

ДВОСТРУКЕ ФАСАДЕ У ФУНКЦИЈИ ОДРЖИВЕ АРХИТЕКТУРЕ – АНАЛИЗА ПРОЈЕКТА ПОСЛОВНОГ КОМПЛЕКСА У БЕОГРАДУ

DOUBLE-SKIN FAÇADES AS A TOOL OF
SUSTAINABLE ARCHITECTURE – CASE
STUDY OF THE BUSINESS COMPLEX IN
BELGRADE

Резиме:

Овај рад се бави критичком анализом примене принципа одрживе архитектуре кроз пројектовање двоструких фасада, на примеру пословног комплекса на углу улица Краља Милана и Краља Милутина у Београду. Склоп двоструке фасаде највише се примењује у пројектовању пословних објеката и показује значајне резултате у уштеди енергије. Применом овог система, смањују се очекивани топлотни добици лети и топлотни губици зими и значајно редукује ниво буке, чиме је обезбеђен повећан комфор боравка у радним просторијама и смањење трошкова у експлоатацији објекта, уз нешто веће иницијалне инвестиционе трошкове изградње.

Кључне речи: двострука фасада, енергетска ефикасност, одржива архитектура, пословни комплекс у Београду.

Abstract:

This paper presents an analysis of the implementation of sustainable architecture principles in designing the double-skin façades, through the case study of the business complex at the corner of Kralja Milana and Kralja Milutina streets in Belgrade. Double-skin façades have the most frequent use in office buildings' design showing significant results in energy saving. By applying this system, expected thermal gains in summer and thermal losses in winter are reduced, as well as the level of noise. Consequently, the inner comfort conditions are improved. This type of façade provides lower exploitation expenses, even though the initial building investments are higher.

Key words: double-skin façade, energy efficiency, sustainable architecture, business complex in Belgrade.

УВОД

Двоструке фасаде представљају сложени мултифункционални систем омотача у склопу савремених архитектонских објеката.

Ови системи чији је настанак, између осталог, омогућен развојем стакла као материјала, чине део развојне линије концепта транспарентности у архитектури. Међутим, посебан значај примене двоструких фасада је у улози коју имају у погледу енергетског оптимизовања зграде, заштите од негативних спољашњих утицаја и постизања оптималних параметара унутрашњег комфора.

Инострано искуство показује да је примена овог склопа омотача најпримеренија на пословним објектима, код којих су најзначајнији резултати у погледу побољшања параметара унутрашњег комфора и уштеде енергије за климатизацију, грејање и хлађење.

Случај пословног комплекса на углу улица Краља Милана и Краља Милутина у Београду представља испитивање могућности примене овог система у нашим условима, у контексту ограничења постојеће урбанистичке и грађевинске праксе, као и локалних микроклиматских услова. Подстицај за ово, првенствено пројектантско, истраживање потекло је најпре од афинитета ка постизању транспарентног спољашњег омотача, а са друге стране од глобалних тенденција ка одрживом

* др Игор Марић, д.и.а., научни сарадник, Институт за архитектуру и урбанизам Србије, Београд, Булевар краља Александра 73/II

** мр Ана Богданов, д.и.а., истраживач сарадник, Институт за архитектуру и урбанизам Србије, Београд, Булевар краља Александра 73/II

*** Божидар Манић, д.и.а., истраживач приправник, Институт за архитектуру и урбанизам Србије, Београд, Булевар краља Александра 73/II

развоју путем пројектовања енергетски рационалних и ефикасних зграда.

У првом делу су дате основне карактеристике локације и пројекта новог пословног комплекса, са освртом на први претходни покушај примене концепта двоструке фасаде у нашој средини. **У другом делу** се излажу основни чиниоци који утичу на избор овог фасадног склопа. Као кључни су издвојени архитектонски концепт транспарентности,

са једне стране, и оптимизовање параметара унутрашњег комфора и енергетска рационалност, са друге. **Трећи део** је приказ развоја концепта двоструке фасаде кроз процес пројектовања пословног комплекса у Београду, под утицајем комплексних захтева и ограничења. **Закључно се** разматрају предности овог концепта и ограничења примене у домаћим условима.

ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛОКАЦИЈЕ И ПРОЈЕКТА ПОСЛОВНОГ КОМПЛЕКСА

Пословни комплекс на углу улица Краља Милана и Краља Милутина у Београду, налази се у градском блоку који припада широј зони трга Славија и налази се на почетку једне од најважнијих градских осовина Славија-Теразије (Сл.1.).

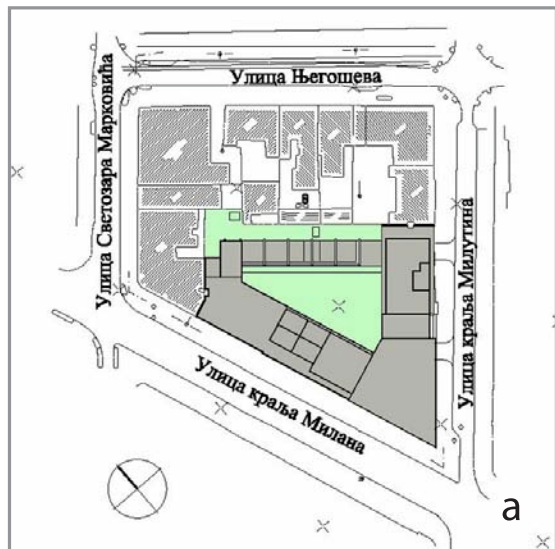
Овалокација је била предмет бројних архитектонских и урбанистичких конкурса, који су третирали ужу или ширу зону. Последњи у низу био је конкурс за израду идејног архитектонско-урбанистичког решења блока између улица Краља Милана, Краља Милутина, Његошеве и Светозара Марковића у Београду, одржан 2006. године. Прву награду жири је доделио пројекту аутора архитектата др Игора Марића и Божидара Манића из Института за архитектуру и урбанизам Србије.

Основна намена објеката је пословање, с тим што се у приземним етажама налазе садржаји од интереса за широки круг корисника –



Сл. 1.
Позиција у градском ткиву

трговина и угоститељство. На вишим спратовима смештени су флексибилни канцеларијски простори, а један део комплекса резервисан је за пословне апартмане. У подземним етажама налазе се техничке просторије и гаража за триста возила. Укупна бруто грађевинска површина комплекса је 30742м², од чега је 13798м² подземно, а 16944м² надземно. Спратност је од П+2, у унутрашњем дворишту, преко П+5, П+6 и П+7, до П+8 на углу улица. Цео комплекс може да се подели на три просторне целине – прва и највећа је паралелна са Улицом краља Милана, друга је паралелна са Улицом краља Милутина, а трећа се налази у дворишту и паралелна је са границом парцеле окренутом према унутрашњости блока (Сл.2.).

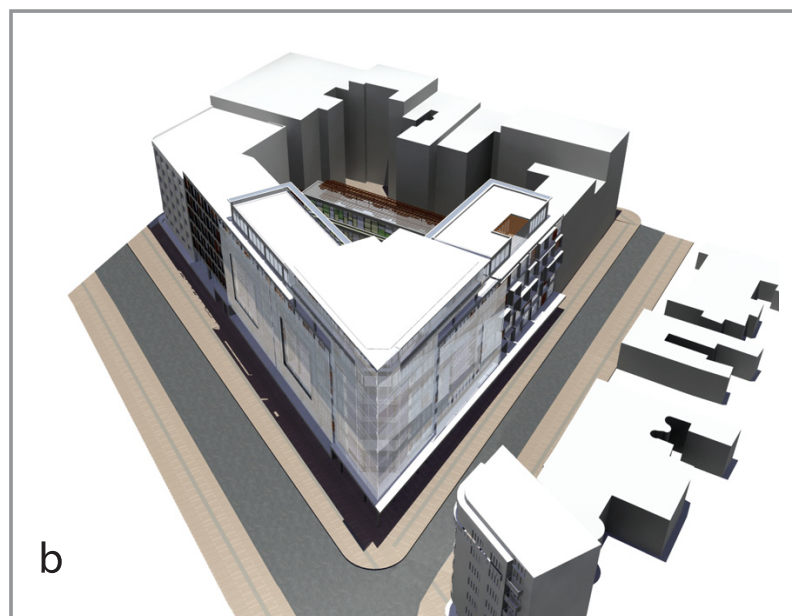


Сл. 2.
Ситуација и 3Д модел комплекса

Главне оријентације фасада су за прву целину запад-југозапад (улична фасада) и исток-североисток (дворишна фасада), за другу целину југоисток (улична фасада) и северозапад (дворишна фасада), и за трећу целину југозапад (према унутрашњем дворишту) и североисток (према унутрашњости блока). Фасадна платна која су најизложенија сунчевом зрачењу и негативним утицајима буке и загађења

ваздуха (на првом месту од саобраћаја) су она према улицама Краља Милана и Краља Милутина, а њихова дужина је око 87м, односно 71м. Укупна површина је 2526м², односно 2026м².

Према испитивању загађујућих материја које је у Београду извршено током 2006. године, концентрације угљенмоноксида, азотових оксида, олова и сумпордиоксида, на већини мерних места прелазе горње граничне вредности имисије. Једно од мерних места, сврстано у зону III – градско језгро, било је трг Славија, у непосредној близини локације пословног комплекса. Утврђено је да су концентрације угљенмоноксида повећане у зимском периоду, а у априлу месецу концентрације свих загађивача који су мерени (Грубачевић и др., 2007.).



Када се посматрају резултати мерења нивоа буке извршених 2006. године, на најближем мерном месту, у Немањиној улици, може да се закључи да

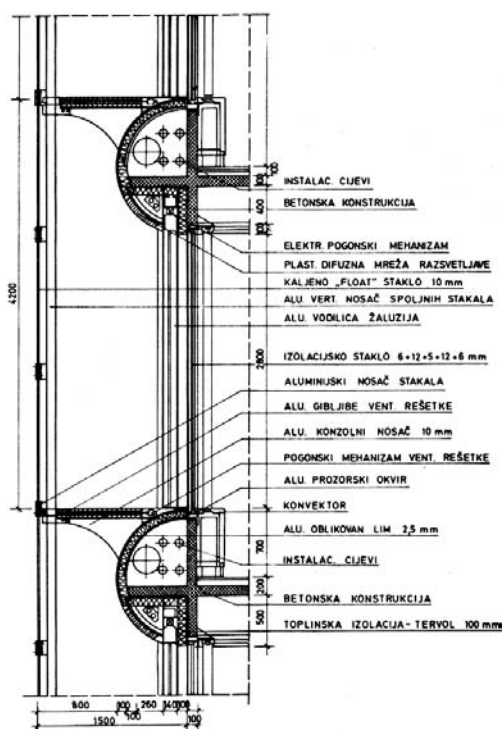
су премашене дозвољене вредности и за дан и за ноћ. Тако ниво буке дању износи око 70dBA, а ноћу око 65dBA, док су дозвољене вредности у зони градског центра 65dBA, односно, 55dBA (Грубачевић и др., 2007.).

Резултати спроведених испитивања указују на потребу да се при пројектовању спољашњег омотача у обзир узму наведени негативни утицаји и размотре могућности њиховог неутралисања уз минималан утрошак енергије.

Претходни покушаји примене двоструких фасада у нашој земљи

Концепт двоструких фасада познат је већ више деценија, а код нас се први покушаји примене јављају крајем осме и почетком девете деценије прошлог века. Занимљиво је да је први пројекат овакве фасаде урађен за административно-пословни објекат ЗОИЛ „Дунав“ и Робних кућа „Београд“, у блоку између улица Маршала Тита (Краља Милана), Бориса Кидрича (Београдске), Његошеве и Светозара Марковића, управо, на истој локацији на којој се планира изградња комплекса који је предмет овог рада. Пројектна документација је такође рађена на основу првонаграђеног конкурсног решења, са конкурса одржаног 1977-1978. године, чији су аутори Софија Ненадовић, Владислав Ивковић, Душанка Менегело-Аћимовић и Надежда Филипонтрбојевић. Фасада

је конципирана 1980. године, али до извођења објекта никада није дошло. Према образложењу конкурсног рада, намера аутора је била да формирањем мирне стаклене масе степенасто повучених кубуса, створе архитектуру која се не намеће, али има својствен израз и идентитет (Антић и др., 1977.). Такво решење обликовања и опредељење за максималну могућу транспарентност, са једне стране, а са друге тежња ка максималној уштеди топлотне енергије и инвестиционих средстава, водили су у току разраде ка примени тада сасвим новог концепта „флексибилне“ стаклене фасаде“. Овако конципиран омотач објекта има све одлике савремених двоструких фасада, са спољашњом стакленом опном која штити од непосредних неповољних спољних утицаја, тампон зоном ширине 90цм, и унутрашњим делимично транспарентним платном, са прозорима од којих се половина отвара, и засторима смештеним према тампон простору (Сл.3).



Сл. 3.
Пројекат стаклене фасаде објекта Славија I у Београду, аутора С. Ненадовић, В. Ивковића, Д. Менегело-Аћимовић и Н. Филипонтрбојевић (1980-1982.) – вертикални пресек кроз фасадни елемент типског спрата (Ивковић, Крашевац, 1982.)

Били су предвиђени посебни зимски и летњи режим рада, а очекиване су знатне уштеде и кратак рок у коме би се инвестиционо улагање исплатило (Ивковић, Крашевац, 1982.).

Пројекат пословног објекта ЗОИЛ „Дунав“ и РК „Београд“, иако нереализован, представља значајан део историје места, али и историје наше архитектуре друге половине двадесетог века, посебно када се има у виду да концепт који је тај пројекат покушао да промовише у нашој средини, тада веома напредан и на светском нивоу, а данас већ уобичајен, овде није заживео ни после готово тридесет година.

ОДЛУЧУЈУЋИ ЧИНИОЦИ ЗА ИЗБОР ДВОСТРУКЕ ФАСАДЕ КАО ТИПА ФАСАДНОГ СКЛОПА ПОСЛОВНОГ КОМПЛЕКСА

Принцип двоструке фасаде примењује се у градитељској пракси развијених земаља већ неколико деценија, а до експанзије долази у последњој деценији XX века. Примери објеката са сличним концептом фасадног омотача познати су у свету од раније, али је тек енергетска криза довела до значајних помака у развоју ове технологије. И код нас се, као што је напред речено, већ крајем седамдесетих и почетком осамдесетих година прошлог века, јављају пионирски покушаји примене двоструке фасаде. Међутим, овај тип фасадног склопа и даље је релативно непознат у нашој средини. Зграда Југословенског драмског позоришта у Београду, аутора архитеката Зорана Радојичића и Дејана Миљковића, први је објекат са изведеном двоструком фасадом, која у овом случају има само естетску улогу и служи као нека врста „излога“ за обновљену оригиналну фасаду архитекте Краснова из 1928/29.

Треба нагласити да се у овом раду разматра концепт двоструке фасаде у ужем смислу¹,

онако како је она дефинисана европским стандардом prEN 13119 : 2004 “Curtain walling – terminology”; дакле као „конструкција типа зид-завесе, која се састоји из спољашње стаклене опне и унутрашњег зида-завесе који у склопу са спољном опном обезбеђује потпуну функцију зида“².

При пројектовању пословног комплекса на углу улица Краља Милана и Краља Милутина у Београду одлучујући чиниоци који су утицали на примену овог склопа су били, са једне стране, тежња да се обезбеди висок ниво унутрашњег комфора и енергетска рационалност, а са друге, да се у најужем градском језгру оствари таква архитектура новог објекта, са релативно великом дужином фасадних платана, која ће истовремено да омогући складно повезивање са окружењем, као и постизање и истицање савременог карактера грађевине путем коришћења визуелних потенцијала стакла.

Визуелно-естетски аспекти примене концепта двоструких фасада

У контексту развојне линије архитектуре за коју је карактеристична тежња ка дематеријализацији, лакоћи и визуелном континуитету, претече двоструких фасада су сви објекти код којих се као концепт наглашава транспарентност, а за који је најреферентнија употреба стакла као материјала. Развој овог концепта, чије су високе домете најављивале експресионистичке визије Паула Схербарта, омогућен је Индустријском револуцијом и започет првим појавама „стаклене архитектуре“ (Пакстонова Кристална палата из 1851.), од када се континуално наставља, на темељу општег друштвеног и техничко-технолошког напретка.

Актуелност стакла као грађевинског материјала који може да изрази савремене архитектонске концепте не застарева. Оно се најпре вредновало због своје прозрачности, ефекта нематеријалности и лакоће, да би се временом развило у високо-технолошки материјал са широким спектром примене и изражајних могућности. Поред транспарентности, стакло поприма улогу комуникативног и симболичког медијума који усложњава његов визуелно-естетски потенцијал превodeћи га у сферу дигиталних медијума и с тим у вези савремене естетике. Стаклене фасаде се појављују као интелигентне опне, реактивне на спољне утицаје који им дају променљив визуелни израз.

- 1 Постоје и други модели материјализације омотача архитектонских објеката, засновани на сличним принципима коришћења сунчеве енергије и стварања тампон зоне према спољњем простору, почев од „кутијастих прозора“, преко стакленика, до принципа „кућа у кући“
- 2 “Double-Skin Façade: a curtain wall construction comprising an outer skin of glass and an inner wall constructed as a curtain wall that together with the outer skin provide the full function of a wall.”

На визуелни ефекат двоструких фасада, услед транспарентности предњег омотача подједнако утичу сви елементи који чине овај систем.

Према утицају изабраног типа потконструкције на изглед фасаде разликујемо случајеве:

- 1) Тачкасто ослоњена спољна опна – тачкасто распоређени елементи, „спајдери“ – у правилном ритму на фасади производе скоро орнаментални ефекат;
- 2) Потконструкција која носи стакло се формира линијски, путем конструктивних елемената од метала који прате ивицу спољашњих стаклених панела – у обликовном смислу даје се примат материјалности конструкције, док је стакло у другом плану; и
- 3) Предња стаклена опна се веже за основну конструкцију преко стаклених упорника који прате ивицу спољашњих стаклених панела, а сами се вежу за носећу конструкцију зграде преко металних прихватника – захваљујући транспарентности конструкције у визуелном смислу се на овај начин тежи избегавању претерано техницистичког изгледа.

Према односу унутрашње и спољашње опне у смислу њиховог визуелног ефекта разликујемо:

- 1) двоструке фасаде код којих се подела унутрашње и спољне опне поклапају – најчешћи је случај код фасада где се занемарују визуелни потенцијали спољне опне, а истиче подела унутрашње зид-завесе; и
- 2) ритам поделе унутрашње и спољне опне су усклађени али се не поклапају – овим се постиже јачи ефекат удвојености омотача и визуелно истиче постојање предње опне, дубина и слојевитост планова.

У материјализовању пословног комплекса на углу улица Краља Милана и Краља Милутина, стакло је одабрано као материјал примерен ликовном изразу савремених пословних објеката, који и даље као један од основних истичу концепт транспарентности. Стакло такође омогућава да се постигне визуелна слојевитост фасаде, тако што се иза предње транспарентне опне, провлачи чврста структура која се ритмом надовезује на суседне објекте традиционалног карактера и уклапа у просторни миље. Остављена је могућност усложњавања изражајности материјала кроз одабир посебних врста стакла, што у првом реду зависи од коначно усвојеног концепта фасаде, доступности материјала на домаћем тржишту и економске моћи инвеститора.

Двострука фасада као средство одрживе архитектуре и побољшања комфора

Примена великих стаклених површина у материјализацији омотача архитектонских објеката проблематизује се 70-их година XX века, с обзиром на повећану енергетску потрошњу потребну за постизање и одржавање оптималних услова унутрашњег комфора. Овај проблем је посебно изражен код пословних објеката, са класичним зид-завесама код којих не постоји могућност отварања прозора. Основни недостатак, са становишта корисника, јесте њихова херметичка затвореност и потпуна зависност од система вештачке вентилације и климатизације. Овакав режим коришћења доводи до негативних психолошких ефеката и утиска отуђености од природних услова, као и до физиолошких проблема који су у литератури познати као „синдром болесних зграда“. Запослени данас често проводе више од 50 одсто свакодневног времена на радном месту, што поставља нове, много строже критеријуме за радни простор и захтева улагање напора у додатно побољшавање услова боравка у савременим пословним зградама.

У контексту архитектонског пројектовања предупредивање ових проблема могуће је применом система двоструких фасада који са једне стране представљају заштиту од негативних спољашњих утицаја, а са друге побољшавају услове боравка у унутрашњем простору. Спољни омотач ублажава непосредно дејство утицаја околине на унутрашњу опну и, посредно, на унутрашњи простор. Слој ваздуха који постоји између две опне у овом фасадном систему, већ као мирујући неактиван слој, служи као добра термичка и акустичка баријера, а осмишљеним системом отвора омогућује се кретање ваздуха и природно проветравање. Велике стаклене површине омогућују несметан продор светлости, а посебним подсистемом застора може да се контролише и оптимизује продор светлости и топлоте.

Када се двоструке фасаде разматрају са аспекта енергетске рационалности, издваја се неколико значајних карактеристика, које доприносе уштеди енергије, смањивању потреба за вештачким грејањем, хлађењем и проветравањем:

- мањи коефицијенти пролаза топлоте кроз спољашњи омотач;
- смањење разлике у температури између

унутрашњег простора и унутрашње површине двоструке фасаде, која је лети хладнија (услед струјања ваздуха у међупростору, који преузима и „односи“ део топлотне енергије), а зими топлија (захваљујући ваздушном тампон-слоју, који служи као додатан изолатор) него код класичних зид-завеса;

- могућност природног проветравања, која смањује потребе за вештачком вентилацијом;
- могућност додатног хлађења у току лета, увођењем природне ноћне вентилације; и
- могућност укључивања загрејаног ваздуха из међупростора двоструке фасаде у систем климатизације и др.

У случају пословног комплекса у Београду, једно од основних пројектантских одређења, од најраније фазе израде конкурсног

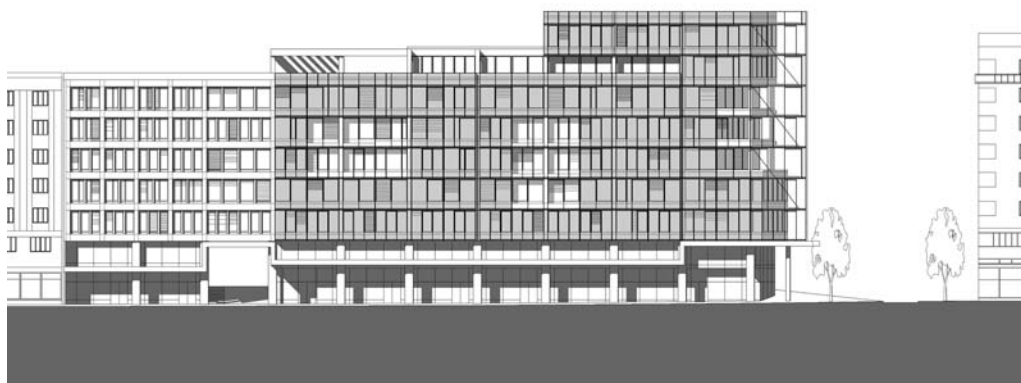
идејног решења, била је оријентација ка савременим техничко-технолошким достигнућима. Загађеност ваздуха, недозвољено висок ниво буке, изложеност уличних фронтана пројектованог објекта сунцу током највећег дела дана услед оријентације према југоистоку и западу-југозападу, претпостављени високи трошкови климатизације и хлађења, били су међу одлучујућим чиниоцима који су утицали на коначан избор двоструке фасаде као одговарајућег склопа за материјализацију омотача. Према образложењу аутора, „Увођење пасивних соларних система биоклиматске архитектуре (вентилирајућа фасада, делимично природно проветравање објекта, зеленило, брисолеји и слично) је предлог којим се у разноликост уличног фронта Улице краља Милана уноси нов и савремен архитектонски израз као знак времена у коме ће објекат бити изграђен“ (Марић, Манић, 2006. стр.51.).

РАЗВОЈ КОНЦЕПТА ДВОСТРУКЕ ФАСАДЕ ТОКОМ ПРОЦЕСА ПРОЈЕКТОВАЊА

У претходним поглављима изложили смо основне чиниоце који су утицали на примену двоструке фасаде у делу пословног комплекса. У овом поглављу приказаћемо укратко развој концепта и избор типа материјализације омотача током процеса пројектовања.

У току израде конкурсног пројекта одлучено је да се двострука опна примени на типским спратовима, од нивоа +2 до нивоа +8, и то према Улици краља Милана у дужини од око 62м (од 87м колико је укупно дугачак тај улични фронт), а према Улици краља Милутина у дужини од 42м (од 71м). Оваква подела извршена је према функционалним карактеристикама објекта и естетским тежњама аутора. Фасада према Улици краља Милана издељена је на укупно четири сегмента, од којих само један, уз постојећи суседни објекат, нема двоструку фасаду. Ово је урађено како би се објекат што боље повезао са суседом и уклопио у постојећу градску матрицу, као и да би се смањио утисак превелике дужине уличног фронта (Сл.4.).

Сл. 4.
Изглед
комплекса
према Улици
краља
Милана





Сл. 5.
Изглед комплекса
према Улици краља
Милутина

Део у Улици краља Милутина подељен је на три сегмента, од којих само један, у коме се налазе пословни апартмани и који се наслања на суседну зграду, нема двоструку фасаду. Овде је подела била мотивисана не само тежњом ка уклапању у контекст, већ и функционалним разлозима, пошто су пословним апартманима, који се налазе у мирнијем делу улице, пројектоване лође (Сл.5.).

Укупна површина двоструке фасаде је 2455m^2 ($1415+1040$).

Сам концепт двоструке фасаде, у складу са захтевним и потребним нивоом детаљности и разраде пројекта, био је дат на елементарном нивоу; приказана је као двострука стаклена опна са ваздушним међупростором ширине 60цм. Нису биле предвиђене хоризонталне ни вертикалне поделе тампон-простора, а као потконструкција спољне опне планирани су „спајдер“ носачи. Замишљено је да стакла спољне опне буду размакнута, односно, да спојнице буду незаптивене, чиме би била омогућена потпуно слободна инфилтрација ваздуха у међупростор.

Прве измене унете су у фази израде идејног архитектонског пројекта, која је због сложености и величине објекта праћена израдом идејних пројеката свих инсталација. Тада је одлучено да спољна опна буде заптивена, односно да се укине празан међупростор између стаклених панела у тој равни. Основни разлози за то били су ниво загађења спољног ваздуха који би створио велике проблеме у одржавању фасаде, као и чињеница да је у том случају кретање ваздуха значајно усложњено и готово немогуће да се контролише и усмерава. Уведени су, такође, линијски носачи од ламелираног стакла који смањују распоне стаклених плоча; примарни вертикални, ширине 60цм, који потпуно пре-

грађују ваздушни простор по хоризонтали, и секундарни хоризонтални, ширине 20цм, који остављају могућност кретања ваздуха од најниже тачке овог склопа на којој је предвиђено узимање ваздуха, до највише тачке на којој се загрејан ваздух избацује у спољашњу средину.

Последње корекције до сада, на концепту двоструког омотача пословног комплекса, извршене су у фази главног пројекта. У току разраде архитектонског решења приступило се детаљној анализи различитих типова двоструких фасада, како би био изабран онај који највише одговара намени и локацији објекта.

Постоји неколико типологија двоструких фасада, а основни критеријуми за класификацију су однос спољашњег, унутрашњег ваздуха и ваздуха у међупростору и регулисање струјања ваздуха у шупљини фасаде.

Прва подела која нас овде занима третира заптивеност спољне и унутрашње опне и ту можемо да издвојимо четири основна типа:

- 1) спољашња и унутрашња опна двоструке фасаде су заптивене и нема мешања ваздуха са оним у међупростору;
- 2) спољашња опна је местимично отворена, а унутрашња је заптивена; летњи и зимски режим коришћења исти, а ефекат сличан као у претходном типу, с тим што је инфилтрација ваздуха у међупростор већа, па се лети спречава прегревање;
- 3) спољашња опна је заптивена, а унутрашња има прозоре који могу да се отварају; побољшана је вентилација унутрашњег простора, јер се загађен ваздух природним путем извлачи из просторија; и
- 4) оба слоја омотача имају отворе; овај тип је најсложенији али и најфлексибилнији, јер у највећој мери омогућује прилагођавање различитим условима спољашње

средине, отварањем и затварањем прозора на унутрашњој фасади, док су отвори на спољној фасади обично стално отворени, мада и њихов режим може да се контролише, што захтева већа улагања и технички је сложеније.

У сва четири случаја, шупљина између спољашње и унутрашње фасаде служи као тампон зона у којој ваздух може да мирује (режим који је у нашим климатским условима погодан за зимски период, јер мирујући ваздух представља додатну топлотну изолацију) или да се креће, природним или вештачким путем (режим који је у нашим климатским условима погодан за летњи период, када се проветравањем хлади спољна површина унутрашње опне двоструке фасаде).

За пословни објекат о коме је овде реч, као и за наше климатске услове, најпогоднији су типови 2 и 4. Пошто се зграда налази у зони нешто повећаног загађења ваздуха, отварање прозора на унутрашњој фасади није неопходно, а у неким периодима није ни препоручљиво. Посебан проблем може да представља претпостављена неусклађеност жеља различитих корисника, па истовремено отварање прозора у неким деловима и затварање у другим, може да угрози рад система за вештачку вентилацију и климатизацију који је у сваком случају неопходан. Међутим, уколико се тај проблем превазиђе, највиши комфор у коришћењу постиже се четвртим типом, јер омогућује природно проветравање онда када је квалитет спољног ваздуха задовољавајући, што позитивно делује како на микроклиму радних простора, тако и на психу корисника. Овај тип, такође, обезбеђује највеће енергетске уштеде, јер омогућава хлађење омотача лети и смањивање топлотних добитака, а својом улогом тампон-зоне смањује топлотне губитке зими. Смањује се и зависност од вештачке вентилације.

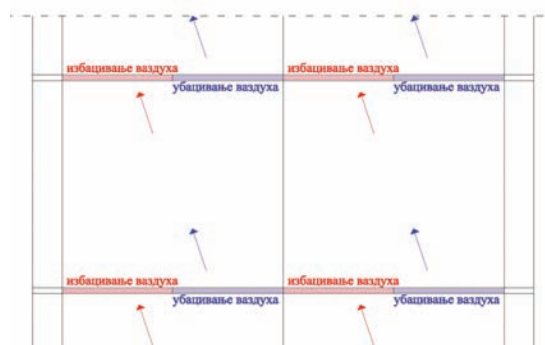
Друга подела од интереса третира саму структуру ваздушног међупростора, која утиче на кретање ваздуха, и ту се такође издвајају четири типа, у којима је међупростор:

- 1) по вертикали и хоризонтално подељен;
- 2) подељен по вертикали хоризонталним прекидима, обично на месту међуспратних конструкција, на зоне висине једног или неколико спратова;
- 3) подељен и по вертикали и по хоризонтално на „касете“; и

4) подељен на „касете“, које су повезане са делом фасаде несегментираним по висини, који чини неку врсту вертикалног канала и поспешује извлачење ваздуха („ветрењак“).

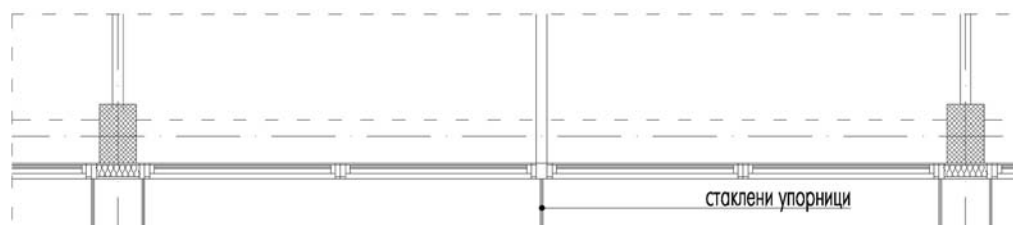
Недостаци првог типа су могућност прегревања ваздуха на вишим етажама, несметано распростирање звука и пожара из унутрашњег простора, преко ваздушног међупростора, по хоризонтално и вертикално. Други тип у потпуности елиминира први недостатак и спречава ширење пожара са спрата на спрат, с тим што може да дође до мешања загађеног ваздуха са доње етаже са спољним ваздухом који улази у међупростор горње етаже. Остаје проблем акустичког издвајања радних простора, али овог пута само на једној етажи, по хоризонтално. Трећи тип решава и проблем звучног комфора, а четврти се примењује када је претпостављена брзина кретања ваздуха по вертикали сувише мала и не омогућује довољан број измена.

Као најпогоднији тип изабран је тип 4, са „касетама“ спратне висине (3,6м), и ширине која одговара половини чистог растојања између стубова (3,75м), уз које су формирани вертикални канали. Мања ширина довела би до увећања трошкова изградње, а већа води ка ефектима сличним као код примене другог типа. Хоризонтална подела је у виду металних трака, које имају функцију ношења спољне опне, спречавају продор ваздуха са ниже етаже на вишу, и омогућавају пролазак људима ради одржавања фасаде. Предвиђен је и посебан елемент са њене спољне стране који омогућава узимање и изbacивање ваздуха. Како би се спречила инфилтрација избаченог ваздуха са нижих етажа у међупростор виших, ови елементи су смакнути по вертикали, односно, употребљен је систем дијагоналног кретања ваздуха (Сл. 6. и 7.).



Сл. 6.
Схема дијагоналног кретања ваздуха

Сл. 7.
**Схема
 примењеног
 система
 двоструке
 фасаде
 – основа и
 пресек**



У фази главног пројекта, у складу са важећим прописима, урађени су и прорачун топлотне³ и звучне заштите, као и пројекат термотехничких инсталација. Усвојени климатски услови су у складу са другом климатском зоном у којој се налази Београд (Табела 1.).

Табела 1. **Усвојени климатски услови**

	Зимски период	Летњи период
Спољна пројектна температура	$T_e = -18$ [C]	$T_e = +18$ [C]
Унутрашња температура	$T_i = 20$ [C]	$T_i = +18$ [C]
Спољна влажност	$F_e = 90$ [%]	$F_e = 65$ [%]
Унутрашња влажност	$F_i = 60$ [%]	$F_i = 65$ [%]

Параметри за пројектовање термотехничких инсталација су следећи:

- за грејни период (зима) $t_s = -18^\circ\text{C}$ и $\phi = 95\%$; и
- за период хлађења (лето) $t_s = +33^\circ\text{C}$ и $\phi = 33\%$.

Унутрашњи пројектни параметри усвојени су према намени просторија, тако да радни простори, канцеларије, сале за састанке и кабинети треба да имају следеће вредности:

- зими $t_{u_z} = 20^\circ\text{C}$ +/- $1,5^\circ\text{C}$ и $\phi = 40\text{-}50\%$; и
- лети $t_{u_l} = 26^\circ\text{C}$ +/- $1,5^\circ\text{C}$ и $\phi = 50\text{-}60\%$.

Број особа одређен је према критеријуму $6\text{-}8\text{m}^2$ корисног простора за једну особу код канцеларија, а 18m^2 код кабинета.

- Унутрашња топлотна оптерећења за прорачун добитака топлоте износе:
- од људи сензибилно 65W и латентно 55W по особи;
- од осветљења $25\text{W}/\text{m}^2$; и
- од компјутера 150W по уређају.

Потребна количина свежег ваздуха $40\text{m}^3/\text{h}$ по особи и $100\text{m}^3/\text{h}$ по ws шољи и $50\text{m}^3/\text{h}$ по писоару код мокрих чворова.

Прелиминарни прорачуни потврдили су претпоставке о очекиваним резултатима примене двоструке фасаде, пошто овакав склоп доприноси смањењу спољне буке за $30\text{-}50\text{dBA}$, смањује коефицијент пролаза топлоте у односу на класичне фасадне омотаче за око $0,7\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ и специфичне трансмисионе губитке до 40 одсто, на делу објекта где је примењена двострука фасада. Трошкови изградње фасаде повећани су за $20\text{-}40$ одсто у односу на случај са класичном зид-завесом.

Следећи корак је израда посебног пројекта двоструке фасаде, која као сложени архитектонско-грађевински и техничко-

3 Прорачун топлотне заштите рађен је према ЈУС УЈ5.600 из 1998. и ЈУС УЈ5.510 из 1987. године. Прорачун дифузије водене паре и стабилности конструкције у летњим условима је урађен према ЈУС УЈ5.520 и ЈУС УЈ5.530 из 1997. године.

технолошки систем треба да буде интегрисана са системима термотехничких и електроенергетских инсталација. Ова фаза у великој мери зависи и од избора извођача фасаде, јер различити произвођачи имају своје специфичне системе и технологије, који су „отворени“, пошто двострука фасада, као посебан склоп, за разлику од класичне зид-завесе, изискује значајна прилагођавања сваком појединачном случају, намени и локацији, како би њени потенцијали били искоришћени до максимума. Тек тада је могуће урадити моделе и симулације понашања омотача објекта у задатим условима, који могу додатно да утичу на избор материјала и процену коначних ефеката.

ЗАКЉУЧАК

Велике стаклене површине зид-завеса, иако веома присутне као обликовни елемент архитектуре друге половине прошлог века, истовремено битно утичу на додатну енергетску потрошњу, с обзиром да је тек уз употребу система за вештачку климатизацију могуће постизање потпуног унутрашњег комфора. На глобалном плану овај проблем се актуелизује 70-тих година XX века, са енергетском кризом светских размера. Новонастала ситуација није омела архитекте у њиховој пасионираној употреби стакла, већ је била само упозорење да се морају истражити нови начини за материјализацију стаклених фасада. Концепт транспарентности је и даље актуелан, али се средства којима се постижу ефекти прозрачности унапређују у техничко-технолошком смислу.

Студија случаја пословног комплекса у улици Краља Милана и Краља Милутина у централној градској зони Београда показала је да је примена двоструке фасаде за локалне микроклиматске услове примерена и да се својим визуелним потенцијалом уклапа у амбијенталне вредности ужег градског центра, одговарајући на изазове усаглашавања старог и новог, традиционалног и модерног. До типа двоструке фасаде дошло се кроз сам процес пројектовања. Полазиште је била архитектонска мотивација, тежња да се двоструком фасадном опном са предњим омотачем од стакла произведе ефекат ненаметљиве естетике стакла, а да се чврстом структуром у позадини потенцира континуитет затечене архитектуре. Међутим, анализом локалних микроклиматских услова

показало се да је неопходно двоструку фасаду увести у систем функционисања зграде у циљу побољшавања унутрашњег комфора и смањења утрошка енергије.

Методологија пројектовања објекта са двоструким фасадама има неке специфичности. Овај склоп мора да се од почетка посматра као интегрални део како архитектонске структуре, тако и инсталационих система, да би се његове могућности искористиле у потпуности. Прецизни прорачуни и симулације понашања овог склопа у различитим условима спољашње средине могу да уследе тек у каснијим фазама пројектовања фасаде, те додатно одређују одабрани концепт из аспекта пројектовања детаља, евентуалног избора материјала посебних и побољшаних карактеристика итд. Ипак, на архитекти остаје да у складу са карактеристикама локације и са жељеним архитектонским изразом начелно дефинише концепт двоструке фасаде. При том треба имати у виду да примена двоструких фасада није увек оправдана, те да треба пажљиво анализирати локацију и програм, како се овај концепт не би компромитовао погрешном применом у случајевима када не може да произведе очекиване резултате.

Примена овог типа фасаде у нашој средини је тек у зачетку, иако се идеја о томе јавила пре скоро три деценије, што је било напредно и на светском нивоу. Показало се да постоје реална ограничења као последица недовољног познавања материје и инертности у прихватању нових система градње. У првом реду то су застарели прописи и стандарди из области грађевинске физике и противпо-

жарних услова којима није регулисана област двоструких фасада, па је за прорачуне и препоруке једино могуће користити претпостављене еквиваленте. Затим су ту и проблеми који се јављају у погледу прорачуна дозвољених урбанистичких параметара, где још увек није дефинисан третман простора који се формира између два слоја двоструке фасаде – да ли је као граница унутрашњег простора меродавна унутрашња и спољашња опна. Исправна и комплетна примена система двоструке фасаде подразумева и нешто веће иницијалне трошкове пројектовања и изградње у односу на постојеће системе градње у домаћој грађевинској пракси, што је још један фактор који у садејству са непознавањем материје и предности које овај систем доноси, окреће инвеститоре већ провереним и устаљеним решењима, те је потребно радити на њиховој едукацији и указивати на чињеницу да се почетно већи трошкови брзо враћају током експлоатације објекта.

Сматрамо да ће постојећа ситуација у контексту описаних проблема, иако за сада споро, у скорој будућности ипак да се промени, с обзиром да проблематика енергетске ефикасности и рационалности полако излази

из чисто теоретског оквира и бива операционализована кроз давања посебних препорука у складу са европским директивама из ове области. Директива 2002/91/ЕЦ Европског парламента од 16. децембра 2002. године о енергетској ефикасности зграда укључује се и у разматрања унапређења грађевинског фонда посредством Агенције за енергетску ефикасност Републике Србије. Ова директива обухвата и препоруке везане за редефинисање прописа и стандарда из области пројектовања архитектонских објеката и то према наменама, што ће у сваком случају битно утицати на методологију пројектовања. Међу мерама које би могле да допринесу појачаној бризи о енергетској ефикасности објеката су увођење енергетске сертификације зграда и одређивање минималног удела обновљивих извора енергије у укупној потрошњи изграђених објеката.

Овај рад представља тежњу да се допринесе сагледавању проблема који су релевантни у локалним условима, како из аспекта применљивости концепта тако и реалних ограничења која директно успоравају процес интегрисања у домаћу градитељску праксу.

Литература

Антић, И. и др. (ур.) (1977.), Славија I, приказ радова конкурса за урбанистичко-архитектонско решење блока између улица: Бориса Кидрича, Маршала Тита, Светозара Марковића и Његошеве у Београду, Београд, ЗОИЛ „Дунав“/РК „Београд“

Грубачевић, М. и др. (ур.) (2007.), Квалитет животне средине града Београда у 2006. години, Београд, Секретаријат за заштиту животне средине/Градски завод за јавно здравље/Регионални центар за животну средину за Централну и Источну Европу

Ивковић, В. и Крашевац, Б. (1982.), Пројектовање стаклене фасаде објекта Славија I у Београду, *Изградња* **7/82**, стр.15-20.

Марић, И. и Манић, Б. (2006.), Одржива архитектура на примеру пројекта за објекат на углу улица Краља Милана и Краља Милутина у Београду, *Архитектура и урбанизам* **18/19**, стр. 48-53.

Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, Official Journal L 001, 04/01/2003 P. 0065 – 0071

prEN 13119 – Curtain walling – terminology (2004.), Comite Europeen de Normalisation, Bruxelles