

МУЛТИФУНКЦИОНАЛНЕ КРОВНЕ СТРУКТУРЕ ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСНИХ ЗГРАДА

MULTIFUNCTIONAL ROOF STRUCTURES OF THE ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

Апстракт:

Савремени архитектонски концепти засновани на рационалној енергетској потрошњи зграда и употреби сунчеве енергије, као обновљивог извора енергије, дају нове и значајне улоге крововима, који постају мултифункционалне структуре. Различите енергетски-ефикасне кровне структуре и елементи, осим заштите, омогућавају снабдевање топлотном и електричном енергијом, природну вентилацију и хлађење зграде, природно осветљавање простора, заштиту од сунчевих зрака, снабдевање техничком водом, а према наведеним функцијама у раду је извршена њихова класификација и анализа. Трагање за новим архитектонским вредностима и оптимизација укупног енергетског биланса зграде, као и урбаних целина, доделили су крововима и функцију "климатских омотача". Савремене форме и материјализација кровова јасно исказују њихово мултифункционално обележје. Разноврсне су могућности за нов и атрактиван дизајн кровова, а тиме и објеката. То је повод да се у раду углавном анализирају обликовне карактеристике енергетски-ефикасних кровних структура и елемената и визуелни ефекти који се њима постижу.

Кључне речи: кровне структуре, сунчева енергија, обновљиви извори енергије, енергетска ефикасност, "климатски омотач", соларни колектор, фотоелектрични модул, заштита од сунца, природно осветљење, природна вентилација

Abstract:

Modern architectural concepts, which are based on rational energy consumption of buildings and the use of solar energy as a renewable energy source, give the new and significant role to the roofs that become multifunctional structures. Various energy efficient roof structures and elements, beside the role of protection, provide thermal and electric energy supply, natural ventilation and cooling of a building, natural lighting of the indoor space, sunbeam protection, water supply for technical use, thus according to the above mentioned functions, classification and analysis of such roof structures and elements are made in this paper. The search for new architectural values and optimisation in total energy balance of a building, or the likewise for the urban complex, gave to roofs the role of "climatic membranes". Contemporary roof forms and materials clearly exemplify their multifunctional features. There are numerous possibilities to achieve the new and attractive roof design which broadens to the whole construction. With such inducement, this paper principally analyse the configuration characteristics of the energy efficient roof structures and elements, as well as the visual effects that may be achieved by their application.

Key words: roof structures, solar energy, renewable energy sources, energy efficiency, "climatic membrane", solar collector, photovoltaic module, solar protection, natural lighting, natural ventilation

Увод

Кроз историју кровови су представљали значајан архитектонски елемент, како у функционалном тако и обликовном смислу. Њихово обликовање и реализација указују на традицију, вештину, статус и културу људи који су их градили, као и везу са климатским условима. Савремене кровове карактерише енергетска ефикасност.

Потреба за смањењем потрошње енергије добијене из конвенционалних извора и тиме мањег загађења животне средине, довела је до развоја технологија коришћења обновљивих извора енергије. У архитектури изграђени су концепти "соларних" зграда које користе сунчеву енергију. Омотач се трансформисао од пасивног заштитног елемента у активни енергетски филтер [8]. Циљ је да енергија буде произведена одрживим методама (које не загађују животну средину) и да енергетска потрошња зграде буде што мања, односно што ближа количини енергије коју она произведе – енергетски ефикасне зграде. Сунчева енергија се користи за стварање топлотне енергије за темперирање простора и загревање воде, и производњу електричне енергије.

ефикасне зграде. Сунчева енергија се користи за стварање топлотне енергије за темперирање простора и загревање воде, и производњу електричне енергије.



Сл. 1.
Мултифункционалан кров са аутономним соларним колекторима за топлу воду, интегрисаним ФЕ цреповима за производњу електричне енергије и стаклеником за индиректно загревање простора [6]

Fig. 1.
Multifunctional roof with the standoff solar collectors for warm water, building integrated PV roof tiles for electric energy production, and sunspaces for the indirect room heating [6]

Енергетске потребе смањују се добром термичком изолацијом, опремом ниске енергетске потрошње, природним осветљењем и вентилацијом простора.

Концепти енергетски ефикасних зграда су релативно новијег датума, а у нашој земљи још увек нису значајније продрли у архитектонско стваралаштво и свест друштва. Енергетска ефикасност је један од предуслова да објекат добије обележје “еколошки квалитетан”, што постаје императив у развијеним земљама. Архитектонске опције за то су разноврсне. У том смислу кров се издваја као значајан елемент и добија нову улогу. Он постаје мултифункционална структура која, осим што штити од атмосферских утицаја, снабдева топлотном и електричном енергијом, доприноси природној вентилацији и хлађењу зграде, омогућава природно осветљавање простора и заштиту од сунчевих зрака, снабдева техничком водом. Наведене функције утичу на обликовање кровова, производе нове структуре, компоненте и техничка решења, што отвара нове могућности за дизајн кровова (Сл.1). У раду се класификују и анализирају кровне структуре и компоненте које резултују из функција снабдевања енергијом, природног осветљаја и вентилације, с акцентом на испитивању обликовних карактеристика и визуелних ефеката који се њима постижу, а у циљу њиховог увођења у домаћу архитектонску праксу.

КРОВОВИ У ФУНКЦИЈИ СНАБДЕВАЊА ЕНЕРГИЈОМ

Кровови чија структура претвара сунчеву енергију у други вид енергије популарно се називају “соларни кровови”. Зависно од врсте енергије која се производи, разликују се следећи функционални елементи ових кровова:

- соларни колектори, који служе за производњу топлотне енергије, и
- фотоелектрични модули, који производе електричну енергију (а могуће је и топлотну).

Кровови са соларним колекторима

Соларни колектори се постављају на равним и косим крововима. Према начину инсталисања, што даје различите визуелне ефекте, могу бити: аутономни елементи (Сл. 1, 2а), монтирају се преко одговарајуће поткронструкције, и интегрисани (Сл.2б-4), када замењују финални слој, тј. кровни покривач и као такви примењиви су за косе кровове. За производњу топлотне енергије користе флуид, који загрејан служи за темперирање простора или загревање воде.

Соларни колектори интегрисани у кровне равни

Присутна су два концепта материјализације завршног слоја кровних равни са функцијом соларних колектора: а) застакљени соларни колектори и б) колектори са конвенционалним кровним покривачем. Ова два концепта имају потпуно различите визуелне карактеристике.

а)



б)

Сл. 2.
Кровови са соларним колекторима за загревање воде и станова, Немачка а) аутономни [7] и б) интегрисани колектори

Fig. 2.
Roofs with solar collectors for water heating and heating of flats, Germany, а) Standoff solar collectors [7] б) Building integrated solar collectors

а) Застакљени соларни колектори

Застакљењем се јасно исказује нова функција кровне равни. Глатка и сјајна површина колектора се лако уочава, било да је цео или део крова колектор, те обично доминира у изгледу зграде и пејзажа. Апсорбер соларног колектора је тамне боје, црн, тамно црвен, зелен, плав, љубичаст, а различити ефекти се добијају под различитим нагибима, као и код примене антирефлексионог стакла или поликарбонатних плоча [3, 9]. Рамови застакљења могу бити скривени, када се постиже визуелни ефекат структуралне фасаде, или видни када вертикална и хоризонтална подела стварају шару (Сл. 26, 3, 4), што пројектант може да користи да би остварио хармонију или контраст са постојећим структурама на крову, фасадама или околним кућама.

Када се не жели показати да зграда користи соларну енергију или се не жели нарушавање постојеће архитектуре, посебно при апликацији на заштићене објекте, колектори се могу сакрити иза кровног венца или поставити на делове крова који нису у правцу доминантних визура, а имају повољну оријентацију, као што је урађено на дворцу – Schloss Grossmehlen, поред Дрездена (Сл. 3). Соларни колектори активне површине 300m² постављени су на кровне равни оријентисане према унутрашњем дворишту. Осим што служе за загревање воде за дворца и околне зграде, снабдевају топлотом грејни систем у подрумским зидовима, чиме се спречава влага у зидовима па могу да служе за ускладиштење топлоте.

Форма колектора се може прилагодити различитим формама кровова. Реконструкција зграде BLEG у Берлину обухватила је и покривање конвексне кровне форме соларним колекторима активне површине 470m² (Сл. 4). Систем обезбеђује 20% потреба зграде за топлим водом и 5-10% потреба за загревање тако што се топлота дистрибуира кроз подове зграде [18]. Као и у претходном примеру, загревањем се спречава влага у подрумским зидовима.



а) Изглед дворца Schloss Grossmehlen, Дрезден
а) Palace look: Schloss Grossmehlen, Dresden



б) Колектори на крову дворца Schloss Grossmehlen
b) Roof collectors on the palace Schloss Grossmehlen

Сл.3.

Дворац – Schloss Grossmehlen, Дрезден. Соларни колектори Energie Solaire SA годишње производе 300-600 kWh/m² [18]

Fig. 3.

Palace Schloss Grossmehlen, Dresden. Solar collectors Energie Solaire SA annually produce 300-600 kWh/m² [18]



б) а)

Сл. 4.

Реконструкција зграде BLEG у Берлину уградњом соларних колектора у лучним кровним равнима [18]

а) Колектори на крову зграде BLEG у Берлину

б) Зграда BLEG у Берлину

Fig. 4

Reconstruction of the BLEG building in Berlin by integration of solar collectors in arched roof planes [18]

а) Roof collectors on the BLEG building in Berlin

б) BLEG building in Berlin

б) Колектори са конвенционалним кровним покривачем

У случају да је спољни завршни слој колектора типа конвенционалних кровних покривача, присутне су две могућности: 1) примена кровних покривача од глине, цемента, фиберцемента, шкриљца, када се може искористити и постојећи покривач, и 2) примена лимених трака (нпр. легура алуминијума) са каналима за циркулацију флуида. Колектори се својим изгледом не истичу.

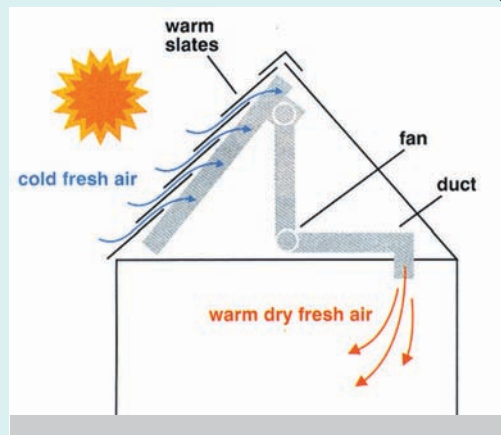
У првом случају кровни покривач се под дејством сунчевих зрака загрева достижући температуру најмање 30°C већу од температуре ваздуха [11] и значајно загрева ваздух у свом блиском окружењу. Топлао ваздух испод црепова или других покривача усисава се и користи за загревање простора. Овај концепт убацивања чисто претходно загрејаног ваздуха примењен је у стамбеном насељу у Berwickshire, Шкотска (Сл.5). За убацивање топлог ваздуха у просторије (обично са северне стране) коришћен је фен мале потрошње, са тајмером и термостатом како би се обезбедило убацивање само топлог ваздуха у зимском периоду, а концепт је унапређен постављањем фотоелектричних модула 10Wp, који производе електричну енергију за покретање фенова. Концепт је примењив и за ноћно расхлађивање кућа у летњем периоду. У поступку реконструкције традиционалних кућа у Единбургу, које су слабо изоловане, са присутним проблемом конденза и великом потрошњом конвенционалних горива, резултат је побољшање животних услова – куће су постале топлије, кондензација смањена и ублажена појава респираторних обољења захваљујући побољшању квалитета ваздуха у просторијама убацивањем чисто претходно темперираниог ваздуха. За климатске услове у Шкотској процењено је да се може очекивати годишњи енергетски допринос од 2000kWh [11].

Код ове врсте колектора посебна уштеда се остварује јер нису присутни трошкови за инсталисање и одржавање колектора. Осим за стамбене зграде, погодна је примена за школе и пословне објекте с обзиром да се радно време подудара са периодом могућег осунчања.

Принцип функционисања колектора са спољном облогом од лимених плоча исти је као код стандардних колектора са флуидом као преносиоцем топлоте, с разликом што лимена површина кровног покривача апсорбује сунчеву топлоту и загрева флуид у цевима смештеним испод лимених трака (Сл. 6). Циркулација флуида се постиже пумпом ниске енергетске потрошње. Овај систем се показао посебно ефикасан за дистрибуцију топлоте преко подних површина. Систем може да служи и за расхлађивање циркулацијом хладног флуида кроз под и ноћу кроз кровне равни. Процењује се да се за грејање могу остварити финансијске уштеде 50-70% у односу на цену конвенционалних горива [5]. Може се применити за темперирање простора и загревање воде у стамбеним објектима, трговинама, спортским објектима (стадиони, базени) и хидротерапеутским јединицама.



а)



б)

Сл. 5.

Слика 5. Соларни колектор са завршним слојем од шкриљца (фиберцемент плоче), Берњицксхира, Шкотска, и шема функционисања система [11]

а) Колектор са конвенционалним кровним покривачем

б) Шема функционисања колектора

Fig. 5.

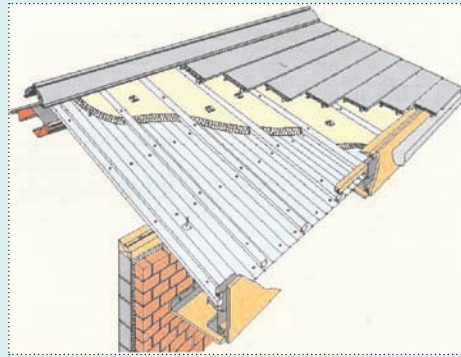
Solar collector with the finishing coat of slate (Fibre-cement slate), Berwickshire, Scotland, and the system operation scheme [11]

a) Collector with the conventional roof cover

b) Scheme of collector's operation



а)



б)

Сл. 6.

Соларни колектор од посебно обликованих лимених плоча од легуре алуминијума са цевима за циркулацију флуида

а) Објекат са колектором, Energy Centre, Binfield, UK
б) Структура колектора [5]

Fig. 6.

The heat collector created of metal panels made up of specially designed hollow aluminum alloy extrusions that link together.

a) The construction with collector, Energy Centre, Binfield, UK
b) Structure of a collector [5]

Кровови са фотоелектричним системима

Један од начина да се у градским зонама произведе електрична енергија без загађења животне средине и стварања буке је апликација фотоелектричних система (ФЕ) на објекте. Њима је могуће делимично или у потпуности задовољити потребе објекта за електричном енергијом, што одређује потребну величину површине омотача под њима, мада је она условљена и окружењем, захтевима уклапања у контекст и величином јужно оријентисаних незасенчених делова омотача. Рачунице су показале да би се апликацијом ФЕ система на најповољније површине објеката у градским зонама могло подмирити 25% потреба за електричном енергијом тих зона [17]. С обзиром да се енергија производи на месту потрошње, губици дистрибуције су минимални. Повезивањем објеката са мрежом градске електродистрибуције вишак електричне енергије произведен у летњем периоду може се уступити за енергију која недостаје у зимском периоду или продати.

Фотоелектрични системи се могу поставити на фасадне и кровне равни, надстрешнице, сенила, итд., као аутономни и интегрисани системи [види 9].

а) б)



Сл.7.

Аутономни ФЕ модули на а) равном и б) косом крову

Fig. 7.

Standoff PV modules on a) flat and b) inclined roofs

У густо насељеним зонама са равномерним висинама зграда, кровови су најповољнија локација за ФЕ системе, јер су мале могућности постојања препрека које би заклањале сунчеве зраке. Профили кровова значајно варирају као последица традиције, климе, периода када су грађени и урбанистичких услова. Равни кровови пружају флексибилност за инсталасање ФЕ модула у погледу њихове оријентације и визуелних ефеката – могу бити сагледиви или не, међутим на њима се постављају аутономни системи (Сл. 7а). На косим крововима могућа је примена и аутономних (Сл. 7б) и интегрисаних (Сл. 8-10) система, али је потребно испитати оријентацију, нагиб и присуство препрека, које могу представљати и кровне равни.



Сл. 8.
Интегрисани ФЕ модули [21]
Fig. 8
Building integrated PV modules [21]



Сл. 9.
Кровни фотоелектрични црепови [6]
Fig. 9.
Photovoltaic roof tiles [6]



Слика 10.
Кровна фотоелектрична шиндра [8]
Fig. 10.
Photovoltaic roof shingle [8]

Кровни интегрисани ФЕ системи

Интегрисање ФЕ система у кровне равни односи се на два аспекта: архитектонско интегрисање, које подразумева остваривање добрих естетских карактеристика, и техничко интегрисање, које се односи на остварење заштите од спољних утицаја [19]. Интегрисањем ФЕ система кровови постају мултифункционалне структуре које штите од атмосферичких, производе електричну енергију, а у неким склоповима и топлотну [9], примена полутранспарентних модула омогућава продор дневне светлости и истовремено и заштиту од сунца (Сл. 12, 17, 23, 24). Могућност замене конвенционалних кровних облога ФЕ интегрисаним системима смањује цену ових производа која је још увек висока. Производи са соларним ћелијама од монокристалног Si су црни, од поликристалног Si плави, блистави, а аморфног Si браонкасте боје. Употребом антирефлексионих облога добија се широк опсег колора ФЕ модула, што омогућава разноврсне визуелне ефекте, атрактивност и боље уклапање у околину.

Фотоелектрични системи интегрисани у кров обухватају: интегрисане модуле (Сл. 8-13, 23, 24), црепове (Сл. 9, 1) и шиндру (Сл. 10).

Интегрисани кровни ФЕ модули су обично груписани у низове. Као стаклена облога (ФЕ ћелије су постављене између две фолије од етилвинил-ацетата и уграђене између два сигурносна стакла) уграђују се по принципима монтаже зид-завеса, а сви расположиви склопови зид завеса, како у техничком смислу, тако и обликовном, са видним или скривеним пречкама, су прихватљиви. Правилна техника постављања и заптивања омогућава да кровни ФЕ модули функционишу као заштита од атмосферских утицаја. Систем за качење чине оквири који носе модуле и зап-

тивке или покривне лајсне за заштиту спојева модула. Испод модула формирају се канали за циркулацију ваздуха како би се спречило загревање модула. Ваздух улази кроз отворе на стрехи и изводи топлоту кроз отворе на слемену. Разноврсни производи пружају могућност апликације на различите кровне форме, лучне (Сл. 11), шед-кровове (Сл. 12), итд. Због атрактивног изгледа интегрисани модули се све чешће примењују за покривање комерцијалних објеката као средство исказивања репутације.

Сл. 11.
Лучни кров са ФЕ модулима од поликристалног Si производи 10-12MW годишње, Shell, Gelsenkirchen, Немачка
 Fig. 11.
Arched roof with PV modules of poly-crystalline Si annually produces 10-12MW, Shell, Gelsenkirchen, Germany



Сл. 12.
Шед кров са полутранспарентним ФЕ модулима изнад атријума, Zentrum für Kunst und Medientechnologie, Karlsruhe, Немачка, ревитализован индустријски објекат
 Fig. 12.
Shed roof with semi-transparent PV modules above the atrium, Zentrum für Kunst und Medientechnologie, Karlsruhe, Germany



Сл. 13.
Авионски снимак нове вароши Nieuwland, поред Amersfoort-а, Холандија [17]

Fig. 13.
Aerial view of the new settlement Nieuwland, near Amersfoort, Holland [17]

За кровове стамбених објеката могу се применити интегрисани модули, али постоје производи са повољнијим ценама типа црепа, шиндре, итд., са интегрисаним соларним ћелијама, димензионално компатибилни са стандардним покривачима које замењују (Сл. 9, 10). Ови производи били су и покушај да се ФЕ системи уведу у обнову историјских објеката и језгара, али се то показало тешко прихватљивим.

Успешни примери интегрисаних ФЕ система у омотач зграда остворени су у индустријски високоразвијеним земљама. Фотоелектрични модули се успешно уклапају у архитектуру интернационалног и "high-tech" стила, објекте пројектоване и изведе-

не по индустријским принципима. Обликовни и функционални потенцијали које системи интегрисаних ФЕ модула имају одговарају савременим, а чини се и будућим архитектонским трендовима (Сл. 23, 24). Њихова примена утиче на архитектонске концепте објеката и урбанистичко пројектовање насеља продукујући структуре прилагођене пријему сунчеве енергије. У Холандији је изграђена варош Nieuwland (Сл. 13), поред Amersfoort-a, где су објекти тако оријентисани да је омогућен пријем сунчеве енергије преко кровних равни на којима су постављени ФЕ модули различитих обликовних карактеристика (Сл. 13а,б).



а)



б)

Сл. 13а,б.

Објекти у вароши Nieuwland са крововима са интегрисаним ФЕ системима производе 1,3MW, око 54% потребне електричне енергије. Димензије кровова одговарају димензијама ФЕ модула [1]

а) Кровни покривач са интегрисаним ФЕ ћелијама
б) Кровни интегрисани ФЕ модули

Fig. 13a,b.

Constructions in settlement of Nieuwland with roof integrated PV systems produce 1,3MW, approximately 54% of the needed electrical energy. Roof dimensions correspond to PV module dimensions [1]

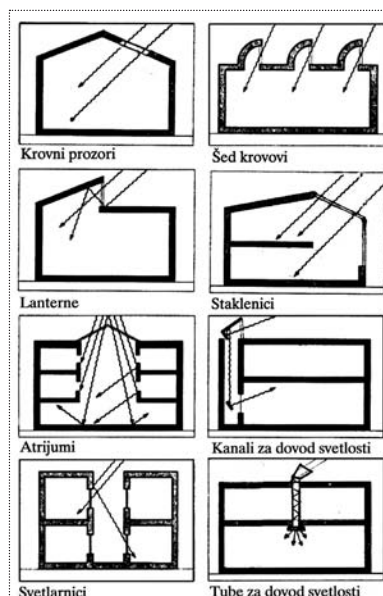
а) Roof cover with integrated PV cells
б) Roof integrated PV modules

КРОВОВИ У ФУНКЦИЈИ ОСВЕТЉЕЊА, ЗАШТИТЕ ОД СУНЦА И ВЕНТИЛАЦИЈЕ

Кров пружа изузетне могућности за природно осветљење, грејање и вентилацију зграде. При пројектовању објекта ови процеси морају се паралелно разматрати, а техничка решења су комплексна, с обзиром на остварење више функција, а свака на посебан начин утиче на форму, конструкцију и изглед крова, тј. зграде.

Осветљење и заштита од сунца

Отворима у крову могуће је побољшати природну осветљеност просторије испод кровних равни и дистрибуирати светлост до простора удаљених од фасаде, тј. дубоко у зграду. У ту сврху могу послужити кровни прозори, лантерне, стакленици, застакљени кровови изнад атријума и светларника, цеви и канали за довод дневне светлости (Сл. 14). Већина ових архитектонских елемената, уз извесне модификације, обезбеђује и природну вентилацију зграде. Застакљене површине у крову омогућавају директан пријем сунчеве енергије, те служе и за природно загревање простора.



Сл. 14.

Елементи у крову са функцијом природног осветљавања објекта

Fig. 14

Roof elements with function of natural lighting for the construction

Кровни прозори обезбеђују три пута већу количину дневне светлости него вертикални, равномерно је дистрибуирају кроз простор, мале су могућности да се јави препрека за улаз сунчевих зрака, али је неповољно што много више сакупљају топлоте током лета него зими, што је супротно потребама. За разлику од кровних прозора, проблем блеска мање је присутан код лантерни, које могу имати различите геометрије, као и шед-кровова, пошто лети сунчеви зраци заклапају оштар угао са застакљењем, мада он зависи од угла под којим су постављени прозори. Осим конвенционалним сенилима и засторима, заштита од сунца се може извести и применом полупрозрачних ФЕ модула као застакљења (Сл. 12, 17, 23, 24) или рефлекторима постављеним под одговарајућим углом, тако да се плафон обасјава светлошћу, или се постављањем прозора уз зид он осветљава, и светлост рефлектује у простор (Сл. 15).

У погледу дневног осветљаја застакљени атријуми имају комплексне перформансе које зависе од оријентације и геометрије атријума, карактера његових зидова и подне површине и карактера крова и застакљења. У односу на отворене атријуме, код застакљених ниво осветљаја се смањује за најмање 20%, а понекад 50% и више [4]. Зато конструкција крова атријума мора минимално смањивати

Сл. 15.

Постављањем лантерни уз зид он се осветљава и рефлектује светлост у простор [4]

Fig. 15

The wall becomes illuminated and it reflects the light when the lanterns are fitted to it [4]



површину под застакљењем, а веза са зградом треба да дозволи да светлост обасја зидове атријума, што ће интензивирати рефлексију и обезбедити бољу осветљеност дна атријума. Блесак у атријуму се може контролисати засторима, сенилима и правилним одабиром облоге зидова. Поред фиксних сенила, која значајно смањују осветљеност, и покретних, која реагују на променљиве услове те су функционално повољнији али и скупљи, велике површине могу бити засенчене платнима, јефтиним традиционалним средством са добрим функционалним и естетским потенцијалима (Сл. 16).

Када намена дозвољава већу толеранцију у квалитету осветљаја, директно сунчево зрачење и растер сенила могу дати драматичне визуелне ефекте (Сл. 17), нпр. у црквама, шопинг центрима, аеродромским пристанишним зградама итд. У том смислу ефекти се постижу растером ФЕ ћелија у застакљењу, када се поред функција затварања и заштите од сунца остварује и производња енергије.

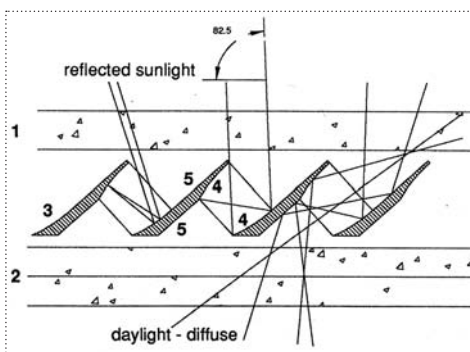
Потреба да се испод великих застакљених површина постигне квалитетан дневни осветљај произвела је системе сенила у виду микро-растера од танких жалузина који се постављају унутар двоструког застакљења. Жалузине рефлектују сунчеве зраке и дозвољавају да само дифузна светлост уђе у објекат, што спречава бљесак и прегревање простора лети. Кров са оваквим застакљењем изведен је на објекту *Congres and Exhibition Hall, Linz*, (Сл. 18, 18а), у Аустрији, над габаритом димензија 204x80m и представља реинтерпретацију теме “кристална палата” [7].

Сл. 17.
Директно сунчево зрачење и растер сенила дају драматичне визуелне ефекте, Musée des Tumulus de Bougon [4]
Fig. 17.
Direct sun radiation and the raster of shade make dramatic visual effects, Musée des Tumulus de Bougon [4]

Сл. 16.
Заштита од сунчевог зрачења платнима
Fig. 16
Canvas protection from the sunrays



Сл.18.
Кровно застакљење са микро-растером од танких жалузина у функцији сенила, Congress and Exhibition Hall, Linz, Аустрија [7]
Fig. 18.
Roof glazing with thin louvre grids as shading device, Congress and Exhibition Hall, Linz, Austria [7]



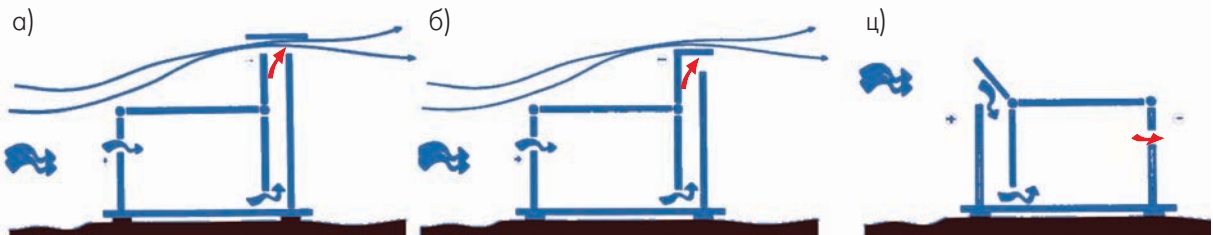
Сл.18а.
Детаљ застакљења - микро-растер од танких жалузина унутар двоструког застакљења, Congress and Exhibition Hall, Linz, Аустрија
Fig. 18а.
A detail of glazing – thin louvre grids between the panes of the double glazing, Congress and Exhibition Hall, Linz, Austria

Вентилација

Загађење животне средине и појава озонских рупа проузроковали су промену климе на Земљи и повећање температура, што је управљање енергетском потрошњом зграде значајно оријентисало на решавање проблема расхлађивања објекта, посебно када је реч о јавним објектима, где су интерни добици топлоте велики.

Концепти природне вентилације и хлађења зграда заснивају се на расподели притисака у згради, која је у функцији температурне разлике унутрашњег и спољашњег ваздуха и дејства ветра. Зависно од климатских услова карактеристика терена и окружења, дефинише се концепт који захтева одговарајућу форму објекта и архитектонске елементе. У том погледу форма крова и положај и облик отвора у њему често играју пресудну улогу. Када је у питању коришћење термичког ефекта, тј. ефекта димњака, отвори за уструјавање свежег спољног ваздуха се постављају у нижим зонама у простору, зонама позитивног притиска, а за иструјавање унутрашњег загађеног ваздуха у вишим зонама, зонама негативног притиска [13]. У погледу иструјавања ваздуха све

врсте конвенционалних отвора у крову показују задовољавајуће перформансе (Сл. 14). Циркулација ваздуха кроз објекат, може се интензивирати формирањем торњева који се издижу изнад крова (Сл. 19а,б). У њима ветар ствара негативан притисак и изазива исисавање унутрашњег ваздуха [14]. Да би се спречио улаз кише и снега заштита се може направити изнад торња (Сл. 21) или формирати "Г торањ" са затвореним делом према смеру ветра. Када се отворен део "Г торања" постави према смеру ветра формира се хватач ветра и свеж ваздух убацује у зграду (Сл. 19ц, 22). У случају пожара мора се спречити убацивање ваздуха, па се хватач или затвара или ако је ротациони (Сл. 22) поставља у положај којим се остварује извлачење дима. Могући су и торњеви двоструке функције, и уструјавања и иструјавања ваздуха. У крову изнад атријума одговарајућим отворима или склоповима у виду торња (Сл. 20а), "Г торања" и хватача (Сл. 20б), кретање ваздуха око и у самом објекту може бити стављено у функцију пожељног струјања и допринети његовој природној вентилацији [13, 14, 15].

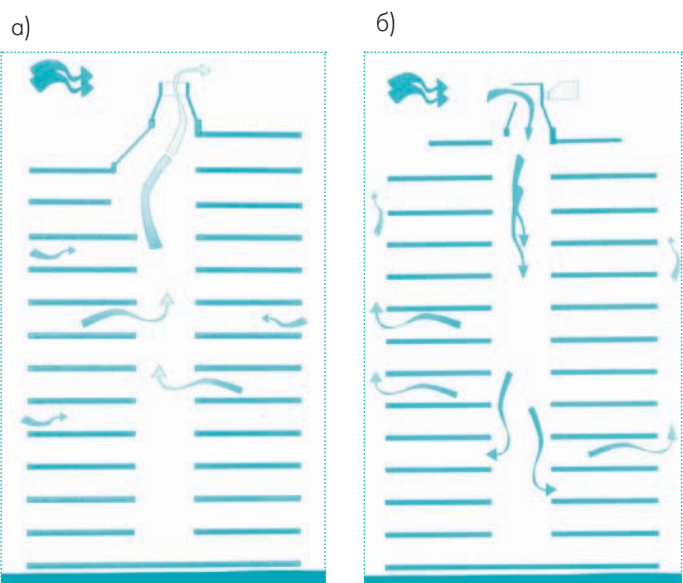


Сл. 19.

Кровне структуре у функцији природне вентилације објекта: а) Торањ и б) [Г] торањ у функцији иструјавања ваздуха, ц) Хватач ветра за убацивање свежег ваздуха, [8]

Fig. 19.

Roof constructions in function of natural ventilation of constructions: a) Tower and b) "L" tower in function of air circulation, c) Wind catcher for insertion of fresh air, [8]

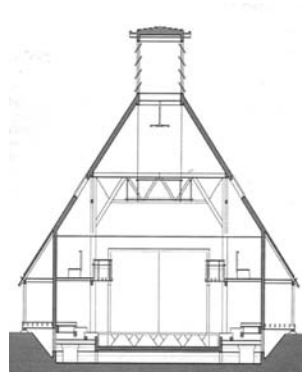


Сл.20.

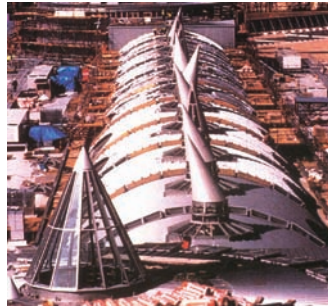
Атријум у функцији природне вентилације објекта [10] а) Торањ у функцији иструјавања ваздуха б) Хватач ветра за убацивање свежег ваздуха

Fig. 20.

An atrium which is in function of natural ventilation for the construction [10] а) Tower in function of air circulation б) Wind catcher for insertion of fresh air



Сл. 21.
**Торањ на крову у функцији иструјавања
 ваздуха, The new Theatre at Bedales
 School, Hampshire, UK [2]**
 Fig. 21.
**Roof tower in function of air circulation,
 The new Theatre at Bedales School,
 Hampshire, UK [2]**



Сл. 22.
**Хватачи ветра на
 крову шопинг центра
 Bluewater, Dartford,
 Kent, UK [10]**
 Fig. 22.
**Wind catchers on the
 roof of a shopping
 centre Bluewater,
 Dartford, Kent, UK [10]**



Сл. 23.
**“Климатски омотач” око комплекса the
 Academy of Mont Cenis Herne, German, Немачка
 [6], енергетски концепт зграде
 а) Летњи дан
 б) Зимски дан, [16].**
 Fig. 23.
**“Climatic membrane” around the complex of
 the Academy of Mont Cenis Herne, Germany (6),
 energy concept of a building
 а) Summer day
 б) Winter day [16]**



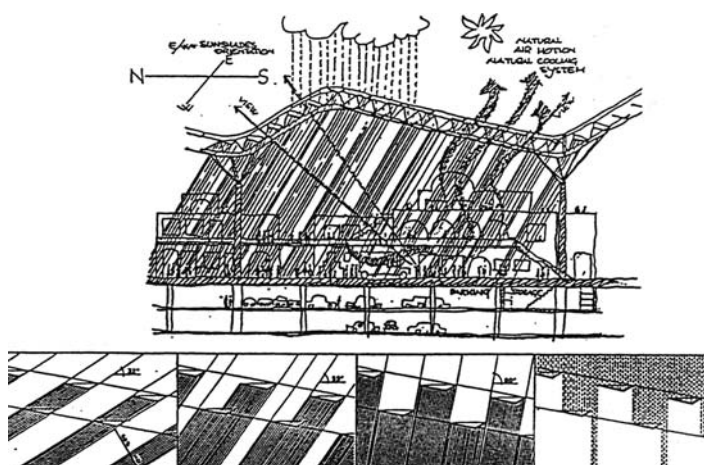
КРОВОВИ У ФУНКЦИЈИ “КЛИМАТскоГ ОМОТАЧА”

Трагање за новим архитектонским вредностима и оптимизација укупног енергетског биланса зграде као и урбаних целина, уз остварење најповољнијих физичких и психолошких услова за кориснике, произвели су просторне структуре којима се контролише клима испод, односно унутар њих. Различити су концепти за различите климатске услове. Могу се уочити концепти затворених и отворених климатских омотача.

У случају затворених простора застакљеним омотачем, “климатским омотачем”, формирају се одговарајући климатски услови.

Објекти који чине комплекс The Academy of Mont-Cenis Herne, Немачка, смештени су испод застакљеног омотача димензија 180x72x16m, којим се формира контролисани медитерански микроклимат (Сл. 23а, б). Корисници могу слободно да се крећу између објеката без обзира на спољне климатске услове. Пријатност која се постиже зими доводи се у питање лети због проблема прегревања. Овај проблем решен је природном вентилацијом, посебно ноћу када се расхлађују објекти и терен, преко отвора постављених у нижим зонама фасада и на крову, обилном вегетацијом и укључивањем калорифера по потреби, али и посебним решењем кровних равни. Кров површине 12000m² покривен је полупрозрачним фотоелектричним модулима, тако да се постиже и дневни осветљај и засенчење, као и производња електричне енергије. ФЕ модули различитог нивоа провидности стварају утисак облачног неба (Сл. 24а). Фотоелектрични модули су величине 3,2x2m и под нагибом 5° да би се омогућило да киша спира прљавштину (Сл.24б). Кишница се сакупља и користи за заливање вегетације. Омотач производи годишње 750000kWh електричне енергије (80% се производи лети), што је два пута више од потреба објекта, па се део предаје градској мрежи, а део депонује у батерије за зимски период [16]. За изградњу омотача изабрани су материјали који у еколошком смислу имају што мањи негативан утицај на животну средину – дрво, стакло и бетон.

Кровне структуре изнад отворених простора имају функцију климатске контроле градских подручја – “вештачко небо”. Пројекат реконструкције историјског подручја Соукс у Бејруту предвиђа његово наткривање кровом који личи на перголу (Сл. 25). “Пергола” је ослоњена на таласасте решеткасте носаче и стубове вишеделне у горњем делу да би симулирала дрвеће. Конкавни елементи од фибрегласа, постављени у два нивоа, штите од кише и сакупљају воду, регулишу упад сунчевих зрака зависно од годишњег доба и истовремено омогућавају визуру према небу. Испитивања вршена на моделима показала су да би се лети могли за 40% смањити топлотни добаци и тиме умањила потрошња енергије за расхлађивање објеката [12].



Сл. 24.

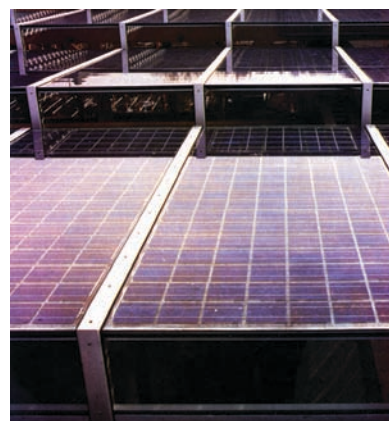
Кров комплекса the Academy of Mont Cenis Herne, Немачка са фотоелектричним модулима

- а) поглед изнутра – ефект “облачног неба”**
- б) поглед споља – модули нагиба 5°, [16]**

Fig. 24.

Roof of the complex of the Academy of Mont Cenis Herne, Germany, with photovoltaic modules

- а) The view from inside – the effect of “cloudy sky”**
- б) The view from outside - modules with inclination of 5°, [16]**



Слика 25.

Идејно решење перголе у функцији климатске контроле – “вештачко небо”, реконструкција историјског подручја Соукс, Бејрут [12]

Fig. 25.

Conceptual solution of pergola in function of climatic control – “artificial sky”, reconstruction of the historic area of Souks, Beirut [12]

ЗАКЉУЧАК

Кровови енергетски-ефикасних зграда постају мултифункционалне структуре које карактеришу:

- соларни колектори, за производњу топлотне енергије,

- фотоелектрични модули или црепови, шиндра и шкриљац, за производњу електричне енергије,

- кровни прозори, лантерне, стакленици, застакљени кровови изнад атријума и светларника, за увођење дневне светлости, уз које су неопходни и

- различити системи за заштиту од сунчевих зрака, а посебно сенила у виду застакљења са соларним ћелијама која производе и електричну енергију,

- торњеви за иструјавање ваздуха и хватачи ветра за уструјавање ваздуха који, поред традиционалних кровних отвора у функцији осветљаја и вентилације, интензивирају вентилацију и расхлађивање зграде.

Сви ови елементи поседују изразите естетске вредности, а архитекте их у дизајну објеката и наглашавају како би исказали концепт енергетски ефикасне кровне структуре, тј. зграде. Рад има за циљ да се приказом позитивних функционалних и обликовних потенцијала мултифункционалних кровних структура изазове интересовање домаћих стручњака и јавности за њихово увођење у архитектонску праксу. Потребно је нагласити да су, поред изазова пројектовања кровова "будућности", присутна и ограничења одређена обавезом успостављања баланса са постојећим окружењем, карактеристикама климе, приступом локалним материјалима и преовлађујућом грађевинском традицијом, која као позитивни импулси упућују да решења одражавају и дух места.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Abbate C. (2001), Power of design, The future of building-integrated PV, Renewable Energy World, Vol.4, No 2, стр. 58-65.
- [2] Clegg P. ((2001), Low energy architecture: a vision for the future, Renewable Energy 2001, No1, стр. 113-116.
- [3] Dalenback J.O. (1998), Design Challenges, The Sustainable Energy Industry Journal, Vol.3, No 1, стр. 65.
- [4] Daylighting in Buildings, Energy Research Group, School of Architecture, University Collage Dublin, THERMIE, стр. 5-9.
- [5] Ford M. at al, (2001), An ambient endothermic energy system, Renewable Energy 2001, No 1, стр. 106-108.
- [6] Hänel A. (2000), Building-integrated photovoltaics, Review of the state of art, Renewable Energy World, Vol.3, No 4, стр. 89-101.
- [7] Hercog T, Ed. (1996), Solar Energy in Architecture and Urban Planning, Prestel, Minhen, стр. 144-145.
- [8] Kristensen P. (1998), Passive Solar and daylighting, The Sustainable Energy Industry Journal, Vol.3, No 1, стр. 66.
- [9] Крстић А. (1997), Активни соларни системи – соларни колектори и фотоелектрични модули, Рационално газдовање енергијом у широкој потрошњи – зборник радова, Београд, Агенција Спиридоновић, стр. 213-223.
- [10] McCarthy B. (1999), Wind Towers, Detail in Building, Great Britain, Academy Editions, стр. 17-21, 41-45, 53-55.
- [11] MacGregor K. (2002), Solar slates – 2000kWh heating per year from existing roofs, Renewable Energy World, Vol.5, No 3, стр. 124-126.
- [12] Nicoletti M. (1996), Architecture and climatic design, Building&Urban Renewal, Belgium, PLEA, Université Catholique de Louvain, стр. 573-579..
- [13] Ранђеловић И., Тодоровић Б., Крстић А. (2001), Утицај термичког ефекта на расподелу притисака у зградама, КГХ – Климатизација, грејање, хлађење, Број 2, стр. 53-57.
- [14] Ранђеловић И., Тодоровић Б., Крстић А. (2001), Утицај ветра на расподелу притисака у зградама, КГХ – Климатизација, грејање, хлађење, Број 4, стр. 61-64.
- [15] Ранђеловић И., Тодоровић Б., Крстић А. (2001), Комбиновани утицај термичког ефекта и ветра на расподелу притисака у зградама, КГХ – Климатизација, грејање, хлађење, Број 2, стр. 29-33.
- [16] Schaar-Gabriel E. (1999), Mont-Cenis: Onec a coal pit, now home to a 1MW crystal palace, Renewable Energy World, Vol.2, No 3, стр. 30-36.
- [17] Steemers K. (2001), PV in the city, A design and implementation guide, Renewable Energy World, Vol.4, No 6, стр. 106-114.
- [18] Thissen B. (2002), Integrating solar thermal, Renewable Energy World, Vol.5, No 3, стр. 127-130.
- [19] Toggeweiler P. (1999), Photovoltaics in Buildings – International market and state of the art, Renewable Energy World, Vol.2, No 4, стр. 68-79.
- [20] Photovoltaic (1992), BEWAG-EBAG, Berlin, стр. 10.
- [21] Solar-Electric Products for Buildings, Solarex.