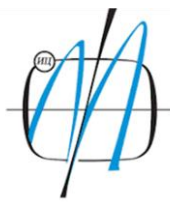




Иновативни оквир за убрзање  
зелене енергетске транзиције у домаћинствима  
Forward-Looking Framework for Accelerating  
Households' Green Energy Transition – FF GreEN

**Извештај о процени референтне потрошње енергије у  
зградама заснован на моделирању, укључујући приказ  
потрошње по крајњим корисницима**

Радни пакет 4: Моделирање напредних КГХ технологија  
заснованих на обновљивим изворима енергије и оптимизоване  
опције за енергетску санацију



**НИО :** Универзитет у Београду – Машински Факултет

Универзитет у Београду – Иновациони Центар Машинског Факултета у Београду

Универзитет у Београду – Пољопривредни Факултет

Универзитет у Београду – Рударско Геолошки Факултет

**Руководилац пројекта:** Проф. др Дејан Ивезић

**Руководилац радног тима:** Проф. др Мирко Комаћина

**Документ припремио:** др Димирије Манић

**Место и датум:** Београд, 30. децембар 2024.

*Ово исцртавање је сprovedено уз подршку Фонда за науку Републике Србије, 4344, Форвард-Лоокин Фрамеворк фор Ацелерајин Хоусхолдс' Греен Енерџи Транзијон – FF GreEN.*

*Тхис ресеарч was суpпортед бу тхе Сциенце Фунд оф тхе Републик оф Сербиа, #ГРАНТ Но 4344, Форвард-Лоокин Фрамеворк фор Ацелерајин Хоусхолдс' Греен Енерџи Транзијон - FF GreEN.*

## САДРЖАЈ

СПИСАК СИМБОЛА И СКРАЋЕНИЦА.....	3
Утврђивање референтних енергетских перформанси зграда .....	4
Моделирање енергетских перформанси .....	5
Референтни енергетски модел .....	6
Улазни подаци модела .....	8
Слободностојећа кућа са две стамбене јединице .....	8
Резултати симулације .....	11
Стамбене зграде .....	13
Стамбена зграда велике спратности – солитер .....	14
Резултати симулације .....	17
Стамбена зграда типа ламела .....	18
Резултати симулације .....	21
СПИСАК ЛИТЕРАТУРЕ .....	22

## СПИСАК СИМБОЛА И СКРАЋЕНИЦА

%	- Процент
€	- Евро
АТЕ	- акумулатори топлотне енергије
ПВ	– Фотонапонски панели
ПВТ	- Фотонапонски и термички интегрисани панели
ЗАЗБ	- Зелена Агенда за Западни Балкан
ГВЕ	– Граничне вредности емисије
СТВ	– Санитарна топла вода
ДГ	- Даљинско грејање
CO <sub>2</sub>	- Угљендиоксид
kWh	- Киловат-час
m <sup>2</sup>	- Квадратни метар
kWh/m <sup>2</sup>	- специфична потрошња енергије (потрошња енергије по јединици површине)
ЕБПД	- Директива о енергетским перформансама зграда
ЕЕД	- Директива о енергетској ефикасности
ЕПЦ	- Енергетски пасош
ЕУ	- Европска унија
Фит	- Феед-ин тарифа
ГХГ	- Гасови са ефектом стаклене баште
ГОВ	- Уредба о управљању енергетском унијом и деловању у области климе
ГВЕ	- Уредбом дефинисане граничне вредности емисије
ИНЕКП	- Интегрисани национални енергетски и климатски план
ОИЕ	- Обновљиви извори енергије
РЕД	- Директива о обновљивим изворима енергије

## Утврђивање референтних енергетских перформанси зграда

На енергетско понашање зграда утичу бројни фактори. Неки од тих фактора се не мењају током времена, попут локације, оријентације и архитектуре објекта која укључује облик, грађевинску физику и намену простора. Међутим неки од кључних утицајних фактора су променљиви током времена и заправо су стохастичког карактера. Пре свега ту се мисли на метеоролошке услове и број људи у објекту и њихово понашање у контексту потрошње енергије. Међутим, и карактеристике и перформансе енергетских система у згради се мењају у току времена, услед промене режима рада система, промене стања компоненти система услед старења опреме, или чак услед промене самих компоненти енергетских система или читавих система итд.

Због тога, јасно је да енергетско понашање неког објекта у кратком интервалу времена није довољно релевантно. Неопходно је посматрати објекат током дужег, референтног, периода времена и успоставити корелацију између енергетских перформанси зграде и различитих утицајних фактора и потрошача.

Дакле у полазној поставци постоје два проблема:

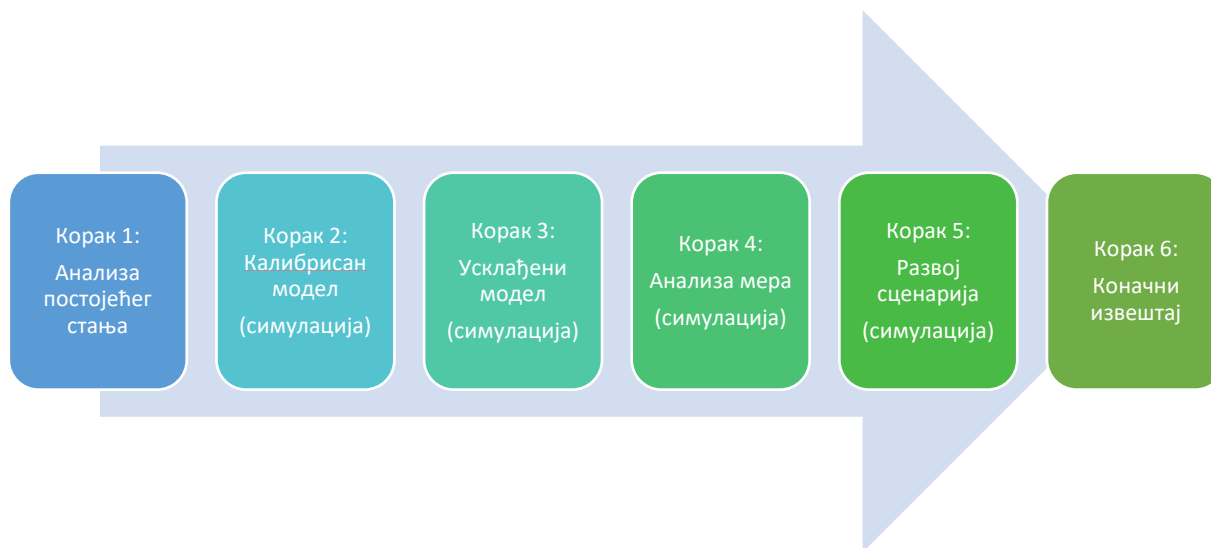
- Дефинисање референтних услова рада објекта и енергетских перформанси
- Идентификација МУЕ и евалуација ефеката њихове имплементације

Мерење и процена остварених уштеда енергије се врши поређењем потрошње енергије у периоду после спровођења МУЕ са оном потрошњом енергије каква би у том периоду била, да нису спроведене МУЕ. Процена каква би потрошња енергије била, да нису спроведене МУЕ захтева анализу података уз увођење корелација и претпоставки о томе како различити параметри утичу на потрошњу енергије и како су се они променили у односу на референтни период (период пре спровођења МУЕ).

Кључни проблеми у процесу евалуације енергетских перформанси објекта и ефеката мера за уштеду енергије су:

- Дефинисање референтних услова и референтне потрошње
- Пројектовање референтне потрошње на период после спровођења мера за уштеду енергије (нормализовање референтне потрошње)
- Идентификација мера за уштеду енергије
- Евалуација ефеката имплементације индивидуалних мера за уштеду енергије
- Евалуација ефекта комбинације више мера за уштеду енергије
- Формирање оптималних пакета мера за уштеду енергије, тј. сценарија за унапређење енергетских перформанси објекта

У овом извештају је приказана методологија којом су, уз помоћ софтверске симулације, у оквиру овог пројекта идентификована и анализирана референтне енергетске перформансе карактеристичних објеката. Приказани примери односе се на анализу енергетских перформанси реалних објеката, укључујући спроведена мерења и анализе потрошње енергије, термофизичких карактеристика омотача објекта и енергетских система грејања објекта.



Слика 1: Методологија анализе и симулације енергетских перформанси објекта и потенцијалних МУЕ

## Моделирање енергетских перформанси

Building Energy Modeling (БЕМ) је процес симулације потрошње енергије и перформанси зграде помоћу рачунарских алата. Помаже у предвиђању како се енергија користи за грејање, хлађење, осветљење, вентилацију и друге системе у згради, узимајући у обзир факторе као што су време, понашање корисника и ефикасност опреме.

БЕМ програм узима као улаз опис зграде, укључујући геометрију, грађевинске материјале, осветљење, КГХ (конфигурација система, ефикасност компоненти и стратегије контроле). Такође и описе начина коришћења зграде, укључујући временске профиле за број корисника различитих простора, начина рада осветљења, електричних уређаја и подешавања термостата

БЕМ програм комбинује ове улазе са метеоролошким подацима и користи једначине за израчунавање топлотних оптерећења, одзива система на та оптерећења и резултирајуће употребе енергије, заједно са сродним метрикама као што су удобност корисника, трошкови енергије, емисије гасова стаклене баште. Програм обавља прорачун на годишњем нивоу, према часовним вредностима параметара (или краће), узимајући у обзир интеракције између различитих система, попут расвете, КГХ система, термичке масе објекта итд.

Главне примене БЕМ-а су следеће:

- Архитектонско пројектовање
  - Пројектовање енергетски ефикасних зграда
  - Доношење информисаних одлука око компромиса између трошкова изградње и оперативних трошкова енергије
  - БЕМ може унапред смањити и трошкове енергије и трошкове изградње
- КГХ пројектовање и рад
  - КГХ системи комерцијалних зграда углавном су сложени
  - БЕМ помаже дизајн ефикасних КГХ система

- Такође помаже у дизајнирању и тестирању стратегија контроле за ове системе
- Оцена енергетских перформанси зграде
  - БЕМ се може користити за процену перформанси постојећих зграда
  - Основа за процесе као што су усклађивање са правилницима, сертификација, или приступ финансијским подстицајима
- Анализа постојећег грађевинског фонда
  - БЕМ анализа на моделима прототипова подржава развој енергетских кодова и стандарда и помаже организацијама као што су комунална предузећа, локалне самоуправе, државе или међународна удружења, да планирају велике програме енергетске ефикасности

Циљ сумулационог модела је да обезбеди основу за прелиминарни дизајн различитих мера за уштеду енергије (MUE), како би се утврдило како оне утичу на енергетске перформансе, емисије гасова стаклене баште и термички комфор. Детаљни прорачуни и истраживања током фазе пројектовања биће потребни да би се финализовао избор опреме, конфигурација система, захтеви везани за статистику итд.

Енергетски модел који се користи у овом пројекту представља резултате који се заснивају на поједностављеним топлотним перформансама зграде и иако су веома детаљни, можда неће у потпуности представити све детаље и сложеност зграде и њених система управљања.

#### Разматрани алати

- Динамичка симулација (ASHRAE 140, ISO 5200, CIBSE TM3)
  - EnergyPlus, eQUEST
  - TRNSYS
  - IES VE
- Квазистационарна метода
  - RETScreen
  - Прорачуни базирани на Правилнику о енергетској ефикасности зграда

Динамичка симулација пружа детаљан увид у све енергетске токови (конвекција, кондукција, зрачење) и температурска поља.

#### Референтни енергетски модел

Први корак у овом процесу био је стварање основног енергетског модела зграде, као референтног модела који процењује потрошњу енергије зграде у стандардним или типичним условима рада. Служи као тачка поређења за процену енергетске ефикасности, побољшања перформанси или утицаја мера за уштеду енергије. Извештај садржи преглед методологије и улазних података који се користе за припрему софтверског модела за симулацију енергетских перформанси зграде.

Основни модели креирани су у две фазе. Прва фаза је заснована на коришћењу података из Атласа породичних кућа Србије [1] и Националне типологије стамбених зграда Србије [2], који

дају увид у типологију стамбених објеката, укључујући карактеристике грађевинске физике и енергетских система различитих типских објеката.

Друга фаза је била да се креирају **симулациони модели**

- Креирани коришћењем софтвера за моделирање енергетски перформанси зграда IESVE.
- Модел се заснива на физичким и оперативним карактеристикама зграде, укључујући:
  - Термички омотач зграде (зидови, прозори, изолација)
  - КГХ системе
  - Оптерећења од расвете и различитих електричних уређаја
  - Временски распореди боравка корисника и рада различитих потрошача

Израда модела је од великог значаја, јер омогућава детаљну анализу различитих сценарија по принципу "шта-ако" и тестирање, тј. истраживање различитих мера за уштеду енергије и њихових комбинација.

Метода која се користи за студију заснована је на динамичком енергетском моделирању уз употребу IES Virtual Environment софтвера. Ово је потпуно потврђен и верификован програм за симулацију зграда који омогућава прецизан третман топлотних ефеката сунчеве енергије кроз грађевинско ткиво и омогућава детаљну процену утицаја материјала, геометрије и конструкције и КГХ система на перформансе. IESVE међународно признати софтвер за динамичко термичко моделирање и такође је одобрен од стране ASHRAE за енергетско моделирање.

Унутрашња оптерећења, укључујући заузетост, осветљење и оптерећење утикача, моделирају се методом простор-по-простор, на основу доступних цртежа, документације и информација скупљених на терену.

Модел је креиран помоћу софтвера IESVE са следећим модулима:

- ModelIT
- SunCast
- Apache
- Apache HVAC
- VistaPro



## Улазни подаци модела

Кључни улази модела за основну линију су:

- Грађевинске конструкције, укључујући све са њиховим термофизичким карактеристикама и инфилтрацију
  - По доступним архитектонским и цртежима и извештајима
- Густина и обрасци попуњености зграда
  - По интервјуима са грађевинским оператерима
- Густина осветљења
- Конфигурација КГХ система, ефикасност и радно време
  - По енергетском прегледу, доступним цртежима, БАС информацијама и интервјуима са оператерима зграда

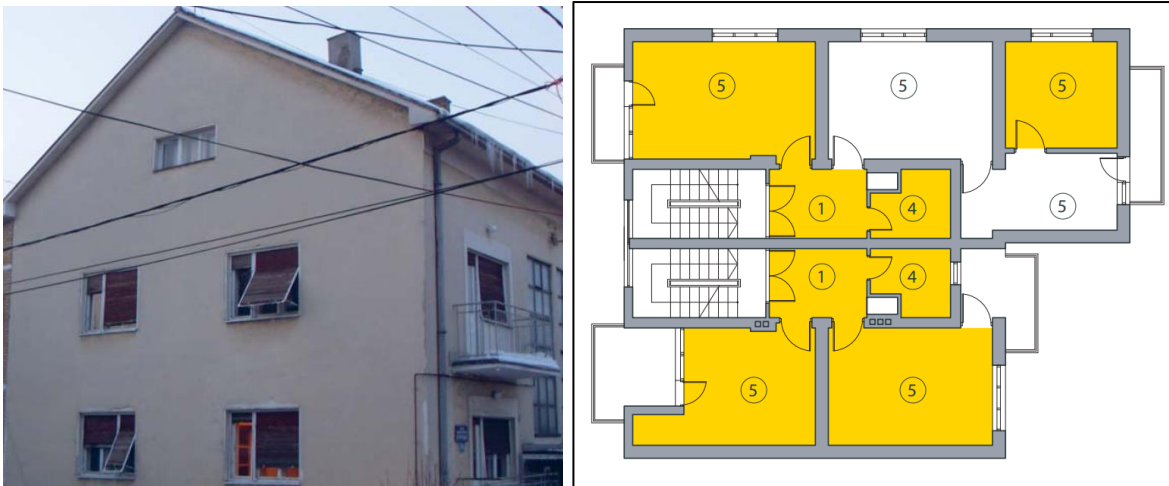
Извештај приказује примере анализе на три карактеристична стамбена објекта:

- Слободностојећа кућа са две стамбене јединице
- Стамбена зграда велике спратности – солитер
- Стамбена зграда типа ламела

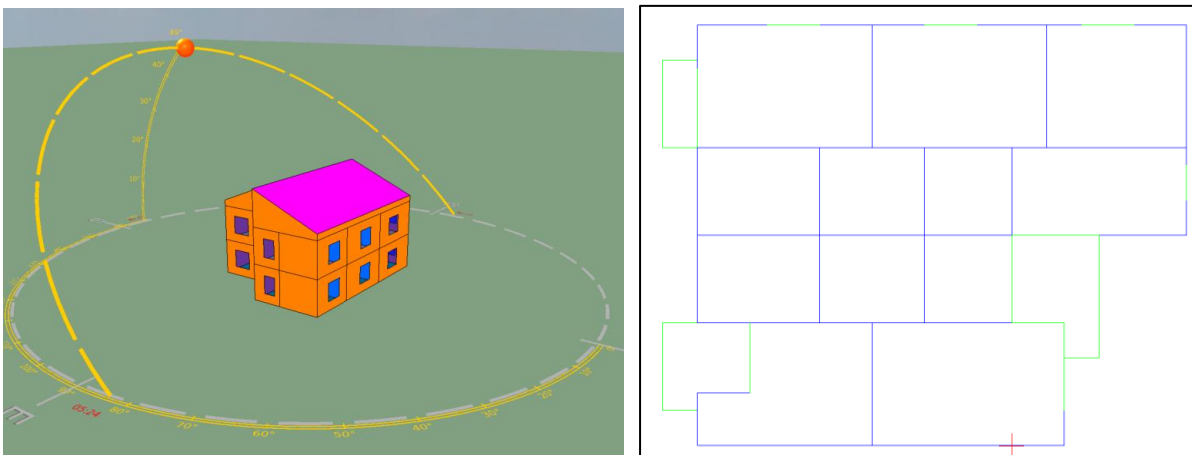
## Слободностојећа кућа са две стамбене јединице

Типичан слободностојећи објекат спратности По+П+1+Пк саграђен у периоду 1970-1980. године. Састоји се од две стамбене јединице са засебним улазима (кућа је симетрично подељена по вертикали). Кров је двоводан, класичне дрвене конструкције. Конструктивни склоп је масиван, фасадни зидови су од опеке (дебљина је 38 cm), а таванице су бетонске (АБ плоча изнад подрума, ТМ таваница изнад приземља и спрата). Прозори су дрвени двоструки застакљени једнослојним стаклом са дрвеним ролетнама одн. са термопан стаклом и дрвеним капцима

Основа зграде је једноставна, готово квадратног облика (11x12.5 m), подељена на две стамбене јединице са кухињом и дневним боравком у приземљу и спаваћим собама на спрату. Испод дела основе налази се подрум са летњим кухињама које су временом адаптиране у стамбене просторије. Тавански простор се тренутно не користи за боравак, али има висину која омогућава проширење стамбеног простора и на ову етажу. Како свака стамбена јединица има сопствени улаз и степениште, могуће је разнолико димензионисање стамбеног простора у складу са потребама породице. Тренутно се подрум и таван не користе за становање, а диспозиција просторија које се греју дата је на горњем цртежу. Станови имају независне системе етажног грејања на гас.












Слика 1: Изглед и архитектонске основе моделираног објекта (тип D1, [1])



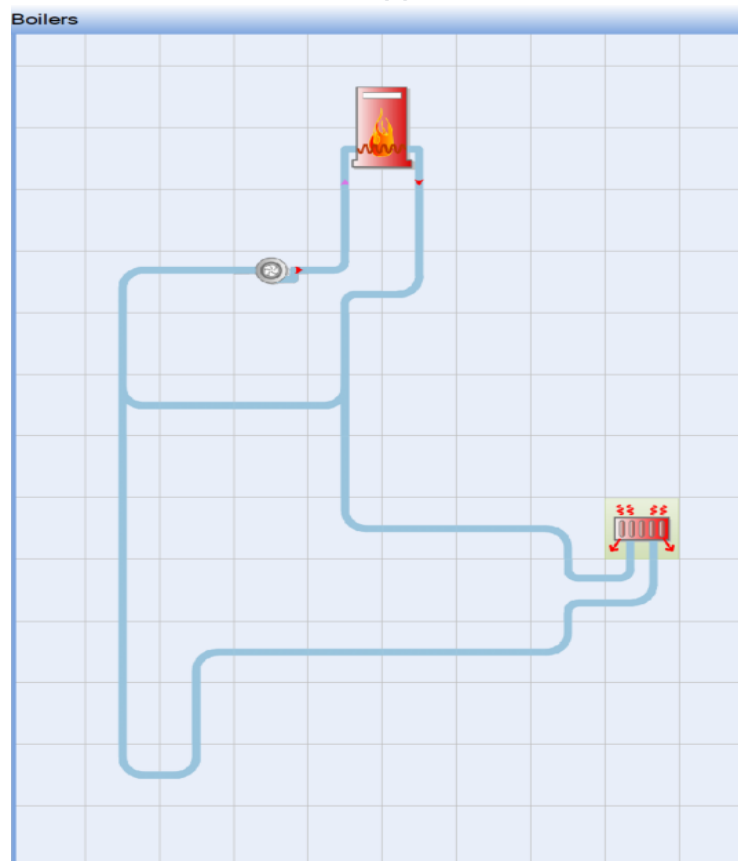
Слика 2: Геометрија 3-Д модела у ИЕС-ВЕ софтверу

Енергетски модел зграде обухвата све релевантне енергетске токове, као што су зрачење, конвекција и проводљивост кроз елементе коверте, али и све релевантне механичке и електричне системе као што су грејање простора, топла вода за домаћинство, расхладни системи, грејање базена итд. Математичко -физички модел зграде је детаљно описан у највећој разумној мери, релевантној за овај обим пројекта. На пример, енергетски модел базена, укључује губитке проводљивости и зрачења, као и губитке испаравања воде.

КГХ системи, као што су централна постројења (котларница) и зонски елементи (радијатори) су детаљно моделирани са циљем да представе стварну конфигурацију система (Слика 4), радне параметре, период рада и ефикасност.

w/m.k			
	1.49	СПОЉАШЊИ ЗИД зид од опеке 38 cm, обострано малтерисан	EXTERNAL WALLS brick wall 38 cm, plastered both sides
	2.11	ПРЕГРАДНИ ЗИДОВИ према негрејаном простору зид од опеке 12 cm, обострано малтерисан	PARTITION WALLS to unheated area brick wall 12 cm, plastered both sides
	1.31	ПРЕГРАДНИ ЗИДОВИ између стамб. јединица зид од опеке 38 cm, обострано малтерисан	PARTITION WALLS between units brick wall 38 cm, plastered both sides
-	-	ПОД НА ТЛУ	GROUND FLOOR
	2.50	ТАВАНИЦА према негрејаном тавану цементна кошуљица 3 cm, ТМЗ таваница 20 cm, малтер 2 cm	FLOOR CONSTRUCTION to unheated attic cement screed 3 cm, TM3 hollow clay block floor 20 cm, plaster 2 cm
	2.08	ТАВАНИЦА према негрејаном подруму паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, бетонска плоча 20 cm	FLOOR CONSTRUCTION to unheated basement parquet 2.2 cm, screed 4 cm, concrete slab 20 cm
-	-	КРОВ	ROOF
	3.50	ПРОЗОРИ дрвени, двоструки са размакнутих крилима (уска кутија) са једноструким стаклима, дрвене ролетне (1972)	WINDOWS wooden, double framed with single glass, wooden blinds (1972)
	3.00	дрвени, једноструки са термоизолационим стаклом, дрвени шалони (1990)	wooden, single framed with insulating glazing, wooden shutters (1990)
	-	СИСТЕМ ГРЕЈАЊА гас, 2009, 81 m <sup>2</sup> , 1300€ / год.	HEATING SYSTEM gas, 2009, 81 m <sup>2</sup> , 1300€ / yr
	-	ПРИПРЕМА ТОПЛЕ ВОДЕ електрични бојлер	HOT WATER SYSTEM electric boiler

Слика 3: Термофизичке карактеристике грађевинских конструкција и основни елементи КГХ система зграде њија D1 [1]



Слика 4: Шема централног система њијоводног грејања објекта њија D1 (IEC BE)

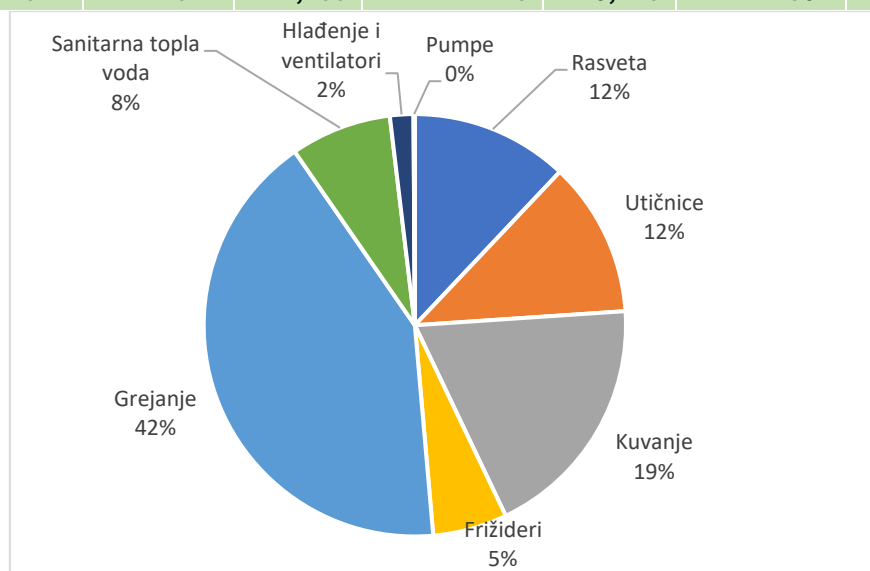
## Резултати симулације

Резултати симулације референтне потрошње, која је процењена за типичну метеоролошку годину за подручје Београда, приказани су у Табела 1 (приказ потрошње по крајним корисницима) и табели 2 (приказ потрошње по енергентима). Према добијеним резултатима, навећи део енергије троши се за загревање простора (чак око 42%), а затим на кухињске уређаје (око 24%) и санитарну топлу воду (око 8%).

У наредној фази пројекта, резултати модела ће бити упоређени са резултатима анкете и теренских испитивања и по потреби биће обављена додатна фина подешавања параметара модела, да би се добио што прецизнији и веродостојни приказ енергетских токова у згради, параметара рада различитих систем и приказ потрошње енергије по крајњим корисницима.

Табела 1: Потрошња енергије по крајњим корисницима

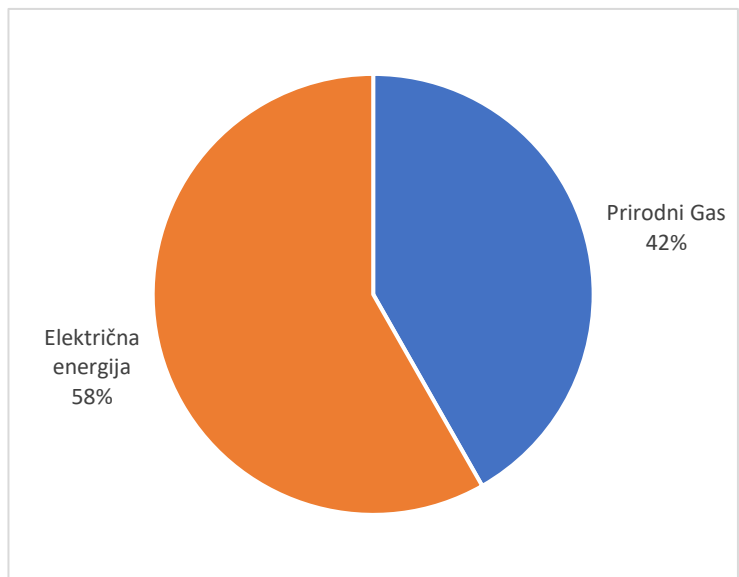
	Расвета	Утичнице	Кухање	Фриџидери	Грејање	Санитарна топла вода	Хлађење и вентилатори	Пумпе
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Јан	927	927	1,488	446	10,446	607	138	27
Феб	853	841	1,344	403	7,015	548	127	17
Мар	957	935	1,488	446	4,246	607	142	10
Апр	923	904	1,440	432	1,479	587	137	3
Мај	927	927	1,488	446	185	607	138	0
Јун	923	904	1,440	432	9	587	137	0
Јул	943	932	1,488	446	0	607	140	0
Ауг	942	930	1,488	446	0	607	140	0
Сеп	923	904	1,440	432	85	587	137	0
Оцт	927	927	1,488	446	1,505	607	138	3
Нов	923	904	1,440	432	4,992	587	137	12
Дец	957	935	1,488	446	8,590	607	142	21
<b>Тотал</b>	<b>927</b>	<b>927</b>	<b>1,488</b>	<b>446</b>	<b>10,446</b>	<b>607</b>	<b>138</b>	<b>27</b>



Слика 5: Потрошња енергије по крајњим корисницима

Табела 2: Појрошња финалне енерџије по енерџенима

	Природни гас [kWh]	Електрична енерџија [kWh]
Јан	10,446	4,561
Феб	7,015	4,134
Мар	4,246	4,585
Апр	1,479	4,426
Мау	185	4,534
Јун	9	4,423
Јул	0	4,556
Ауг	0	4,553
Сеп	85	4,423
Оцт	1,505	4,537
Нов	4,992	4,434
Дец	8,590	4,596
<b>Тотал</b>	<b>38,551</b>	<b>53,761</b>



Слика 6: Појрошња финалне енерџије према енерџенима

## Стамбене зграде

Осим породичних кућа, стамбени објекти које карактерише висока специфична потрошња енергије су вишеспратне стамбене зграде изграђене у периоду пре 1980. Карактеристични примери оваквих објеката приказаних у извештају су изграђени у периоду 1970-тих и чине значајан део стамбеног фонда Новог Београда. Подаци о реалној потрошњи који су послужили за калибрацију симулациони модела преузети су из енергетске мапе потрошње енергије за грејање у стамбеним објектима Новог Београда [3], док су подаци о архитектури и грађевинској физици преузети из Фототеке станова [4] и Националне типологије стамбених зграда Србије [2].



Слика 2: Енергетска мапа потрошње енергије за грејање у стамбеним објектима Новог Београда [3]

Табела 1 даје приказ измерене потрошње енергије за грејање у два карактеристична типа објеката приказаних у овом извештају.

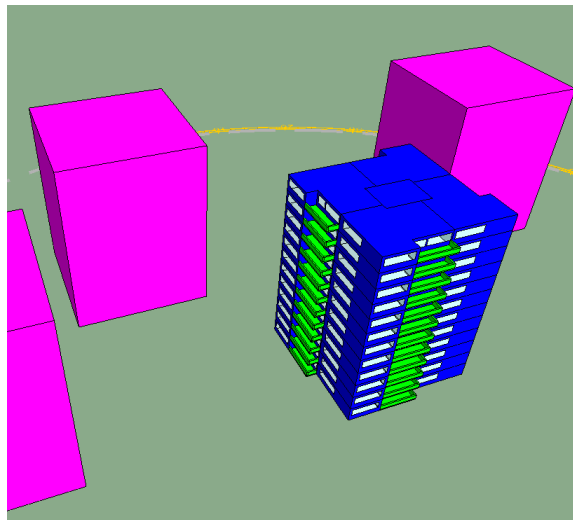


Табела 1: Измерена годишња енергије за грејање [3]

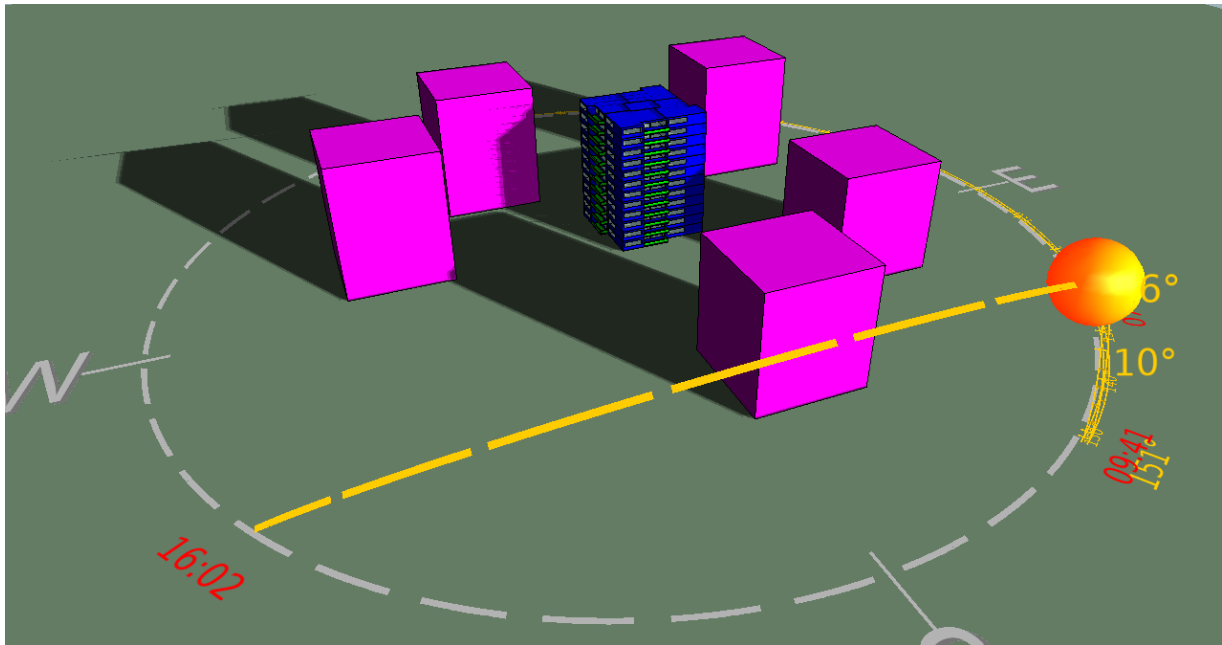
Блок	Адреса	Година изградње подстанице	Загревана површина	Број загреваних зграда	А (Потрошња за период грејне сезоне 2014/2015)	Специфична потрошња за стамбени простор по m <sup>2</sup> за грејање
			[m <sup>2</sup> ]		[MWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]
45	Др. Ивана Рибара 191-193-195-197-199-201	1973	3086	6	674.569	210
70	Јурија Гагарина 59	1975	4523	1	504.426	112

### Стамбена зграда велике спратности – солитер

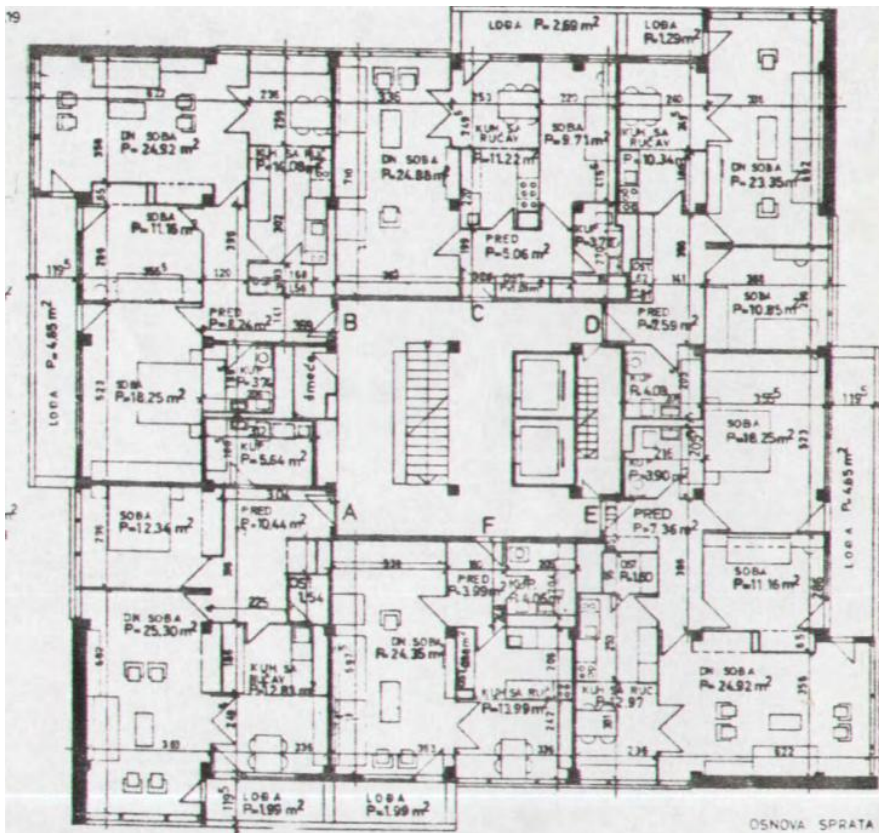
За анализу је изабран објекат на адреси Јурија Гагарина 59 на Новом Београду. У питању је стамбени солитер једноставне, компактне основе са равним кровом и повученом кровном етажом. Фасадни зидови су префабриковани армиранобетонски, "сендвич" конструкције са термоизолационим слојем. Фасадни отвори најчешће формирају прозорске траке. Оригинално, прозори су двоструки дрвени са спојеним или размакнутиим крилима (уска кутија), опремљени дрвеном спољашњом "еслингер" или унутрашњом платненом ролетном. Током година значајан број прозора је замењен ПВЦ столаријом. Таванице су монтажне армиранобетонске. Приземље је претежно стамбено.



Слика 7 Солићер на адреси Јурија Гагарина 59, блок 70, Нови Београд (година изградње 1976.)











Слика 3: Геометрија модела солићера у блоку са релеванним суседним објектима (1. Јануар, 9:41)



Слика 4: Основа сйраћа за солићер на адреси Јурија Гајарина 59, Нови Београд [4]



Спољашњи зид 1 – External Wall 1	 Унутра Inside Споља Outside	бетон 16cm, термоизолација 4cm, бетон 6cm concrete 16cm, thermal insulation 4cm, concrete 6cm		Спољашњи зид 3 – External Wall 3	 Унутра Inside Споља Outside	иверица 16mm, алуминијумска фолија, гредице 5/10 на 60cm са испуном од термоизолације, салонит 8mm particle board 16mm, aluminium foil, batten 5/10 at 60cm distance with thermal insulation infill, corrugated fiber cement sheeting 8mm	
U (W/m <sup>2</sup> K)	0.81			U (W/m <sup>2</sup> K)	0.40		
Спољашњи зид 2 – External Wall 2	 Унутра Inside Споља Outside	бетон 7.5cm, термоизолација 4cm, бетон 3.5cm concrete 7.5cm, thermal insulation 4cm, concrete 3.5cm		Зид ка негрејаном степеништу – Partition Wall to Unheated Staircase	 Унутра Inside Споља Outside	АБ зид 25cm reinforced concrete wall 25cm	
U (W/m <sup>2</sup> K)	0.84			U (W/m <sup>2</sup> K)	2.73		
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора (подрум) – Floor Construction to Unheated Area (Basement)	 Унутра Inside Споља Outside	паркет 2.2cm, флорбит 3cm, монтаж бетонска таваница 18cm parquet 2.2cm, wood cement base 3cm, prefabricated hollow-core concrete slab 18cm		Постојеће стање Present state		Дрвени, двоструки са размакнути крилима (уска кутија) и једноструким стаклом. Унутрашња платнена ролетна – Wooden, double frame, double sash (narrow box) with single glazing. Internal canvas roller blind	
U (W/m <sup>2</sup> K)	1.31			Прозори и балконска врата – Windows and Balcony Doors			
Међуспратна конструкција испод негрејаног простора – Floor Construction to Unheated Area	 Споља Outside Унутра Inside	керамичке плочице 1cm, флорбит 3cm, монтажна бетонска таваница 18cm ceramic tiles 1cm, wood cement base 3cm, prefabricated hollow-core concrete slab 18cm		U (W/m <sup>2</sup> K)	3.50		
U (W/m <sup>2</sup> K)	1.89			Раван кров – Flat Roof	 Споља Outside	Унутра Inside бетонске плоче 3cm, песак 2cm, хидроизолација 1cm, цементна кошуљица 2cm, тер папир, термоизолација 5cm, слој за пад мин 5cm, монтажна бетонска таваница 18cm concrete tiles 3cm, sand 2cm, hydro insulator 1cm, cement screed 2cm, roofing paper, thermal insulation 5cm, concrete laid to fall 5cm, prefabricated hollow-core concrete floor slab 18cm	
				U (W/m <sup>2</sup> K)	1.41		

Слика 5: Термофизичке карактеристике грађевинских конструкција [2]

Све приказане карактеристике архитектуре објекта и грађевинске физике су унете у симулациони модел.

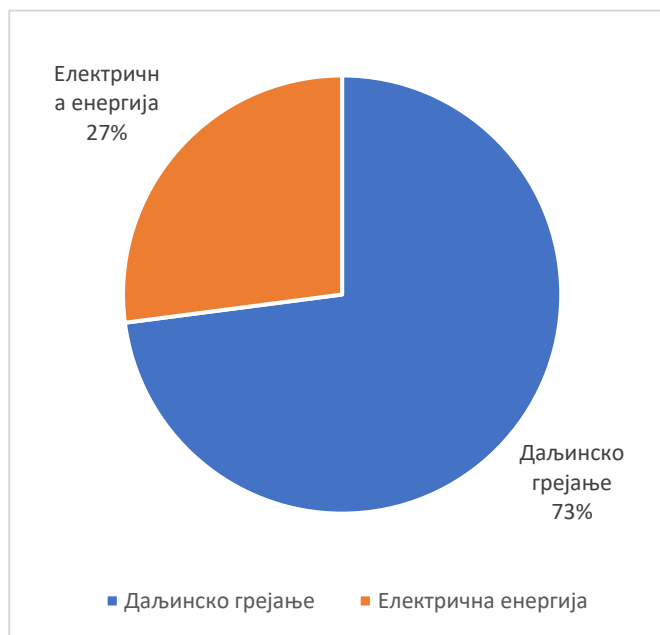
## Резултати симулације

Резултати симулације референтне потрошње, која је процењена за типичну метеоролошку годину за подручје Београда, приказани су у Табела 2 (приказ потрошње по енергентима). Симулација је калибрисана према типичним рачунима за електричну енергију по становима и према измереној потрошњи топлотне енергије за грејање за читав објекат. Резултати показују да је потрошња енергије за грејање драматично већа од потрошње електричне енергије, у односу од чак 73% према 27%. Потрошња електричне енергије за степенишно светло, лифтове и јавну телекомуникациону структуру нису узети у разматрање, већ искључиво потрошња електричне енергије у домаћинствима.

У наредној фази пројекта, резултати модела ће бити упоређени са резултатима анкете и теренских испитивања и по потреби биће обављена додатна фина подешавања параметара модела, да би се добио што прецизнији и веродостојни приказ енергетских токова у згради, параметара рада различитих систем и приказ потрошње енергије по крајњим корисницима.

Табела 2: Потрошња финалне енергије по енергентима

	Даљинско грејање [kWh]	Електрична енергија [kWh]
Јан	134,169	16,029
Феб	93,687	14,529
Мар	56,839	16,129
Апр	19,364	15,596
Мај	1,692	16,029
Јун	0	15,596
Јул	0	16,108
Ауг	0	16,050
Сеп	877	15,596
Окт	21,557	16,029
Нов	68,181	15,596
Дец	114,304	16,129
<b>Тотал</b>	<b>510,670</b>	<b>189,414</b>



Слика 6: Потрошња финалне енергије према енергентима









## Стамбена зграда типа ламела



Слика 7: Ламеле на адреси Ивана Рибара 191, 193, 195, 197, 199, 201, блок 45, Нови Београд (година изградње 1974.)

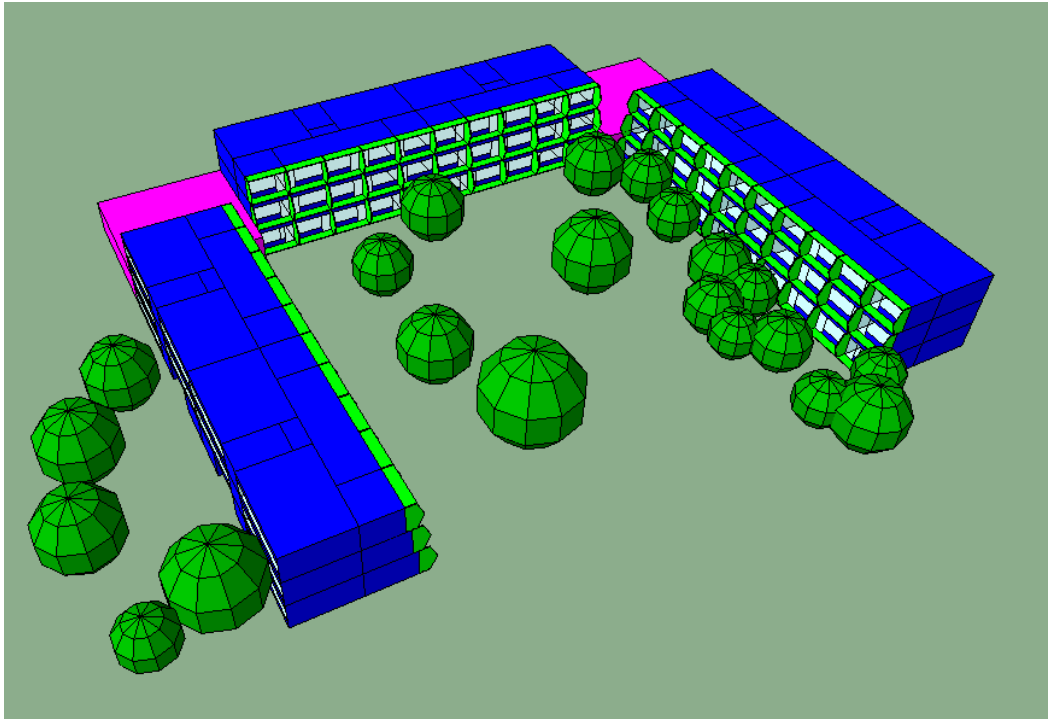
За анализу су изабрани објекти на адреси Др Ивана Рибара 191, 193, 195, 197, 199, 201, блок 45, Нови Београд. У питању су стамбене ламеле издужене форме, са равним непроходним кровом. Фасадни зидови су од шупљих блокова, "дурисола" или монтажних елемената. Најчешћа фасадна обрада је племенисти малтер, ређе мозаик плочице, кулије, фасадна опека и др. Прозори се јављају у виду прозорских трака или већих појединачних отвора. У фасадној равни застори су "еслингер" ролетне, а на повученим елементима унутрашње платнене ролетне. Приземље је стамбено, понекад са терцијарним делатностима.

Стамбена ламела је са термички неизолованом фасадом разноврсне материјализације: малтерисана и обложена префабрикованим армирано бетонским панелима у наизменичној смени са прозорима.

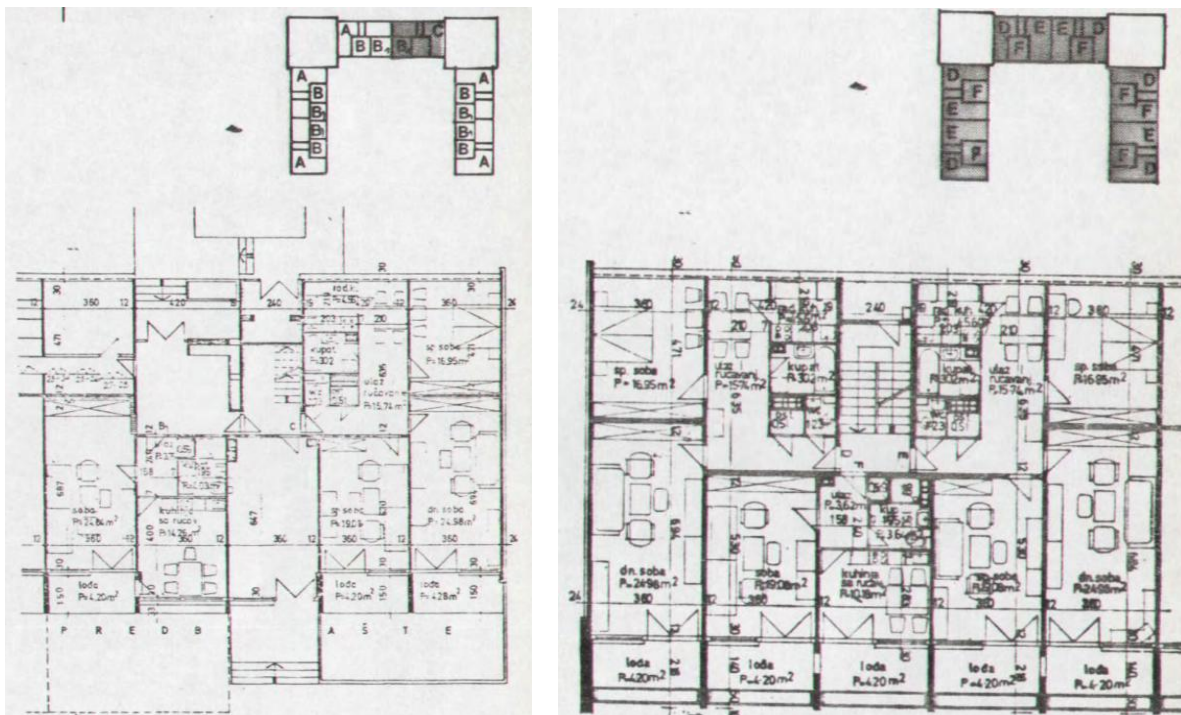
<p>Спољашњи зид 1 - External Wall 1</p>	 <p>Унутра Inside Споља Outside</p> <p>малтер 2cm, гитер блок 19cm, монтажни бетонски паранет 5cm, мозаик плочице 0.5cm plaster 2cm, clay block wall 19cm, prefabricated concrete panel 5cm, mosaic tiles finishing 0.5cm</p>	<p>Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора (подрум) - Floor Construction to Unheated Area (Basement)</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>паркет 2.2cm, флорбит 3cm, АБ плоча 14cm, малтер 2cm parquet 2.2cm, wood cement screed 3cm reinforced concrete slab 14cm, plaster 2cm</p>	<p>Прозори и балконска врата - Windows and Balcony Doors</p>	 <p>Дрвени, двоструки са размакнутиим крилима (уска кутија) и једноструким стаклом. Дрвена еслингер ролетна - Wooden, double frame, double sash (n box) with single glazing. Wooden roller</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>1.74</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>1.35</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>3.50</p>
<p>Спољашњи зид 2 - External Wall 2</p>	 <p>Унутра Inside Споља Outside</p> <p>малтер 2cm, гитер блок 19cm, вештачки камен 5cm plaster 2cm, clay block wall 19cm, marble aggregate plaster 5cm</p>	<p>Међуспратна конструкција изнад отвореног простора - Floor Construction to Outside Area</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>паркет 2.2cm, флорбит 3cm, АБ плоча 14cm, ваздух 30cm, дрвени роштиљ од летава, термоизолација 3cm, малтер на рабциду 3cm parquet 2.2cm, wood cement screed 3cm, reinforced concrete slab 14cm, air gap 30cm, timber batten, counter batten, thermal insulation 3cm, plaster on metal net 3cm</p>	<p>Улазна врата - Entrance door</p>	<p>Дрвена, дуплошперована - Wooden, plywood leaf</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>1.61</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.87</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>3.00</p>
<p>Зид ка негрејаном степеништу - Partition Wall to Unheated Staircase</p>	 <p>Унутра Inside Споља Outside</p> <p>малтер 2cm, бетон зид 20cm, малтер 2cm plaster 2cm, reinforced concrete wall 15cm, plaster 2cm</p>	<p>Раван кров - Flat Roof</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ливени асфалт 3cm, хидроизолација 1cm, цементна кошуљица 2cm, мршави бетон за пад 5cm, термоизолација 5cm, АБ плоча 14cm, малтер 2cm cast asphalt 3cm, hydro insulation 1cm, cement screed 2cm, lean concrete laid to fall 5cm, thermal insulation 5cm, reinforced concrete floor slab 14cm, plaster 2cm</p>		
<p>U (W/m²K)</p>	<p>2.55</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>1.07</p>		
<p>Зид ка суседној ламели (дилатација) - Wall to the adjacent Entrance (Dilatation)</p>	 <p>Унутра Inside Споља Outside</p> <p>малтер 2cm, гитер блок 19cm, ваздух 5cm, гитер блок 19cm, малтер 2cm plaster 2cm, clay block wall 19cm, air gap 5cm, clay block wall 19cm, plaster 2cm</p>				
<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.89</p>				

Слика 8: Термофизичке карактеристике грађевинских конструкција [2]





Слика 9: Геометрија модела ламела у блоку са релеванћним окружењем, укључујући дрвеће



Слика 10: Основа њриземља (лево) и сїраїа (десно) [4]

Све приказане карактеристике архитектуре објекта и грађевинске физике су унете у симулациони модел.

### Резултати симулације

Резултати симулације референтне потрошње, која је процењена за типичну метеоролошку годину за подручје Београда, приказани су у Табела 2 (приказ потрошње по енергентима). Симулација је калибрисана према типичним рачунима за електричну енергију по становима и према измереној потрошњи топлотне енергије за грејање за читав објекат. Резултати показују да је потрошња енергије за грејање драматично већа од потрошње електричне енергије, у односу од чак 85% према 15%. Потрошња електричне енергије за степенишно светло, лифтове и јавну телекомуникациону структуру нису узети у разматрање, већ искључиво потрошња електричне енергије у домаћинствима.

У наредној фази пројекта, резултати модела ће бити упоређени са резултатима анкете и теренских испитивања и по потреби биће обављена додатна фина подешавања параметара модела, да би се добио што прецизнији и веродостојни приказ енергетских токова у згради, параметара рада различитих систем и приказ потрошње енергије по крајњим корисницима.

Табела 3

	Даљинско грејање [kWh]	Електрична енергија [kWh]
Јан	149,128	8,818
Феб	103,699	7,993
Мар	67,067	8,873
Апр	30,384	8,579
Мај	6,432	8,818
Јун	960	8,579
Јул	0	8,861
Ауг	0	8,829
Сеп	3,312	8,579
Оцт	29,912	8,818
Нов	76,750	8,579
Дец	130,336	8,873
<b>Тотал</b>	<b>597,979</b>	<b>104,197</b>



Слика 11: Потрошња финалне енергије према енергентима

## СПИСАК ЛИТЕРАТУРЕ

- [1] Jovanović P.M., Ignjatović, D., Radivojević, A., Rajčić, A., Đukanović Lj., Nedić, M., *Atlas of Family Housing in Serbia*, Fac. Archit. Univ. Belgrade GIZ–German Assoc. Int. Coop., Belgrade, 2012
- [2] Jovanović P.M., Ignjatović, D., Radivojević, A., Rajčić, A., Đukanović Lj., Nedić, M., *National Typology of Residential Buildings in Serbia*, Fac. Archit. Univ. Belgrade GIZ–German Assoc. Int. Coop., Belgrade, 2013
- [3] Васиљевић, П., Игњатовић, Д., Ђуковић Игњатовић, Н., Васиљевић, Н., Дамњановић, В., Енергетска мапа Новог Београда, GIZ–German Assoc. Int. Coop., Belgrade, 2016
- [4] Центар за становање ИМС. Фототека станова: Колекција 1980, тема: Нови Београд. Технички уредник Арх. Вукица Ђорђевић, 1980.