

PRIKAZ JEDNE ALUMINIJUMSKE POTKONSTRUKCIJE ZA VENTILISANE KAMENE FASADE

0352-2733,48 (2016), p. 65-96

UDK: 692.23 : 691.21
STRUČNI ČLANAK

Rezime

Razvojem građevinsrtva i arhitekture kao i industrije, dolazi se i do novih rešenja za fasadne obloge na objektima. I pored novih i savremenih materijala, kamen kao jedan od najstarijih i najtrajnijih materijala koristi se u građevinarstvu i sada, ali sa drugačijim rešenjima ugradnje.

Kako se ventilisane fasade sada smatraju za jedno od najkvalitetnijih odgovora za završne vertikalne obloge objekata, pre svega po pitanju energetske efikasnosti i trajnosti, u zavisnosti od same obloge, i drugih faktora primenju se različita rešenja.

Kamen, u svemu tome, kao završna obloga, koja daje poseban identitet svakom objektu na koji je postavljen,

¹Tabaš doo, Trajka Rajkovića 3, Beograd

²Sam projekt biro doo, Šumatovačka 27, Beograd
rad primljen novembra 2015.

u odnosu na bilo koju drugu fasadnu oblogu (keramičke ploče, HPL ploče, fiber cemente ploče, staklo, corten, aluminijumski kompozitni materijali, cotto, itd.) zahteva posebna i namenska rešenja, a ne neka tipska koja se uobičajeno koriste i za druge fasadne obloge, koje su ovde navedene.

Ključne reči: ventilisana fasada, kamen, potkonstrukcija, aluminijum, aluminijumska potkonstrukcija

PRESENTATION OF ALUMINIUM SUBSTRUCTURE FOR THE VENTILATED STONE FACADE

Abstract

The development of civil engineering and architecture, as well as industry, leads to new solutions in building cladding. Despite the new and modern materials, stone as one of the oldest and most durable materials is still being used in construction, but with different installation solutions.

As the ventilated facades are considered the best solution for coating layer of vertical cladding, especially in terms of energy efficiency and durability, they are applied in appropriate way depending on the cladding type itself and other factors. Stone, in all this, is the final coating, that gives a distinct identity to each object, comparing to any other facade

cladding (ceramic tiles, HPL panels, fiber cement boards, glass, corten, aluminium composite materials, cotto, etc.) requires special and custom solutions, instead of defaults that are normally used for other facade cladding, which are listed here.

Key words: ventilated facade, stone, substructure, aluminium, aluminium substructure

1. UVOD

Već nekoliko decenija se izvode ventilisane fasade, sa različitim materijalima koji čine završnu vertikalnu oblogu objekta.

Ventilisane fasade, u odnosu na klasične ili kontaktne, imaju niz prednosti i zato se koriste kao dominantno rešenje kod zahtevnijih i reprezentativnih objekata. U odnosu na klasična rešenja imaju samo jednu „manu“ - ako tako može da se kaže, a to je cena koja je veća. Svi ostali parametri su na strani ventilisane fasade: trajnost, suva montaža, efikasnost u uštedi energije, atraktivan izgled sa prirodnim materijalom.

Kamene ventilisane fasade, u poređenju sa drugim fasadama imaju par specifičnosti, koje su vrlo bitne i zahtevaju namenska rešenja:

1. Težina materijala, obloge od kamena mogu da budu i nekoliko desetina puta teže od drugih fasadnih obloga.

2. Različita dimenzije pozicija -ploča, od manjih koje idu od dimenzija 30x60 cm, i retko manjih, pa do mogućih i 2m² po jednoj poziciji
3. Debljina materijala, od 2 cm pa na više (po debljini se mogu uporediti sa COTTO elementima)
4. Kamen je prirodni materijal (ređe se na spoljnim fasadama koriste polimeri i slični materijali)
5. Rad sa kamenom je u radionici uvek u mokrom postupku, odnosno vodom - što i to u odnosu na druge materijale povećava i cenu zbog uslova rada - izrade

Razvoj ventilisanih kamenih fasada se kretao po načinima fiksiranja: od pocinkovanih ankera i potkonstrukcije, koji se više ne koriste - ili retko, inox ankeri, inox potkonstrukcije da bi se došlo do aluminijumske potkonstrukcije.

Različite aluminijumske potkonstrukcije za ventilisane kamene fasade se koriste već više od 20 godina, na različitim objektima i u svim klimatskim zonama

2. OPŠTE O VENTILISANIM KAMENIM FASADAMA

Ventilisane kamene fasade spadaju u složenije i skuplje fasade zbog toga što je materijal, u ovom slučaju, kamen koji se koristi fizički težak (uglavnom se koristi kamen debljine 3cm, a poslednjih godina i 2cm [1] što je preporučena najmanja debljina za prirodne materijale za

spoljnu upotrebu. Ponekad su debljine od 4 i više cm.). Zbog debljine kamena, a samim tim i težine, kamene fasade se iz tog razloga nazivaju i „teške fasade“.

Težina materijala za $d=3\text{cm}$ ide i do 90 kg/m^2 - retko veće težine, a za debljinu od 2cm je težine oko 60kg/m^2 . Sam kamen ima posebne zahteve obrade u odnosu na druge materijale, (izrada kamena u mokrom okruženju - sa vodom, posebni alati, itd.) i u načelu je skuplji, atraktivniji i najtrajniji materijal. I ove fasade, kao i bilo koje druge, zahtevaju povremeno održavanje, što je potrebno jednom do dva puta godišnje.

Koristi se i kamen manje debljine, koji je u "paketu" - vezan sa drugim materijalom (kamen na Al. saču, itd)

Uglavnom se na kamenim ventilisanim fasadama koriste prirodni materijali: mermer, granit, peščar itd., kao i polimeri, koji imaju slične karakteristike, ali se i drugačije ponašaju na spoljnim fasadnim površinama. Kamen koji se koristi za spoljnje fasade treba da je kvalitetan, postojan, da ima odgovarajuće ateste i da je svaka pojedinačna pozicija više puta kontrolisana, a u slučaju sumnje u moguće skrivene defekte i mane on se ne ugrađuje. Preporuka je i da se na svakoj poziciji izvrši blago obranje ivica kamenja, tj. da ivice ne budu oštreti već tehnički oborene-obrađene.

Za rešenja nošenja kamena na potrebnom udaljenju od konstrukcije objekta, a radi obezbeđenja ventilisanog sloja za prolaz vazduha, koriste se dva osnovna načina:

69

anker i potkonstrukcija, sve sa svojim specifičnostima i modifikacijama.

Na tržištu postoje i više desetina stranih i par domaćih proizvođača različitih, ali i sličnih sistema ankera i potkonstrukcija za ventilisane kamene fasade.

S sistemom potkonstrukcija se mogu adekvatno rešiti praktično svi objekti, a sa sistemom ankera to nije uvek moguće ili je znatno otežano.

Ankeri koji se koriste za kamene fasade su izrađeni od inoksa, a potkonstrukcije od inoksa ili aluminijuma – preciznije kvalitetnije aluminijumske legure (te legure se ne koriste za uobičajene aluminijumske profile). Druga rešenja, kao što su pocinkovani profili-limovi se ne preporučuju jer nisu trajna, i kao takva se već više godina ne koriste zato što je direktni kontakt sa kamenom problematičan zbog moguće pojave korozije, a pri radu sa pocinkovanim profilima dolazi do oštećenja i samim tim umanjenja predviđene zaštite. Klasična crna bravarija kao potkonstrukcija sa antikorozivnom

zaštitom je odavno izbačena iz upotrebe zato što je ne moguće u eksploraciji održavati tu konstrukciju, zbog ne mogućnosti prilaza radi intervencijeda -odnosno popravljanja i obnavljanja zaštite. Praktično je potkonstrukcija "zarobljena" fasadnom oblogom i zato treba da je nerđajuća.

Poslednjih nekoliko godina u sistemima potkonstrukcija preovlađuju aluminijumski materijali u odnosu na inoks. Aluminijumske legure koje se koriste za izradu

70

potkonstrukcija su u načelu kvalitetnije od materijala koji se koriste za prozore i slične pozicije. Prednosti aluminijuma su brojne u odnosu na inoks, a pored cene vrlo je bitna lakša intervencija i rad na samim profilima na licu mesta, kao i činjenica da sam materijal ne varniči prilikom obrade, nije magnetičan, itd...

Kod ventilisanih kamenih fasada potrebno je obezbediti da sloj vazduha može da cirkuliše i leti i zimi. Minimalan ventilisani sloj je širine od 2cm i to neprekinituto [2]. Iza kamena nema nekog drugog materijala sem vazdušnog-ventilisanog prostora. Ventilisani sloj je horizontalni razmak od kamena ili horizontalnog profila do sloja termoizolacije. Zbog tolerancija u izvođenju grubih građevinskih radova, poželjno je da taj sloj bude planiran od 3 do 5cm. U nekim zemljama se to prihvata kao minimalan prostor za strujanje vazduha. [3]

Da se zadovolji princip ventilisanja neophodno je omogućiti ulaz vazduha sa donje strane fasade i izlaz na vrhu fasade. "Ulaz" u načelu ne predstavlja problem pri rešenju detalja, treba da je veći od 50cm^2 [2] na dužnom metru fasade. Na vrhu fasade potreban je minimalan izlaz od takođe 50cm^2 [2] na dužnom metru fasade (a to je „prolaz“ od samo 5mm visine na dužni metar fasade).

Bitno je napomenuti da ventilisane fasade nisu vodo-nepropusne i da se to rešava detaljima koji su vezani za fasadne otvore -prozore itd., kao i na druge načine.

Sloj termike je do skora za naše prostore bio, na primer, u Beogradu od 8 do 10cm, a sada je 12 do 15cm,

a i više, i naravno sve u skladu za zaoštrenijim zahtevima za energetskoj efikasnosti objekata, kao i specifičnim zahtevima. To znači da je lice kamenja na udaljenju od konstrukcije objekta na 22 i više santimetara. U praksi su rešavana i osetno veća udaljenja bez problema.

Sloj termoizolacije, koja treba da ima sa spoljne strane stakleni voal (kod kamene i staklene vune, a kod stirodura i sličnih materijala voal nije potreban), određuje se za svaki objekat posebno i zavisi od dosta uslova, te je poželjno da se uradi i odgovarajući termički proračun, kao i proračun prolaza pare kao i svi potrebeni proračuni, pa tako nije ne moguće doći i do slojeva debljine termoizolacije od 30cm i više santimetara, kod objekata koji ulaze u klasu niskoenergetskih A++.

Jedno od boljih rešenja pri eksploraciji objekta (kao i u fazi izvođenja radova na ventilisanoj kamenoj fasadi) jeste da termika ima kvalitetniji sloj zaštite od staklenog voala, a to je da je termika sa spoljne strane trajno zaštićena odgovarajućim mrežicama i paropropusnim lepkom. To je nešto skuplje rešenje, ali znatno kvalitetnije i trajnije. U ovakovom slučaju se lakše pokrivaju -popunjavaju eventualna "gnezda" koja mogu nastati pri ugradnji termo izolacije.

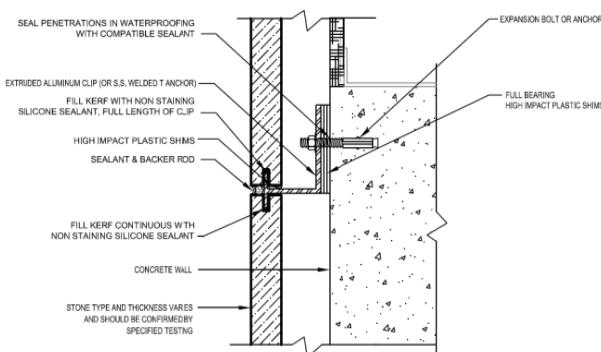
Termika, a posebno vuna, ne sme da bude mokra, tako da treba sve uraditi da se spreči njeno kvašenje – vlaženje u fazi izvođenja radova, a naravno i u toku životnog ciklusa objekta.

71

72

Na žalost, zbog neodgovarajućeg načina fiksiranja termo sloja, kao i "zatvaranje" vlažne termike na mnogim objektima se dugo posle prestanka padavina mogu primetiti tamnije-vlažne fleke na kamenim pločama.

Poslednjih godina, a posebno u SAD-u i Nemačkoj, je praksa da se fuge između kamenih ploča pune odgovarajućim trajno elastičnim git masama (uglavnom boje slične kamenu) jer je dokazano da se stvara bolji cug u slobodnom prostoru iza kamene obloge, odnosno pojavljuje se sličan efekat kao kod dimnjaka, te je na taj način ventilacija još efikasnija. *Slika 1 [4]*



Slika 1. - Ekstrudirani aluminijumski ilizavareni inoks "T" profil na betonskoj osnovi

73

nje vršiti moment ključem. Zavrtnjevi koji se koriste za vezu elemenata potkonstrukcije imaju po jednu elastičnu i jednu ravnou podlošku, svi kvaliteta inoks A2. Pop nitne i samorezscii kao vezni deo se ne preporučuju za trajno stabilne konstrukcije, teške fasade.

4. Sledeća faza je ugradnja termike. Ona "ide neposredno pre" ispred ugradnje kamena, tako da se ne bi odšteti. U slučaju ako je kvalitetan vodooodbojni i paropropusni sloj na termoizolaciji može se uraditi veća površina termike. Preporuka je da ovu fazu radova -ugradnju te rmo izolacije rade specijalizovane izolatorske grupe.

5. Kad je materijal za oblaganje fasade (kamen) spreman za ugradnju pristupa se postavljanju horizontalnih nosača ili drugih profila koji prihvataju direktno kamenu oblogu, odnosno ugrađuju se odgovarajuće kamene ploče.

Po potrebi i zahtevu se kamene pozicije mogu hemijski tretirati, tj. zaštiti da manje upijaju vlagu i prljavštinu-prašinu. Ova zaštita pre svega omogućava lakše održavanje, dugotrajniju fasadu i vrlo bitno čistiju fasadu.

U slučaju da je upotrebljen kamen d=2cm poželjno je izvršiti zaštitu.

Kod većih i zahtevnijih objekata je neophodna izrada kompletne projektne dokumentacije specifične za ventilisane kamene fasade i za konkretni slučaj. Ukoliko se grubi građevinski radovi na objektu rade prema standardima i predviđenim normativima i sa dozvoljenim odstupanjima - tolerancijama, a što bi trebalo da je normalno,

3. PREPORUČEN REDOSLED IZVOĐENJA

Najčešće osnovne faze kod izvođenja kamenorezačkih radova na ventilisanim kamenim fasadama sa potkonstrukcijom su (očekuje se da su svi pripremni i prethodni radovi završeni i odobreni, tako da nema zastoja u redosledu sledećih radova):

- Postavljanje primarnih i sekundarnih nosači na projektovana odgovarajuća mesta, koji se fiksiraju za konstrukciju objekta.

Primarni nosači se fiksiraju uvek u noseći deo konstrukcije objekta i saglasno normativima treba da imaju dva ankera ugrađena u armirano betonsku konstrukciju. Ankери su međusobno obavezno u vertikalnom položaju [5] i oni su od inoksa A4 kvaliteta. Gornji anker prima zatezanje, a nosivost zavisi od međusobnog udaljenja ankera u betonu kao i od prečnika inoksa ankera. Beton mora da je zdrav i zreo. U skladu sa zahtevom iz projekta, a to je već i praksa, mogu se postavljati podmetači - distanceri ispod primarnih i sekundarnih nosača, tako da se dobija prekinuti termo-most između metalne potkonstrukcije i konstrukcije objekta.

- Nakon toga se postavljaju vertikalni profili (fiksiranje za primarne i sekundarne nosače) na idealan položaj projektovan za kamen.

- Po doterivanju vertikalnih profila u potrebnu ravan, vrši se finalno pritezanje ankera u betonu i na ostalim delovima objekta. Poželjno je finalno-kontrolno priteza-

74

radi ubrzanja radova mogu se unapred izvršiti odgovarajuće pripreme za izradu kamenih pozicija prema projektu. Minimalnim "dodavanjem" nadmera kod pojedinih pozicija kamena, bez čekanja uobičajenog završetka grubih građevinskih radova da bi se potom uzele mere na osnovu kojih se rade finalne "krojne liste".

U svim fazama rada na objektu potrebno je da se ni jedni drugi radovi ne izvode iznad mesta rada, a svi kamenorezački i fasaderski radovi se rade sa već obućenim i stručnim ekipama montažera i ostalog osoblja potrebnog za realizaciju radova. Fasadna skela kod ovih radova je posebno važna i njoj se mora posvetiti naročita pažnja da je odgovarajuće stabilna jer trpi veća opterećenja i da je postavljena na potrebnom udaljenju radi lakše manipulacije pločama.

Eventualna mikro bimetalna korozija koja se može pojavit na dodiru podloški od inoksa i aluminijumskih površina profila je beznačajna [6] i nije od uticaja na stabilnost i trajnost celog sistema potkonstrukcije. U slučaju posebnih zahteva i ta dilema se bez problema rešava, na primer dodavanjem odgovarajućih plastičnih podloški na kontaktu alu profila i inoks podloški.

Svaki sistem za ventilisane kamene fasade ima svoje specifičnosti i potrebno je odabrat onaj koji zadovoljava sve konstruktivne zahteve, ima odgovarajuće ateste i "pokriva" - rešava sve detalje koji su planirani da se urađuju kamenim pozicijama.

Kamene ventilisane fasade na objektima su jedne od retkih površina koje su urađene u prirodnom materijalu,

76

a koji svakom objektu obezbeđuje posebnost. Odabirom odgovarajućih materijala, kvalitetnom i sigurnom ugradnjom i održavanjem fasadne obloge obezbeđuje se dugo-večnost, koja može da se računa i na više od 100 godina [7], što praktično ne obezbeđuje ni približno ni jedna druga fasadna obloga.

„Prvi utisak se ostavlja samo jednom“, ali i: „Ne postoji druga šansa za prvi put“, što može da se odnosi i na fasade, tako da im treba posvetiti naročitu pažnju.

4. OSNOVNE PREDNOSTI VENTILISANIH KAMENIH FASADA U ODNOSU NA KONTAKTNE FASADE

1. Struktura koja je postojana:

Ventilisana kamena fasada nudi brojne funkcionalne i estetske prednosti. Kamen je jedan od retkih prirodnih materijala koji se koristi na fasadama i samim tim daje atraktivn izgled. Kako ploče nisu direkto vezane -fiksirane za konstrukciju objekta, one štite konstrukciju i manje su podložne uticaju te konstrukcije na samu fasadu. Kamen može uz adekvatno održavanje bez problema da dugo traje što ne obezbeđuje ni jedna druga fasadna obloga

2. Fasade i konstrukcije otporne na termičke promene:

Odvajanjem fasadne obloge od konstruktivnog dela zgrade(uobičajeni slojevi: konstrukcija objekta, termo

77

sloj, vazdušni prostor, kamena obloga; od konstrukcije objekta do obloge se nalazi potkonstrukcija za ventilisanu fasadu) sama fasadna obloga prima spoljne uticaje i štiti konstrukciju i od vlage i od termičkih uticaja, i time osetno povećava trajnost same konstrukcije objekta

3. Ventilacija sprečava vlagu:

Ventilisane fasade eliminišu vlagu i sprečavaju pojavu fleka i kondeza na oblozi. Ventilisanim slojem se u potpunosti sprečavaju negativni efekti atmosferskih padavaina. Vazdušni sloj treba da je min 2cm [2] na najužem delu , konkretno od horizontalnog profila do termo sloja, i da je ne prekinut. Potrebno je obezbediti sa donje strane ulaz vazduha i sa gornje izlaz vazduha-prirodnim putem

4. Ušteda energije:

Objekat na kome je urađena pravilno ventilisana fasada je sistem koji osetno doprinosi uštedi energije zimi za grejanjem, a posebno leti za hlađenjem. Poslednjih godina se praktikuje i ugradnja termo prekida -podmetača ispod -iza primarnih i sekundarnih nosača do konstrukcije objekta čime se sprečava i tačkasti prenos topote ili hladnoće sa metalne potkonstrukcije na konstrukciju objekta.

5. Zvučna izolacija:

Kombinacija obloge od prirodnog kamena, debljine 2 ili 3cm, ređe veće debljine, vazdušnog prostora, termo izolacije i konstrukcije objekta znatno se povećavaju

78

fonoizolacione karakteristike spoljnog zida zahvaljujući stvaranju “duplog zida” koji je odvojen vazdušnim slojem za ventilaciju.

6. Smeštaj inastalacija i revizija:

Ventilisane fasade omogućavaju da se nesmetano u prostor od fasade do konstrukcije objekta smeste određene instalacije (primer: kišne, gromobranske itd) i odgovarajućim rešenjima obezbedi i potrebna revizija -demontažom pojedinih ploča. Takođe je bitna osobina da se može obezbediti na fasadi i eventualna zamena ploča zbog nepredviđenih oštećenja i potrebnih intervencija

5. PRIKAZ POTKONSTRUKCIJE TABAŠ

Aluminijumska potkonstrukcija TABAŠ (proizvodi se od 2009 godine, od legure AA 6063 T6) ima tipska rešenja za slojeve rezličite debljine termike, i debljine kamenih ploča.

Rešenja u odnosu na debljinu sloja termo izolacije su:

1. za sloj termike d=5cm, ili bez termo sloja
2. sloj termike d= 8 i 10cm
3. sloj termike d= 10 i 12cm
4. sloj termike d= 15cm

U praksi su rešavana i osetno veća udaljenja lica kamena od konstrukcije objekta koja su išla i do 50cm.

79

Potkonstrukcija Tabaš se sastoji od: primarnih i sekundarnih nosača, vertikalnih profila i horizontalnih profila kao i neophodnog veznog dela -vijčane robe.

Zavisno od dimenzija i debljine kamenih ploča primenjuje se odgovarajuća dimenzija vertikalnih i horizontalnih profila, koji su debljine 3 i 4mm, za planirano međusobno udaljenje vertikalnih nosača na 100cm., a pri zadatakom opterećenje od vетра od 100km/čas.

Sa vertikalama i horizontalama debljine 3mm, mogu se koristiti ploče debljine 2cm, visine do 80cm, a debljine ploča 3cm, visine do 60cm.

Profili debljine 4mm, se koriste za ploče debljine 2cm, većih visina od 80cm, debljine 3cm, visine do 200cm, a debljine ploča od 4cm, visine do 150cm. U praksi su ugarđivane ploče i debljine 5cm. a takođe su rešavni i slučajevi nestandardnih oblika kamenih pozicija.

Neophodno je da se svaki slučaj razmatra pojedinačno i rešava.U većini slučajeva nije bitna dužina ploča, jer ona ne utiče na nosivost profila i potkonstrukcije.

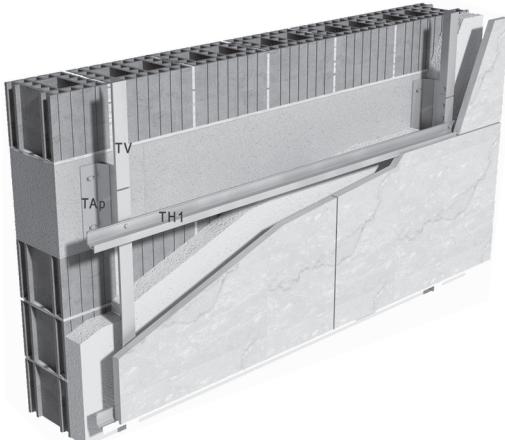
Ono što je važno kod ovog sistema je da sve kamenne ploče stoje slobodno oslonjenje na horizontalni profil, ali tako da je njihovo eventualno pomeranje ograničeno odgovarajućim rešenjima na mogući minimum od 1 do 2mm i na taj način eliminisani efekti „puzanja kamena“ [8]. Zbog toga nije potrebno da se koriste ni lepkovi ni silikoni, već se sve “doteruje” sa odgovarajućim ravnim “kajlicama” i distancerima od tvrde plastike (radi fiksiranja u žlebu kamena dopera profila, i namenskim distance-

80

rima koji obezbeđuju željenu vertikalnu fugu). Preporučeno rešenje uglova je "open corner" [9], ploče su "ravnopravne", ali se rešeni i svi ostali načini sučeljavanja kamenih ploča -vertikalnih uglova na objektu.

Kao vezni deo se koriste inox zavrtnjevi A2 kvalitete, saobaveznom upotrebom po jedne ravne i elastične podloške.

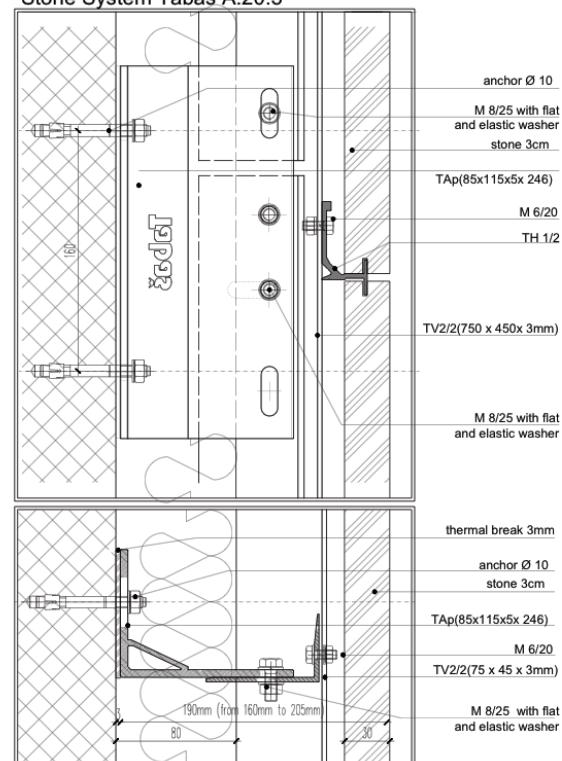
Za vezu primarnih nosača sa AB konstrukcijom objekta koriste se inox A4 ekspandirajući ankeri, a u slučaju sekundarnih nosača odgovarajući ankeri u odnosu na tip konstrukcije gde se ugrađuju.



Slika 2. - 3d prikaz potkonstrukcije Tabaš, Al. profili d=4mm

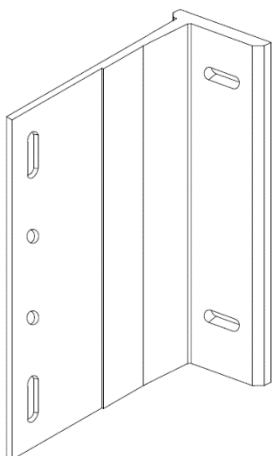
81

Stone System Tabaš A.20.3



Slika 3.- Detalj sa objekta Ambasada Japana u Beogradu

82

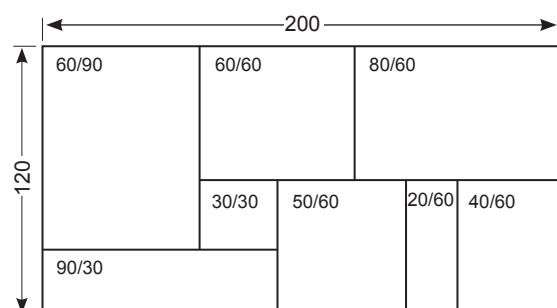


Slika 4. - Prikaz 3d TNp primarnog nosača d=4-7mm, za termo sloj od d=15cm

Sa ovom potkonstrukcijom je moguće koristiti istovremeno ploče različitih debeljina: 2, 3, 4 i 5cm -mestimično i veće, kao i promeljivih dimezija ploča, ako to vizuelno odgovara.

Primer slike 5. za polje veličine 200cm x 120cm

Radi potvrde usvojenih rešenja, pored proračuna, vršena su testiranja potkonstrukcije na samom objektu i laboratorisjka. Ispitivanja su vršena od strane Laboratorije za materijale pri Institutu za materijale i konstrukcije Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu



Slika 5.- Mogućnost slaganja različitih dimenzija

Pored testiranja pojedinačnih profila i sklopova, vrše se i testiranje samih kamenih pločana uticaje od vетра, na način koji je mogao da se sproveđe i da bude uporediv. (opterećenje betonskim kockama)



Slika 6. - Ispitivanja u laboratoriji GF [12]

83

84



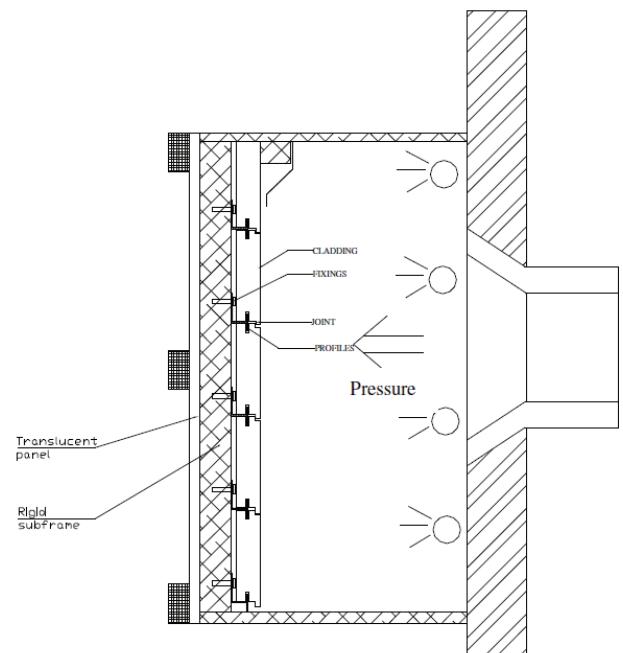
Slika 7. - Ispitivanje nosivosti kamenih ploča od granita[13]



Slika 8. - Merenje ugiba u sredini raspona[13]

85

U odnosu na standardne „Izveštaje o tehničkim svojstvima kamena ...” [10] u ovom slučaju su vršena testiranja samo sa kamenom debljine d=2cm, a za veće debljine su dobijeni rezultati proračunom. Visine ploča su bile različite (u tabelama je korišćen termin „dužine“ jer su



Slika 9. - Primer /skica test uređaja – vertikalni presek [11]

86

ploče bile u horizontalnom položaju pri ispitivanju. Ploče su na taj način imale i veći -nepovoljniji uticaj na rezultat zbog sopstvene težine)

Kamen, tačnije ploče koje su date da se testiraju -”lome” izabranje (od “mekših”-travertin i “tvrdih” -granit) od materijala koji se ne bi ugrađivao, jer vizuelno se lako konstatuje da nije I klase, odnosno da izabrane ploče nisu pogodne za ugradnju na fasadi.

Očekuje se da materijal -kamene ploče I klase imaju bolja svojstva od testiranih ploča, prikazanih u tabeli, što je na strani sigurnosti

Na slikama br. 6, 7 i 8 je prikazano izvršeno testiranje

Na slici br. 9 je skica opreme sa kojom je potrebno da se vrše testiranja fasadnih obloga

6. DEO IZVEŠTAJA BROJ 35/2010 O TESTIRANJU POTKONSTRUKCIJE TABAŠ, KOJI SE ODNOŠI NA KAMENE PLOČE [13]

Tabela 1. - Rezultati ispitivanja ploča od travertina

Ploča dužine 80cm					
Uz.	Max. br.kocki	Površ.opt. qp (kN/m ²)	Lin.opt. q (kN/m)	M _{max} (kNm)	f _{ys} (MPa)
1	33	6,60	3,30	0,264	7,92
2	36	7,20	3,60	0,288	8,65
3	35	7,00	3,50	0,280	8,41
Srednja vrednost					8,33

87

Tabela 1. - Rezultati ispitivanja ploča od travertina (nastavak)

Ploča dužine 90cm					
Uz.	Max. br.kocki	Površ.opt. qp (kN/m ²)	Lin.opt. q (kN/m)	Mmax (kNm)	fys (MPa)
1*)	9	1,60	0,80	0,081	2,43
2	27	4,80	2,40	0,243	7,30
3	27	4,80	2,40	0,243	7,30
Srednja vrednost					5,68
Ploča dužine 100cm					
Uz.	Max. br.kocki	Površ.opt. qp (kN/m ²)	Lin.opt. q (kN/m)	Mmax (kNm)	fys (MPa)
124	3,84	1,92	0,240	7,21	
219	3,04	1,52	0,190	5,70	
321	3,36	1,68	0,21	6,31	
Srednja vrednost					6,41

*) Ploča sa izraženim defektom – pukotinom na površini

Tabela 2. - Granična površinska opterećenja i faktori sigurnosti ploča od travertina

Deb. ploče d (cm)	Otp. Mom. W (cm ³ /m)	Mom. M _{max,gr} (kNm/m)	Granično površ. opterećenje		Faktor sigurnosti n za p _{h,doz} =1,25kN/m ²
			I (raspon) cm	p _{h,gr} (kN/m ²)	
2cm	66,7	0,454	80	7,094	80
			90	5,605	90
			100	4,540	100
3cm	150,0	1,020	80	15,938	80
			90	12,592	90
			100	10,200	100
					8,2

88

Tabela 2. - Granična površinska opterećenja i faktori sigurnosti ploča od travertina (nastavak)

4cm	266,7	1,814	80	28,344	80	22,7
			90	22,395	90	17,9
			100	18,140	100	14,5

Tabela 3. - Rezultati ispitivanja ploča od granita

Ploča dužine 120cm					
Uz.	Max. br.kocki	Površ.opt. qp (kN/m ²)	Lin.opt. q (kN/m)	M _{max} (kNm)	f _{ys} (MPa)
1	31	4,13	2,07	0,373	11,19
2	29	3,86	1,93	0,347	10,42
3	33	4,40	2,20	0,396	11,89
Srednja vrednost					11,17
Ploča dužine 140cm					
Uz.	Max. br.kocki	Površ.opt. qp (kN/m ²)	Lin.opt. q (kN/m)	M _{max} (kNm)	f _{ys} (MPa)
1	22	2,51	1,26	0,308	9,25
2	24	2,74	1,37	0,336	10,07
3	23	2,62	1,31	0,321	9,64
Srednja vrednost					9,65
Ploča dužine 150cm					
Uz.	Max. br.kocki	Površ.opt. qp (kN/m ²)	Lin.opt. q (kN/m)	M _{max} (kNm)	f _{ys} (MPa)
1	19	2,03	1,01	0,284	8,53
2	21	2,24	1,12	0,315	9,46
3	21	2,24	1,12	0,315	9,46
Srednja vrednost					9,15

89

Tabela 4. - Granična i dozvoljena površinska opterećenja granitnih ploča

Deb. ploče d (cm)	Opt. Mom. W (cm ³ /m)	Mom. M _{max,gr} (kNm/m)	Granično površ. opterećenje		Faktor sigurnosti n za p _{h,doz} =1,25kN/m ²
			(raspon) cm	p _{h,gr} (kN/m ²)	
2cm	66,7	66,7	120	4,63	120 3,7
			140	3,40	140 2,7
			150	2,96	150 2,4
3cm	150,0	150,0	120	10,42	120 8,3
			140	7,65	140 6,1
			150	6,67	150 5,3
4cm	266,7	266,7	120	18,52	120 14,8
			140	13,61	140 10,8
			150	11,85	150 9,5

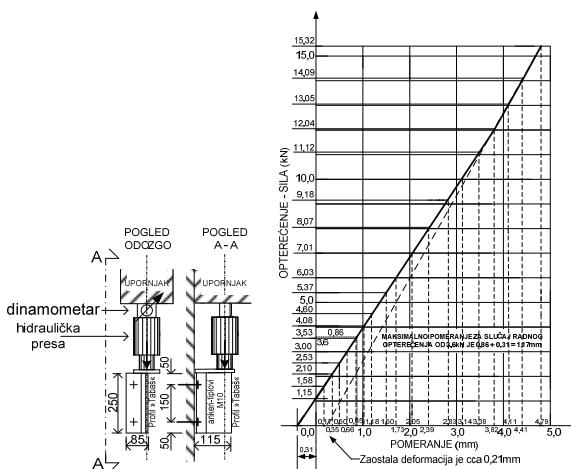
Deo iz Izveštaja o ispitivanju TAp primarnog nosača, Slika 10.

7. ZAKLJUČAK [13]

7.1 Izveštaj 35/2010 Laboratorije za materijale Grade-vinskog fakulteta koji se odnosi na profile d=4mm

S obzirom na rezultate sprovedenih ispitivanja, kao i na izvršene računske analize koje su u svim slučajevima bile »na strani sigurnosti«, pri čemu je sve to bazirano i na tehničkim uslovima koji su definisani u okviru siste-

90



Slika 10. - Dispozicija ispitivanja "primara" u vidu alumijumskog "Tabaš" profila na dejstvo opterećenja koje se prenosi od vertikalnog „L“ elementa i dobiveni rezultati ispitivanja

ma ventilisane kamene fasade TABAŠ, zaključuje se da predmetna fasada u potpunosti zadovoljava sve uslove u odnosu na nosivost i sigurnost. To se odnosi kako njenu potkonstrukciju, tako na ploče od travertina i granita kao završne-vidne elemente fasade.

Uzimajući u obzir sve napred rečeno, proizilazi nekoliko osnovnih zaključaka i preporuka vezanih za praktičnu primenu sistema TABAŠ:

- u okviru završne fasadne obloge mogu se primenjivati kamene ploče od travertina, polimermera, mermera i granita debljina 2cm, 3cm i 4cm;

- vertikalni „L“ elementi alumijumske potkonstrukcije pri primeni ploča debljine 2cm mogu da budu na maksimalnom rastojanju 125cm, pri primeni ploča debljine 3cm na maksimalnom rastojanju 100cm, a pri primeni ploča debljine 4cm na maksimalnom rastojanju 80cm; u svim navedenim slučajevima mestimčno mogu da se dozvole i za cca 10% veća rastojanja;

- ukoliko se koriste „primari“ od aluminijuma koji obezbeđuju maksimalna udaljenja lica kamenog od površine zida veličine 20cm, vertikalni „L“ elementi mogu da imaju dužine do 5m; u takvim slučajevima „primari“ se fiksiraju sa dva ankera-tipla M10 za beton;

- horizontalni elementi potkonstrukcije, a pri primeni kamenih ploča debljine 3cm, mogu da budu postavljeni na međusobnim rastojanjima od 2m, što znači da se u takvim slučajevima primenjuju ploče dužine 200cm.

S obzirom na sve napred navedeno, odnosno na rezultate sprovedenih eksperimentalnih ispitivanja i izvršenih računskih analiza, proizilazi konacan zaključak da ventilisana kamena fasada sistema TABAŠ, u odnosu na naponsko-deformaciona stanja svojih elemenata i veza, sa visokim koeficijentima sigurnosti može da bude pri-

91

92

menjena u praksi. Pri tome, njena primena, logično, mora u svemu da bude saglasna sa tehničkim uslovima koje je u dokumentaciji sistema definisao nosilac sistema TABAŠ.

7.2 Izveštaj 34/2013 Laboratorije za materijale Građevinskog fakulteta koji se odnosi i na profile d=3mm

Analizom rezultata sprovedenih ispitivanja dolazi se do sledećih zaključaka:

- ispitivanje materijala - legure aluminijuma AW 6063 T6, od koje je izrađen vertikalni (primarni) element potkonstrukcije TV/2, pokazalo je da predmetna legura ima poboljšane osnovne fizičko-mehaničke karakteristike u odnosu na ranije ispitivanu leguru oznake AA 6063;
- s obzirom na rezultate ispitivanja nosivosti elemenata potkonstrukcije TV/2, TH1/2, TH2/2 i TH3/2, koji su u svim slučajevima upoređivani sa odgovarajućim brojnim vrednostima datim u *Statičkom proračunu aluminijumske potkonstrukcije „Tabaš“ za ventilisanu kamenu fasadu objekta spratne visine 4500.0 mm, kamen debljine 20.0 mm, visina ploča 800.0 mm, potpisom od strane Aleksandra Trajkovića, dipl.inž.grad., licenca broj 310 1127 03 (proračun, Beograd, decembar 2012. godine)*, proizilazi da su u svim slučajevima eksperimentalnih ispitiva-

93

vanja dobijeni vrlo visoki faktori sigurnosti na lom elemenata;

- rezultati ispitivanja sklopa (spoja) dva nosača tipa TAپ pod uglom od 90°, koji su takođe upoređeni sa odgovarajućim rezultatima datim u napred navedenom *Statičkom proračunu aluminijumske potkonstrukcije „Tabaš“...*, pokazali su da se, zavisno od usvojene referentne nosivosti, faktori sigurnosti predmetnog spoja kreću između 2 i 3, pri čemu najniža vrednost cca 2,0 odgovara teorijskom slučaju „čupanja“ primjenjenog ankera-tipla, što u praksi nije moguće; naime, primjenjeni ankeri-tiplovi prevashodno „rade“ na smicanje.
- umesto horizontalnog TAپ nosača u vezi pod pod uglom od 90° prikazanog na slici 6, može se primeniti i L profil oznake TV dimenzija 70x50x4mm, ukrućen dodatnim „kosnikom“ od TV profila – saglasno odgovarajućem crtežu datom u dokumentaciji sistema „Tabaš“; ovo rešenje se može koristiti u slučaju udaljenja lica kamena od konstrukcije objekta od 320 mm, a za spratne visine od 4500 mm.

Uzimajući u obzir sve napred navedeno, kao i pretходни Izveštaj br. 35/2010 od maja 2010, koji je takođe urađen od strane potpisnika predmetnog izveštaja, proizilazi nekoliko osnovnih zaključaka vezanih za praktičnu primenu sistema potkonstrukcije TABAŠ:

- U okviru završne fasadne obloge od kamena sa profilima oznaka TH1/2; TH2/2; TH3/2 i TV/2 mogu

94

se koristiti kamene ploče debljine d=2cm, visine do 80cm, a uz poseban proračun i do 100cm, kao i ploče d=3cm visine do 60cm. Vertikalni profili se fiksiraju sa dva zavrtnja M8 za primarni nosač, a navedeni horizontalni nosači sa po jednim zavrtnjem M6 za vertikalnu. Kod zavrtnjeva se uvek koriste po jedna elastična i jedna ravna podloška. Za ankerisanje u beton se koriste po dva komada ankera – tipla Ø8mm (A4 kvaliteta), a za udaljenja lica kamena od 25cm, na spratnoj visini od 4,5m.

Vertikalni L profili 75x45x3mm postavljaju se na međusobnom udaljenju od 100cm, a pridržavaju se sekundarnim nosačima na rastojanju od 150cm. I ovo se odnosi na spratne visine do 4,5m.

Navedena rastojanja važe za slučaj horizontalnog opterećenja od vetra brzine 100km/čas.

S obzirom na sve napred rečeno, odnosno na rezultate sprovedenih eksperimentalnih ispitivanja i izvršenih računskih analiza, proizilazi konačan zaključak da ventilisana kamena fasada sistema TABAŠ, sa novim elementima aluminijumske potkonstrukcije, u odnosu na naponsko-deformaciona stanja elemenata i veza, sa visokim koeficijentima sigurnosti može da bude primenjena u praksi. Pri tome, logično, njena primena mora u svemu da bude saglasna sa tehničkim uslovima koji su u dokumentaciji sistema definisani od strane nosioca sistema.

95

8. LITERATURA

- [1] JUS U.F7.010, *Tehnički uslovi za oblaganje prirodnim kamenom-pločama, tačka 2.18, (1966)*
- [2] HERZOG, KRIPPNER, LANG.:*Facade Construction Manual* (2004, English translation) DIN 18516-1
- [3] FISCHER dokumentacija za ACT fasade -FZP sistem.
- [4] MARBLE INSTITUTE of AMERICA, *Dimension Stone Design Manual, version 7.2 Manual* (2011)
- [5] HERZOG, KRIPPNER, LANG.:*Facade Construction Manual A 2.1.17*(2004, English tran.)
- [6] FISCHER dokumentacija, DIN 4113
- [7] USLOVI I TEHNIČKI NORMATIVI ZA PROJEKTovanje STAMBENIH ZGRADA I STANOVA: *Pregled br. 1, str.161* (1984, IRO Građevinska knjiga)
- [8] BRITISH STANDARD BS 8298:1994.:*Design and installation of natural stone cladding and lining*
- [9] HUGES T, STEIGER L, WEBER J.:*Dressed Stone Detail Practice*(2005, English edition)
- [10] IMS, i Institut za puteve, svi iz Beograda
- [11] ETAG 034-1, figure 2 - Example of test device
- [12] TABAŠ doo, dokumentacija
- [13] Muravljov M, Zakić D.:*Izveštaji br35/2010 i 034/2013 Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Institut za materijale i konstrukcije - Laboratorija za materijale* (2010 i 2013,)

96