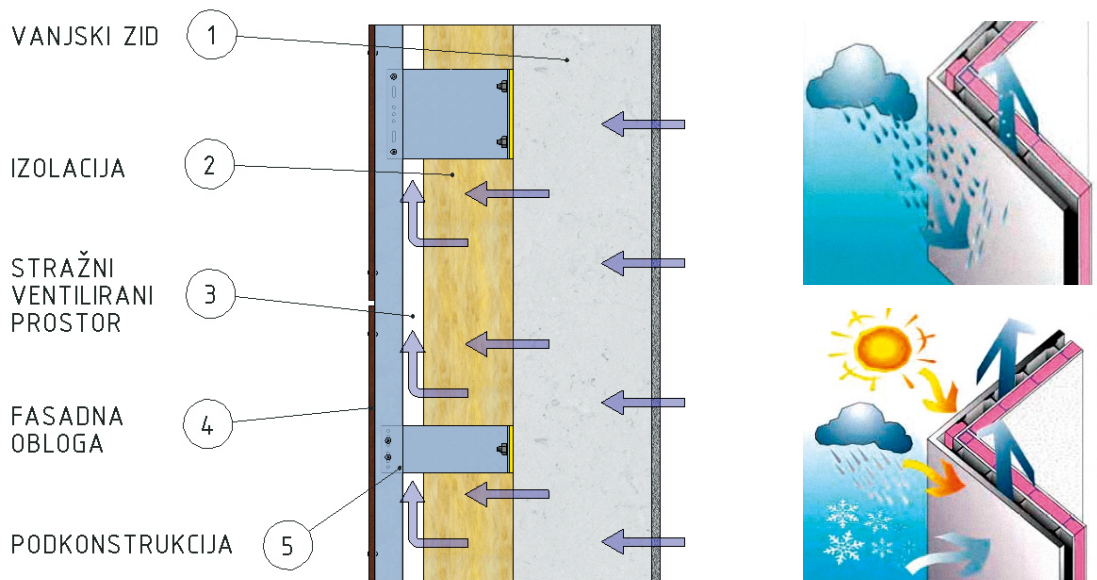
Prozračne folije (kišne brane, vodonepropusne-paropropusne barijere) sprječavaju prodiranje vode u toplinsko-izolacijski materijal s vanjske strane, a istovremeno dopuštaju prolazak vodene pare, što omogućuje odstranjivanje viška vlage iz unutarnjeg prostora zgrade. Iako pojedini proizvođači nude na tržištu proizvode koji sadrže membranu na krutim pločama, svejedno se preporučuje izvođenje kontinuirane membrane koja pokriva cjelokupni sloj toplinske izolacije kako bi se smanjio toplinski most na spojevima izolacijskih ploča kao i efekt hlađenja zbog strujanja zraka na površini same izolacije.

Unutar **sloja ventiliranog zraka** potrebno je osigurati nesmetanu cirkulaciju topline i vodene pare, te spriječiti kondenziranje vodene pare (izvana ili iz unutrašnjosti zgrade) na površini zida, kao i u sloju toplinske izolacije. Dodatno, sloj ventiliranog zraka omogućuje određeni stupanj toplinske izolacije u zimskom razdoblju, te toplinsko rasterećenje u ljetnom razdoblju godine. Kako bi se sloj ventiliranog zraka na odgovarajući način dimenzionirao, potrebno je zadovoljiti sljedeće uvjete:

- a) kontakt između nosivog zida i vanjskog završnog sloja treba biti sveden na najmanju moguću mjeru;
- b) osigurati zadovoljavajuće odvođenje vjetrom nošene kiše koja ulazi u sloj ventiliranog zraka;
- c) osigurati dovoljnu debljinu sloja kako bi se osigurala ventilacija tijekom ljeta;
- d) osigurati komunikaciju s vanjskim zrakom kroz otvore postavljene na vrhu i na dnu fasade, ili pak kroz otvorene sljubnice (fuge) ploča ili panela.

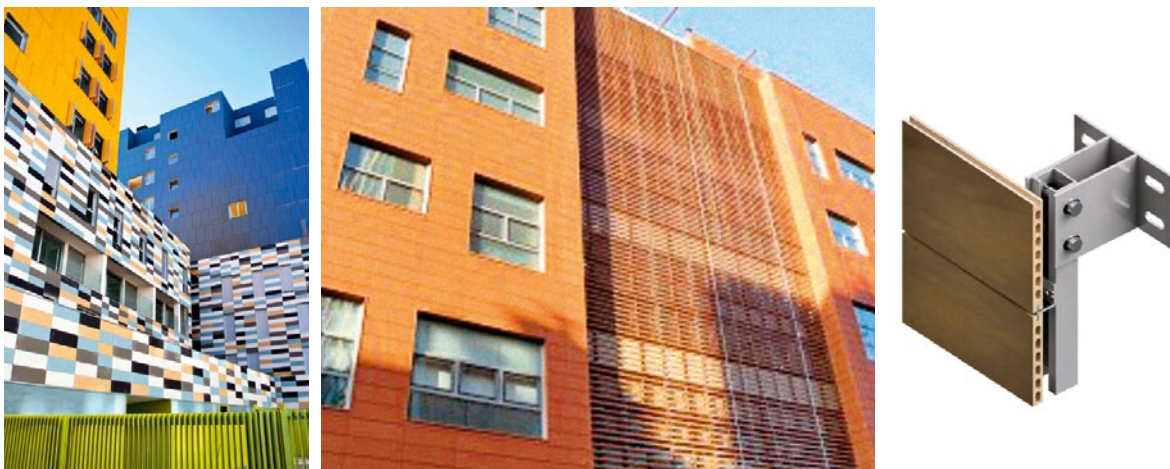
Vanjski završni sloj štiti cjelokupni sustav od atmosferskih djelovanja (oborina, vjetera, sunčevog zračenja, zagađenja zraka itd.) (Slika 2-114). Također, on daje estetsku vrijednost cjelokupnoj zgradi, ovisno o

vrsti i načinu izvedbe završne obrade. Specifični zahtjevi koje završni sloj mora zadovoljiti jesu: spriječiti ulazak vode u ventilirani sloj zraka, omogućiti mehaničku zaštitu toplinske izolacije i kišne brane, te imati što niži koeficijent emisije zračenja, kako bi se smanjio prijenos topline zračenjem i smanjile degradacije materijala zbog djelovanja sunčevog zračenja.



Slika 2-114 Završni sloj štiti sustav ventilirane fasade od atmosferskih djelovanja [140]

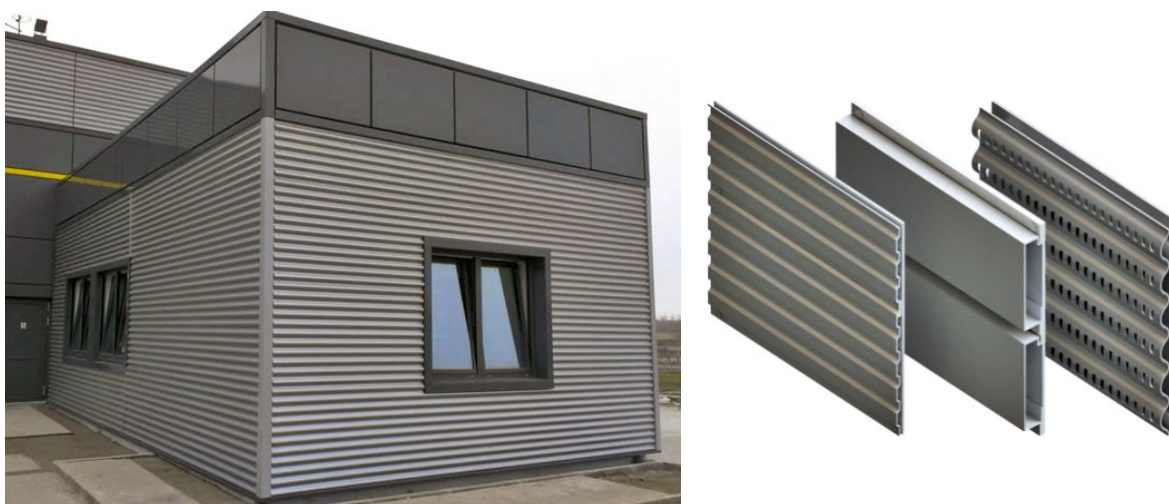
Kao vanjske obloge mogu se koristiti velikoformatne keramičke ploče (Slika 2-115), HPL (High Pressure Decorative Laminates) (Slika 2-116), kamene ploče, vlakno-cementne ploče, kompozitni paneli te aluminijske, čelične, bakrene ili ploče od drugih metala. (Slika 2-117).



Slika 2-115 Izgled ventilirane fasade s keramičkom oblogom [141], [142], [143]



Slika 2-116 Izgled ventilirane fasade s HPL pločama [144], [145]



Slika 2-117 Izgled ventilirane fasade s limenim panelima [112], [146]

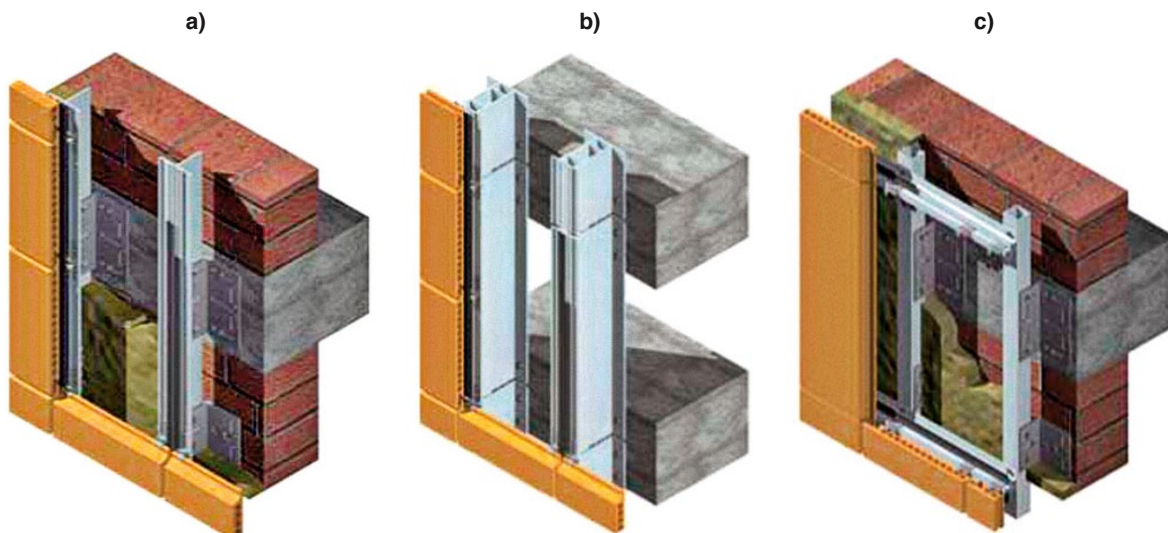
Na higrotermalnu učinkovitost ventiliranih fasada utječe mnogo čimbenika te je stoga vrlo teško odrediti koju vrstu ventilirane fasade je potrebno primijeniti u danoj situaciji, ali se kroz dosadašnja iskustva profiliralo nekoliko osnovnih pravila:

- a) strujanje (cirkulacija) zraka mora se postići samo s razlikama u temperaturi i tlaku po visini ventiliranog sloja zraka;
- b) geometrija ventiliranog sloja zraka mora osigurati dovoljnu ventilaciju kako bi se osigurao prijenos vodene pare i hlađenje vanjske površine toplinske izolacije u ljetnim mjesecima, a najmanja debljina sloja treba biti barem 2 cm;
- c) potrebno je spriječiti strujanje (cirkulaciju) unutarnjeg zraka (osigurati zrakonepropusnu vanjsku ovojnici zgrade);

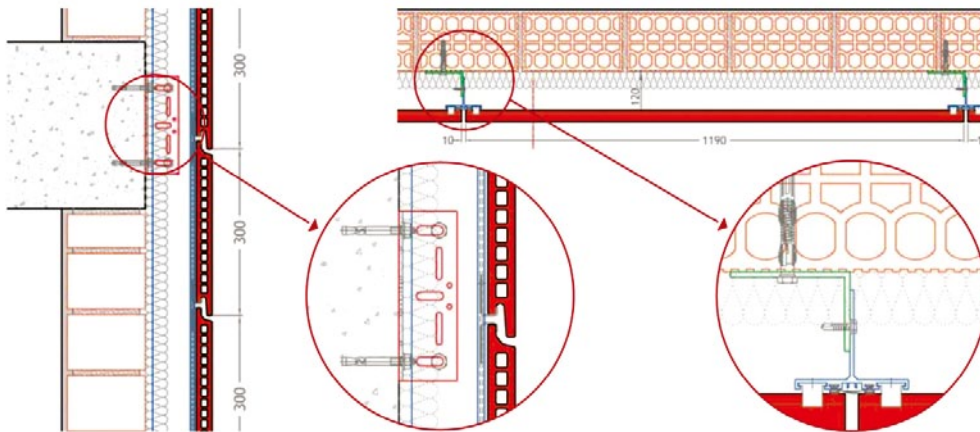
- d) otvori na dnu i na vrhu ventilirane fasade trebaju biti jednakih dimenzija;
- e) osnovni elementi ventilirane fasade trebaju imati sve veću paropropusnost, gledajući iznutra prema van;
- f) najveća visina ventiliranog sloja zraka treba biti manja od 18 m, ali postoje i norme koje preporučaju visinu sloja zraka od 3 m;
- g) dva različita metala ne smiju biti u kontaktu ni u kom dijelu sustava, zbog problema galvanske korozije;
- h) način čišćenja vanjske površine fasade potrebno je definirati u projektu;
- i) sustav podkonstrukcije i sidrenja mora biti zaštićen od korozije ukoliko je podkonstrukcija metalna, odnosno od propadanja, ukoliko je podkonstrukcija drvena;
- j) potrebno je na najmanju moguću mjeru svesti sve moguće smetnje (opstrukcije) ulasku, strujanju i izlasku zraka iz sustava ventilirane fasade;
- k) fizički kontakt između nosivog zida i vanjskog završnog sloja mora se izbjegavati što je više moguće, a kad to nije moguće, potrebno je obavezno prekinuti toplinski most;
- l) izvođenje kontinuirane membrane (kišne brane, vodonepropusne-paropropusne barijere) koja pokriva cjelokupni sloj toplinske izolacije kako bi se smanjio toplinski most na spojevima izolacijskih ploča kao i efekt hlađenja zbog strujanja zraka na površini same izolacije.

Ukoliko se ventilirana fasada izvodi u vlažnim klimatskim uvjetima, i kada se izvode otvorene sljubnice (fuge) između završnih ploča (panela), potrebno je posebnu pažnju posvetiti rješavanju problema kiše nošene vjetrom te izvođenju kišne brane (vodonepropusne-paropropusne barijere), a sve kako bi se na učinkovit način eliminirala voda koja je ušla u ventilirani sloj zraka.

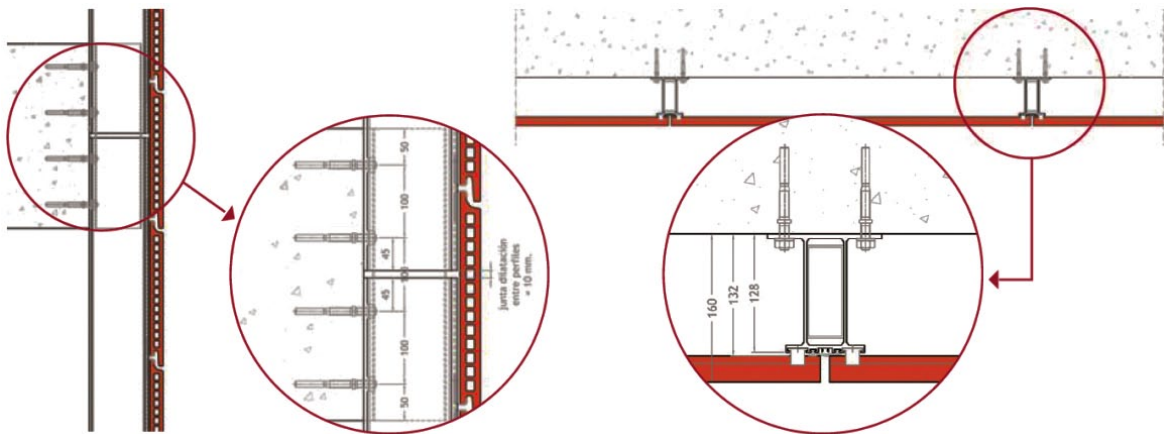
Osnovni principi kod instalacije sustava ventiliranih fasada (Slika 2-118 – Slika 2-123) temelje se na sljedećim načelima: **osiguravanje ventiliranog zračnog prostora** debljine 4 – 8 cm između materijala vanjskog završnog sloja i sloja toplinske izolacije a sve kako bi se postigao optimalni efekt ventilacije, **slobodno dilatiranje** (istezanje i skupljanje) svake ploče (panela) s obzirom na njegov koeficijent linearnog toplinskog istezanja, te **preuzimanje dinamičkih opterećenja**.



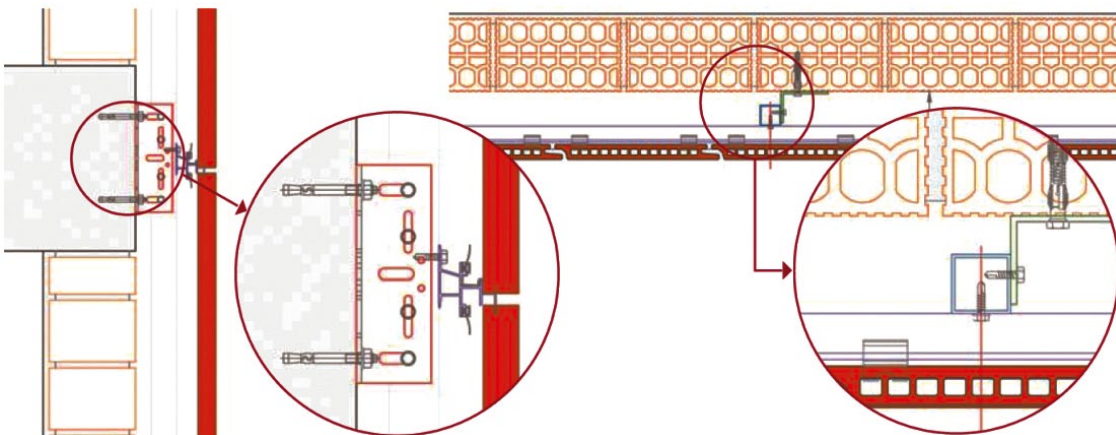
Slika 2-118 Načini pričvršćenja keramičke obloge za ventiliranu fasadu: **a)** T-priključak; **b)** greda-greda priključak; **c)** okomiti sustav



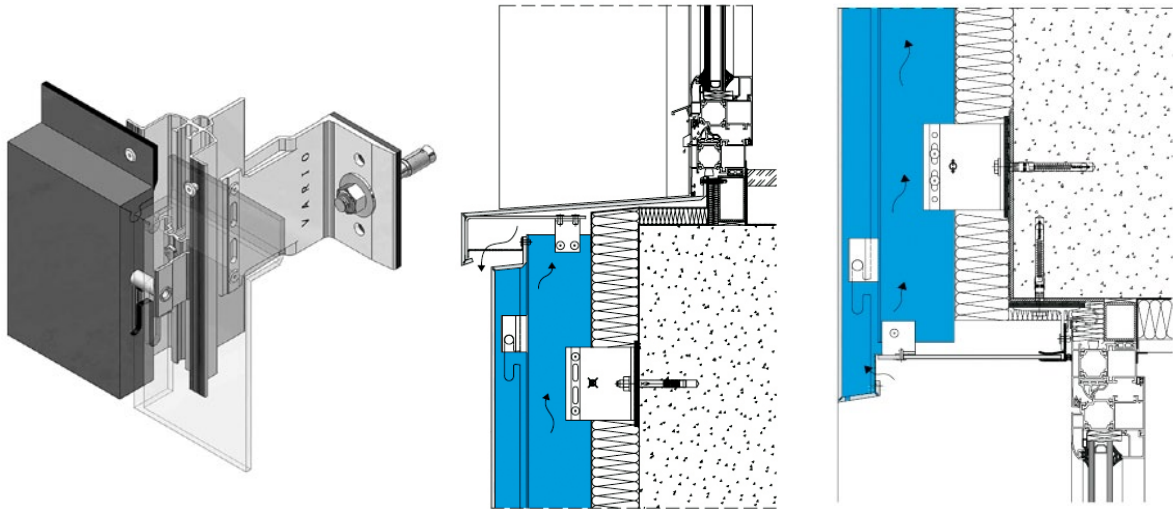
Slika 2-119 Okomiti i vodoravni presjek ugradnje keramičke ventilirane fasade (T-priključak)



Slika 2-120 Okomiti i vodoravni presjek ugradnje keramičke ventilirane fasade (priključak greda-greda)



Slika 2-121 Okomiti i vodoravni presjek ugradnje keramičke ventilirane fasade (T-priključak)



Slika 2-122 Ventilirana fasada s metalnom oblogom, vizualizacija i presjeci kroz prozor



DETALJ ATIKE



GORNJA PRIČVRSNICA



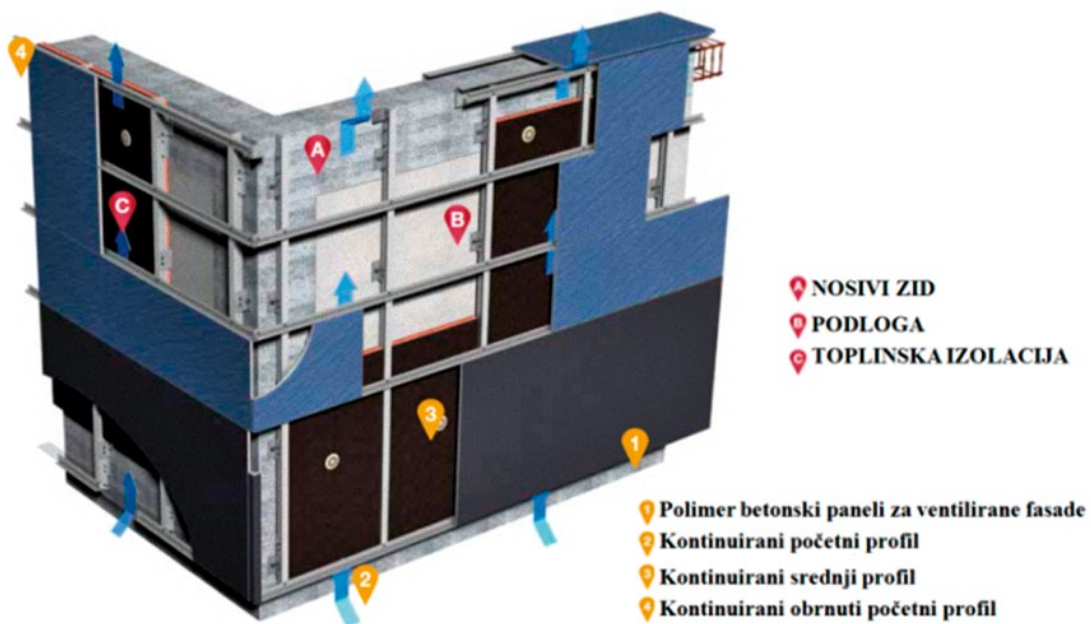
PRIČVRSNICA ZA DVA PANELA



PRIČVRSNICA ZA ČETIRI PANELA

Slika 2-123 Priključak ventilirane fasade s vidljivim nosačima [136]

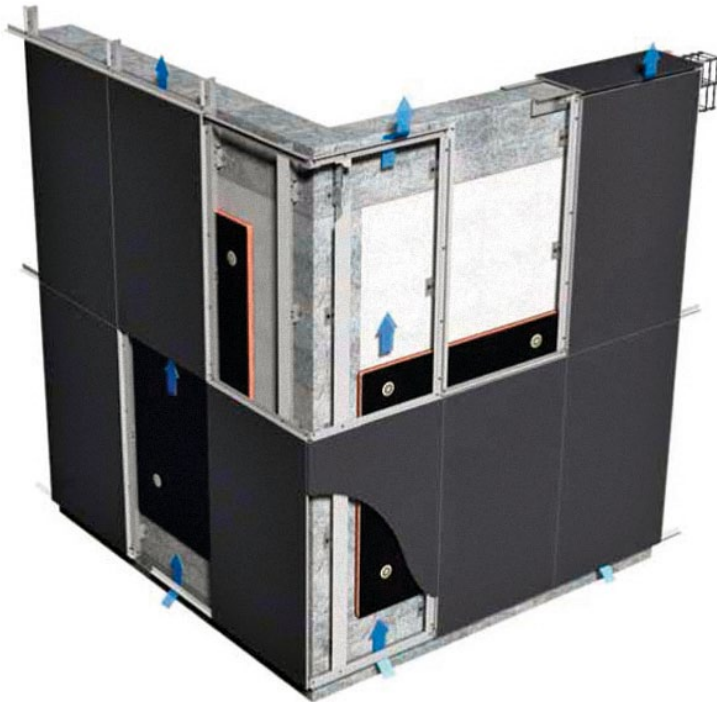
Postoje dva sustava ugradnje ventiliranih fasada: okomiti sustav i vodoravni sustav (Slika 2-124 – Slika 2-127).



Slika 2-124 Vodoravni sustav ugradnje ventilirane fasade [136]



Slika 2-125 Detalji vodoravnog sustava ugradnje [136]



Slika 2-126 Okomiti sustav ugradnje ventilirane fasade [136]

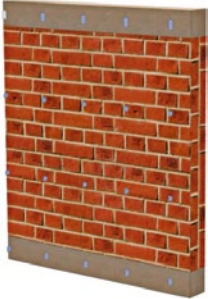
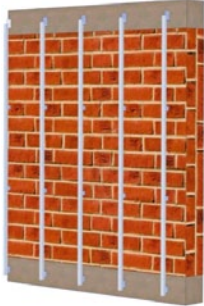
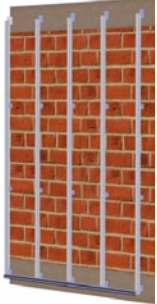

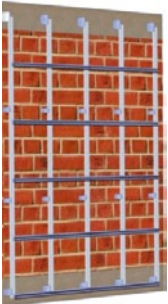



Slika 2-127 Detalji okomitog sustava ugradnje [136]

2.2.1.2 Postupak ugradnje sustava ventiliranih fasada

Svaki projekt i svaka zgrada ima svoje vlastite posebnosti pri čemu je svaki sloj ventilirane fasade potrebno projektirati na način da se omogući optimalna ugradnja kao i samo funkcioniranje sustava ventilirane fasade. Postoji nekoliko načina ugradnje ventiliranih fasada, koji se dijele ovisno o načinu izvedbe nosive podkonstrukcije te samom načinu pričvršćenja ploča završne obrade. Tablica 2-11 prikazuje postupak ugradnje nosive konstrukcije ventilirane fasade, pri čemu se ovdje ne prikazuje ugradnja toplinske izolacije od mineralne vune.

Tablica 2-11 Postupak ugradnje nosive konstrukcije sustava ventiliranih fasada [147]

	
<p>Ugradnja nosača u obliku L-profila na podlogu. Potrebno je osigurati vodoravnu i okomitu ravnost L-profila, kako bi kasnije T-profil ostali poravnati.</p>	<p>Ugradnja T-profila na L-profile korištenjem samonareznih vijaka, pri čemu T-profil moraju biti ugrađeni s unutarnje strane L-profila. T-profil također moraju biti poravnati u vodoravnom i okomitom smjeru.</p>
	
<p>Konvencionalna ugradnja (TIP A) podrazumijeva ugradnju podnožnog profila korištenjem samonareznih vijaka, pri čemu je najvažnije osigurati savršenu ravnost profila. Slijedeći profil se pričvršćuje nakon što se ugradi prvi red ploča završne obrade, a jednaki postupak se primjenjuje i za ostatak profila.</p>	
	
<p>Ugradnja (TIP B) podrazumijeva pričvršćenje svih vodoravnih profila za okomite T-profile na specificiranim razmacima, korištenjem samonareznih vijaka. Svaki vodoravni profil mora biti savršeno vodoravno (ravno) postavljen. Nakon što se postave svi vodoravni profili, kreće ugradnja ploča završne obrade.</p>	



Za oba načina ugradnje (TIP A i TIP B) zadnji profil na vrhu se postavlja posljednji, nakon ugradnje ploča završne obrade.



Slika 2-128 Izvođenje aluminijske podkonstrukcije ventilirane fasade [148]



Slika 2-129 Ugradnja toplinske izolacije [148]



Slika 2-130 Pričvršćenje završne obloge za aluminijsku podkonstrukciju [148]

2.2.1.3 Spojni materijal

Spojni materijal su nitne i vijci, koji međusobno spajaju pojedinačne građevinske dijelove podkonstrukcije. Odabir vrste spojeva pojedinačnih dijelova podkonstrukcije odnosno elemenata sustava ventilirane fasade prepušta se investitoru, ukoliko se ne kose sa neophodnim certifikatima.

Za spojeve se moraju koristiti isključivo građevinski materijali postojani na koroziju, primjerice kuke, spojnice, vijci, nitne i sl.

Spojevi se moraju izvoditi tako da mogu preuzeti sva kretanja na elementima sustava ventilirane fasade i samoj zgradi. Vijčani spojevi se moraju osigurati od samooslobađanja. Svakako se mora isključiti mogućnost galvanske korozije koja se javlja prilikom ugradnje dijelova izrađenih od različitih metala.

Za međusobno pričvršćivanje aluminijskih profila i/ili drvenih nosača podkonstrukcije koriste se samourezni vijci (Slika 2-131 i Slika 2-132).



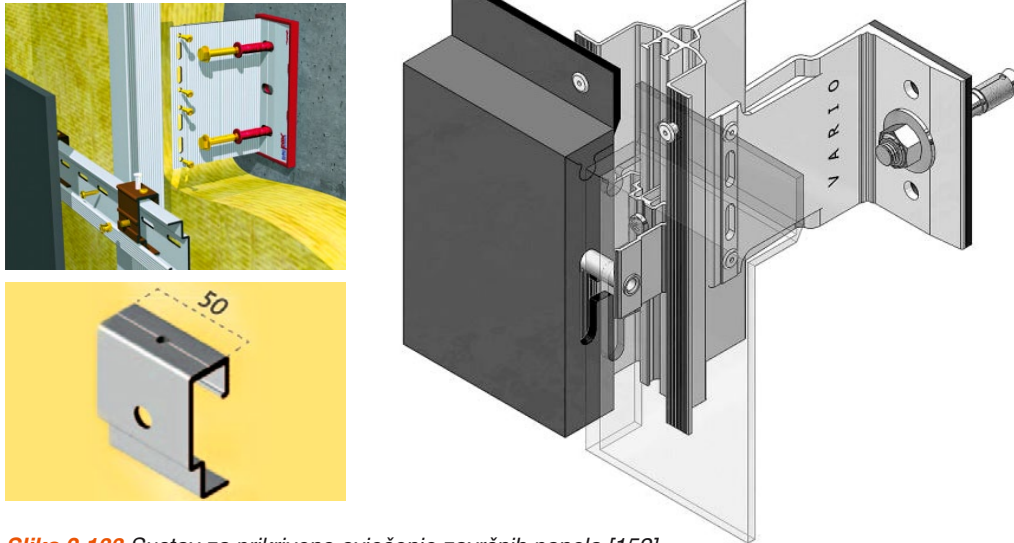
Slika 2-131 Samourezni vijci za metal [149], [150]



Slika 2-132 Samourezni vijci za drvo [151]

2.2.1.4 Sredstva za učvršćivanje

Završni paneli se vješaju korištenjem sustava za prikriveno ovješanje, koji se postavljaju na vodoravne nosače (šine) (Slika 2-133).



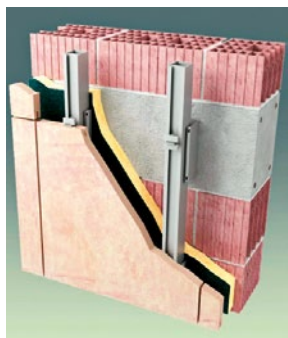
Slika 2-133 Sustav za prikriveno ovješanje završnih panela [152]

Pod sredstvima za učvršćivanje smatraju se uglavnom vidni elementi, koji trajno učvršćuju završnu oblogu ventilirane fasade na metalnu ili drvenu podkonstrukciju. Dokaz nosivosti (dimenzioniranje, broj, međusobni razmaci, materijali) je kao i kod sidara ovdje također neophodan. Odabir sredstava za učvršćivanje sastavni je dio stručne izvedbe ovješanih, ventiliranih fasada. U pravilu se sredstva za učvršćivanje mogu primjenjivati na različite sustave završne obrade. Sva sredstva za učvršćivanje podliježu visokim zahtjevima u pogledu postojanosti na koroziju.

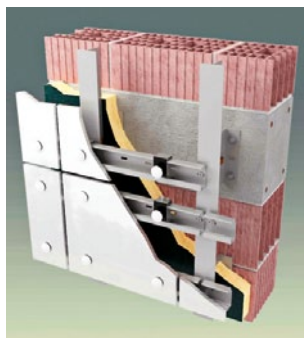
U načelu se razlikuju **vidljivi, skriveni i nevidljivi elementi za učvršćivanje**. Kao vidljivi elementi za učvršćivanje podrazumijevaju se vijčani čavli, rebrasti čavli, pločaste kuke, vijci, nitne, spojnice i sustavi šina. Skriveno učvršćivanje, kao dopuna gore navedenim elementima za učvršćivanje, stoje na raspolaganju primjerice ovjesni sustavi svornjaka, a kao nevidljivi elementi za učvršćivanje navode se svornjaci za varenje i sidra na stražnji urez (Tablica 2-12).

Tablica 2-12 Primjeri načina pričvršćenja završnih obloga ventiliranih fasada [153]

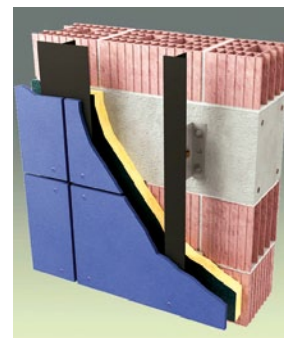
VIDLJIVA KOPČA ZA KAMENE PLOČE	NEVIDLJIVI MOŽDANICI	NEVIDLJIVA KOPČA ZA METALNU FASADU



NEVIDLJIVA KOPČA
ZA KAMENU FASADU



VIDLJIVA KOPČA
ZA STAKLENU FASADU



VIDLJIVI VIJCI ZA VLAKNASTO
CEMENTNE PLOČE

Vidljivo pričvršćenje zakovicama predstavlja ekonomičan način polaganja zbog jednostavne ugradnje. Primjenjuje se kod metala, vlaknastog cementa i HPL fasadnih elemenata.

Vidljivo pričvršćenje kopčama primjenjuje se kod fasadnih elemenata od keramike i terakote. Kopče se mogu nabaviti od aluminija i nehrđajućeg čelika, a mogu se izraditi i u odgovarajućoj boji u skladu s fasadnim elementima.

Skryveno pričvršćenje kroz stražnji urez izvodi se tako da se na stražnjoj strani ploče posebnim tiplama u ureznoj rupi pričvrste kopče koje se učvrste uvrtnjem vijaka metalne šine. Svaka se fasadna ploča učvršćuje s najmanje četiri pojedinačne sponje.

Skryveno pričvršćenje ovjesom fasadnih elemenata osobito je prikladno za slojevite kompozitne ploče. Osim toga, slojevite kompozitne ploče se tehnikom glodanja prerađuju u kasete i vješaju u sustav za pričvršćenje, te se osiguravaju protiv skliznuća.

Skryveno pričvršćenje pomoću lijepljenja jeftini je način ugradnje fasadnih ploča, pomoću trajno elastičnog ljepila i dvostrano lijepljive montažne trake za fiksiranje ploča na noseće profile (detaljnije u nastavku).

2.2.1.5 Pričvršćenje fasadnih elemenata pomoću nevidljivih tj. lijepljenih veza

Sustav ugradnje dekorativnih panela kod ventiliranih fasada, sastoji se od trajno elastičnog ljepila, čistila, predpremaza i montažne obostrano lijepljive trake debljine 3 mm.

Ovaj sustav pričvršćenja fasadnih elemenata omogućava skrivenost mjesta pričvršćenja panela za nosivu podkonstrukciju. Sustav se koristi na dva načina:

1. **lijepljenje na gradilištu** – aluminijaska podkonstrukcija učvršćuje se za betonski zid i priprema za lijepljenje panela. Panel se također nakon odgovarajuće pripreme (prema uputama proizvođača – čišćenje, predpremaz, itd.) lijepi na podkonstrukciju. Montažna traka fiksira panel dok ljepilo u potpunosti ne očvrstne;

2. **predgotovljeno izvođenje** – aluminijski profil se lijepi za stražnju stranu panela (u radionici, nakon pripreme panela i profila). Glavne vodilice međusobno se usklađuju i učvršćuju na zid, te se zatim prethodno zalijepljeni modul samo fiksira na glavne vodilice (podkonstrukciju).

Obostrano ljepljiva **montažna traka koristi se kao pomoćno sredstvo** koje nam omogućava trenutnu ugradnju panela, jer osigurava njegovu fiksaciju sve dok ljepilo u potpunosti ne očvrstne. Također, osigurava ravnomjernu debljinu nanosa ljepila od 3 mm (Slika 2-134). Dugotrajna čvrstoća osigurana je **isključivo pomoću ljepila**. Nije dopušteno uzimati u obzir mehaničke vrijednosti montažne trake u kalkulacije nosivosti kroz duže razdoblje. Traka se mora na podkonstrukciju nanijeti po cijeloj dužini.



Slika 2-134 Trajno-elastično ljepilo i montažna traka na aluminijskom T-profilu podkonstrukcije ventilirane fasade [154]

Lijepljenje se pomoću ovakvog sustava može provesti na:

- **alumijsku podkonstrukciju:** podkonstrukcija od profila L, T, H ili sličnih oblika. Izrađena od legure AlMgSi 0.5 F 22.
- **drvenu podkonstrukciju:** okomito postavljene, izblanjane daske izrađene od smreke ili bora, udjelom vlage od najviše 15 %. Područje gdje će se nanositi ljepilo ne smije se tretirati tj. mora biti slobodno od svih preparata. Ukoliko je ipak nanesen kakav premaz, isti je moguće odstraniti pomoću blanje, skidanjem za 1mm. Spojevi između dasaka moraju biti najmanje 1 cm.

2.2.1.6 Priprema podloge prije lijepljenja

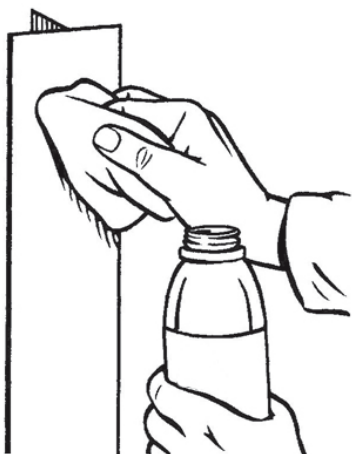
Površine na koje će se nanositi ljepilo trebaju biti čiste, suhe i bez masnoća. Nakon nanašanja predpre-maza, površine koje će se lijepiti treba zaštititi od prašine i masnoća.

Alumijska podkonstrukcija se mora očistiti čistom celuloznom krpicom ili papirom za čišćenje, bez dlaka i masnoća, prethodno natopljenim specijalnim čistilom i to brisanjem površine u samo jednom smjeru (zaprpljane krpice treba redovito mijenjati). Nakon sušenja od 10 min, potrebno je nanijeti predpremaz u tankom i jednoličnom sloju duž cijele površine pomoću četke ili filca. Vrijeme sušenja je najmanje 30-tak minuta, a najdulje 8 sati (Slika 2-135).

Drvena podkonstrukcija se mora dobro otprašiti nakon čega je potrebno nanijeti predpremaz u tankom i jednoličnom sloju duž cijele površine pomoću četke ili filca. Vrijeme sušenja je najmanje 30-tak minuta, a najdulje 8 sati (Slika 2-136).

2.2.1.7 Priprema fasadnih panela

Površine na koje će se nanositi ljepilo trebaju biti čiste, suhe i bez prisustva masnoća. Potrebno je ručno prebrusiti stražnju stranu panela, tamo gdje će doći ljepilo, brusnom spužvicom npr. vrlo finom



Slika 2-135 Čišćenje aluminijske podkonstrukcije [140]



Slika 2-136 Nanošenje predpremaza na drvenu podkonstrukciju [140]

Scotch Brite krpicom ili mehaničkim brušenjem navedene površine ekscentričnom brusilicom i brusom zrnatosti 80.

Površina se mora očistiti čistom celuloznom krpicom ili papirom za čišćenje, bez dlačica i masnoća, prethodno natopljenim specijalnim čistilom i to brisanjem površine u samo jednom smjeru (zaprpljane krpice treba redovito mijenjati). Nakon sušenja od 10 min, moguće je nanijeti predpremaz u tankom i jednoličnom sloju duž cijele površine pomoću četke ili filca, uz vrijeme sušenja od najmanje 30-tak minuta, a najdulje 8 sati.

Potrebno je pridržavati se uputa o skladištenju dobivenih od strane proizvođača panela (sprječavanje vito-perenja panela). Prije samog lijepljenja panela, potrebno ih je zaštititi od izravnog utjecaja sunca.

Prethodno navedeno, **samo su općenite smjernice za pripremu površina**, te je moguća različitost u pripremi za svaki od tipova panela ponaosob. Prije korištenja ovakvih sustava potrebno je koristiti kompatibilne proizvode, u skladu s preporukama proizvođača.



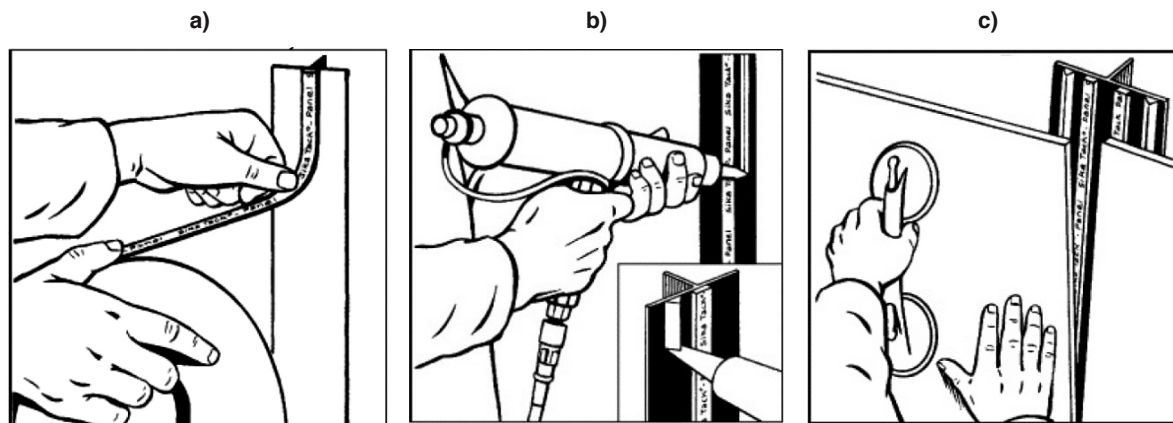
Slika 2-137 Priprema fasadnih panela [140]

2.2.1.8 Lijepljenje

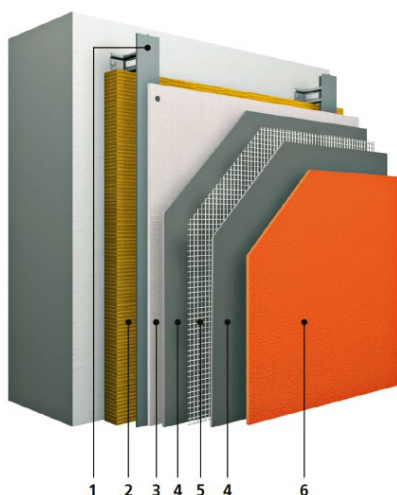
Nanijeti montažnu traku od 3 mm, po cijeloj dužini okomito postavljene podkonstrukcije, i to paralelno sa njezinim rubovima. Još ne skidati zaštitnu foliju.

Ljepilo se nanosi u trokutnom nanosu pomoću priloženog plastičnog nastavka (širine 8 mm, visine 10 mm) i to najmanje 5 mm udaljenog od montažne trake i isto toliko od ruba podkonstrukcije. Ljepilo se nanosi pomoću ručnog ili pneumatskog pištolja.

Ugradnja panela provodi se na sljedeći način: odstraniti zaštitnu foliju s montažne trake, te panel postaviti na nanos ljepila i željenu poziciju, s time da panel ne dodiruje montažnu traku. Kako bi se pojednostavila ugradnja panela, isti mogu biti postavljeni na poravnate i usklađene vodilice ili graničnike. Zatim, treba točno pozicionirati panel i čvrsto ga pritisnuti na montažnu traku. Ugradnja panela treba biti obavljena u roku od 10 minuta od nanašanja ljepila na profile (Slika 2-138).



Slika 2-138 a) nanošenje montažne trake; b) nanošenje ljepila; c) montaža panela [140]



Slika 2-139 Ventilirani fasadni sustav sa žbukom kao završnim slojem [49]

2.2.1.9 Ventilirani sustavi sa žbukom kao završnim slojem

Pojedini proizvođači omogućuju izvođenje ventiliranih fasadnih sustava, uz korištenje tankoslojnih žbuka kao završnog sloja (Slika 2-139).

U ovakvim sustavima se **podkonstrukcija (1)** izvodi od zidnih držača i aluminijskih profila koji služe za pričvršćivanje nosivih ploča kao podloge za završnu žbuku. Debljina **toplinske izolacije - ploča od mineralne vune (2)** varira ovisno o zahtjevima u pogledu toplinske zaštite zgrade.

Nosiva ploča za žbuku (3) proizvodi se od granulata puhanog stakla, obostrano je armirana mreži-

com, a proizvodi se debljine 12 mm te ima malu plošnu masu (oko 6 kg/m²). Ona je razreda B1 u pogledu zapaljivosti te je otporna na smrzavanje. **Armaturna žbuka (4)** dolazi u obliku organske mase za lijepljenje i armiranje, gotove za ugradnju. Ona mora biti vrlo rastezljiva, otporna na stvaranje pukotina te vrlo dobre otpornosti na mehanička opterećenja. **Armaturna mrežica od staklenih vlakana (5)** mora biti otporna na lužine, sa sposobnošću da apsorbira sile. **Završni premaz (6)** se izvodi kao organska žbuka ili žbuka od silikonske smole. Žbuka mora biti otporna na nepovoljne vremenske utjecaje, nesklona prljanju, vrlo elastična, te otporna na mehanička djelovanja. Žbuku je također moguće zaštititi tankim slojem zbog bolje otpornosti na mikroorganizme.

Alternativno se umjesto završne žbuke na isti sustav i podlogu može izvesti keramika, stakleni mozaik ili pak prirodni kamen (Slika 2-140).



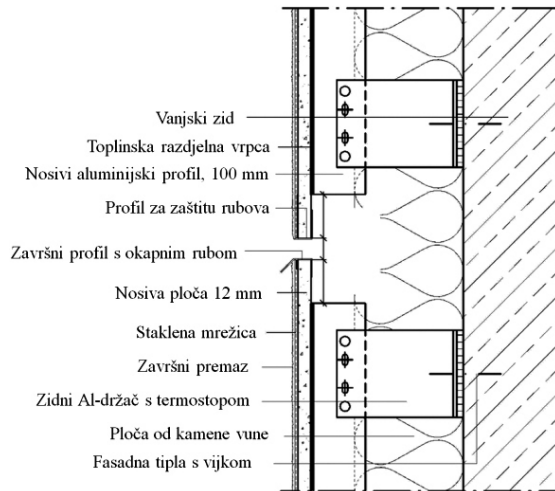
Slika 2-140 *Moguće opcije završne obrade [49]*

Ovakvi sustavi mogu se koristiti na masivnim zgradama (opeka ili beton), kao i laganim drvenim vanjskim zidovima. Potrebno je voditi računa o reškama (fugama) koje ograničavaju pojedina polja (Slika 2-141 i Slika 2-142). Dilatacijske reške (fuge) zgrade moraju se preuzeti u sustav.

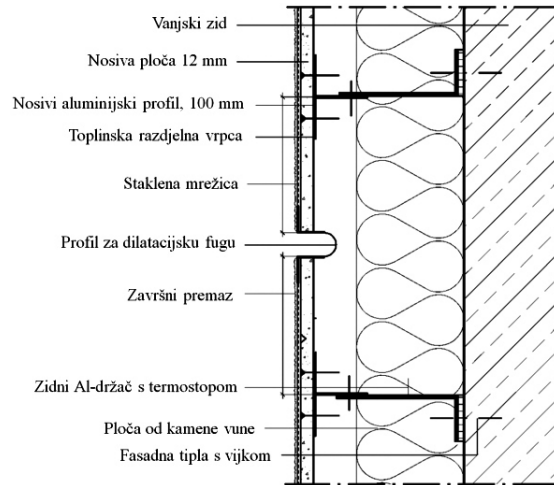
Vrata, prozori, kutije za rolete, atike, horizontalni pokrovi i prozorske klupčice moraju se ugraditi prije oblaganje fasade. Potrebno je pripaziti na dovoljnu izbočenost pokrova atike i horizontalnog pokrova, kao i prozorskih klupčica.

Ključni koraci ugradnje ovakvog sustava ventilirane fasade su:

- označavanje osi profila,
- raspored i ugradnja nosača podkonstrukcije,
- ugradnja toplinske izolacije,
- ugradnja vertikalnih nosivih profila,
- ugradnja ploča.



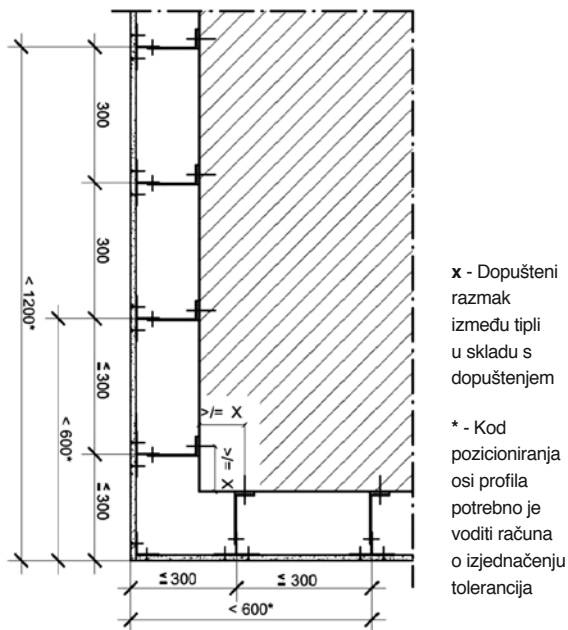
Slika 2-141 Vodoravna fuga za ograničavanje polja [49]



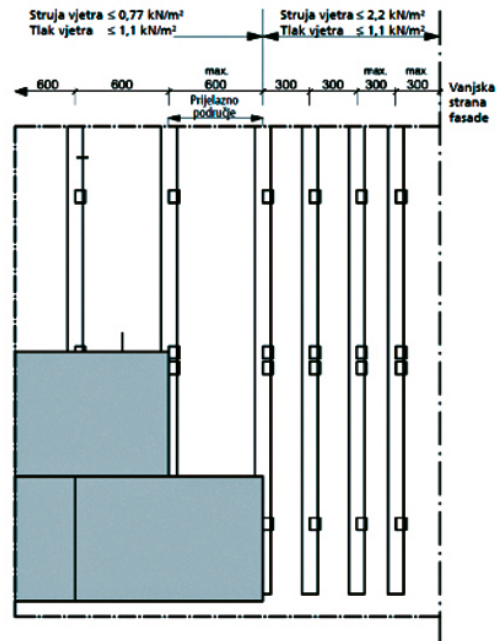
Slika 2-142 Okomita fuga za ograničavanje polja [49]

2.2.1.10 Označavanje osi profila

Podnožna točka fasade utvrđuje se na temelju gornjeg ruba terena ili plohe krova tako da je trajno zajamčena ventilacija sustava, te da fasadna obloga ne bude trajno promočena zbog vode koja prska s horizontalnih ploha. Preporučuje se izvedba ventilirane fasade najmanje 15 cm iznad tla (vodoravne podloge).



Slika 2-143 Umjeravanje okomite osi profila na fasadi [49]



Slika 2-144 Ugradnja – umjeravanje sustava [49]

Okomite osi profila treba označiti ovisno o izračunu opterećenja vjetrom i statici objekta u razmaku od 30 odnosno 60 cm (Slika 2-143 i Slika 2-144).

- Osi profila nanose se počevši od vanjskog ugla objekta.
- Kod utvrđivanja prve osi profila u nastavku na vanjski ugao potrebno je održavati potrebni razmak između tipli „x“ i razmak između potpornih točaka nosive ploče od najviše 30 cm.
- U nastavku na vanjski ugao zgrade izvode se u pravilu zone fasade izložene jačem opterećenju vjetrom (sila vjetra iznad 0,77 kN/m), dakle s razmacima između osi od 30 cm.
- Kod pozicioniranja 2. i 4. osi potrebno je uzeti u obzir razmak između ploča za izjednačenje tolerancije izvan ugla fasade.
- Područja dosjeda uzimaju se u obzir s razmakom osi između 30 i 60 cm.
- Slijedi utvrđivanje minimalne širine područja fasade izloženih većem opterećenju vjetrom. Širina se izvodi na temelju dimenzija ploča.
- Utvrđivanje postojećih tolerancija grube gradnje i preciziranje potrebne izbočenosti nosača podkonstrukcije izvodi se pomoću nanosne skele ili lasera za cijelu fasadu na označenoj vertikalnoj osi profila.
- Treba voditi računa o rasporedu fuga za ograničavanje polja i dilatacijskih fuga na zgradama.

2.2.1.11 Raspored i ugradnja zidnih držača

Tablica 2-13 prikazuje smjernice za određivanje vodoravnog razmaka između osi okomitih profila nosača.

Tablica 2-13 Smjernice za vodoravni razmak okomitih profila nosača

Najveće moguće opterećenje vjetrom na području fasade		Vodoravni razmak između osi okomitih profila nosača
Tlačno opterećenje vjetrom	Vlačno opterećenje vjetrom	
+1,10 kN/m ²	-0,77 kN/m ²	60 cm
+1,10 kN/m ²	-2,20 kN/m ²	30 cm

U područjima s razmacima između vodoravnih osi od 30 cm preporučuje se da se nosači podkonstrukcije ugrađuju tako da se nosivi profili mogu spajati vijcima od vanjskog ugla prema sredini fasade. Raspored nosača podkonstrukcije utvrđuje se kroz fiksne i klizne točke prema statici objekta na markiranim osima profila.



Kod ugradnje nosača podkonstrukcije bušene rupe, koje odgovaraju zadanoj fasadnoj tipli s vijkom, izvode se ovisno o materijalu zida, u skladu s uputama za ugradnju pojedine tiplje. Pritom valja **voditi računa o zadanoj najmanjoj dubini rupe.**



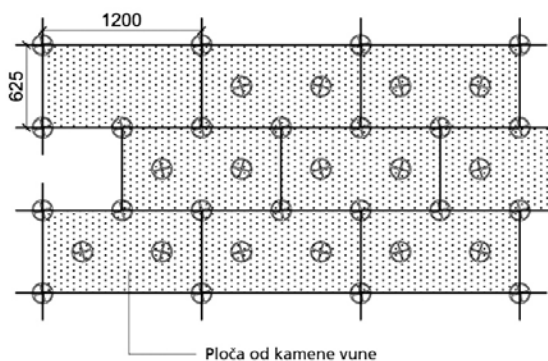
Nosač podkonstrukcije postavlja se **prema zadanim statičkim parametrima** kao fiksna odnosno klizna točka pomoću fasadne tiple s vijkom (tiple s ovratnikom) tako da se kod montiranja ugura, s **termostop elementima**.



Nosač podkonstrukcije se centrira te se vijak tiple pritegne. **Glava vijka zaštićuje se kapicom ili antikorozivnom zaštitom**. Zatim se u nosač podkonstrukcije umetne opruga.

Slika 2-145 Ugradnja aluminijskog nosača podkonstrukcije [49]

2.2.1.12 Ugradnja toplinske izolacije



Slika 2-146 Shema pričvršćivanja ploča toplinske izolacije [49]

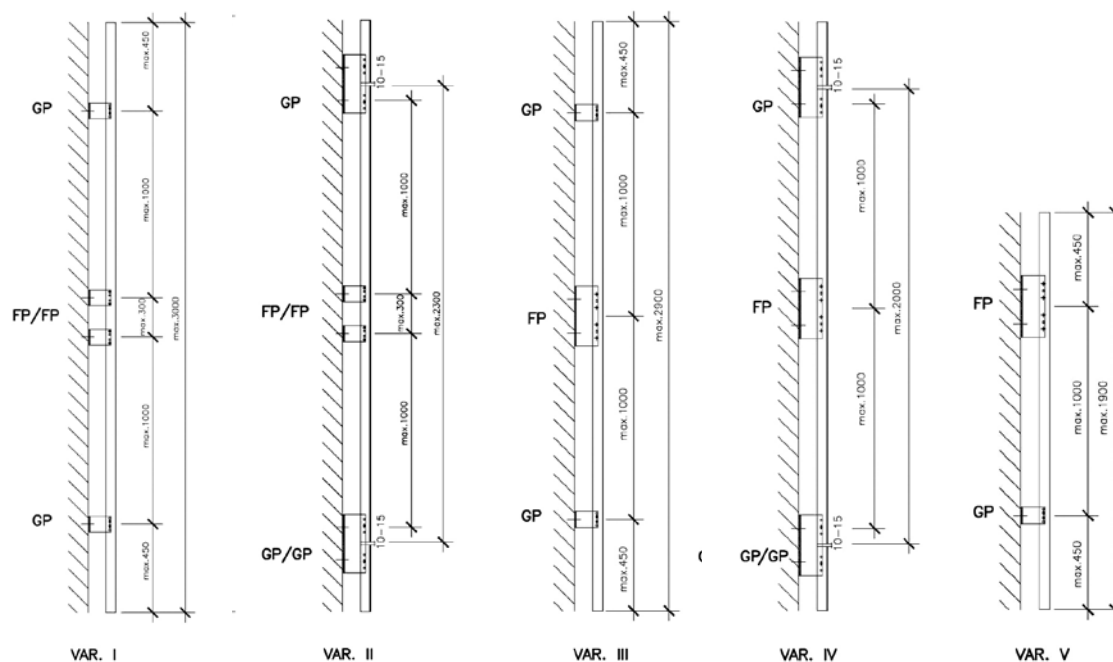
nja držača termoizolacije treba voditi računa o dubini sidrenja, ali se pritom termoizolacija se ne smije sabijati. Kod zračnog prostora < 6 cm u području vertikalnih profilnih osi ne upotrebljavati držače termoizolacije. Izolacija se izvodi prije ugradnje okomitih nosivih profila kako bi se na najmanju moguću mjeru sveli eventualni toplinski mostovi u nastavku na zidne držače. Praznine u izolaciji, uvjetovane ugradnjom dodatno se popunjavaju.

Prilikom ugradnje toplinske izolacije potrebno je obratiti pozornost na to da klasa gorivosti bude A1, te da toplinska izolacija bude u potpunosti hidrofobirana i trajno stabilnog oblika. U pravilu je toplinska izolacija namijenjena upotrebi u ventiliranim fasadama prevučena netkanim tekstilom (filcom).

Prilikom ugradnje, ploče toplinske izolacije potrebno je urezati i pritisnuti iznad zidnog držača, položiti ih na način da nema nepopunjenih mjesta (bez reški). Potrebno je isključiti mogućnost strážnjeg ventiliranja toplinske izolacije (između zida i izolacije). Termoizolaciju u prosjeku treba osigurati s 5 držača po m² (Slika 2-146). Kod upušta-

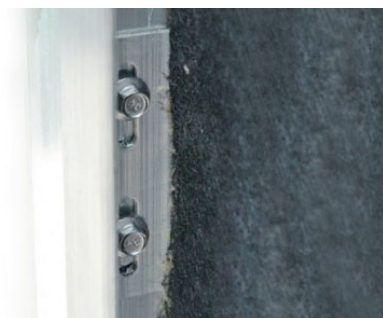
2.2.1.13 Ugradnja okomitih nosivih profila

Utvrđivanje statičkih sustava koji se izvode na pojedinom objektu ovisi o statičkom proračunu za pojedinu zgradu. Postoje preporuke koje prikazuju izbor mogućeg rasporeda ovisno o geometriji zgrade, statičkim zahtjevima, podlogama za učvršćivanje i izbočenjima sustava (Slika 2-147).



Slika 2-147 Moguće sheme položaja štapa - okomita aluminijaska podložna konstrukcija prema dopuštenju za sustav [49]

Kao okomiti štapovi koriste se aluminijски nosivi T-profil, debljine materijala od najmanje 2 mm (100/50/2), najveće duljine štapa 3 m. Najveći okomiti razmak između potpornja iznosi 1,0 m, a najveći dopušteni slobodni prepust profila 45 cm. Položaj fiksne točke je u sredini profilnog štapa ili najviše 1.5 m od kraja štapa (Slika 2-148).



T-profil se vijcima pričvršćuju u vidu fiksnih i kliznih točaka pomoću samobušućih vijaka 5,5x19 mm, zaštićenih od pretjeranog pritezanja (alternativno moguće spajanje aluminijским ili nehrđajućim zakovicama prema statici). Kod kliznih točaka vijci / zakovice nalaze se u sredini uzdužnih otvora zidnih držača, a kod fiksnih točaka načelno u okruglim otvorima.



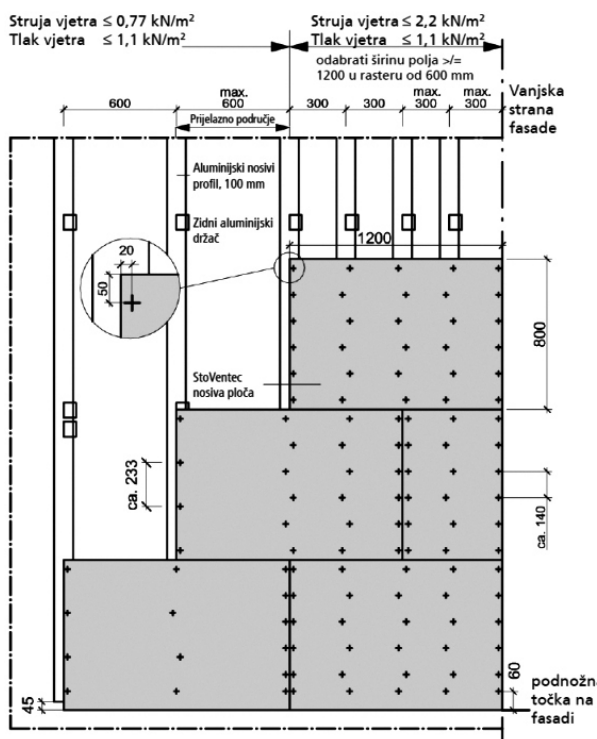
Kod mjesta spajanja profila između nosivih okomitih profila ostavlja se 10-15 cm radi prihvata toplinom uvjetovanih promjena duljine.

Na prirubnicu okomitih profila nanosi se samoljepljiva toplinska vrpca za razdvajanje.

Slika 2-148 Ugradnja okomitih štapova aluminijske podkonstrukcije [49]

2.2.1.14 Ugradnja ploča

Nosive ploče načelno se slažu u sustav, bez izvođenja križnih fuga (vodoravni odmak ploča 60 cm) (Slika 2-149). Dosjedne ploče se urežu i iskroje reznim alatom (nožem uz pomoć čeličnog ravnala). Pritom se nosive ploče vode pomoću reznog alata po čeličnom ravnalu i prosijecaju, okrenute licem prema alatu, a rubovi ploča se zatim bruse brusnom rešetkom (Slika 2-150).



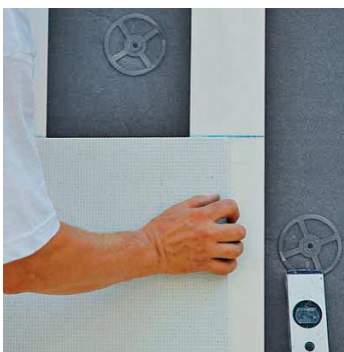
Slika 2-149 Shema spajanja nosivih ploča [49]

Najveća dopuštena okomita i vodoravna duljina rubova bez dilatacijske fuge odnosno fuge za ograničavanje polja na zgradi kod žbuke kao završnog sloja ventilirane fasade iznosi 25 m.

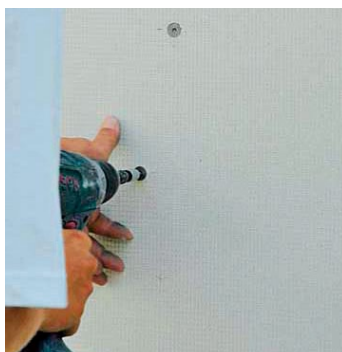
Dilatacijske fuge zgrade potrebno je preuzeti i u sustav ovakve ventilirane fasade. U području fuga za ograničavanje polja i fuga na zgradi mora se u potpunosti razdvojiti cijeli sustav uključujući podložnu konstrukciju. S obje strane okomitih dilatacijskih fuga i fuga na zgradi, u podložnu konstrukciju se uvijek mora ugraditi profilna os.

Izvedba završne žbuke provodi se slično kao u slučaju izvedbe završne žbuke na ETICS sustavima (Slika 2-151).

Ako je u produžetku prozorskih klupčica ili nadvoja istodobno postavljena vodoravna fuga ploče, potrebno je prije punoplošnog armiranja sustava izvesti dijagonalno armiranje pomoću dijagonalne armaturne mrežice. Dijagonalno armiranje nije potrebno kada nosiva ploča u području spajanja ima dovoljan zasjek.

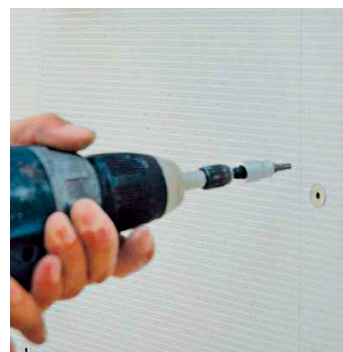


Gornji rub prvog reda ploča treba se vodoravno precizno označiti pomoću mjerne vrpce na nosivom profilu (oko 755 mm iznad donjeg ruba nosivog profila). Prvi red ploča podesi se po vodoravnoj mjernoj vrpci, osigura se protiv pomicanja i učvrsti vijcima na nosivi profil. Okomite fuge ploča u načelu se raspoređuju u sredini na okomitim profilima bez premoštenja, dok se sljedeće ploče dalje tijesno priljubljuju bez fuge.



Vijci se bez prethodnog bušenja postavljaju u ravnini plohe bušenja kroz nosivu ploču u nosivi profil, pridržavajući se zadanog razmaka između vijaka. Počinje se u jednom uglu ili u sredini ploče kako bi se izbjegla trajna opterećenja i deformacija ploče.

Potrebno je pripaziti na okomite i vodoravne razmake između vijaka i rubova vijaka u skladu sa shemom spajanja.



Ploča se prilikom pričvršćivanja vijcima čvrsto pritisne na nosivi profil. Iznad međuprofila vijci se postavljaju naizmjenice s veznim dijelovima profila.

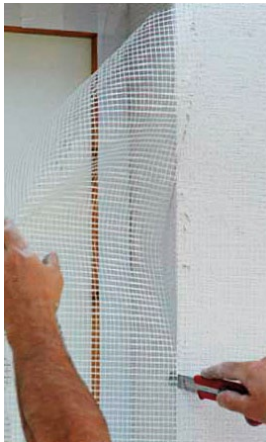
Slika 2-150 Ugradnja nosivih ploča [49]



Armatura masa nanosi se ručno ili strojno. Debljine gotovog sloja iznose od 1,5-3,5 mm. Alternativno se može raditi pomoću QS-tehnologije.



Armatura mrežica polaže se u vlažnu armaturnu masu. Trake mrežice moraju se preklapati barem 10 cm.



Duž ruba špalete armaturna mrežica se odreže oštrim nožem. Na vanjskim uglovima špaleta, armaturna se mrežica odreže čisto i precizno. Prije nanošenja armaturne mase svi se rubovi provjeravaju i ako dijelovi mrežice eventualno strše, naknadno se odrežu.



Na kraju se armaturna masa nanese tako da sve dobro prekrije.



Na špaletama (prozori, vrata itd.) ovisno o izvedbi detalja, u armaturnu masu se polaže mrežica priključne letvice ili mrežica od staklenih vlakana. Unutarnji uglovi špaleta armiraju se pomoću mrežice od staklenih vlakana pri čemu se armaturna mrežica preklapa za najmanje 10 cm.



Uglovi špaleta i vanjski uglovi zgrade izvode se pomoću kutnika od staklene mrežice. Kutnik od staklene mrežice se nakon pripreme punoplošno polaže u armaturnu masu.

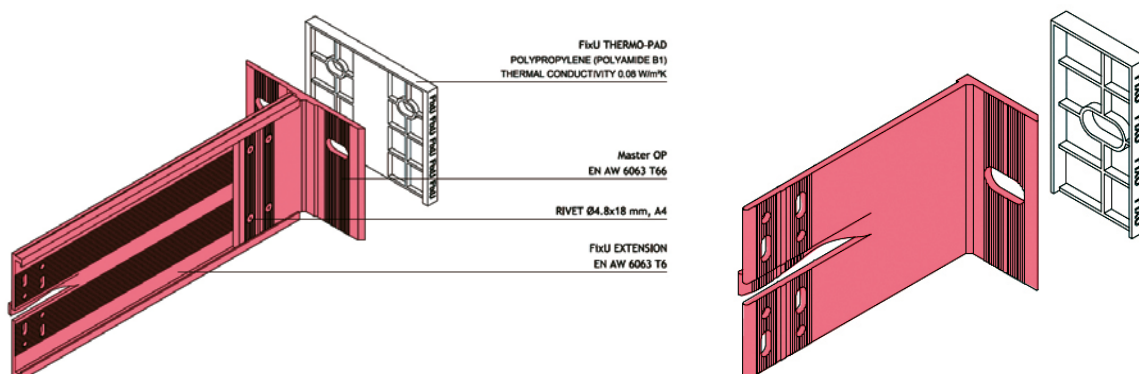
Slika 2-151 Izvedba završne žbuke [49]

2.2.1.15 Prekid toplinskog mosta

Kako bi se spriječilo pojavljivanje toplinskog mosta zbog metalnih nosača završnog sloja ventiliranih fasada, potrebno je ugraditi elemente koji imaju malu toplinsku provodljivost (obično polipropilen ili tvrdi PVC). Prilikom ugradnje nosača, ubacuje se podloška između nosača i podložnog zida (Slika 2-152 i Slika 2-153), te se sidrenje provodi na način da postoji prekid toplinskog mosta i na vijcima (konstrukcijom samog vijka ili pak plastičnim tiplama). Ukoliko se smanji utjecaj točkastih toplinskih mostova, moguće je smanjiti debljinu toplinske izolacije.

2.2.1.16 Sredstva za sidrenje

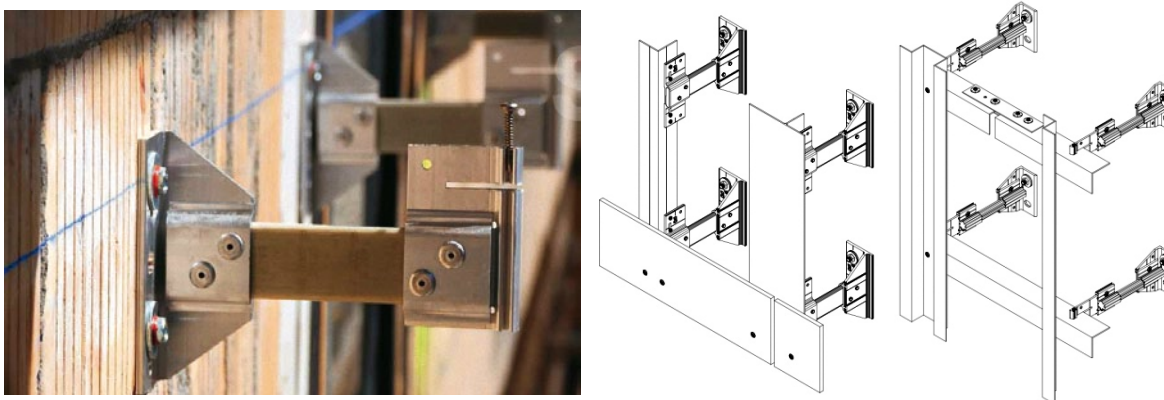
Kao sredstva za sidrenje (Slika 2-155 i Slika 2-156) koriste se uobičajene kombinacije vijaka i tipli, koji osiguravaju zidne držače podkonstrukcije na podlozi za sidrenje. Pri postavljanju fasadnih tipli s vijkom treba načelno uzeti u obzir upute za ugradnju prema dopuštenju proizvođača tipli. Njihovo dimenzioniranje i broj



Slika 2-152 Moguća izvedba prekida toplinskog mosta



Slika 2-153 Moguća izvedba prekida toplinskog mosta [155], [156]



Slika 2-154 Nosачi od staklenih vlakana, male toplinske provodljivosti



Slika 2-155 Univerzalni vijak [157]



Slika 2-156 Sidro za nadglavnu ugradnju [158]

ovisi o vlastitoj težini završne obloge ventilirane fasade te o kakvoći i čvrstoći podloge za sidrenje, tako da je u svakom slučaju potreban računski i statički dokaz.

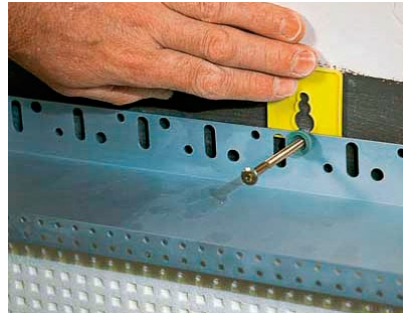
Sidrenje podkonstrukcije izvodi se certificiranim tiplama, a sva metalna sredstva za sidrenje koja nakon ugradnje više nisu dostupna, moraju udovoljavati klasi antikorozivne zaštite II, prema normama iz niza DIN 55 928. Sredstva za sidrenje mogu biti od polimernih materijala, uobičajene su međutim metalne tiple, injekcijske tiple te spregnute tiple.

2.2.1.17 Ugradnja završne letvice i ventilacijskog profila

Postupak ugradnje završne letvice te ventilacijskog profila i profila za zaštitu rubova prikazan je na sljedećim slikama 2-157 i 2-158.



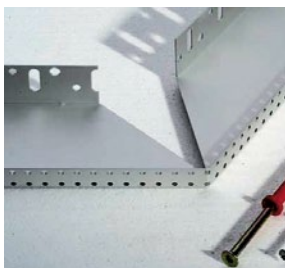
Prije početka radova polaganja, utvrđuje se visina sokla, te se označava mjernom vrpcom. Završna letvica postavlja se vodoravno, i mora točno prilijegati. Neravnine na zidu poravnavaju se podložnim pločicama.



Završna letvica učvršćuje se u potrebnoj širini pomoću udarne tiple u razmacima od oko 33 cm. Potrebno je izbjegavati torziju letvice. Kod izvedbe s termoizolacijom podnožja, priključna fuga između završne letvice i toplinske izolacije podnožja izvodi se pomoću trake za brtvljenje fuge kao zaštita od udara kiše.



Završne letvice po mogućnosti se uvijek pričvršćuju u vanjskim rupama letvice. Radi lakše ugradnje letvice, spojnica se postavlja u prednjoj trećini.

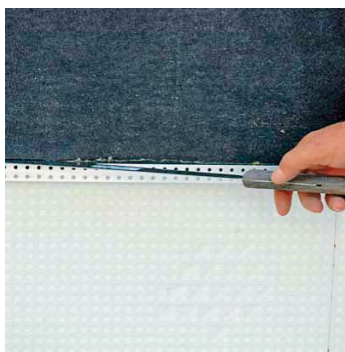


Ugaoni dio završnih letvica pričvršćuje se tiplama.



Na uglovima zgrade potrebno je postaviti ugaoni dio završnih letvica koji se prilagođava kutu ugla. Na zaobljenim dijelovima postavljaju se zaobljene završne letvice.

Slika 2-157 Ugradnja završne letvice [49]



Za aluminijski ventilacijski profil izrađuju se prorezi na toplinskoj izolaciji na gornjem rubu završne letvice.



Aluminijski ventilacijski profil prije ugradnje ploča utakne se u prorezanu toplinsku izolaciju te se kod spajanja nosivih ploča učvršćuje donjim fasadnim bušećim vijkom na okomite nosive profile.



Profil za zaštitu rubova, s perforiranim krakom prema naprijed, natakne se na donji rub nosive ploče.

Slika 2-158 Ugradnja završne letvice [49]

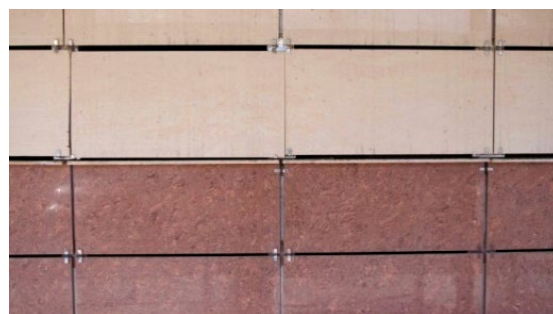
2.2.1.18 Problemi s ventiliranim fasadama

U ovom poglavlju biti će prikazani primjeri loše izvedene ventilirane fasade, pri čemu je najvidljivija loša izvedba završne obloge. Ukoliko dođe do loše ugradnje podkonstrukcije, vrlo često se posljedice vide na završnoj oblozi koju je tada vrlo teško ugraditi na način da su fuge jednolike i ravne (Slika 2-159).

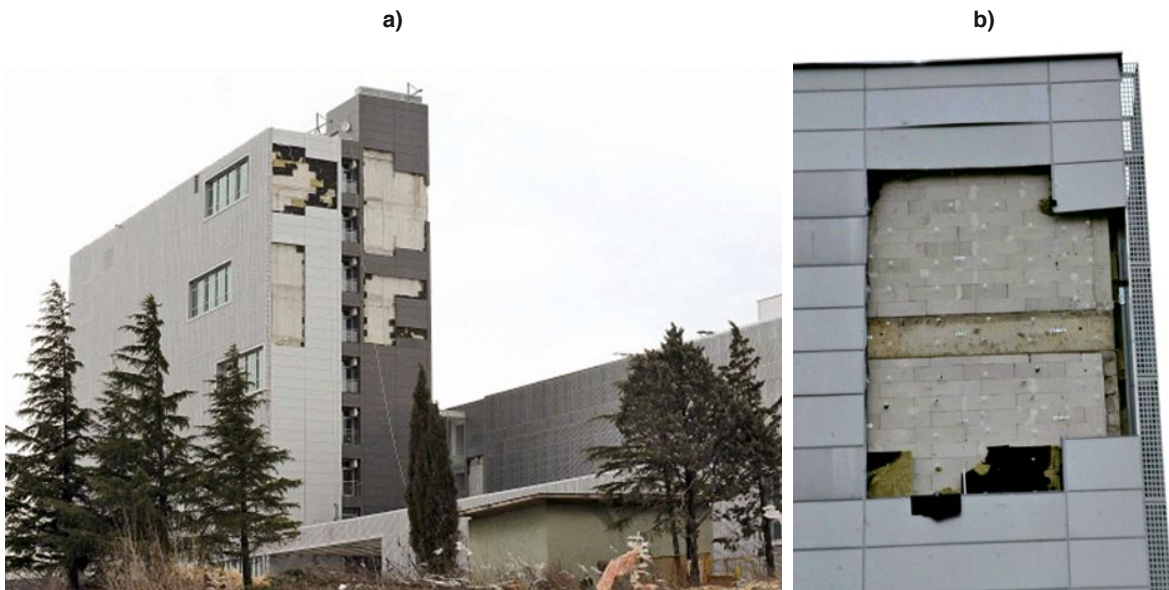
Ukoliko se ventilirana fasada loše dimenzionira ili ugradi (uključujući mineralnu vunu, kao i podkonstrukciju) moguće je da će pod utjecajem vjetrova doći do pada dijelova konstrukcije, što može biti opasno po ljude. Slika 2-160 prikazuje ventiliranu fasadu u Kampusu na Trsatu u Rijeci, kod koje je i prije samog završetka zgrade uslijed djelovanja jakog vjetrova oštećena ventilirana fasada, a sličan se problem dogodio i nakon sanacije u 4. godini korištenja zgrade.

Također, kod ventiliranih fasada, moguće je da uslijed mehaničkih djelovanja dođe do oštećenja panela završne obloge (Slika 2-161).

Primjer oštećenja vanjske obloge ventilirane fasade uslijed djelovanja iz okoliša, prikazan je na donjoj slici (Slika 2-162), pri čemu je došlo do oštećenja ploča na bazi cementa uslijed djelovanja smrzavanja i odmrzavanja. U ovom slučaju ploče su pričvršćene za drvenu podkonstrukciju, ali su fuge namijenjene za ventilaciju i otjecanje vode



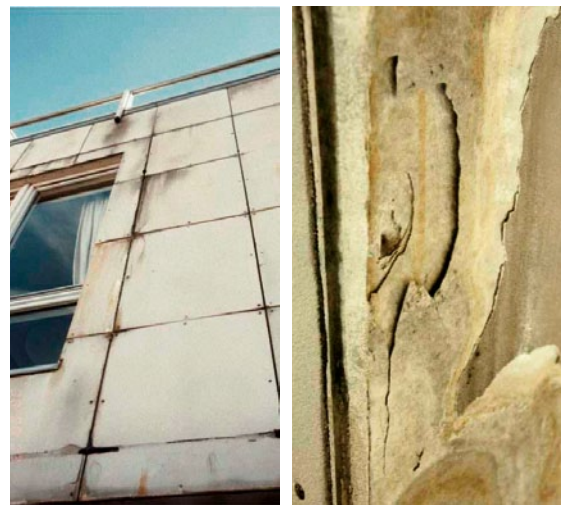
Slika 2-159 Loša montaža podkonstrukcije [159]



Slika 2-160 Ventilirana fasada, Sveučilišni kampus na Trsatu, Rijeka: **a)** studeni 2011.; **b)** ožujak 2015. [160], [161]



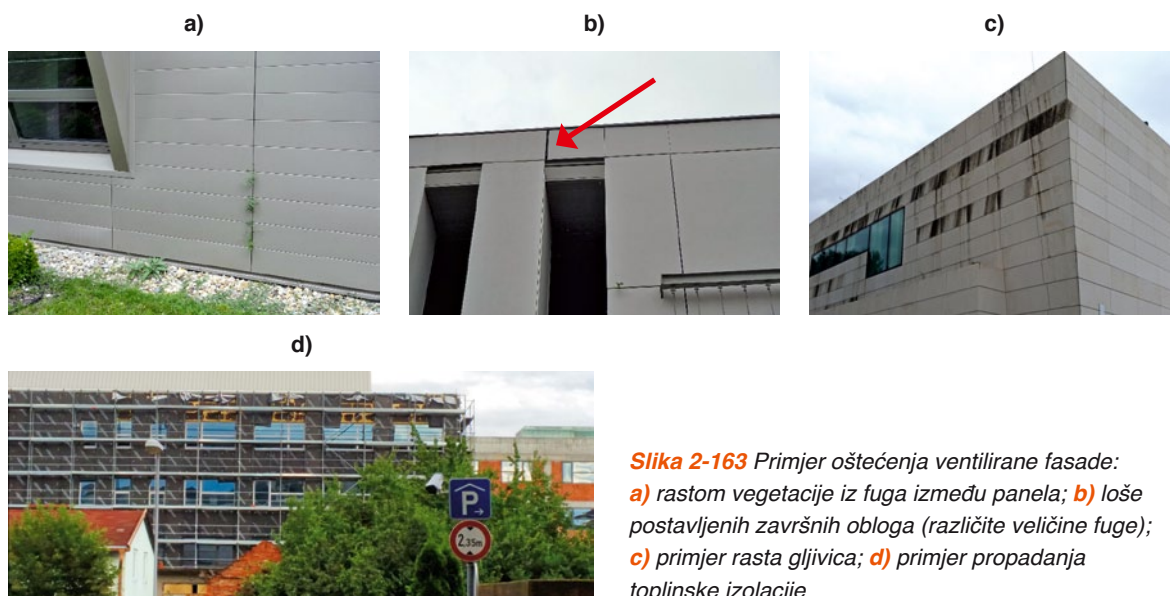
Slika 2-161 Ventilirana fasada, Sveučilišni kampus na Trsatu, Rijeka, studeni 2011. [162]



Slika 2-162 Primjer oštećenja završne obloge uslijed nedovoljne ventilacije prostora iza obloge što je dovelo do smrzavanja vlage i oštećenja ploča

bile zatvorene na gornjim i donjim rubovima svih prozora i vrata, kao i na dnu zida. Navedeno je dovelo do akumulacije vlage u konstrukciji koja se pod djelovanjem niskih temperatura smrzнула te dovela do oštećenja ploča.

Oštećenje ventilirane fasade može se pojaviti rastom vegetacije između fuga panela, ili lošim izvođenjem, odnosno postavljanjem završne obloge (Slika 2-163).



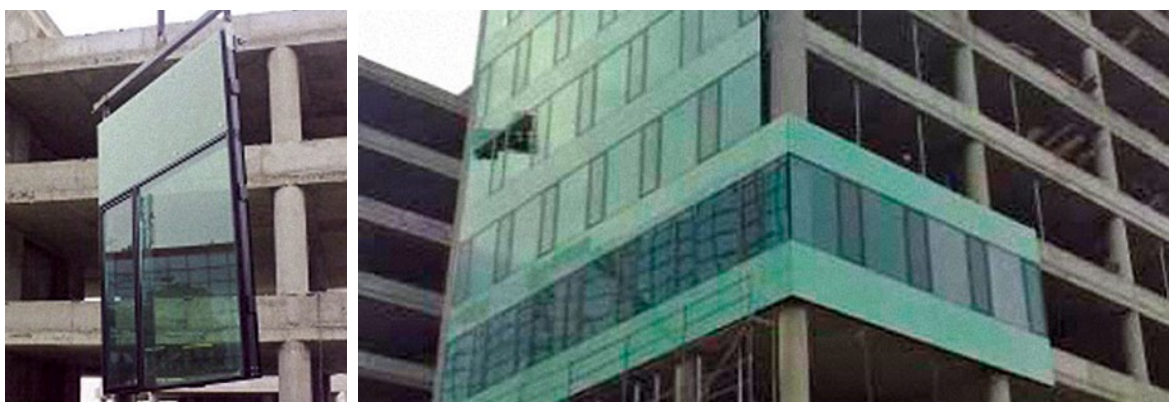
Slika 2-163 Primjer oštećenja ventilirane fasade: **a)** rastom vegetacije iz fuga između panela; **b)** loše postavljene završne obloge (različite veličine fuga); **c)** primjer rasta gljivica; **d)** primjer propadanja toplinske izolacije

2.2.2 Staklene fasade

2.2.2.1 Jednostruke i dvostruke element fasade

Jednostruke i dvostruke element fasade u skladu su sa najnovijim trendovima suvremene arhitekture i zahtjevima za racionalnom potrošnjom energije. Svojim tehničkim i vizualnim karakteristikama sa izborom utiska, unutarnjeg ivanjskog stakla, žaluzina postižu vrijednosti: $U < 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g < 0,1$, $R_w = 44 \text{ dB}$.

Samonosiva jednostruka ili dvostruka element fasada je toplinski izolirana višeslojna alu-konstrukcija za višekatne zgrade i sastoji se od pojedinačnih modula (E-element) koji se gotovi dopremaju na gradilište (Slika 2-164). Tako radionički predgotovljeni elementi osiguravaju brzu ugradnju i najveću moguću kakvoću kroz provjeru u radionici te kvalitetnim rješenjima montažnih spojeva.



Slika 2-164 Primjer jednostruke element fasade [163]

Ugradnja zahtjeva gotovo minimalan rad na terenu. Nakon izrade čeličnih sidara na armiranobetonskoj konstrukciji, za ugradnju je potreban samo kran, tj. dizalica. Okomiti i vodoravni brtveni EPDM ulošci nasjedanjem u alu-profile pri ugradnji osiguravaju pored krutosti i nužnu mogućnost vodoravnih i okomitih pomaka (dilatiranja) uslijed različitih linearnih koeficijenata istezanja materijala pri temperaturnim razlikama. Jednostruke i dvostruke element fasade izrađuju se obično od aluminijskih profila s prekinutim toplinskim mostom. Dimenzije elemenata rade se prema arhitektonskom nacrtu u različitim širinama i visinama etaže.

U visini armiranobetonske ploče, kako bi se spriječilo širenje požara s kata na kat, izvodi se protupožarni parapet s minimalnom otpornošću na požar u trajanju od 90 minuta, minimalno u visini 1000 mm. Jedno od rješenja za sprječavanje širenja požara je samonosivi „sandwich“ iz pocinčanog lima, mineralne vune i vatrootpornih gips ploča.

2.2.2.2 Dvostruka element fasada

Sastoji se praktički od dvije ostakljene fasade i to vanjske jednostruke (hladne) i toplinski izolirane unutar-nje. Unutarnja fasada se preko čeličnih sidrišta i sidrenih tipli oslanja na armirano betonsku konstrukciju zgrade. Vanjska fasada je pričvršćena preko čeličnih nosača na unutarnju fasadu odnosno armiranobetonsku konstrukciju zgrade. No svi čelični elementi su integrirani u alu-oblogu tako da nisu vidljivi s vanjske strane (Slika 2-165).



Slika 2-165 Primjer dvostruke element fasade [164]

Između vanjske i unutarnje opne nalazi se zračni prostor, gdje je predviđeno postavljanje zaštite za sunce (žaluzine, screen zavjese i sl.) s mogućnošću otvaranja na elektro-pogon ili ručno. Vanjska opna je sigurnosno staklo $d=8-18$ mm prema statičkom proračunu s HST i u pravilu je katne visine s mogućnošću ventiliranja (ulaz i izlaz zraka bitan za ljetno razdoblje radi toplinske stabilnosti zgrade).

Parapeti unutrašnje fasade su od emajliranog stakla ili plastificiranog alu-lima. Unutarnja fasadna opna je IZO staklo debljine 40mm. Vizualno dvostruka element fasada izgleda kao polu-strukturalna s blok prozorama (skriveno krilo iza konstrukcije okvira) koji mogu biti otklopno-zaokretni, zaokretni ili otklopni. Prilagodljiv

razmak između vanjskog i unutarnjeg stakla (150-600 mm) omogućava različite vizualne utiske i mogućnosti prolaza radi čišćenja stakla.

Bitne prednosti dvostruke fasade su:

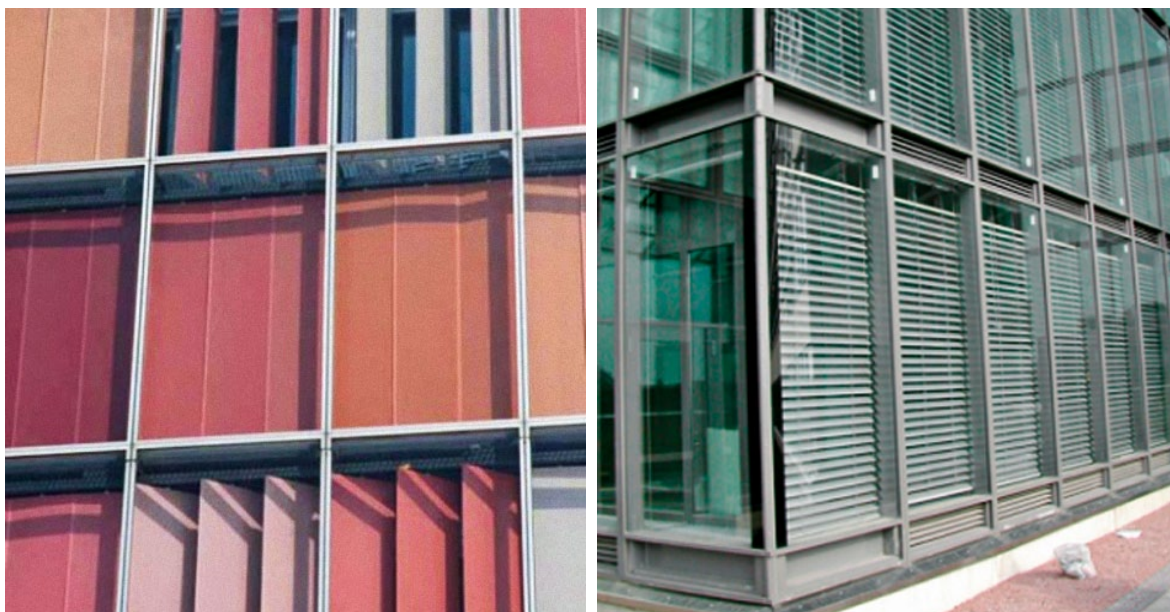
- poboljšana zvučna izolacija,
- zaštita od sunca postavljena u međuprostoru,
- prirodno ventiliranje radnih mjesta kao i mogućnost hlađenja noću otvaranjem prozora,
- smanjeni «propuh» kada su otvoreni prozori na zgradi,
- smanjenje potrebne energije za grijanje u zimskom razdoblju.

Bitni nedostaci dvostrukih fasada su:

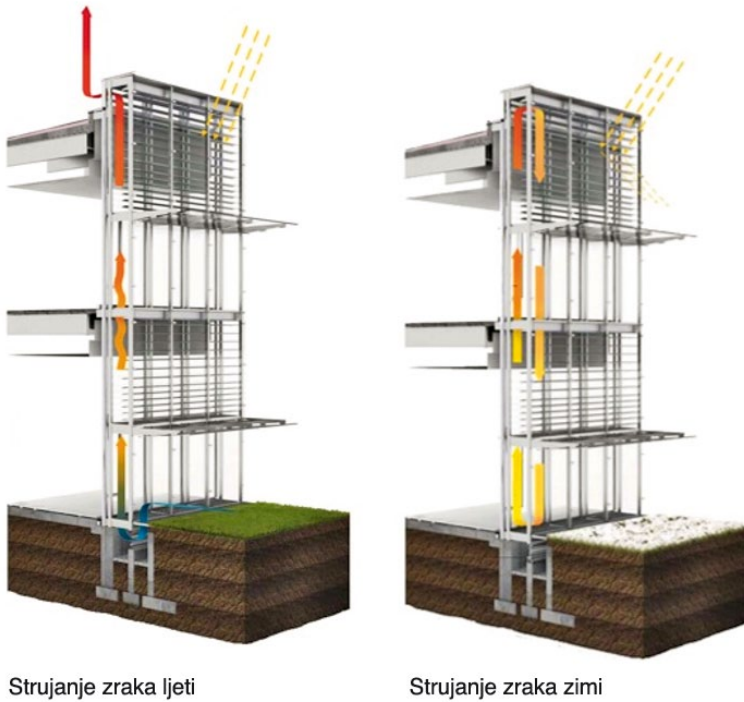
- visoki investicijski troškovi,
- povećani pogonski troškovi naročito kod čišćenja,
- veći građevinski volumen odnosno veća prostorna površina za istu korisnu površinu,
- manja izmjena zraka kod otvorenih prozora bez vjetra,
- veći prijenos zvuka između susjednih prostorija kod otvorenih prozora.

U zračni međuprostor redovno se ugrađuju **pokretne naprave za zaštitu od sunčeva zračenja**, najčešće okretne rebrenice (žaluzine) s mogućnosti provjetravanja prostora iza njih.

Visokim stupnjem propuštanja energije, uz kontrolirano provjetravanje s učinkovitim zasjenjenjem, ostvaruje se energijski najpovoljnije svojstvo dvostrukih, ostakljenih pročelja: najveće moguće korištenje radijacijske sunčeve topline tijekom sunčanih, zimskih dana, odnosno najveće moguće zasjenjenje u ljetnom razdoblju u spoju s pojačanim provjetravanjem (Slika 2-166).



Slika 2-166 Primjer izvedbe zaštite od sunčevog zračenja u međuprostoru dvostruke fasade [165], [166]



Strujanje zraka ljeti

Strujanje zraka zimi

Slika 2-167 Načelo funkcioniranja dvostrukih fasada, ljetno razdoblje lijevo, zimsko razdoblje desno [167]

Tijekom ljetnih mjeseci dvostruke fasade funkcioniraju tako da dolazi do pojave efekta dimnjaka, pri čemu se topli zrak iz međuprostora ispušta na vrhu zgrade, što dovodi do smanjenja temperature na vanjskoj površini unutarnje (tople) ovojnice što ima za posljedicu smanjenje potrebne energije za hlađenje zgrade. Tijekom zimskih mjeseci, ostvaruje se kružno strujanje zraka u međuprostoru, ali pri znatno manjim brzinama kretanja zraka (u odnosu na vjetar na vanjskoj ovojnici) što doprinosi smanjenju potrošnje energije za grijanje (Slika 2-167).

Na slici 2-168 i slici 2-169 prikazani su najčešći problemi kod dvostrukih fasada, a koje se očituju u lošem izboru stakla (nije lamelirano i kaljeno), te potrebi pranja vanjske ovojnice.



Slika 2-168 Primjer pucanja stakla vanjske ovojnice [168]



Slika 2-169 Problem pranja stakla [169]

2.3 UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE

Vanjska stolarija je kvalitetna i energetske učinkovita toliko koliko je kvalitetna i njezina ugradnja. Prije svega radi se o točnoj ugradnji bez zrakopropusnih mjesta uz obod vanjske stolarije i po mogućnosti s neposrednom vezom na sloj materijala za toplinsku zaštitu zida te za pravilan način prirodnoga prozračivanja prostora. Trenutačno u graditeljstvu prevladava klasičan način ugradnje vanjske stolarije s pomoću poliuretanske pjene, prekrivnih letvica i silikonskoga kita. Dosadašnji standardni način ugradnje stolarije podrazumijeva ugradnju pomoću specijalnih turbo vijaka kojima se okvir stolarije pričvršćuje na građevinsku konstrukciju te PUR-pjene kojom se ispunjava međuprostor između okvira stolarije i zida (Slika 2-171). Taj međuprostor se iznutra najčešće pokriva gips-vapnenom žbukom, a izvana izolacijskom fasadom.



Slika 2-170 Gubici topline kroz otvore [170]



Slika 2-171 PUR-pjena [171]

Upravo u tom međuprostoru, zbog često neodgovarajuće izvedenog spoja, dolazi do gubitaka topline (Slika 2-170), i velike koncentracije vlage koja kao vodena para dolazi iz prostora u kojem boravimo. Za ilustraciju, u roku 24 h, kroz otvor fuge širine 1 mm i duljine 1 m (koja nije paronepropusno izolirana s unutarnje strane) kondenzira se otprilike 360 g vode u građevni element odnosno zid. Kondenzacija vlage odvija se na temperaturi od 9,3 °C, a ista često dovodi do pojave plijesni, gljivica, truleži ili čak curenja vode iz zida ispod ugrađene stolarije. Gljivice uzrokuju iznimno lošu mikroklimu životnog prostora, te mogu biti štetne za zdravlje.

Za te pojave najčešće se okrivljuju proizvođači i ugrađivači stolarije, a kao razlozi se navode prevelika propusnost brtvi na stolariji ili neispravno izrađena stolarija.

Kako bi se to spriječilo te povećala ušteda energije, **preporučuje se ugradnja stolarije prema RAL – smjernicama:**

- spoj stolarije i zida (međuprostor) treba održati suhim;
- prozor treba pozicionirati na pravilnu liniju izoterme;
- naročito s unutarnje strane treba spriječiti protok vodene pare u izolaciju (paronepropusnost iznutra prema međuprostoru);
- s vanjske strane treba spriječiti ulazak tekuće vode ili proboj kiše (vodonepropusnost izvana prema međuprostoru);
- osigurati nesmetani izlazak vodene pare iz međuprostora u atmosferu (paropropusnost iz međuprostora prema van).

Kako bi se zadovoljile smjernice, do sada su se razvila četiri sustava brtvljenja.

2.3.1 Sustav brtvljenja pomoću folija i ekspandirajuće brtve

Na vanjskom dijelu stranice okvira prozora okrenute prema zidu, lijepi se ekspandirajuća brtva, a sa unutarnje strane okvira prozora lijepi se folija. Nakon ugradnje prozora ekspandirajuća brtva, na vanjskoj strani okvira, popunjava i brtvi međuprostor između zida i okvira prozora, a ostatak međuprostora ispunjava se PUR-pjenom. Nakon što se PUR-pjena osuši i odreže, sa unutarnje strane se zaštićuje folijom, te je time osigurana od djelovanja vanjskih utjecaja (Slika 2-172).



Slika 2-172 Brtvljenje folijama i ekspandirajućom brtvom [172]

PUR (POLIURETANSKA) PJENA najbolji je toplinski izolator ($\lambda = 0,020 - 0,035 \text{ W/mK}$). Izlazeća pjena povećava volumen i očvršćuje s vlagom iz zraka. Nakon 15 min istisnuta pjena postaje neljepljiva na dodir. Višak istisnute pjene može se odrezati nakon 30-60 min, a potpuno očvrstne nakon 1 do 5 sati. Vodonepropusna je, otporna na kemikalije, postojana na temperaturi do $130 \text{ }^\circ\text{C}$ i elastična. Dobro prianja na sve građevinske materijale (drvo, plinobeton, opeka, metal, aluminij) ali ne i na polietilen, silikon i teflon, te nije otporna na ultraljubičaste zrake. Za ugradnju stolarije koristi se jedno-komponentna pjena. Koristi se i za ispunjavanje i brtvljenje otvora, fuga, raspuklina, sustava za grijanje, instalacija i sl.

2.3.2 Sustav brtvljenja pomoću folija

Na okvir prozora se iznutra lijepi vodoparonepropusna folija (Slika 2-173), a izvana vodonepropusna/paropropusna folija (Slika 2-174). Nakon ugradnje stolarije, na spoju elementa s objektom, postavlja se PUR-pjena koja se



Slika 2-173 Primjer pričvršćenja unutarnjih paronepropusnih traka na građevinski element [173]



Slika 2-174 Folije za brtvljenje [174]

nakon sušenja odreže. Nakon toga, folije koje su na elementu lijepe se na zid (premazan temeljnim premazom) pomoću poliuretanskog kita i time je PUR-pjena zaštićena od vanjskih utjecaja (Slika 2-175).

2.3.3 Sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka

Korištenjem brtvenih traka s „3 u 1“ rješenjem moguće je postići zadane vrijednosti unutarnjeg i vanjskoga brtvljenja samo jednom trakom. Traka se pozicionira na stranicu okvira stolarije okrenutu prema građevnom elementu, punom širinom, te se time postiže odgovarajuća vodonepropusnost, paronepropusnost odnosno paropropusnost, ali i toplinska izolacija (Slika 2-177).

RAL montaža sukladna je preporukama za uštedu energije prema europski priznatim pravilima struke, propisima o toplinskoj zaštiti iz 1995. i ENEC 2002., RAL, DIN 4108, tehničkim smjernicama saveza udruga staklara, metalogradnje i stolara (Izvadak iz službenog tumačenja njemačkih propisa). Iste smjernice preuzela je većina europskih zemalja i prilagodila lokalnim propisima.

Stolariju je potrebno ugraditi na pravilnu poziciju unutar špalete (kod niskoenergetskih kuća na vanjski rub zida, a kod pasivnih kuća, izvan zida tj. u toplinsku izolaciju fasade) (Slika 2-178).



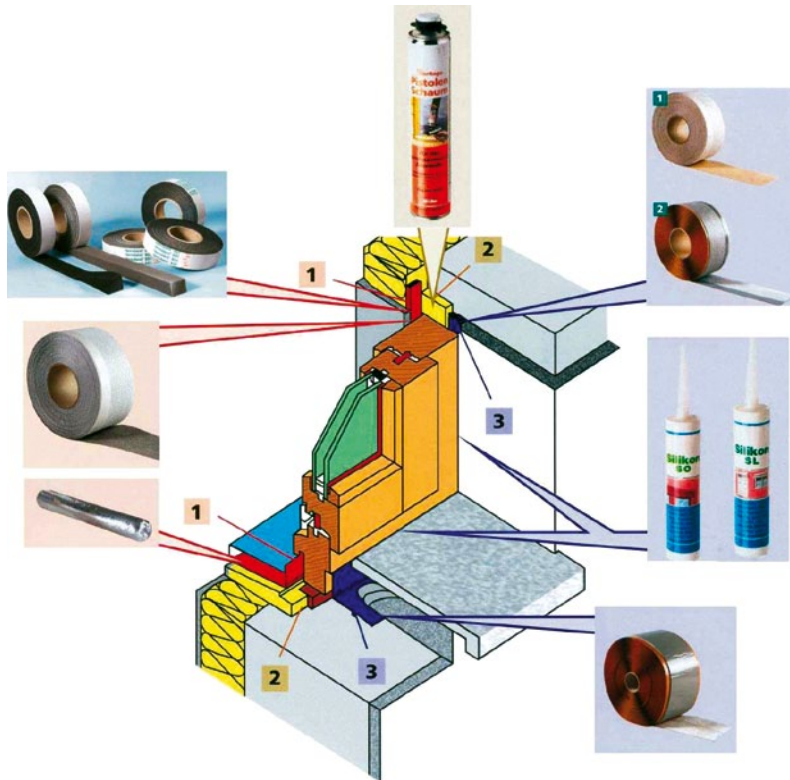
Slika 2-175 Primjer brtvljenja folijom [174]



Slika 2-176 Žbukanje zidarskih otvora [173]



Slika 2-177 Brtvljenje pomoću brtvenih traka [173]



Slika 2-178 Pravilna pozicija stolarije za ugradnju RAL montažom

2.3.4 Sustav brtvljenja pomoću RAL PVC letvica

Na okvir prozora s unutarnje strane lijepi se vodo i paronepropusna RAL letvica, a s vanjske strane vodonepropusna i paropropusna RAL letvica. Ral letvica osigurava uredan spoj fasade (žbuke) i prozora te omogućava nesmetano širenje i sužavanje prozora uslijed temperaturnih promjena, bez pucanja spoja fasade i elementa.

Letvice su konstruirane i profilirane tako da mogu prihvatiti razne materijale, pa postoje: letvice za klasičnu žbuku, fasadu od stiropora ili kamene vune (s mrežicom), za staklenu vunu i za gips-kartonske ploče (Slika 2-179).



Slika 2-179 Brtvljenje RAL PVC letvicama [174]

2.4 ZELENE FASADE

Zelene fasade su relativno novo oblikovno rješenje koje ima mnoge povoljne utjecaje na objekte, ljude i okoliš. Biljke na fasadi vrlo učinkovito štite zgradu od atmosferskih utjecaja te daju naročitu estetsku komponentu i pridonose ekološkom trendu (Slika 2-180).

Prednosti biljaka i prirodnog okoliša su svima poznate, pa tako i zelene fasade imaju nekoliko bitnih utjecaja na klimu u zgradama i prostorima:

- doprinose proizvodnji kisika;
- smanjuju količinu ugljičnog dioksida, prašine i ostalog zagađenja u zraku;
- smanjuju buku;
- stvaraju zdraviju klimu i smanjuju učinak „bolesnih zgrada“;
- ljeti hlade prostor, a zimi ga griju;
- imaju psihološki utjecaj – smanjuju stres i povećavaju produktivnost.

Iako predstavljaju vrlo atraktivno rješenje (Slika 2-181), zelene fasade imaju i svoje zahtjeve. Kako bi zelene fasade mogle postojati važno je navodnjavanje. Kako zbog okomitog prostiranja nije moguće osigurati prirodnu opskrbu vodom, sve zelene fasade moraju imati izveden sustav navodnjavanja. Moguće su izvedbe navodnjavanja sustavom kapanja, kao i sve rašireniji hidroponski uzgoj. Kod vanjske primjene u krajevima gdje može doći do smrzavanja sustavi za navodnjavanje moraju biti projektirani tako da je omogućeno njihovo pražnjenje. U tom slučaju nije moguće primijeniti hidroponski sustav uzgoja.

Kod planiranja i izvođenja zelene fasade potrebno je odvojiti „zelenu“ konstrukciju od zida na kojem se nalazi (Slika 2-182), kako ne bi došlo do oštećenja od korijenja ili vlage. To ujedno pomaže prozračivanju korijenja biljaka i pospješuje njihov rast. Bitan čimbenik za opstanak biljaka i trajnost cijele konstrukcije ima hranjivi medij na kojem biljke rastu. Stoga je potrebno spriječiti ili barem umanjiti njegovu eroziju (vodom, vjetrom ili samim korijenjem biljaka), što se čini odabirom ispravnog tipa konstrukcije zelene fasade.

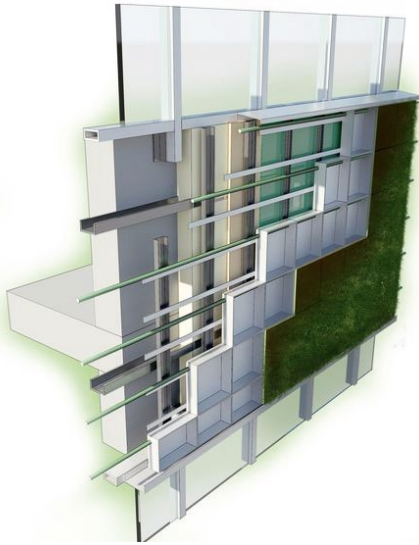
Današnje znanje i tehnologija omogućuju jednake i bolje učinke bez negativnih posljedica. Zelene fasade imaju planski uzgojenu vegetaciju, odvojenju od konstruktivnog dijela koji je zaštićen od mogućeg destruktivnog utjecaja biljaka. Na trži-



Slika 2-180 Zelene fasade [175], [176]



Slika 2-181 Zelena fasada – pročelje muzeja Quai Branly, Pariz (autor Patrick Blanc) [177]



Slika 2-182 Odvajanje „zelene“ konstrukciju od zida na kojem se nalazi [178]



Slika 2-183 Zelena fasada [179]



Slika 2-184 Živući zidovi [180]

štu postoji čitav niz proizvođača koji nude gotove sustave za izvedbu zelene fasade (Slika 2-182).

Zelene fasade sastoje se od biljaka penjačica koje imaju korijenje u posebno za njih napravljenim posudama na zidu, ili jednostavno rastu iz tla. Puze ili se penju po posebnoj konstrukciji koja je ugrađena na zid (najčešće mreža od nehrđajuće čelične užadi i nosača), a koja točno odgovara odabranoj biljnoj vrsti (Slika 2-183).

Živući zidovi su potpuno suvremeni izum i sastoje se od konstrukcije koja je ovješena na zid i koja sadrži hranjivi medij, biljku i sustav za navodnjavanje (Slika 2-184). Cijela površina je podijeljena na puno manjih sadnica koje se mogu ugraditi u već izrasloj fazi i u većim gotovim segmentima. Zato je vrijeme potrebno da cijeli zid poprimi konačan izgled puno kraće, a ponekad i trenutno (ako su segmenti prethodno uzgojeni i ugrađeni tako gotovi).

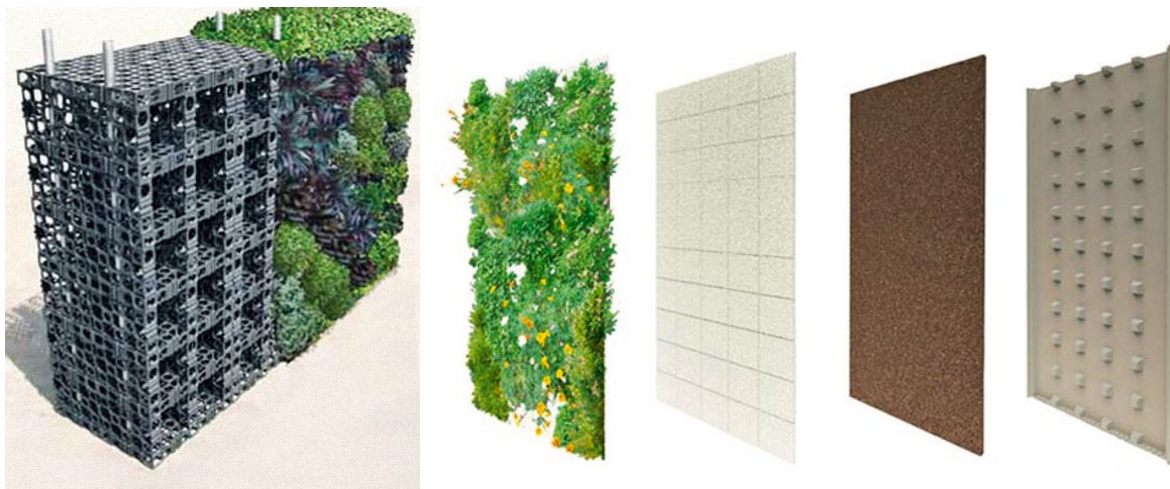
Živući zidovi imaju tri načina kako na okomitoj površini osigurati hranjivi medij u kojem uspijeva vegetacija: sustav sa slobodnim medijem, konstrukcija „hranjivog jastuka“ i raster posuda s hranjivim materijalom (Slika 2-185).

Slobodni medij

Sustavi sa slobodnim medijem sastoje se od posude ili vrećice sa plodnim tlom koja je obješena na zid. Posude je potrebno osigurati kako ne bi došlo do otpadanja sa zida. Kod vanjske primjene može doći do pojačane erozije uslijed vjetrova ili kiše, pa se medij treba relativno često mijenjati ili nadopunjavati (1-2 godine). Stoga takav sustav nije pogodan za zidove veće visine.

Tepih medij

Plodnim „tepihom“ se ostvaruje kontinuirani i neprekinuti hranjivi sloj u kojem korijenje biljaka može naći oslonac i hranu. Izvodi se od kokosove, jutene ili umjetne tkanine u više slojeva. S vremenom korijenje biljaka ipak razgradi tkaninu, što dovodi do rasipanja tla i ispadanja samih biljaka. Životni vijek takve konstrukcije je 3-5 godina nakon čega je potrebno zamijeniti cijele dijelove zida, što je dosta skupo i neuredno, a ugrožava i biljke na



Slika 2-185 Neki od sustava živućih zidova [181], [182]

susjednim poljima. Problem predstavlja i neučinkovitost navodnjavanja, pa je potrebno uvesti recirkulaciju koja dodatno poskupljuje cijelu instalaciju.

Konstruktivni medij

To su modularni elementi koji mogu biti proizvedeni u raznim dimenzijama i imati sposobnost akumulacije više ili manje vode, ovisno o vrsti biljaka koje će udomiti. Uglavnom se izvode od plastike ili nehrđajućeg metala, a vješaju se na potkonstrukciju učvršćenu na zid. Konstruktivni mediji imaju dulji rok trajanja (10-15 godina), jednostavno i uredno održavanje, jednostavnu izmjenu, a često se isporučuju s već odraslim zelenilom tj. kao gotov proizvod.

Vanjska primjena zelene fasade zbog agresivnih čimbenika (vjetar, kiša, snijeg, smrzavanje, nepristupačnost za održavanje i dr.) ima više ograničenja što uzrokuje suženi izbor biljaka, veće tehničke zahtjeve za konstrukciju i kraći vijek trajanja tj. češće održavanje. Usprkos tome, zeleni zidovi na pročeljima također su izuzetno atraktivne konstrukcije, izvedive i održive u većini klimatskih područja (Slika 2-186).



Slika 2-186 Vanjska primjena zelene fasade [183]



Slika 2-187 Sustavi za izvedbu zelene fasade [184]

8 REFERENCE

[1]	http://www.maler-raschke.de/fassadenarbeiten.html ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[2]	hausbau, www.katalog.hausbau.hr ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[3]	Boston d.o.o. CroStone, www.domgradnja.com/pocetna/tvrtke/boston-d-o-o-crostone ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[4]	seta-ha.ru; Pristupljeno: 4.7.2016.
[5]	Mjerne vrpce BMI, geoteha.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[6]	240 RDS, toolshop.rs ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[7]	Libela classic, dewalt.com.hr/tag/libela ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[8]	Furtun de nivel 15m cod 0750-601500 Hardex, www.sdg-shop.ro ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[9]	www.sdg-shop.ro ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[10]	Špaga zidarska crvena 1,0mm 50m, www.danici.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[11]	Bosch Točkasti Laserski Nivelir Laser GCL 25, alatimilic.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[12]	www.szyszamtar.hu ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[13]	Posuda za grabljenje žbuke, shop.berner.eu ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[14]	materialeonline.ro/137-pentru-zidarie ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[15]	805 čekić krovopokrivački 600 GR, www.comet.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[16]	Gladilica, www.madex.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[17]	Fugenkelle, www.lorencicsarajevo.ba ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[18]	Mešalica/Čaklja za malter ručna, www.shopmania.rs ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[19]	Dlijeto za kamen ravno/špic, www.sgc.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[20]	Zidarska olovka, www.poslovni-darovi.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[21]	Četka 238SIN zidarska, www.minifarma.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[22]	www.maxeuro.cz ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[23]	Oprema za Gradilišta, žute drvene oplate, blažujke, damon.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[24]	Zidna špahlta, www.bacelic.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[25]	Rasp voor polystyreen - hoek 27x13 cm KAEM, http://baushoponline.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[26]	Rasp voor polystyreen 27x13 cm KAEM, http://baushoponline.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[27]	www.lorencicsarajevo.ba ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[28]	Pribor za pričvrsnice, www.lorencic.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[29]	www.grupaplsb.com.pl ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[30]	Nož za rezanje stiropora STYRO-CUT, www.lorencic.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[31]	Rezači mineralne vune ISOBOY, www.lorencic.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[32]	Građevinska kanta EI12 12L, www.ekupi.ba ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[33]	www.byggmakker.no ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[34]	Građevinska kolica - Japaner, www.unitehna.rs ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[35]	Alati za Obradu Betona i Žbuke, damon.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[36]	Wibrator do betonu Enar AFE 1000M przetwornica z buławą, www.budrent.olsztyn.pl ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[37]	Vibro ploče, www.integritet.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[38]	Vibro ploča VIBREX, model PEN 16C Honda 5,5ks, širina 430mm, udar 16kn, 86kg, www.unajmi.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[39]	Strojevi, www.gradnet.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.

[40]	www.scenerysolutionsglobal.com/ ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[41]	Pumpa és pumix használat, www.betonar.hu ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[42]	Mild Steel Lift Structure; http://www.indiamart.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[43]	white cement, http://mumbai.all.biz/cement-bgc2643 ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[44]	Bachl PIR-toplinska izolacija za svaku namjenu, www.korak.com.hr ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[45]	Wienerberger, 2016.
[46]	www.ikoma.hr/hr/cijene/paleta-937/ ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[47]	www.rapid.rs/engleskiPr.php ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[48]	Toplinska izolacija vanjskog zida, http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/toplinska-zastita-objekta/toplinska-izolacija-vanjskog-zida ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[49]	Hrvatska udruga proizvođača toplinsko-fasadnih sustava, HUPFAS, www.hupfas.hr , 2016.
[50]	http://www.tosell.com.ua/showNewsDtls/nwsID/116 ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[51]	Gradnja od temelja do krova, http://www.m-grad.hr/savjeti/vrste-i-svrha-toplinske-izolacije/ ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[52]	http://www.directorproduse.ro/oferte/polistiren-extrudat-3-cm/ ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[53]	http://www.kemenovic.hr/content-2/kempor-eps-f-plus ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[54]	Dnevnik jednog Passivhaus gradilišta - Denby dale Passivhaus UK - galerija fotografija, www.gradjevinarstvo.rs ; Pristupljeno: 23.6.2016.
[55]	Toplinske izolacije, http://www.izogen.hr/ravni-krovovi/izolacija-ravnog-krova/toplinske-izolacije ; Pristupljeno: 23.6.2016.
[56]	http://vitalis-doo.hr/podovi/izolacije/ ; Pristupljeno: 23.6.2016.
[57]	Celuloza, http://www.izoliraj.me/celuloza/ ; Pristupljeno: 23.6.2016.
[58]	Ekspandirani perlit, https://staleksdoo.wordpress.com/ekspandirani-perlit/ ; Pristupljeno: 23.6.2016.
[59]	Kombi ploče iz "Tim Izolirike" kao toplotna izolacija i dekorativni element, http://www.ekapija.com/website/sr/company/photoArticle.php?id=923684&path=kombi_ploce_tim_izolirika_120614.jpg ; Pristupljeno: 23.6.2016.
[60]	Toplinska izolacija, https://hr.wikipedia.org/wiki/Toplinska_izolacija ; Pristupljeno: 23.6.2016.
[61]	Čosić, K.: "Paneli od slame - ekološki i održivi materijal za primjenu u pasivnoj gradnji", Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, Zavod za materijale i konstrukcije
[62]	http://kursremonta.ru/shtukaturka/fakturnaya-shtukaturka-svoimi-rukami-18 ; Pristupljeno: 24.6.2016.
[63]	Dekorativne žbuke u toplinskoizolacijskom sustavu, www.webgradnja.hr ; Pristupljeno: 24.6.2016.
[64]	Alpina Roller für Wandfarben und Putzlust 23 cm, http://www.onlinebaufuchs.de/Bauen-Renovieren/Alpina-Produkte/Alpina-Werkzeuge/Alpina-Roller-fuer-Wandfarben-und-Putzlust-23-cm::54732.html ; Pristupljeno: 24.6.2016.
[65]	Ventilisane kamene fasade i kamini Tabaš, http://www.radiopingvin.com/srbija/usluge/kamenorezacke-radnje/ventilisane-fasade-i-kamini-tabas ; Pristupljeno: 24.6.2016.
[66]	http://www.faveton.com/productos/ceram/ceram-28 ; Pristupljeno: 24.6.2016.
[67]	Betoniranje i zidanje, https://kucnimajstori.wordpress.com/betoniranje-i-zidanje/ ; Pristupljeno: 24.6.2016.
[68]	www.gfos.unios.hr , Pristupljeno: 24.6.2016.
[69]	http://strport.ru/stroitelstvo-domov/rasshivka-shvov-kirpichnoi-kladki , Pristupljeno: 27.6.2016.
[70]	Tehnički principi zidanja oblozih zidova od fasadne silikatne opeke uz upotrebu savremenih načina oslanjanja i fiksiranja, www.gradjevinarstvo.rs ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[71]	Strojno žbukanje, http://www.mdv.hr/Strojno%20C5%BEbukanje/default.html ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[72]	The PFT RITMO family, http://www.plasterersnews.com/the-pft-ritmo-family/ , Pristupljeno: 27.6.2016.
[73]	MASTERPROFIL Vanjsko-unutarnji kutnik za žbukanje, http://www.masterplast.hu/masterprofil_vajsko_unutarnji ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[74]	MASTERPROFIL vodilica od 6 i 10 mm, http://www.masterplast.hu/vodilica_od6_10mm ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[75]	Unutarnji vertikalni profil za završetak žbukanja, https://www.ria.hr/asortiman/pribor-za-fasadu ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[76]	http://www.efarba.pl/Catalog.aspx?refid=6844/6845/6885/7680 ; Pristupljeno: 27.6.2016.

[77]	http://www.ceresit.com/en/products/product-library/ct-to-whiteteq/ct-190-mw-flex-adhesive-and-reinforcing-mortar-for-mineral-wool.html ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[78]	Application, http://www.ea-etics.eu/~run/views/etics/mode-of-operation/index.html ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[79]	Masterplast Group International, http://grad-projekt.hr/images/sadržaj/64/1280402449.pdf ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[80]	Izolacija temelja, http://www.austrotherm.rs/primena/izolacija-podruma/izolacija-temelja.html ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[81]	http://espertocasaclima.com/2011/04/vespaio-aerato-dubbi-consigli/ ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[82]	Vlažni zidovi, izolacija zidova i temelja u zemlji, http://www.zvonimirbuzanic.com/page/11 ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[83]	http://www.tzb-info.cz/4546-mechanicke-upevneni-zateplovacich-systemu ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[84]	Niskoekspandirajuće PU ljepilo za stroporne ploče CERESIT CT 84, www.webgradnja.hr ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[85]	http://v1.raf.com.tr/urun_909_henkel-ceresit-ct-84.html ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[86]	TERMOZ 8 UZ, http://www.edilportale.com/prodotti/fischer-italia/fissaggio-per-pannelli-isolanti-a-cappotto/termoz-8-uz_6087.html ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[87]	www.percon.ba/proizvodi/enterijer/ ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[88]	www.bauschaum24.de/537-alfa-wdvs-gewebe-vollwaermeschutz-armierung.html ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[89]	Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS), www.energiekompass-emslan.de/fachgebiete/waermedaemm-verbundsysteme-wdvs.html ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[90]	MASTERPROFIL DIN CW profil 50, 75 i 100, www.masterplast.hu/masterprofil_CW_cr ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[91]	http://magyarfestek.hu ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[92]	www.thermomaster.hu/wprof_halos_ablakcsatlakozo_profil ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[93]	THERMOMASTER PVC balkonski profil s mrežicom, www.masterplast.hu/thermomaster_pvc_balkonski_profil_cr ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[94]	Gips PROFIL ZA ZAŠTITU KUTEVA, PVC-SAVITLJIVI L=3000 mm, www.ikoma.hr ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[95]	http://pbonline.co.uk/naroznik-aluminiowy-z-siatka-z-wloknaszklanego-2-5m-10-sztuk.html ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[96]	Brillux Dehnungsfugenprofil + 3778 f. Innenecken 2,50 m 2500 MMT, https://www.amazon.de/Brillux-Dehnungsfugenprofil-3778-Innenecken-2500/dp/B007WCZUUY ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[97]	www.bauweb.sk/product/dilatacny-profil-pvc-68/ ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[98]	Nové riešenia požiarnych detailov ETICS, http://www.asb.sk/stavebnictvo/konstrukcie-a-prvky/etics/nove-riesenia-poziarnych-detailov-etics ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[99]	The ETICS TwoSafe window sill system provides double safety for facades, www.brillux.com/applications-and-solutions/thermal-insulation/daemmsysteme/facade-insulation/window-sills/?L=1 ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[100]	www.dosteba.ch/CustomContent/Details?systemName=Montageelemente ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[101]	http://www.beck-heun.de/Montage.595.0.html ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[102]	Technisches Merkblatt, www.wulff-gmbh.de/baufarben/arcutherm_technische_merkblaetter/Montage-Elemente.pdf ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[103]	www.e-vasion.ro/Electrice/Aparataj/Doze/DOZA-TENCUIALA-TERMOSISTEM-KEZKB/ ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[104]	http://www.allelectro.com.ua/kopos ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[105]	Boîte électrique Eldoline®, http://www.edilteco.fr/fr/catalogue/f-t-e/accessoires/boite-electrique-eldoline-r ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[106]	Boîtes électriques Eldoline®-EPS, http://dosteba.de/news/17/elektrodose-eldoline-eps ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[107]	www.conseils-store.com/index.php?store=bead_mess&id=66231 ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[108]	www.schraubenhimmel.de/Fischer-Thermax-M-12-16-170-Achtung-nur-als-20er-Set-moeglich ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[109]	SolReflex – dark colors on External Thermal Insulation Composite Systems, www.brillux.com/index.php?id=1477 ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[110]	Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, www.grad.hr , 2016.
[111]	Tencuiala decorativa la sac forum, http://mobilacanapele.blogspot.hr/2014/10/tencuiala-decorativa-la-sac-forum.html ; Pristupljeno: 30.6.2016.

[112]	www.webgradnja.hr ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[113]	<i>Tko je nabolji u hrvatskoj arhitekturi?</i> , http://pogledaj.to/arhitektura/tko-je-nabolji-u-hrvatskoj-arhitekturi/ ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[114]	Ž. Sabo: <i>Fasada se srušila zbog loše izvedbe radova</i> , www.24sata.hr ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[115]	<i>Od jačine bure pala fasada sa zgrade: U Splitu puše najjača bura u posljednjih 10 godina!</i> , www.index.hr/mobile/clanak.aspx?category=vijesti&id=800098 ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[116]	<i>Bura srušila fasadu na križanju Vukovarske i Dubrovačke ulice!</i> , http://dalmatinskiportal.hr/vijesti/pogledajte-video-bura-srusila-fasadu-na-krizanju-vukovarske-i-dubrovacke-ulice/2623 ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[117]	<i>Pogledajte kako je bura odnijela fasadu u Splitu; Zabilježeni udari i do 160 kilometara na sat</i> , www.slobodnadalmacija.hr ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[118]	Škomrlj D.: <i>'Raspala' se na prvom jačem vjetru: Bura razorila fasadu POS-ove zgrade na Hostovom bregu</i> , www.novilist.hr ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[119]	<i>Ein WDVS als Puzzlespiel in Übergröße</i> , www.baupraxis-blog.de/kurioses/kurioses-2011/ ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[120]	http://sv-reckert.de/schadensbilder.php ; pristupljeno: 30.6.2016.
[121]	<i>Vady a poruchy ETICS. Nesprávné upevnění izolačních desek a z něj vyplývající závady.</i> , http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vady-a-poruchy-etics/ ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[122]	www.ingegneri.cc/author/fulviorececonienricodeangelis ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[123]	<i>Remediation and upgrading of building insulation</i> , http://izolace-beran.cz/uk_sanace.htm ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[124]	Daniotti B., Cecconi F. Re, R. Paolini, Galliano R., Ferrer J., Battaglia L.: <i>"Durability evaluation of ETICS: analysis of failures case studies and heat and moisture simulations to assess the frequency of critical events"</i> , March 2012, Coimbra.
[125]	http://oglasni.hr/usluge/gradevinske-usluge/obrada-spaleta-oko-prozora_i3574 ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[126]	Carević I., Banjad Pečur I., Štírmir N., Milovanović B., Alagušić M.: <i>CROSKILLS - građevinski radnici kao temelj kvalitete energetski učinkovite gradnje, 7. znanstveni skup Hrvatskog društva za kvalitetu, Poreč, svibanj 2016.</i>
[127]	http://marisanbg.com/en/termoflex-pu-contact/page/345#.V3UL_qIXdFs ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[128]	baumitbulgaria.blogspot.hr/2012/09/blog-post.html ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[129]	<i>Research and practice: Algae growth on ETICS — a problem without a solution?</i> , http://www.detail-online.com/inspiration/research-and-practice-algae-growth-on-etics-%E2%80%94-a-problem-without-a-solution-108443.html ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[130]	<i>Správné zateplení fasád, Roman, Studenty</i> , http://www.zatepleni-fasad.eu/images/1/Poruchy_chyby_zatepleni_fasad.pdf ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[131]	www.eberstadt.biz/1%20Seiten/7aneu-EBC%20Bilder.htm ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[132]	<i>Nuo ko priklauso tinkuoto fasado kokybė?</i> , http://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/258/1/0/1/article/17949/nuo-ko-priklauso-tinkuoto-fasado-kokybe ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[133]	https://www.sg-weber.de/waermedaemmung-wdvs/produkte/klebe-und-armierungs-moertel/webertherm-retectr-700.html ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[134]	Milovanović B., Drakulić M.: <i>"Problematika požara u vanjskoj ovojnici zgrade"</i> , Dani ovlaštenih inženjera građevinarstva, Opatija, 2014.
[135]	http://inpromstroy.com/blog/svoi-dom/ventiliruemyi-fasad ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[136]	ULMA architectural: <i>Ventilirane fasade, katalog</i> , ulmaarchitectural.com .
[137]	HPL / fibrociment, www.fatade-ventilate.ro ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[138]	<i>Facciate ventilate: ecco come funzionano</i> , www.edilportale.com ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[139]	<i>Sika Tack Panel sustav za lijepljene ventilirane fasade - ugradnja na gradilištu</i> , https://www.youtube.com/watch?v=A4HW8T6egF0 ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[140]	<i>SikaTack® Panel System za nevidljivu montažu fasadnih obloga</i> , Sika Croatia d.o.o., katalog, www.sika-croatia.hr
[141]	<i>The placement of the ceramic facades</i> , www.interempresas.net ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[142]	<i>Ventilirane fasade</i> , www.zagorka.hr ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[143]	<i>Keramička fasada s nevidljivim kopčama</i> ; www.feal.hr ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[144]	<i>Tipovi samoventilirajućih fasada - Alu fasada</i> , www.vrata-prozori.net ; Pristupljeno: 30.6.2016.

[145]	www.sim-gradnja.hr/trespa_fasade.htm ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[146]	Alu fasade i stolarija, www.ve-metal.hr ; Pristupljeno:30.6.2016.
[147]	Marestone Ventilated Facade System Installation Guide, http://www.stonemar.com ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[148]	Ventilated Facades - Installation, www.granitech.com ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[149]	Vijci za drvenu podkonstrukciju, http://www.termag.hr ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[150]	www.us.hilti.com ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[151]	Vijak za drvo DIN571 MTECH 6X100 ZN DIN 571, www.e-merkur.rs ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[152]	budzirka.com.ua ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[153]	www.archiexpo.it ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[154]	Vertical Rainscreen Cladding Systems, www.nvelope.com ; Pristupljeno 1.7.2016.
[155]	MFT-FOX HI Konsole, www.hilten.de ; Pristupljeno: 1.7.2016.
[156]	Eurofox typicals, www.hilten.co.uk ; Pristupljeno: 1.7.2016.
[157]	HRD-C Standard plastic frame anchor with countersunk head (carbon steel), www.hilti.co.uk ; Pristupljeno: 1.7.2016.
[158]	Segmentno sidro HST, www.hilti.si ; Pristupljeno: 1.7.2016.
[159]	Ventilated Facades, www.walkingalmaty.com/ventilated-facades.html ; Pristupljeno: 1.7.2016.
[160]	Sergej Drechsler: "Građevinski fakultet seli u Kampus", www.novilist.hr ; Pristupljeno: 1.7.2016.
[161]	FAH: "Bura izazvala kaos u Rijeci", www.index.hr ; Pristupljeno: 1.7.2016.
[162]	H. Auf Franić, T. S. Franić i V. Rister: Filozofski fakultet i Učiteljski fakultet Sveučilišta u Rijeci, pogledaj.to; Pristupljeno: 1.7.2016.
[163]	www.alu-kon.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[164]	Double skin facade perspective section; www.pinterest.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[165]	Double Skin Facades, BetterBricks, www.pinterest.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[166]	Facades Engineering, www.singularbuilding.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[167]	'Seeing Double' – Part II The Role of a Double-Skin Facade in Energy Consumption, www.fenestrapro.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[168]	Buljubašić A.: "Policija istražuje tko je kriv za urušavanje tornja smrti; Hoto: Mi nismo odgovorni!"; www.jutarnjilist.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[169]	Pranje staklenih površina, alticom.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[170]	www.zelenaenergija.org/tag/energetsko-certificiranje/3950 ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[171]	www.turbo-zg.hr/?page_id=578 ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[172]	www.nebeska.mojabudowa.pl/?id=169906 ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[173]	VBH Holding AG: Montaj profesional ferestre cu greenteQ, www.euroconferinte.ro/prezentari/Tema2-02.pdf ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[174]	RAL ugradnja, ilsad.hr/ugradnja/ral-ugradnja/ ; Pristupljeno: 4.7.2106.
[175]	Beyond Green Roofs: 15 Vertically Vegetated Buildings, webcoist.momtastic.com/2009/03/02/beyond-green-roofs-15-vertically-vegetated-buildings/ ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[176]	World's Largest Vertical Garden Sets Guinness Record at Singapore's Tree House, inhabitat.com/worlds-largest-vertical-garden-at-the-singapore-tree-house-condominium-sets-new-guinness-record/ ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[177]	15 Incredible Vertical Gardens Around the World, twistedsifter.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[178]	Green wall facade assembly detail, dddmodel.com , www.pinterest.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[179]	Green Wall / Green Roof, biotecture.uk.com , www.pinterest.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[180]	Organic Architecture, telegraph.co.uk , www.pinterest.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[181]	Atlantis Gro-Wall® PRO - fasadni sistem za zelene zidove, www.webgradnja.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[182]	Attraktiver Aussenraum, Skyflor® System, www.haus-und-wohnen.ch ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[183]	SHKP wins ten-plus Best Landscape awards Peak One gets gold for greenery, www.shkpgpower.com ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[184]	Zelena fasada, www.gradimzeleno.si/zelena-fasada-2/ ; Pristupljeno: 4.7.2016.

PRIRUČNIK ZA TRENERE GRAĐEVINSKO ZANIMANJE FASADER



Sufinancirano iz EU programa
Inteligentna energija Europe



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



Hrvatska komora
inženjera građevinarstva



REGIONALNI CENTAR ZAŠTITE OKOLIŠA
Hrvatska



GRADITELJSKA ŠKOLA
ČAKOVEC



Hrvatski zavod za zapošljavanje