УНИВЕРЗИТЕТ МЕГАТРЕНД БЕОГРАД
ФАКУЛТЕТ ЗА УМЕТНОСТ И ДИЗАЈН

Марија С. Петровић

ДИЗАЈН ПРОЗОРА У АРХИТЕКТУРИ
СТУДИЈА СЛУЧАЈА
ДРВО-АЛУМИНИЈУМ ПРОЗОРА

Докторски уметнички пројекат

Београд, 2020.

MEGATREND UNIVERSITY
FACULTY OF ARTS AND DESIGN

Marija S. Petrović

WINDOW DESIGN IN ARCHITECTURE: A CASE STUDY OF THE TIMBER-ALUMINIUM WINDOW

Doctorat Thesis

Belgrade, 2020.

Ментор:

Милан Јовановић, редовни професор
Универзитет *Мегатренд* Београд

Председник комисије:

мр Тијана Фишић, редовни професор
Универзитет *Мегатренд* Београд

Члан комисије:

др Александар Кековић, редовни професор
Универзитет у Нишу, Грађевинско-архитектински факултет

Датум одбране:

_____

Београд

ИЗЈАВЕ ЗАХВАЛНОСТИ

Поводом израде докторског уметничког пројекта желим да изразим своју дубоку захвалност др Јелени Ивановић Војводић, која не само да је препознала значај ове теме, већ је својим ангажовањем, истрајношћу и усмеравањем у огромној мери допринела њеној реализацији.

Посебну захвалност изражавам мом ментору Милану Јовановићу, редовном професору, који је прихватио и наставио начин менторства над овим пројектом, који је започела др Јелене Ивановић Војводић.

Захваљујем члановима комисије, професору мр Тијани Фишић и професору др Александру Кековићу, који су својим сугестијама допринели овом раду.

Такође се захваљујем сарадницима из пројектног бироа фабрике *Визус* д.о.о. на подршци и разумевању. Посебну захвалност упућијем Милану Гроздановићу инжењеру машинства, на стручној помоћи и подршци.

Професору др Предрагу Благојевићу са Грађевинско-архитектонског факултета у Нишу неизмерно хвала на подршци и помоћи у истраживачком поступку.

Мојој мајци Мирјани и кћерима Дари и Љубици бескрајно хвала на подршци, одрицањима и разумевању. Пријатељу Владимиру Панчетовићу хвала на помоћи, подршци и разумевању у многим околностима које су се током израде овог рада десиле.

Рад посвећујем свом, недавно преминулом, оцу Слободану Вучковићу архитекти, који је својом стручношћу и креативношћу поставио постулате мог бављења прозорима.

Апстракт

Ова тема се бави истраживањем односа дизајна прозора и архитектонских токова, фокусирајући се на конкретну форму дрво-алуминијум прозора. Посматрањем прозора кроз различите архитектонске епохе она потврђује његов уметнички карактер, истовремено не оспоравајући његову употребну вредност. Испитивање његовог односа са архитектонским потребама унутар организације простора, као и са дизајном фасаде, дефинише облик, димензију и форму, али и потенцира значај примењених материјала у ентеријеру и екстеријеру. Анализом токова технолошких иновација у производњи прозора, као и савремених тенденција ка одрживој архитектури, испитује значај дизајна прозора. Примењена истраживања воде ка практичној примени донесених закључака у виду креирања конкретног дрво-алуминијум прозорског система.

Допринос примењеног поступка је у проналажењу нових форми дрво-алуминијум прозора, који би системски, обликовно и применом одређених материјала могли да одговоре савременим архитектонским трендовима, не занемарујући значај већ постојећих квалитативних карактеристика.

Кључне речи: прозор, дрво-алуминијум прозор, дрво, алуминијум, одржива архитектура.

Научна област: Архитектура

Ужа научна област: Дизајн ентеријера

УДК:

Abstract

The present topic studies the relationship between window design and architectural trends, focusing on the particular form of the timber-aluminium window. By studying the window through various architectural periods, it corroborates the window's artistic nature, while not denying its use value. Inspecting its relationship with the architectural requirements of space organization, including facade design, helps one define its shape, dimensions, and form, yet it also accentuates the importance of the materials that have been used in both the interior and exterior. By analyzing technological innovation trends in window design, and also of present-day tendencies striving for sustainable architecture, the importance of window design is looked into. Applied research leads to a practical application of conclusions made, in the form of designing a particular timber-aluminium window system.

The contribution of the procedure applied here lies in finding new forms of the timber-aluminium window which would be able to respond to contemporary architectural trends systemically, in terms of their shape and application of particular materials, while at the same time the importance of currently existing qualitative features would not be neglected.

Key words: window, timber-aluminium window, wood, aluminium, sustainable architecture.

Field of study: Architecture

Specific field of study: Interior design

UDC:

САДРЖАЈ

САДРЖАЈ

1. УВОД 1

1.1 Уводне напомене о теми 1

1.2 Проблеми и предмет истраживања 3

1.3 Циљ и задатак истраживања 3

1.4 Полазне хипотезе истраживања 3

1.5 Методе истраживања 4

1.6 Генерална структура рада 5

1.7 Очекивани резултати 6

2. РЕТРОСПЕКТИВА ПРОЗОРА У ИСТОРИЈИ АРХИТЕКТУРЕ 7

2.1 Прозори у архитектури старог века 7

2.2 Прозори у архитектури средњег века 13

2.3 Прозори у архитектури новог века 21

2.4 Прозори у архитектури XX века 27

2.4.1 Стамбена архитектура XX века 28

2.4.2 Архитектура пословних зграда XX века 35

3. МЕЂУОДНОС ПРОЗОРА И ПРОСТОРА 38

3.1 Организација простора у архитектури и потреба за дневном светлошћу 40

3.2 Прозор као елемент фасаде 65

3.3 Материјализација прозора 79

3.3.1 Дрво као ентеријерска облога прозора 80

3.3.2 Примена алуминијума у архитектури 84

3.3.3 Примена фибергласа у дизајну прозорских система 90

4. ИНОВАЦИЈЕ И ОДРЖИВИ ДИЗАЈН У ПРОИЗВОДЊИ ПРОЗОРА 93

4.1 Стандардизација и типизација прозора и прозорских компоненти 94

4.2 Технолошки процес производње и обраде алуминијумских профила 97

4.3 Особине дрвета и технолошки процес производње и обраде дрвених профила . 98

4.4 Технолошке иновације компонената прозорских система 101

4.5 Иновације у технологији и производњи стакла 103

4.6 Смернице у дизајну дрво-алуминијум прозора данас 105

5. ПОЗИЦИОНИРАЊЕ ТЕХНОЛОГИЈА У ОКВИРИМА НОВИХ ТЕНДЕНЦИЈА..... 105

5.1 Одржива архитектура..... 106

5.2 Ставови и препоруке светских организација..... 110

5.3 Досадашње искуство..... 113

6. ЗАКЉУЧАК..... 116

7. ЛИТЕРАТУРА..... 119

8. БИОГРАФИЈА..... 129

9. ПРИЛОГ Дизајн прозора

10. ПРИЛОГ Техничке спецификације

Прилог 1. Изјава о ауторству

Прилог 2. Изјава о истоветности електронске и штампане верзије докторског рада

1. УВОД

1.1 Уводне напомене о теми

Тема *Дизајн прозора у архитектури, студија случаја дрво-алуминијум прозора* отвара поље истраживања основних принципа дизајна прозора као архитектонског елемента, у складу са техничко-технолошким достигнућима данашњег времена, као и новим тенденцијама које битно утичу на постизање одређених карактеристика прозорског рама. Повод за бављење овом темом је професионална пракса аутора на креирању нових прозорских система, њиховом имплементацијом у производњу и на тржишту у оквиру фабрике *Визус* из Ниша, на основу које аутор сугерише потенцијалне могућности за унапређење прозорских система.

Унапређење би се, пре свега, огледало у повећању могућности прозорских система да одговоре на савремене архитектонске захтеве. Са тим у вези спроведено је теоријско истраживање засновано на посматрању ретроспективног развоја прозора од појаве првих станишта па све до краја модерног покрета у архитектури. Циљ овог истраживања је проналажење корените везе између прозора и објеката у оквирима датих архитектонских епоха, са тенденцијом откривања начина остваривања његових функција (допремање ваздуха и светла у просторију) и праћења његовог стилског обликовања као потврде чињенице да је он архитектонски елемент. При свему томе утврђивање облика, димензија и начина отварања у историји архитектуре формира хронолошку слику развоја прозорске шеме, као веома значајног податка о прилагодљивости прозорског система потребама архитектуре.

Модеран покрет у архитектури био је обележен идејом о здравом становању уз обиље дневне светлости и ваздуха, при чему настаје суштинска реорганизација простора. Последица таквих сагледавања у архитектури била је примена прозора све већих димензија, док се као крајњи резултат десило формирање прозора-зида. Истраживање новонасталог односа положаја и димензије прозора у односу на нова просторна решења је од суштинске важности за ову тему. Као крајњи резултат тог истраживања дошло би се до типологије прозорских шема, које би могле послужити у аналитичкој фази дизајна прозора. Још једна тековина модерног покрета у архитектури је одвајање фасадне равни од конструктивног склопа зграде, што је за последицу имало прекид условљености положаја прозора распоредом носећих елемената. Анализом ових

дешавања долази се до природе односа прозора и савремене архитектуре, као и до дефинисања естетских принципа. Проналажење одговора на питање Рема Колхаса (Rem Koolhaas) да ли је прозор изгубљен елемент архитектуре (Koolhaas, 2008), даје смернице за развој прозора у будућности.

Бавећи се темом фасада у архитектури, Колхас их сврстава у неколико група које својим решењима и употребом разних материјала упућују на политичка, друштвена, економска и културна дешавања (Koolhaas, 2008). Применом те аналогије посматрања сасвим извесно би се могло закључити да је употреба алуминијума у прозорским системима последица сличних дешавања. Утврђивањем недостатака алуминијумских прозора насталих као последица особине алуминијума да добро проводи топлоту, дошло се до идеје да се у материјализацију прозорског рама укључи и дрво. Испитивањем оправданости употребе дрвета и алуминијума у производњи прозора, као и сагледавањем захтева савремене архитектуре по питању утврђених шема отварања и естетике прозора, долази се до коначне материјализације прозорског склопа уз увођење свих неопходних додатних материјала.

Утврђивањем пројектног задатка који се састоји од врсте и типологије прозорских шема и композиције материјала који учествују у прозорском склопу завршава се идејна фаза дизајна прозора. Одрживост те идеје огледа се у прилагођености принципима стандардизације прозора и прозорских компоненти, као и техничко-технолошким могућностима производње свих његових делова.

У посебном делу издвојена су истраживања енергетске ефикасности објеката, која се посматра као кључни фактор очувања планете и прекретница у развоју архитектуре. Савремене тенденције разних светских организација огледају се у препорукама и сертификовању производа и производних процеса, што у највећој мери утиче на постављање квалитативних циљева у пројектној фази дизајна прозора.

Наведене области истраживања саме по себи упућују на чињеницу да је реализација иновативних прозорских система процес који изискује мултидисциплинарно повезивање[1] на свим нивоима, те да је практичним делом рада обухваћен идејни дизајн прозорског система који би до почетка производње морао да прође и фазу детаљне техниче анализе и пројектовања.

[1] Повезивање различитих дисциплина: архитектура, индустријски дизајн, машинство, хемијска технологија, економија, екологија итд.

1.2 Проблеми и предмет истраживања

Главни проблем истраживања представља дефинисање тачних прозорских шема, чиме би процес дизајна прозора био знатно олакшан. Истраживање се бави применом нових прозорских система у још непројектованим и нереализованим архитектонским објектима, што упућује на претпоставку кретања будућих архитектонских тенденција. Такође, практичним делом рада обухваћено је идејно решење одрживог прозорског система у оквиру прилично променљивих принципа савремене стандардизације, техничко-технолошких достигнућа и препорука организација везаних за начела одрживе архитектуре.

Предмет истраживања рада је дефинисање принципа дизајна прозора, са посебним освртом на дизајн дрво-алуминијум прозора у оквирима савремених архитектонских тенденција, уз анализу актуелних принципа реализације квалитативних карактеристика прозора.

1.3 Циљ и задатак истраживања

Циљ истраживања је да се поставе принципи дизајна прозора као архитектонског елемента који одговара на захтеве савремених тенденција о постизању квалитативних карактеристика (термичка и акустичка брањеност, пропуштање воде и ваздуха итд).

Задатак истраживања је креирање прозора који ће не само на нивоу производа одговорити захтевима савремене архитектуре, него ће својим дизајном деловати у духу савремене архитектуре.

1.4 Полазне хипотезе истраживања

Полазне хипотезе истраживања постављене су у складу са дефинисаном темом рада и образложеним проблемом и предметом истраживања:

1) **Прозор је архитектонски елемент** – Током целокупне архитектонске историје прозор делује у симбиози са свим елементима архитектуре остварујући јединствен архитектонски израз. Његов однос са архитектонским делом остварен је корелацијом односа прозорских и архитектонских детаља. Истраживања односа прозора и архитектонског дела у целокупној архитектонској историји до појаве модернистичког покрета то и потврђују. Постављањем ове хипотезе

прозор постаје уметнички елемент који се мора сагледавати, пре свега, кроз архитектонске тенденције.

2) **Дизајн прозора у савременој архитектури делује у складу постизања естетике просторних целина** – Модернистички покрет у архитектури, који је наметнуо нове просторне односе произишле из повећане потребе за светлошћу и ваздухом, заувек је променио изглед и улогу прозора. Прозор у савременој архитектури више није једнокрилни, двокрилни прозор са и без надсветла, већ једна просторна форма која покрива много већу површину од прозора претходних архитектонских епоха. Естетика модернизма наметнула је и решавање прозорских система као сетова профила од којих се могу формирати разнолике архитектонске шеме, при чему је избегнуто било какво акцентовање детаља. У прилог иде тврдња Едварда Форда (Edward Ford) да у савременој архитектури не постоји специјално истицање детаља, већ да он својом усклађеношћу са свим осталим детаљима делује у остваривању целине (Ford, 2011). Све ово нас упућује на нова сагледавања прозорских система.
3) **Прозор је елемент – баријера која иде у прилог очувања енергије унутрашњег простора** – Прозор је, почев од обичног отвора у зиду до баријере са значајним коефицијентом термичког пролаза, прошао разне фазе свог развоја. Занемаривање достигнућа термичке брањености прозора не би имало никаквог оправдања. Новија достигнућа у производњи стакла указују на остваривање значајних резултата на овом пољу. Студијом случаја елемената дрво-алуминијум прозора и нових пропорцијских односа стакла и рама, који би битно утицали на естетику прозорских система, добили би се значајни резултати.

1.5 Методе истраживања

У оквиру овог докторског уметничког пројекта коришћене су теоријске методе анализа истраживања у циљу одређивања односа прозора и одређених архитектонских епоха, односа прозора и просторне организације и односа прозора и архитектуре фасаде као лаке опне. Анализом и компаративном анализом већег броја примера из литературе поткрепљене су информације и закључци везане за развој прозора. Коришћењем искуства из праксе направљен је осврт на техничко-технолошки развој прозорских компоненти. Праћењем препорука организација везано за начела одрживе архитектуре у пракси, као и теоријским истраживањем кроз литературу, у последњем поглављу

представљен је развој прозорских система у оквирима одрживе архитектуре. У практичном делу рада коришћена је синтеза свих теоријских и искуствених закључака.

1.6 Генерална структура рада

Генерална структура рада састоји се из теоријског дела заснованог на истраживању и практичног дела рада као производа изведених закључака и смерница у теоријском делу.

Теоријски део рада састоји се од неколико целина: Увод, Ретроспектива прозора у историји архитектуре, Међуоднос прозора и простора, Иновације и одрживи дизајн производње прозора, Позиционирање технологија у оквирима нових тенденција и Закључак.

Увод садржи уводне напомене о теми дате кроз анализу предмета истраживања, идентификацију проблема и постављање циља и задатка истраживања. Такође обухвата дефинисање полазних хипотеза и метода истраживања, приказ генералне структуре рада и очекиване резултате.

Ретроспектива прозора у историји архитектуре обухвата сагледавање развоја прозора кроз архитектонске епохе утврђујући међузависност прозора и архитектуре, при чему прозор уврштује у низ архитектонских елемената.

Међуоднос прозора и простора посматра прозор у корелацији са новом просторном организацијом насталом као производ повећане потребе за дневним светлом у архитектури. Ово поглавље, такође, испитује однос прозора и фасаде као лаке опне ослобођене принципа конструктивног склопа, чиме се један део посебно осврће на материјализацију прозора.

Иновације и одрживи дизајн производње прозора је поглавље које се бави у првом реду стандардизацијом прозора и прозорских компоненти, а затим и посматрањем технологија израде разних прозорских компонената, стављајући акценат на значај мултидисциплинарног повезивања.

Позиционирање технологија у оквирима нових тенденција има за циљ да укаже на постојање препорука разних светских организација и сертификационих тела, који се под идејом одрживе архитектуре крећу ка што већем очувању енергије и смањењу производње отпадних гасова, посебно се осврћући на њихов утицај на дизајн прозора.

Закључак – као осврт на досадашње искуство и спроведено истраживање, при чему се верификују основне хипотезе истраживања и дефинишу смернице за даљи развој. Посебан осврт овог дела се односи на коментар практичног дела рада.

1.7 Очекивани резултати

Спроведено истраживање упућује на неопходност сагледавања прозора као архитектонског елемента, при чему оно формира корисне смернице у фази формирања пројектног задатка. Оно упућује на испуњење одређених квалитативних захтева прозора у погледу естетике, који су опет дати у корелацији са архитектонским тенденцијама. Истраживање указује на значај техничко-технолошких достигнућа, која могу бити велика помоћ у реализацији нових прозорских система. Такође, оно намеће размишљања у складу са тенденцијама које иду у смеру очувања енергије објеката.

Повезивање резултата свих фаза понаособ може да дâ нове смернице у дизајну прозорских система, што ће се у практичном делу рада и потврдити.

2. РЕТРОСПЕКТИВА ПРОЗОРА У ИСТОРИЈИ АРХИТЕКТУРЕ

Комплексност дизајна прозора произлази делом из чињенице да је он наслеђен елемент. Тренутак његовог настанка најдиректније је зависио од нивоа људске свести на којој је човек могао да дефинише своје потребе, у овом случају потребу за ваздухом и светлошћу. Такође, климатски услови датог поднебља одувек су давали карактеристичну специфичност пројектном задатку. Извршење тог задатка зависило је и зависи од доступности материјала и степена овладавања технологијом израде.

Ако хронолошки посматрамо историју неког предмета, који је јединствен и незаменљив за човека, можемо приметити да се његова примарна функција временом врло мало мења, а да је начин његовог обликовања дубоко повезан са духом времена. Тако ће сат остати сат, али ће његов механизам, дизајн и материјал од кога је направљен најдиректније зависити од актуелног тренда. У том смислу, потпуно је очекивано да неки прозори, издвојени из свог контекста, недвосмислено могу да посведоче о архитектонској епохи којој припадају. Прозори готике остаће јединствено обележје свог стила исто колико и прозори Виктора Орте[2] (Victor Horta).

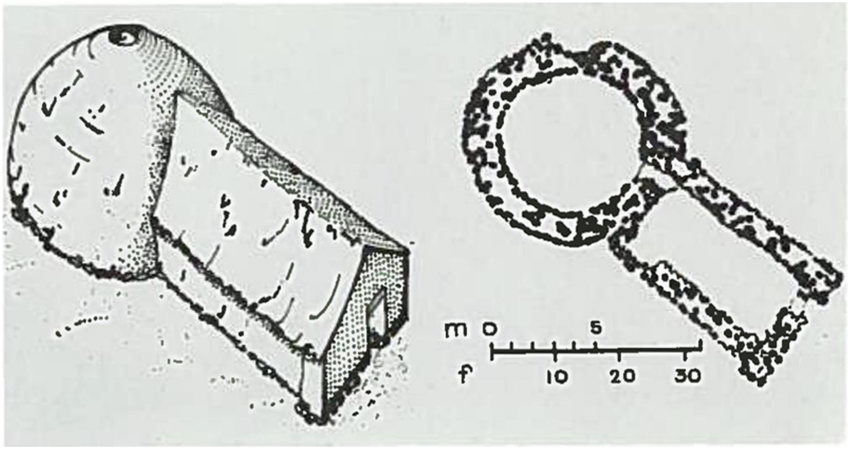
2.1 Прозори у архитектури старог века

Када се говори о периоду људске историје са првим назнакама развоја људске свести, говори се пре свега о једном изразито дугом временском раздобљу у коме се помаци у животним навикама дешавају врло споро. До тренутка појаве сталних станишта прошле су хиљаде и хиљаде година, а развитак човекове свести о личним потребама у оквиру њих трајао је још неколико хиљада година. Потреба за ваздухом и светлошћу у оквиру унутрашњег простора једна је од првих људских спознаја, која је водила ка појави и развитку прозора.

У покушају да задовољи своје потребе, човек се суочавао са антагонизмом који је остао присутан у многим наредним епохама. Наиме, човек је био принуђен да пронађе меру како би задовољио своје две основне потребе – потребу за светлошћу и ваздухом и потребу за сигурношћу. Резултат тога су различита решења која су се јављала све до краја неолитског периода, од отвора на врху станишта кроз који је излазио дим од огњишта, а улазили ваздух и светлост, преко употребе ледених, прозирних блокова

[2] Виктор Орта, белгијски архитекта, припада стилу *Нова уметност* (*Art Noveau*).

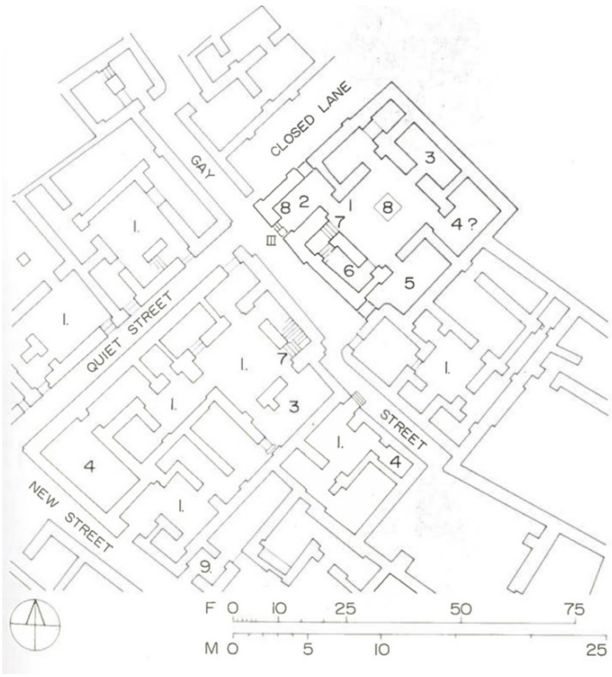
кроз које је допирала светлост, до формирања узаних отвора, прекривених танком опном утроба животиња (Giblin, 1988).



Слика 1. Кућа типа толос[3], неолитска кућа на тлу данашњег Ирака

Формирањем првих насеља, положај и улога отвора на неолитским кућама постали су проблем који човек није умео да реши. Групација непосредно спојених кућа, као и непостојање улице онемогућавали су проналажење његовог адекватног положаја. Настанак насеља створио је нови задатак – успостављање начина комуникације међу објектима, што је водило ка формирању улица. Тиме је већ поменути антагонизам у човековим потребама добио нови облик и смисао, односно питање јавног и приватног. Ово је био кључни фактор условљености настанка прозора на фасадним зидовима у архитектури старог века. Због тога је оријентална кућа, оријентисана према унутрашњем дворишту, са високо постављеним, малим отворима према улици (или без њих) усвојена као модел профане архитектуре који је присутан све до краја Римског царства.

[3] У класичној архитектури округла грађевина са сводом у облику кошнице (Lojd et al, 1967).



Слика 2. Месопотамија, град Ур – организација резиденцијалног кварта,
приказ куће затвореног карактера.
Легенда: 1 двориште; 2 улазни вестибил; 3 пријемна соба; 4 приватна капела;
5 кухиња; 6 купатило; 7 степениште; 8 одвод воде; 9 продавница

Свест о организацији и опремљености простора у периоду месопотамске архитектуре (3000–331. г.п.н.е) (Fletcher, 1963), била је на завидном нивоу (Kostof, 1985). Непостојање прозорских отвора могло би се објаснити поменутим односом спољашњег и унутрашњег простора уз реалне околности свакодневице (улице су биле неосветљене и мрачне, одсуство жеље за решавањем архитектуре улице (Kostof, 1985), страх од болести (Giblin, 1988) или свега онога што је непосредан контакт са спољашњим светом могао да донесе).

Сталним трагањем за архитектуром, човек је проналазио различита компромисна решења, којима је мирио постојећи антагонизам. Занимљив је пример дуплих спољашњих зидова у персијској архитектури (539–331. г.п.н.е.) (Fletcher, 1963), код којих је проблем допремања свежег ваздуха решен отварањем малих, високо постављених прозора на унутрашњем зиду, док је спољашњи зид остајао без отвора, прекривен плитким рељефом, карактеристичним за персијску архитектуру (Fletcher, 1963).

Светлост у ентеријеру, одувек је имала дубоку конотацију кроз игру сенки и одсјаја. Религијски занос могао је бити остварен и доживљен једино кроз смену светлости и таме у ентеријеру. Ова спознаја, нарочито присутна у архитектури старог

Египта (3000 г.п.н.е–I век н.е) (Fletcher, 1963), условила је нов приступ примени прозора. Настало је доба инвентивности, како у усклађивању прозора у нове конструктивне системе, тако и у самом дизајну истог. Опште је познат пример хипостилне дворане Амоновог храма у Карнаку (1405–1232. г.п.н.е) код кога је разлика у висини средњег и бочних бродова сале искоришћена за постављање прозора у виду специјално обрађених камених трансена[4] (Дероко, 1962). Светлост која је продирала у храм директно је осветљавала централни део, док је простор бочних бродова остајао у полумраку.

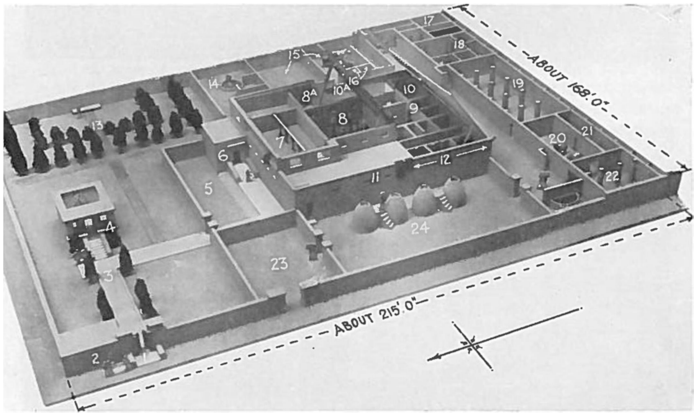
Слика 3. Амонов храм у Карнаку, велика хипостилна дворана.
Приказ камене трансене.

Профана архитектура старог Египта је, према неким ауторима, задржала тип затворене куће организоване око унутрашњег дворишта. Решење осветљења хипостилне дворане прозорима у надзидку било је примењено на централној просторији куће, чиме је одржана интровертност организације (Fletcher, 1963).

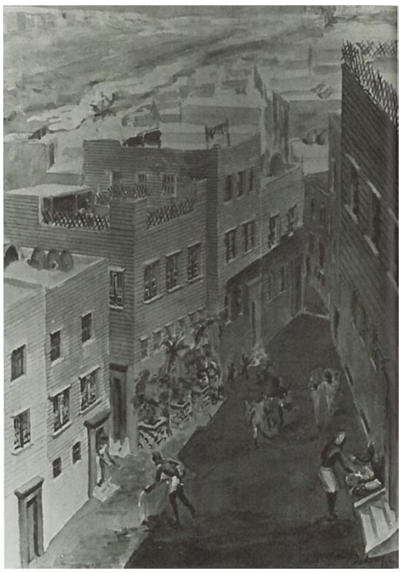
Постоје и другачији наводи који иду у правцу постојања вишеспратних кућа са прозорима према улици, као што је то био случај кућа града Тебе (приближно 1500. г.п.н.е) и њихових прозора са наглашеним хоризонталним и вертикалним поделама насталим у златно доба просперитета проузрокованог победама у освајачким ратовима

[4] „Трансена – камена решетка на прозору или отвору" (Дероко, 1962, 295).

(Kostof, 1985), као и технолошким напретком у производњи и обради дрвета. Постоје подаци да су се Египћани одлично сналазили у обради дрвета познајући спојеве изведене дрвеним чеповима, као и спојеве *перо и жлеб*[5] и компликован *ластин реп*[6] (Ajzenberg, 1994), те тако израда дрвених прозора са решеткама за њих није била нарочити изазов.



Слика 4. Модел египатске куће из Тел ел Амарне (1366. г.п.н.е) на коме се виде прозори у надзидку високих централних просторија (према Fletcher, 1963).



Слика 5. Цртеж реконструкције кућа града Тебе (приближно 1500. г.п.н.е) (према Kostof, 1985).

Пример повезаности постојања прозора са друштвено-економским околностима види се и на миноским кућама на Криту, које су такође имале прозоре према улици са вертикалним и хоризонталним поделама (Kostof, 1985). На основу приложених примера би се могао извести закључак да је присуство прозора у архитектури последица културе рођене у просперитетном друштву.

Међутим, постоје примери који говоре у прилог чињеници да је однос културних, економских и друштвених околности и постојања прозора у архитектури много дубљи. Један од њих је пример архитектуре старе Грчке (650–30. г.п.н.е) (Fletcher, 1963), код које и поред високо развијене колективне свести и демократије прозори као архитектонски елемент нису били канонизовани. Грчко друштво било је отвореније од свих пређашњих и од многих која су дошла после њега. Живот старих Грка био је оријентисан ка јавним скуповима у виду говорништва, такмичења или представа за чију су намену формирани потпуно отворени објекти попут агора, стадиона, хиподрома и

[5] Облик столарског споја два дрвена елемента.
[6] Исто, облик столарског споја два дрвена елемента.

позоришта на којима није било могућности за развој прозора. Тамо где је и могло бити прозора, било их је само онда када је објекат због своје специфичности захтевао посебан третман, као на Ерехтеоновом храму на Акропољу (421–405. г.п.н.е) (Fletcher, 1963). Профана архитектура старе Грчке, која је такође прихватила модел оријенталне куће, затворена је према улици, док су просторије отворене вратима према унутрашњем дворишту (Fletcher, 1963). Упркос чињеници да није показала значајније интересовање за развитак прозора као архитектонског елемента, архитектура старе Грчке је значајна због тога што је увела ред, ритам, хармонију и пропорцију који ће у каснијим епохама имати велики утицај на облик и димензије прозора.

Архитектура старог Рима (300. г.п.н.е–365. г.н.е) (Fletcher, 1963), апсорбовала је достигнућа свих архитектонских епоха пре ње, при чему је свој јединствени израз постигла унапређењем наслеђа и развијањем нових материјала и идеја. У свом прогресивном периоду, критичким ставом и инвентивношћу, римска архитектура је уврстила прозор у своје елементе. Она је развила нове типове грађевина, нове материјале као и нове конструктивне системе, који су отворили питање димензије и облика прозора у архитектури. Код ње се по први пут сусрећемо са *шемом*[7] прозора која мапира прозор као елемент стила. Римска иновативност је подигла свест о значају прозора као архитектонског елемента упућујући на његову улогу термичке баријере. Прозор више није био само извор светлости и ваздуха, и не само спона са спољашњим светом, већ и елемент који служи очувању топлотне енергије унутрашњег простора. Добар пример за ово је *калидаријум*[8] Каракалиних терми (211–217. г.н.е), који је био покривен куполом испод које су се налазили прозори испуњени стаклом или плочама од мермера у циљу задржавања топлоте.

Повећање броја становника у градовима старог Рима условило је настанак вишеспратних стамбених зграда – *инсула* (Kostof, 1985). Другачија организација простора, као и потреба за бољим искоришћењем простора, условили су оријентисање низа просторија према улици, чиме су се на уличним фасадама појавили низови прозора (Kostof, 1985).

У *Књизи о прозорима* (*Let There Be Light. A Book About Windows*) Гиблин (Giblin) помиње да су прозори градских вишеспратница (инсула) богатијег становништва били у почетку испуњени *мицом*[9] или гипсом, да би касније, у II веку н.е, прозори били

[7] Шема прозора означава облик и начин поделе унутар прозора.
[8] Калидаријум је део Римских терми који је представљао купатило са топлом водом (Fletcher, 1963).
[9] Мица – силикатни минерал који при тањим димензијама има одређену дозу транспарентности.

израђени од бронзе и застакљивани стаклом дебљине око 2 cm. Он исто тако тврди да Римљани нису измислили стакло, већ да је оно коришћено за израду накита још у Месопотамији и за израду посуђа у Египту, али су присвајањем проналаска технологије дувања стакла из 50. г.н.е. дуж обала Сирије и Палестине препознали значај његове употребе у изради прозора (Giblin, 1988).

Слика 6. Реконструисани модел инсуле у Остији (Италија), II век н.е.

Са римском архитектуром се завршава период класичне уметности. Богато наслеђе које је оставила наредним архитектонским епохама биће детаљно проучавано и коришћено. Овај период је покренуо многе теме у архитектури, међу којима су: појам светлости у простору, третирање отвора различитим материјалима, улога прозора у очувању топлотне енергије унутрашњег простора, као и инвентивност у погледу решавања прозорских шема. Такође, његов допринос је и у постепеном изједначавању значаја екстеријера и ентеријера.

2.2 Прозори у архитектури средњег века

Усвајање хришћанства као званичне религије Римског царства представљало је прекретницу у историјским догађајима који су довели до поделе Рима на Источно и Западно римско царство. Подела света на Исток и Запад одразила се и на архитектуру. На тај начин је архитектура Источног римског царства, сходно традицији освајача, поднебљу и доступним материјалима, заснована на тековинама античке архитектуре са великим утицајем источњачких метода грађења. Са друге стране, архитектура Западног римског царства остала је чврсто утемељена у античким принципима са намером њеног интензивног развоја у духу новог времена. Оно што је било заједничко и за Исток и за

Запад је да су сва дешавања у развоју архитектонске свести била посредно везана за положај цркве.

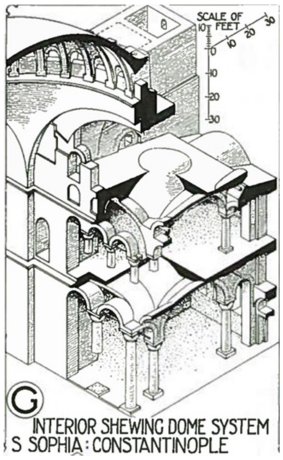
За прву генерацију хришћанских верника црква је била тамо где су верници. „Људи су били архитектура" (Kostof, 1985, 264). Међутим, развојем и јачањем црквене институције хришћански објекти су од почетних катакомби досегли ниво грандиозних грађевина, које су пре свега својим димензијама потврђивале положај цркве. Првобитно усвојена римска *базилика*[10] је у средњовековној архитектури добила карактер јединственог архитектонског израза, који је произлазио из конструктивног склопа. Неки аутори подвлаче да је разлика између класичне и средњовековне архитектуре у начину мишљења, насталом из чињенице да су се средњовековни градитељи сусретали са проблемима потиска и отпора, при чему је сваки део грађевине постао органски део целине, док је, са друге стране, склад класичних грађевина лежао у математичким пропорцијама захваљујући јасно дефинисаном конструктивном склопу стубова и греда (Lojd et al, 1967).

Посматрано са аспекта отвора на фасадама, могло би се додати да се у архитравном конструктивном систему класичних грађевина формираном од стубова, греда и равних зидова јасно дефинисао ритам. У том ритму може се сагледати однос *пуног* и *празног* у архитектури. За разлику од класичне, средњовековна архитектура, органског типа, како је описују, остварује се кроз симбиозу свих својих елемената, што се јасно одразило на третман прозора. Наметањем криве линије кроз употребу лука, свода и куполе, прозор ће добити лучни облик, а његов дизајн најдиректније ће зависити од употребе материјала у различитим раздобљима средњовековне архитектуре.

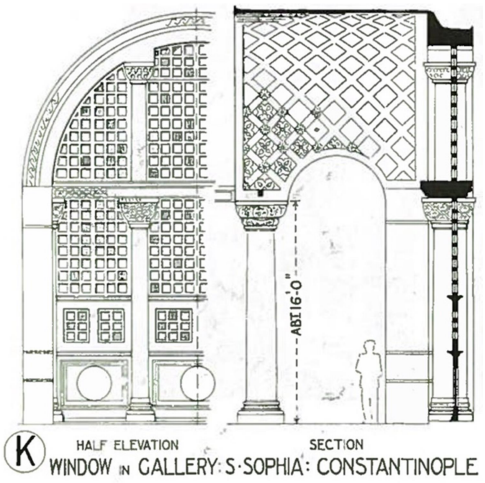
Византијска архитектура (330–1453. год.) (Fletcher, 1963) садржи примере који поткрепљују овакву тврдњу, код којих је стремљење ка грандиозношћу и ширењем религиозног духа довело до употребе куполе као симболичког елемента неба уз истовремено премошћавање огромних распона. Такве идеје је могао подржати само конструктивни систем састављен од низа међусобно зависних елемената. Ремек-дело византијске уметности, црква Аја Софија, саграђена у Цариграду 532–537. год, има централну куполу чија је конструкција описана као скуп радијалних ребара. Она лежи на прстену (тамбуру) у коме се налази 40 лучних прозора, чији је положај и облик одређен конструктивним системом грађевине (Fletcher, 1963).

[10] Базилика – грађевина намењена трговачким или судским скуповима у римској архитектури (Дероко, 1962).

Комплексност израде великих прозора указује на стилско обликовање самог отвора, који због карактера архитектуре не сме остати празан. Принцип пропуштања светла, као и премошћавање разлике у димензијама стакала која су се могла произвести и великих поља, решетком од мермера, указују на детаљну анализу прозорског отвора.

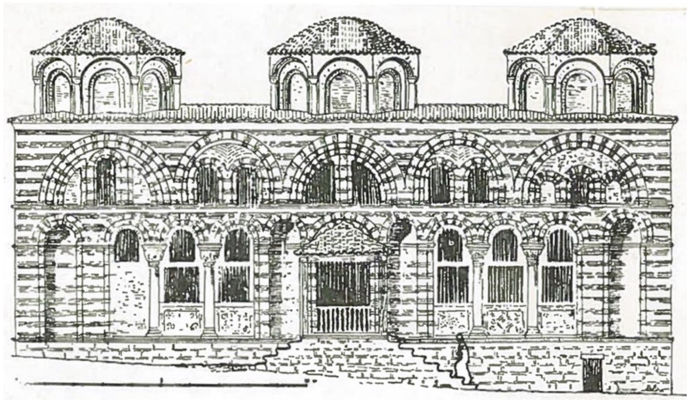


Слика 7. Црква Аја Софија у Цариграду
Приказ лучних прозора на тамбуру испод куполе

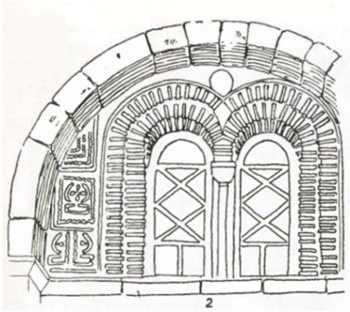


Слика 8. Црква Аја Софија у Цариграду
Приказ комплексног прозорског рама из нижих делова храма

Због недостатка стакла, материјализација прозора добила је други правац у складу постизања заједништва са фасадом. Наиме, полихромија фасада, настала као последица зидања каменом и опеком у редовима, цикцак мотивима или меандрирањем, пренела се и на прозоре. У литератури су византијски прозори описани као лучни, често подељени једним (*бифоре*) или са два стуба (*трифоре*), испуњени каменим трансенама, док је зид око прозора третиран слепим аркадама истом полихромијом као фасада (Бошковић, 1967). У недостатку прозорског рама и стакла, проблем прозора је решаван употребом истих материјала од којих је извођена фасада уз додавање перфорација. Као резултат добијен је архитектонски елемент у потпуности сродан околној фасади, који има функцију пропуштања светлости и ваздуха. Самим тим третманом прозора, као органског елемента, очувано је јединство фасаде.



Слика 9. Западна фасада цркве Св. Теодора у Цариграду, крај XII и почетак XIV века
Приказ постигнутог јединства фасаде са прозорима истим третманом

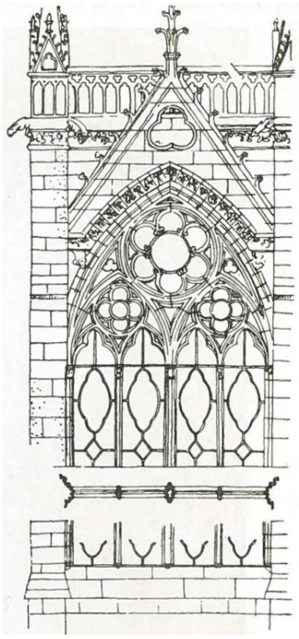


Слика 10. Пример полихромне фасаде око удвојеног прозора (бифоре)

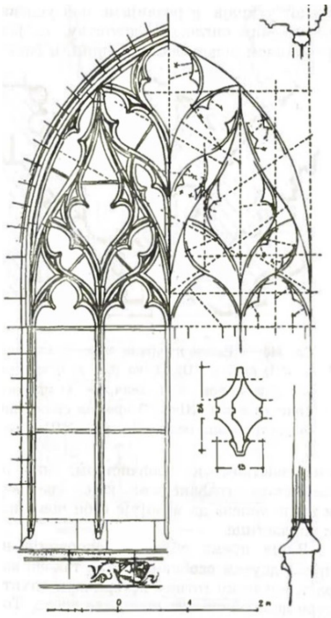
Ослобођењем од феудалног начина живота и стварањем јаких занатских заједница дошло је до развоја средњовековних држава у којима су се градови такмичили у лепоти и грандиозности катедрала. Дух времена преточио је масивне конструктивне елементе у скелетни систем сачињен од ребрастог свода, преломљеног лука и потпорног лука са *контрафором.*[11] Овај прелаз, прелаз из романике у готику, дешавао се у континуираном процесу иновација, које нису заобишле ни прозоре. Опет је, као у стамбеним квартовима града Тебе у Египту, однос питања просперитета и отворености дошао до изражаја. Једина разлика је у томе што је појам отворености овде био везан за духовни, религијски моменат, који је услед завршетка мрачног доба црквених догми привлачио вернике пружајући им утеху. Имајући све ове чињенице у виду, потпуно је разумљива тежња готских катедрала у вертикалним акцентима и обиљу светлости у ентеријеру.

Органска повезаност прозора са конструктивним склопом објекта толико је утицала на дизајн прозора у готици да су они постали сведоци периода и школа којима припадају. У литератури су описани као изразито високи, завршени преломљеним луком. Од XIII века па надаље, почињу све више да се шире због чега постају двојни, тројни и вишебројни. Особеност њиховог дизајна постаје горњи, декоративни део у виду камене чипке. Тенденција ка ширењу резултирала је тиме да су прозори испуњавали целокупна поља између стубова у горњим деловима главних бродова катедрала. Још једна карактеристика готског стила је *розета*, односно кружни прозор великог пречника који је обично постављен изнад главног улаза (Бошковић, 1967).

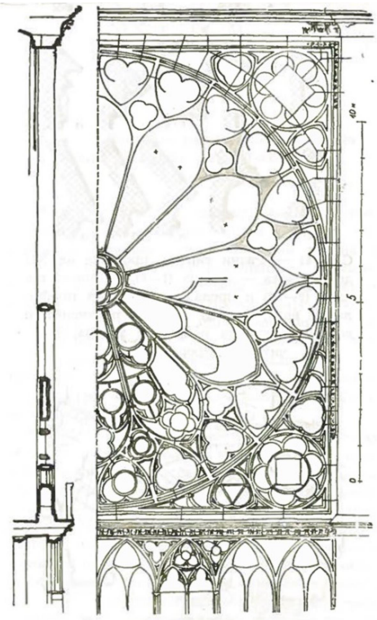
[11] Архитектонски конструктивни елемент који служи за подупирање и укрућење зидова.



Слика 11. Прозор на катедрали *Sainte Chapelle*, Париз, XIII век



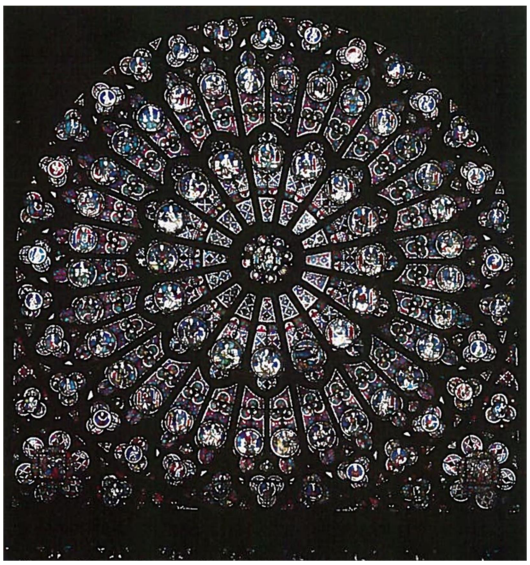
Слика 12. Прозор на катедрали у Eu, XV век



Слика 13. Розета на катедрали у Паризу, XIII век

Још једна особеност прозора готике сагледава се у начину застакљивања у виду витража. Витражи су прављени ређањем разнобојних стаклених комада према одређеном мотиву, који су повезивани оловним профилима H профилације. Конструкција ужих прозора се састојала од гвоздених хоризонтала, које су изразито велику прозорску висину делиле на делове мањих димензија, док су у конструкцији ширих прозора учествовале, поред гвоздених хоризонтала и камене вертикале (Giblin, 1988). На тај начин у производњу прозора су били укључени уметници, креирајући цртеж по коме је витраж прављен, стаклари који су бојили и резали стакло и ковачи, формирајући гвоздене конструкције прозора. Резултат оваквог посматрања може довести до закључка да су захтевни грађевински захвати готских градитеља условили појаву мултидисциплинарности[12] у дизајну и реализацији прозора. Учешће уметника и занатлија у јединственом процесу израде прозора за последицу је имало стварање уметничких дела у погледу скулптуралности и сликарства.

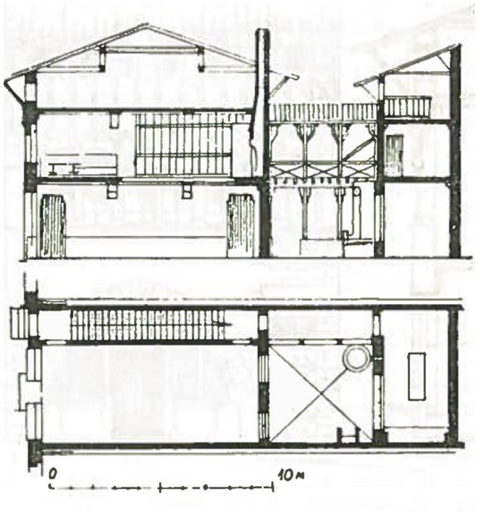
[12] Повезивање различитих дисциплина у остваривању истог циља.



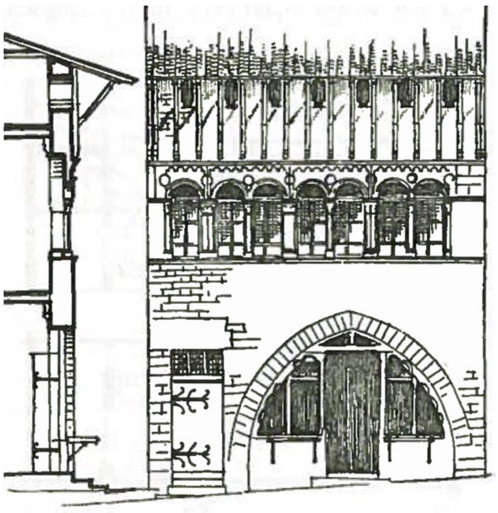
Слика 14. Розета на катедрали *Notre Dame* у Паризу,
1180–1200. год.

Профана архитектура је за разлику од сакралне била растерећена решавања конструктивних проблема, може се чак рећи да у том погледу није било неких значајних иновација. Међутим, условљеност положаја прозора од урбаних и друштвених прилика показује нов третман у организацији куће, која је на посредан начин утицала на неке иновације по питању решавања прозора.

У романској архитектури (IX–XII век), коју карактеришу већ зрели феудални односи и оживљавање производње, долази до подизања већих насеља, која су због сталних напада била опасана јаким зидинама (Fletcher, 1963). Стихијски раст насеља око постојећих тргова условио је замршену организацију кривудавих улица, услед чега су зграде за становање добијале неправилне облике. Оне су биле прилично уске и дубоке, а осим приземља имале су и спрат. Организациона шема кућа била је таква да се у приземљу налазила радионица, која је уједно служила и као трговачка радња, те је била отворена према улици целом ширином фронта. На горњем спрату налазиле су се стамбене просторије, које су осветљаване једноставним удвојеним прозорима или читавим низом међусобно повезаних прозора (Бошковић, 1967).

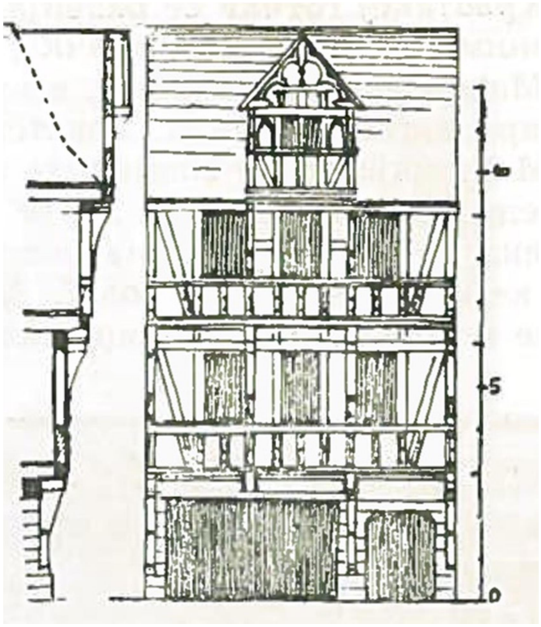


Слика 15. Кућа у Cluny-у, XII век
Приказ основе и пресека

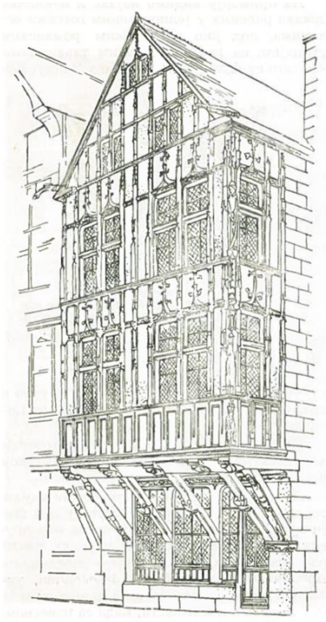


Слика 16. Кућа у Cluny-у, XII век
Улична фасада

У готској архитектури (XII–XVI век) је дошло до јачања занатлијског и трговачког сталежа. Улице су постале живље и тешње, а куће збијене и више како би се искористио сваки делић стамбене површине. Био је чест случај да се спратови избацују у поље према улици, чиме се улица на вишим етажама додатно сужавала (Бошковић, 1967). Испуст на фасади и недостатак светла условили су појаву угаоних прозора, при чему су и конструктивно и обликовно ови елементи захтевали посебан третман. Такође, наводи се да су куће у овом периоду добиле двојаку функцију изражену тиме да се њихов пословни део налазио у приземљу, на првом спрату су становали власници кућа, док су на трећем спрату били смештени шегрти. Код неких финијих заната, који су изискивали више светлости у раду, намена трећег спрата била је комбинована са радом (Kostof, 1985). Различите намене спратова све више су наглашаване диференцијацијом на фасади.



Слика 17. Кућа у Caen-у,
XV век Улична фасада



Слика 18. Кућа у Reims-у,
XV век Улична фасада

Недостатак и висока цена стакла на тржишту у великој мери су одређивали дизајн прозора. Постоји податак да су у XIII веку само богати племићи имали застакљене прозоре на начин да је само горња трећина или половина била застакљена, а да су доњи делови прозора били покривени дрвеним капцима. У XIV веку су прозори сезонски коришћених двораца комплетно пресељавани заједно са послугом. Сиромашно становништво у градовима је своје прозоре покривало тканинама бојеним у зелену или црну боју, како би се избегла претерана провидност светлог платна (Giblin, 1988).

Хигијенски услови у средњовековним градовима нису били на завидном нивоу с обзиром на то да куће нису имале изведену канализациону мрежу. Претпоставља се да се сав отпад избацивао у уличне канале, што је производило непријатне мирисе, па стога не чуди податак да је тек касније почело трагање за отварајућим крилима. Средњовековни прозори на стамбеним објектима били су правоугаоног облика, опремљени заштитним решеткама, док је проблем вентилације простора решаван постављањем малог отварајућег окна у фиксном прозору (Ajzenberg, 1994).

Средњовековна архитектура је по први пут уврстила прозор у архитектонске елементе, посматрајући га у односу на конструктивни систем, потребе осветљења простора, организационог карактера простора, дизајна и естетике. Употреба различитих материјала, дрвета, гвожђа, олова и стакла, указала је на неопходност усклађивања технолошких иновација или покренула нове. Такође, дух времена и карактер друштва сагледиви су кроз дизајн прозора средњег века. Овакво посматрање могло би довести

до аналогије са данашњим односом архитектуре и производње прозора. Једина чињеница која би ту аналогију могла да оповргне је време. Средњовековни прозори једанпут осмишљени употребљавани су у континуитету неколико векова, за разлику од данашњих прозорских система који застаревају и по питању естетике и по питању перформанси већ после десетак година. Могло би се закључити да брзина грађења не иде у корист проналажењу дугорочног решења.

2.3 Прозори у архитектури новог века

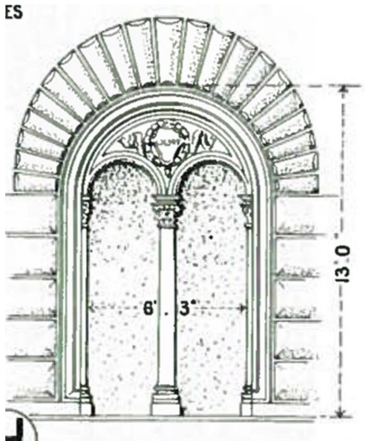
Прелаз архитектуре средњег у архитектуру новог века дешавао се постепено, уз смањивање изградње објеката сакралног и повећање изградње објеката профаног типа.

Разлог томе лежи у формирању једног новог друштва које је трагало за просвећеношћу уз прихватање науке и филозофије и одбацивању црквене идеологије. Оно је тражило упориште у делима античких уметника и стваралаца у свим областима, па и у архитектури. У постепеном прелазу из једног у други архитектонски израз, објекти оптерећени средњовековном масивношћу добијали су свој јединствен облик заснован на подстицању индивидуалности уметника кроз сопствени израз и промишљање. Општи став друштва у погледу промене мишљења уз неопходност проучавања науке и тражењу смисла, пренео се на све области живота. Интересантан је податак да је постојала велика тежња за оживљавањем хортикултуре која је у Римском царству била јако цењена, док је у средњем веку била потпуно заборављена. Тај детаљ се уклапа у атмосферу тежње ка отвореношћу, која је у архитектури прерасла у тежњу за повезивањем са спољашњим амбијентом (Nestorović, 1964). Профана архитектура је, тражећи међузависности организације стамбеног простора и положаја и величине прозора, добила своје коначно обличје. Приметна тежња за симетријом у организацији простора, одразила се и на фасаду на којој су постигнути ред и хармонија.

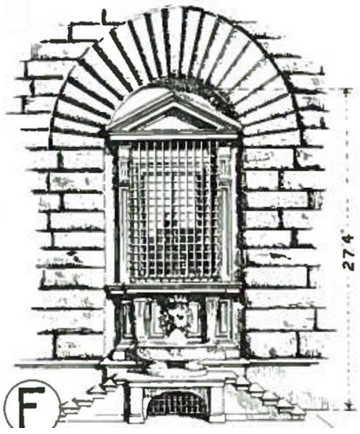
Комплексност односа новонасталих околности, конкретног места, средњовековних тековина и античких мотива који богате дух, превазиђена је великим мајсторством уметника. То умеће се сагледава и у дизајну прозора, будући да они имају незаменљиву улогу у креирању фасада са једне стране, док са друге, нису постојали као архитектонски елемент у античкој уметности све до краја Римског царства. На почетку усвојен архитектонски елемент, прозор, из профане архитектуре средњег века прерастао је у јединствен архитектонски елемент уметности новог века. Ово потврђује

хронолошко праћење ренесансне архитектуре у Италији, у којој су се развила конкретна решења која ће касније бити општеприхваћена широм Европе.

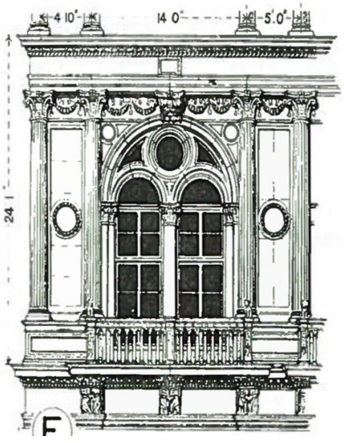
Монументалност и масивност су одлика палата *раног ренесансног* периода у Фиренци (1400–1500. год), а настале су као последица прихватања средњовековних начина градње (Nestorović, 1964). Приметан напор архитеката да постигну ритам на фасади у односима отвора и пуних зидних маса је, по мишљењу Несторовића (1964), на почетку био на нивоу декорације. Примери првих ренесансних фасада показују рустичност обраде камена и наглашену хоризонталност одвајањем спратова профилисаним каменим венцима, док су прозори третирани појединачно у још присутном средњовековном маниру. Подељеност фасаде по спратовима наглашена је и различитошћу облика и обраде прозора, где су правоугаони прозори присутни у приземљу, а лучни, каткад у систему бифора, на спратовима. У Венецији се у ово време развија један особени израз ренесансне архитектуре настао комбиновањем готских и античких елемената (Nestorović, 1964). Из те комбинације настаје посебан дизајн венецијанских ренесансних прозора који у горњем делу имају разрађену камену трансену, док су у доњем једноделни или дводелни (Fletcher, 1963).



Слика 19. Прозор ране ренесансне архитектуре
Прозор на палати *Strozzi* у Фиренци



Слика 20. Прозор ране ренесансне архитектуре
Прозор на палати *Piti* у Фиренци

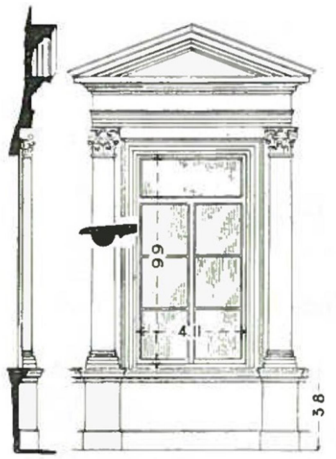


Слика 21. Прозор ране ренесансне архитектуре
Прозор на палати *Vendramini* у Венецији

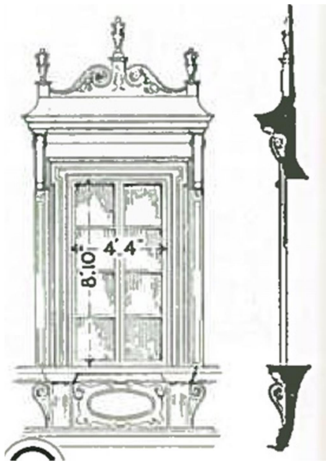
У доба *цветне ренесансе* (1500–1550. год) у Риму, услед развоја ренесансне палате, који је ишао у правцу увођења симетрије и реда у организацију простора, као и развоја уређења вртова из кога произлази тежња за прожимањем унутрашњег и спољашњег простора, прозори ће добити још већи значај у обликовању фасаде (Nestorović, 1964). Несторовић такође наводи да је отварање простора према светлости

и околини довело до синтезе обликовања простора и конструкције (1964). Управо та интеграција водила је ка формирању ремек-дела ренесансне архитектуре у којој прозори, несумњиво, играју значајну улогу. Применом античких мотива, односно стубова и пиластра, као и хоризонталних фризова, постигнута је жељена хармоничност, која потенцира однос пуног и празног у архитектури. Према појединим ауторима, прозори тог времена су третирани на више начина: први начин карактеришу прозори уписани у раван, архитравни завршетак; други равни или лучни прозори фланкирани стубовима и трећи карактеришу прозори који су били архитравно завршени бочним конзолама (Fletcher, 1963). Проблем застакљивања, настао као последица немогућности производње великих стаклених комада, решаван је увођењем хоризонталних подела у раму. Прозори су третирани као двокрилни са или без надсветла са лучним или равним завршетком. Оваква прозорска шема била је општеприхваћена у архитектури новог века у свим земљама Европе.

Слика 22. Прозор цветне ренесансне архитектуре
Прозор на палати *Cancelleria* у Риму



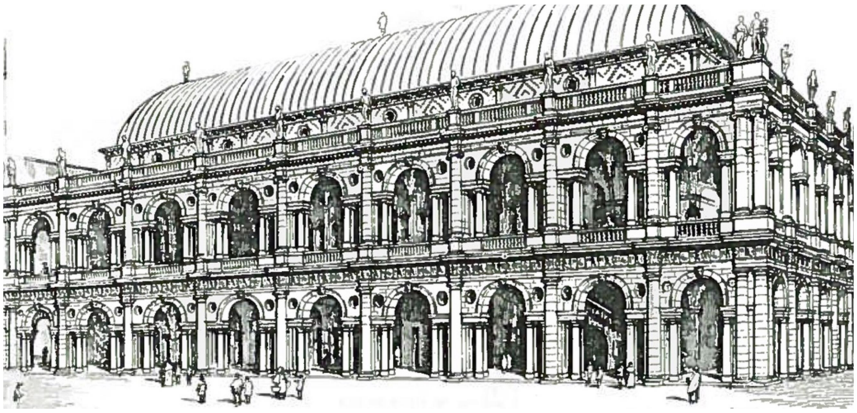
Слика 23. Прозор цветне ренесансне архитектуре
Прозор на палати *Farnese* у Риму



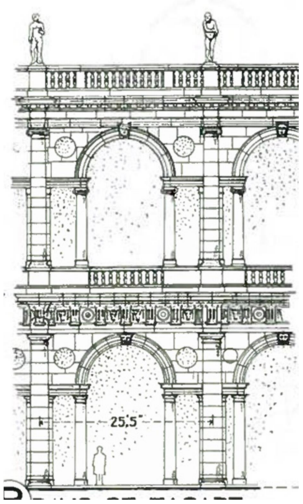
Слика 24. Прозор цветне ренесансне архитектуре
Прозор на палати *Pape Julijusa* у Риму

Позна ренесанса (1550–1600. год) у Италији, обележена је истраживањем простора и маса, при чему грађевински делови добијају велике димензије, фасаде постају рељефније, а прозори јаче истакнути (Nestorović, 1964). Код појединих аутора дошло је до развоја маниризма, што се свакако не може рећи за великог стваоца Андреа Паладиа (Andrea Palladio), који се сматра највећим архитектом XVI века у Италији. Његова архитектура обележена је рашчлањивањем маса коришћењем стубова, пиластра и отвора, а тројна подела прозора на базилици у Виђенци, на којој је средњи отвор наглашен архиволтом, названа је по њему (Nestorović, 1964). Припадници

класицизма XVII и XVIII века у Француској и Енглеској били су инспирисани његовим делима.

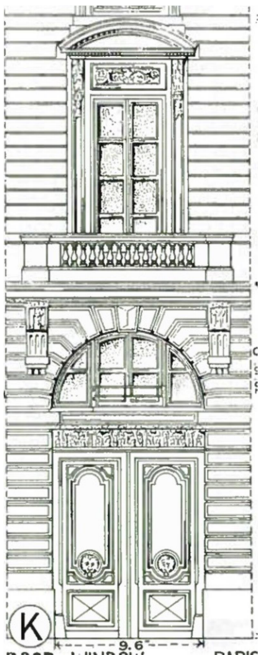


Слика 25. Прозори позне ренесансне архитектуре
Базилика у Виђенци архитекте Андреа Паладиа

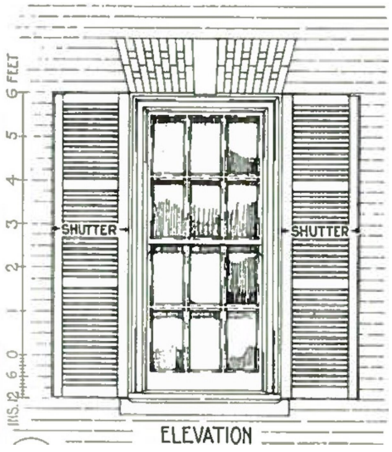


Слика 26. Паладијевски мотив у архитектури

Утицај ренесансне архитектуре се из Италије преносио и у остале земље Европе сходно друштвеним и историјским приликама, као и нивоа утемељености средњовековне архитектуре. Логично је очекивање да ће се највише разумевања за дела класичне уметности наћи управо у Италији, али је исто тако развој науке и уметности у осталим земљама Европе дао погодно тло за нова сагледавања по питању архитектуре. Тај процес трајао је дуже, у неким се земљама чак почетак ренесансне уметности поклапа са цветним добом ренесансе у Италији, као што је то био случај са Француском, што је условило да француска ренесанса доживи свој пуни сјај тек у XVII веку (Nestorović, 1964). Прозори су исто тако имали свој развојни пут од четвороделних, правоугаоних, подељених крстом, до вертикално-клизних прозора који су се појавили 1660. године (Fletcher, 1963).

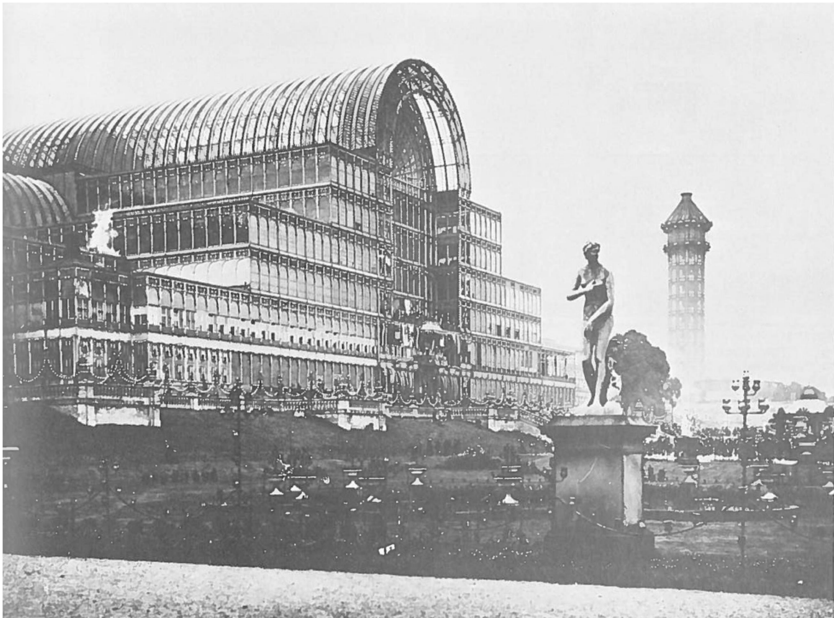


Слика 27. Ренесансни прозори у Европи
Ренесансни мотив улазне партије, Француска



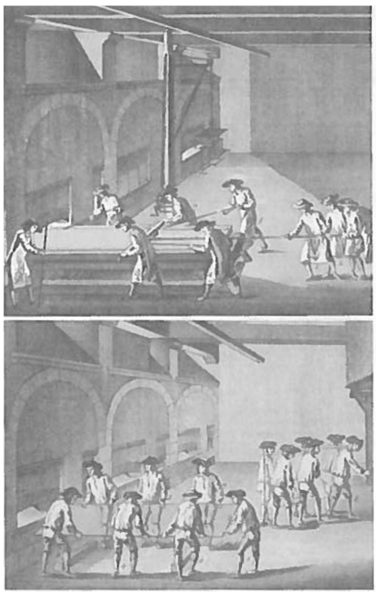
Слика 28. Ренесансни прозори у Европи
Вертикално-клизни прозор, Енглеска

Различитост друштвених околности и култура земаља Европе проузроковала је различите завршетке ренесансне архитектуре. Са једне стране, дошло је до слободнијег сагледавања античке уметности и формирања барока, а са друге до још чвршће повезаности са античким тековинама и фаворизовања рационалности у уметности кроз класицизам. Међутим, до већих проналазака у архитектури није дошло. Тек су архитектуру XIX века, поред интензивног трагања кроз стилове целокупне архитектонске историје, окарактерисали велики технолошки проналасци, који су у једном моменту резултирали појавом покрета који су тежили да уједине нова конструктивна достигнућа са архитектонским облицима (Nestorović, 1964). На светским изложбама су представљена технолошка достигнућа у погледу конструкција од челика, које су архитекте још увек сматрале предметом инжењерства. Изузетак је била *Кристална палата* Џозефа Пакстона (Joseph Paxton), представљена на светској изложби 1851. год. у Лондону. Она је на иновативан начин показивала предности челика и стакла, уводећи архитектуру у нову епоху. Схватање неопходности имплементације нових технологија поткрепљује и анализа развоја прозора који се као елемент стила развијао, достигао свој врхунац и ушао у период стагнације као архитектонски елемент, док је кроз примену нових технологија дошло до његовог квалитативног побољшања.

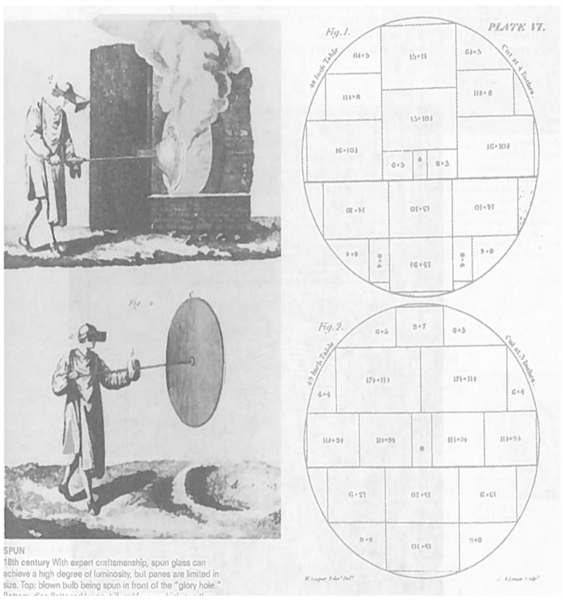


Слика 29. Кристална палата Џозефа Пакстона на светској изложби у Лондону, 1851. год.

Сагледавање прозора као производа, поткрепљено је иновацијама на пољу механизама, закључно са вертикално-клизним механизмом, као и иновацијама у технологији израде стакла, која ће највише утицати на архитектуру XX века. Период од XVI до XX века обележен је тежњом ка повећању димензија застакљених површина, као и ка побољшању транспарентности прозора. Подаци које Koolhaas (*Elements of architecture*) наводи говоре о развоју технологије стакла: у XVI веку стакло се производило методом дувања при чему је крајњи производ могао бити у облику диска или цилиндра, који је потом расецан и равњан; у XVII веку у Француској развијена је метода ливења стакла, које је равњано повлачењем цилиндричних металних профила; у XVIII веку постигнута је боља транспарентност стакла; унапређивањем методе дувања коришћењем центрифугалне силе у XIX веку је било могуће формирати дискове величине до 2 m (Koolhaas, 2018). Потреба за отвореношћу и прожимањем унутрашњег и спољашњег амбијента довела је до развоја технологије стакла у смислу повећања димензија и транспарентности. Управо то је нит која везује архитектуру новог века са архитектуром XX века.



Слика 30. Производња стакла у Европи у новом веку
Приказ технологије ливења стакла у Француској у XVII веку



Слика 31. Производња стакла у Европи у новом веку
Приказ технологије формирања дискова пречника до 2 m уз шематски приказ начина кројења

2.4 Прозори у архитектури XX века

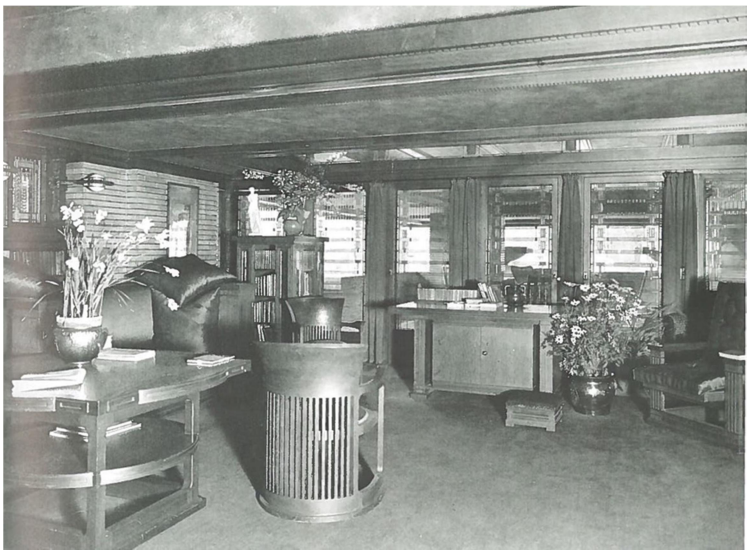
Архитектуру XX века обележила је разноврсност идеја и ставова, које су изазване пре свега развојем индустријске производње, појавом нових материјала и технологија, али и великим друштвеним збивањима укључујући и два светска рата. Постепено одвајање од академизма и покушај стварања једне нове естетике у духу техничко-технолошких иновација, произвело је низ краткотрајних праваца. Почев од првих покушаја, који су се односили на увођење нових декоративних мотива, до суштинских промена преиспитивањем конструктивног система и организације простора у односу на новонастале животне околности. Ослобађањем фасадних равни од тешких зидних маса остварена је могућност повећања прозора до граница целокупне површине зида. Појавом стаклених фасада положај прозора у фасади постао је неодређен (Koolhaas, 2018). Интензивирањем развоја стаклених фасада у другој половини XX века, као и развојем спуштених плафона и система за вентилирање, функције допремања ваздуха и светла у просторију нису више биле додељене само прозорима (Koolhaas, 2018). Тиме је улога прозора у архитектури озбиљно доведена у питање. У ком обиму је ова констатација тачна може се закључити једино парцијалним посматрањем стамбених и пословних објеката, чија би намена могла да направи разлику у третману прозора. Дистинкција би се у том случају највише односила на појам отворености објекта према

спољашњости што се код пословних објеката сагледава као квалитет, а код стамбених као нарушавање интимности.

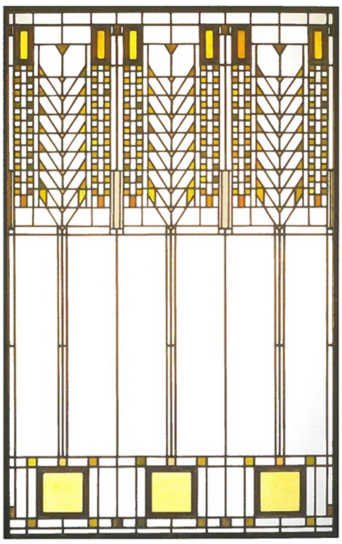
2.4.1 Стамбена архитектура XX века

Нове друштвене околности су почетком XX века наметале нову културу становања. Због загађености и густе насељености градова, концепт становања XIX века био је неприхватљив због немогућности адекватног одржавања хигијене, слабе осветљености и немогућности доброг проветравања просторија, што је изазивало низ здравствених проблема укућана. Група уметника оформљена око Вилијама Мориса (William Morris) у Енглеској, решење је видела у сеоском животу и бекству од загађених градова оштро осуђујући процес индустријализације. Они су формирали организацију породичне куће истицањем значаја кухињског и дневног простора, уклањајући све непотребне предмете које су сматрали тековином буржоаског живота. Њихове идеје су биле окренуте против еклектицизма у архитектури, а тежиле су враћању занатској производњи и мотивима готике, као и увођењу мотива из природе (Nestorović, 1967). Морисова група је оформила занатску радионицу у којој су се производили предмети намењени уређењу ентеријера, а које су осмишљавали и декорисали уметници. У ту групу производа спадају витражи, који представљају права уметничка дела, а који су касније били подстицај другим ауторима да своју естетику постигну кроз дизајн витражних прозора: Френк Лојд Рајт (Frank Llojd Wright), који је своју фасцинацију јапанским мотивима изражавао формирањем апстрактних стаклених витража; Чарлс Рене Мекинтош (Charles Rennie Mackintosh) је аутор префињених мотива узаних витражних прозора који се интегришу са дизајном ентеријера и Виктор Орта (Victor Horta), један од највећих стваралаца уметничког покрета *Art Nouveau*[13], такође је користио витраже на својим објектима.

[13] Покрет *Art Noveau* створен је у намери да архитектуру ослободи академизма (према Nestorović, 1964).



Слика 32. Кућа Darwin D. Martin у Њујорку,
Френк Лојд Рајт (1904–1905. год)
Приказ ентеријера са витражним прозорима



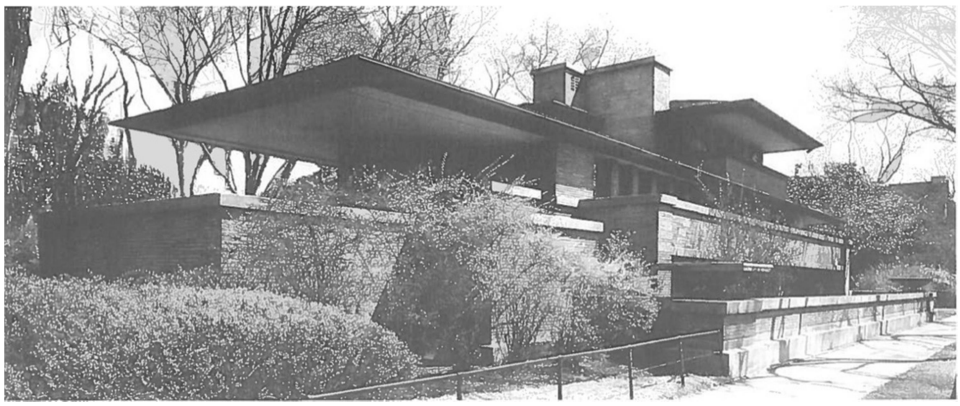
Слика 33. Један од Рајтових
апстрактних мотива у витражима

Упркос чињеници да су се остварења Морисове групе задржавала само на производњи декоративних предмета, њен значај лежи у идеји мултидисциплинарности, као и у тежњи да стамбени простор ослободи непотребних предмета чинивши га прозрачнијим и пријатнијим. Ношен идејом заузимања нових ставова у уметности, Европом се ширио покрет нове уметности, различитих имена, али суштински истог значења: *Arte Nouveau* у Белгији, *Stille Liberty* у Италији, *Jugendstil* у Немачкој и *Modernismo* у Барселони. Овај покрет је својим „биоморфним фантазијама у дизајну" (Traktenberg i Hajman, 2006, 487) настојао да унесе пролећни дух слободе, иновација и савремености. Биоморфност и тежња ка индивидуалности уметничког израза се сагледавала и у дизајну прозора. Прозори необичних фасада Виктора Орте у Бриселу и Антонија Гаудија у Барселони показују органску сједињеност са објектом истичући њихову уникатност и особени стил свог аутора. При овоме треба нагласити да је архитектонска потреба за јединственошћу захтевала занатски приступ у изради прозора, који за собом није донео иновације на пољу квалитативних карактеристика прозора.

Слика 34. Хотел *Solvay* Виктора Орте у Бриселу (1900. год) Приказ уличне фасаде

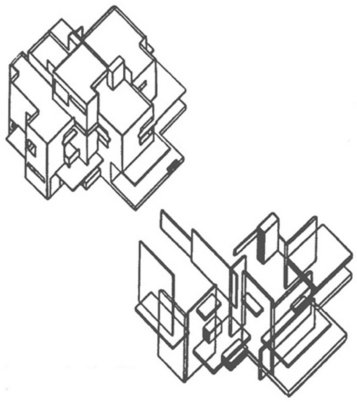
Слика 35. Хотел *Solvay* Виктора Орте у Бриселу (1900. год) Витражни прозор

До стварних промена у организацији стамбене архитектуре дошло је свеобухватном анализом просторних и конструктивних елемената у архитектури Френка Лојда Рајта, што је довело и до промене третмана прозора. За њега се наводи да је суштински прилазећи односу функционалности и конструкције објеката дошао на идеју неопходности „разбијања кутије" (Traktenberg i Hajman, 2006, 484), чиме је заувек променио однос архитеката према профаној архитектури. Постизањем овог циља он је створио нову естетску форму куће, која се базира на плутајућим равнима парапета, низа прозора и продужених кровних стреха наглашавајући тиме хоризонталност (Traktenberg i Hajman, 2006). Рајтове куће имају тенденцију комуникације са спољашњим амбијентом, потпуно се прилагођавајући топографским и климатским условима терена, остварену кроз присуство дугачких хоризонталних низова прозора који се широким кровним стрехама штите од прекомерне изложености сунцу. На тај начин његове куће, упркос разуђености основе и остварене комуникације са спољашњим амбијентом, у потпуности задржавају своју унутрашњу интиму, те стога прозори добијају двоструку улогу везе и баријере.

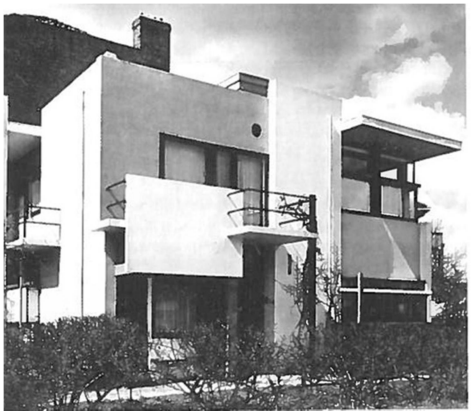


Слика 36. Кућа Роби Френк Лојд Рајта у Чикагу, 1909. год.

У Холандији је Рајтова идеја разбијања основе заједно са Мондријановим (Piet Mondrian) апстрактним сликарством довела до развоја правца *De Stijl*, чију је архитектуру Тео ван Дузбурх (Teo van Doesburg) окарактерисао на следећи начин: „Нова архитектура је анти-коцкаста; то јест, она не тежи томе да различите функционалне просторне ћелије смести заједно у затворену коцку, већ их одбацује даље од центра коцке према спољашњости, због чега висина, ширина, дубина и време теже потпуно новом изражавању у отвореном простору" (Traktenberg i Hajman, 2006, 501). Кућа Шредер у Утрехту, коју је 1924. год. дизајнирао Герит Томас Ритвилд (Gerrit Thomas Rietveld), је отелотворење ове мисли. Она претвара једноставне архитектонске елементе, међу којима су и прозори, у „чисту композицију линија, равни, тела, транспарентности и боја у de Stijl маниру" (Traktenberg i Hajman, 2006, 501). У игри раздвојености прозор постаје независан архитектонски елемент, чији дизајн подстиче апстракцију укупне замисли.

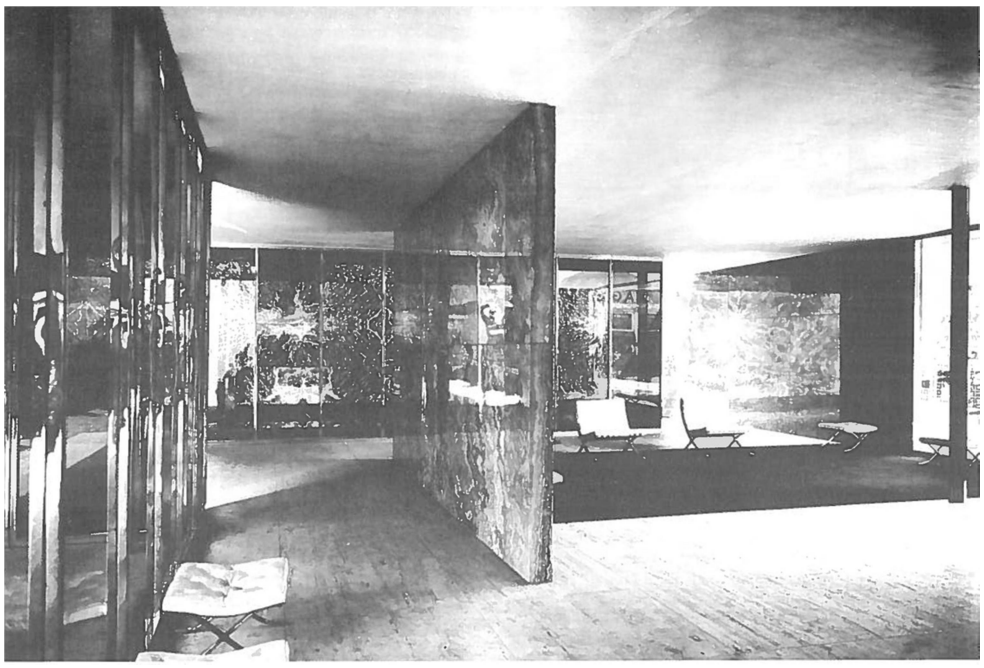


Слика 37. Нацрт куће Тео ван Дузбурха и Корнелис ван Естерна (Kornelis van Estern), 1023. год.



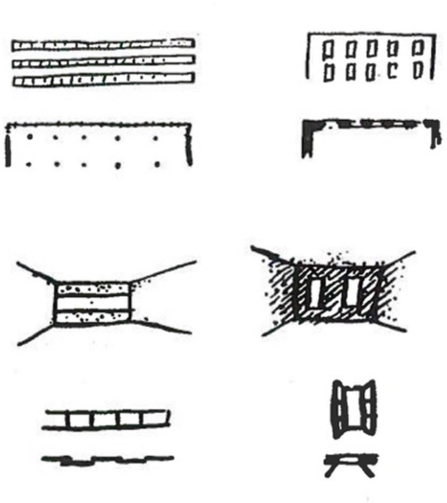
Слика 38. Кућа Шредер, Герит Томас Ритвилд, 1924. год.

Морисова идеја мултидисциплинарног приступа и значаја занатских вештина била је прихваћена у Немачкој кроз рад и стваралаштво школе Баухаус (Bauhaus). Њен концепт био је замишљен кроз интегративни приступ више дисциплина које се међусобно прожимају уз потенцирање познавања радионичке обраде предмета. Естетика Баухауса базирала се на прочишћеним формама добро промишљених детаља. Стваралаштво једног од твораца школе Баухаус, Мис ван де Роа (Mies van der Rohe), то и потврђује. Његово ремек-дело, немачки павиљон у Барселони, сагрђен за потребе изложбе 1929. године, представља скуп равни материјализованих раскошним материјалима попут травертина, мермера, бронзе, бојеног стакла, воде итд. (Traktenberg and Hajman, 2006). Транспарентни прозори који се протежу од пода до плафона потенцирају ефекат лебдећих равни. Мисов слоган „мање је више" (Traktenberg and Hajman, 2006, 507) сагледава се у детаљу прозора чији је рам израђен од хромираног метала како би се рефлектирањем мале површине рама насупрот транспарентном стаклу постигао посебан ефекат. Несумњиво је да Мисова архитектура говори у прилог значају пропорција прозорског оквира, дизајну прозорског рама, као и одабиру материјала на укупни изглед објекта. Такође, она намеће идеју континуалног прозорског рама који се протеже од пода до плафона.



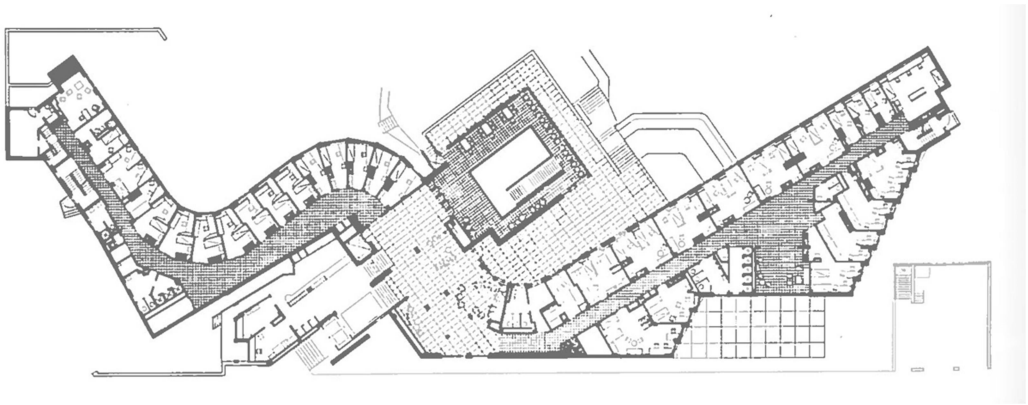
Слика 39. Немачки павиљон у Барселони, Мис ван де Рое, 1929. год.

Проналазак армираног бетона имао је велики утицај на развој конструктивних система објеката. Архитекта Огист Перет (Auguste Perret) је међу првима увидео предности скелетне армирано-бетонске конструкције, при чему је интензивно истраживао облике простора и дизајн фасаде (Nestorović, 1964). Облик и величина његових прозора произишла из видљивог растера конструктивних елемената ишла је у прилог доминантне вертикалности. По угледу на Огиста Перета, Корбизије (Le Corbusier) је усвојио конструкцију од армираног бетона са том разликом што је хоризонталне греде утопио у међуспратну конструкцију. На тај начин добио је могућност слободног креирања основе, као и лакше обликовање фасаде. Са жељом да дефинише предности овакве конструкције дефинисао је својих „пет тачака нове архитектуре" (Traktenberg i Hajman, 2006, 505), које амбијентално подстичу повећање квалитета објеката кроз непосреднији однос са природним окружењем. Једна од тачака се односила на формирање тракастих прозора на фасади са доминантном хоризонталношћу. Дебата вођена двадесетих година прошлог века између Огиста Перета и Корбизијеа о предностима вертикалних и хоризонталних прозора понудила је два објашњења: Корбизије је заговарао хоризонталне тракасте прозоре истичући њихово својство сагледавања широког панорамског погледа, док се, према мишљењу Огиста Перета, кроз вертикалне прозоре могла сагледати целокупна људска фигура (Koolhaas, 2018). Употребом низа хоризонталних прозора дефинитивно је прекинута вишевековна традиција издужених вертикалних прозора и отворена нова поља истраживања облика и пропорције прозора. Архитектура модернизма је трагала за начинима повећања количине светлости у ентеријеру покушавајући да реши конструктивне проблеме постављених захтева, све док се није суочила са озбиљним проблемима очувања енергије у простору.



Слика 40. Корбизијеових „Пет тачака нове архитектуре”

Питање светлости у ентеријеру имало је посебан утицај на архитектуру Алвара Алта (Alvar Aalto). На први поглед његова обична архитектура резултат је дубоких промишљања о људским потребама (Traktenberg i Hajman, 2006). Специфичност споја модернистичких тежњи са културом, традицијом и надасве хуманизмом, дала је Алтовим делима један потпуно особен карактер препун топлине. У домену стамбене архитектуре везане за дизајн прозора неизбежно је навести пример студентског дома MIT (Massachusseuts Institute og Tecnology), саграђеног у периоду између 1947–48. год. У намери да обезбеди јединствен поглед на реку Чарлс (Charles River), свакој студентској соби Алто је формирао заталасану форму објекта у основи, док је хоризонталном поделом прозорске шеме постигао несметан поглед у седећем и стајаћем положају.



Слика 41. Студентски дом MIT (Massachusseuts Institute og Tecnology), Alvar Alto, 1947–48. год.

Приложени примери показују међузависност облика прозора, одабира материјала и технологија израде са архитектонским тенденцијама, као и стагнацију или развој

њихових квалитативних карактеристика у зависности од архитектонских захтева. Стамбена архитектура XX века показала је истовремену заинтересованост за прозорске оквире коначних димензија и прозоре који се протежу по целој ширини од пода до плафона. Управо оваква констатација би могла дати смернице у постављању пројектног задатка у почетној фази дизајна прозора.

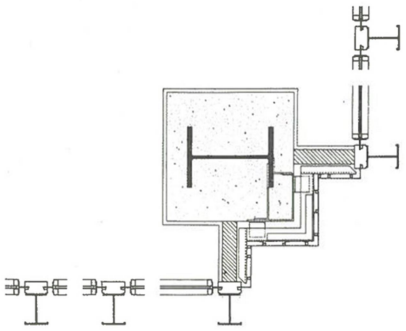
2.4.2 Архитектура пословних зграда XX века

Архитектура пословних зграда XX века рођена је на темељима технолошког напретка, економског развоја и промена у друштву. Њена особеност огледала се у настојању да прикаже моћ свих ових чинилаца, па према томе није изненађујуће што су најзаступљенији материјали које је користила, материјали подложни масивној индустријској производњи, попут армирано-бетонских елемената, челика и стакла. У таквим околностима се родио један карактеристичан дизајн који је своје најсмисленије домете доживео у доба Мис ван де Роа. Сматра се да су корени тог дизајна настали у Америци са чувеном Чикашком школом, која је себи поставила за циљ решавање међусобног односа функције објекта и конструктивног система. Оптерећени захтевима за високом спратношћу и проблемима мале носивости тла, архитекте Чикашке школе решење су нашле у челичном скелетном конструктивном систему формираном од I профила. Проблем са којим су се сусрели био је слаба отпорност челика на дејство пожара, што је условило облагање конструктивних елемената изолационим материјалима у широком слоју (Traktenberg i Hajman, 2006). Принцип естетског обликовања био је усмерен ка решавању издужених вертикалних површина са утврђеним конструктивним модулом у виду хоризонталне и вертикалне поделе. Прозори, дефинисани том поделом, су имали наглашену хоризонталну димензију према развијеној типичној прозорској шеми која се заснива на трострукој подели, при чему је средњи део фиксно застакљен и шири у односу на бочна отварајућа крила (Traktenberg i Hajman, 2006). Приступ архитеката Чикашке школе није био иновативан у смислу решавања фасада, већ и у дубокој анализи функционалности простора. Изрека архитекте Луиса Саливена (Louis Sullivan) да „облик следи функцију" (Traktenberg i Hajman, 2006, 478) подразумевала је да је функција требало у еволуцијском смислу да доведе до облика, развијајући нове облике који би изашли у сусрет тим потребама (Traktenberg i Hajman, 2006). Његова тврдња показала би се потпуно истинитом посматрано са аспекта даљег развоја високих зграда и иновацијом у облику висећих фасада Мис ван де Роа, који је задржавајући аутентичност израза Чикашке школе у

виду примене челичних I профила осмислио независну транспарентну опну, чија је одлика дизајна примена челичних I профила.

Слика 42. Робна кућа Шлезингер и Мејер, Луис Саливан, Чикаго, 1899–1904. год.

Слика 43. Зграда Сигрем, Мис ван де Рое, Њујорк, 1954–1958. год.



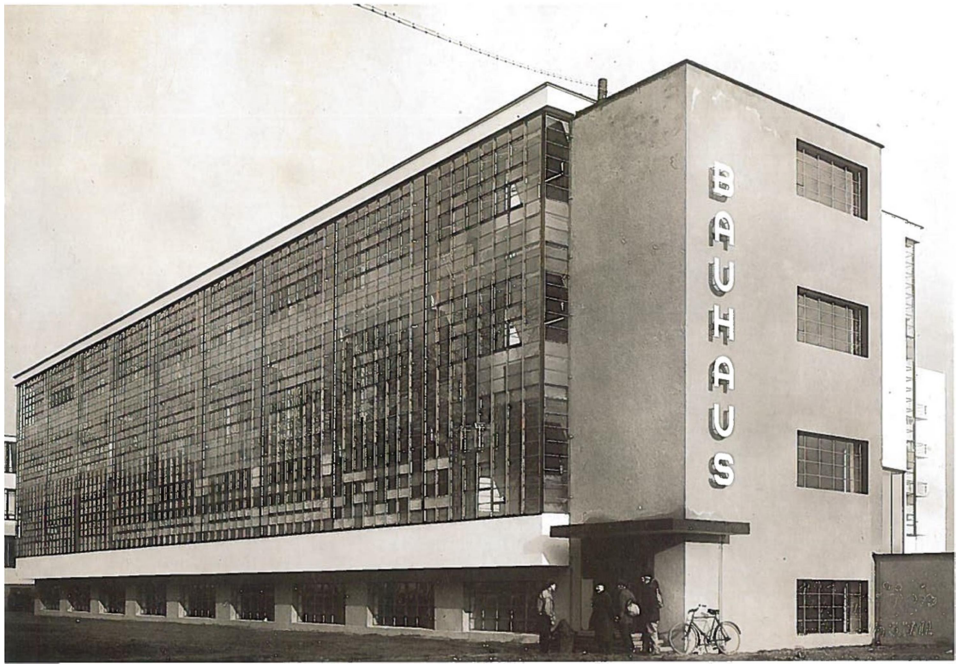
Слика 44. Угаони детаљ фасаде на згради Сигрем

Индустријска архитектура као концепт се родила у Европи под окриљем архитекте Питера Бернса (Pether Behrens), који по први пут спаја функционалну организацију простора у складу са технолошким процесом који се у њему одвија са конструктивним системом, стварајући нов естетски израз. Његови објекти су у литератури описани као зграде „мирних површина и лепих пропорција маса" (Nestorović, 1964, 265) са великим застакљеним прозорима и новом конструкцијом од армираног бетона (Nestorović, 1964). У монументалном изразу фабрике турбина A.E.G. у Берлину из 1911. год. издваја се велики прозор у прочељу, са потенцираним вертикалним поделама, као весник зид завеса у Европи. Постављајући постулате поштења, отворености и моћи фабрике као примарне, Бернс их је потврдио отварањем

великог прозора на самом улазу у фабрику. Оваква паралела неминовно је водила ка порасту застакљених површина на пословним и индустријским објектима.

Слика 45. Фабрика турбина A.E.G. у Берлину, Питер Бернс, 1909. год.

До сличног закључка дошли су и припадници Баухауса, надовезујући своју замисао о индустријској производњи самих архитектонских елемената. Зид завеса у архитектури пословних зграда у Европи се први пут појављује на згради Баухауса у Десау у Немачкој, коју је пројектовао архитекта Валтер Гропијус (Walter Gropius) у периоду 1925–26. године. Потенцирање стаклене фасаде која покрива читаво крило зграде извршено је истурањем фасаде према споља у односу на габарит сутерена. Транспарентна фасада постављена испред армирано-бетонске носеће конструкције указивала је на ритам целокупног склопа, дајући утисак визуелне дубине композиције. Сама стаклена фасада је по први пут добила свој пуни смисао како у конструктивном, тако и у естетском смислу.



Слика 46. Зграда Баухауса, Деасу, Немачка, архитекта Валтер Гропијус, 1925–26. год.

Зид завесе заузеле су значајно место у архитектури пословних зграда у другој половини XX века. Низ технолошких открића, међу којима је најзначајније откриће *флот* стакла[14], интензивирао је развој стаклених фасада. Предложени концепти фасада у виду потпуно транспарентних, херметички застакљених, без могућности отварајућих поља; рефлектирајућих или двоструких фасада (Koolhaas, 2018), сведоче о потпуном занемаривању прозора у архитектури пословних зграда.

3. МЕЂУОДНОС ПРОЗОРА И ПРОСТОРА

Ретроспектива развоја прозора кроз историју показује његову повезаност са архитектонским токовима, развојем материјала и технологијом израде, као и са друштвеним и културним приликама. Такође се види да су његове основне функције, допремање ваздуха и светлости у просторију, различито третиране у архитектонској историји. Са једне стране је допремање ваздуха посматрано искључиво кроз потребу проветравања простора, при чему су постепено развијани механизми за отварање, док је са друге стране допремање светлости имало поред практичне и уметничку конотацију обликовања простора. Различите културне прилике одређених историјских раздобља наметале су ниво отворености унутрашњег према спољашњем амбијенту, што

[14] Израз *флот стакло* усвојен је од енглеске речи *float glass,* који означава технологију добијања равноваљаног стакла (Koolhaas, 2018).

је снажно утицало на величину, облик и позицију прозора као баријере. Повећавањем транспарентности стакла у квалитативном смислу дошло је до већих повезивања, као и до нових ставова по питању осветљења унутрашњег простора дневним светлом. Третирањем фасаде као лаке опне, у архитектури модернизма установљен је нови ред и распоред равни у архитектури, при чему је дошло до развоја транспарентности у феноменолошком смислу. Естетика модернизма, настала као потреба за здравим становањем и социјалном уравнотеженошћу, је у примарном смислу одређена великим, стакленим површинама и огољеним равнима.

Трансформација прозора од отвора у зиду до стакленог зида, која се десила у XX веку, пре свега је означена као потрага за светлошћу, а затим као потреба за отварањем унутрашњег ка спољашњем простору. Превелика загревања услед велике изложености сунчевом зрачењу, као и огромни губици топлотне енергије услед примене великих стаклених површина, наметнули су употребу разних система за заштиту од сунца, као и употребу нових материјала. Једном приликом Корбизије је изјавио да су „прозори најскупљи орган куће" (Samuel, 2007, 77), што се суштински поклапа са данашњом архитектонском праксом у којој примена изразито великих стаклених површина укључује примену разних система и просторних решења за заштиту од сунца, као и примену системских решења грејања и хлађења, при чему долази до увећања укупних трошкова изградње и одржавања објеката. Истраживања која су направљена у последњих неколико деценија показују да повећање стаклених површина на фасадама преко одређених граница не утиче на повећање нивоа осветљености простора дневном светлошћу, већ само на повећање губитака топлотне енергије.

Данашња архитектура је, за разлику од свих пређашњих, оптерећена разноврсном понудом тржишта, као и агресивним кампањама произвођача грађевинских материјала и елемената. Велика брзина размене информација довела је до смањења жеље за истраживањем и аналитичким размишљањем, већ паушалним прихватањем информација на нивоу фотографија. Такозвана *copy and paste*[15] архитектура доводи до погрешне интерпретације и пресликавања архитектонских детаља и решења, што за последицу има хладна и неприступачна или недовршена дела. Ово је највише изражено код материјализације и решавања детаља фасадне равни. За разлику од оваквих приступа, постоје примери у којима се питању примене дневне светлости,

[15] Копирај и пресликај, енгл.

транспарентности и нивоу отворености објеката прилази много студиозније. Управо те примере би требало користити у аналитичкој фази дизајна прозора.

Експанзија иновација нових материјала, у циљу побољшавања карактеристика прозора, је покренула нова преиспитивања у архитектури. Употреба вештачких материјала, који одишу безвременошћу, одваја човека од појма временског и историјског контекста остављајући га збуњеним, занемарујући осећај тактилности (Pallasma, 2007). Одабир материјала за израду прозора у највећој мери зависи од њихових карактеристика које се могу искористити за побољшавање перформанси прозора. Питање продубљивања осећаја визуелног доживљаја на нивоу чула додира, о коме говори Паласма, могло би тражити своје одговоре кроз примену и обраду одређених материјала. На овај начин дошло би до интеракције човека и прозора, као медијатора свих контраста у архитектури и животу.

3.1 Организација простора у архитектури и потреба за дневном светлошћу

Питање значаја дневне светлости на живот и здравље људи постало је актуелно у последњих неколико деценија. У том правцу су направљене бројне студије које посматрају његов утицај на функционални и здравствени карактер живљења. Резултати који су добијени значајно би могли утицати на организацију простора, облик, величину и распоред прозора у простору. Званичне смернице које се односе на неопходну количину светлости у простору још увек су изражене само површином прозора у односу на површину пода у просторији. Међутим, истраживања указују да је квалитет осветљености дневним светлом далеко комплексније природе. Наиме, данашњи стандарди се односе на минималне неопходне количине дневне светлости у просторијама разних намена, док се архитектонски трендови крећу ка све већим стакленим површинама. Архитекта Јухани Паласма (Juhani Pallasma) сугерише да данашња архитектура третира светлост као квантитативни феномен не упуштајући се у разматрање његовог квалитативног карактера. Као разлог томе он наводи да данашња технолошка и искључива култура настоји да уништи наш природни однос са светлошћу (Pallasma, 2016). Проблем настаје у одређивању максималне количине светлости која се толерише у простору. Са једне стране он наводи да светлост има двоструку улогу у нашем животу: она утиче на нашу видљивост и условљава цикличност наших живота. Видљивост нам помаже да се лоцирамо у простору, док цикличност утиче на наше

метаболичке процесе. Са друге стране, цитирајући Турела (James Turrell)[16], који каже да је наше око природно прилагођено нивоу светлости сумрака, закључује да је, услед природног рефлекса затварања очију како би се дошло до прихватљивог нивоа осветљења, савремена архитектура која базира своја достигнућа на визуелном искуству умањена применом превелике количине светлости (Pallasma, 2016).

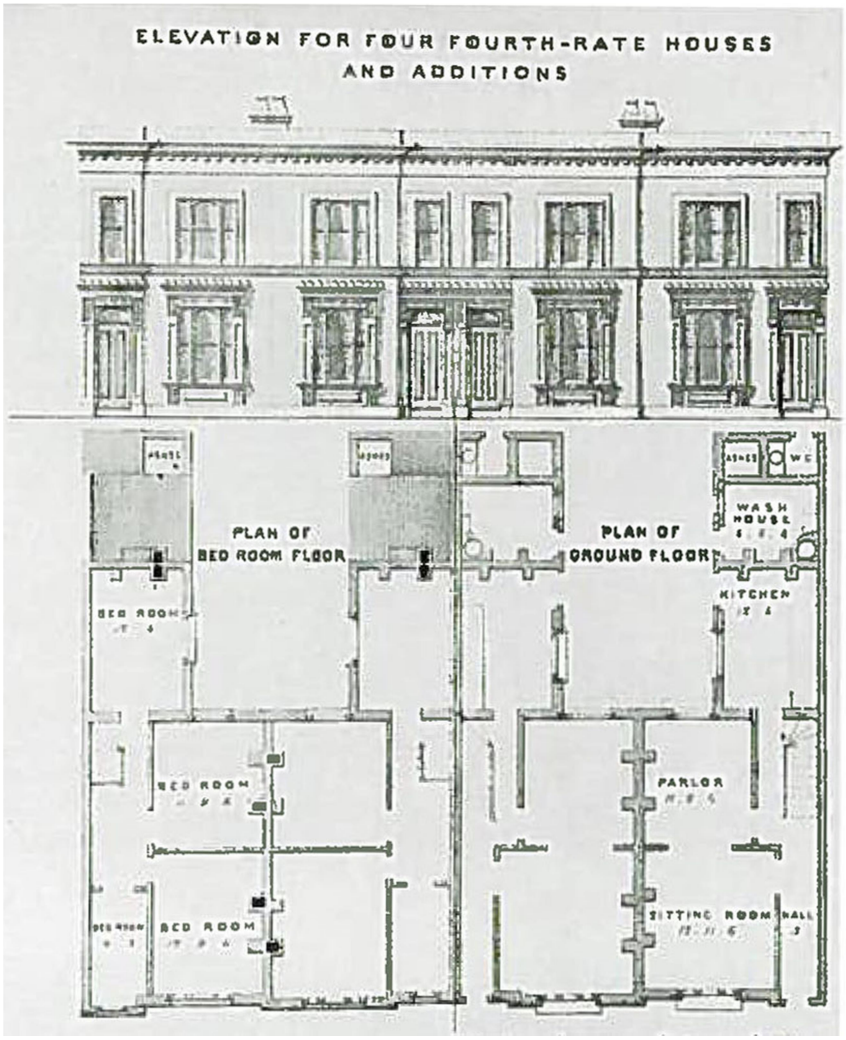
Посебан аспект светлости лежи у њеној способности да даје особен карактер архитектури, стварајући атмосферу и расположење подстицањем чула. Њена применљивост је непредвидива, али је наш сензибилитет у природној равнотежи са њом. Јухани Паласма указује управо на тај аспект значаја дневне светлости у архитектури који обрађује наш доживљај о простору, позивајући се на сећања, осећај природности услед цикличних промена које регулишу наш хормонски састав и атмосферских промена које у нама изазивају промену расположења. Та драматургија дневног светла потпуно је непредвидива. Непрепознавање њене сензибилности може деградирати простор, док промишљено каналисање њених квалитета потврђује његову уметничку вредност, као што је то случај са делима Луиса Кана (Louis Kahn), Алвара Алта, Луиса Барагана (Luis Barragan) и Тадаа Анда (Tadao Ando). Такође, он говори о односу светлости и сенке истичући да интеракција светлости и сенки даје простору волумен утврђујући његов карактер и изражајну снагу, на начин да „повремена и срећна помешаност хладног северног и топлог јужног неба у једном простору може дати осећај усхићења и среће" (Pallasma, 2016, 8).

Архитектура се, као одраз социјалних питања, врло често води разним тенденцијама, што за последицу има стварање и прихватање одређених архитектонских решења. Променом друштвених околности не долази увек и до промене тих решења. Она остају присутна, док се стварни проблеми и недостаци њихових елемената посматрају парцијално. Управо то се десило са прозором у архитектури XX века. Анализом метаморфозе прозора у XX веку, као и односа савремене архитектуре према дневном светлу, могло би се доћи до одређених смерница у дизајну прозора.

Промене у третману дневног светла у стамбеној архитектури десиле су се на почетку XX века као реакција на изразито лоше услове становања у XIX веку. Нагло повећање густине насељености изазвано је индустријализацијом друштва, при чему становништво из руралних средина мигрира у градове. Затечена разлика у условима становања богатих и сиромашних још више је потенцирана наглим порастом броја

[16] James Turrell, амерички уметник који се бави питањима светла и простора.

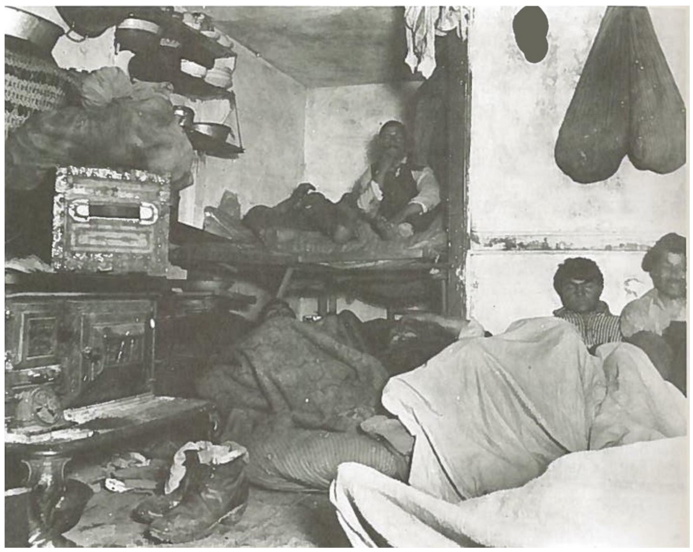
становника у градовима. У литератури се наводи да су недостатак светла и недовољно проветрени простори, уједињени са повећаном влажношћу ваздуха, били главни узрочници многих болести (Corrodi & Spechtenhauser, 2008).



Слика 47. Кућа богатог сталежа крајем XIX века у Енглеској Типичан пример организације просторија у низу код кога су значајније просторије оријентисане према улици. Ритам прозора је у потпуности подређен стилском обликовању фасаде.

Слика 48. Услови становања у кућама добростојећих

Слика 49. Пример плакар-спаваће собе без прозора.



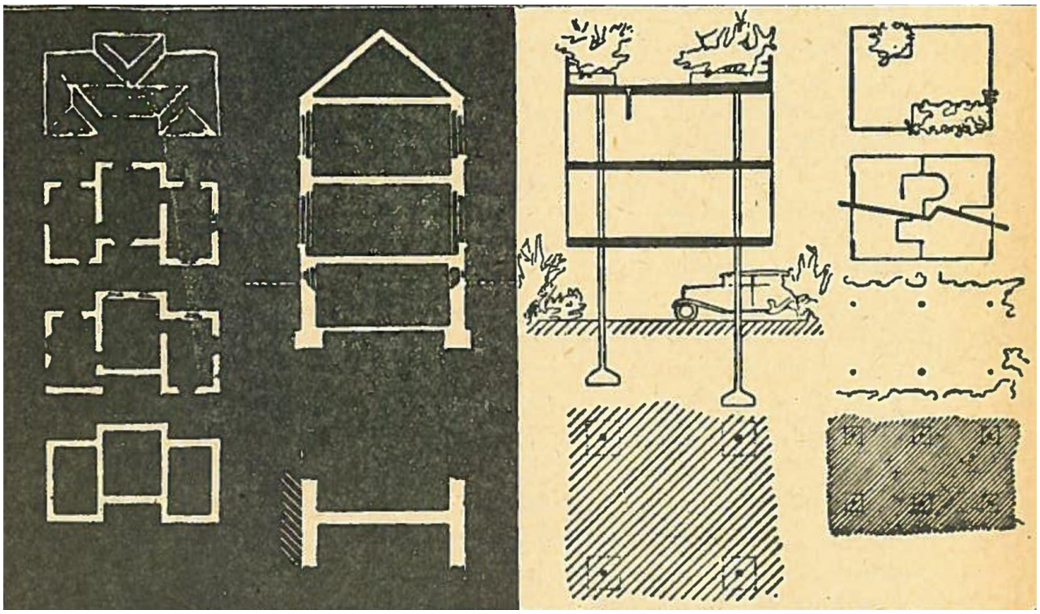
Слика 50. Катастрофални услови становања
(1 m^2 по човеку) радника на крају XIX века у Њујорку

У циљу побољшања стамбених услова, спроведена су истраживања о утицају дневне светлости на здравље људи, при чему је откривено да сунчева светлост има дезинфекционо дејство захваљујући својој способности да убија клице (Corrodi & Spechtenhauser, 2008). Тежња да стамбени простори буду што више обасјани сунчевом светлошћу од тада, па све до данас, је примарна тенденција у стамбеној архитектури. Захваљујући историјском тренутку и покушајима решавања социјалних питања милиона људи у периоду између два светска рата, модернистички покрет је прихватио идеју здравог становања, чиме је наметнуо један потпуно нов начин пројектовања стамбених зграда.

Већ од 1920. године под слоганом „светло, ваздух, сунце", модернисти пропагирају нову архитектуру социјалне једнакости. Испитујући економску исплативост грађевина у контексту примене одређених материјала у квантитативном и квалитативном смислу, долазе до закључка да је бетонски конструктивни систем стубова и плоча висине 2.4 m, уместо до тада актуелних 3m идеално решење (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 56). Могућност повлачења стубова унутар простора омогућила је формирање великих отвора на фасади, док је систем стубова елиминисао употребу масивних зидова унутар простора, што је омогућило слободнију организацију простора.

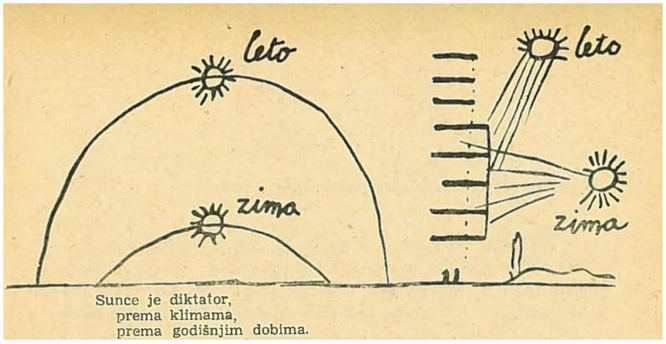
Посматрајући поражавајуће услове становања између два светска рата у Француској, Корбизије се на свеобухаватан начин бави социјалним питањима просечне породице. Полазећи од идеје да сунчев дан, у трајању од 24 часа, даје ритам људској активности кроз остварење осмочасовних функција рада, одмора и спавања, он истиче

значај правилне урбанизације спроведене пре свега формирањем нових урбаних целина, при чему се мора имати на уму човекова нераскидива веза са природом, као и суштинска потреба за сунчевим зрачењем (De Pierrefeu & Le Courbusier, 1957). Оваква размишљања одвела су га даље, у дефинисање форме стамбених објеката, при чему примењује своју анализу конструктивног армирано-бетонског система.

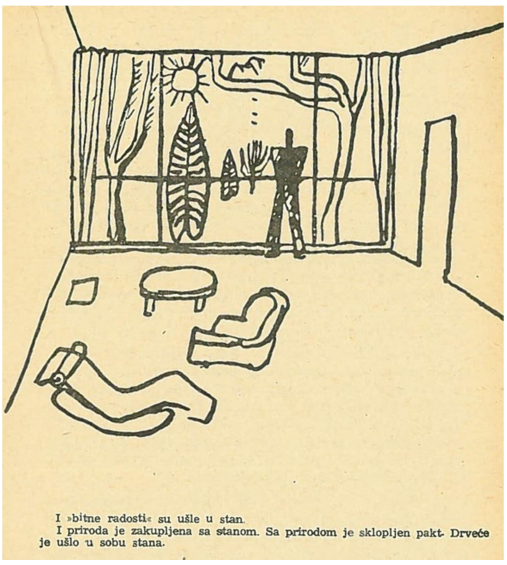


Слика 51. Предности новог конструктивног система у односу
на пређашње решење масивних зидова према Корбизијеу

Као највеће добробити овакве архитектуре он наводи: независан скелет, слободну фасаду, слободно тло под кућом и формирање баште на крову (De Pierrefeu & Le Courbusier, 1957, 107). У том циљу, архитекте будућности ће морати да се баве: темељењем, ношењем, покривањем и обавијањем (De Pierrefeu & Le Courbusier, 1957, 111). Третман фасадне равни као лаког омотача омогућио је повећање димензија и броја прозора, при чему је омогућена примена новог приступа у организацији унутрашњег простора, решавању односа са околином и оријентисања у односу на стране света. Извршено је груписање просторија по функцијама на просторије за спавање, дневне активности, обедовање и кување са препорукама најповољније оријентације у односу на стране света. Тако је спавање оријентисано према истоку, а дневне активности и обедовање према југу или западу. Такође је уведена анализа удаљености суседних објеката у смислу заклоњености и снабдевања адекватном количином светлости (Corrodi & Spechtenhauser, 2008).



Слика 52. Корбизијеова анализа положаја отвора на фасади у односу на положај сунца

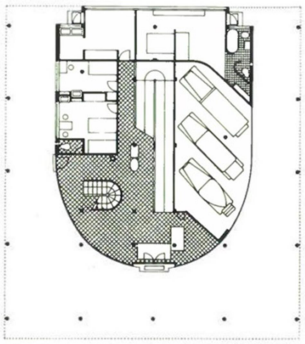


Слика 53. Корбизијеова анализа могућности остваривања контакта са природом

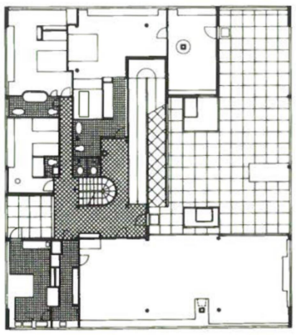
Пројекат виле Савоја (Savoie) из 1928–30. године представља Корбизијеово настојање да примени утврђене доктрине. Главне просторије које функционално збрињавају осмочасовну поделу на разоноду и спавање налазе се на I спрату. Дневна соба је оријентисана својом дужом димензијом према северозападу и југоистоку. Тракасти прозори на северозападу, који заузимају средњу зону зида по висини, зими у потпуности пропуштају ниске упадне зраке, док површина зида у натпрозорнику заклања улаз високих сунчевих зрака у летњем периоду. Стаклена, клизна површина, која се по висини протеже од пода до плафона, представља излаз на терасу са југоисточне стране, прихватајући добар део источног сунчевог осветљења изјутра и велику количину дневне светлости током читавог дана. Својом ужом страном дневна соба, као и дужа страна терасе, оријентисане су према југозападу. Заштиту од превеликог осунчања са ове стране, такође, представљају тракасти прозори са широким надсветлом које се наставља дуж терасе. Групацију спаваћих соба Корбизије оријентише према североистоку, поштујући утврђену доктрину.

Међутим, вила Савоја не представља само Корбизијеове напоре да правилно оријентише објекат и да обезбеди велику количину светлости. Напротив, код ње се дешава и онај други аспект везан за прозоре као баријере између спољашњости и унутрашњости. Коментаришући вилу, Савоја Гидеон (S. Giedion) каже да Корбизије у свим својим радовима тежи да отвори зграду, да повеже спољашњост и унутрашњост, као и да међусобно повеже унутрашње просторе. Међутим, наводи он, код виле Савоја

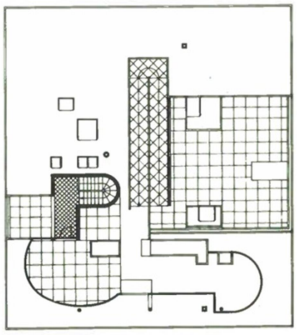
Корбизије успева да задовољи захтеве инвеститора да поред непосредног контакта са окружењем омогући и поглед (Giedion, 1969). Може се закључити да положај и облик прозора проистиче из свеобухватног и истовременог сагледавања оба аспекта. Распоред и облик прозора на дневној соби условио је централно концентрисање положаја намештаја што за последицу има повећање неопходне квадратуре.



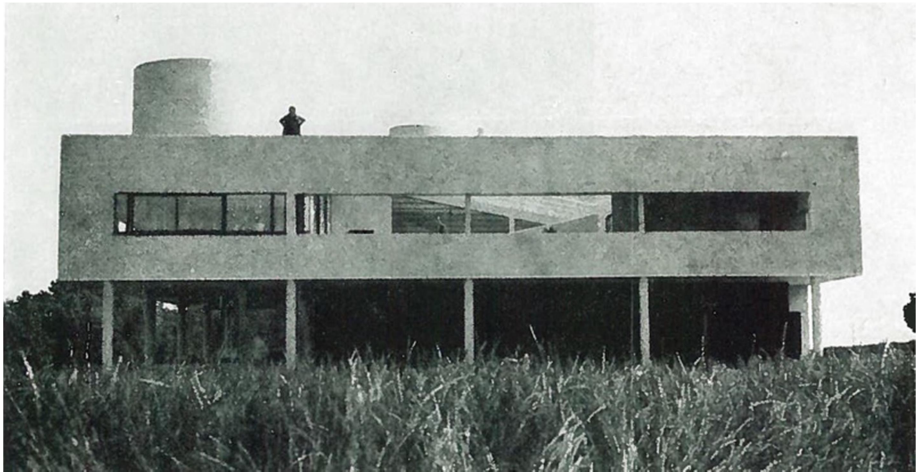
Слика 54. Вила Савоја
Основа приземља



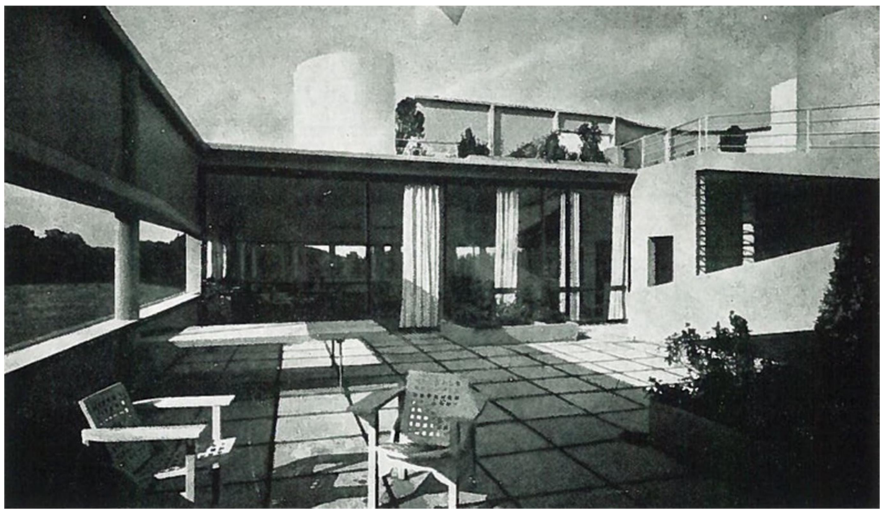
Слика 55. Вила Савоја
Основа I спрата



Слика 56. Вила Савоја
Основа кровне терасе

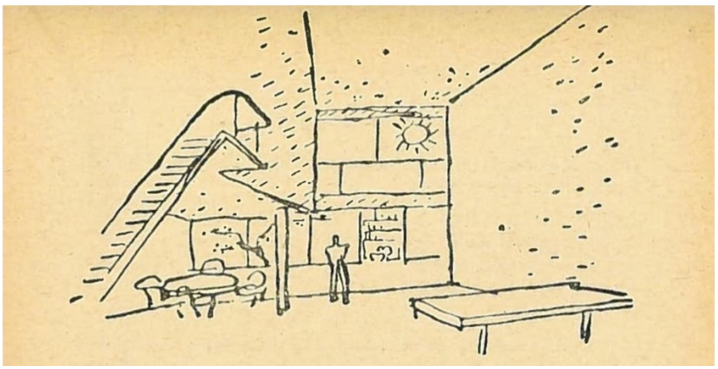


Слика 57. Вила *Савоја*, Корбизије, 1928–30. год.
Северозападна фасада



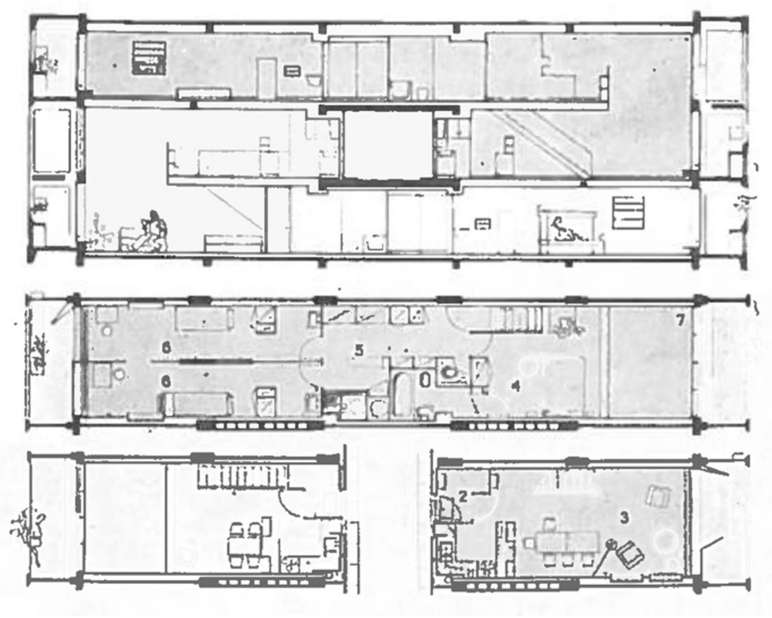
Слика 58. Вила *Савоја*, Корбизије, 1928–30. год.
Поглед на терасу на I спрату према стакленим клизним вратима

Како су идеје модернизма пренесене на концепт социјалног становања, може се видети на примеру Корбизијеовог подухвата (Unité d'Habitation) сграђеног у Марсеју, 1947–52. год. Пројекат је намењен смештају 1600 људи у 337 станова, при чему постоје 23 различите организационе шеме станова. Зграда је оријентисана својом дужом димензијом према истоку и западу (Giedion, 1969). Конфигурацијом станова на две етаже, који гледају на обе стране, Корбизије спроводи утврђена правила пројектовања дајући предност дневном боравку, који се увек налази на доњој етажи, при чему повлачењем горњег спрата постиже његову спратну висину од 4.4 m. Заштиту од претераног осунчања просторија постиже повлачењем стаклене равни у дубину лође и применом свог изума *брисолеја*[17] у виду бетонских греда изнад прозора штитећи унутрашњи простор од најтоплијих, подневних сунчевих зрака.



Слика 59. Корбизијеова анализа двоструке висине просторије у
дневном боравку у згради социјалног становања у Марсеју, 1947–52. год.

[17] *Brisesoleil* – архитектонски елементи фасаде које је иновирао Корбизије, а намењени су заштити од сунца.



Слика 60. Организација двоетажних станова у згради у Марсеју, Корбизије

Стандардизација коју је увела архитектура модернизма убрзала је и појефтинила изградњу социјалних станова, при чему је многе архитектонске елементе, међу којима је и прозор, пренела на ниво серијске производње. Интересантна је чињеница да је Корбизије, за разлику од својих савременика који су преферирали челичне прозорске оквире, пројектовао прозоре од дрвета, односно, храста. Према неким објашњењима, Корбизије је давао предност дрвету код клизних прозора због потенцирања одвојености клизних равни настале услед већег габарита профила. На тај начин стварао је утисак серије паралелних равни и феноменолошку транспарентност. Његови тракасти прозори били су композиција фиксно застакљених поља, отварајућих крила око вертикалне осе са стране или окретних поља око средишње вертикалне осе. Оптерећен ценом прозорских композиција које је креирао, покушавао је да упрости њихову комплексност, чинећи их једноставнијим за израду (Samuel, 2007).

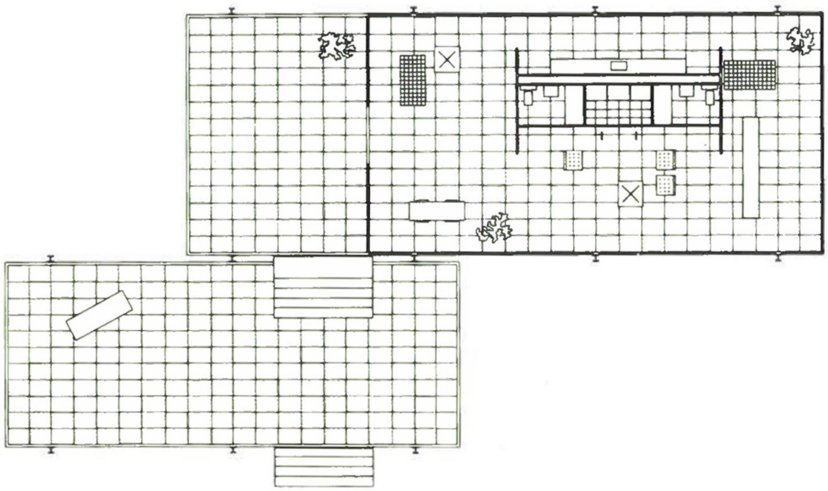
Корбизије је настојао да у своје објекте унесе што више природног светла повећавајући учешће стакла у архитектури. Међутим, уједињавање идеје социјалног и здравог становања производило је одређене контрадикторности. Његова прећашња опсервација да су прозори најскупљи органи куће и тежња да понуди решење што исплативије градње су се стално сукобљавали. Коначно је идеја *pan de verre*[18], односно стаклени зид, произишла из његове љубави према идеји клима-уређаја, чијом

[18] *Pan de verre* – француски израз за стаклени зид.

употребом економски приступачније фиксно застакљење позиција налази своје оправдање (Samuel, 2007).

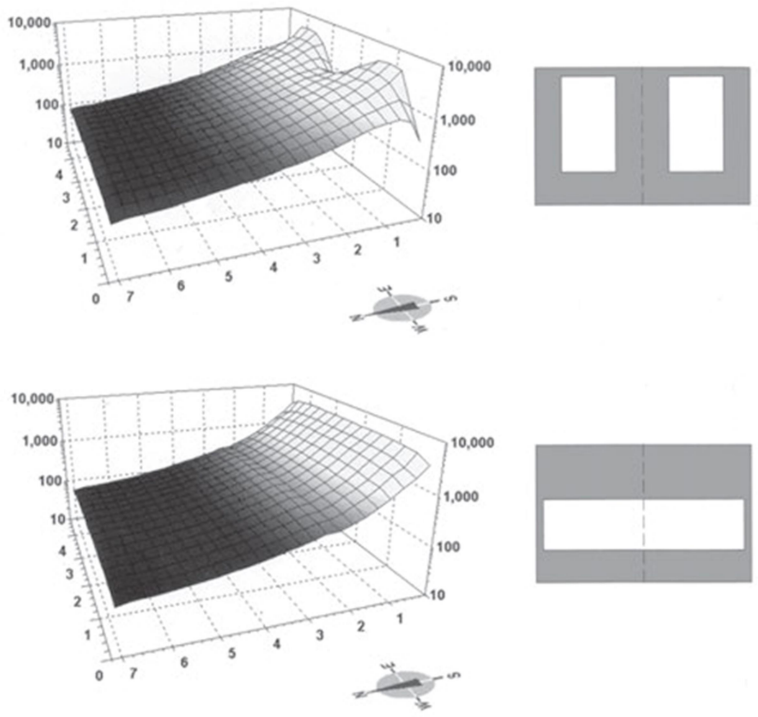
У годинама које су следиле многе архитекте су са одушевљењем прихватиле естетику стакленог зида, што је у једном моменту резултирало појавом стаклене куће. Кућа Фарнсворт (Farnsworth) Мис ван де Роа је један овакав пример. Његов задатак је био да у потпуно природном окружењу пројектује кућу за одмор кроз контемплацију и повезивање са природом. Кућу чине три равни: тераса у облику најниже платформе, под куће подигнут у односу на терасу и терен и раван кров. Последње две равни повезује 8 челичних стубова и стаклени зидови са свих страна. Потенцирана хоризонталност уноси мир у целокупну композицију. Ентеријер је потпуно подређен стакленом омотачу. У средини простора се налази дрвени кубус у коме су смештени кухиња и купатило, док је спаваћи део издвојен од дневног боравка слободно стојећом гардеробом. Покретни намештај је концентрисан према средини простора обезбеђујући могућност прилажења стакленим зидовима.

Слика 61. Кућа Франсворт, Мис ван де Рое, Илиноис, 1946–51. год.



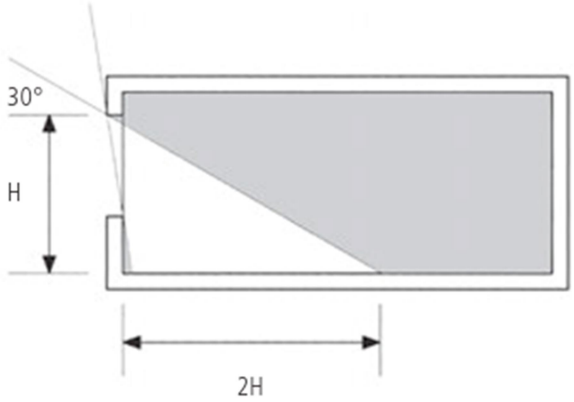
Слика 62. Основа куће Франсворт, Мис ван де Рое, Илиноис, 1946–51. год.

Естетика модернизма, која је још увек присутна, а коју је данас лакше остварити захваљујући бројним иновацијама, је наметнула нов однос архитектуре према прозору. Трансформација од вертикалног, преко тракастог прозора, до стакленог зида, која се десила у првој половини XX века, имала је своје недостатке. Са данашње тачке гледишта ти недостаци су се манифестовали у виду великих топлотних губитака кроз једноструко застакљење, као и појаву кондензације на унутрашњој страни прозора због слабих термичких карактеристика, великих продувавања ваздуха и продора воде услед недовољно развијених система окивања за разне врсте отварања и слабе заптивености. Још један од недостатака архитектуре модернизма је у превеликој осунчаности унутрашњег простора. Сами модернисти су увидели проблем претеране количине директних сунчевих зрака, те су у циљу његовог решавања изумели разне фасадне системе. Ту спадају Корбизијеови брисолеји у облику бетонских хоризонталних и вертикалних испуста на фасади и Рајтове широке кровне стрехе. Данашња истраживања на тему дистрибуције дневне светлости у простору показују да су неке тврдње модерниста биле нетачне. Корбизијеов закључак да хоризонтални прозори нуде могућност максималне осветљености, поткрепљен његовом изјавом да тракасти прозор који се простире целом дужином зида обезбеђује осам пута више светла него вертикални прозор исте површине, показао се нетачним. Испитивања су показала да тракасти прозори дају добро, униформно осветљење на радној површини дуж целе своје дужине, али да пружају слабију осветљеност од вертикалних прозора у дубини просторије. Разлог томе је већа стаклена површина вертикалних прозора у вишим деловима зида (Corrodi & Spechtenhauser, 2008).



Слика 63. Дијаграми прерасподеле дневног светла у односу на облик прозора јужне оријентације, према (Corrodi at al, 2008, 140).

Узимајући у обзир правило 30° које показује да је дубина осветљеног простора једнака две висине горње ивице прозора од пода, може се закључити да висина прозора има највише утицаја на количину дневне светлости у просторији. Такође се наводи да стакло у зони од коте пода до 80 cm висине нема никакву улогу на допремање светлости у просторију, а драстично утиче на смањење топлотне енергије (Corrodi & Spechtenhauser, 2008). Ово указује на чињеницу да присуство стаклених зидова у архитектури није поткрепљено излажењу у сусрет захтеву за повећањем количине дневне светлости.



Слика 64. Правило 30°, према (Corrodi at al, 2008, 133).

Стаклене куће су као врхунац трансформације у модернизму донеле још један проблем, а то је осећај нелагодности, изазван пре свега преламањем и рефлексијама на стаклу. Недефинисан однос екстеријера и ентеријера даје осећај збуњености и смањује осећај приватности. Коментаришући стаклену кућу (Glass House, New Sanan, Connecticut) из 1949. године, коју је саградио за себе, архитекта Филип Џонсон (Philip Johnson) је изјавио: „Не могу да радим у стакленој кући. Превише веверица јури унаоколо" (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 104).

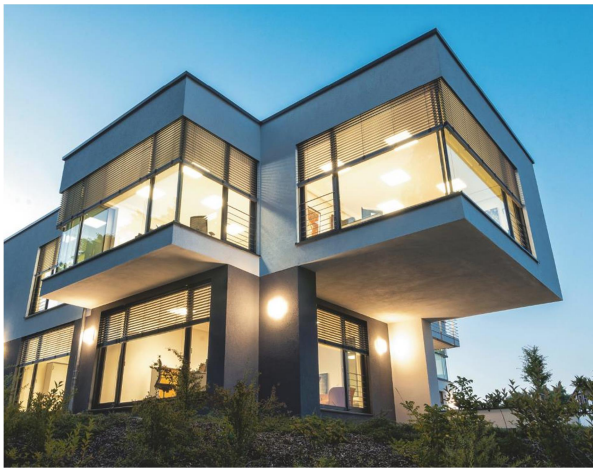
Крај модернистичког покрета у архитектури, који се десио шездесетих година прошлог века, није представљао дефинитивно напуштање његових тековина. Још један покушај преиспитивања архитектонских вредности трајао је неколико наредних деценија. Сматра се да је 1990-их дошло до још једног преокрета од форме ка површини и да „савремена архитектура тежи да буде очишћена, неутрализирајућа површина која настоји да усвоји на што флексибилнији начин промене у корисничким захтевима" (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 108). Такође се наводи чињеница да данашњи дизајн фасада одређује архитектонски волумен и његово прилагођавање окружењу, а да је његова реализација олакшана применом нових конструктивних система и материјала (Corrodi & Spechtenhauser, 2008). Иновације, које иду у прилог побољшању карактеристика стакла, су допринеле да данашња понуда стакла на тржишту покрива и најекстремније захтеве пројектаната. Употребом разних премаза и филмова могу се израдити стаклене површине са задовољавајућим коефицијентом термичке проводљивости на основу регулисања количине пропуштених сунчевих зрака одређеног упадног угла. Такође су иновирани и системи за заштиту од директног сунчевог зрачења, као што су сатинирана стакла, настрешнице, ролетне, жалузине, брисолеји, гриље и капци. На тај начин данашња архитектура може да контролише ниво транспарентности.

У литератури се наводи постојање два типа фасада дефинисаних у односу на примењену заштиту од сунца: једнослојна фасада код које је елемент заштите од сунца у истој фасадној равни са прозором и двослојне фасаде код којих је елемент заштите од сунца дистанциран у односу на прозорску раван (Corrodi & Spechtenhauser, 2008). Први случај захтева интеграцију система заштите од сунца и прозорског рама кроз решавање једне фасадне равни, док су код другог то два потпуно независна фасадна елемента.

Слика 65. Једнослојна фасада
Заштита од сунца израђена је у виду
настрешнице са брисолејима
(Griieco House, Андовер, 1954–55. год)

Слика 66. Једнослојна фасада
Клизни капци штите од сунчевог зрачења
(Riegler & Riewe, Грац, 1992–94. год)

Слика 67. Једнослојна фасада код које су елемент
заштите од сунца и прозор непосредно повезани
Пример прозорских намотавајућих ролетни
немачког произвођача *Roma*



Слика 68. Једнослојна фасада код које су
елемент заштите од сунца и прозор
непосредно повезани
Пример прозорских жалузина са скривеном
кутијом и могућношћу подешавања угла
ротације ламела немачког произвођача *Roma*

Слика 69. Двослојна фасада код које су елемент заштите од сунца и прозор постављени у две независне равни
Пример унутрашњег дворишта застакљеног сатинираним стаклом које директне сунчеве зраке преводи у дифузну светлост
(*SANAA*, Кућа М, Токио, 1996–97. год)

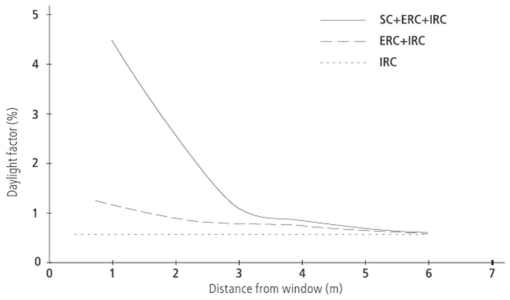
Слика 70. Двослојна фасада код које су елемент заштите од сунца и прозор постављени у две независне равни
Систем склапајућих капака затвара лођу док се стаклена фасада налази у дубини
(*Herzog & de Meuron*, Базел, 1991–93. год)

Данашње тенденције за употребом великих стаклених површина у архитектонским фасадама, као и неминовност интегрисања система за заштиту од сунчевог зрачења производе јако скупа и компликована решења. Одговор на постављено питање да ли су простори иза тих фасада квалитетније снабдевени дневним светлом, могао би бити од помоћи у аналитичкој фази дизајна прозора.

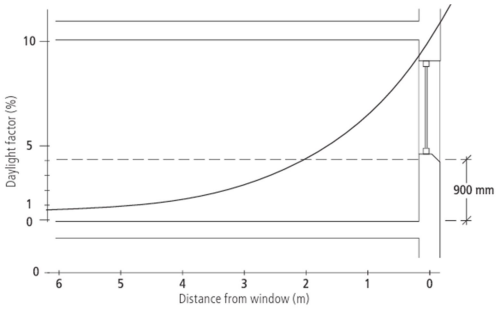
Недавно уврштена дисциплина дизајнера светла спровела је разна истраживања на пољу неопходне количине дневне светлости у животном простору. Квалификација добро осветљеног простора дневном светлошћу је још увек нејасна. Комплексност овог одређивања долази од податка да светлост поред своје функционалне особине има и свој „естетски, емотивни и соматски значај" (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 129) у људском животу. Према дизајнерима светла, функционални аспект осветљења дневним светлом у простору, зависи од његове квантитативне и квалитативне вредности. Квантитативне вредности означавају количину осветљења, утичу на јасну видљивост и правилну дистрибуцију светла. Квалитативне вредности зависе од односа светла и сенки, као и од ефикасности заштите од блеска. Естетски и емотивни значај светлости

теже је дефинисати, а управо они утичу на осећај пријатности и комфора у простору. Соматски значај светлости је тема многих истраживања, а односи се на утицај светлости на физичко здравље људи (Corrodi & Spechtenhauser, 2008).

Уколико узмемо у обзир коментар да добро осветљен простор не значи да је највећи проценат његове површине осветљен, већ да је осветљен тако да „светлост наводи поглед и контролише перцепцију посматрача акцентујући поједине детаље простора" (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 129), онда свакако можемо рећи да примена великих стаклених површина није кључ решења. Поједини архитектонски примери говоре о префињеном коришћењу дневне светлости. Међутим, креирање простора у коме је дневна светлост вођена и усмерена ка жељеним детаљима могућа је једино уз познавање основних начела дизајна дневног светла. Спољашњи фактори који утичу на количину дневног светла у простору су: климатска зона у којој се објекат налази, с обзиром на то да број сунчаних дана варира у различитим климатским поднебљима; окружење објекта; оријентисаност објекта у односу на стране света и запремина и облик фасаде објекта. Количина дневног светла која улази кроз прозор означена је са DF[19], она означава укупну количину светлости која долази од видљивог дела неба кроз прозор SC[20], светлости која настаје спољном рефлексијом о околне објекте ERC[21] и светлости која настаје унутрашњом рефлексијом о површине у ентеријеру IRAC[22]. Када је просторија осветљена само са једне стране, највећи удео у добијеној количини светлости имају SC и ERC, док се кретањем према дубини појачава удео компоненте IRC (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 134).



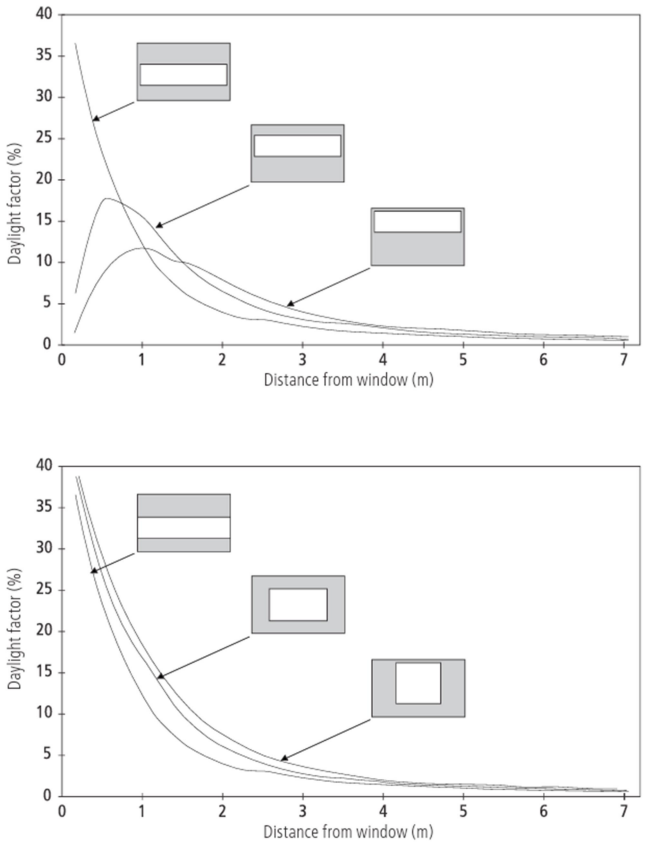
Слика 71. Прерасподела DF фактора у ентеријеру у односу на компоненте SC, ERC и IRC и дубине просторије, према (Corrodi at al, 2008, 134).



Слика 72. Опадање фактора DF при удаљавању од прозора код просторија осветљених само са једне стране – правило 30°, према (Corrodi at al, 2008, 138).

[19] DF Daylight Factor
[20] SC Sky Component
[21] ERC Externally reflected component
[22] IRAC Internally reflected component

На приложеним дијаграмима се очитава да количина дневне светлости рапидно опада са удаљавањем од прозора. Правило 30° показује велики удео односа висине и дубине простора на количину дневне светлости која продире у простор. Истраживања су још показала да величина и положај прозора имају више удела на количину осветљености простора од њиховог облика. Тако је према извршеним мерењима утврђено да у просторији дубине 3 m прозори површине 40–50% од површине зида дају добро природно осветљење (DF=2%), а да се повећањем површине прозора на 50–60% не добија значајно побољшање нивоа осветљености, као и да се повећањем површине прозора на 65% појављује проблем загревања простора услед великих стаклених површина. У наставку се додаје да прозорске површине испод нивоа радне површине (80 cm од пода) мало доприносе количини осветљења, а знатно утичу на губитак топлоте из просторије (Corrodi & Spechtenhauser, 2008).



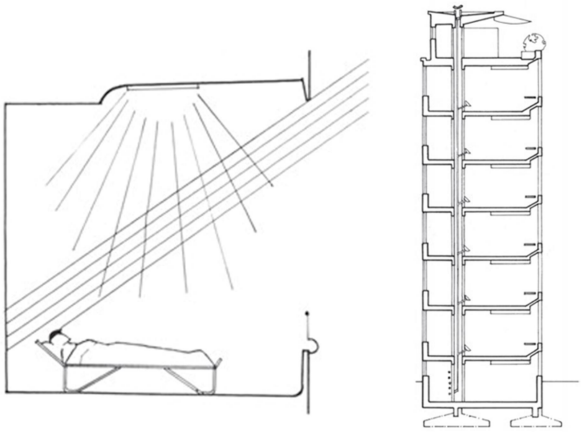
Слика 73. Вредности фактора DF у односу на положај и облик прозора. Најбољу осветљеност по дубини просторије пружају тракасти прозори на највишој коти зида, док највећи удео у осветљењу простора имају отвори на вишим котама без обзира на њихов облик, према (Corrodi at al, 2008, 139).

Аутори сугеришу да би се количина светлости у просторији могла знатно повећати у фази пројектовања на неколико начина: пројектовањем дугачког тракастог прозора непосредно испод плафона, као у промеру куће Галвез (Gàlvez) Луиса Барагана; активирањем рефлексије са плафона постављањем високорефлектујуће равни са спољне стране прозора, као што је то урадио Ричард Нојтра (Richard Neutra) постављањем базена испред стакленог зида на кући (Chey); закошавањем парапета и натпрозорника као у примеру санаторијума за туберкулозне болести Алвара Алта или променљивом спратном висином, као у пројекту студија MVRDV у стамбеној згради Тоник (Thonik) (Corrodi at al, 2008).

Слика 74. Тракасти прозор постављен непосредно испод плафона у циљу повећања светлости. Кућа Галвез, Луис Бараган, Мексико Сити, 1955. год.

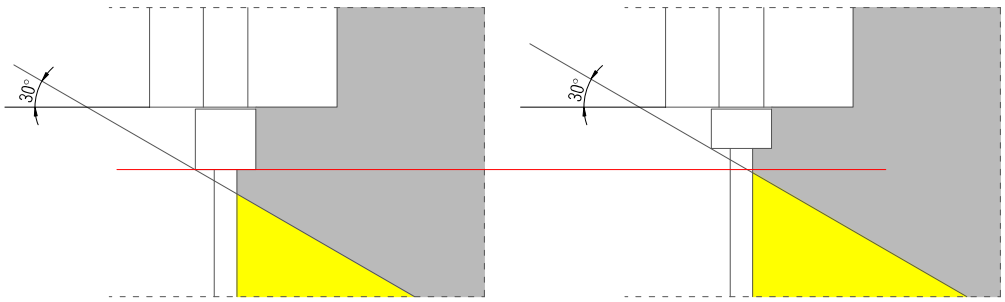
Слика 75. Употреба рефлектирајућих површина у циљу повећања светлости. Кућа Chey, Ричард Нојтра, Лос Анђелес, 1956. год.

Слика 76. Примена променљиве спратне висине у циљу повећања светлости. Стамбена зграда Thonik, MVRDV, Амстердам, 1998–2001. год.



Слика 77. Примена закошења натпрозорника и надвратника у циљу повећања светлости. Санаторијум у Финској, Алвар Алто, 1928–1933. год.

Наведене информације могу послужити у аналитичкој фази дизајна прозора у делу одређивања максималних димензија прозорских рамова, који је са друге стране повезан са статичким карактеристикама профила. Искуство произвођача прозора иде у прилог повећању димензија профила упоредо са повећањем димензија прозорских рамова. Применом правила 30º на детаљ прозорског рама, може се закључити да повећање димензије профила смањује количину светлости која улази кроз прозор. С обзиром на чињеницу да на истом архитектонском објекту могу постојати прозори разних димензија, количина светлости ће зависити и од величине укупног прозорског рама и од величине прозорског профила. Проналажење исправног односа те две димензије припада дизајнерском процесу.



Слика 78. Примена правила 30º на профил прозорског рама потврђује податак да величина прозорског рама утиче на количину дневне светлости која улази у просторију кроз прозор

Постизање веће количине дневне светлости није једина тежња дизајнера светла. Они наводе да униформно светло није довољно да би се на квалитетан начин перципирао простор, већ да регулисањем нивоа осветљености појединих зона долази до побољшања визуелне оријентације, као и до селектованог приказивања информација о простору. На овај начин подстичу се амбијенталне вредности простора и квалитативне вредности осветљења. Показало се да одређен проценат сенки позитивно утиче на доживљај пластичности предмета у простору. Светлост која продире у просторију састоји се од директног и дифузног светла. Директно светло долази директно од извора, у овом случају, сунца. Оно даје оштре сенке у близини прозора, док се удаљавањем од прозора њихова оштрина губи. Дифузно светло се добија рефлектовањем директног светла о облачно небо, површине у екстеријеру и ентеријеру. Његов интензитет је слаб и углавном служи за фино моделовање површина у простору, при чему се добијају фине бестежинске форме (Corrodi & Spechtenhauser, 2008). Контролисаним вођењем односа директног и дифузног светла стварају се жељени амбијенти у простору.

Слика 79. Пример дифузног осветљења у ентеријеру
(Paul de Ruiter, Mercator 1 истраживачки центар, Холандија, 1996–98. год)

Слика 80. Ритмични отвори у зиду смањују количину дифузног осветљења (Franck Hammoutène, Стамбени блок, Париз, 1998–2000. год)

Слика 81. Примена апсорбујуће равни за смањивање дифузног светла у простору (Kazuyo Sejima, Кућа Y, Јапан, 1993–94. год)

Феномен блеска је још једна компонента која утиче на квалитет дневне светлости у простору. Сматра се да он представља вид визуелне буке. Постоје две врсте блеска које се разликују у простору: директан блесак и блесак настао рефлексијом светлости о неку сјајну површину. Директан блесак долази од самог извора светлости. Угао директног блеска одређен је положајем ока посматрача, извора светлости и предметом посматрања. Избегавање директног блеска најлакше се спроводи пројектовањем положаја прозора који су изван равни вида посматрача. Блесак изазван рефлексијом светлости о сјајну површину у простору једноставно се избегава померањем тих површина. Међутим, постоји разграничење на блесак настао прејаким зрачењем светлости са неке површине у видном пољу и блесак настао прејаким контрастом у видном пољу. Први настаје употребом великих стаклених површина потпуно изложених сунчевом зрачењу. Други се дешава услед контраста јако осветљеног прозора и зида (Corrodi & Spechtenhauser, 2008).

Слика 82. Индиректно постављени прозори смањују учешће блеска у ентеријеру (Arman Kathan, Martin Schranz и Erich Strolz, Стамбена зграда, Инсбрук, 1995–96. год).

Слика 83. Оборене ивице зида око прозора смањују светлосни контраст прозора и зида (Johhanes Kaufman, Кућа PAVI, Steiermark, 2001–02. год).

Естетска и емотивна компонента дневног светла све више заокупља интересовање архитектонске јавности. Оне се пре свега односе на употребу великих стаклених површина у стамбеним просторима. Аутори сугеришу да би превише светлости могло значити губитак дома с обзиром на то да је „данашња архитектура, у модернистичком маниру, фокусирана на потребе људи као рационалних бића, при чему се брише све што је уписано у њихову историју" (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 183). При томе би опис савремених стамбених објеката могао бити да су то „транспарентне капсуле са отвореним собама, дуплом висином и погледом кроз и у објекат" (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 183).

Социјална истраживања, спроведена 1960-их година, на тему психолошког стања људи повезаног са атмосфером у њиховим домовима, направила су разлику између физиолошког и психолошког комфора. У сфери физиолошког комфора две ствари се односе на тему дневног светла: феномен блеска и употреба великих стаклених површина. Блесак опструира вид, док велике стаклене површине производе топлотне губитке чиме утичу на смањење комфора. Такође, материјали који су примењени у простору имају значајну улогу у термичком комфору који се огледа у температури површине материјала. На тај начин дрво се сматра комфорним материјалом, за разлику од стакла. Због тога је прозор најхладнија и најнекомфорнија тачка простора.

Психолошки комфор се огледа у осећању заштићености и сигурности у датом простору. Дубоко укорењена људска потреба за заштитом и сигурношћу, која је повезана са осећањем мира и пасивности, налази упориште у масивности облика. Социолози наводе да се особа осећа сигурно у просторији која је бар 50% затворена или у оној која је затворена са две стране. У међувремену, многе вишеспратне зграде негују архитектуру стаклених зидова, упркос чињеници да страх од висине, који није редак феномен, драстично смањује осећај сигурности у таквим просторима (Corrodi & Spechtenhauser 2008).

На психолошко стање људи изазвано боравком у одређеном простору утиче још и ниво интеракције приватног и јавног простора, који се односи на положај и величину прозора. У том смислу скренута је пажња да су природни пејзажи, којима су стремили модернисти у савременој архитектури, замењени урбаним сликама са асоцијацијом на загађеност ваздуха и присутност буке (Corrodi & Spechtenhauser, 2008).

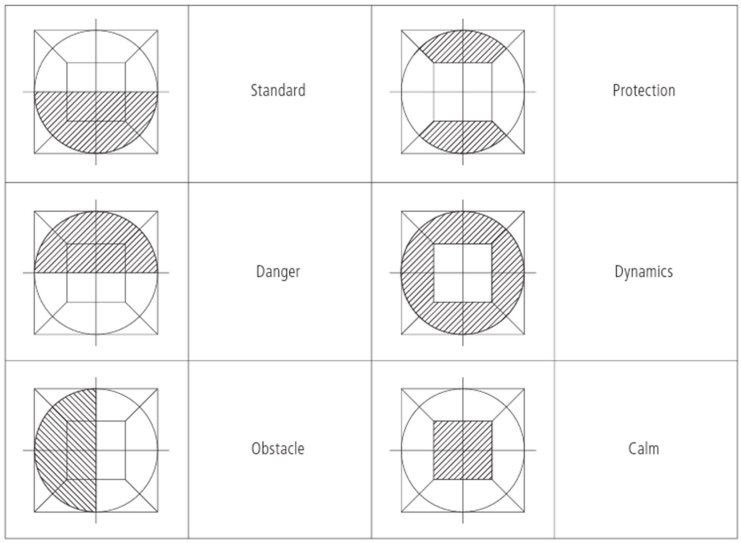
Формирање кутака, ниша или других форми које акцентују заклоњеност у простору, наводи се као добар правац у обезбеђивању животног комфора (Corrodi &Spechtenhauser, 2008). Специфичност оваквих места је индиректно, дифузно светло и заклоњеност од погледа, што се, опет, постиже креирањем посебних фасадних елемената и просторних форми.

Слика 84. Осећај приватности у простору постигнут је стварањем амортизујуће просторне форме у виду застакљене лође транспарентним и нетранспарентним стаклом (Delugan Meissl Associated Architects, Беч, 1991–2001. год).

Слика 85. Осећај приватности у простору постигнут је формирањем кутка у простору (Алвар Алто, Вила *Маирea*, 1938–39. год).

Слика 86. Осећај приватности у простору постигнут је комплетним скривањем погледа употребом сатинираног стакла (SANAA, Кућа М, Токио, 1996–97. год).

Интересантна су истраживања која говоре о светлости као просторном искуству, а која такође утичу на облик и димензију прозора. Она указују на повратну реакцију код људи у односу на распоред светлих и тамних зона. Према њима, просторија чији су нижи делови мање, а виши више обасјани светлошћу, производи уобичајену реакцију код људи, док обрнута прерасподела светлости изазива страх. Уколико се у дубини просторије налази стаклени зид, а околни зидови су у тами, просторијом доминира осећај динамичности, док би обрнута ситуација производила осећај мира и равнотеже (Corrodi & Spechtenhauser, 2008).



Слика 87. Однос светлости и таме у простору производи различита емотивна стања, према Volkher Schultz Projekt Tageslicht: Licht und Architectur (Corrodi at al, 2008, 200).

Положај, облик, димензија и просторна композиција прозора, такође може подстаћи различита просторна искуства:

• Положај једног прозора у простору може да понуди разна просторна искуства: прозор постављен на централној оси визуелно продубљује простор и даје утисак мира; прозор на бочној страни собе ствара утисак веће ширине и прозор постављен далеко од центра утиче на јасну поделу светлог и тамног, стварајући тензију у простору (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 202).

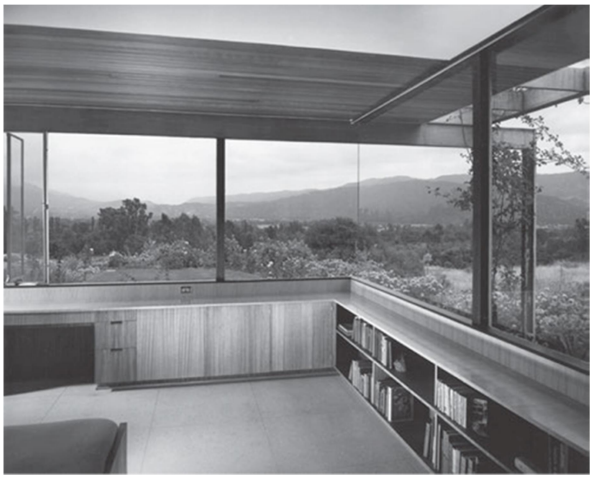
• Низ прозора у простору даје утисак замагљености. Серија вертикалних прозора размакнутих стубовима повећава дубину простора (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 203).

• Тракасти прозори постављени на вишој коти зида дају добро униформно светло у простору, које ствара утисак логичности и трезвености (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 204).

• Хоризонтални прорези дају хомогено светло у дубини просторије, зависно од висине прореза. Вертикални прорези од пода до плафона деле простор на светлу и тамну зону (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 205).

• Угаони прозори појачавају тензију просторије према споља. Они продубљују и издужују просторију елиминишући ивице равни на којој леже (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 205).

• Прозор-зид раствара вертикалне границе простора и омогућава да се просторија прошири изван својих физичких граница (Corrodi & Spechtenhauser, 2008, 206).



Слика 88. Угаони прозор појачава тензију простора према споља, Ричард Нојтра, кућа *Moore*, Канада, 1952. год.

Слика 89. Прозор-зид раствара вертикалне границе простора, Луис Бараган, кућа и студио, 1947–48. год.

Представљена истраживања и дате смернице на тему значаја и употребе дневне светлости на психичко и физичко здравље људи само су почетак разматрања ове теме. Она се, пре свега, односе на дефинисање максималне количине дневне светлости у простору. Међутим, она указују и на значај постојања прозора као архаичног елемента архитектуре, попут зида или стуба који има своју јединствену и незаменљиву улогу. Може се запазити да је решавање квалитетне примене дневног светла мултидисциплинаран процес. То се најпре види из чињенице да су спроведена истраживања урађена у оквиру посматрања појава разних области: инжењерства, фотометрије, психологије итд, затим да би на основу њих до побољшања могло доћи у фази архитектонског пројектовања и, најзад, да би сам дизајн прозора могао дати известан допринос у решавању овог проблема.

3.2 Прозор као елемент фасаде

Третман прозора у архитектури фасаде такође је доживео своју трансформацију у XX веку. Одвајањем фасадне равни од конструктивног склопа зграде, фасада је изгубила своју конструктивну функцију. Самим тим, однос прозора и фасаде, који је у XIX веку био условљен конструктивним статичким и стилским обликовањем, сада

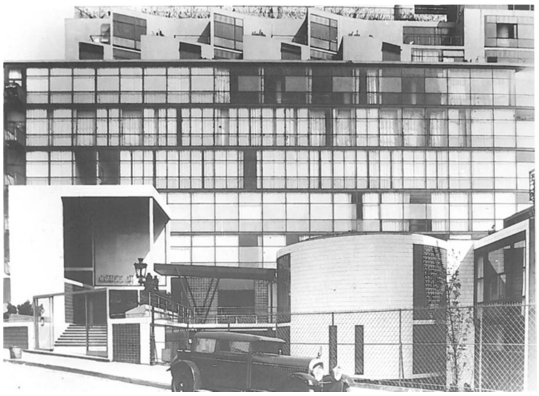
постаје слободнији, па чак и неодређенији. Функција новонастале, *слободне фасаде* (Leatherbarrow & Mostafavi, 2002) концентрисана је у првом тренутку на обезбеђење максималне количине дневне светлости, а касније постаје одраз политичких, економских и друштвених околности непосредног окружења и ширег подручја града.

Примарна потреба за што већом количином дневне светлости у унутрашњем простору објеката, настала под моралистичким слоганима модернистичког покрета, изазвала је трансформацију прозора у прозор-зид. Потреба за спајањем човека са природом наметнула је идеју укидања граница спољашњег и унутрашњег простора, а самим тим се родила идеја о транспарентности и смањењу дебљине фасадне равни. Снажне поруке које је слао модернистички покрет човечанству материјализовале су се у његовој архитектури. Спајајући поруку и облик, модернисти, творци слободне фасаде, дошли су до оригиналне естетике, која је и данас актуелна.

Одвајање фасадне равни од конструктивног склопа објекта је настало у оквиру Чикашке архитектонске школе. Високе зграде у Чикагу нису настале као архитектонска замисао, већ како је навео архитекта Луис Саливан (Louis Sullivan), „настале су спонтано у циљу побољшања физичких карактеристика и економског притиска." (Leatherbarrow & Mostafavi, 2002, 29). Усавршавањем челичног, конструктивног склопа зграда у облику рама повећавала су се слободна поља на фасади. У литератури се наводи да је потрага за адекватним естетским изразом новонастале форме условила промену у третману зида у архитектури (Leatherbarrow & Mostafavi, 2002). Као пример једног таквог трагања наведена је Саливанова зграда (Carson Pirie Scott) у Чикагу, код које је наглашен рамовски систем. Димензија и облик прозора дефинисани су строгим рамовским ритмом. Међутим, сам прозор је још увек повучен унутар равни фасаде. Претпоставља се да је овај однос задржан због већ испитаног приступа решавања продора воде, удара ветра и утицаја снежних наноса (Leatherbarrow & Mostafavi, 2002).

Слика 90. *Carson Pirie Scott Building*, Чикаго,
Луис Саливан, 1904. год.

Архитектура модернизма у Европи поставила је нове односе прозора и зида. Она, пре свега, доприноси идеји слободне фасаде увлачењем носећих стубова у унутрашњост зграде. Естетика фасада модернизма дефинисана је односом бетонских и стаклених елемената како у габаритном, тако и у дубинском смислу. Избацивање прозора у фронталну раван зида је једна од тековина ове архитектуре. Тиме је постигнут изглед заравњености и лакоће фасадне опне. Корбизијеове зграде, настале 30-их година прошлог века, то и потврђују. Бетонски стубови на објекту Salvation Army су увучени иза стаклене фасаде, док се чела међуспратних таваница налазе у равни стаклене фасаде. Однос прозора и фасаде на објекту Swiss Pavilion је нешто другачији. Примарну поделу чине хоризонтална поља спратова, а секундарну распон између вертикала које наглашавају конструктивни систем, при чему оквир прозора чини фронталну раван излазећи изван равни таваница и стубова (Leatherbarrow & Mostafavi, 2002).



Слика 91. Salvation Army Shelter, Le Courbusier i Pierre Jeanneret, Париз, 1929–33. год.

Слика 92. Швајцарски павиљон (Swiss Pavilion) у Паризу, Корбизије, 1930–31. год.

Архитектура Корбизијеа је, испитујући дубински однос прозора и зида, дошла до формирања феноменолошке транспарентности, коју су први описали Колин Роув (Colin Rowe) и Robert Slutzky. Њихова запажања адресирају два типа транспарентности: „Транспарентност може бити нераздвојив квалитет супстанце, рецимо стакла у зид завеси; или може бити квалитет организације. На тај начин се поставља разлика између транспарентности као физичке карактеристике и феноменолошке транспарентности" (Rowe & Slutzky, 1997, 23). Своју тврдњу су описали аналогијом сликарских и архитектонских дела. Разлика два облика транспарентности, по њиховом мишљењу, се сагледава упоредним посматрањем Пикасове (Pablo Pikaso) слике *Кларинисте* и Бракове (Georges Braques) слике *Португалац*. Обе слике имају пирамидалну форму. Пикасо дефинише пирамиду која је јаким контурама одвојена од позадине, наглашавајући њену позитивну транспарентност у релативно дубоком простору. Са друге стране, Брак користи компликовану форму добијену укрштањем хоризонталних и вертикалних грид линија, чиме формира плитак простор. Посматрачу је овде понуђена транспарентност као квалитет организације равни, при чему он сам одређује дубину простора одвојеним читањем фигуре и грид линија. У првом случају имамо пример транспарентности као физичке карактеристике, а у другом пример феноменолошке транспарентности (Rowe & Slutzky, 1997).

Слика 93. Слика Клариниста, Пикасо, 1911–12. год.

Слика 94. Слика Португалац, Брак, 1911. год.

Као пример феноменолошке транспарентности у архитектури, Colin Rowe и Robert Slutyzky посматрају Корбизијеову вилу Stein. Дворишну фасаду виле представља композиција једнако третираних тракастих прозора и бетонских парапета, која се не завршава на угловима већ се прелама у другу раван. Устаљени низ хоризонталних поља, прекинут у једном делу, оставља посматрачу могућност да доврши мисао на свој начин. Контролисаним увођењем детаља Корбизије наводи посматрача да наслућује простор иза непрозирних зидова (Rowe & Slutzky, 1997). Интересантно је да је једнак третман парапета и прозора, у дубинском смислу, Корбизије постигао тако што их је довео у исту раван. На тај начин је створио доминантан кубус који у првом тренутку привлачи пажњу и подстиче посматрача на даља откривања. Ефекат равне површине, на споју бетонских хоризонтала и прозора, имплицира значај дизајна како прозорског оквира, тако и детаља споја. При свему овоме се мора нагласити да је поменути детаљ део целокупне композиције која има усмерење ка постизању дубине феноменолошком транспарентношћу.

Слика 95. Вила Stain, Graches, Корбизије, 1927. год.

Идеја лаке, транспарентне фасадне опне довела је до минималистичког изгледа високих зграда Мис ван дер Роа. Он поруке модернизма, на потпуно оригиналан начин, спаја са практичном применом техничко-технолошких достигнућа свога времена. У литератури је његов приступ решавању лаких фасада описан као логичан, а његова естетика као производ односа могућности и економске оправданости употребе одређених материјала и технологија (Leatherbarrow & Mostafavi, 2002). Репетиција, остварена употребом вертикала од челичних I профила, постаће обележје естетике висећих фасада. Стаклене фасаде Мис ван дер Роа успоставиле су појам слојевитих фасада. Посматрајући фасаду зграде Lake Shore Drive у Чикагу из 1951. године, Едвард Форд (Edward R. Ford) указује на дубински редослед полазећи од конструктивног склопа, код кога су стубови од челика утопљени у бетонску масу због противпожарних услова, а завршавајући га фином фасадном опном која се видљивим I профилима повезује са носећим I носачима по дубини. Фасадни I профили, који немају никакву носећу улогу, осим прихватања прозора увучених у раван иза њих, део су смислене композиције и реда (Ford, 2011).

Слојевитост фасаде, остварена применом других материјала, одваја фасаду од структуре. Као пример Форд наводи Мисову зграду Esplanade Apartments из 1955. године, код које је конструктивни склоп бетонски, а фасадни I профили израђени од алуминијума, при чему је нарушена веза фасаде и структуре (Ford, 2011). Два, наизглед иста фасадна решења, представљају различите приступе. Прво решење зависи од дубинског реда, док је друго решење независна фасадна опна. Губитак дубинског реда

је увод у вишедеценијско трагање за правим изразом у обликовању фасада, при чему је у неким моментима постављено питање егзистенцијалног постојања прозора у архитектури.

Слика 96. Lake Shore Drive, Чикаго, Мис ван дер Рое, 1951. год.

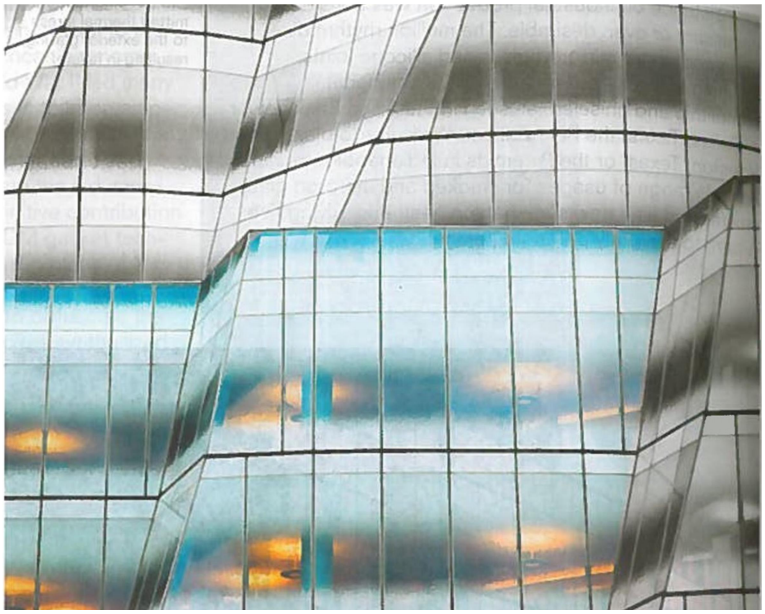
Слика 97. Esplanade Apartments, Чикаго, Мис ван дер Рое, 1955. год.

На 14. Бијеналу архитектуре у Венецији, Рем Колхас (Rem Koolhaas) је дао ретроспективни приказ третмана фасада у XX веку, повезујући их са политичким, економским и друштвеним приликама. Он описује једанаест различитих типова фасада које су се појавиле у последњих сто година: стаклена зид завеса; фасада од префабрикованих фасадних елемената; херметички затворена стаклена фасада; водонепропусна фасада обложена панелима; фасада са спољашњим апликацијама у виду скринова, изолована фасада; стаклена фасада без видљивих металних делова; дупла фасада; фасада формирана од платна на надувавање; рекламна фасада; зелена фасада и кинетичка фасада (Koolhaas, 2018).

Интересантно је Колхасово запажање да су особине фасадних опни, попут транспарентности, нетранспарентности и изолованости условљене политичким околностима. Тако је транспарентност повезана са миром после Другог светског рата, нетранспарентност са Хладним ратом, а изолованост са нафтном кризом из 1973. год. Са друге стране, херметички затворена фасада, без отварајућих поља, се може повезати са појавом система за хлађење и вентилирање, а двострука фасада са економским просперитетом и Зеленим покретом у Немачкој (Koolhaas, 2018). Међутим, решења која су се тако помпезно појављивала веома брзо су показивала своје негативне особине. Наведено је да је Светска здравствена организација 1980-их предложила укидање херметички затворених фасада на основу учестале појаве здравствених проблема

станара, да су азбестне термоизоловане плоче укинуте због свог канцерогеног дејства или да, рецимо, дупле фасаде нису заживеле због високе цене итд. (Koolhaas, 2018).

Насупрот томе, стаклене фасаде показују највећу тенденцију опстанка у савременој архитектури, при чему јединствена архитектонска дела данашњице не подлежу униформном изгледу постојећих фасадних система. Постоје фасадни системи наменски дизајнирани за одређени објекат, такозвани *custom made*[23] системи, који користе најсавременије компјутерске, хемијске, технолошке и грађевинске технологије, као и огромна економска улагања. Један од примера је *IAC* зграда у Њујорку архитекте Френка Герија (Frank Gehry) на којој постоји 1349 различитих панела од стакла преко којих је, специјалним третманом, нанесен слој керамичке глазуре (Koolhaas, 2018). Прозор није део овакве архитектуре, он је трансформисан у стаклене панеле различитог просторног облика.



Слика 98. IAC, Њујорк, Френк Гери, 2007. год.

Мање популарна фасада од префабрикованих бетонских елемената нашла је своју примену на библиотеци техничке школе Eberswalde, студија Херцог и де Мерон (Herzog & de Meuron) из 1999. год. Битна разлика од примарне идеје примене префабрикованих бетонских елемената који имитирају камен јесте што је материјал третиран као фото-бетон. На бетонске елементе су специјалном технологијом нанесене фотографије Thomas Ruff-a (Koolhaas, 2018). У хоризонталном ритму фасаде уочавају се три различита слоја: полутранспарентни, као тракасти низ структурално застакљених

[23] *Custom made* – рађени по наруџбини.

прозора на којима су нанесене фотографије, нетранспарентни, од фото-бетонских елемената и полутранспарентни, дат као наизменична смена пуних фото-бетонских елемената и транспарентних прозора. Закључна разматрања нас наводе да је прозор у архитектури условљен постојањем геометријског реда.

Слика 99. Библиотека техничке школе Eberswalde,
Херцог и де Мерон, 1999. год.

Водонепропусна фасада обложена фасадним панелима нашла је примену у архитектури неправилних форми Френка Герија (2013). Комплексне геометријске форме покривене су плочама од титанијума уз употребу напредних компјутерских софтвера. Издвојена је зграда *Lou Ruvo Center for Brain Helth* у Лас Вегасу, коју је Гери пројектовао 2013. год. Предњи део зграде представља комплексна форма покривена лимом од нерђајућег челика на којој су отвори формирани од стаклених панела различитих димензија и облика. На овај начин Гери комбинује водонепропусну фасаду и застакљене отворе (Koolhaas, 2018). Прозор постаје неправилна стаклена површина витоперног облика.

Слика 100. *Lou Ruvo Center*, Лас Вегас, Френк Гери, 2013. год.

Фасаде на којима се примењују декоративни *скринови*[24] у виду решетки и мрежа јако су популарне и данас. Њихова употреба замагљује оштре границе различитих фасадних елемената, чиме их на известан начин, дематеријализује. Пример је зграда *New Museum* у Њујорку архитектонског студија *SANAA* из 2004. године, на којој су скринови употребљени искључиво због визуелног ефекта (Koolhaas, 2018). Архитектура музеја представља посебну форму у домену примене природног светла у галеријским просторима. Униформност фасаде и потенцирање њене форме постигнута је употребом скринова, при чему је тачан положај прозора на фасади у доброј мери сакривен. Допремање дневног светла у галеријске просторе остварено је смицањем кубуса и формирањем кровних лантерни.

Слика 101. New Museum, Њујорк, SANAA, 2004. год.

Дупле фасаде, креиране као две одвојене стаклене фасаде између којих се налази простор за вентилирање, су због своје високе цене веома брзо одбачене. Међутим, идеја формирања ваздушне коморе примењена је на микродизајн прозора. Колхас наводи пример PVC вишекоморног система и троструког стакла, чији је међупростор испуњен гасом аргоном. Примена оваквих прозора смањује губитке енергије, док је њихова цена неупоредиво мања од цене дуплих фасада (Koolhaas, 2018).

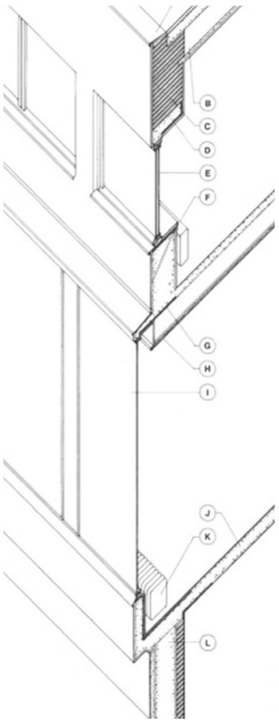
Наведени примери показују третман прозора у архитектонском обликовању фасада и углавном се односе на визуелни изглед зграда. Међутим, паралелно са њима

[24] *Скринови* – попут полутранспарентних панела.

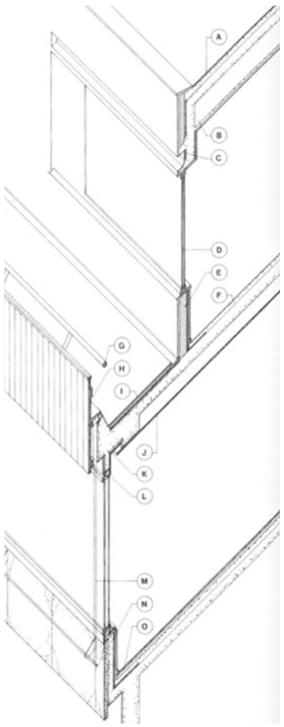
десиле су се и промене у грађевинским детаљима, који описују везе прозора са осталим фасадним облогама. Тенденције ка постизању веће транспарентности и смањењу дебљине фасадне облоге условиле су нов дубински распоред елемената фасаде. У делу књиге *Елементи архитектуре* (*Elements of Architecture*), који се односи на прозоре, Kolhas прилаже ретроспективу детаља уградње прозора у XX веку Едварда Форда, алудирајући на везу прозора и све тањег фасадног зида. Овде би се могла издвојити два случаја базирана на упоредном посматрању два дела истог аутора у одређеном временском периоду.

Први случај обухвата два објекта архитекте Алвара Алта: библиотека *Viipuri*, у Русији из 1927. год. и вила *Mairea*, у Финској из 1938. год. Посматрајући попречне пресеке у делу прозора, може се приметити да аутор у оба случаја избацује прозор према споља, при чему, услед смањења дебљине фасадног зида прозор губи своју дубинску позицију са стране ентеријера. При овоме се мора нагласити да истурање прозора према спољашњој равни фасаде иде у прилог повећању дневне светлости у просторији, чему је Алвар Алто поклањао велику пажњу. Са данашње тачке гледишта избацивање прозора у хладну зону неизолованог зида би се сматрало погрешним.

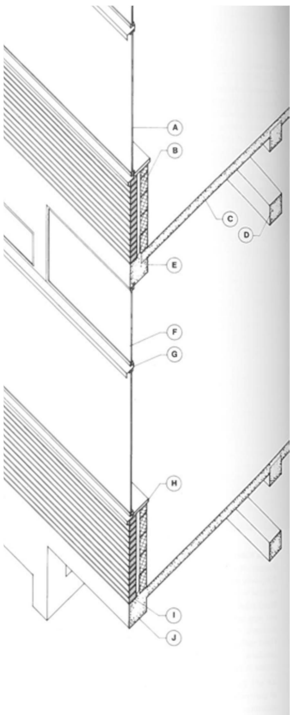
Други случај се односи на два објекта архитекте Луиса Кана (Louis Kahn): *Richards Medical Research Laboratories*, у Филаделфији из 1965. год. и *Philips Academy Library*, New Hampshire из 1972. год. Код првог објекта Кан, такође познат као један од мајстора примене дневног светла у архитектури, у жељи да обезбеди што више природног светла у ентеријеру, избацује прозор према спољашњој равни неизолованог зида и укида уређаје за заштиту од сунца, што му је касније замерено (Koolhaas, 2018). На другом објекту Кан формира високе прозоре, увлачи их у дубину зида према ентеријеру, а у делу парапета са унутрашње стране формира полицу за књиге.



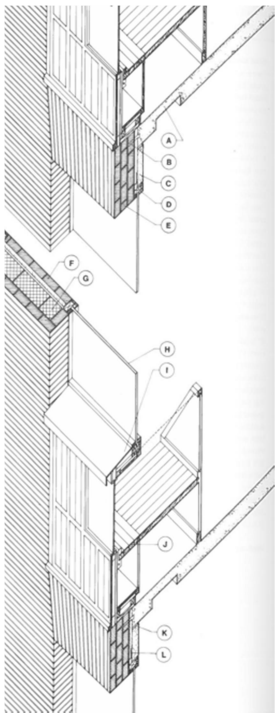
Слика 102. Библиотека *Viipuri*, Русија, Алвар Алто, 1927. год.



Слика 103. Вила *Maupea*, Финска, Алвар Алто, 1938. год.



Слика 104. *Richards Medical Research Laboratories*, Филаделфија, Луис Кан, 1965. год.



Слика 105. *Philips Exter Acadamy Library*, New Hampshire, Луис Кан, 1972. год.

Архитектура XX века, у тежњи да пронађе свој израз кроз примену нових техничко-технолошких решења, имала је своје пропусте. Они се пре свега огледају у превеликом губитку енергије утрошене за грејање и хлађење, насталом кроз недовољну термичку заштиту све тањих зидова и путем претеране употребе стакла и појаве претераног осунчања унутрашњег простора. На основу реалне критике утврђених проблема грађевинске физике, настале су нове тенденције за смањењем губитка енергије, који ће вероватно донети нове естетске изразе у архитектури. Те тенденције, у домену дизајна прозора, иду у прилог побољшању термичких карактеристика прозора. Данашњи прозорски системи застакљени троструким стаклом представљају значајну термичку баријеру, која не би имала смисла у прекинутом континуитету термичке одбране фасадне равни. Несумњиво је да географско подручје и климатски услови средине значајно утичу на положај прозора у дубини зида, као и на потребу примене уређаја за заштиту од прекомерног сунчевог зрачења, те су они самим тим полазни параметри у пројектовању фасада.

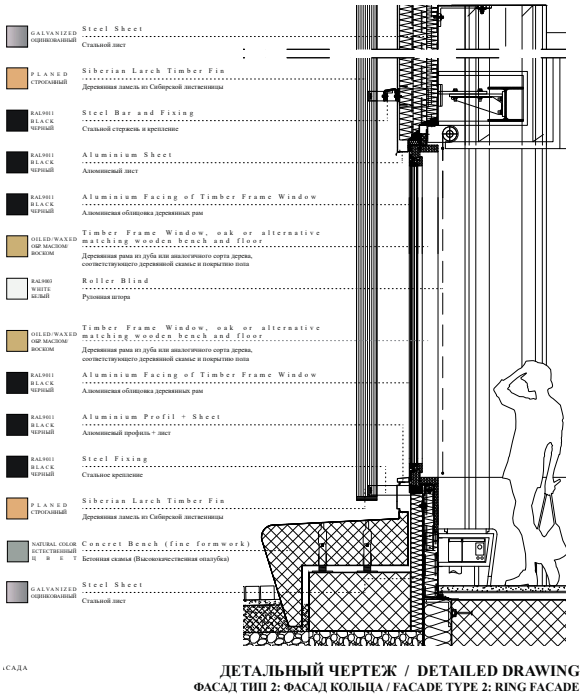
Наведени објекти су примери врхунских, савремених архитектонских решења који нас могу навести на закључак да употреба прозора припада прошлости. Међутим,

недавно завршен објекат Института науке и технологије у Москви, чији је аутор идејног пројекта студио Херцог и де Мерон, а у чијој је реализацији учествовала фабрика композитних прозора *Визус* из Ниша, могао би да демантује овакву тврдњу.

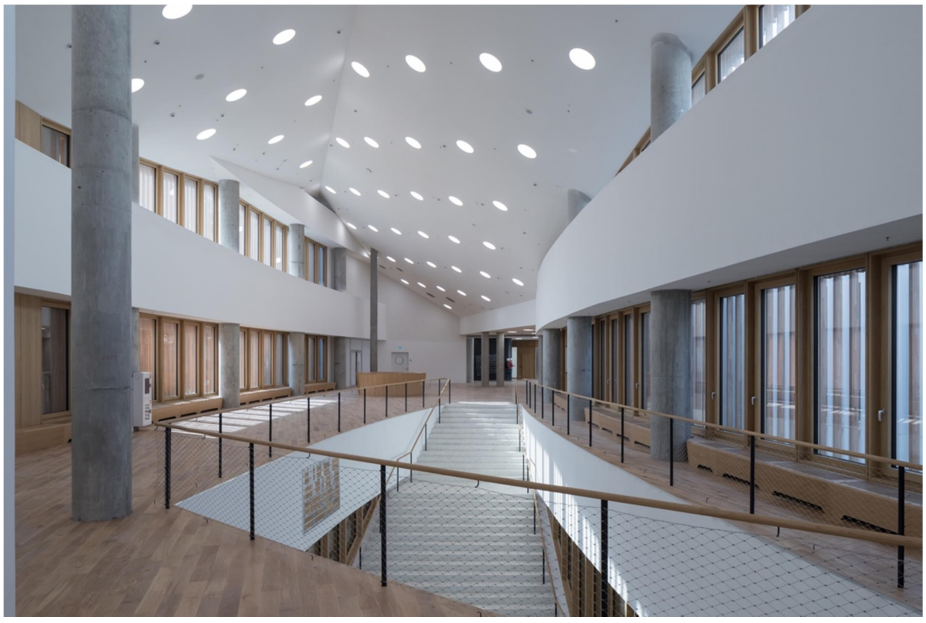
Слика 106. Сколково Институт науке и технологије, Москва, Херцог и де Мерон, 2011–12. год.

Комплекс је замишљен као композиција прстенова и правоугаоних блокова, при чему свака форма рефлектује свој садржај. Највећи прстен, пречника 280 m, представља границу комплекса унутар кога се налазе још два прстена, који повезују све зоне у јединствену форму. У спољашњем прстену се налази административни део објекта и сале за састанке, док се у унутрашњим прстеновима налазе амфитеатри и учионице. У правоугаоним блоковима се налазе лабораторије, радионице и истраживачки простори. Материјализација објекта у потпуности прати визуелно раздвајање садржаја. Закривљене фасаде прстенова опремљене су дрвеним брисолејима од сибирског ариша, који служе за контролу количине дневне светлости и низом дрво-алуминијум прозора. Фасаде блоковског дела опремљене су алуминијумским брисолејима и алуминијумском висећом фасадом (Gonzàlez, 2016). На прстенастим деловима објекта примењен је прозорски систем *Визус AT 135*. Систем садржи спољашњи алуминијумски део са извршеним термичким прекидом на коме се налазе сви елементи окова и монолитну унутрашњу облогу од храста. Приложени детаљ из пројекта зграде приказује одржани континуитет термичке заштите у транспарентним и нетранспарентним деловима фасаде. Фасадни зид је одвојен од носећег система уз напомену да је његова дебљина условљена постизањем адекватног коефицијента термичке заштите. *Систем Визус AT*

135 је атестиран у Институту Розенхајм[25] (Rosenheim) у Немачкој, при чему је установљен његов коефицијент термичке проводљивости рама: Uf=0.72W/m^{2}K.



Слика 107. Сколково Институт науке и технологије, Москва,
Херцог и де Мерон, 2011–12. год.
Део пројектне документације достављен фабрици *Визус*.



Слика 108. Сколково Институт науке и технологије, Москва,
Херцог и де Мерон, 2011–12. год. Прозори Визус AT135 као део ентеријера.

[25] *Ift Rosenheim*. Приступљено 02. јуна 2019, https://www.ift-rosenheim.de/home

3.3 Материјализација прозора

Одабир материјала за израду прозорског система зависи од концептуалног решења дизајна у смислу прилагођености одређеној типологији архитектонских објеката. Савремена архитектура намеће све захтевније задатке произвођачима прозорских система, постављајући велике димензије стаклених површина као императив, при чему би се као логичан крај тежње ка губитку граница између спољашњег и унутрашњег простора могло очекивати драстично смањење димензија попречног пресека прозорског оквира. Као последица овога јавила се потреба за већим конструктивним способностима структуралног дела прозорског оквира.

Други, веома битан аспект у одабиру материјала прозорског система јесте савремена тежња човечанства да сачува своје енергетске ресурсе. Повећање термичке изолованости фасадних елемената постало је веома битан чинилац у пројектовању прозорских система. Примарни одговор на ове захтеве била је повећана употреба дрвета због његове особине слабог провођења топлоте. Касније спроведена истраживања резултирала су појавом иновативних материјала одличних термичких карактеристика.

Трећи аспект је естетика прозора, која је за архитекте врло битан фактор при одабиру прозорског система. Чињеница је да савремена архитектура тежи ка поједностављењу облика. Она трага за смислом ослањајући се на своју свеобухватност, при чему се било какав декоративизам сматра непотребним. Однос прозора и објекта би се могао анализирати кроз однос архитектонског детаља и објекта. У књизи *The Architectural Detail*, Едвард Форд наводи да је детаљ у савременој архитектури невидљив у смислу да он не изражава сам себе декоративним мотивом, већ је репрезентативни део свеобухватне архитектонске целине (Форд, 2011). Посматрајући ствари на овакав начин могло би се закључити да естетика прозора делује у симбиози са архитектонским изразом, док би се особеност дизајна тражила у могућности одговора на различите архитектонске захтеве.

Четврти аспект се односи на све остале захтеве наметнуте стандардизацијом компоненти, који учествују у прозорском систему. Поједностављено, обрадом одабраног материјала могуће је остварити стандардизовану профилацију за смештај окова, прихватање заптивки и спојница.

Чињеница је да не постоји идеалан материјал који би могао да одговори на све ове захтеве. Међутим, композиција неколико материјала различитих карактеристика,

односно композитни прозорски систем, могао би да пружи очекиване резултате у целини. Одговор на захтев повећања конструктивних способности прозорских профила са истовременим смањењем попречног пресека и очуваним постигнутим термичким карактеристикама, могао би се наћи у одабиру иновативних, влакнастих материјала. Фиберглас, који већ неколико деценија заокупља пажњу архитеката, део је тог спектра. Његове механичке и термичке способности чине га добрим избором за носеће профиле структуре система. Третман фасадне опне од модернизма до данас недвосмислено указује на значај метала у екстеријеру архитектонских објеката. Отпорност алуминијума на агресивне атмосферске утицаје, као и велика прецизност обраде, већ деценијама га сврставају у примарни одабир материјала за израду прозора. На основу свеобухватног истраживања прозора у историји архитектуре може се закључити да дрвени прозори са ентеријерске стране имају посебну важност у естетском и емотивном смислу.

3.3.1 Дрво као ентеријерска облога прозора

Дрвени прозори су у архитектури присутни још од тренутка настанка првих прозора. Свој врхунац доживљавају у време занатства управо због лакоће обраде дрвета ручним алатом. У доба индустријализације долази до смањења њихове примене у корист челичних прозора. Архитектура XX века, захваљујући својој разноврсности, нуди читав спектар у дизајну дрвених прозора остварених у делима Рајта, Ритвилда (Gerrit Rietveld), Корбизијеа, Алвара Алта, Луис Кана и многих других. Међутим, неотпорност дрвета на утицаје спољашње средине усмерила је развој прозора ка креирању композитних прозора код којих је спољашња облога прозора изведена од алуминијума, а унутрашња од дрвета. Овакав принцип израде прозора због своје велике оправданости актуелан је и данас. Учињена дистинкција између два материјала омогућила је да се њихове добре карактеристике искористе у потпуности. Предности дрвета као што су чврстоћа, виталност и низак коефицијент термичке проводљивости су веома битне, док су његова естетска вредност и иманентност у вековним навикама човека од посебне важности. „Дрво поседује лепоту захваљујући својој текстури и боји која је непоновљива" (Anderson & Earle, 1972, 167).

Веза између човека и дрвета као материјала за израду предмета у ентеријеру, ипак, није сведена само на естетски доживљај, већ је прожета много дубљом повезаношћу, а то је утицај времена, тј. феномен старења. Јухани Паласма, говорећи о материјализацији и времену, наводи да природни материјали, попут камена, опеке и

дрвета показују нашем оку истинитост материје тако што му дозвољавају да продре кроз њихову површину. Он каже да природни материјали изражавају своју старост и историју кроз људску употребу стварањем слоја патине на површини, чиме нас уводе у континуум времена, наглашавајући ментално значајан процес старења (Pallasma, 2005, 31). Употреба савремених, вештачких материјала у ентеријеру потенцира слику вечности, чиме нас отуђује од нашег сопственог окружења. Интересантан је пример упоредног приказа односа америчке и јапанске архитектуре према процесу старења кроз употребу дрвета у архитектури коју је дао архитекта Чарлс Мур (Charles W. Moore) на симпозијуму „Design and Aesthetics of Wood" 1967. год. Он наводи да употреба дрвета у архитектури има секундарни значај у односу на употребу камена управо из разлога што је камен примарни материјал најцењенијих култура у архитектонском смислу, а дрво примарни материјал, у архитектонском смислу мање значајних, култура северних народа. Као пример наводи дрвене виле са елементима класичног стила изведених од дрвета, што упућује на жељу за ванвременским утиском. Са друге стране, наводи пример јапанских храмова као производа културе потпуно растерећене терета трајања. Он објашњава да се јапански храмови граде од дрвета тако да их свака генерација обнавља по тачно утврђеним правилима. На такав начин свака генерација има свој допринос у дугачкој јапанској традицији (Anderson & Earle, 1972). Тежња америчких архитеката да примене дрво, као материјал подложан старењу, за израду ванвременских мотива има збуњујући ефекат на посматрача, док познавање суштине дрвета као материјала омогућава његову незаменљивост у традиционалној архитектури Јапана. Закључак који се може извести је да свест о значају појма старења материјала за ментално стање човека, у овом случају дрвета, у архитектури може да промени однос према употреби и дизајну дрвених елемената у ентеријеру.

Обликовање елемената прозора од дрвета пролазило је кроз разне фазе, од реминисцентних детаља до савремених индустријских производа. Постоји становиште да људе највише привлаче занатски обликовани комади дрвета. Међутим, занат није уметност. „Уметнички предмет има другачији карактер и естетску природу од занатски обликованог комада дрвета" (Anderson & Earle, 1972, 21). Дрвени елемент прозора је део једне веће композиције, која је, опет, део целокупног архитектонског остварења. Посматрано на такав начин, обликовање дрвеног дела прозора не може бити тема за себе, већ невидљиви детаљ (Ford, 2011) у склопу свеобухватне целине.

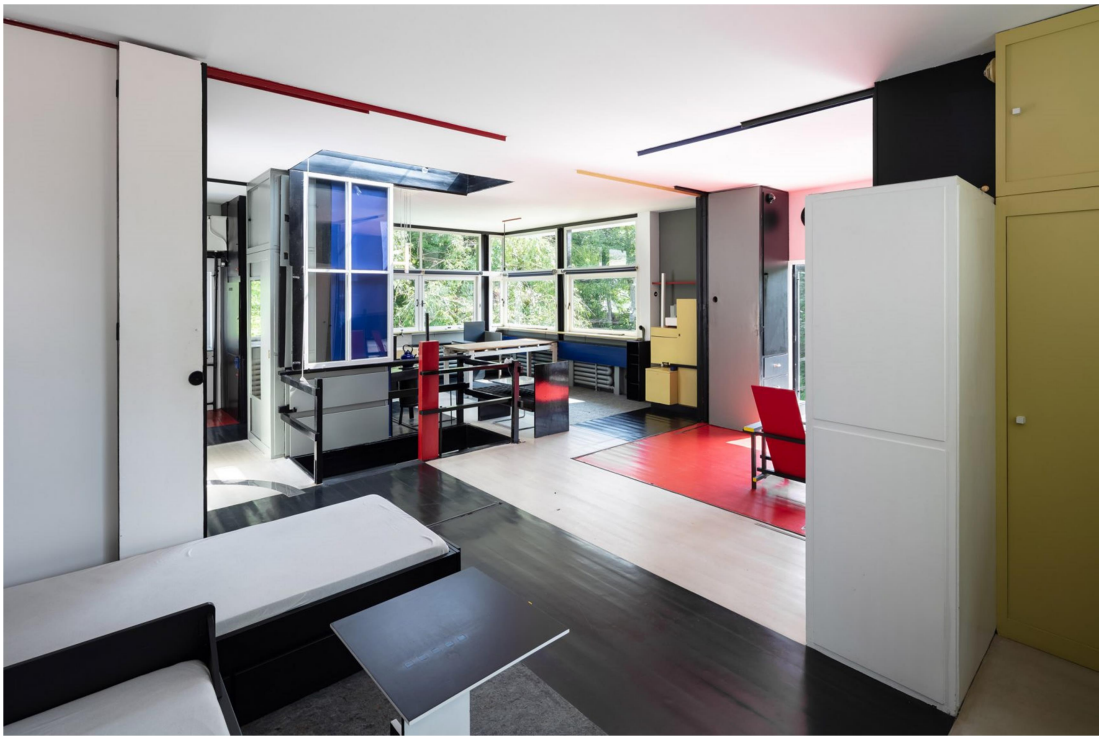
Примери оваквог сагледавања дизајна у ентеријеру могли би се наћи у делима Алвара Алта. Он је веровао да „дизајн треба да испуни не само захтеве

функционалности, већ и психолошке потребе потрошача и да се то најбоље постиже употребом природних материјала, нарочито дрвета" (Fiel & Fiel, 2001, 10). Намештај Алвара Алта базиран је на употреби ламелираног дрвета и моделовања шперплоча. Једноставне форме прилагођене ергономији људског тела део су једне више целине, а то је његова архитектура. Кућа Алвара Алта, која спада у једно од његових најпознатијих дела, је типичан пример интеграције дизајна разних објеката који заједно имају за циљ да понуде хуманизован простор, пун светлости, са удобним намештајем. Комбинацијом белих зидова и објеката од дрвета Алто је створио једноставан амбијент, који је у потпуности у складу са културом скандинавских народа. Дизајн прозора у свему прати ту једноставност, при чему њихове пропорције наглашавају функцију што већег дотока светла које је неопходно за боравак људи у одређеном простору.

Слика 109. Кућа Алвара Алта у Хелсинкију, 1936. год.

Као још један пример интеграције дизајна разних објеката од дрвета у ентеријеру је Ритвилдова кућа *Schröder*. Покрет *De Stijl*, коме је Ритвилд припадао, заговарао је чврсте геометријске форме, које се огледају у дизајну столице *Red/Blue* из 1918–1923. године, а која је саставни део куће Schröder. Прозори на кући примарно су обојени белом бојом са унутрашње, а црном са спољашње стране, док је специфична акцентуација прозорских хоризонтала и вертикала у духу *De Stijl*-а остварена плавом и црвеном бојом. Идеја чистих, готово стерилних површина, пренесена је и на прозоре.

Равне, геометријске линије чине прозорске хоризонтале и вертикале, допуњујући мондријановску слику ентеријера.



Слика 110. Кућа *Schröder*, Утрехт, Ритвилд, 1924. год.

Оба примера указују на потребу интегрисања дизајна прозора у дизајн ентеријера у архитектури. Међутим, постоји једна дистинкција прозора модерне архитектуре у односу на прозоре свих пређашњих архитектонских епоха. Она се односи на чињеницу да прозорска шема више не обухвата само случајеве једнокрилних и двокрилних прозора са евентуалним постојањем прозора у надсветлу, већ много шире, чак у процесу дизајна недокучиве захтеве. У том смислу се огледа квалитет једног прозорског система: да одговори захтевима архитектуре у погледу остваривања пројектованих прозорских шема доследно задржавајући своју основну структурну дисциплину. Структурна дисциплина је остварива на данашњем ступњу индустријске обраде дрвета, при чему она подразумева једноставност облика остварену кроз прецизност израде. Управо такав приступ даје особеност прозорском систему.

Постоји још један аспект примене дрвета кога морамо бити свесни. Дрво јесте једини, обновљиви природни ресурс на планети, али брзина утрошка тог ресурса не сме бити бржа од могуће брзине његовог обнављања. Једини начин да то остваримо је контролисана употреба која се базира на селективној примени и познавању особина дрвета. Дизајн прозорских композитних система, код којих је само унутрашња облога

прозорских хоризонтала и вертикала направљена од дрвета, значајно смањује утрошак дрвета у односу на прозорске системе у целости израђене од дрвета. С обзиром на чињеницу да дрво у овом случају није структурни елемент, већ облога, могућа је примена ширег спектра различитих врста дрвета.

3.3.2 Примена алуминијума у архитектури

За разлику од употребе дрвета, која је присутна још од најранијих времена човековог бављења градњом, употреба алуминијума у архитектури почиње тек у XX веку, а њен ток прате разни друштвени, економски, па и политички догађаји. Хронолошким праћењем догађаја везаних за развој и употребу алуминијума у свету, на свим пољима живота, може се објаснити постојање одређених дизајнерских форми, као и успони и падови у његовој употреби. Такво би истраживање могло одвести у дефинисање културе материјала, као што је то урађено у књизи *Aluminum Dream* Мими Шелер (Mimi Sheller), при чему она обухвата све позитивне и негативне аспекте његове употребе на глобалном нивоу.

Забележено је да је у старом Египту и Вавилону употребљавана глина за прављење лекова, која је по саставу одговарала алуминијумским силикатима и да су градитељи у старом Риму користили пепео богат алуминијумом за прављење дуготрајног цемента. Међутим, његово постојање није тачно дефинисано све до 1808. године, када је славни хемичар сир Humphry Davy открио постојање глинице, која представља оксид неоткривеног метала, који он сам није умео да издвоји. Деветнаести век обележио је низ открића на пољу алуминијума: француски научник Pierre Berthier 1821. год. открива црвену глину у близини села Les Baux-Provance, која је у себи садржала алуминијум-оксид и назива је *боксит*; немачки научник Friderich Wöhler 1845. год. открива густину и тежину алуминијума, потенцирајући његову задивљујућу лакоћу; употребом батерија научник Robert Wilhelm von Binsen 1854. год. издваја малу количину чистог алуминијума. На парискоj изложби 1855. год. хемичар Henri Saint-Claire Deville први пут показује *игнот* алуминијума широј јавности представљајући га „сребром из глине" (Sheller, 2014, 37). То је привукло интересовање Наполеона III, који је алуминијум видео као одличан материјал за израду војних шлемова и оклопа, због чега помаже даља истраживања. Поступак електролитичког процеса одвајања алуминијума из алуминијум-оксида откривен је тек 1886. године, а интересантно је да су до открића истовремено дошли Charles Martin Hall у Америци и Paul Louis Toussaint Héroult у Француској (Sheller, 2014).

Алуминијум је коришћен у војне сврхе све до краја Другог светског рата, када започиње његова употреба у цивилне сврхе, што је подразумевало промену целокупних производних погона појединих фабрика војне опреме. У тренутку уласка алуминијума у архитектуру, естетика модернизма је већ била изграђена захваљујући употреби челика, те би се тако могло рећи да је алуминијум у архитектури заменио челик. Међутим, постоје велике разлике између ова два материјала, које се пре свега базирају на њиховим појединачним културама. Насупрот челику, који је у архитектури XIX века прихватан постепено, са извесном дозом критицизма, а чија је превасходна намена била израда скелетних, конструктивних система, алуминијум је ушао на велика врата покривајући све аспекте живота. Захваљујући његовој лакоћи, проводљивости електричне енергије, као и могућности прецизне израде и брзе манипулације, нашао је примену у авио и аутомобилској индустрији, индустрији израде возова, индустрији електричних каблова, а потом и индустрији кућних апарата, предмета за домаћинство, прозора, врата и фасада (Sheller, 2014). Челик је обележио почетак модернизма, али је алуминијум, несумњиво, подржао његов дух брзине, лакоће и неограничености.

Упркос чињеници да је Hall-Héroult-ов процес један од највећих потрошача електричне енергије, односно да се „3% укупне електричне енергије на светском нивоу потроши на производњу алуминијума" (Sheller, 2014, 19), алуминијум је у првој половини XX века доживео велику експанзију. Укључивањем рекламних агенција и најбољих дизајнера, велики произвођачи алуминијума креирали су производе који су заувек променили слику света.

Једна од највећих светских компанија за производњу алуминијума, Alcoa из Америке, је 1952. год. за потребе рекламне кампање FORECAST ангажовала агенцију Ketchum, Macleod и Grove. Сврха кампање није била да повећа продају већ постојећих производа од алуминијума, већ да инспирише и стимулише креативност, при чему је оформљен изложбени простор и ангажована двадесет два позната дизајнера. Периодичним оглашавањем у магазину Design Forecast информисана је шира јавност (Sheller, 2014).

У оквиру те кампање Charles и Ray Eams су 1958. год. дизајнирали чувену канцеларијску столицу. Исте године они формирају групу Алуминијум, под чијим именом креирају столице, фотеље и столове разних намена (Sheller, 2014). Ванвремански дизајн њихових производа пре свега је постигнут зналачким искоришћавањем карактеристика алуминијума. Добијена форма, која је дефинисала естетику канцеларијске столице, непревазиђена је и данас.

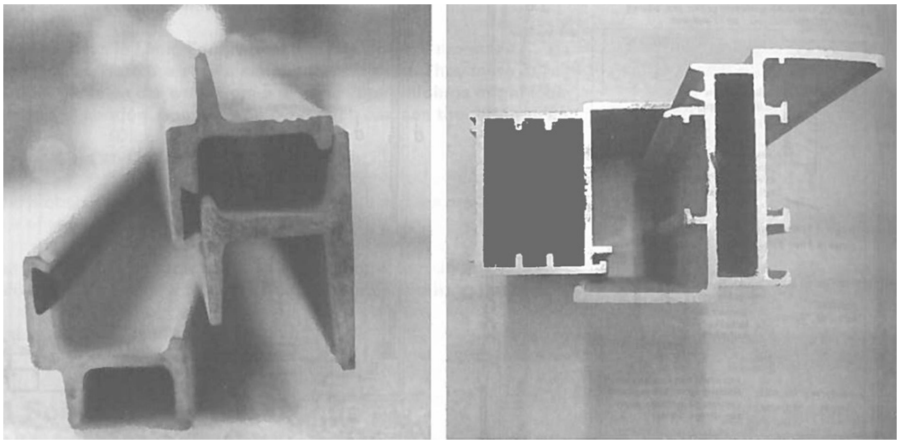
Међутим, било је и утопистичких креација произишлих из духа времена нових идеја и стварања бољег света. Оне су се углавном односиле на увођење разноврсних видова мобилног становања. Низ оваквих пројеката је обележио средину XX века: кућа *Aluminaria*, архитекте Albert Frey-a из 1931. год; радничко насеље Aluminum City Terrace за раднике компаније Alcoa, које су пројектовали Валтер Гропијус и Marcel Breuer 1941. год; La Maison Tropicale, куће за француске колоније дизајнера Jean Prouve-a из 1949-1951. год. и Dymaxion кућа, коју је архитекта Buckminister Fuller надограђивао у периоду од 1927–45. год. (Sheller, 2014). Значај ових кућа није само у стварању идеје о мобилности и карактеристичне естетике, већ и у много дубљем смислу потенцирања односа човека и његовог окружења, што ће касније покренути многе еколошке покрете и идеје међу којима је процес рециклирања алуминијума.

Разноликост употребе алуминијума, као стална потреба за проналажењем нових намена наметањем разних идеја и рекламних слогана, најдиректније је везала овај материјал за глобална друштвена и политичка збивања. Посматрањем дизајнерских форми могло би се тачно одредити ком времену и којим збивањима тај предмет припада. Такође, мора се нагласити да лака обрада и обликовање алуминијума доприносе овој чињеници. Тако не изненађују аеродинамичне форме аутомобила и возова, које потенцирају брзину транспорта или дизајн кућних апарата који подсећа на свемирске бродове сходно дешавањима човековог одласка на Месец (Sheller, 2014). За свега неколико деценија алуминијум је ушао у све сфере човековог живота, али не спонтано, већ под јаким рекламним слоганима и политичким паролама.

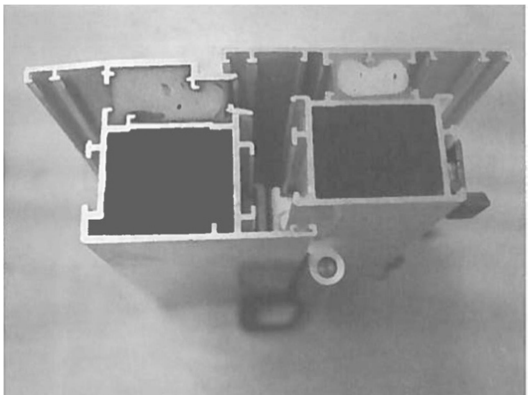
Дизајн алуминијумских висећих фасада, такође није био изопштен из оваквих збивања. Пре свега оне су уведене под слоганом брзине, која је постала императив употребе алуминијума у модерној архитектури, а та брзина се огледала у драстичном смањењу времена монтаже (Sheller, 2014). Утицај глобалних политичких збивања се огледао у третману транспарентности фасада, која је била псеудоним за демократичност, отвореност или пак затвореност и параноичност (Koolhaas, 2018). Сходно томе, употреба транспарентног или рефлектирајућег стакла одређивала је дух времена, док је принцип решавања фасадних система, мање-више, остајао исти.

Алуминијум је 1970-их год. окарактерисан као вештачки и јефтин материјал, чиме еуфорија његове употребе улази у период стагнације (Sheller, 2014). Смањена употреба довела је до промишљеније и рационалније употребе уз реално сагледавање његових добрих, али и лоших особина. Промена приступа примене алуминијума може се сагледати и у дизајну прозорских система. У ретроспективном приказу, који је понудио

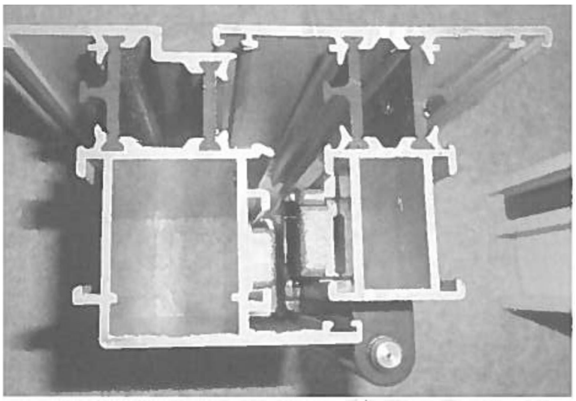
архитекта Rem Koolhaas, примећује се велика обликовна сличност алуминијумског прозора из 1960-их и челичног прозора из 1950-их. Оба прозора имају сличне габарите и дизајн попречног пресека. Једина разлика је у дебљини профила и профилацијама за уградњу дихтунга, угаоних спојница и окова. Проблеми који су се јавили у експлоатацији ових прозора у виду великих топлотних губитака и кондензације, везани су за особину алуминијума да добро проводи топлоту. Закључак је био да алуминијум не може самостално да учествује у изради прозора. У деценијама које су следиле било је разних покушаја да се тај проблем реши увођењем нових материјала и формирањем термичког прекида, што је утицало на габарит попречног пресека и крајњи изглед коначног прозора.



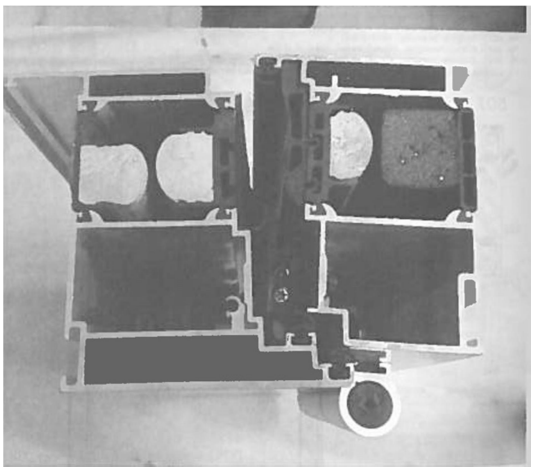
Слика 111. Упоредни приказ попречних пресека челичног прозорског система из 1950-их и алуминијумског прозорског система из 1960-их



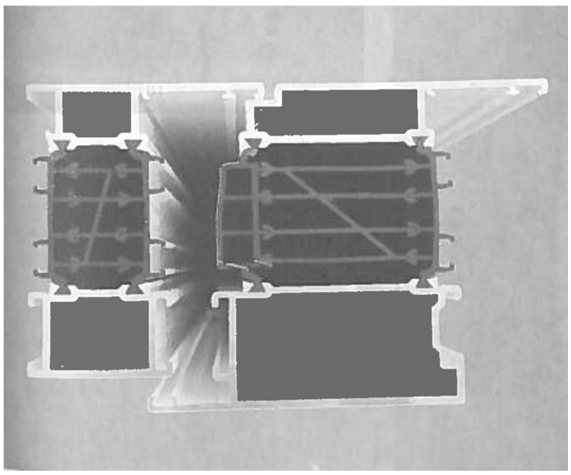
Пресек алуминијумског прозора из 1980-их



Пресек алуминијумског прозора из 1990-их



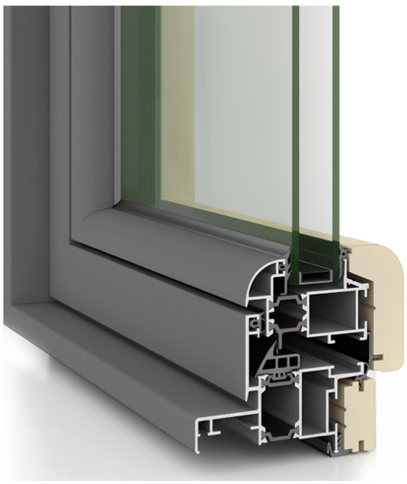
Пресек алуминијумског прозора из 2000-их



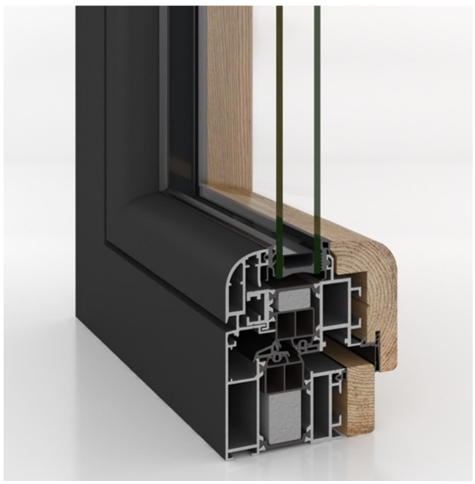
Пресек алуминијумског прозора из 2010-их

Слика 112. Ретроспектива развоја алуминијумских прозора и развоја термичког прекида

Развој термичког прекида остварен увођењем иновативних материјала од полиуретанских пена до полиамидних профила, отворио је нова поља иновација у погледу уштеде енергије. Идеја да се створи композиција више материјала различитих карактеристика довела је до креирања дрво-алуминијум прозора. Различити ставови произвођача у погледу оправданости учешћа дрвета и алуминијума у прозорском раму, условили су развој дрвеног прозора са спољашњом облогом од алуминијумског профила и прозор од алуминијумских профила са извршеним термичким прекидом и унутрашњом облогом од дрвета. При томе се мора нагласити да мултидисциплинарност дизајна прозора укључује развој свих прозорских компоненти истовремено, почев од алуминијумских и дрвених профила, преко стакла, до полиамидних профила, заптивки и разних изолационих испуна. Настојање да се оствари што бољи коефицијент термичке заштите одредило је изглед прозора у последњих двадесет година.

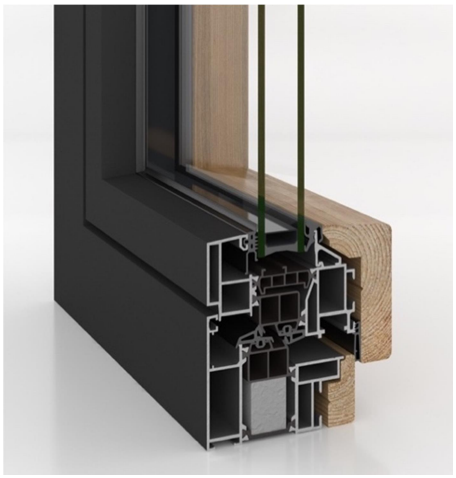


Визус AAD 2000. год.

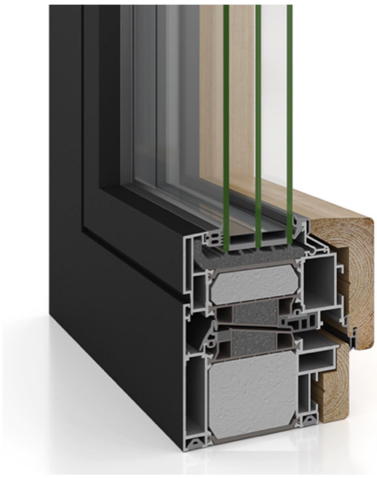


Визус AT95R 2004. год.

Слика 113. Дизајн облих форми, које су обележиле 1990-те и 2000-те, алуминијумског прозора са извршеним термичким прекидом и облогом од дрвета на страни ентеријера произвођача *Визус* из Ниша



Визус AT90 2005. год.

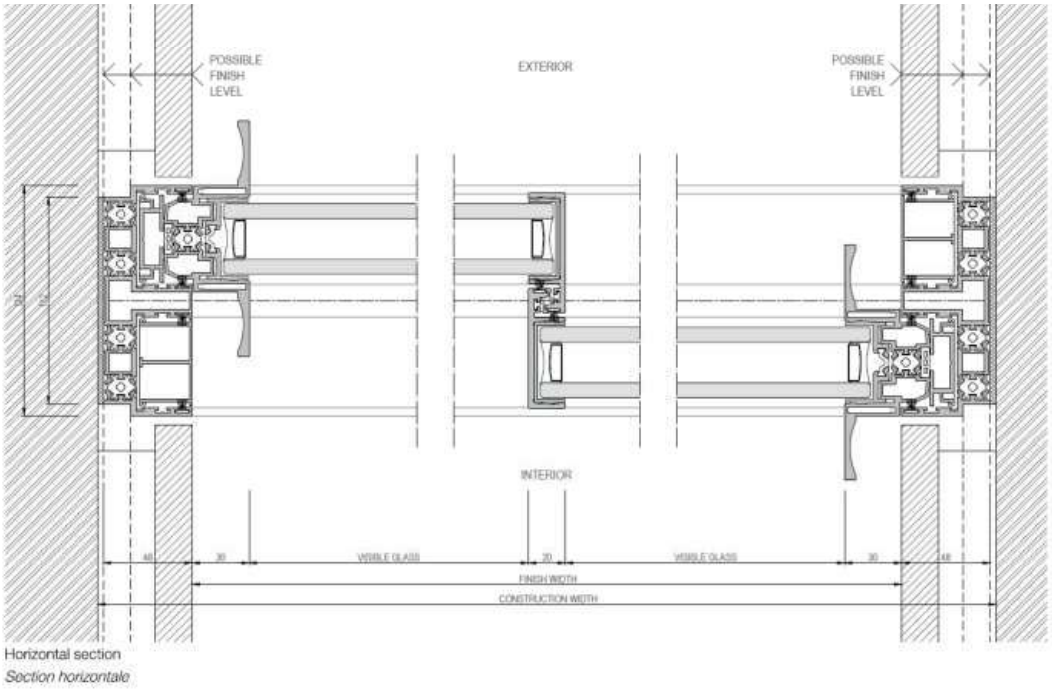


Визус AT135 2011. год.

Слика 114. Дизајн равних линија, које су присутне од средине 2000-их до данас, алуминијумског прозора са извршеним термичким прекидом и облогом од дрвета на страни ентеријера произвођача *Визус* из Ниша

Тенденције које се јављају последњих година односе се на смањење димензија попречног пресека прозорског рама у циљу постизања одговарајуће естетике. Покушај да се одговори на овакве захтеве наишао је на бројне проблеме. Одржати постигнуте термичке резултате, а смањити димензије прозорског рама уз одржавање постојећих принципа композитних система је практично немогућ задатак. На тржишту су данас присутни клизни системи минималистичких форми чији се крајњи профили упуштају у раван зида, док су профили средњих поља веома слабо термички брањени. Такође

постоје покушаји креирања минималистичких прозорских система, при чему постоји озбиљан проблем дозвољених димензија прозорског рама.



Слика 115. Детаљи уградње клизних врата минималистичког дизајна произвођача OTIIMA из Португалије

3.3.3 Примена фибергласа у дизајну прозорских система

Тежња да се дизајну прозорских система приступи са аспекта архитектонских захтева поставља дефинисање нових пројектних задатака. Смањење димензија попречног пресека уз истовремено очување постигнутих карактеристика може се постићи увођењем трећег материјала, који би у исто време имао добре конструктивне особине и мали коефицијент термичке проводљивости. Употребом профила релативно малих димензија добила би се већа слобода у естетском обликовању прозорског рама.

Последњих година су на тржишту прозорских система све присутнији профили од фибергласа, почев од профила за прагове подизно–клизних система до комплетних сетова прозорских система. Велика различитост по питању постигнутих карактеристика и изгледа фибергласа остварива је захваљујући технологији израде, због чега је нашао примену у многим областима. У грађевинарству се користи за израду конструктивних склопова зграда и мостова, док употреба у архитектури потенцира његову специфичност у текстури и боји.

Слика 116. Фасадни панели Lay Light од фибергласа произвођача Fiberline Composites A/S из Данске. Објекат: Jyllinge Church, Denmark, KHR, Architects, 2008. год.

Фиберглас спада у групу композитних материјала, чије су карактеристике добијене синтезом одговарајућих особина компонентних материјала. Производи се ојачавањем пластике влакнима према специјално креираној технологији и рецептури, при чему је учешће влакана у крајњем производу 60–70%, а пластике 30–40%. Пластика ојачана дугачким влакнима се користи за израду великих, континуалних површина, док се пластика ојачана кратким влакнима користи за израду профила. Технолошки процес за производњу композитних профила назива се *пултрузија* и он обухвата неколико појединачних фаза. Процес започиње импрегнацијом влакана у посудама са матрицом, односно, смесом смоле и адитива, наставља се њиховим увођењем у загрејани калуп у коме профил добија свој коначни облик и завршава извлачењем профила уз помоћ *пулера* и њиховим сечењем на одређену димензију. Влакна која учествују у овом процесу могу бити у облику *ровинг*-а или *мат*-а. Ровинг влакна, која имају облик канапа, обезбеђују отпорност профила на дејство силе у правцу пултрузије, док мат влакна, која имају облик широких трака формираних лепљењем расутих влакана, обезбеђују отпорност профила на трансверзалне силе, односно силе управне на правац профила. Контролисањем односа ровинг-а, мат-а и матрице може се добити читав спектар профила различитих статичких, термичких и естетских карактеристика. Влакна која се користе по саставу одговарају стакленим, карбонским и арамидним влакнима. Стаклена влакна појачавају статичке карактеристике уједно смањујући проводљивост

топлоте и електричне енергије. Композитни профили добијени употребом стаклених влакана посебно су интересантни за израду фасадних и прозорских профила. Улога матрице у композитним профилима је да веже влакна и да им обезбеди њихов положај у попречном пресеку профила. Врста матрице такође утиче на карактеристике материјала, као што су отпорност на корозију и пожар, провођење електричне енергије и топлоте. Тренутно се користе матрице: полиестерске, које утичу на опште побољшање карактеристика материјала; епоксидне, које се користе код композитних материјала са карбонским влакнима и утичу на побољшање механичких способности и матрице од фенола, које појачавају отпорност на пожар. Матрицама се додају адитиви који додатно утичу на карактеристике композитних материјала[26].

Могућност комбиновања различитих материјала указује на читав спектар могућности остварених карактеристика. За ову тему је од велике важности његова конструктивна способност, која је изражена модулом еластичности, означеним словом E и израженим у MPa[27]. За потребе практичног дела рада истраживани су подаци два произвођача: Exel Composites из Финске и Fiberline Composites A/C из Данске. Утврђено је да се модуо еластичности прозорских профила креће од 22000 MPa до 55000 MPa.

		Stahl	Aluminium	Thermoplast	GFK
Dichte	g/cm³	7,8	2,7	1,12 - 1,15	1,5 - 2,0
E-Modul (Zug)	N/mm²	195000 - 210000	60000 - 70000	3000	25000 - 55000
Zugfestigkeit	N/mm²	400 - 900	200 - 400	80	600 - 1200
E-Modul (Biegung)	N/mm²				25000 - 55000
Biegefestigkeit	N/mm²	190 - 500	160 - 250	125	500 - 950
Druckfestigkeit	N/mm²	400 - 900	200 - 440		300 - 500
Reißdehnung	%	18 - 30	7 - 9	100	1,5 - 6
Längenausdehnung	10^{-6} K^{-1}	12 - 16	23,8	70 - 100	6-10
Wärmeleitzahl	W/mK	50	180	0,23	ca. 0,3

Слика 117. Карактеристике прозорских и фасадних композитних профила произвођача Exel Composites[28]

[26] Design Manulal. *Fiberline*. Преузето 22. Јуна 2019, са https://fiberline.com/free-design-manual
[27] Mpa (mega paskal), 1Mpa=1N/mm^2
[28] Персоналана комуникација

P2600

GRP - Polyester
Pultruded composite profiles made of polyester for use as window and door profiles, doorsteps and as bottom rails.

Glass weight	60% ± 5		
Density	1.75 ± 0.05 g/cm³		
Base colour	White or grey		
Property	Standard	Unit	P2600
Tensile strength	ISO 527	Mpa	> 250
Tensile stiffness	ISO 527	Mpa	> 22000
Thermal conductivity	DIN EN 12 667	W/mK	0.3

U1120

GRP - Polyurethane
Super-high strength pultruded composite profiles made of polyurethane for use as insulating profiles, reinforcement profiles, and function core profiles.

Glass weight	60% ± 5		
Density	1,75 ± 0,05 g/cm³		
Base colour	Black		
Property	Standard	Unit	U1120
Tensile strength	ISO 527	Mpa	> 840
Tensile stiffness	ISO 527	Mpa	> 41000
Thermal conductivity	DIN EN 12 667	W/mK	0,4

P4519-4529

GRP – Halogen-free, fire-retardant polyester
Pultruded composite profiles made of fire-retardant polyester for use in glass facade systems, curtain walling, and facade cladding.

Glass weight	60% ± 5		
Density	1,75 ± 0,05 g/cm³		
Base colour	Natural		
Property	Standard	Unit	P4519/P4529
Tensile strength	ISO 527	Mpa	> 370
Tensile stiffness	ISO 527	Mpa	> 24000
Thermal conductivity	DIN EN 12 667	W/mK	0,3

Слика 118. Карактеристике прозорских и фасадних композитних профила различитог састава, произвођача Fiberline Composites A/S из Данске, објављено 2014. год.

Имајући у виду перманентне иновације на пољу композитних материјала, које указују на чињеницу да ће се ови параметри у будућности побољшавати, усвојен је највећи модуо еластичности од 55 000 MPa за прорачун отпорности на дејство ветра у практичном делу овог рада. Такође, коефицијент термичке проводљивости од 0.3W/мK усвојен је применом исте логике.

Естетске вредности фибергласа нису од пресудне важности у систему композитних прозора, код којих спољашњу облогу чине профили од алуминијума, а унутрашњу профили од дрвета или алуминијума. Учешће фибергласа има велико оправдање како у смислу побољшања статичких карактеристика прозора уз очување релативно малих димензија попречног пресека, тако и у смислу рационалније употребе алуминијума и дрвета чији су ресурси ограничени.

4. ИНОВАЦИЈЕ И ОДРЖИВИ ДИЗАЈН У ПРОИЗВОДЊИ ПРОЗОРА

На основу досадашњег излагања може се закључити да дизајн прозорског система мора бити у корелацији са архитектонским захтевима. У складу са чињеницом да се налазимо у времену које трага за својом архитектуром, али и које има велику обавезу да очува архитектонску културну баштину прошлих времена, намеће се потреба

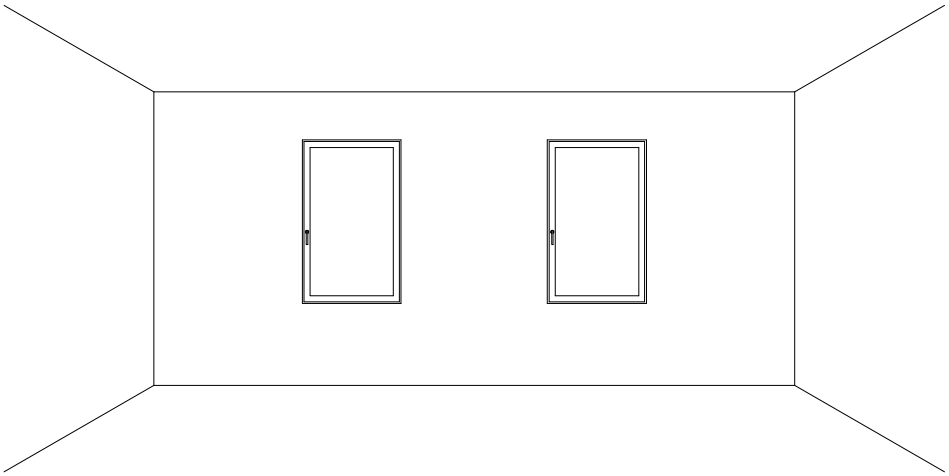
дистинкције прозорских система намењених рестаурацији и прозорских система намењених савременој архитектонској изградњи. У склопу савремене архитектонске изградње прилагодљивост прозорског система разним архитектонским детаљима постала је императив у одређивању квалитативних својстава прозора, те се у оквиру овога могу очекивати највеће иновације у смислу постизања одређених максималних димензија и начина отварања прозора. Због тога се ово поглавље, пре свега, бави стандардизацијом и типизацијом прозора, на основу којих ће се дефинисати конкретни пројектни задаци приликом разраде идејног дизајнерског решења.

Такође, одрживост дизајна прозорског система односи се и на могућност задовољења одређених прописа у погледу пропуштања воде и ваздуха, отпорност на дејство ветра, термичку и акустичку заштиту. Композитни прозорски системи симбиозом одговарајућих особина различитих материјала и прозорских компоненти теже да задовоље ове прописе на најбољи могући начин. Комплексност композитних прозорских система оправдава учешће читавог тима стручњака при формирању детаљне производне документације. Сваки од њих се у свом домену бави праћењем савремених технолошких достигнућа и иновација у циљу побољшања укупног производа. Због тога се мора истаћи карактер мултидисциплинарности пројектовања и производње прозорских система.

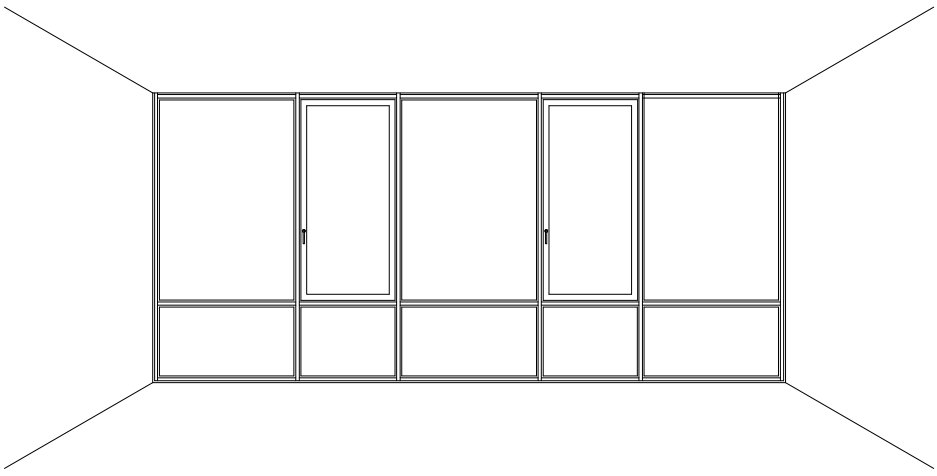
4.1 Стандардизација и типизација прозора и прозорских компоненти

Дизајн прозорског система, између осталог, треба да тежи могућности да се са ограниченим бројем профила у сету прозорског система може изаћи у сусрет ширем спектру архитектонских захтева по питању величине и начина отварања прозора. У почетној фази дизајна неопходно је одредити који ће то спектар бити. Комплексност овог задатка сагледава се у историјском развоју прозора, будући да је прозорска шема била устаљена током неколико архитектонских епоха, а да је слобода коју је донео XX век проузроковала разноврсност облика, димензија и начина отварања прозора. Са друге стране, савремена архитектура тежи униформности у решавању детаља, упркос разноврсности у типологији и облику прозорских јединица, са циљем да сваки њен елемент има карактер јединствене замисли. Ово би се поједноставњено могло објаснити упоређивањем, рецимо, архитектонских објеката из периода пре модернизма и савремених архитектонских остварења. У периоду пре модернизма типологија прозора заснована је на једнокрилним и двокрилним прозорима са или без надсветла, док у

савременој архитектури на једном објекту могу бити заступљени како прозори разних начина отварања, тако и читави застакљени зидови, односно, прозор-зидови. Ту лежи суштинска разлика у дизајну прозорских система у прошлости и савремених прозорских система. Према томе, закључак би био да прозорски систем мора да одговори на читав ретроспективни ток архитектонске праксе, од прозора као јединице у зиду до губитка зида и настајања прозор-зида.



Слика 119. Прозор као отвор у зиду



Слика 120. Прозор-зид реализован истим прозорским системом као прозор у зиду

Стандардизација прозорских јединица, уведена средином XX века, може се сматрати само оквирном одредницом по питању величине прозорских отвора. Због разноврсности захтева по питању боја алуминијумских и дрвених профила, идеја лагеровања прозорских јединица стандардних димензија и начина отварања скоро је немогућа. Разлоге за овакво стање на тржишту требало би тражити у архитектонским

тежњама за оригиналношћу у решавању фасада, као и у чињеници да је фасада постала опна независна од конструктивног склопа објекта.

Минималне димензије прозорских јединица усвојене су у складу са несметаним коришћењем и антропологијом људског тела (рецимо: минимална ширина и висина балконских врата). Максималне димензије прозорског система, који омогућава израду прозор-зида, су у мерама светле спратне висине. Однос минималних и максималних димензија од суштинске је важности приликом одређивања габарита хоризонтала и вертикала објекта, који представља полазиште у испитивању статичких карактеристика система и формирању крајњег склопа. Такође, из овог односа произлази естетика крајњег производа, који би, посматрано са аспекта савремене архитектуре, требало да одише витким вертикалама и умерено широким хоризонталама прозорске преграде.

Типологија прозорских позиција одређује начин отварања. Она подразумева могућност формирања фиксних позиција, једнокрилних и двокрилних прозора, хармоника система и нагибно-клизних система. Уколико прозорски систем омогућује формирање прозора са свим наведеним начинима отварања он, такође, омогућава постојање униформности и истородности прозорских детаља, што у крајњој линији утиче на естетику како спољашње, тако и унутрашње архитектуре.

Стандардизација прозорских компоненти је од суштинске важности како у фази дизајна, тако и у производној фази композитног прозорског система. Она дефинише облик и димензије сваког дела компоненте који је у физичкој вези са неком другом компонентом. С обзиром на чињеницу да дизајнирање прозора подразумева суделовање различитих струка, може се рећи да је дефинисање њихових односа техничким нормативима заиста неопходно. Пре свега, прописи се односе на квалитет компоненти и међусобних веза унутар прозорског система. Овакав приступ довео је и до значајног појефтињења и побољшања квалитета коначног производа. Технологија израде прозорских компоненти је јасно дефинисана и примењена, што у великој мери олакшава процес њеног постепеног усавршавања.

У фази дизајна композитног прозорског система од великог је значаја познавање стандардних профилација за спајање, прихватање заптивки, жлебова за смештај окова, оптималних зазора за смештај стакла, као и низ других ситних елемената који одређују квалитативна својства прозора. Познавање технолошких процеса израде и обраде делова композитног прозорског система омогућава прилагођавање идејних цртежа ограничењима које дају произвођачи појединих компоненти.

4.2 Технолошки процес производње и обраде алуминијумских профила

Креирање композитних прозорских система у великој мери је обезбедила могућност израде алуминијумских профила високе прецизности. Захваљујући томе, на алуминијумским профилима се налази низ профилација за спајање профила и прихватање заптивки и окова. Облик и димензије тих профилација су стандардизоване у циљу поједностављења израде прозора. Ово упућује на чињеницу да алуминијумски профили намењени производњи прозора могу имати веома комплексну геометрију попречног пресека чија прецизност, мерена у делићима милиметра, има велику важност. Технологија израде алуминијумских профила заснована је на *екструзији*[29] гредица одговарајуће легуре у складу са жељеном наменом. За потребе алуминијумских фасада, прозора и врата, користи се легура алуминијума обогаћена магнезијумом и силицијумом AlMgSi0.5 (Стојановић, 2008). Њена ознака према европским нормативима је EN AW-6060. Квалитет легуре и профила строго је дефинисан стандардима.

Препоруке произвођача алуминијумских профила базиране су на јачини којом преса истискује растопљену легуру, као и на могућој прецизности израде алата који гарантује прецизност геометрије попречног пресека. Перманентним развојем преса и алата долази до сталне промене поменутих препорука. Ограничења пресаоница углавном су заснована на максималним димензијама профила који су дати у виду пречника описаног круга око профила. При овоме од велике је важности податак да ли је облик попречног пресека: отворен, затворен, односно шупљи профил или полуотворен (Стојановић, 2008). Смернице у погледу облика попречног пресека су веома корисне у процесу обликовања профила. Оне могу бити дате у виду читавог низа сугестија, рецимо: квалитет површине профила зависи од облика попречног пресека профила при чему треба напоменути да није редак случај да се због наглих прелаза у дебљини зида на површини профила јаве тзв. пресачке бразде; прецизност геометрије попречног пресека најлакше се може остварити код симетричних профила; требало би избегавати оштре ивице и поштовати минималне прописане радијусе на угловима итд.

Системи веза алуминијумских профила између себе, као и са профилима израђеним од других материјала, такође су стандардизовани у пракси. Спајање алуминијумских профила подразумева читав низ машинских обрада, као и примену

[29] Екструзија је технолошки процес путем кога се добијају алуминијумски профили одређеног геометријског попречног пресека.

разних типских елемената и хемијских средстава чиме се обезбеђује прецизност и чврстоћа спојева. Приликом спајања алуминијумских профила и профила направљених од других материјала треба узети у обзир различите дилатационе способности приликом температурних промена. Велика дилатациона померања алуминијума упућују на формирање специјалних веза са осталим материјалима.

Архитектонски захтеви за површинском обрадом алуминијума представљају посебно подручје разних технолошких достигнућа. Упркос чињеници да сирови алуминијумски профили имају добру отпорност на корозију, постоји читав низ површинских обрада. Оне обухватају промену текстуре механичком предобрадом, при чему се добија храпава или глатка површина, формирањем заштитног слоја алуминијум-оксида путем *елоксаже*[30] или промену боје профила путем *анодизације*[31] и пластификације (Стојановић, 2008).

Треба нагласити да је алуминијумске профиле, једном дефинисане и произведене, могуће врло мало дорађивати у производном процесу прозора. Овај податак је веома битан код прилагођавања детаља система архитектонским детаљима одређеног објекта. У пракси је присутна појава да се типски детаљи система допуњују профилима других система како би се задовољили архитектонски захтеви, што за последицу има неуредне и недоречене детаље на објекту. Са друге стране ритам, хармоничност и доследност прозорских детаља постигнута је уједначеношћу димензија и облика вертикала и хоризонтала, који се крећу у правцу остваривања прочишћених архитектонских израза. Квалитет једног прозорског система огледа се, према томе, у могућности прилагођавања без импровизација. Алуминијумски профили велике прецизности потенцирају дисциплину у архитектури објекта, а технологија израде и обраде алуминијумских профила иде томе у прилог.

4.3 Особине дрвета и технолошки процес производње и обраде дрвених профила

Улога дрвета у прозорском систему одређена је дизајнерским концептом. Већ поменути развој композитних прозора сагледан са аспекта термичке заштите могао би се посматрати и са аспекта настојања да се избегну проблеми изазвани непостојаношћу дрвета при атмосферским и температурним променама. Да ли ће дрво имати конструктивну улогу или ће бити само естетска облога са стране ентеријера, у највећој

[30] Електро-хемијски поступак помоћу кога се алуминијумски профили пресвлаче танким слојем алуминијум-оксида, који служи као заштита од корозије (Стојановић, 2008).
[31] Електролитички поступак бојења алуминијумских профила (Стојановић, 2008).

мери зависи од његових особина. С обзиром на то да су дрвени прозори заступљени у архитектури јако дуго, дошло је до њиховог постепеног развоја и стицања искуства произвођача. Искуство говори да су његови основни недостаци, нестабилност димензија и труљење, изазвани недовољном постојаношћу дрвета на температурне и атмосферске промене, док се његова позитивна својства сагледавају у остваривању добрих термичких карактеристика прозора. У том смислу увођење алуминијумске облоге са спољашње стране можемо посматрати као револуцију, при чему дрво преузима конструктивна и термичка својства прозора, а његова лабилност на атмосферске утицаје бива избегнута. У последњих неколико деценија спроведена су интензивна истраживања на пољу иновација нових материјала и технологија како би се побољшале карактеристике прозора. До смањења учешћа дрвета у прозорском систему дошло је развојем полиамидних профила за остваривање термичког прекида на алуминијумским профилима. Од тада дрво са унутрашње стране има улогу ентеријерске облоге. Овакав концепт чини се рационалним са аспеката очувања ресурса шума уз истовремено задржавање естетских и тактилних вредности дрвета у ентеријеру.

Дрво је природан и изузетно разноврстан материјал. Његова естетика је заснована на природности која се огледа у разноврсној палети текстура многобројних врста дрвета. У природи се разликују листари и четинари, који су заступљени у нашем климату, као и егзотичне врсте дрвета које расту у тропским шумама. Добре особине дрвета су: добре механичке особине сразмерно малој запреминској маси, ниска топлотна проводљивост и лакоћа обраде. Недостаци дрвета су: нехомогеност грађе, самим тим и анизотропност својстава; присуство разних дефеката; хигроскопност; подложност труљењу и горењу (Мурављов, 2007).

Познавање физиономије попречног пресека дебла је од суштинске важности за обраду дрвета. Приликом посматрања макроструктуре дебла издвајају се попречни, радијални и тангенцијални пресек. Годови у попречном пресеку формирају концентричне прстенове различитог тоналитета. У самом центру попречног пресека налази се срж, која представља анатомску осу дрвета, док се око ње налази срчевина, обично тамније боје. Испод коре дрвета налази се, нешто светлија, бељиковина у којој је процес раста још увек у току. Сржни зраци простиру се у радијалном правцу попречног пресека дајући интензитет текстури (Мурављов, 2007). Композиција ових елемената као и њихова боја разликује се код разних врста дрвета. Дебло се сече попречним, тангенцијалним и радијалним резом, при чему сваки од њих даје

карактеристичну текстуру исечка. Није редак случај да у архитектонским пројектима, поред врсте дрвета, буде специфицирана и врста реза.

Дрвени профили за прозоре производе се из тзв. припремака, односно летви правоугаоног пресека, израђених од масива дрвета. Уколико су габаритне димензије профила веће од димензија припремака, онда се профил добија ламелирањем, односно лепљењем више припремака у слојевима. Припремци за прозоре морају бити осушени на стандардом предвиђеним процентом влажности. Обично се он креће од 10% до 12%[32]. Превелика влажност дрвета доводи до скупљања и бубрења дрвених профила, као и до њиховог труљења (Мурављов, 2007). Управо због тога дрво мора бити адекватно осушено и заштићено површинским премазима са једне, док са друге стране, амбијентални услови по питању влажности и промене температуре током експлоатације морају бити стабилни. На данашњем ступњу технологије профилисање дрвених припремака врши се на машинама опремљеним потребним алатима, које могу извести веома компликоване попречне пресеке у једном пролазу. Такође се машински може радити настављање дрвених профила чиме је драстично смањен отпад дрвета.

Грешке на дрвету могу бити бројне. Стандардом су предвиђене појаве које се сматрају грешком и углавном се односе на појаву чворова, смолних кесица, напрслина и пукотина или оштећења од сипаца (ЕН 942, 2011). Неке грешке се избегавају исецањем и вештачким настављањем летви.

Свођењем улоге дрвета на ентеријерску облогу отворила се могућност примене многих врста. Најчешће употребљавано дрво је храст, који се одликује великом чврстоћом и тврдоћом, затворено црвенкастом или мрком бојом, јасно дефинисаним попречним пресеком, отпорношћу и трајношћу и релативно лаком обрадом (Мурављов, 2007). У скорије време у архитектонским пројектима се специфицирају јасен, орах, ариш или неке од тропских врста дрвета.

Завршна обрада дрвених профила подразумева попуњавање ситних неправилности китом, брушење, бајцовање, односно тонирање и лакирање. Велики технолошки напредак на пољу боја и лакова, као и интензивирање сарадње између произвођача прозора и боја и лакова у смислу консултација и едукативних радионица пружила је могућност огромне разноврсности у понуди. Веома често се на бази узорка који доставе архитекте или инвеститори, производе специјалне рецептуре које се наносе по строго датим правилима ради постизања жељеног ефекта.

[32] Податак из праксе.

4.4 Технолошке иновације компонената прозорских система

Крећући се у сусрет архитектонским захтевима, који у новије време налажу смањење димензија прозорских склопова при чему се димензије прозорских позиција повећавају, дизајнери прозорских система врше одабир материјала и компоненти који ће бити саставни делови система. Досадашње тенденције у производњи прозорских система биле су да се у исто време повећају конструктивна и термоизолациона својства уз повећање габарита попречног пресека рама, док је намера практичног дела овог рада да очува постигнута конструктивна и термоизолациона својства уз смањење габарита попречног пресека. Такође, очување комфора у погледу вентилирања простора је саставни део пројекта.

Одличне термоизолационе карактеристике данашњих прозора постигнуте су повећањем ширине полиамидних профила који имају улогу термичког прекида између спољашњег и унутрашњег алуминијумског рама, као и уметањем термоизолујућих испуна од стиродура између њих. На тај начин остварен је комплетан термички слој у пресеку прозора. Међутим, повећање ширине тог слоја довело је до повећања укупне димензије попречног пресека. При овоме, занемарена је чињеница да су термичке карактеристике стакла, на данашњем технолошком нивоу, боље од термичких карактеристика прозорских рамова, те да смањењем учешћа стакла на рачун повећања димензија прозорског рама долази до извесног смањења коефицијента термичке проводљивости целокупне позиције. Прихватањем супротног принципа размишљања које налаже повећање учешћа стакла у прозорској позицији на рачун смањења рама, директно би се задовољили захтеви савремених архитектонских пројеката. При томе не треба тежити смањењу коефицијента прозорског рама по сваку цену.

Прихватањем оваквог начина размишљања уведен је фиберглас у композитни прозорски систем као потпуно нови материјал у прозорском склопу. Фиберглас преузима, како конструктивна, тако и термичка својства, захваљујући својим добрим особинама. Производња профила од фибергласа, као релативно новог материјала на тржишту, има својих ограничења. Ограничења се односе на немогућност производње комплексних попречних пресека, минималне и максималне димензије пресека, минималних радијуса на угловима итд.[33] Међутим, различитост препорука разних произвођача профила од фибергласа указује на интензиван развој ове технологије, те их тако треба оквирно узети у обзир.

[33] Design options. *Fiberline*. Преузето 11. септембра 2019, са https://fiberline.com/design-flexibility

Као одговор на захтеве по питању одговарајуће непропустљивости ваздуха и воде, у прозорски систем уведени су заптивни профили. Сматра се да је идеја преузета из аутомобилске индустрије (Koolhaas, 2018). Вишедеценијска употреба заптивки у производњи прозора, као и потреба да се побољшају карактеристике прозорских система, резултирала је великим напретком технологије њихове израде. Тај напредак се примарно огледа у развоју нових врста вештачких материјала, као што су, на пример, еластомери (EPDM), разне врсте термопластика у комбинацији са различитим материјалима (TSP LAN, TSP FOAM, TSP FLEX и TSP LAST)[34] и силикони, чиме су постигнути значајни резултати у остваривању неопходних карактеристика. Захтеви које треба да задовољи материјал од кога су заптивке направљене односе се на: дужину очувања еластичних својстава; отпорност на спољашње утицаје, односно, температурне промене, промене влажности ваздуха; отпорност на UV[35] зрачење; отпорност на пожар; отпорност на силу притиска приликом затварања прозора итд.[36] Применом нових материјала и развојем адекватних машинских постројења постигнута је могућност израде заптивних профила изузетне прецизности што у великој мери олакшава креирање микродетаља унутар попречног пресека прозорског рама. Континуалност заптивног профила дуж обима прозорског рама представља квалитет коме се тежи. У том правцу креирани су разни алати за прецизно *геровање*[37] заптивних профила на углу или се уграђују фабрички вулканизовани заптивни рамови. Такође, брзина и једноставност уградње заптивки од посебне је важности у процесу производње прозора.

Задата типологија прозора пројектним задатком остварује се уградњом специјалних механизама (окова) за отварање и руковање. Интересантно Koolhaas-ово запажање да „сваки пут када се отвори прозор, 69 засебних компоненти, сакривених унутар прозорског рама, се покрене" (Koolhaas, 2018, 808), директно осликава комплексност прозорских окова који нам помажу да лако и једноставно контролишемо ниво и начин отворености прозора. Прозорска функција вентилирања простора се остварује уградњом окова у специјални жлеб на профилима прозорског рама, који је стандардизован под називом *евро жлеб*. Технологија израде прозорског окова, такође је доживела експанзију у протеклих неколико деценија. Развијени су механизми за различите врсте отварања, отклопно-нагибно, отварање око хоризонталне осе споља и

[34] Material selection brochure. *Trelleborg*. Преузето 12. септембра 2019, са https://www.trelleborg.com/en/sealing-profiles/resources/catalogs--and--brochures
[35] Ултравиолетно зрачење.
[36] Material selection brochure. Trelleborg. Преузето 12. септембра 2019, са https://www.trelleborg.com/en/sealing-profiles/resources/catalogs--and--brochures
[37] Спајање два профила под углом од 45°.

унутра и нагибно-клизно отварање, при чему унутар самих механизама долази до сталних иновација. Захтеви са којима се сусрећу произвођачи окова данас усмерени су ка: обезбеђењу доброг забрављивања и вентилирања; повећању носивости; отпорности на корозију; издржљивости на обијање и брзој монтажи[38]. У естетском смислу окови подлежу захтевима које је наметнула тежња ка једноставној и прочишћеној архитектури. У том смислу целокупни прозорски оков, укључујући и шарке, сакривен је унутар профила прозорског рама[39]. Стандардизација одговарајућих елемената омогућила је истовремену примену окова једног произвођача и ручице другог произвођача. С обзиром на то да је прозорска ручица једини видљиви део окова, на тржишту постоје читаве серије ручица које су дизајнирали водећи светски дизајнери и архитекте.

Несумњиво је да се технолошки развој дешава и на пољу израде разних спојница за спајање профила направљених од истих материјала, као и за спајање профила направљених од различитих материјала, при чему су од суштинске важности њихове дилатационе карактеристике при температурним променама. Произвођачи прозора, данас, суочени су са сталним иновацијама на пољу хемијских средстава у виду лепкова, силикона и пур-пена, као и разних експандирајућих трака и трака за RAL[40] уградњу (које зависно од положаја могу бити паро и водонепропусне или паропропусне и водонепропусне) које имају за циљ побољшање квалитета израде и уградње прозора.

4.5 Иновације у технологији и производњи стакла

Технологија израде стакла, која се примењује у архитектури, је доживела огроман напредак од средине XX века до данас. Фасцинантан је податак да је само сто година уназад стакло, због немогућности израде комада већих димензија, било најчешћи ограничавајући фактор по питању димензија прозора, а да већ данас тај фактор углавном зависи од материјала који учествују у изради прозорског рама. Такође, проблеми са кондензацијом прозора, који су били присутни у другој половини XX века, јављали су се због ниског коефицијента термичке проводљивости како рама, тако и стакла, док се данас ти проблеми углавном односе на слабу изолованост самог прозорског рама. Данас су могућности у одабиру адекватног стакла толико велике, због

[38] MAMMOTH - Gives heavyweights maximum support. *Maco*, преузето 13. септембра 2019, са http://www.maco.eu/sites/assets/MacoDocs/756654/756654en.pdf
[39] MULTI POWER – Hidden strenhgth. Maco. Преузето 13. септембра 2019, са http://www.maco.eu/sites/assets/MacoDocs/756851/756851en.pdf
[40] RAL уградња подразумева низ препорука у циљу побољшања везе прозора и зида.

његове разноврсности и великог броја комбинација у складу са захтевима, да поједини архитектонски бирои ангажују консултанте приликом специфицирања врста, дебљине и композиције стаклених панела (Koolhaas, 2018).

Основна сировина за производњу стакла је SiO_2 (силицијум-диоксид), који се у процесу производње под високом температуром меша са другим хемијским једињењима (Koolhaas, 2018). Све до средине XX века постојао је проблем израде равног стакла без неравнина, које ће омогућити идеалну транспарентност без преламања слике и замућења. Револуција у производњи стакла десила се 1950-их година када је Alastair Pilkington патентирао процес израде равног стакла заснован на разливању врелог истопљеног стакла по слоју истопљеног лима, формирајући на тај начин стаклену траку једнаке дебљине и равних површина (Koolhaas, 2018). Равно стакло добијено овим процесом код нас се назива *флот* стакло (усвојено од енгл. *float glass*). Од тог времена почиње интензивна производња стакла, али и интензиван развој технологије израде у циљу добијања што бољих карактеристика по питању термичке изолованости, контроле соларног зрачења, акустичних својстава, сигурности и контроли транспарентности.

Повећање термоизолационих способности стакла десило се на првом месту захваљујући производњи двоструког стакла, тзв. *термопана*, код кога је простор између стакла првобитно био испуњен вакумом, а касније аргоном. Усавршавањем термопана произвођачи су креирали двоструко или троструко стакло, при чему је бар једно од стакала премазано филмом металног оксида, ради смањења коефицијента термичке проводљивости и увођењем *warm edge spacer*[41] лајсни како би се смањио губитак топлоте на ивицама. Контрола соларног зрачења, такође се постиже разноврсним премазима, помоћу којих долази до рефлексије високоупадних сунчевих зрака, док нискоупадни зраци несметано улазе у просторију снабдевајући је адекватном количином дневне светлости. Акустичка својства и сигурност постижу се технолошким процесом ламелирања стакла, односно лепљењем стакала исте или различите дебљине уз уметање PVB (поливинил-бутурал) филма између њих. Контрола транспарентности се постиже хемијским пескарењем стакла, као и формирањем разноврсних текстура на површини[42].

[41] Лајсне постављене између стакла имају задатак да обезбеде константан размак између стакала.
[42] Architectural Glass, Sound Insulation Glass. *AGC*. Преузето 14. септембра 2019, са https://www.agc.com/en/products/flat_glass/index.html

4.6 Смернице у дизајну дрво-алуминијум прозора данас

Дрво-алуминијум прозори, у својој вишедеценијској примени, пролазили су кроз разне промене облика и унутрашњих композиција, са циљем побољшања карактеристика везаних за продор воде и ваздуха, ударе ветра, термичку заштиту и акустичка својства. Значајни резултати постигнути на овим пољима прихваћени су у форми тренутних достигнућа. Аналитичко сагледавање понашања одређених решења и примењених материјала у пракси, даје значајну основу за остваривање нових помака. Европски институти, који се баве овом проблематиком, спровели су низ истраживања, чији се резултати могу користити као смернице у фази дизајна прозорских система. С обзиром на мултидисциплинарни карактер пројектовања прозорског система неопходна је континуирана сарадња свих стручњака који у њему учествују. Прихватање иновација у погледу нових материјала, механичке и површинске обраде, уз дозу критичког осврта заснованог на претходном истраживању и искуству сматра се неопходним у аналитичкој фази дизајна прозора.

Међутим, колико год савремени прозорски системи иду у сусрет остваривању све бољих карактеристика, толико се приближавање архитектонским захтевима дешава спорије. Разлог таквих дешавања треба тражити у утврђивању пројектних задатака у почетној фази дизајна, који остају непромењени упркос великим променама у архитектури. Одрживост дизајна у смислу економске и енергетске исплативости још један је разлог ове појаве, која веома јасно прозор поставља као производ, а не као архитектонски елемент.

5. ПОЗИЦИОНИРАЊЕ ТЕХНОЛОГИЈА У ОКВИРИМА НОВИХ ТЕНДЕНЦИЈА

Савремени прозори морају задовољавати много озбиљније квалитативне критеријуме од допремања ваздуха и светлости у просторију, који су некада били скоро недостижни. У последњих неколико деценија иновирани су нови материјали и технологије израде појединачних делова, који су драстично променили особине прозорских система. Те особине се више не могу свести на само допремање ваздуха и светла него је прозор постао значајна баријера спољашњег и унутрашњег простора која нуди сву удобност боравка у просторији. Временом, у квалитативне особине прозора су укључени: ниво топлотне и звучне изолације; отпорност на пропуштање воде и ваздуха;

отпорност на ударе ветра итд. Процесом стандардизације те особине су прихваћене и нормиране. Међутим, у сталној тежњи да се оствари што бољи квалитет и удобност простора у коме бораве људи са једне и очува спољашњи, еколошки амбијент са друге стране, нормиране вредности прозорских параметара се мењају. Услед константних напора да се изађе у сусрет новим захтевима долази до сталног напретка у технологији израде прозора. Зачарани круг настао узрочно-последичном реакцијом главни је узрок стварања затвореног тржишта у коме корените промене скоро да нису могуће. Нови израз, *одржива архитектура*, широко је спомињан и у сфери производње прозора. Са друге стране, архитекте се још увек држе континуираног тока развоја архитектуре као дисциплине, споро прихватајући препоруке светских организација у циљу очувања планете. Те препоруке у крајњој мери за собом вуку драстично повећање трошкова градње са образложењем да ће се улагања вратити кроз експлоатацију објекта. Прихватање таквих норми, према томе, највише зависи од става инвеститора.

5.1 Одржива архитектура

Питање односа архитектонског објекта и окружења, у смислу правилне оријентисаности зарад заштите од превелике осунчаности или хладноће, одувек је постојало. Примери настали таквим промишљањима су бројни: Сократова кућа сходно његовом учењу да „у кућама окренутим ка југу сунчеви зраци зими продиру у портико (трем), али лети сунчева путања иде изнад наших глава и преко кровова, тако да је портико у сенци" (Стевовић и др., 2010, 63); прозори купатила са топлом водом, римских терми, били су увек оријентисани ка југу како би задржали топлоту атмосфере и воде[43]; архитектура Френка Лојда Рајта показује његов став о значају уклапања објекта у природни амбијент узимајући оно што сматра добрим и штитећи се од лоших утицаја (Стевовић и др., 2010); архитектура Алвара Алта такође нуди бројне примере итд. Сви они обједињени су идејом да окружење нуди архитектонском објекту корисне и лоше утицаје, а да архитектонски објекат нема негативних утицаја на окружење.

У новијој историји негативне утицаје на окружење немају само природне катастрофе попут вулканских ерупција, земљотреса или шумских пожара него и сам човек својим кретањем, становањем и радом. До оваквог обрта је дошло изразитим повећањем густине насељености и интензивирањем индустријске производње, што као крајњу последицу има смањење природних ресурса. По дефиницији, „под ресурсима се

[43] Koolhaas, R. (2009). Sustainability: Advancement vs. Apocalypse. *OMA*. Преузето 28. септембра 2019, са https://oma.eu/lectures/sustainability-advancement-vs-apocalypse

најчешће подразумева оно што људи узимају из природне средине за задовољење својих потреба и жеља" (Стевовић и др., 2010, 26). Ресурси могу бити материјални (обрадиво земљиште, нафта, угаљ, руде метала и слично) и нематеријални (лепота пејзажа, рекреационе вредности и слично). Такође, ресурси могу бити необновљиви, што значи да се користе брже него што се обнављају природним путем, а ту спадају фосилна горива, метални и неметални минерали и обновљиви, где спадају ветар, сунчева енергија, геотермална енергија итд. (Стевовић и др., 2010). Чињеница је да су залихе необновљивих ресурса значајно смањене.

Стручњаци наводе да постоје два разлога оваквог стања, а то су популациона преоптерећеност и потрошачка преоптерећеност. Популациона преоптерећеност настаје када расположиве залихе хране и воде нису довољне за снабдевање становништва, док је потрошачка преоптерећеност последица интензивне потрошње ресурса од стране мањег броја људи (Стевовић и др., 2010). На то се надовезује податак да „Развијене земље учествују са 22% у укупној светској популацији, располажу са 80% светског економског богатства, користе 80% светских минералних и енергетских ресурса и производе највећи део светског загађења и отпада. Мање развијене земље са нижим степеном индустријализације од просечног и са нижим националним дохотком по становнику од просечног учествују са 78% у укупној светској популацији, располажу само са 20% светског економског богатства и користе само 20% светских минералних и енергетских ресурса" (Стевовић и др., 2010, 28). Интензиван привредни развој конкретно има за последицу чињеницу да „Сваке године на Земљи нестане 17 милиона хектара шума, услед претварања шумског у пољопривредно земљиште, коришћења дрвета као горива и у индустријске сврхе или као последица загађеног ваздуха и киселих киша. Количина угљен-диоксида у атмосфери се повећава по стопи од 0.4% годишње, што је последица сагоревања фосилних горива и уништавања шума. Тако је ефекат стаклене баште све изразитији" (Стевовић и др., 2010, 32). Реакција водећих светских земаља на овакво стање била је Прва конференција УН[44] о животној средини, 1972. год. у Стокхолму. У периоду 1980–1990-их одржаване су конференције и формирана тела која су задужена за праћење података и доношење одређених мера на глобалном нивоу (Стевовић и др., 2010).

Појам одрживог развоја, уведен на министарској конференцији у Норвешкој 1990. године, потенцира неопходност „интеграције заштите и унапређења животне средине

[44] Уједињене Нације

са свим областима науке, културе и друштва у целини" (Стевовић и др., 2010, 17). Уколико само узмемо у обзир податке да 50% енергије у развијеним земљама потроше зграде, 27% укупне емисије CO_2 долази од стамбених зграда и да 16% укупног националног отпада представља отпад настао у току изградње зграда (Стевовић и др., 2010), онда морамо рећи да је увођење појма *одржива архитектура* била неминовност. Њен задатак је да омогући стварање архитектонских објеката који су у равнотежи са екосистемима, односно „системима који обезбеђују одржање живота на земаљској кугли" (Стевовић и др., 2010, 18). Симбиозом архитектуре и екологије, као науке која се бави проучавањем односа између организама и животне средине, могуће је доћи до корисних чињеница које ће усмерити даљи ток архитектонског развоја, при чему би се екологија у архитектури бавила односом изграђених објеката и природног окружења (Стевовић и др., 2010).

Основни принципи одрживе архитектуре су принципи еколошке, социјалне, културне и економске одрживости. Поштовање ових принципа омогућава несметану корелацију архитектонског објекта са екосистемима, природним ресурсима, културом и традицијом, као и формирање наслеђа будућим генерацијама (Стевовић и др., 2010).

Дефинисани принципи одрживе архитектуре и огромне разлике екосистема, култура, социјалних и економских питања одређених подручја, недвосмислено показују комплексност проблема. Чињенице које ово потврђују су да је до највиших резултата на пољу одрживе архитектуре дошло у Немачкој, Енглеској, Швајцарској, скандинавским земљама и Аустрији, чије су климе сличне, а карактеришу их дуге зиме и релативно блага и кратка лета. На тај начин дошло је до формирања већег тржишта у Европи на којем се примењују производи намењени одрживој архитектури.

Томе у прилог иде и истоветност по питању културних начела која се односе на принципе пројектовања (рецимо, пројектовање комерцијалних зграда у Европи обавезује да свако радно место буде осветљено дневном светлошћу и има могућност природног проветравања). Такви услови намећу издужену форму основе објекта, што битно утиче на примену принципа одрживе архитектуре. Такође, чињеница да су Европљани мање осетљиви на промене температуре ваздуха у канцеларијама за разлику од Американаца код којих се троше огромне количине енергије на одржавање температуре од 22°C до 24°C током читаве године, битно утиче на пројектовање система за грејање и хлађење објеката. Политика европских земаља је ишла ка усвајању Кјото протокола, који има за циљ драстично смањење емисије гасова који изазивају

ефекат стаклене баште, те су ове земље увођењем разних закона успеле да значајно смање загађеност и утицај на глобално загревање (Yudelson, 2009).

Управо овакви и слични разлози довели су до различитих ставова земаља света о начину спровођења идеја одрживе архитектуре. Познати светски архитекти схватили су ту идеју као изазов за стварање једног новог правца у архитектури, који се огледа у изолованости и уникатности у односу на амбијент у коме се налазе. Међу њима су Ричард Роџерс (Richard Rogers), Норман Фостер (Norman Foster), Рензо Пиано (Renzo Piano), Цесар Пели (Cesar Pelli) итд. (Стевовић и др, 2010). Ремек-дела ових аутора представљају реперне тачке многих светских градова за чије грађење су потрошена огромна новчана средства. Према Koolhaas-у, ови објекти скупљени на једном месту дали би контрапродуктиван и самоискључив вид пејзажа. Они представљају архитектонске екстреме који нас тешко могу увести у архитектонски правац прилагодљив економским оквирима многих земаља[45].

Слика 121. Ремек-дела светске архитектуре на којима су примењени принципи самодрживости у већој или мањој мери формирају јединствен пејзаж, према Колхасу

[45] Koolhaas, R. (2009). Sustainability: Advancement vs. Apocalypse. *OMA*. Преузето 28. септембра 2019, са https://oma.eu/lectures/sustainability-advancement-vs-apocalypse

5.2 Ставови и препоруке светских организација

Новина у пројектовању објеката јесте све израженија потреба да објекат буде ефикасан, а уз то и еколошки прихватљив (Стевовић и др, 2010). На који начин ће се то остварити и контролисати, зависи од низа стандарда који су у свету формирани и који свакодневно шире поља својих интересовања. Стандарди су обично производ деловања непрофитних организација које делују у корелацији са саветодавним телима одрживе градње у једној држави. Сваки од њих поседује своје специфичности изражене кроз обим посматрања појединих појава и њиховог праћења, метода оцењивања, дужине трајања стандарда итд. Није редак случај да стандарди једне земље буду широко прихваћени и у другим земљама, као што је то случај са LEED (САД) и BREEAM (Британија) стандардом. Заједничко за све стандарде је „да оцену о поштовању одређеног стандарда и акредитацију дају независне (third-party[46]) организације" (Крњетин и др., 2019, 37).

Према међународном систему за сертификацију енергетски ефикасних и еколошких објеката LEED (Leader in Energy and Efficiency Design), који је и код нас прихваћен, могу се оценити сви типови објеката у свим фазама од пројектне до употребне. Сертификација се издаје на основу седам кључних категорија и две за додатне поене: одрживост градилишта; потрошња воде; количине потрошене енергије и загађеног ваздуха; квалитет уграђених материјала и сировина; квалитет унутрашњег окружења; квалитет положаја локације и њене повезаности; ниво свести и образовања корисника објекта о одрживој архитектури; иновативност пројекта; регионални приоритет. Категорисањем објекти добијају одређени ниво поена на основу чега добијају обични, златни или платинасти сертификат. У крајњем циљу поседовање LEED стандарда подиже цену некретнине на тржишту (Крњетин и др., 2019).

LEED стандард подстиче употребу природног осветљења и вентилације, као и побољшања термичких и акустичких карактеристика омотача зграде (Крњетин и др., 2019). На тај начин стандард, такође, подстиче иновације на пољу саме архитектуре у креирању нискоенергетских (високоенергетски ефикасних) објеката. При овоме треба напоменути да и остали, слични стандарди иду у истом правцу. Основни циљ нискоенергетских кућа је смањивање енергетских потреба, што се постиже „добром термичком изолацијом, опремом ниске енергетске потрошње, природним осветљењем и вентилацијом простора" (Стевовић и др., 2010, 63). Постоји више концепата

[46] Енг. трећа страна

нискоенергетских кућа, који су описани различитим терминима: „low-energy house; high-performance house; passive house/Passivhaus, zero carbon house, zero energy house, energy saving house, energy positive house, 3-litre house" итд. (Крњетин и др., 2019, 46). То указује на чињеницу да не постоји јединствен концепт намењен свим земљама света. Тежња ка смањењу потрошње енергије је податак који их обједињује у специјалну групу архитектонских објеката.

Према неким ауторима, пасивна кућа је она кућа „која се сама загрева и хлади" (Стевовић и др., 2010, 64). Ово је постигнуто пре свега компактном формом уз побољшану изолацију спољашњег омотача, при чему он може бити двоструки, где се простор између два омотача користи као зона измене ваздуха и ублаживач спољашњих утицаја окружења. Такође, оне морају бити оптимално оријентисане у односу на сунце како би се акумулирала највећа количина сунчеве енергије током зиме и спречило прегревање током лета. Препорука је да би требало да буду оријентисане ка југу. Оријентација у односу на ветар је битна због његовог двоструког деловања, односно, лети он има повољан ефекат хлађења услед смањења потребе за вештачком вентилацијом, док у време грејне сезоне повећава топлотне губитке. Стаклене веранде су саставни део архитектуре пасивних кућа због њихове могућности акумулирања сунчеве енергије. Природна вентилација је неопходна у изградњи пасивних објеката. Она се постиже системом отвора, где отвори при дну служе за довод свежег, хладног ваздуха, а отвори при врху служе одвођењу загрејаног ваздуха. Приликом измене ваздуха врши се пренос топлоте са старог ваздуха на нови. Настрешнице се користе за спречавање продора сунчевих зрака лети и омогућавање продора сунчевих зрака зими. Масивни зидови истовремено служе и као апсорбер топлоте и као грејно тело унутрашњих просторија. Укопавање објекта је још један вид побољшавања захтеваних карактеристика пасивних кућа (Стевовић и др., 2010).

За ову тему су од посебне важности препоруке везане за прозоре. Архитектура пасивне куће конципирана је тако да прозори на јужној фасади заузимају 60–90% површине зида, при чему величина прозора зависи од намене објекта, масе зидова и топлотних застора. Велике прозоре треба пројектовати на јужној фасади, а мање на северној, како би се спречили већи топлотни губици. Прозори који се уграђују морају бити енергетски ефикасни, односно, да коефицијент пролаза топлоте на прозору Uw не прелази 0.8W/m^2K. Прозори се морају штитити системима за сенчење са спољашње или унутрашње стране (Стевовић и др., 2010).

Архитекта Wolfgang Weiss је у Немачкој патентирао посебан облик пасивне куће *Passiv Haus*, који се разликује од општег типа чији су принципи грађења горе наведени. Основна разлика је у концепту грејања и хлађења објекта системом вентилације. Потребе за грејањем, хлађењем и вентилирањем срачунавају се за сваки објекат понаособ, што пружа већу архитектонску слободу. Крајњи циљ у пројектовању ових кућа је да потрошња електричне енергије не буде већа од 15кWh/m^2 на годишњем нивоу (Стевовић и др., 2010).

Још један вид пасивне куће је нулта кућа или *zero house*. Специфичност идеје куће огледа се у томе што је она повезана са енергетском мрежом града са једне стране, док са друге и сама производи енергију користећи енергије сунца, ветра, геотермалну енергију итд. У току године она за своје потребе троши енергију коју сама произведе, осим у месецима када та количина није довољна и када додатну енергију узима из енергетског система града. Исто тако, током месеци када је њена потрошња енергије мања од енергије коју произведе, она вишак враћа у енергетски систем. Отуда израз нулта. Међутим, ишло се још даље ка постизању што мање емисије CO_2, тако је настала нулта угљенична кућа или *zero carbon house*, која је потпуно независна од енергетске мреже и у потпуности сама производи и акумулира енергију (Yudelson, 2009). Сходно чињеници да и нулта кућа троши малу количину енергије, акценат је стављен на квалитет изолационог слоја.

Изградња оваквих кућа за собом повлачи веће инвестирање, што се оправдава тиме да ће се током експлоатације, уз предвиђену уштеду енергије, новац вратити. Применом савремених, компликованих технологија на неадекватан начин често долази до непотпуног функционисања ових кућа. Због тога је уведен приступ, *екоминимализам*, који има за циљ да својим аналитичким методама поједностави многе процесе и избегне додатно компликовање извођења пројекта. При томе треба нагласити да екоминимализам не делује у супротности са технолошким иновацијама, већ их користи тамо где је то заиста потребно и на правилан начин. Екоминимализам није естетски приступ иако заговара упрошћене форме објекта (Стевовић и др., 2010).

Интересантан приступ у креирању објеката одрживе архитектуре, описан у литератури, је приступ бироа Транссолар (Transsolar), чији је идејни творац Matthias Schuler (Yudelson, 2009; Koolhaas, 2018). Биро се бави климатским инжењерингом са циљем да омогући највиши могући комфор са најнижим могућим еколошким утицајем. Транссолар у односу на стандардни приступ, који сматра да ће комфор унутар објекта бити постигнут када температура и влажност ваздуха буду у оквирима утврђених

норматива, препознаје и анализира питање комфора на далеко свеобухватнији начин, при чему одрживост зграда није ограничена на само смањење утрошене енергије на грејање и хлађење, већ и на питање термичког, визуелног, акустичког и другог комфора (Yudelson, 2009). Његова сарадња са водећим светским архитектама у току саме израде идејног пројекта омогућила је очување архитектонске дисциплине и еколошких принципа.

На крају би још требало споменути C2C (*Cradle to Cradle Design*[47]) сертификацију, која има велики утицај на могућност рециклирања свих материјала који се користе у индустрији. Сертификација обухвата посматрање материјала у свим циклусима током њиховог животног века са циљем постизања „0% отпада било које врсте" (Крњетин и др., 2019, 42). Стандард сврстава материјале у две категорије: техничка храна, материјали који се сматрају нетоксичним и могу се процесом рециклирања користити за добијање истог или бољег производа и биолошка храна, материјали који се након коришћења могу вратити у биолошко окружење и представљати храну за микроорганизме без икакве опасности. Основни критеријуми које оцењује C2C сертификат су: здравље материјала – при чему се идентификује хемијски састав материјала и одређује његова токсичност; рециклажа – процењује се могућност рециклаже материјала на крају једног животног циклуса; енергија – процењује се количина енергије која је потребна за производњу материјала и вода – процењује се квалитет и употреба отпадних вода (Крњетин и др., 2019). Ова сертификација је омогућила и подстакла рециклирање многих материјала међу којима је и алуминијум, поступком који користи много мање енергије од примарног процеса добијања алуминијума.

5.3 Досадашње искуство

Наведени примери актуелних светских тенденција ка одрживој архитектури и очувању екосистема само су део укупних светских дешавања на ову тему. Највећи проблем данас је неусаглашеност ставова и немогућност дефинисања јединствених норматива који би дали јасне податке за пројектовање објеката и индустријску производњу архитектонских компоненти. Проглашењем појма одрживе архитектуре, архитектонска дисциплина је доведена у питање. Њој су наметнута правила које она у домену своје професије не може да оправда и све док не буде увидела снажну моралну

[47] Дизајн од колевке до колевке.

потребу да суштински мења своје ставове, ситуација ће остати иста. Таквих примера је у историји било, почев од преласка готике у ренесансу, преко краја XIX и почетка XX, па све до модернизма који се после једне светске катаклизме окренуо социјалној архитектури. Проблем одрживе архитектуре највише лежи у чињеници да још увек не постоји непосредна опасност изазвана глобалним загревањем и еколошком катастрофом, те је стога нереално очекивати да ће народи различитих култура и економија подједнако озбиљно схватити овај проблем.

О предложеним концептима пасивних кућа још увек је рано говорити имајући у виду ограничен број изграђених објеката, које су махом концентрисане у Немачкој, Енглеској, Швајцарској, Аустрији и скандинавским земљама. Друга континентална поднебља још увек нису у потпуности прихватила ове принципе. Међутим, агресивне медијске кампање зелених покрета широм света наметнуле су идеју значаја корпорацијске одговорности, те су тако многи велики произвођачи прозора на својим интернет сајтовима објавили припадност некој од организација[4849].

Шта у ствари добијају произвођачи оваквим приступом? Конкретан пример атестираног прозора AT 135 произвођача *Визус* из Ниша од стране немачког института Passiv Haus говори о значају припадности једном оваквом ланцу. Са једне стране, говори о способности произвођача да дизајнира и произведе прозорски систем који ће одговорити на веома ригорозне захтеве института и са друге стране о ревности института да податке везане за прозорски систем прикаже на својој интернет страници чинећи их доступним целокупној светској јавности[50]. Сертификат прозора објављен је у специјалној форми института на два светска језика (немачки и енглески)[51]. На овај начин инвеститорима пасивних објеката пружена је могућност да ступе у непосредан контакт са произвођачем.

Оправданост се доводи у питање код великих улагања у дизајн и производњу прозора имајући у виду још увек ограничен број пасивних објеката. Интересантна је чињеница да је систем AT 135 заживео на домаћем тржишту невезано за изградњу пасивних кућа, упркос чињеници да је према нашем Правилнику о енергетској ефикасности зграда Републике Србије највећи дозвољени коефицијент пролаза топлоте

[48] Sustainable building. *WICONA*. Преузето 15. октобра 2019, са https://www.wicona.com/en/de/Sustainability/Sustainable-building/
[49] Sustainability. *Schüco*. Преузето 15. октобра 2019, са https://www.schueco.com/web2/de-en/company/sustainability
[50] Component Database. *Passive House Institute*. Преузето 15. октобра 2019, са https://database.passivehouse.com/en/components/list/window
[51] Component Database, VIZUS D.O.O. *Passive House Institute*. Преузето 15. октобра 2019, са https://database.passivehouse.com/en/components/list/window

на раму прозора U_f=1.5W/m^{2}K[52], а да је атестирана вредност система AT 135 Uf=0.78W/m^{2}K. Ово се једино може објаснити тежњом инвеститора ка обезбеђивању што бољег енергетског разреда у *енергетском пасошу*, који је обавезан документ свих нових зграда, као и постојећих зграда које се реконструишу[53]. Према *Правилнику о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда* Републике Србије „енергетски разред је показатељ енергетских својстава зграде, исказан преко релативне вредности годишње потрошње финалне енергије за грејање (%)...”[54] Један од улазних података за срачунавање енергетског разреда су коефицијенти термичке проводљивости свих материјала који учествују у омотачу зграде. На крају, зграде се сврставају у осам енергетских разреда почев од А+ до Г, при чему је А+ разред енергетски најповољнији[55].

Тенденција ка остваривању одрживе архитектуре усмерила је дизајн и производњу прозорских система ка постизању што нижег коефицијента термичке проводљивости. Првобитни покушаји произвођача су били да се коефицијент смањи на самом прозорском раму чиме су димензије попречних пресека прозора знатно увећане. Истовременим развојем стакла, премаза за стакло, као и формирањем пакета трослојног стакла, дошло је до значајног смањења коефицијента пролаза топлоте на укупном прозору, што може бити повод за ново преусмеравање развоја прозорских система.

---

[52] Pravilnik o energetskoj efikasnosti zgrada, "Sl. glasnik RS", br. 61/2011, Tabela 3.4.1.3 – Najveće dozvoljene verdnosti koeficijenta prolaya toplote, U_{max}[W/(m^{2}K)], za elemente omotača zgrade. *Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре*. Преузето 15. октобра 2019, са https://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/PRAVILNIK%20O%20ENERGETSKOJ%20EFIKASNOSTI%20ZGRADA.pdf

[53] Pravilnik o energetskoj efikasnosti zgrada, "Sl. glasnik RS", br. 61/2011, Član 6. *Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре*. Преузето 15. октобра 2019, са https://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Pravilnik%20o%20uslovima%20sadrzini%20i%20nacinu%20izdavanja%20sertifikata%20o%20energetskim%20svojstvima%20zgrada_0.pdf

[54] Pravilnik o energetskoj efikasnosti zgrada, "Sl. glasnik RS", br. 61/2011, Član 6. *Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре*. Преузето 15. октобра 2019, са https://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Pravilnik%20o%20uslovima%20sadrzini%20i%20nacinu%20izdavanja%20sertifikata%20o%20energetskim%20svojstvima%20zgrada_0.pdf

[55]Pravilnik o energetskoj efikasnosti zgrada, "Sl. glasnik RS", br. 61/2011, Prilog ENERGETSKI RAZREDI ZGRADA U ZAVISNOSTI OD KATEGORIJE. *Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре*. Преузето 15. октобра 2019, са https://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Pravilnik%20o%20uslovima%20sadrzini%20i%20nacinu%20izdavanja%20sertifikata%20o%20energetskim%20svojstvima%20zgrada_0.pdf

6. ЗАКЉУЧАК

Спроведена теоријска истраживања ретроспективног развоја прозора у историји архитектуре потврђују међузависност дизајна прозора и архитектонских праваца, чиме потврђују полазну хипотезу да је прозор архитектонски елемент. Она описују дубински однос облика, материјализације, димензије и начина отварања при чему генеришу суптилну путању развоја прозора која, као и архитектура, зависи од политичких, друштвених, економских и културних дешавања. Све до модернистичког покрета у архитектури развој прозора има уједначен, континуирани развој свих његових елемената, пратећи шему једнокрилног, двокрилног прозора са и без надсветла.

Анализом архитектонских примера модернистичког покрета из литературе дошло се до закључка да су у том периоду постављени нови просторни односи у архитектури, засновани на тежњи ка повећању количине дневне светлости у простору, који су допринели да дизајн прозора делује у складу постизања естетике просторних целина. Веома битан податак на даљи ток развоја, који потврђује другу полазну хипотезу, је да се прозорска шема више не заснива на једнокрилним и двокрилним прозорима са и без надсветла, већ на много ширим комбинацијама које досежу границе застакљивања целокупне зидне равни употребом прозорског система. Наведени примери савремене архитектуре, у делу рада који се бави односом прозора и фасаде, одређују естетику савремених прозорских система који, пре свега, произлазе из чињенице да је примена прозора у савременој архитектури базирана на принципима реда, ритма и хармоничности. Такође, прочишћеност облика и сведеност форми, као императив савремене архитектуре, упућују на форму прозорског рама, који својом димензијом и обликом не оптерећује архитектонску замисао већ делује у складу укидања баријере спољашњег и унутрашњег простора. Дизајн прозорског рама, према томе, треба да тежи смањењу димензија прозорског рама.

Дизајн прозора, као наслеђеног елемента прихваћеног из архитектуре претходних епоха, а прилагођеног ширим просторним формама архитектуре модернизма, имао је низ недостатака од којих су најизраженији веома низак коефицијент термичке проводљивости металних и слаба статичка носивост дрвених прозора. Решење овог проблема виђено је у креирању композитног прозора формираног од међусобно спојених рамова од алуминијума и дрвета, при чему се симбиозом каратеристика оба материјала постижу боље квалитативне особине прозорског система. Идеја композитног прозора је окарактерисана као веома значајна за будући развој прозорских

система. Прилагођеност употребе алуминијума и дрвета са естетским начелима савремене архитектуре је од посебног значаја. Дефинисањем актуелног проблема статичке носивости прозора и термичке брањености предложено је увођење новог материјала, фибергласа, који има те задовољавајуће карактеристике у оба случаја. Одрживост дизајна прозорског система испитана је посматрањем стандардизације прозора и прозорских компоненти, као и техничко-технолошких могућности у савременој производњи прозора.

Иновативна идеја композитних прозора омогућила је остваривање високих квалитативних стандарда. Ово се пре свега односи на већ постигнуте резултате по питању коефицијента термичке проводљивости на делу прозорског рама, али и на нове захтеве које намеће тенденција кретања ка одрживој архитектури. Такође, у раду су наведене тенденције техничко-технолошког развоја стакла које иду у прилог постизању бољих термичких карактеристика на делу стакла него на делу рама. Оправданост повећања учешћа стакла на рачун смањења учешћа рама иде у прилог естетици савремене архитектуре и као таква је прихваћена. Овим је потврђена и последња полазна хипотеза рада која дефинише прозор као значајну баријеру са задатком очувања енергије унутрашњег простора.

Закључци теоријског дела формирају неколико битних смерница у будућем дизајну прозора:

- Неопходност кориговања пројектног задатка у смислу дефинисања нових прозорских шема које ће прозорски систем моћи да задовољи.
- Прозорске шеме морају омогућити постизање реда, дисциплине и хармоничности архитектонске фасаде.
- Обликовање прозорског рама мора бити у складу са тенденцијама савремене архитектуре које налажу прочишћеност облика, сведеност форми и приближавање губитку граница.
- Двоструки естетски третман материјализације прозора у екстеријеру и ентеријеру, као и захтеви за остваривањем што бољих статичких и термичких карактеристика прозора дефинишу идеју композитног прозорског система, формираног учешћем алуминијума-фибергласа-дрвета прихватљивом.
- Постизање веома добрих термичких карактеристика стакла упућује на нов пропорцијски однос димензија стакла и рама.

Применом ових закључака креиран је прозорски систем *СТРУКТУРА* у практичном делу рада. Назив *СТРУКТУРА* истиче један од најбитнијих закључака овог

истраживања, а то је промена прозорских шема које се више не ограничавају на једнокрилне и двокрилне прозоре, већ на просторне застакљене композиције са уједначеним димензијама вертикала и хоризонтала у које могу бити уметнута отварајућа крила. Униформност дизајна архитектонских објеката постигнута је могућношћу формирања засебних прозора у пуном зиду, као и прозор-зида. Потенцирање идеје структурног приступа извршено је визуелном и тактилном дистинкцијом хоризонтала и вертикала од дрвета и отварајућих крила од алуминијума са унутрашње стране. Оваквим приступом назначена је функција снабдевања свежим ваздухом унутрашњег простора отварајућих крила, док је функција допремања дневног светла раздељена на фиксна поља и крила.

Такође, СТРУКТУРА је замишљена као прозорски систем, при чему се застакљивање поља врши са унутрашње стране објекта, што знатно олакшава монтажу позиција и евентуалне замене стакала у фази експлоатације. Овакве просторне форме се за сада могу креирати уметањем прозора у фасадне системе, при чему се застакљивање позиција врши са спољашње стране. С обзиром на то да је систем СТРУКТУРА замишљен за застакљивање укупне светле висине једне етаже, принцип застакљивања са унутрашње стране чини се прихватљивијим.

Примена стандардне профилације за смештај окова омогућава примену окова шире групе произвођача, са којима су компатибилне разне прозорске ручице. Систем предвиђа могућност застакљења троструким стакленим панелима, са препоруком употребе We (worm edge)[56] лајсни за застакљивање у циљу постизања што бољег коефицијента термичке проводљивости.

Систем СТРУКТУРА дат је на нивоу идејног дизајнерског рада уз напомену да би до његове реализације могло доћи тек мултидисциплинарним приступом разних нивоа сагледавања и пројектовања. Он пре свега има за циљ да укаже на нова сагледавања прозорских система у оквиру дизајнерског процеса.

[56] Worm Edge лајсне омогућавају једнаку удаљеност стакала у пакету, при чему су направљене од материјала који обезбеђује спречавање топлотних губитака на ивицама стакла.

7. ЛИТЕРАТУРА

Ajzenberg, A. (1994), *Stilska unutrašnja arhitektura od praistorije do baroka*, Beograd: Univerzitet Umetnosti u Beogradu.

Architectural Glass, Sound Insulation Glass. *AGC*. Преузето 14. септембра 2019, са https://www.agc.com/en/products/flat_glass/index.html

Бошковић, Ђ. (1967), *Архитектура средњег века*, Београд: Научна књига.

Giblin, C. J. (1988), *Let There Be Light: A Book About Windows*, New York: Thomas Y. Crowell.

Giedion, S. (1969), *Prostor, vreme, arhitektura*, Beograd: Građevinska knjiga.

Gonzàlez, M. F. (2018), Skolkovo Institute of Science and Technology / Herzog & de Meuron, *Archdaily*, Преузето 2. јуна 2019, са https://www.archdaily.com/905951/skolkovo-institute-of-science-and-technology-herzog-and-de-meuron

Fletcher, B. (1963), *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York: Charles Scribner's sons.

Gössel, P. & Leuthäuser, G. (1991), *Architecture in the Twentieth Century*, Köln: Benedikt Taschen Verlag GmbH.

Дероко А. (1962), *Архитектура старог века*, Београд: Научна књига.

De Pierrefeu, F. i Le Courbusier (1956), *Savremena kuća dostojna ljudi*, Beograd: Građevinska knjiga.

Drvo u stolariji – Opšti zahtevi, (2011). *SRPS EN 942*.

Edited by Anderson A. E. and Earle F. G. (1972), *Design and Aesthetics in Wood*, New York: Collage of Enviromental Science and Foresty.

Koolhaas, R. (2009). Sustainability: Advancement vs. Apocalypse. *OMA*. Преузето 28. септембра 2019, са https://oma.eu/lectures/sustainability-advancement-vs-apocalypse

Koolhaas, R. (2018), *Elements of architecture*, Köln: Taschen.

Kostof, S. (1985), *A History of Architecture. Settings and Rituals*, New York: Oxford University Press.

Krnjetin S. i Brevinac M. D. (2019), *Zelena arhitektura*, Beograd: Akademska misao.

Leatherbarrow, D. & Mostafavi, M. (2002). *Surface architecture*, Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

MAMMOTH - Gives heavyweights maximum support. *MACO*. Преузето 13. септембра 2019, са http://www.maco.eu/sites/assets/MacoDocs/756654/756654en.pdf

Material Selection Brochure. *Trelleborg*. Преузето 12. Септембра 2019, са https://www.trelleborg.com/en/sealing-profiles/resources/catalogs--and--brochures

MULTI POWER – Hidden strenhgth. Maco. Преузето 13. септембра 2019, са http://www.maco.eu/sites/assets/MacoDocs/756851/756851en.pdf

Muravljov, M. (2007), *Građevinski materijali*, Beograd: Građevinska knjiga.

Nestorović, B. (1964), *Arhitektura novog veka,* Beograd: Naučna knjiga.

Pallasma J. (2005), *The Eyes of the skin. Architecture and the Senses*, West Sussex, England: John Wiley &Sons Ltd, West Sussex.

Pallasma, J. (2016), Dwelling in Light: Tactile, emotive and life-enhancing light, *Daylight & Architecture*, 26, pp 5–13

Pevsner, N. (1972), *Izvori moderne arhitekture i dizajna*, Beograd: Izdavački zavod Jugoslavija.

Pravilnik o energetskoj efikasnosti zgrada, "Sl. glasnik RS", br. 61/2011. *Министрaство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре*. Преузето 15. октобра 2019, са https://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Pravilnik%20o%20uslovima%20sadrzini%20i%20nacinu%20izdavanja%20sertifikata%20o%20energetskim%20svojstvima%20zgrada_0.pdf

Rowe, C. & Slutzky, R. (1997), *Transparency*, Basel: Birkhäuser.

Samuel, F. (2007), *Le Corbusier in Detail,* Oxford: Elsevier Ltd.

Stevović S. i Vasilski D. (2010), *Održiva arhitektura*, Beograd: Zadužbina Andrejević.

Stojanović V. (2008), *Priručnik građevinske bravarije*, Beograd: Ingal.

Sheller, M. (2014), *Aluminum dreams. The making of light modernity*, Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

Sustainable building. *WICONA*. Преузето 15. октобра 2019, са https://www.wicona.com/en/de/Sustainability/Sustainable-building/

Sustainability. *Schüco*. Преузето 15. октобра 2019, са https://www.schueco.com/web2/de-en/company/sustainability

Traktenberg, M. i Hajman, M. (2006), *Arhitektura od preistorije do postmodernizma*, Beograd: Građevinska knjiga a.d.

Component Database. *Passive House Institute*. Преузето 15. октобра 2019,

ca https://database.passivehouse.com/en/components/list/window

Corrodi, M. & Spechtenhauser, K. (2008), *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel: Birkhaüser.

Ford, R. E. (2011), *The Architectural Detail*, New York: Princeton Architectural Press.

Hičkok H.R., Lojd S., E., Rajs D.T., Linton N., Bojd E., Karden E., Rouson F., Džekobus Dž. (1967), *Svetska Arhitektura – Ilustrovana Istorija*, Beograd: Građevinska knjiga.

Fiel C. and Fiel P. (2001), *Design 20. veka*, Beograd: IPS Media d.o.o.

Fiberline Design Manual, *Fiberline C*, Преузето 22. јуна 2019, ca https://fiberline.com/free-design-manual

Yudelson J. (2009), *Green Building trends: Europe*, Washington DC: Island Press.

Извори илустрација

Слика 1. S. Lojd, D.T. Rajs, N.Linton, *Svetska Arhitektura Ilustrovana Istorija*, Beograd,1967, pg. 16

Слика 2. Kostof, *A History of Architecture. Settings and Rituals*, New York, Oxford University Press, 1985, pg. 55

Слика 3. S. Kostof, *A History of Architecture. Settings and Rituals*, New York, Oxford University Press, 1985, pg. 86

Слика 4. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 52

Слика 5. S. Kostof, *A History of Architecture. Settings and Rituals*, New York, Oxford University Press, 1985, pg. 82

Слика 6. S. Kostof, *A History of Architecture. Settings and Rituals*, New York, Oxford University Press, 1985, pg. 200

Слика 7. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 277

Слика 8. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 300

Слика 9. Бошковић, Ђ., *Архитектура средњег века*, Научна књига, Београд, 1967, стр. 110

Слика 10. Бошковић, Ђ., *Архитектура средњег века*, Научна књига, Београд, 1967, стр. 111

Слика 11. Бошковић, Ђ., *Архитектура средњег века*, Научна књига, Београд, 1967, стр. 256

Слика 12. Бошковић, Ђ., *Архитектура средњег века*, Научна књига, Београд, 1967, стр. 257

Слика 13. Бошковић, Ђ., *Архитектура средњег века*, Научна књига, Београд, 1967, стр. 257

Слика 14. Giblin CJ., *Let There Be Light: A Book About Windows*, First Edition, Thomas Y. Crowell, New York, 1988, pg. 84

Слика 15. Бошковић, Ђ., *Архитектура средњег века*, Научна књига, Београд, 1967, стр. 225

Слика 16. Бошковић, Ђ., *Архитектура средњег века*, Научна књига, Београд, 1967, стр. 226

Слика 17. Бошковић, Ђ., *Архитектура средњег века*, Научна књига, Београд, 1967, стр. 268

Слика 18. Бошковић, Ђ., *Архитектура средњег века*, Научна књига, Београд, 1967, стр. 269

Слика 19. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 685

Слика 20. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 749

Слика 21. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 734

Слика 22. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 699

Слика 23. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 753

Слика 24. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 710

Слика 25. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 741

Слика 26. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 741

Слика 27. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 804

Слика 28. Sir B. Fletcher, *A History of Architecture on the Comparative Method*, New York, Charles Scribner's sons, 1963, pg. 971

Слика 29. Kostof, *A History of Architecture. Settings and Rituals*, New York, Oxford University Press, 1985, pg. 593

Слика 30. Koolhaas R. *Elements of architecture*, Taschen, Köln, 2018, pg. 744

Слика 31. Koolhaas R. *Elements of architecture*, Taschen, Köln, 2018, pg. 745

Слика 31. Koolhaas R. *Elements of architecture*, Taschen, Köln, 2018, pg. 745

Слика 32. B. B. Pfeiffer, *Frank Lloyd Wright*, Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1994, pg. 69

Слика 33. B. B. Pfeiffer, *Frank Lloyd Wright*, Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1994, pg. 71

Слика 34. N. Pevsner, *Izvori moderne arhitekture i dizajna*, Beograd, Izdavački zavod Jugoslavija, 1972, pg. 92

Слика 35. N. Pevsner, *Izvori moderne arhitekture i dizajna*, Beograd, Izdavački zavod Jugoslavija, 1972, pg. 93

Слика 36. Traktenberg, I. Hajman, *Arhitektura od preistorije do postmodernizma*, Beograd, Građevinska knjiga, 2006, pg. 486

Слика 37. Traktenberg, I. Hajman, *Arhitektura od preistorije do postmodernizma*, Beograd, Građevinska knjiga, 2006, pg. 502

Слика 38. Traktenberg, I. Hajman, *Arhitektura od preistorije do postmodernizma*, Beograd, Građevinska knjiga, 2006, pg. 502

Слика 39. Traktenberg, I. Hajman, *Arhitektura od preistorije do postmodernizma*, Beograd, Građevinska knjiga, 2006, pg. 508

Слика 40. Traktenberg, I. Hajman, *Arhitektura od preistorije do postmodernizma*, Beograd, Građevinska knjiga, 2006, pg. 505

Слика 41. P. Gössel, G. Leuthäuser, *Architecture in the Twentieth Century*, Köln, Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1991, pg. 240

Слика 42. Traktenberg, I. Hajman, *Arhitektura od preistorije do postmodernizma*, Beograd, Građevinska knjiga, 2006, pg. 480

Слика 43. Traktenberg, I. Hajman, *Arhitektura od preistorije do postmodernizma*, Beograd, Građevinska knjiga, 2006, pg. 514

Слика 44. Traktenberg, I. Hajman, *Arhitektura od preistorije do postmodernizma*, Beograd, Građevinska knjiga, 2006, pg. 515

Слика 45. Traktenberg, I. Hajman, *Arhitektura od preistorije do postmodernizma*, Beograd, Građevinska knjiga, 2006, pg. 498

Слика 46. Droste, Bauhaus 1919-1933, Köln, Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1998

Слика 47. Ed. S. Calloway, *The Elements of style. An Encyclopedia of domestic architectural details*, London, Reed Consumer Books Ltd, 1994, pg. 233

Слика 48. Ed. S. Calloway, *The Elements of style. An Encyclopedia of domestic architectural details*, London, Reed Consumer Books Ltd, 1994, pg. 234

Слика 49. Ed. S. Calloway, *The Elements of style. An Encyclopedia of domestic architectural details*, London, Reed Consumer Books Ltd, 1994, pg. 234

Слика 50. Kostof, *A History of Architecture. Settings and Rituals*, New York, Oxford University Press, 1985, pg. 656

Слика 51. Pierrefeu De F., Le Courbusier, *Savremena kuća dostojna ljudi*, Beograd, Građevinska knjiga, 1956, pg. 107

Слика 52. Pierrefeu De F., Le Courbusier, *Savremena kuća dostojna ljudi*, Beograd, Građevinska knjiga, 1956, pg. 113

Слика 53. Pierrefeu De F., Le Courbusier, *Savremena kuća dostojna ljudi*, Beograd, Građevinska knjiga, 1956, pg. 89

Слика 54. P. Gössel, G. Leuthäuser, *Architecture in the Twentieth Century*, Köln, Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1991, pg. 172

Слика 55. P. Gössel, G. Leuthäuser, *Architecture in the Twentieth Century*, Köln, Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1991, pg. 173

Слика 56. P. Gössel, G. Leuthäuser, *Architecture in the Twentieth Century*, Köln, Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1991, pg. 173

Слика 57. Giedion S., *Prostor, vreme,arhitektura*, Beograd, Građevinska knjiga, 1969, pg. 332

Слика 58. Giedion S., *Prostor, vreme,arhitektura*, Beograd, Građevinska knjiga, 1969, pg. 333

Слика 59. Pierrefeu De F., Le Courbusier, *Savremena kuća dostojna ljudi*, Beograd, Građevinska knjiga, 1956, pg. 117

Слика 60. Dženks Č., *Moderni pokreti u arhitekturi*, Beograd, Građevinska knjiga, 1990, pg. 26

Слика 61. P. Gössel, G. Leuthäuser, *Architecture in the Twentieth Century*, Köln, Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1991, pg. 226

Слика 62. P. Gössel, G. Leuthäuser, *Architecture in the Twentieth Century*, Köln, Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1991, pg. 226

Слика 63. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 140

Слика 64. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 133

Слика 65. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 113

Слика 66. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 119

Слика 67. ROMA Referenzobjekte. *ROMA*. Преузето 10. маја 2019, са ttps://www.roma.de/referenzobjekte

Слика 68. ROMA Referenzobjekte. *ROMA*. Преузето 10. маја 2019, са ttps://www.roma.de/referenzobjekte

Слика 69. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 111

Слика 70. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 120

Слика 71. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 134

Слика 72. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 138

Слика 73. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 139

Слика 74. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 138

Слика 75. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 146

Слика 76. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 150

Слика 77. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 147

Слика 78. Аутор

Слика 79. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 164

Слика 80. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 164

Слика 81. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 164

Слика 82. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 167

Слика 83. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 169

Слика 84. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 191

Слика 85. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 196

Слика 86. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 193

Слика 87. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 200

Слика 88. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 205

Слика 89. Corrodi M., Spechtenhauser K., *Illuminating. Natural Light in Residental Architecture*, Basel, Birkhaüser, 2008, pg. 206

Слика 90. Leatherbarrow D., Mostafavi M, *Surface architecture*, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2002, pg. 36

Слика 91. P. Gössel, G. Leuthäuser, *Architecture in the Twentieth Century*, Köln, Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1991, pg. 188

Слика 92. Cresti C., *Le Corbusier*, Naprijed, Zagreb, 1969, pg. 54

Слика 93. The Clarinet. *Pablo Ruiz Picasso*. Преузето 28. маја 2019, са https://www.pablo-ruiz-picasso.net/work-3150.php

Слика 94. The Portuguese, 1911 by Georges Braque. *Georges Braque and his paintings*. Преузето 28. маја 2019, са http://www.georgesbraque.org/the-portuguese.jsp

Слика 95. Cresti C., *Le Corbusier*, Naprijed, Zagreb, 1969, pg. 48

Слика 96. Krohn C., *Mies Van Der Rohe – The Built Work*, Birkhäuser, Basel, 2014, pg. 156

Слика 97. Krohn C., *Mies Van Der Rohe – The Built Work*, Birkhäuser, Basel, 2014, pg. 165

Слика 98. Koolhaas R., *Elements of architecture*, Taschen, Köln, 2018, pg. 928

Слика 99. Eberswalde technical school library. *Herzog de Meroun*. Преузето 30. маја. 2019, са https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/101-125/105-eberswalde-technical-school-library/image.html

Слика 100. Etherington, R. (2010). Luo Ruvo Center for Brain Health by Frank Gehry. *dezeen*. Преузето 30. маја 2019, са https://www.dezeen.com/2010/06/17/lou-ruvo-center-for-brain-health-by-frank-gehry/

Слика 101. Howarth, D. (2017). OMA chosen to expand SANAA's New Museum in Manhattan. *dezeen*. Преузето 30. мај 2019, са https://www.dezeen.com/2017/10/11/oma-expand-sanaa-new-museum-bowery-manhattan/, приступљено 30.05.2019. год.

Слика 102. Ford R. E., *The Dteails of Modern Architecture, Volume 2, 1928 to 1988*, MIT Press, Cambrige Massachusetts, 2003, pg. 132

Слика 103. Ford R. E., *The Dteails of Modern Architecture, Volume 2, 1928 to 1988*, MIT Press, Cambrige Massachusetts, 2003, pg. 124

Слика 104. Ford R. E., *The Dteails of Modern Architecture, Volume 2, 1928 to 1988*, MIT Press, Cambrige Massachusetts, 2003, pg. 314

Слика 105. Ford R. E., *The Dteails of Modern Architecture, Volume 2, 1928 to 1988*, MIT Press, Cambrige Massachusetts, 2003, pg. 326

Слика 106. Пројектна документација објекта *Сколково, Институт науке и технологије*, Москва

Слика 107. Пројектна документација објекта *Сколково, Институт науке и технологије*, Москва

Слика 108. https://www.archdaily.com/905951/skolkovo-institute-of-science-and-technology-herzog-and-de-meuron, приступљено 02.06.2019. год.
Слика 109. http://archeyes.com/the-aalto-house-alvar-aalto/, приступљено 10.06.2019. год.

Слика 110. https://www.dezeen.com/2018/08/29/stijn-poelstra-photographs-mondrian-rietveld-schroder-house-architecture/, приступљено 10.06.2019. год.

Слика 111. Koolhaas R. *Elements of architecture*, Taschen, Köln, 2018, pg. 800

Слика 112. Koolhaas R. *Elements of architecture*, Taschen, Köln, 2018, pg. 801

Слика 113. Архива ВИЗУС Д.О.О.

Слика 114. Архива ВИЗУС Д.О.О.

Слика 115. *Otiima*. Преузето са 14. јуна 2019, са http://www.otiima.pt/index.html#wrapper

Слика 116. Curch of composite. *Lay Light*. Преузето 18. јуна 2019, са http://www.laylight.com/church-of-the-holy-cross/

Слика 117. Персонална комуникација

Слика 118. *Fiberline*. Преузето 22. јуна 2019, са https://fiberline.com/download-area-door-and-facade-profiles

Слика 119. Аутор

Слика 120. Аутор

Слика 121. Koolhaas, R. (2009). Sustainability: Advancement vs. Apocalypse. *OMA*. Преузето 28. септембра 2019, са https://oma.eu/lectures/sustainability-advancement-vs-apocalypse

8. БИОГРАФИЈА

Марија С. Петровић је рођена у Нишу 1972. год. Основну и средњу школу (Гимназија „Бора Станковић”) завршила је у Нишу. Грађевински факултет Универзитета у Нишу је уписала 1991. год, где је дипломирала 1997. год. са просечном оценом 9,28 у току студија и оценом 10 на дипломском раду (ментор: проф. др М. Анђелковић) и тиме стекла звање дипломираног инжењера грађевине.

Добитник је Октобарске награде у Нишу 1996. год. као студент са стеченим најбољим просеком на завршној години студија Грађевинског факултета у Нишу.

Архитектонски факултет Универзитета у Нишу је уписала 2005. године, где је дипломирала 2010. године са просечном оценом 9,26 у току студија и оценом 10 на дипломском раду (ментор: проф. др Никола Цекић) и тиме стекла звање – дипломирани инжењер архитектуре.

На Факултету за уметност и дизајн, Универзитета Мегатренд, 2016. године уписала је докторске академске студије.

Професионалну каријеру започиње 1997. године у предузећу за креирање нових производа и инжењеринг *ВИЗУС* д.о.о. у Нишу, где је и данас запослена. Каријера пројектанта фасадне столарије, као и учешће у креирању нових прозорских система одвија се од тада у континуитету. У склопу ангажовања у предузећу *ВИЗУС* учествовала је у изради рекламног материјала прозорских система.

Добитник је Велике награде ДАН-а за најбоље пројектовано и изведено дело у периоду од 1990–2000. год. у Нишу, за објекат „Производно-комерцијални центар ВИЗУС”. Награду је доделио председник жирија, професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду, Дарко Марушић.

9. ПРИЛОГ

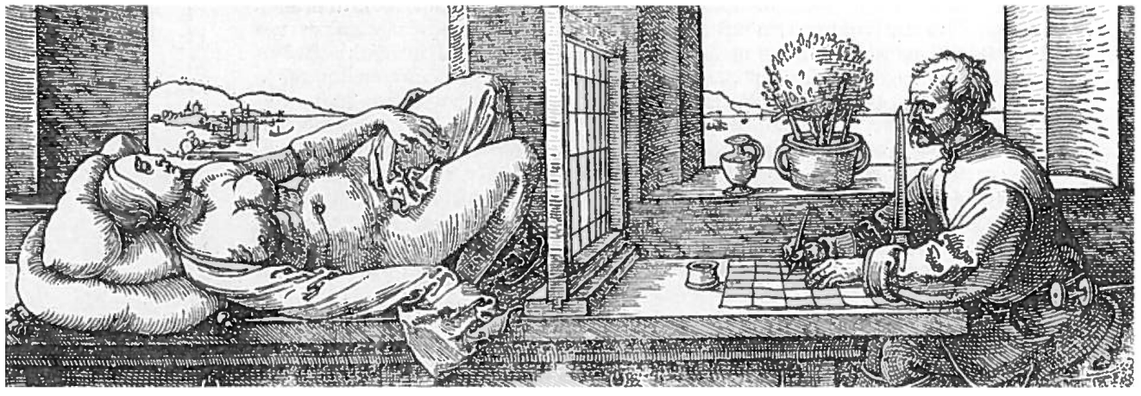
Дизајн прозора

СТРУКТУРА

континуални прозорски систем

Прозор је елемент архитектуре који нам помаже да доживимо амбијент у коме се објекат налази, као и у обрнутом смеру, да продремо у унутрашњост самог објекта.

Основне функције прозора су пропуштање светла и ваздуха у просторију. Прозор, као архитектонски елемент, дефинише наш однос са околином стварајући перспективне слике окружења које ми на јединствен начин састављамо. Са друге стране, он помаже посматрачу са спољне стране да продре у унутрашњост објекта.



1 Albrecht Dürer, цртање перспективе, 1525.

Докторски уметнички пројекат *Дизајн прозора у архитектури, студија случаја дрво-алуминијум прозора*, дефинише неколико битних корака у дизајну прозора данас.

Он полази од прозорске шеме која је основ целокупног дизајнерског процеса. Посматрањем прозорских шема постојећих прозорских система долази до закључка о актуелној филозофији пројектовања.

Спроведена анализа постојећих прозорских система доприноси бољем разумевању њиховог дизајна и естетике. Упоредном анализом архитектонских захтева и могућности прозорских система дефинисан је проблем прозора данас.

Такође, посматрањем развоја прозора у архитектонској историји дошло се до разлога раздвајања савремених архитектонских токова и постојећих прозорских система.

Рад даје приказ техничко-технолошког развоја прозорских компоненти истичући мултидисциплинарност у дизајну и производњи прозора, уз истовремено критичко повезивање са архитектонским трендовима.

Узимајући у обзир све ово, постављена је нова дефиниција прозора и формиран нов пројектни задатак.

Потом је дизајниран прозорски систем СТРУКТУРА, који представља закључак целокупног истраживачког процеса.

Шеме отварања постојећих прозорских система, које су део пројектног задатка у фази дизајна, недвосмислено указују на филозофију дизајнерског процеса чији су производ рамовски системи.

Почетну фазу дизајна чини анализа постојећих прозорских шема као дела пројектног задатка.

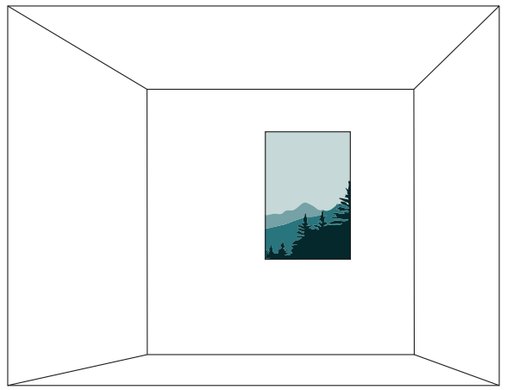
У оквиру истраживачког дела докторског уметничког пројекта *Дизајн прозора у архитектури, студија случаја дрво-алуминијум прозора*, спроведена је анализа шема отварања прозора као полазног параметра пројектног задатка. Груписањем прозорских шема на фиксно застакљене, једнокрилне, двокрилне и прозоре са три и више отварајућих крила, као и њиховим разврставањем у зависности од површине зида које заузимају, добија се јасан приказ филозофије пројектовања прозорских система данас.

Прозорски системи данас су пројектовани као рамовски системи са две генеричке форме: фиксно застакљен и једнокрилни прозор. Из овога произлази да је суштина пројектовања базирана на решавању два основна детаља: детаљ фиксно застакљеног штока и детаљ штока са отварајућим крилом.

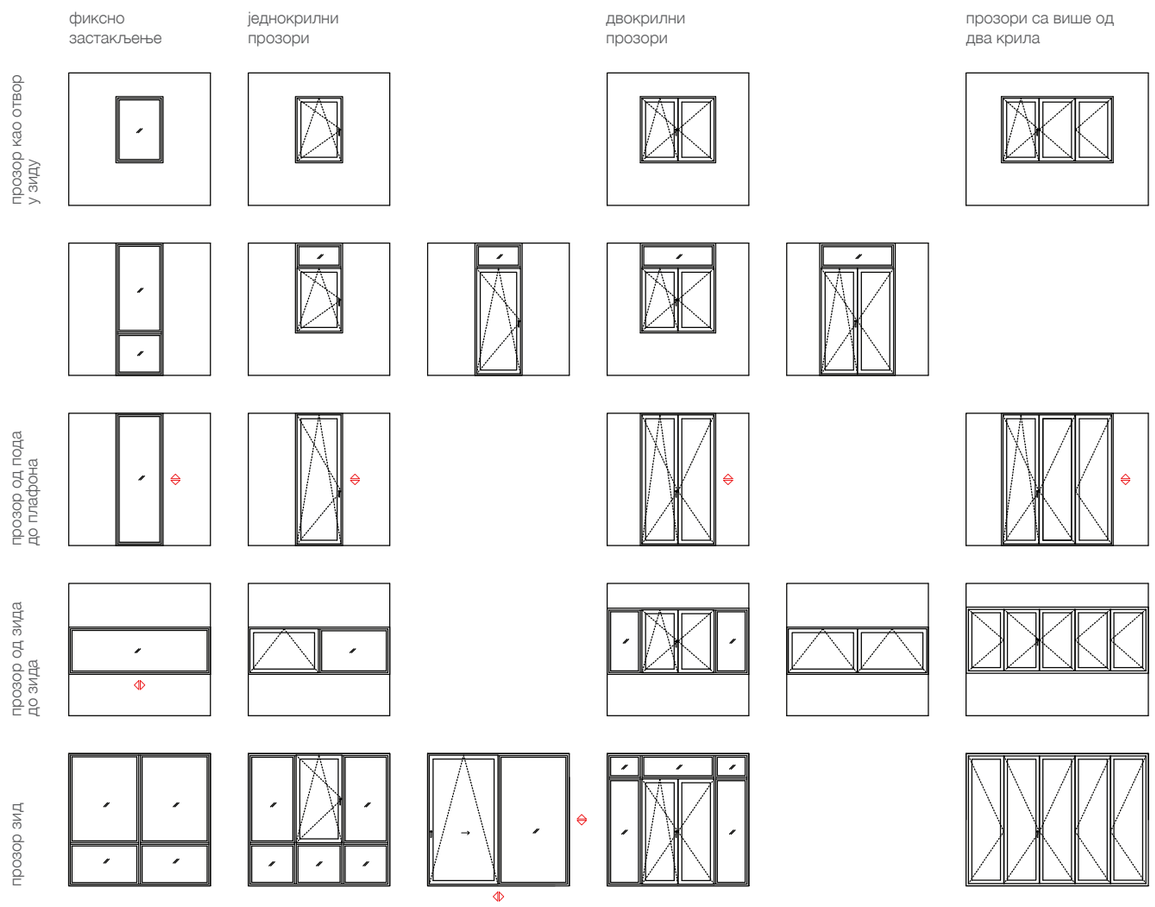
Целокупан развој система прозорских окова иде овој тврдњи у прилог. Захваљујући филозофији рамовских система, на месту отварајућих крила обезбеђено је квалитетно континуално дихтовање по целокупном обиму крила. Тиме је обезбеђено смањење продувавања и продора воде. Такође, овакав начин пројектовања у великој мери доприноси смањењу коефицијента пролаза топлоте.

У зависности од статичке јачине профила прозорског рама, као и актуелних препорука произвођача окова, данашњи прозорски системи одговарају захтевима савремене архитектонске праксе. Управо је то разлог што се у оквиру већих позиција уводе разне поделе.

1 прозор као отвор у зиду



1



Естетика постојећих прозорских система заснована је на филозофији пројектовања рамовских форми.

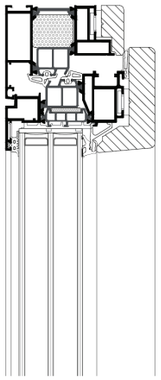
Анализа постојећих прозорских система доприноси бољем разумевању њиховог дизајна и естетике.

Дизајн постојећих прозорских система заснован је на решавању два примарна детаља: детаљ фиксно застакљеног рама и детаљ рама са отварајућим крилом (A и B на цртежу), при чему се прозор третира као рам. Као последица оваквог приступа, приликом формирања прозорских композиција, долази до неуједначености димензија хоризонталних и вертикалних подела и спољашњег рама.

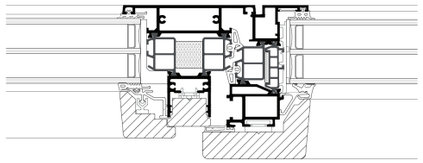
Рамовски третман подразумева радионичко спајање прозорских позиција што у великој мери доприноси ограничености њихових димензија услед доступности на градилишту и врсте транспорта.

Као пример посматран је композитни прозорски систем Vizus AT 90 Hi. Систем сачињавају алуминијумски профили са извршеним термичким прекидом полиамидним профилима са спољашње стране и облогом од масива дрвета са унутрашње стране. Прозори се застакљују троструким стаклом.

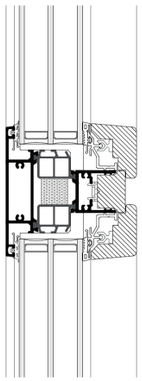
1



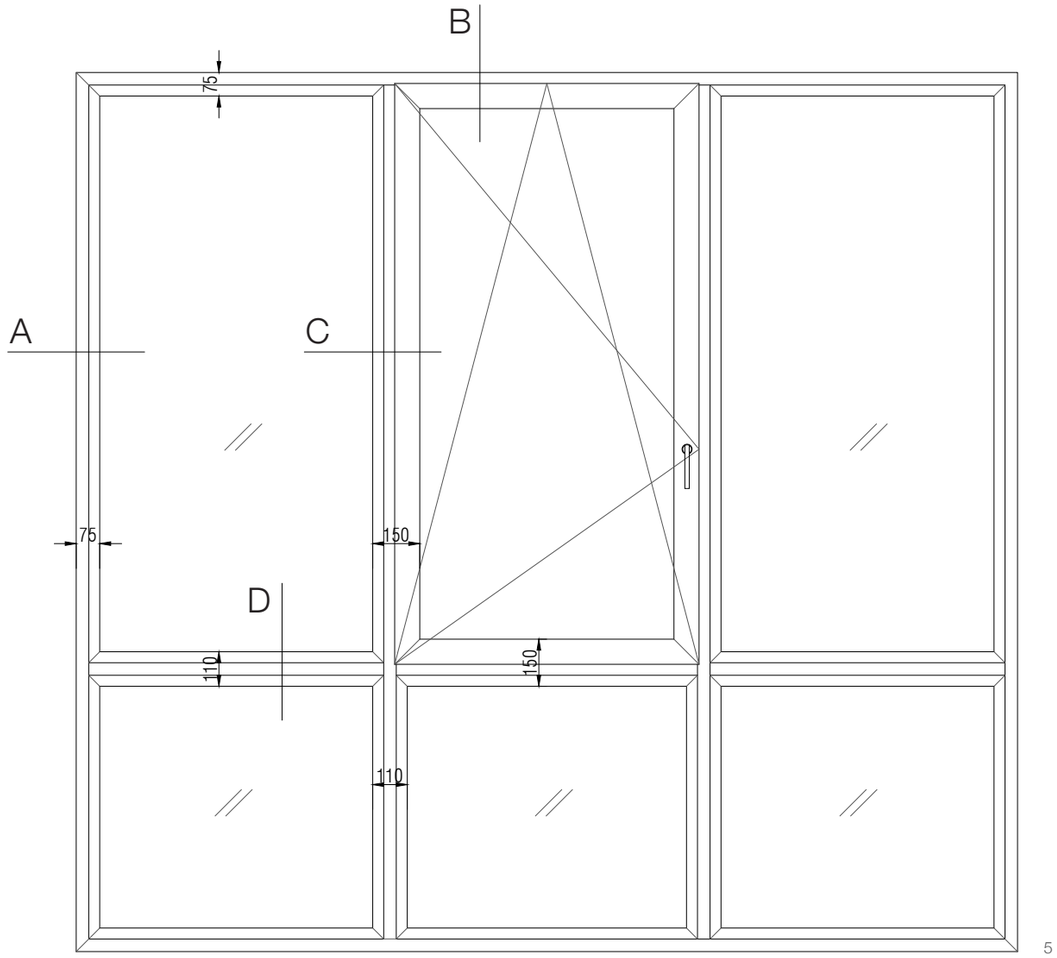
2



3



4



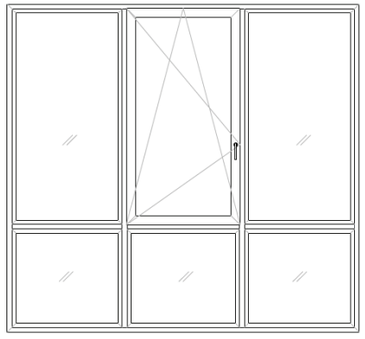
5

1 прозорска шема 2 удвојена прозорска композиција изведена у прозорском систему VIZUS AT90Hi 3 шема позиције израђене у фасадном дрво-алуминијум фасадном систему са уметнутим прозорима VIZUS AT90Hi 4 фасадни детаљ и детаљ везе прозора и фасаде

Креирање прозорских композиција већих ширина постојећим прозорским системима доводи до губитка хармоничности и униформности у архитектури.

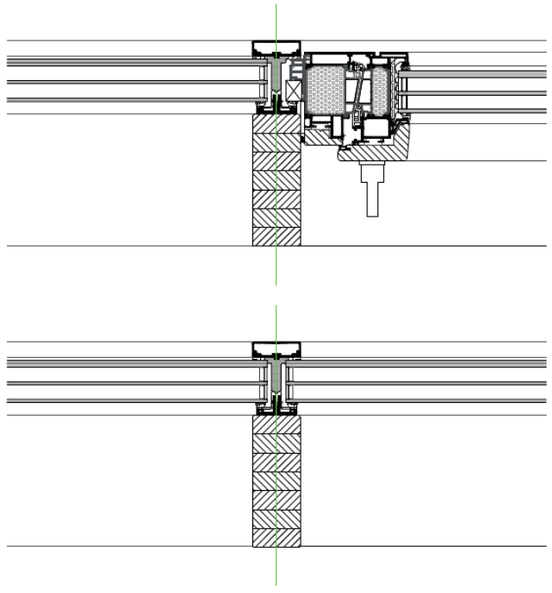
Истраживањем могућности излажења у сусрет архитектонским захтевима постојећих прозорских система дефинишу се проблеми засновани на дизајну рамовских форми.

Креирање прозорских композиција већих ширина, услед ограничења у димензијама, може се остварити спајањем већег броја мањих композиција. Последица оваквог приступа је формирање вертикала дуплираних димензија прозорског штока, што визуелно доводи још више до разбијања хармоничне, униформне слике која је императив у примени прозора у архитектури.

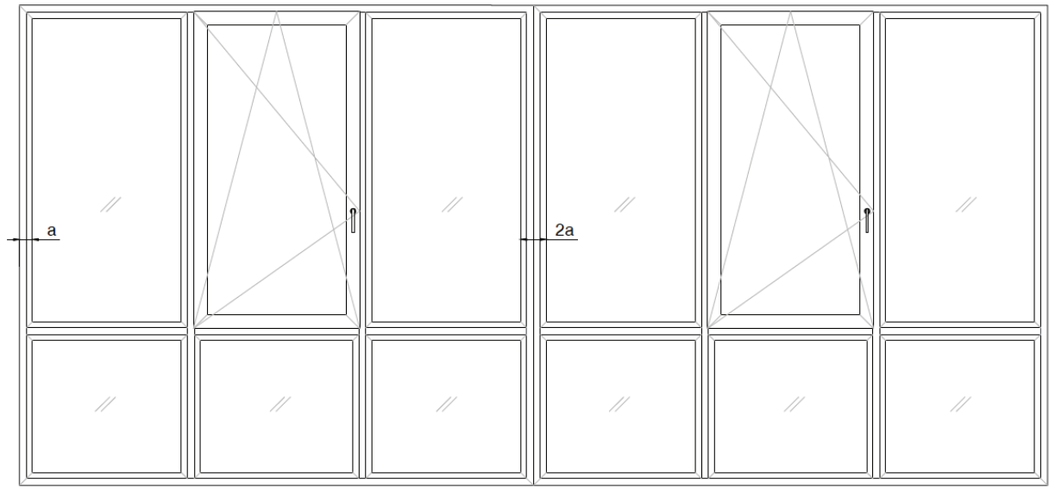


1

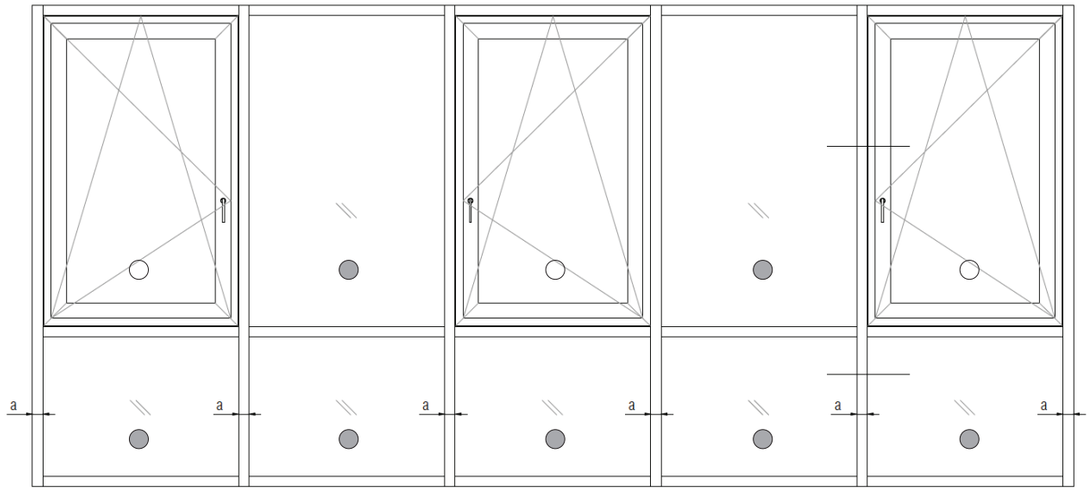
Други начин формирања прозорских композиција већих ширина остварује се уметањем прозора у фасадни систем. Фасадни системи, који су пројектовани као системи вертикалних и хоризонталних штапова, немају ограничења димензија позиција у хоризонталном смислу. Са друге стране, једнаке димензије хоризонталних и вертикалних подела фасадног система дају униформан и дисциплинован изглед позиције.
Међутим, основни проблем оваквог приступа је различити принцип застакљивања поља: фасадни системи се застакљују са спољашње стране, док се прозорски системи застакљују са унутрашње стране позиције. Ово би могло да створи велике проблеме сервисирања позиција у фази експлоатације.



4



2



3

застакљивање са спољашње стране

застакљивање са унутрашње стране

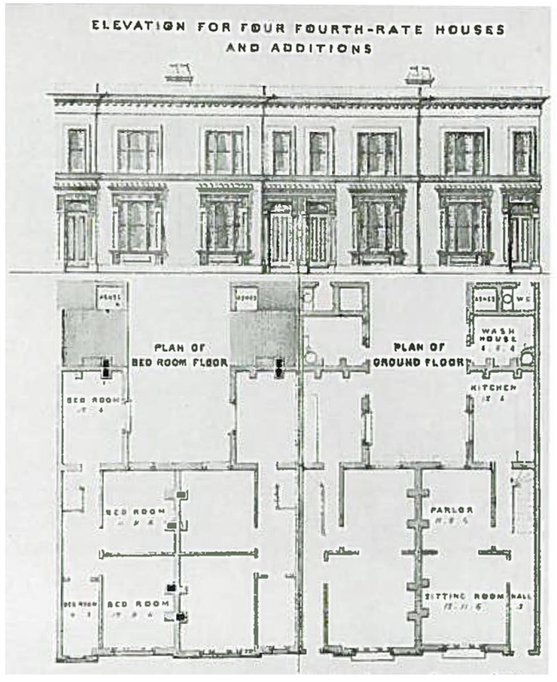
Историја архитектонског развоја показује устаљени развој прозора кроз шему једнокрилног и двокрилног прозора са и без надсветла све до краја XIX века, док су у архитектури XX века иновиране нове шеме.

Посматрањем развоја прозора у архитектонској историји долази се до разлога раздвајања савремених архитектонских токова и постојећих прозорских система.

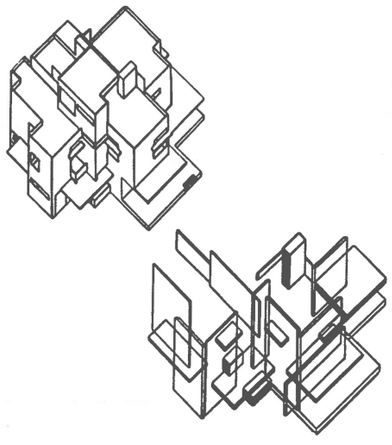
Историја архитектонског развоја показује устаљени развој прозора кроз шему једнокрилног и двокрилног прозора са и без надсветла све до краја XIX века. У архитектури XX века развијене су нове прозорске шеме настале као последица тежње за отвореношћу и трагања за дневном светлошћу. Процес који је трајао неколико деценија у потпуности је изменио конструктивни склоп зграда, архитектонски третман фасадне равни, а самим тим и изглед прозора.

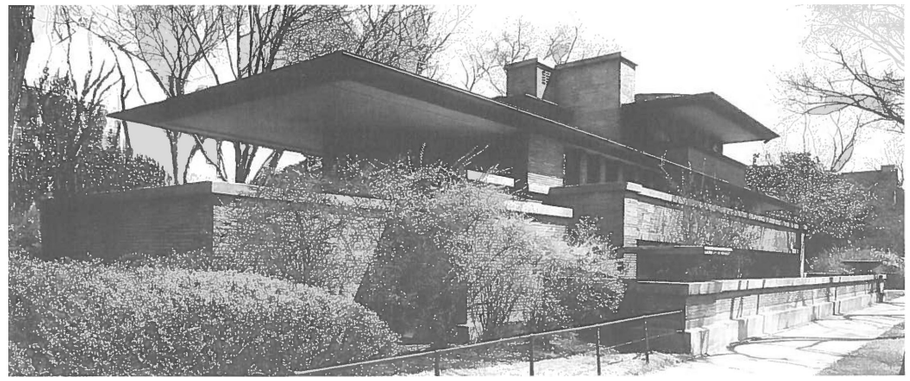
1 стамбена зграда у Енглеској, крај XIX века 2 нацрт куће, Тео ван Дузбурх и Корнелис ван Естерн 3 разбијање коцке, Френк Лојд Рајт 4 пет тачака архитектуре, домино кућа и потрага за дневном светлошћу, Корбизије

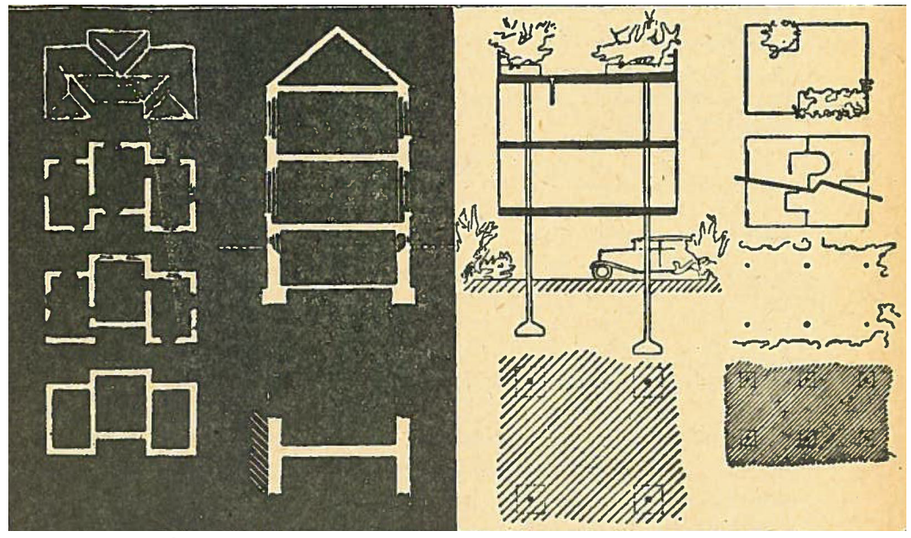
5 архитектуре једнокрилних и двокрилних прозора са и без надсветла
6 архитектура репетиције једнаких прозора
7 архитектура тракастих прозора
8 архитектура прозор-зида
9 архитектура ослобођених фасадних равни

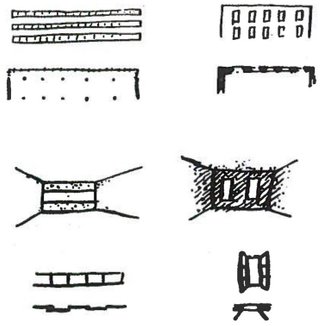


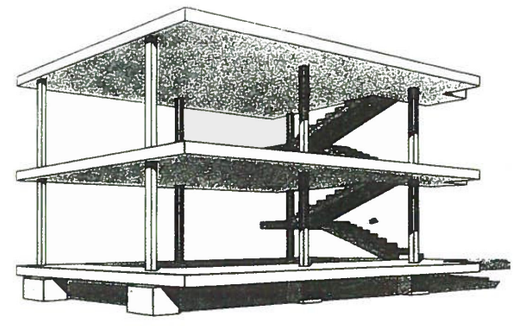
1

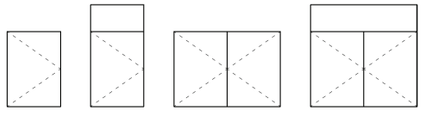

2

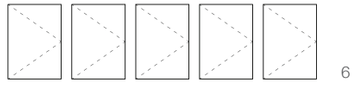

3



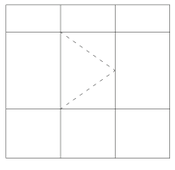

4

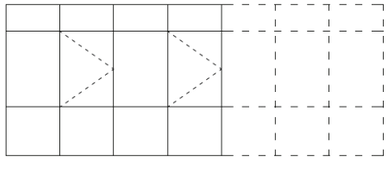



5


6

7

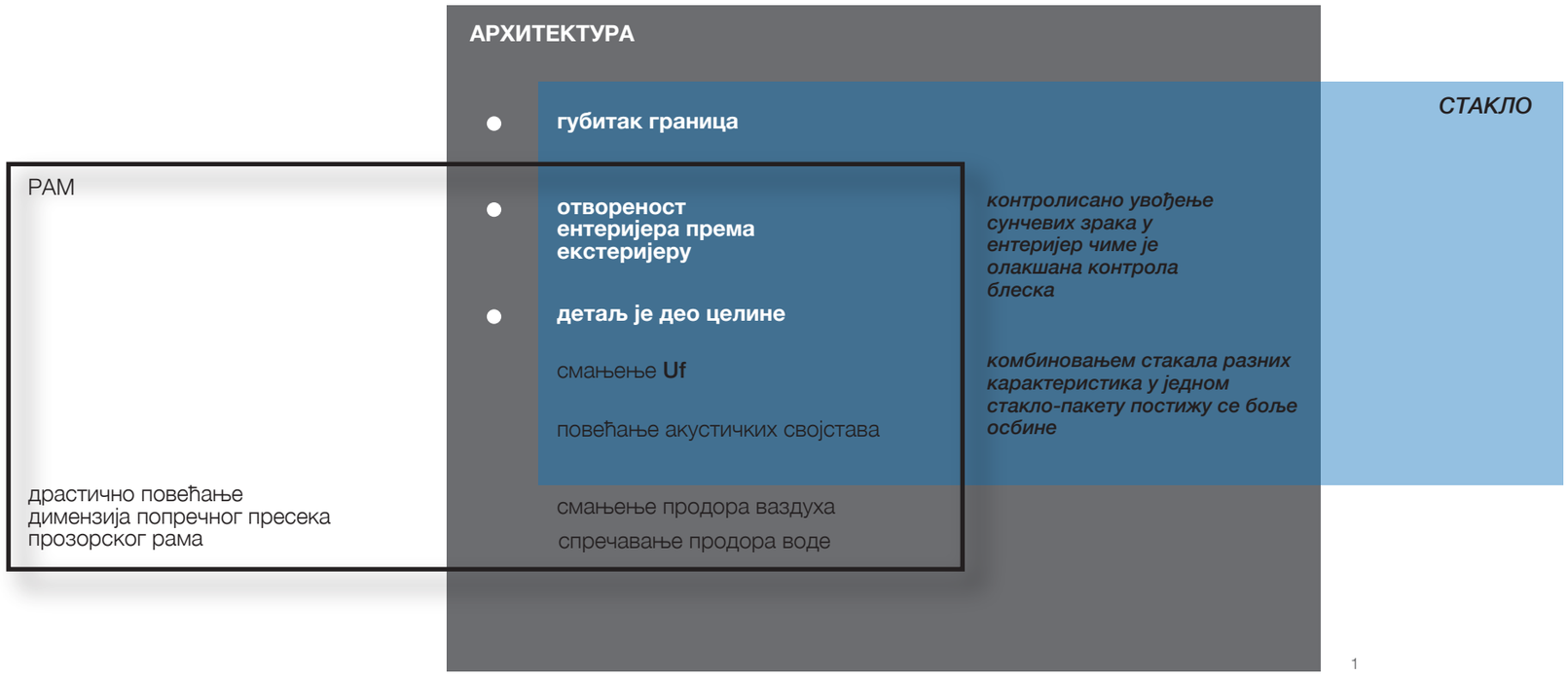

8


9

1 дијаграм преклапања особина прозорског рама и стакла насталих као последица техничко-технолошког развоја и захтева савремене архитектонске праксе

Мултидисциплинарност је основ дизајна савремених прозорских система. Композитни прозорски системи представљају највећу иновацију у индустрији прозора XX века.

Познавање техничко-технолошког развоја прозорских компоненти је веома битно у пројектовању нових прозорских система.



1

Развој прозорских компоненти, у другој половини XX века, заснован је на заједничким напорима стручњака разних области како би се значајно побољшала квалитативна својства прозорских система. Мултидисциплинарност овог приступа олакшана је стандардизацијом свих прозорских компоненти са једне стране и прихватањем рамовске форме са друге стране.

Композитни системи, као посебна иновација индустрије прозора XX века, додатно су проширили појам мултидисциплинарности и довели до постизања одличних карактеристика прозора.

Међутим, чињеница да постојећи прозорски системи веома често не могу да изађу у сусрет савременим архитектонским захтевима указује на чињеницу да је дошло до неусклађености развоја прозора и архитектуре.

При овоме треба изузети развој стакла на основу кога је оно један од најатрактивнијих архитектонских материјала данашњице.

Очување постојећих особина прозорских система уз истовремено смањивање димензија попречног пресека прозорских вертикала, хоризонтала и оквира повећава могућност испуњења савремених архитектонских захтева.

1 тежња ка губитку граница у архитектури 2 једнокрилни и двокрилни прозори са и без надсветла 3 тракасти прозор 4 прозор-зид 5 континуална прозорска шема

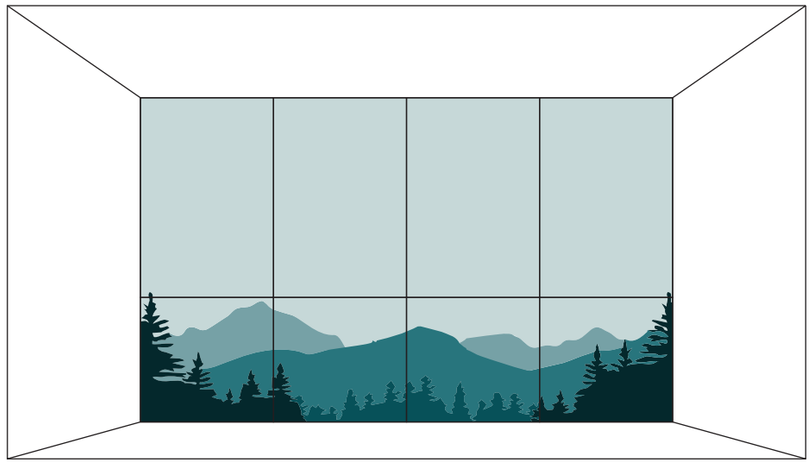
Прозор – елемент архитектуре

Постављање нове дефиниције прозора води ка новом пројектном задатку – полазној тачки дизајна прозора.

Историја архитектонског развоја јасно показује развој прозорских шема од једнокрилног, двокрилног прозора са и без надсветла, преко тракастих прозора до прозор–зида. Развој конструктивних система у XX веку у потпуности је ослободио фасадну раван, чиме је ширина прозора постала неограничен појам.

Имајући све ово у виду, нова дефиниција прозора би могла бити:

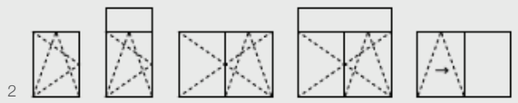
Прозор је континуални низ вертикалних и хоризонталних елемената, чија је висина ограничена висином просторије, док је ширина неограничен појам. У савременој архитектури која тежи губитку граница, димензије попречних пресека вертикала и хоризонтала теже смањењу. Његова је естетика, при томе, заснована на дисциплинованом, хармоничном ритму једнаких елемената.



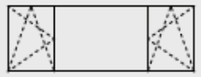
1

ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК

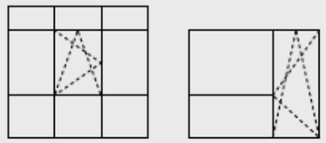
Прозорске шеме које је могуће остварити новим прозорским системом:



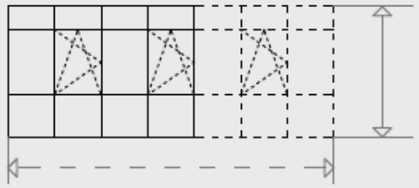
2



3



4

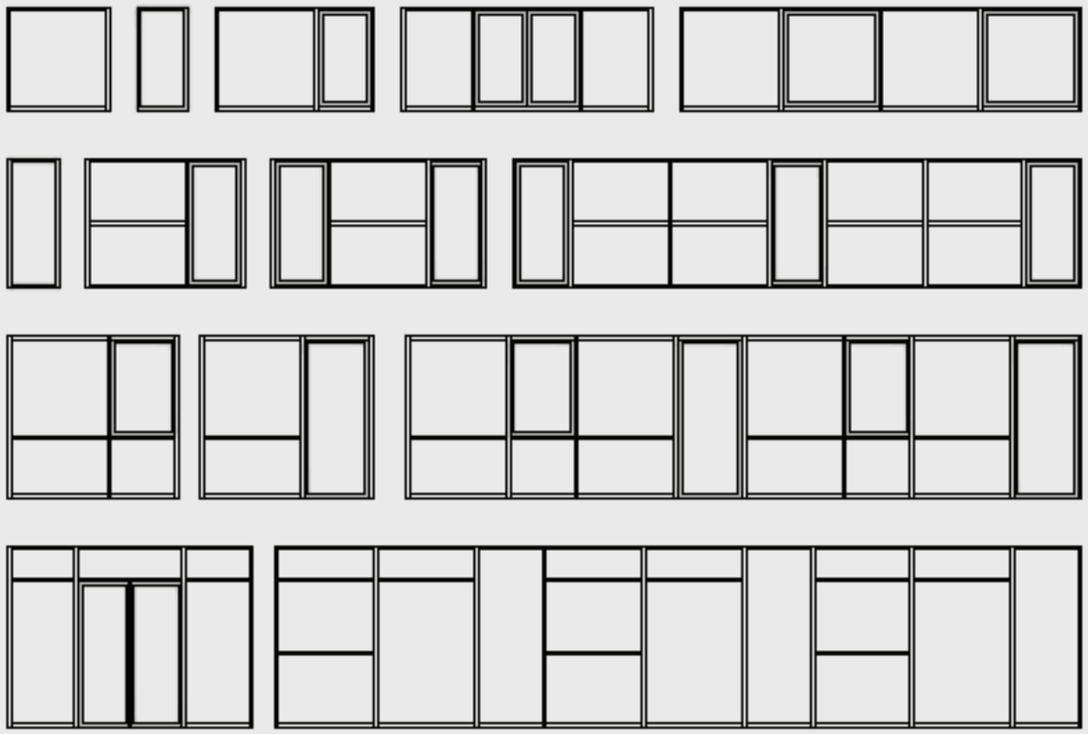


5

- Максимална пројектована висина прозорске композиције одређена је висином просторије.
- Прозорски систем је отворена, континуална форма која пружа могућност настављања низа по ширини без угрожавања архитектонског ритма.
- Монтажа стакла прозорског система се врши са унутрашње стране.
- Архитектонски ритам и хармоничност постигнути су понављањем истих елемената.
- Профили прозорског система треба да теже смањењу димензија попречног пресека.
- Отварајућа поља морају бити израђена од профила који предвиђају прихватање стандардног окова.
- Коефицијент пролаза топлоте на прозорској композицији мора бити у складу са важећим прописима.
- Одабир материјала композитних прозорских система иде у сусрет задовољењу наведених услова и савременој архитектонској естетици.

СТРУКТУРА

Нов прозорски систем представља континуалну, планарну форму, чија је основа носећа структура састављена од једнаких вертикалних и хоризонталних штапова. Функција проветравања простора остварује се уметањем покретних рамова.



1

Прозорски систем СТРУКТУРА је настао као одговор на нов пројектни задатак. Успостављањем максималне висине прозорске преграде од 280 cm, поштовањем утврђене континуалне прозорске шеме, очувањем и применом техничко-технолошких достигнућа, као и тежњом ка постизању циљева одрживе архитектуре, систем СТРУКТУРА ствара особену естетику у духу савремене архитектуре.

Дизајн елемената СТРУКТУРЕ заснован је на идеји да је детаљ део укупне архитектонске целине. Једноставношћу облика она потенцира ред, ритам и хармонију у архитектури, на начин који одваја елементе ритма од операбилних елемената. Она може бити усамљени прозор у масивном зиду, али и прозор у застакљеној композицији, настављујући се у дугачки хоризонтални низ елемената.

КОНТИНУАЛНОСТ

Постигнута принципом везивања штапастих елемената

ПРОВЕТРАВАЊЕ

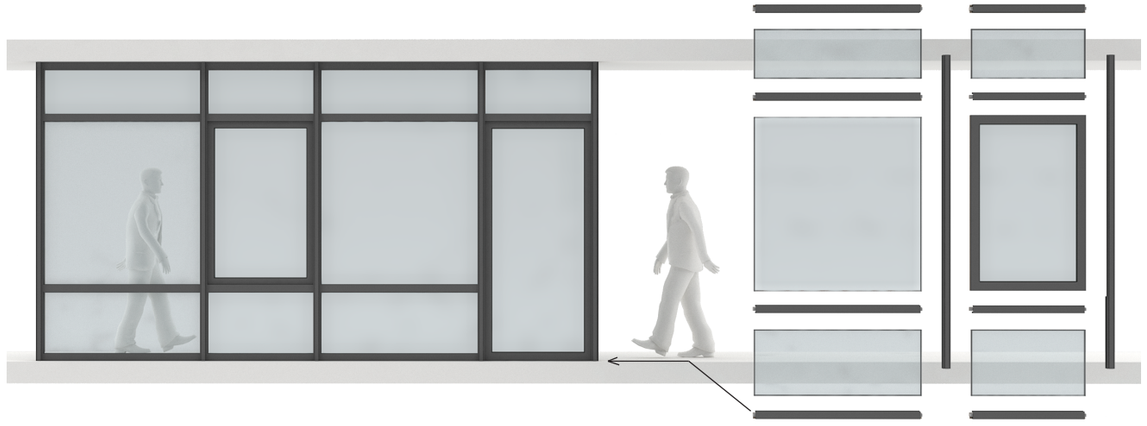
Постигнуто уметањем прозорских рамова

ЕСТЕТИКА

Окарактерисана редом и ритмом штапастих елемената

ОПЕРАБИЛНОСТ

Остварена прихватањем техничко-технолошких достигнића



2

1 од прозора у масивном зиду до прозора као дела застакљене преграде без ограничења у хоризонталном смислу 2 принцип повезивања штапастих и рамовских елемената СТРУКТУРЕ

Материјали СТРУКТУРЕ

Природни материјали изражавају своју зрелост и историју кроз људску употребу, стварањем слоја патине на површини, чиме нас уводе у континуум времена, наглашавајући ментално значајан процес старења (Pallasmaa, 2005).

Први аспект у одабиру материјала који учествују у креирању СТРУКТУРЕ је тежња савремене архитектуре за повећањем прозорских композиција уз истовремено драстично смањивање попречног пресека прозорских вертикала и хоризонтала, настало као потреба за губитком граница.
Други аспект чини савремена тенденција човечанства да очува природне ресурсе и смањи емисију штетних гасова кроз смањење утрошене енергије на грејање и хлађење објеката.
Трећи аспект је естетика прозора која делује у симбиози са архитектонским изразом. Она тежи поједностављењу облика и истицању вредности материјала.
Четврти аспект се односи на захтеве за обрадом материјала који су наметнути стандардизацијом окова и жлебова за прихватање окова, као и осталом неопходном профилацијом попречног пресека прозорских вертикала и хоризонтала.
У том смислу СТРУКТУРУ, као композитни прозорски систем чине три кључна материјала: дрво, алуминијум и фиберглас.

ДРВО

Добре особине дрвета које се могу искористити у производњи прозора су низак коефицијент термичке проводљивости, солидна чврстоћа и виталност, као и висока естетска вредност и иманентност у вековним навикама човека. Због своје неотпорности на утицаје спољашње средине нашло је своју примену у индустрији композитних прозора као унутрашња облога.

АЛУМИНИЈУМ

Могућност постизања изузетне прецизности и квалитета израде алуминијумских профила, као и његова отпорност на атмосферске утицаје чине алуминијум материјалом са високим приоритетом у индустрији прозора. Међутим, његова слабост високе проводљивости топлоте чини га несамосталним у дизајну прозорског склопа.

ФИБЕРГЛАС

Тежња за смањењем попречног пресека уз истовремено очување постигнутих термичких карактеристика уводи фиберглас у производњу прозора због његових добрих конструктивних особина и малог коефицијента термичке проводљивости.

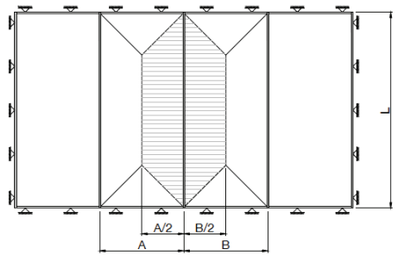
1 дрво 2 алуминијум 3 фиберглас

Статички прорачун

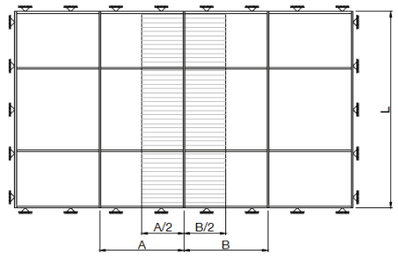
Конструктивни систем СТРУКТУРЕ чине примарни, вертикални носачи димензија 25x125mm и секундарни, хоризонтални носачи димензија 25x80mm од фибергласа (сл.3). С обзиром на чињеницу да модул еластичности профила од фибергласа варира у распону од 25 GPa до 55 GPa урађен је упоредни статички прорачун разних случајева прозорских шема, висина 2.6 и 2.8 m (сл. 4 и 5) услед оптерећења од ветра за обе вредности. Прорачуни су извршени за усвојено оптерећење од ветра 1 KN/m^2, које према старим прописима за оптерећење од ветра покрива све области Републике Србије за висину објекта од 10 до 30 m.

Према новим прописима (JUS U.C7.110, JUS U.C7.111 и JUS U.C7.112), оптерећење се креће у истим границама.
Усвојене су прерасподеле оптерећења (сл.1 и 2) према важећим прописима.
Максимални дозвољени угиб (према EN 13830):
f=L/200 за L<3000mm:
- за прозорске шеме L=2800 mm, f=14 mm
- за прозорске шеме L=2600 mm, f=13 mm

Закључак: За E=55 GPa, усвојени профили задовољавају задато дејство оптерећења од ветра, док за E=25 GPa, није могуће остварити прозорске шеме са хоризонталном поделом висине преко 2.8 m и распона вертикалних носача већег од 2.2 m.
Ово све указује на велики потенцијал фибергласа у индустрији прозора.

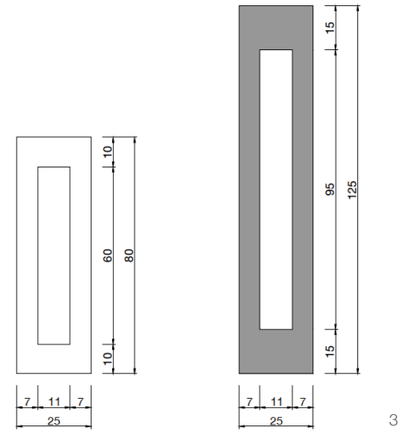


1

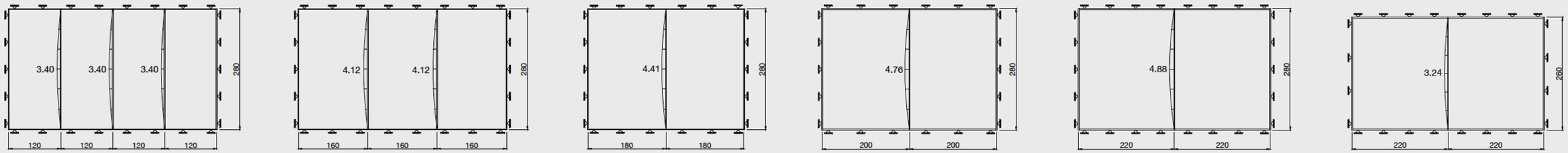


2

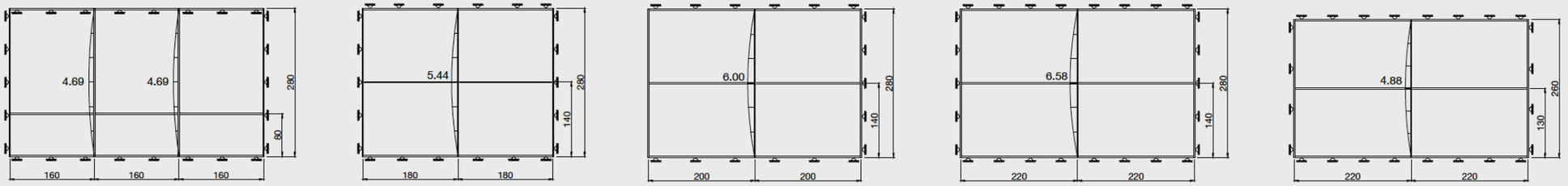
1 прерасподела оптерећења од ветра код преграда које немају хоризонталну поделу 2 прерасподела оптерећења од ветра код преграда које имају хоризонталну поделу 3 усвојени профили 4 приказ добијених угиба разних прозорских шема за E=55GPa, оптерећење од ветра 1KN/m^2 и усвојене профиле вертикала и хоризонтала 5 приказ добијених угиба разних прозорских шема за E=25GPa, оптерећење од ветра 1KN/m^2 и усвојене профиле вертикала и хоризонтала.



3

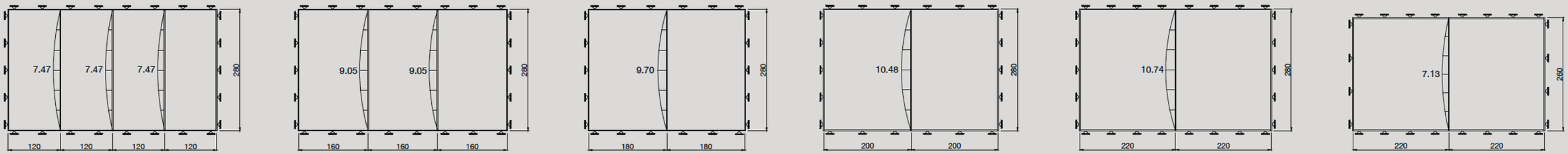


E=55GPa

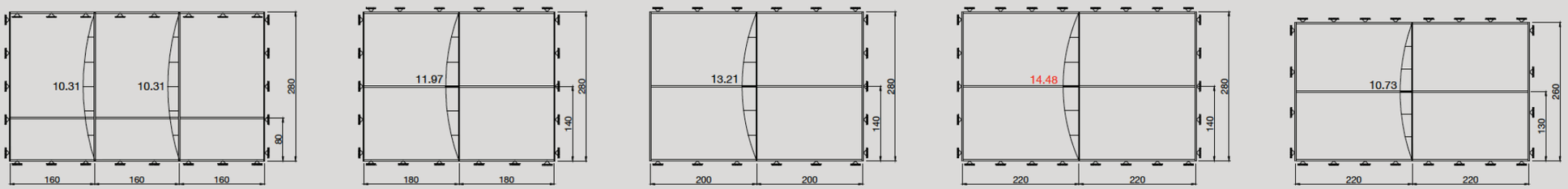


4

5



E=25GPa

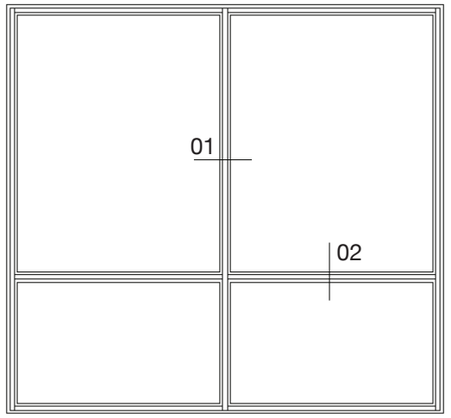


Основни детаљи

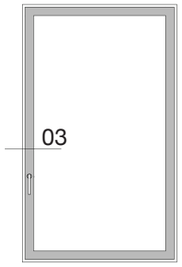
Прозорски систем СТРУКТУРА представља симбиозу планарне структурне мреже уједначених димензија попречних пресека њених вертикалних и хоризонталних подела и операбилних прозорских рамова. Дистинкција ова два елемента учињена је различитом материјализацијом вертикалних и хоризонталних елемената и прозорског рама.
СТРУКТУРА је композитни прозорски систем у коме примарне улоге преузимају три материјала: алуминијум, фиберглас и дрво.

Вертикалне и хоризонталне поделе планарне мреже представљају композитни профили сачињени од: профила од фиберглаца, који имају улогу конструктивног склоп система; профила од алуминијума са спољашње стране и профила од дрвета са унутрашње стране.

1 фиксно застакљена прозорска шема 2 прозор

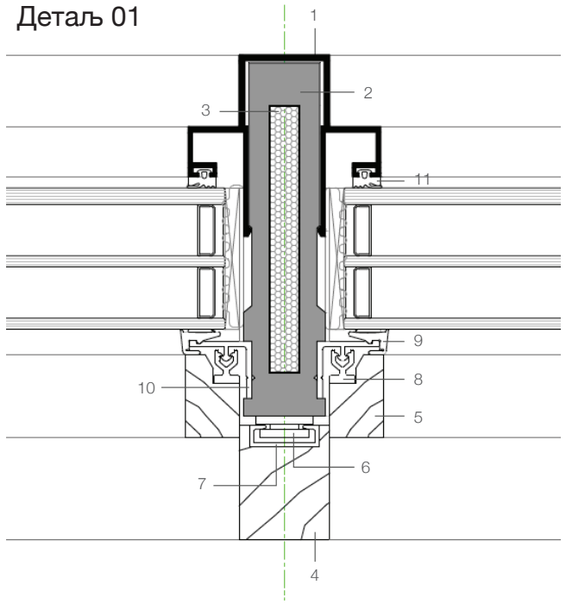


1

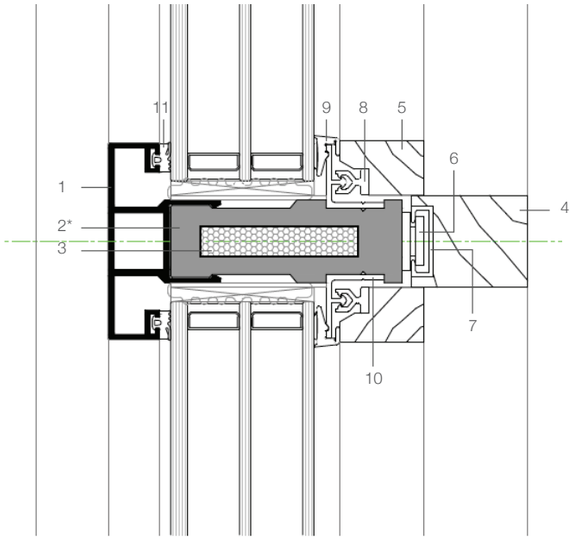


2

Деталь 01



Деталь 02

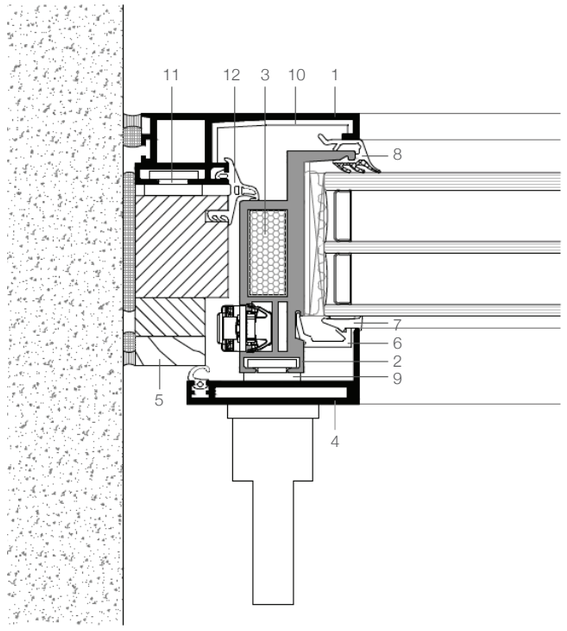


Легенда:

1 алуминијумски профил вертикалне/хоризонталне поделе са спољашње стране
2 профил вертикалне поделе од фиберглаца дим. 25x125 mm
2* профил хоризонталне поделе од фиберглаца дим. 25x80 mm
3 стиродур
4 дрвени профил са унутрашње стране
5 дрвена лајсна за застакљивање
6 местимична спојница профила од фиберглаца и дрвеног профила
7 полиамидни профил
8 местимична спојница дрвене лајсне и полиамидног профила
9 заптивни профил на стаклу са унутрашње стране од EPDM-а
10 држач дрвене лајсне од полиамида
11 спољашњи профил на стаклу од EPDM-а

Операбилни део СТРУКТУРЕ је прозорски систем са скривеним крилом. Централни профил крила, на коме је смештен жлеб за прихватање окова је профил од фиберглаца. Са унутрашње стране крила налази се алуминијумски профил. Профил штока је такође замишљен као композитни профил са чије се спољашње стране налази профил од алуминијума, док је са унутрашње предвиђен профил од ламелираног дрвета. Због различитих дилатационих карактеристика три примарна материјала система предвиђене су специјалне спојнице помоћу којих су избегнуте круте везе разнородних материјала.

Деталь 03

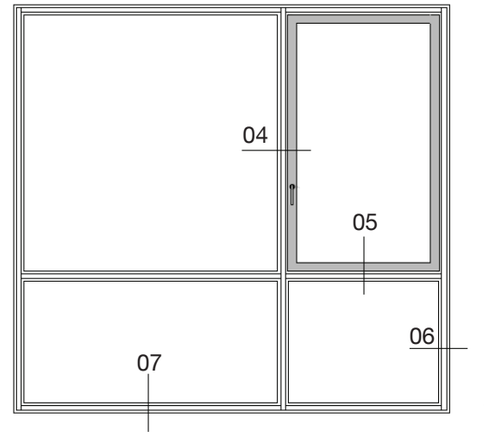


Легенда:

1 алуминијумски профил штока са спољашње стране
2 примарни профил крила од фиберглаца
3 стиродур
4 алуминијумски профил крила са унутрашње стране
5 дрвени ламелирани профил штока са унутрашње стране
6 полиамидни профил
7 заптивни профил од EPDM-а на стаклу са унутрашње стране
8 заптивни профил од EPDM-а на стаклу са спољашње стране
9 местимична пластична спојница
10 полиамидна угаона спојница
11 местимична пластична спојница
12 средњи дихтунг од EPDM-а

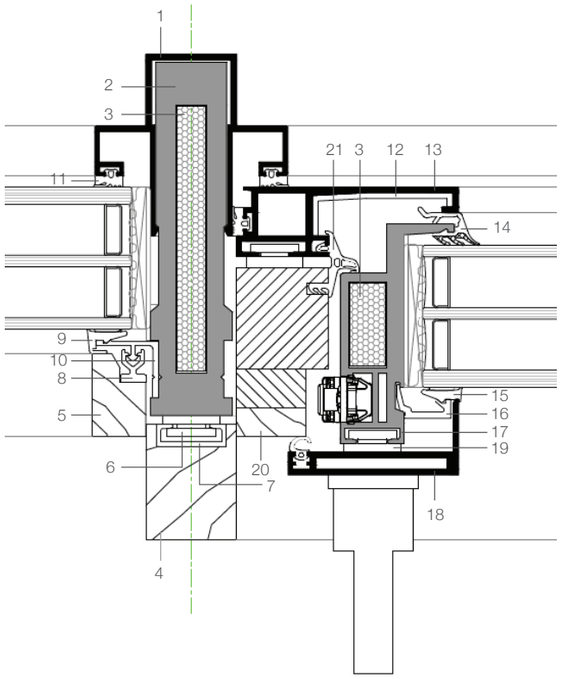
Детаљи везе

1 прозорска шема са фиксно застакљеним и отварајућим пољем

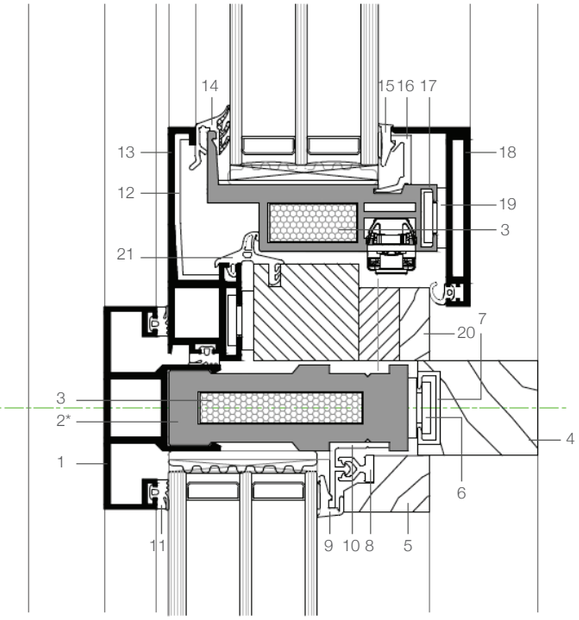


1

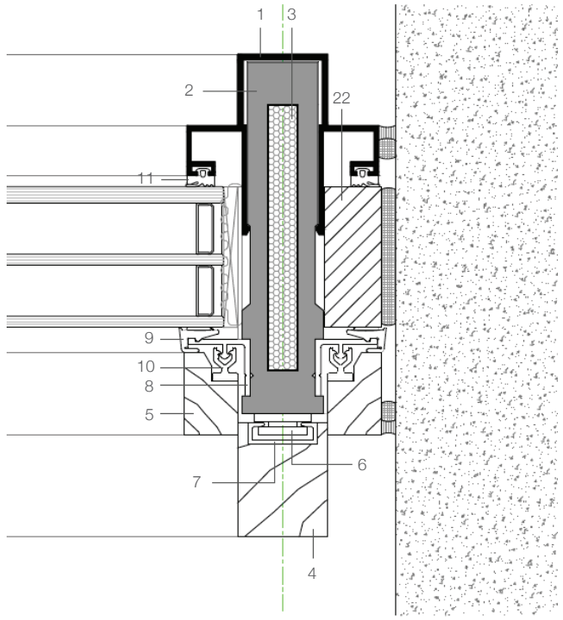
Детаљ 04



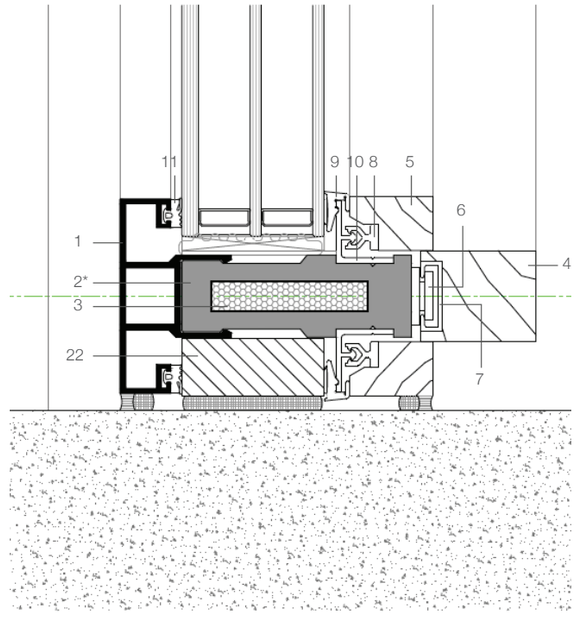
Детаљ 05



Детаљ 06



Детаљ 07



Легенда:

1 алуминијумски профил вертикалне/хоризонталне поделе са спољашње стране
2 профил вертикалне поделе од фибергласа дим. 25x125 mm
2* профил хоризонталне поделе од фибергласа дим. 25x80 mm
3 стиродур
4 дрвени профил са унутрашње стране
5 дрвена лајсна за застакљивање
6 местимична спојница профила од фибергласа и дрвеног профила
7 полиамидни профил
8 местимична спојница дрвене лајсне и полиамидног профила
9 заптивни профил на стаклу са унутрашње стране од EPDM-а
10 држач дрвене лајсне од полиамида
11 спољашњи профил на стаклу од EPDM-а
12 полиамидна угаона спојница
13 алуминијумски профил штока са спољашње стране
14 заптивни профил од EPDM-а на стаклу са спољашње стране
15 заптивни профил од EPDM-а на стаклу са унутрашње стране
16 полиамидни профил
17 примарни профил крила од фибергласа
18 алуминијумски профил крила са унутрашње стране
19 местимична пластична спојница
20 дрвени ламелирани профил штока са унутрашње стране
21 средњи дихтунг од EPDM-а
22 дрвена лајсна

Термички прорачун прозорског оквира

Према важећим прописима Републике Србије, који иду у сусрет постизања енергетске ефикасности зграда, највећи дозвољени коефицијент пролаза топлоте за прозоре је U=1.5 W/m²K. Са друге стране услов разних светских удружења, која промовишу изградњу пасивних и нулти-енергетских кућа, је да коефицијент пролаза топлоте буде мањи од 1.0 W/m²K.

Узимајући у обзир да архитектонски захтеви воде ка драстичном смањењу димензија прозорских рамова уз истовремено повећање стаклених површина, намеће се закључак да стакло преузима већу улогу у заштити од прекомерних топлотних губитака. Трослојни пакети стакла у комбинацији са пластичним стакло-лајснама могу остварити коефицијент пролаза топлоте од свега 0.5 W/m²K.

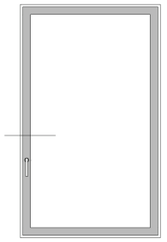
Управо из ових разлога систем СТРУКТУРА укључује употребу трослојног стакла уз истовремено мале фронталне димензије прозорских вертикала и хоризонтала, као и самог операбилног рама.

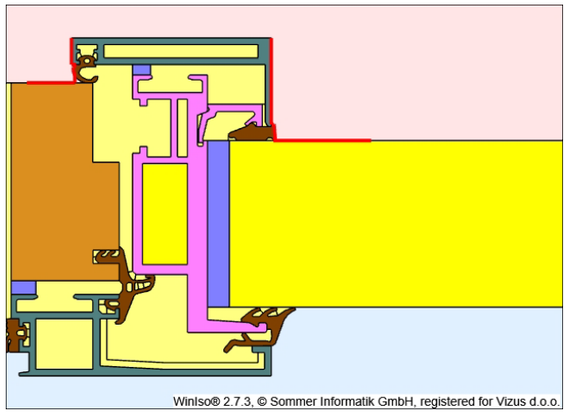
У склопу дизајнерског процеса спроведено је неколико термичких прорачуна на специјализованом софтверу Sommer Informatik, у свему према европском стандарду EN ISO 10077-2. Посматрани су пресеци кроз: прозорски рам, вертикалу која спаја два фиксно застакљена поља, хоризонталу која спаја два фиксно застакљена поља, вертикалу која спаја фиксно застакљено и отварајуће поље и хоризонталу која спаја фиксно застакљено и отварајуће поље. За добијене коефицијенте пролаза топлоте на одговарајућим пресецима урађен је прорачун укупних прозорских позиција.

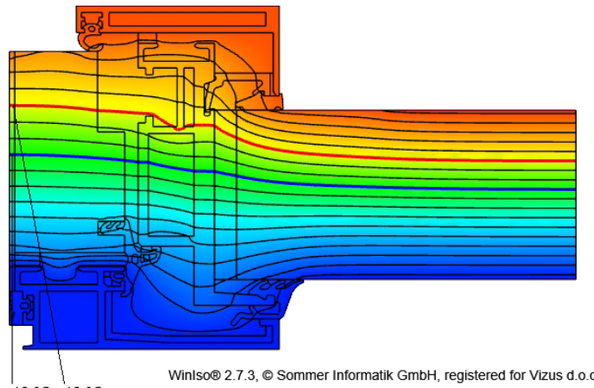
Добијени коефицијенти пролаза топлоте кроз пресеке не прелазе вредност од 1.4 W/m²K, док је на укупним прозорским позицијама та вредност увек мања од 1.0 W/m²K.

Закључак је да прозорски систем СТРУКТУРА задовољава захтеве одрживе архитектуре данас.

1 прозорска шема једнокрилног прозора







Легенда коефицијената топлотне проводљивости:

- Услови спољашње средине 0°C
- Услови унутрашње средине 20ºC
- Алуминијум λ=160.00 W/mK
- EPDM λ=0.25 W/mK
- Панел уместо стакла (према EN ISO 10077-2) λ=0.35 W/mK
- Дрво - ламелирано λ=0.13 W/mK
- Полиамид λ=0.3 W/mK
- Фиберглас λ=0.3 W/mK
- Стиродур λ=0.035 W/mK
- Пенасти заптивач λ=0.045 W/mK

Коефицијент пролаза топлоте на раму:

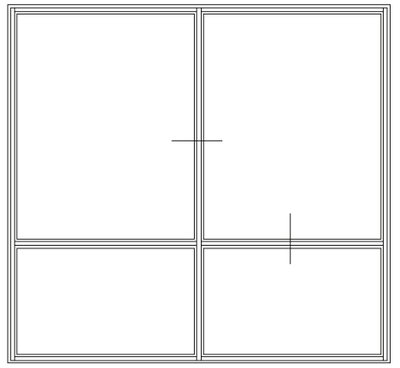
Uf = 1.23 W/m²K

Коефицијент пролаза топлоте на прозору разних димензија, за усвојени коефицијент пролаза топлоте на стаклу Ug=0.5W/m²K:

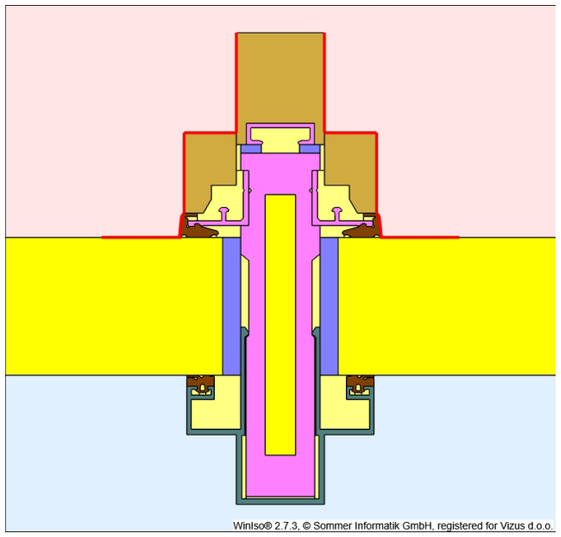
80 x 100cm Uw = 0.74 W/m²K
100 x 140cm Uw = 0.69 W/m²K
110 x 200cm Uw = 0.66 W/m²K
90 x 240cm Uw = 0.67 W/m²K

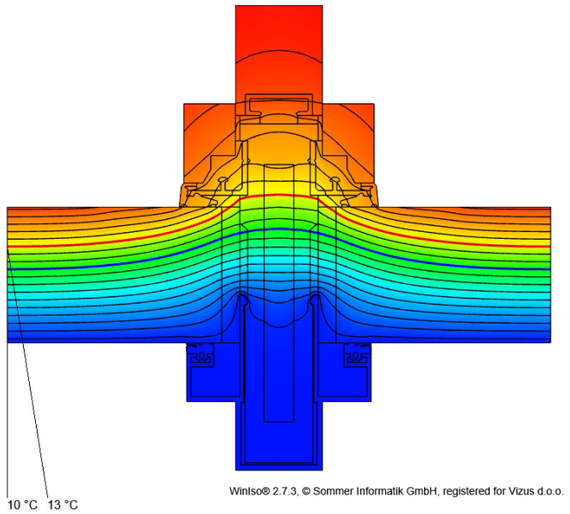
Термички прорачун основних детаља

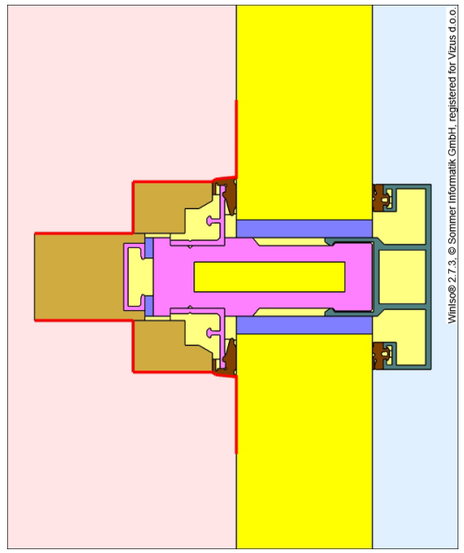
1 шема фиксно застакљене преграде

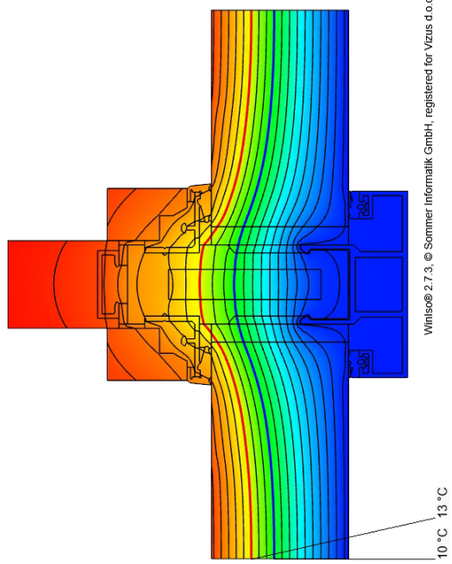


1









Легенда коефицијената топлотне проводљивости:

- Услови спољашње средине 0°C
- Услови унутрашње средине 20°C
- Алуминијум λ=160.00 W/mK
- EPDM λ=0.25 W/mK
- Панел уместо стакла (према EN ISO 10077-2) λ=0.35 W/mK
- Дрво - храст λ=0.18 W/mK
- Полиамид λ=0.3 W/mK
- Фиберглас λ=0.3 W/mK
- Стиродур λ=0.035 W/mK
- Пенасти заптивни профил λ=0.045 W/mK

Коефицијент пролаза топлоте на раму:

Uf = 1.38 W/m²K

Коефицијент пролаза топлоте на прозору разних димензија, за усвојени коефицијент пролаза топлоте на стаклу Ug=0.5 W/m²K:

80 x 100cm Uw = 0.75 W/m²K
120 x 160cm Uw = 0.67 W/m²K
160 x 180cm Uw = 0.63 W/m²K
180 x 280cm Uw = 0.61 W/m²K

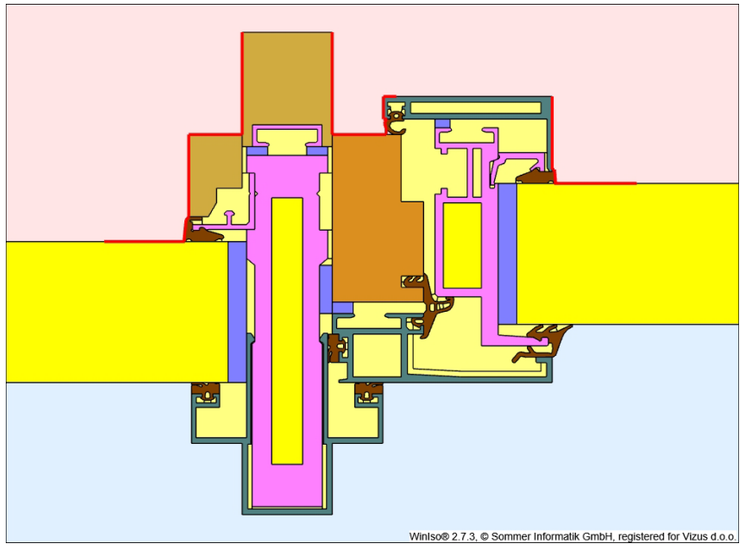
Коефицијент пролаза топлоте на раму:

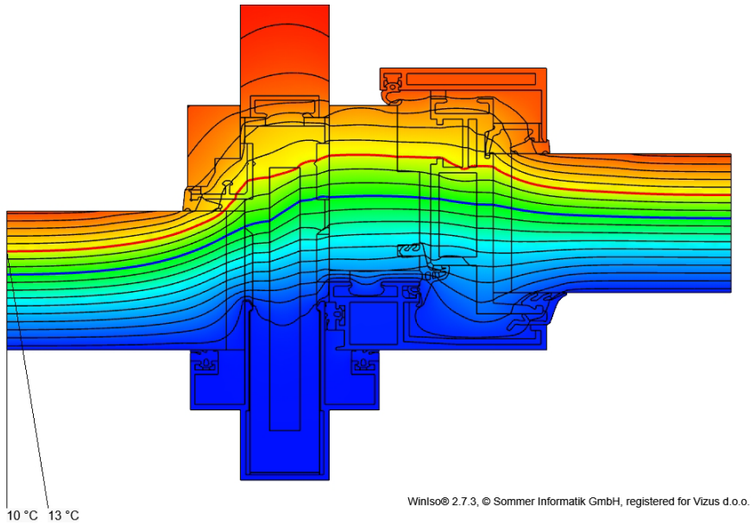
Uf = 1.39 W/m²K

Коефицијент пролаза топлоте на прозору разних димензија, за усвојени коефицијент пролаза топлоте на стаклу Ug=0.5 W/m²K:

80 x 100cm Uw = 0.75 W/m²K
120 x 160cm Uw = 0.67 W/m²K
160 x 180cm Uw = 0.64 W/m²K
180 x 280cm Uw = 0.61 W/m²K

Термички прорачун везних детаља





Легенда коефицијената топлотне проводљивости:

- Услови спољашње средине 0°C
- Услови унутрашње средине 20ºC
- Алуминијум λ=160.00 W/mK
- EPDM λ=0.25 W/mK
- Панел уместо стакла (према EN ISO 10077-2) λ=0.35 W/mK
- Дрво - храст λ=0.18 W/mK
- Дрво - ламелирано λ=0.13 W/mK
- Полиамид λ=0.3 W/mK
- Фиберглас λ=0.3 W/mK
- Стиродур λ=0.035 W/mK
- Пенасти заптивни профил λ=0.045 W/mK

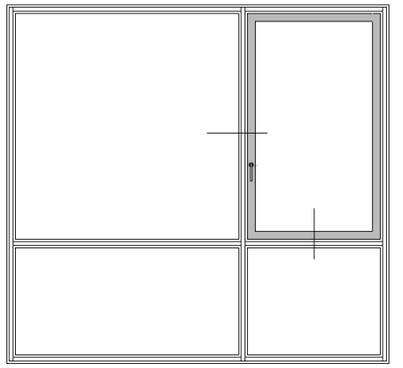
Коефицијент пролаза топлоте на раму:

Uf = 1.34 W/m²K

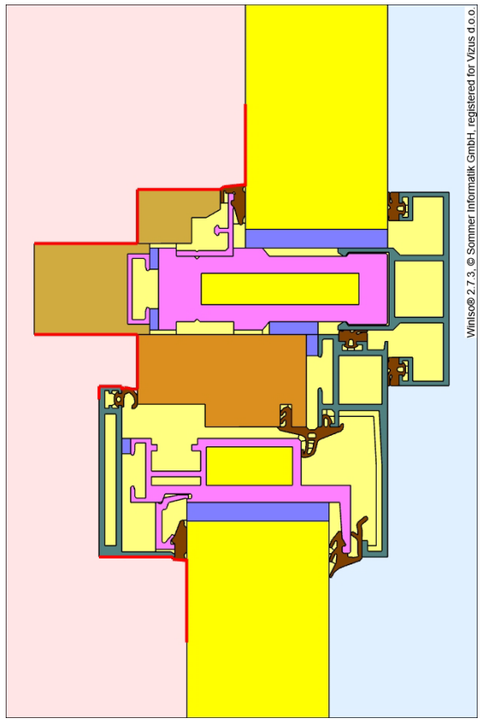
Коефицијент пролаза топлоте на прозору разних димензија, за усвојени коефицијент пролаза топлоте на стаклу Ug=0.5 W/m²K:

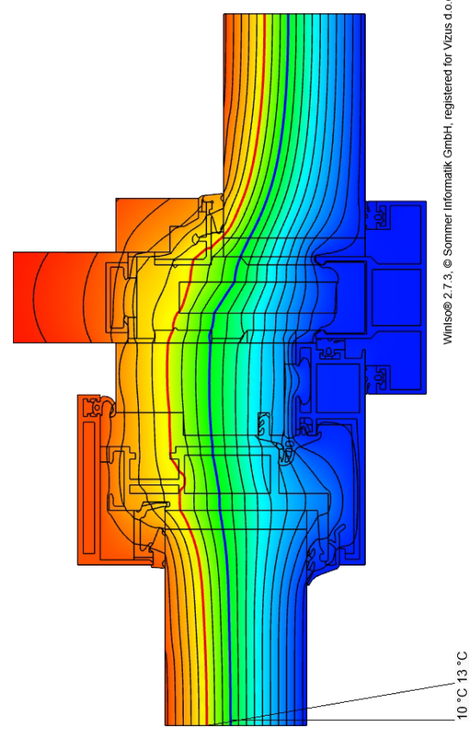
80 x 100cm Uw = 0.91 W/m²K
100 x 140cm Uw = 0.83 W/m²K
110 x 200cm Uw = 0.78 W/m²K
90 x 240cm Uw = 0.80 W/m²K

1 шема прозорске преграде са фиксно застакљеним пољима и једним отварајућим пољем



1





Коефицијент пролаза топлоте на раму:

Uf = 1.33 W/m²K

Коефицијент пролаза топлоте на прозору разних димензија, за усвојени коефицијент пролаза топлоте на стаклу Ug=0.5W/m²K:

80 x 100cm Uw = 0.91 W/m²K
100 x 140cm Uw = 0.82 W/m²K
110 x 200cm Uw = 0.77 W/m²K
90 x 240cm Uw = 0.80 W/m²K

СТРУКТУРА и архитектонски трендови

Ентеријер архитектонског бироа инспирисан бироом Алвара Алта, показује прилагодљивост СТРУКТУРЕ реминисцентним детаљима Модернистичког покрета. Једноставан дизајн СТРУКТУРЕ омогућава униформност детаља прозорске композиције који имају за циљ остварење целокупне архитектонске целине.

1

СТРУКТУРА и архитектонски трендови

1 стамбени амбијент

Стамбени амбијент густо насељених градских подручја може бити оплемењен погледом на лепе градске пејзаже.

1

СТРУКТУРА и архитектонски трендови

Савремен концепт кухињског простора вођен је идејом повезивања, како унутрашњих простора тако и унутрашњег са спољашњим простором. Кухињска сцена приказује истовремену примену прозорског елемента у зиду и прозорску композицију СТРУКТУРЕ, чиме је постигнута униформност у ентеријеру. Сцена је инспирисана кухињама италијанског произвођача Dada.

1 ентеријер кухиње

1

1 ентеријер дневне собе

СТРУКТУРА и архитектонски трендови

Губитак граница, као крајњи циљ савремене архитектуре, остварив је применом прозорског система СТРУКТУРА.

1

10. ПРИЛОГ

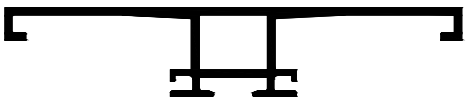
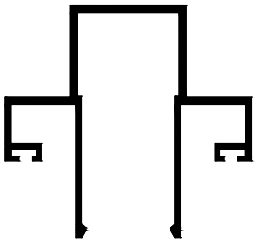
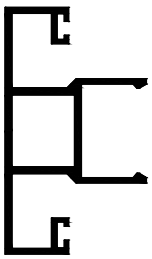
Техничке спецификације

СТРУКТУРА

Дизајн прозора данас је мултидисциплинаран процес. Докторски-уметнички пројекат *Дизајн прозора у архитектури, студија случаја дрво-алуминијум прозора* предвиђа израду идејног пројекта прозорског система, који представља полазну тачку у креирању детаљне техничке и радионичке документације. Систем СТРУКТУРА припада групи композитних прозорских система, при чему основну групу материјала чине алуминијум, фиберглас и дрво. Профили од фибергласа су испуњени профилима од стиродура. Заптивни профили израђени су од EPDM-а. Унутрашње спојнице израђене су од тврде пластике. Систем предвиђа уградњу трослојног стакленог пакета дебљине 50mm, како у фиксном пољу, тако и у отварајућем крилу. Сви елементи СТРУКТУРЕ израђени су у складу са највишим техничко-технолошким иновацијама.

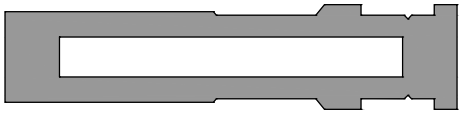
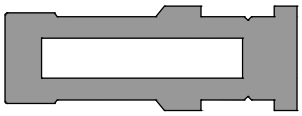
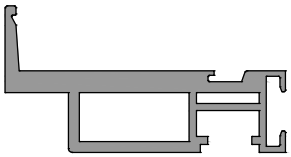
АЛУМИНИЈУМ

Алуминијумски профили произведени су процесом екструзије из легуре $AlMgSiO_5$, која има висок степен отпорности на корозију и одличну чврстоћу. Степен толеранције геометријског облика попречног пресека профила је на високом нивоу. Боја профила, зависно од жеље поручиоца може се добити процесом анодизације или пластификације. Сви наведени процеси морају задовољавати важеће стандарде.

Цртеж	Ознака
	Al.S.01
	Al.S.02
	Al.S.03
	Al.S.04
	Al.S.05

ФИБЕРГЛАС

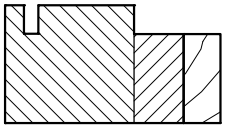
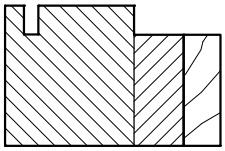
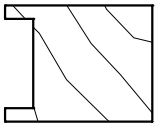
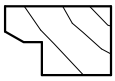
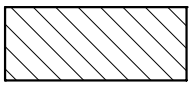
Профили од фибергласа представљају носећи систем структуре. Производе се процесом пултрузије, комбиновањем разних влакана и смоле. Основне особине материјала су: коефицијент топлотне проводљивости λ=0.3W/mK и модуо еластичности 25MPa<E<55MPa. Толеранције димензија попречног пресека усклађене су са највишим технолошким достигнућима.

Цртеж	Ознака
	F.S.01
	F.S.02
	F.S.03
	F.S.04
	F.S.05
	F.S.06

Напомена: профили који нису шрафирани не захтевају високу вредност модула еластичности.

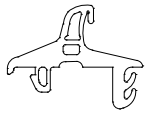
ДРВО

Профили од дрвета су замишљени као облога са стране ентеријера. Захваљујући томе могу се користити разне врсте дрвета. Замишљено је да у основној понуди сви видљиви дрвени елементи са ентеријерске стране буду израђени од храста. Једини изузетак су профили D.S.01 и D.S.02, који се добијају ламелирањем елемената од храста и неких других, јефтинијих врста дрвета које квалитативно задовољавају постављене стандарде и профил D.S.05 који је у потпуности израђен од јефтинијих врста дрвета.

Цртеж	Ознака
	D.S.01
	D.S.02
	D.S.03
	D.S.04
	D.S.05

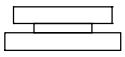
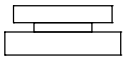
EPDM

Заптивни профили од EPDM-а (Etilen Propilen Duen Monomer). Све заптивке испоручују се од произвођача у облику профила са изузетком заптивке E.S.01 која се испоручује у вулканизираним рамовима.

Цртеж	Ознака
	E.S.01
	E.S.02
	E.S.03
	E.S.04
	Wicona 190311

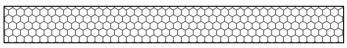
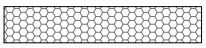
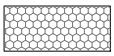
Тачкасте спојнице

Тачкасте спојнице су израђене од тврде пластике. Разне врсте спојева устаљене су у индустрији прозора због своје брзе и лаке применљивости и ефикасности. Неке од њих примењене су у систему структура.

Цртеж	Ознака
	Sp.S.01
	Sp.S.02
	Sp.S.03
	Sp.S.04

СТИРОДУР

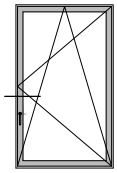
Профили од стиродура се користе као испуна шупљина профила од фибергласа са циљем смањења коефицијента пролаза топлоте.

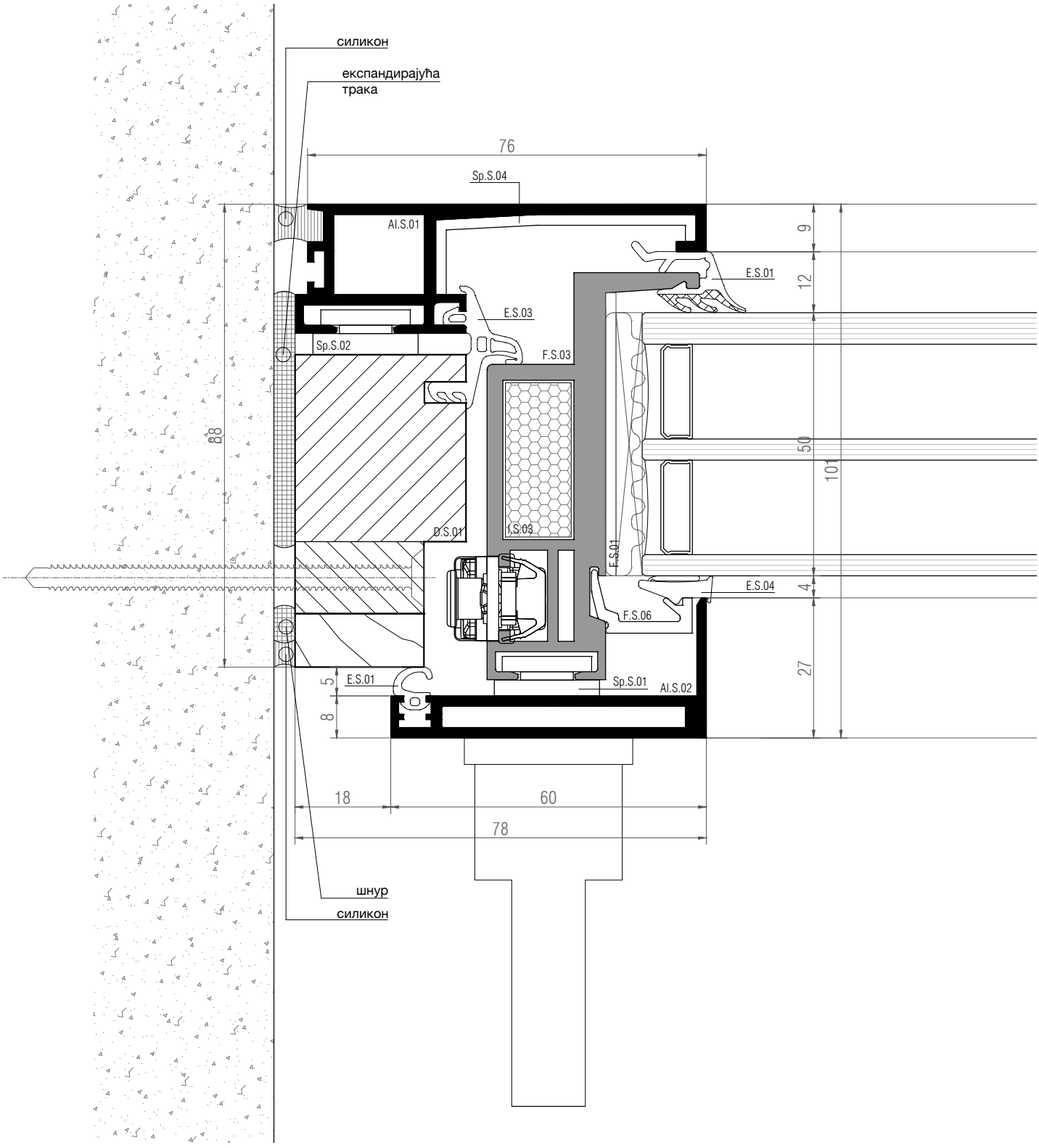
Цртеж	Ознака
	I.S.01
	I.S.02
	I.S.03

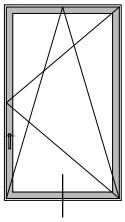
ПЕНАСТИ ЗАПТИВАЧИ

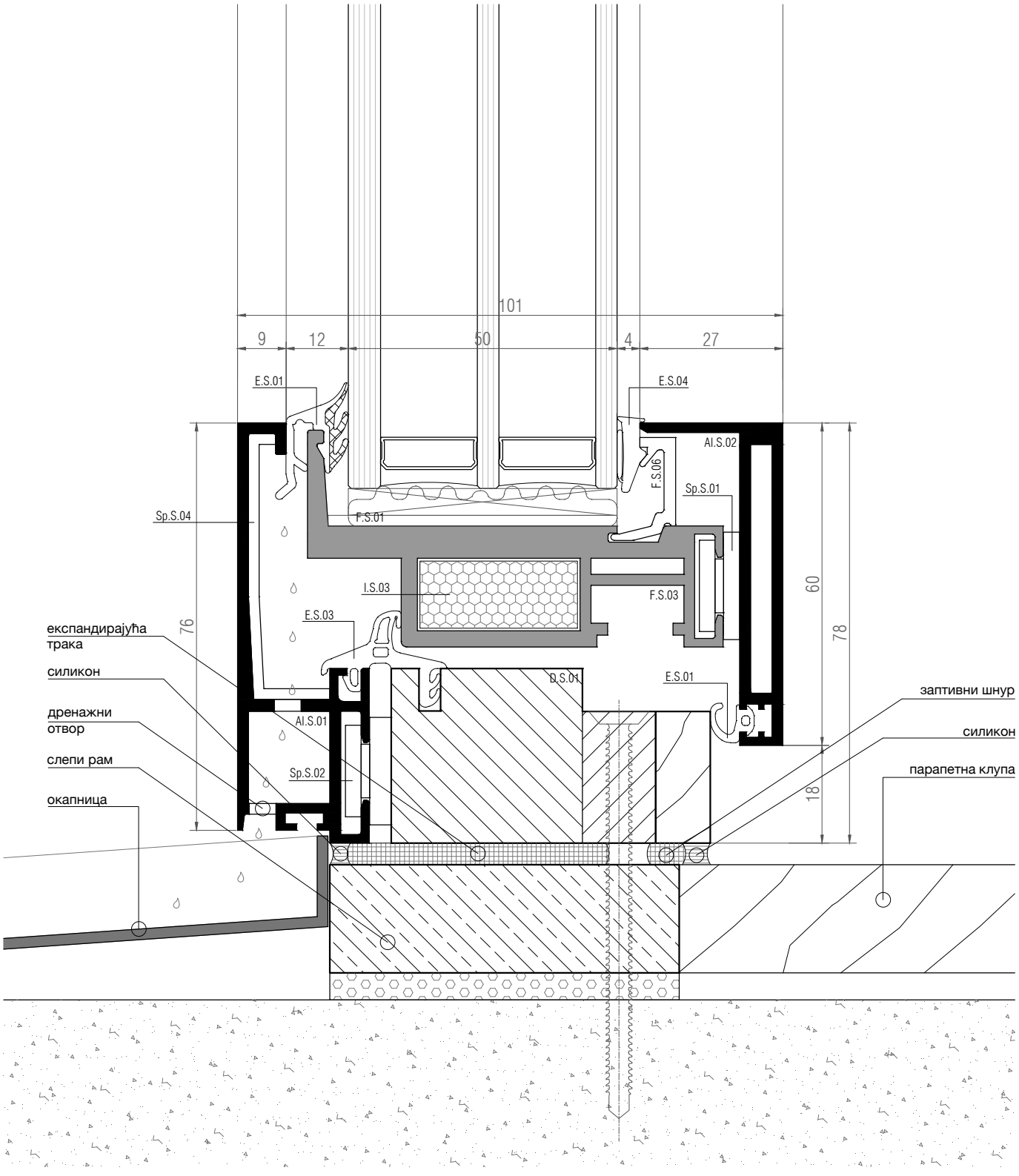
У савременој пракси производње прозора се користе разни заптивни, пенасти материјали са циљем смањења коефицијента пролаза топлоте.

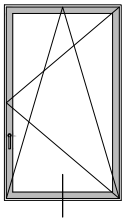
Цртеж	Ознака
	F.S.01

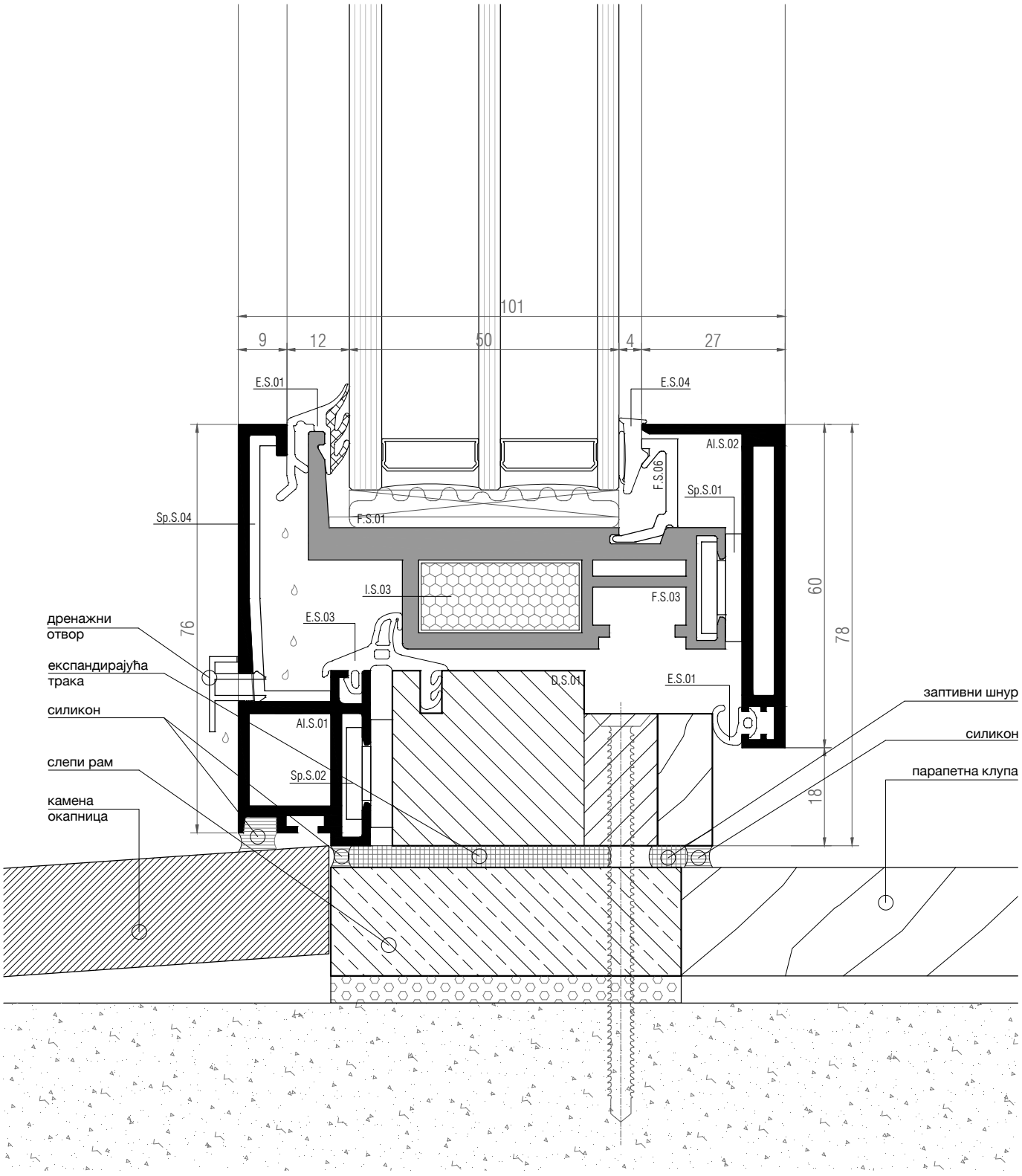


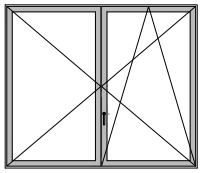

силикон
експандирајућа трака
76
Sp.S.04
Al.S.01
E.S.01
E.S.03
Sp.S.02
F.S.03
88
D.S.01
I.S.03
F.S.01
E.S.04
F.S.06
E.S.01
Sp.S.01
Al.S.02
5
8
9
12
50
101
4
27
18
60
78
шнур
силикон

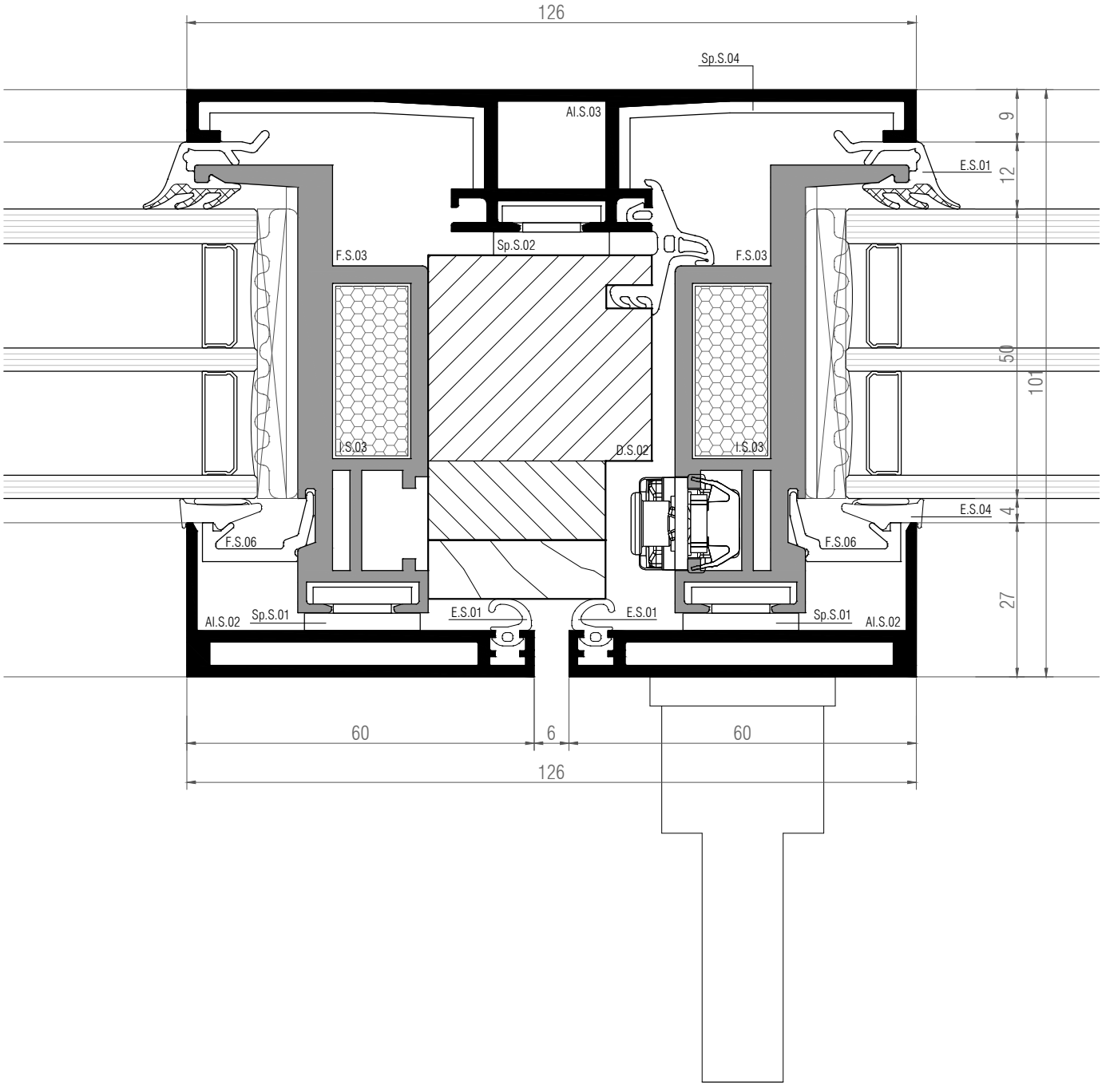


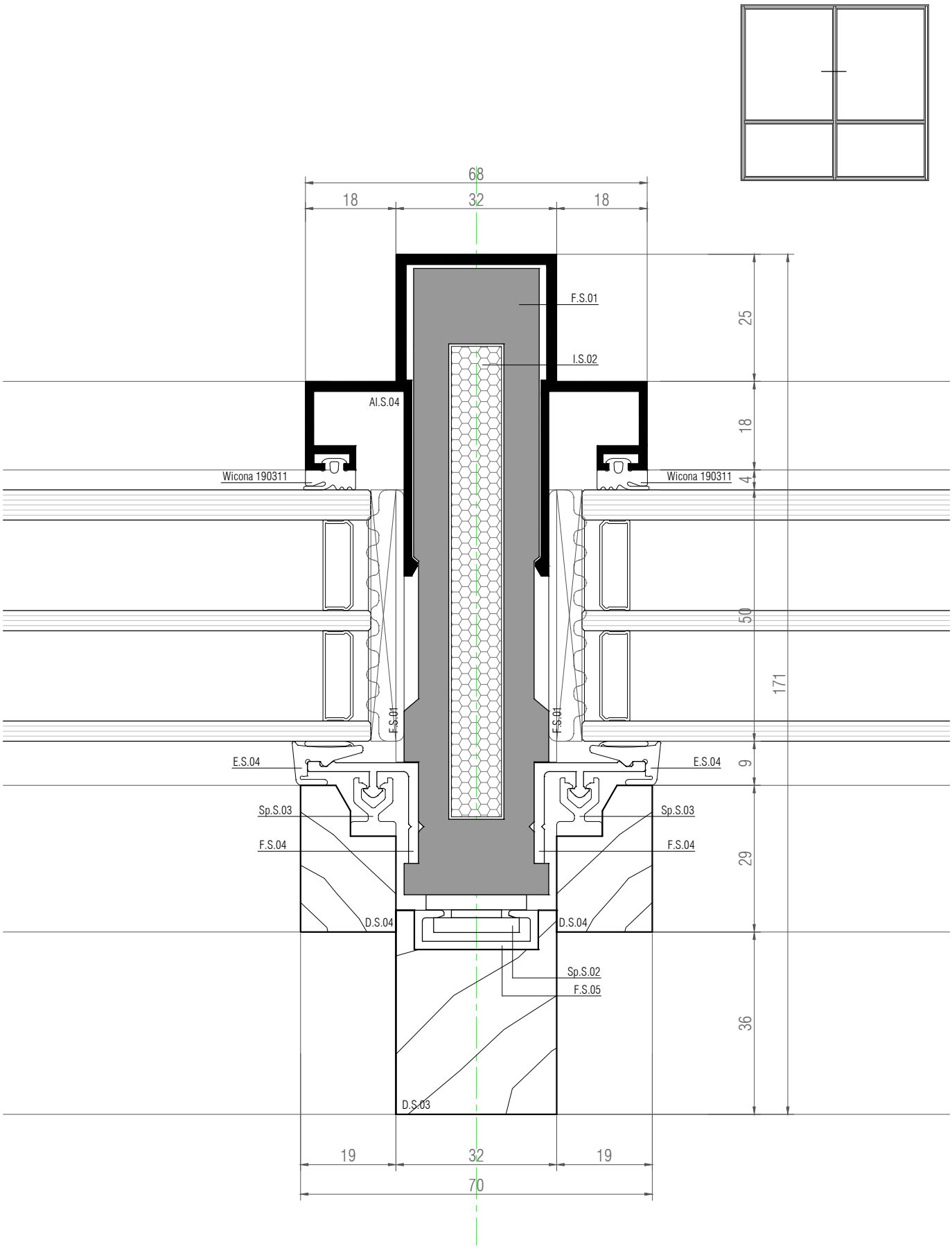

101
9
12
50
4
27
E.S.01
E.S.04
Al.S.02
F.S.06
Sp.S.01
Sp.S.04
F.S.01
I.S.03
F.S.03
E.S.03
60
78
76
експандирајућа трака
силикон
дренажни отвор
слепи рам
окапница
D.S.01
E.S.01
Al.S.01
Sp.S.02
заптивни шнур
силикон
парапетна клупа
18

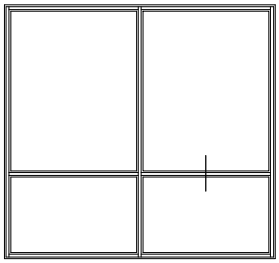


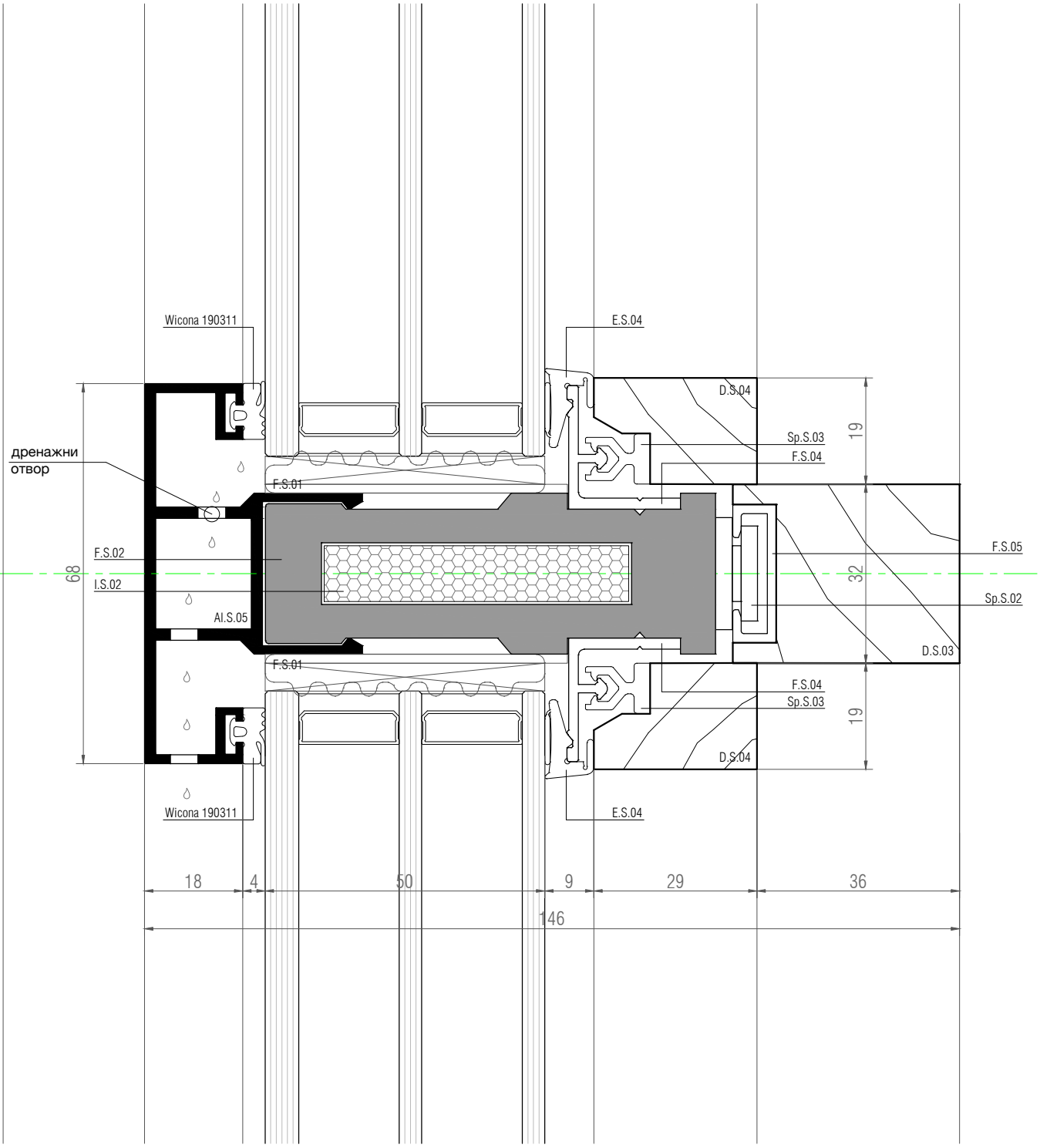

101
9
12
50
4
27
E.S.01
E.S.04
Al.S.02
F.S.06
Sp.S.01
Sp.S.04
F.S.01
I.S.03
F.S.03
E.S.03
D.S.01
E.S.01
Al.S.01
Sp.S.02
76
60
78
18
дренажни отвор
експандирајућа трака
силикон
слепи рам
камена окапница
заптивни шнур
силикон
парапетна клупа

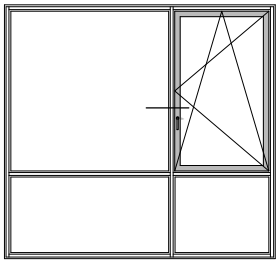


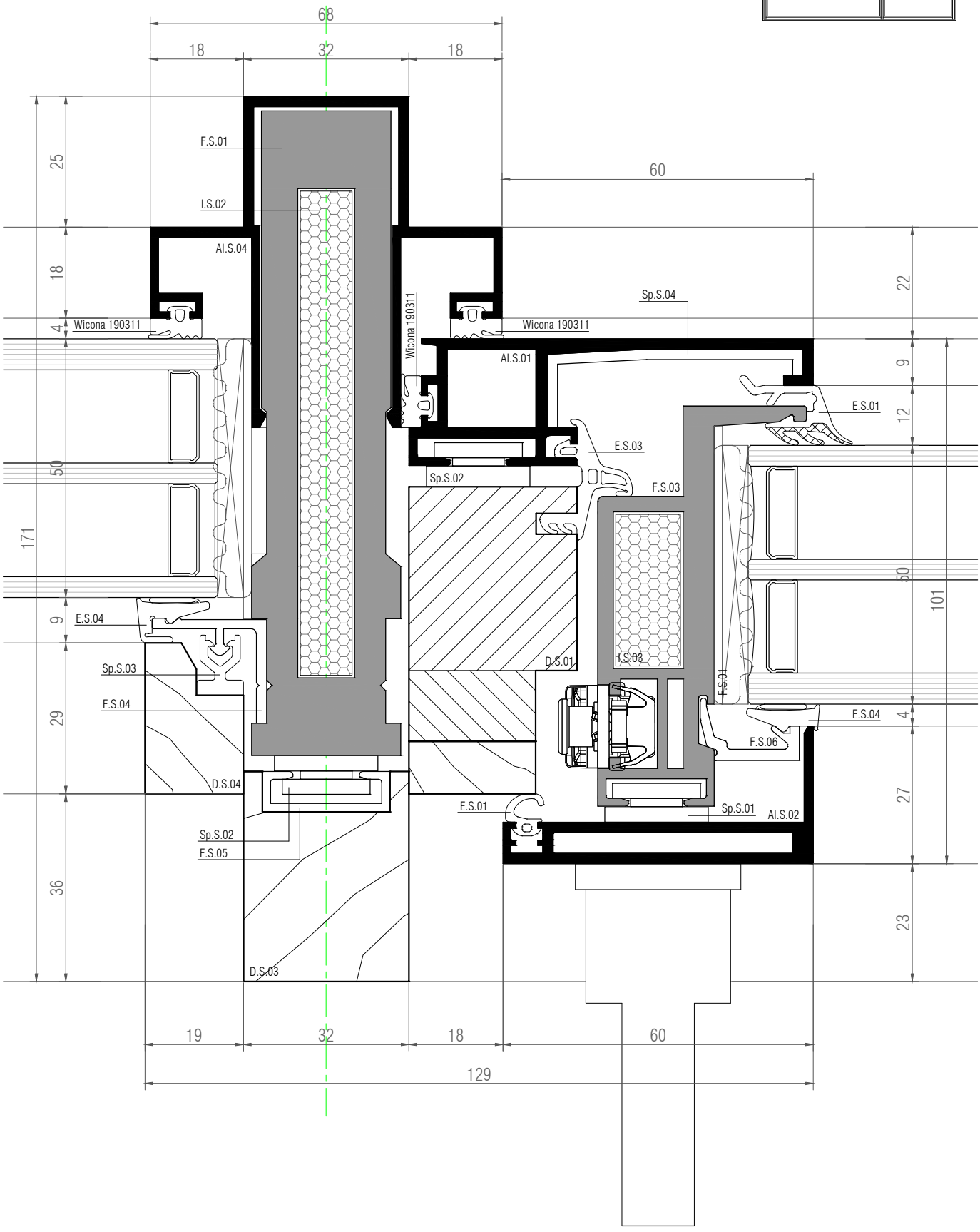

126
Sp.S.04
Al.S.03
E.S.01
F.S.03
Sp.S.02
F.S.03
I.S.03
D.S.02
I.S.03
E.S.04
F.S.06
F.S.06
Al.S.02
Sp.S.01
E.S.01
E.S.01
Sp.S.01
Al.S.02
9
12
50
101
4
27
60
6
60
126

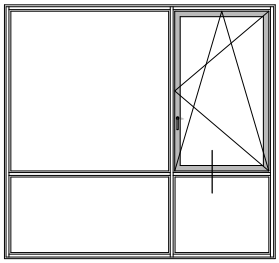

68
18
32
18
F.S.01
I.S.02
Al.S.04
Wicona 190311
Wicona 190311
F.S.01
F.S.01
E.S.04
E.S.04
Sp.S.03
Sp.S.03
F.S.04
F.S.04
D.S.04
D.S.04
Sp.S.02
F.S.05
D.S.03
25
18
4
50
171
9
29
36
19
32
19
70

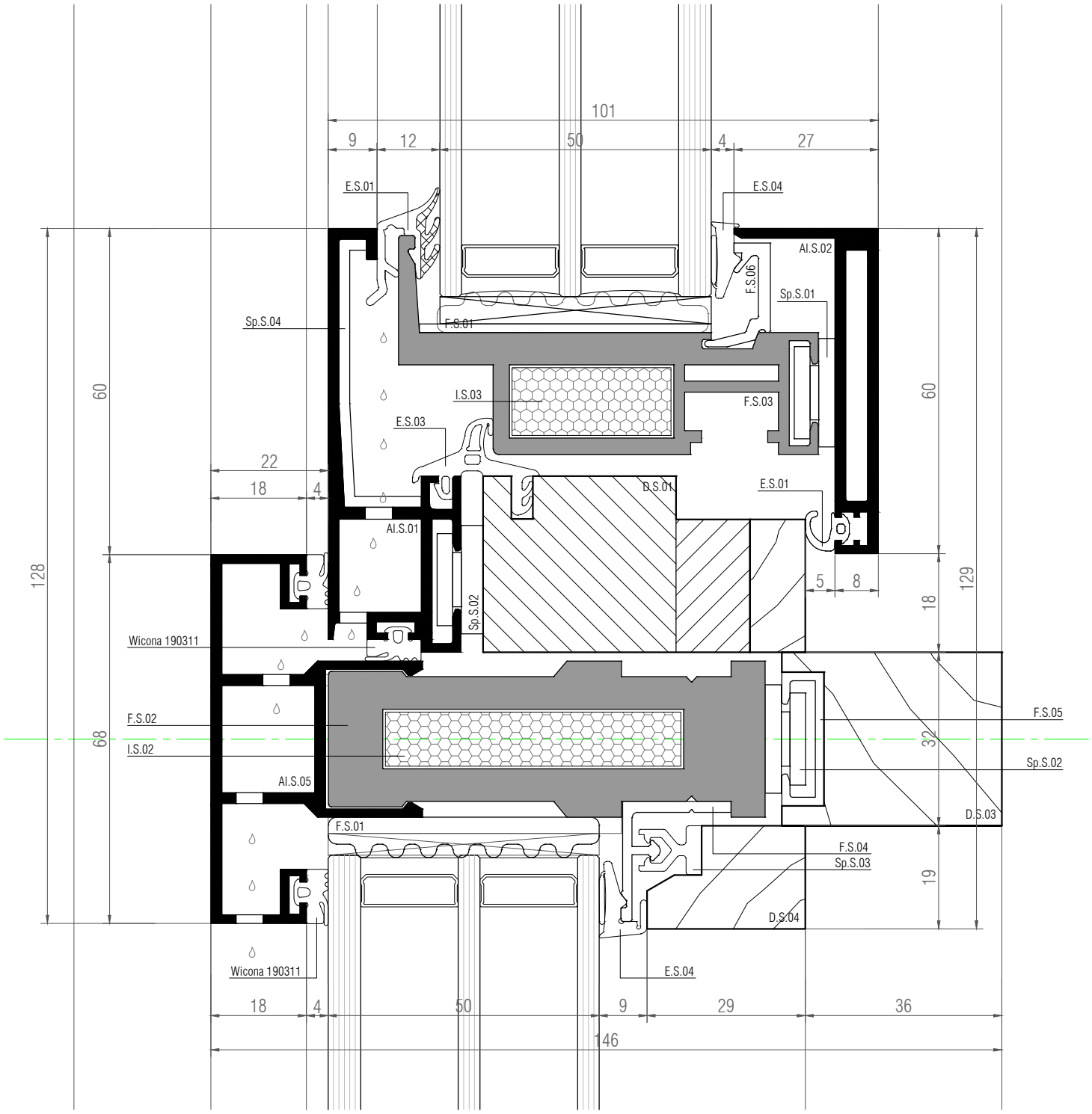


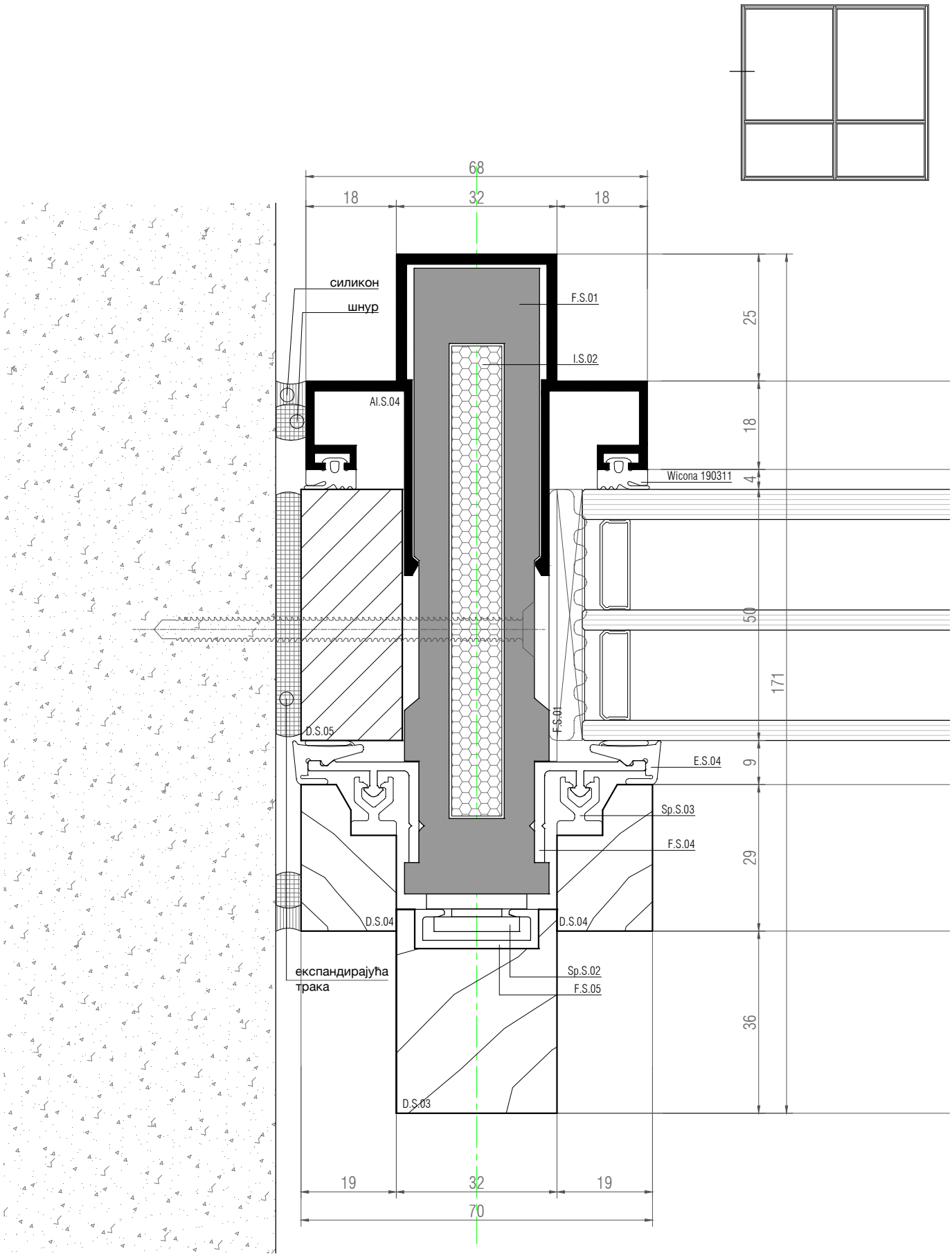

Wicona 190311
E.S.04
D.S.04
Sp.S.03
F.S.04
19
дренажни
отвор
F.S.01
F.S.02
I.S.02
68
Al.S.05
F.S.05
32
Sp.S.02
D.S.03
F.S.01
F.S.04
Sp.S.03
19
D.S.04
Wicona 190311
E.S.04
18
4
50
9
29
36
146

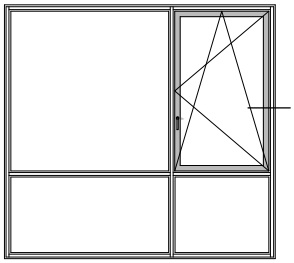


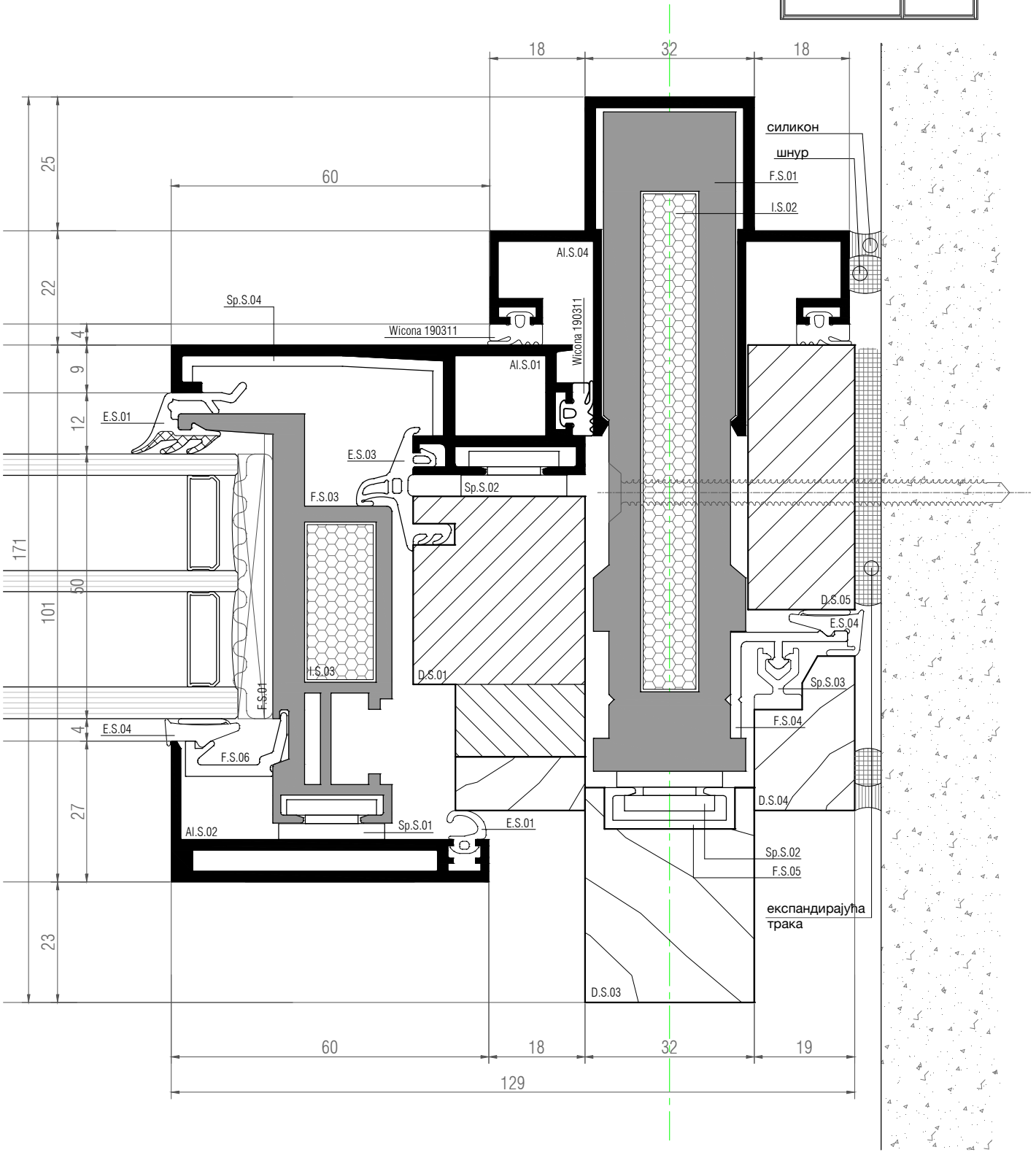

68
18
32
18
60
25
18
4
50
171
9
29
36
22
9
12
50
101
4
27
23
F.S.01
I.S.02
Al.S.04
Wicona 190311
Wicona 190311
Wicona 190311
Sp.S.04
Al.S.01
E.S.01
E.S.03
Sp.S.02
F.S.03
E.S.04
Sp.S.03
F.S.04
D.S.01
I.S.03
F.S.01
E.S.04
F.S.06
D.S.04
E.S.01
Sp.S.01
Al.S.02
Sp.S.02
F.S.05
D.S.03
19
32
18
60
129

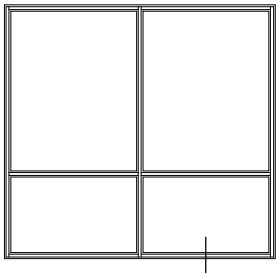


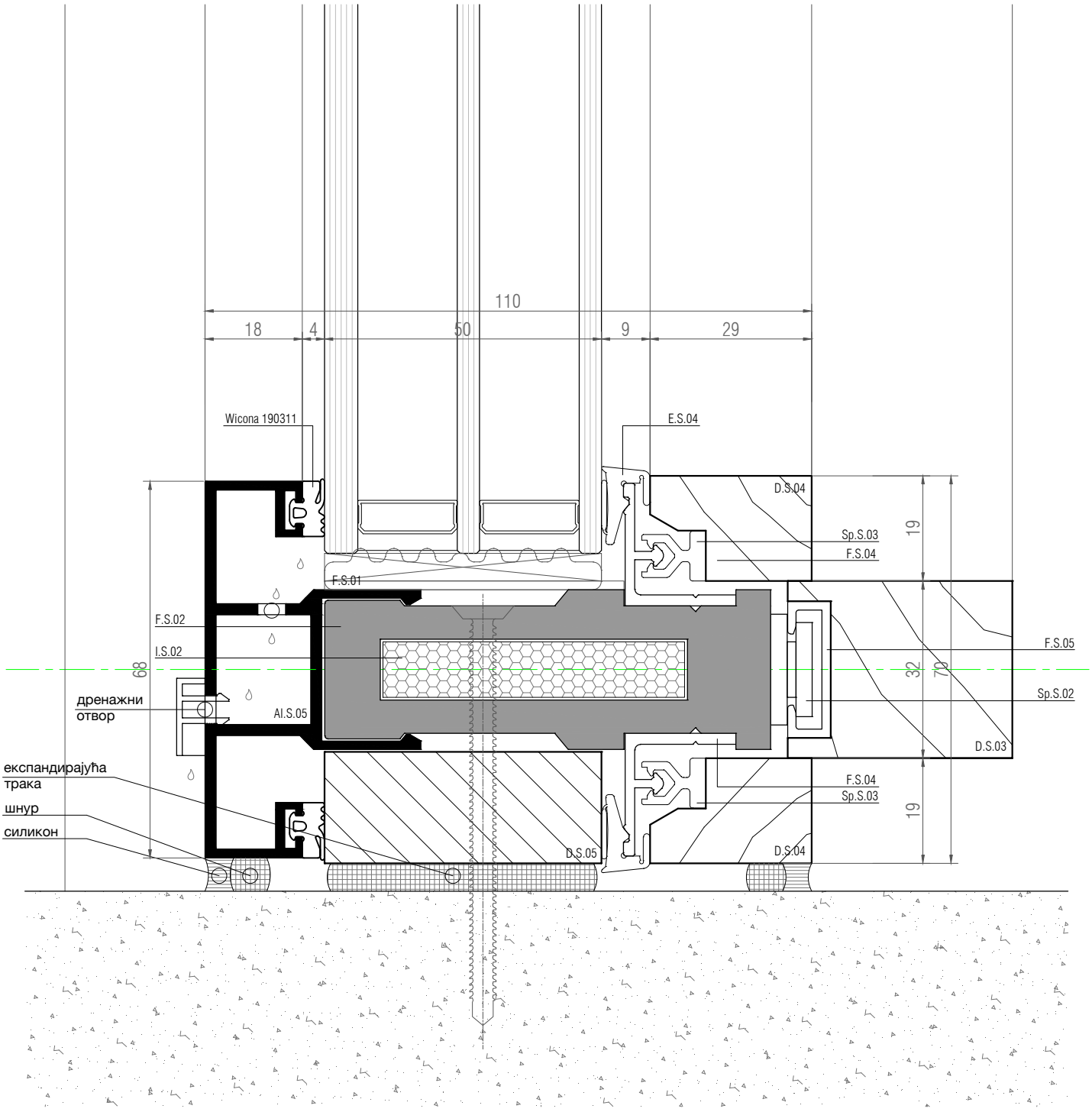

101
9
12
50
4
27
E.S.01
E.S.04
Al.S.02
F.S.06
Sp.S.01
Sp.S.04
F.S.01
I.S.03
F.S.03
E.S.03
60
60
22
18
4
D.S.01
E.S.01
Al.S.01
128
5
8
18
129
Sp.S.02
Wicona 190311
F.S.02
I.S.02
68
Al.S.05
F.S.05
32
Sp.S.02
D.S.03
F.S.01
F.S.04
Sp.S.03
19
D.S.04
Wicona 190311
E.S.04
18
4
50
9
29
36
146

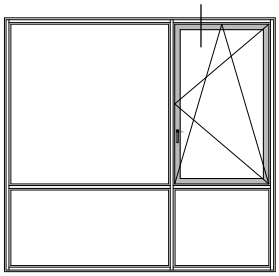

68
18
32
18
силикон
шнур
F.S.01
I.S.02
Al.S.04
Wicona 190311
25
18
4
50
171
9
29
36
D.S.05
F.S.01
E.S.04
Sp.S.03
F.S.04
D.S.04
D.S.04
експандирајућа
трака
Sp.S.02
F.S.05
D.S.03
19
32
19
70

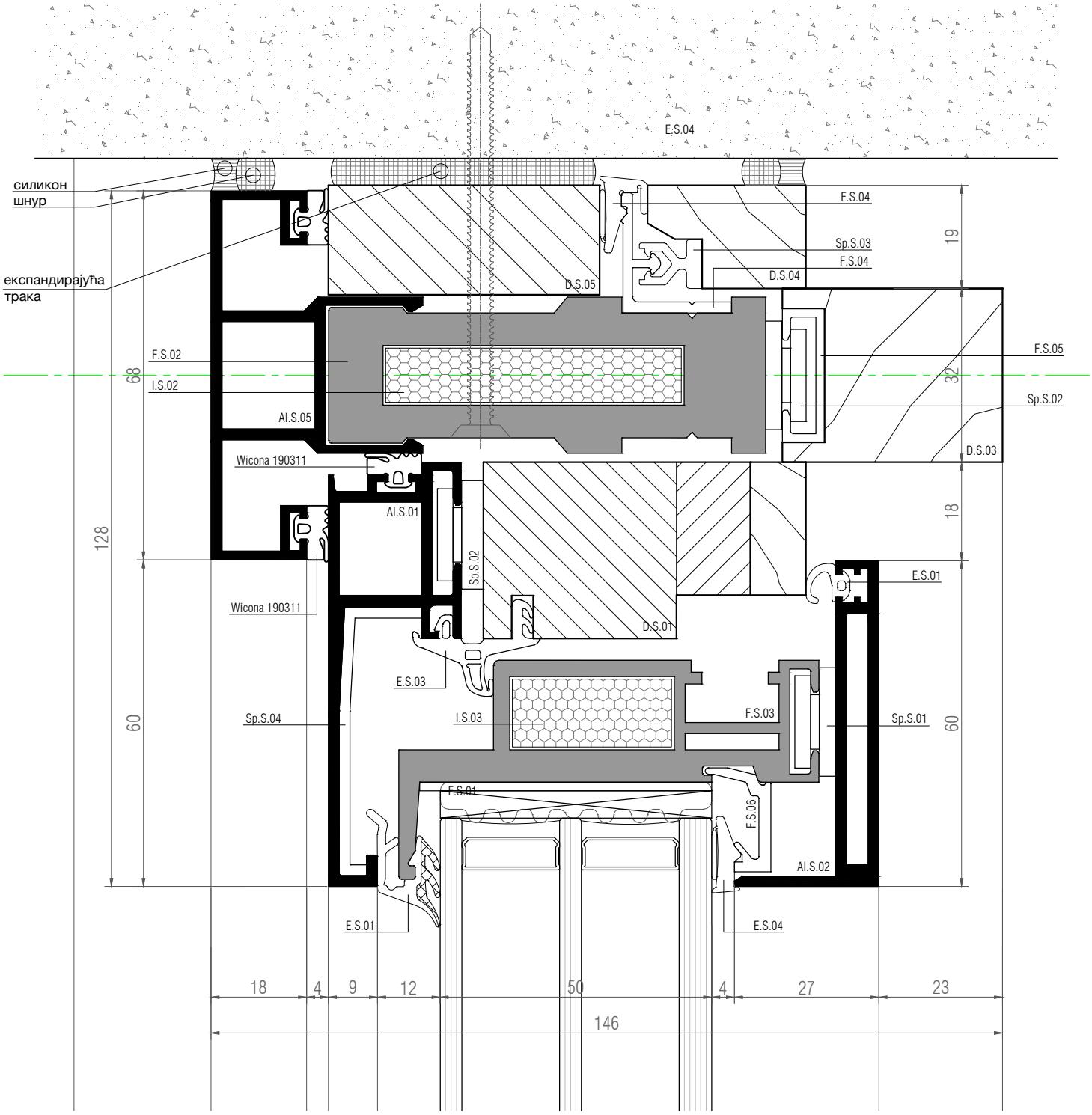



18
32
18
25
60
силикон
шнур
F.S.01
I.S.02
Al.S.04
22
Sp.S.04
Wicona 190311
Wicona 190311
4
Al.S.01
9
12
E.S.01
E.S.03
Sp.S.02
F.S.03
171
50
101
D.S.05
E.S.04
I.S.03
D.S.01
Sp.S.03
F.S.01
4
E.S.04
F.S.04
F.S.06
D.S.04
27
Al.S.02
Sp.S.01
E.S.01
Sp.S.02
F.S.05
експандирајућа
трака
23
D.S.03
60
18
32
19
129




110
18
4
50
9
29
Wicona 190311
E.S.04
D.S.04
Sp.S.03
F.S.04
19
F.S.01
F.S.02
I.S.02
68
32
70
F.S.05
Sp.S.02
дренажни
отвор
Al.S.05
D.S.03
експандирајућа
трака
шнур
силикон
F.S.04
Sp.S.03
19
D.S.05
D.S.04




E.S.04
силикон
шнур
експандирајућа
трака
E.S.04
Sp.S.03
F.S.04
D.S.04
D.S.05
19
F.S.02
I.S.02
68
Al.S.05
F.S.05
32
Sp.S.02
D.S.03
Wicona 190311
Al.S.01
18
128
Sp.S.02
E.S.01
Wicona 190311
D.S.01
E.S.03
Sp.S.04
I.S.03
F.S.03
Sp.S.01
60
60
F.S.01
F.S.06
Al.S.02
E.S.01
E.S.04
18
4
9
12
50
4
27
23
146

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани–а Марија С. Петровић

Број индекса 420002/2016

Изјављујем

да је докторски–уметнички пројекат под насловом

ДИЗАЈН ПРОЗОРА У АРХИТЕКТУРИ
СТУДИЈА СЛУЧАЈА ДРВО–АЛУМИНИЈУМ ПРОЗОРА

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложени докторски–уметнички пројекат у целини ни у деловима није био предложен за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, маја 2020. године

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Марија С. Петровић

Број индекса 420002/2016

Студијски програм Докторске студије примењене уметности и дизајна

Наслов рада **ДИЗАЈН ПРОЗОРА У АРХИТЕКТУРИ СТУДИЈА СЛУЧАЈА ДРВО–АЛУМИНИЈУМ ПРОЗОРА**

Ментор Проф. Милан Јовановић

Потписани Марија С. Петровић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског уметничког пројекта истоветна електронској верзији коју сам предао/ла Факултету за уметност и дизајн, Универзитета Мегатеренд.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора уметности, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета Мегатренд.

Потпис докторанда

У Београду, маја 2020. године