

# Динамичка симулација система грејања у објектима старе градње у контексту транзиције ка енергетски ефикаснијим технологијама за одржавање термичког комфора

др Димитрије Манић

проф. др Мирко Коматина

др Драги Антонијевић

проф. др Оливера Ећим-Ђурић

# FF GreEN позадина и циљеви пројекта

- **Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition (FF GreEn)**
- Транзиција ка енергетски ефикасним и зеленим системима грејања у домаћинствима
  - Постојеће стратегије
  - Законску регулатива
  - Тренутно стање у стамбеном и енергетском сектору
  - Фокус на објекте старе градње
  - Идентификација и анализа алтернативних технологија
  - Дефинисање оптималних решења и сценарија

# FF GreEN позадина и циљеви пројекта

- Објекти старе градње чине
  - Највећи део стамбеног фонда
  - Значајан удео у финалној потрошњи енергије
- Просечна специфична потрошња топлотне енергије у стамбеним зградама у Србији је преко **130 kWh/m<sup>2</sup>** годишње (у породичним кућама и знатно више)
- Нарочито велики потрошачи су објекти грађени пре 1980. године: за грејање **130 kWh/m<sup>2</sup>** до чак **350 kWh/m<sup>2</sup>**
- У развијеним европским земљама ова потрошња је често испод 50 kWh/m<sup>2</sup>

# FF GreEN позадина и циљеви пројекта

- Процес преласка на модерне и ефикасне технологије је комплексан
  - технолошки
  - енергетски
  - економски и
  - условљени и одлукама великог броја хетерогених потрошача
- У транзицији фокус на хибридне системе базиране на ОИЕ
  - Топлотне пумпе
  - Акумулатори топлотне енергије (АТЕ)
  - Оптимално функционисање објекта са свим системима

# FF GreEN позадина и циљеви пројекта

- Оптимална транзиција захтева синхронизовану оптимизацију
  - Карактеристика термичког омотача
  - Увођење нових технологија за грејање и хлађење
- Оптимално решење
  - Захтева детаљну анализу свих енергетских токова
  - Могуће само уз детаљну динамичку симулацију
- Циљ моделирања и симулације у контексту овог пројекта
  - Детаљан увид у енергетске токове ТИПИЧНИХ постојећих стамбених објеката старе градње
  - Анализа постојећег стања и
  - Анализа мера за уштеду енергије са енергетског аспекта

# Методологија

Корак 1:  
Анализа  
постојећег  
стања

Корак 2:  
Калибрисан  
модел  
(симулација)

Корак 3:  
Усклађени  
модел  
(симулација)

Корак 4:  
Анализа  
мера  
(симулација)

Корак 5:  
Развој  
сценарија  
(симулација)

Корак 6:  
Коначни  
извештај

# Прелиминарне анализе

- Постојећи стамбени фонд
  - Термички омотач објекта (архитектура и грађевинска физика)
  - КГХ инсталације
  - Остали потрошачи енергије
  - Евидентирана потрошња енергије
- Подаци за симулације
  - Постојећа истраживања и статистички подаци
  - Испитивања на терену
  - Прикупљање и статистичка обрада података кроз анкете
- Фокус – карактеристични, типски објекти

# Симулација енергетских перформанси зграда

- Building Energy Modeling – BEM (БЕМ)
- БЕМ је софтверска симулација коришћења енергије у зградама заснована на физичко-математичким моделима
- БЕМ програм узима као улаз опис зграде, укључујући геометрију, грађевинске материјале, осветљење, КГХ (конфигурација система, ефикасност компоненти и стратегије контроле)
- Такође и описе употребе и рада зграде, укључујући временске профиле за број корисника различитих простора, осветљење, електричне уређаје и подешавања термостата



# Симулација енергетских перформанси зграда

- 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
- БЕМ програми обављају прорачун на годишњем нивоу, према часовним вредностима параметара (или краће)
- Узимају у обзир интеракције између различитих система, попут расвете, КГХ система, термичке масе објекта...

# Симулација енергетских перформанси зграда

- Архитектонско пројектовање:
  - Пројектовање енергетски ефикасних зграда
  - Доношење информисањих 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




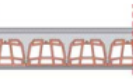

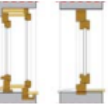



# Симулација енергетских перформанси зграда

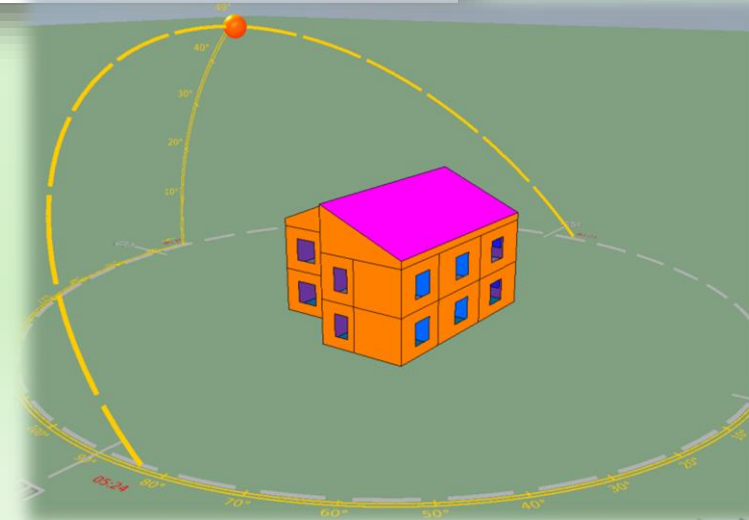
- Оцена перформанси зграде:
  - БЕМ се може користити за процену перформанси постојећих зграда
  - Основа за процесе као што су усклађивање са правилницима, сертификација, или приступ финансијским подстицајима
- **Анализа постојећег грађевинског фонда:**
  - БЕМ анализа на **моделима прототипова** подржава 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

# Симулација енергетских перформанси зграда

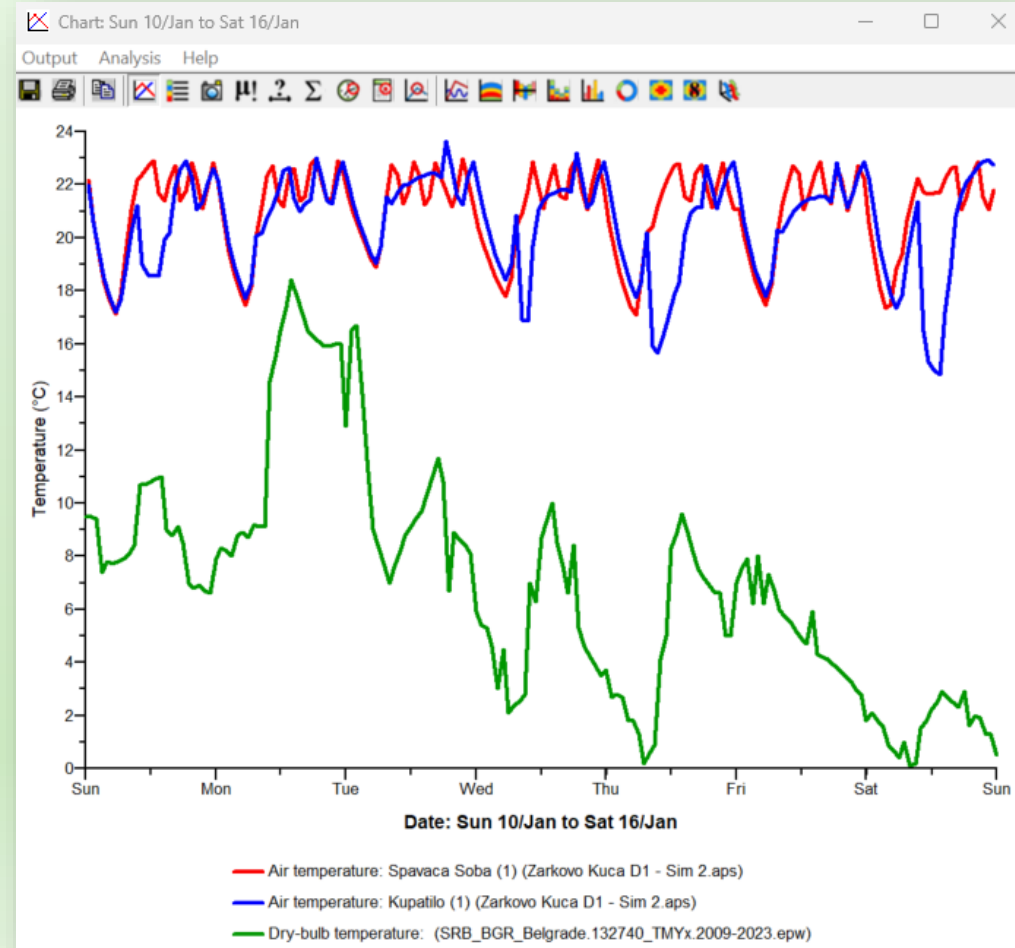
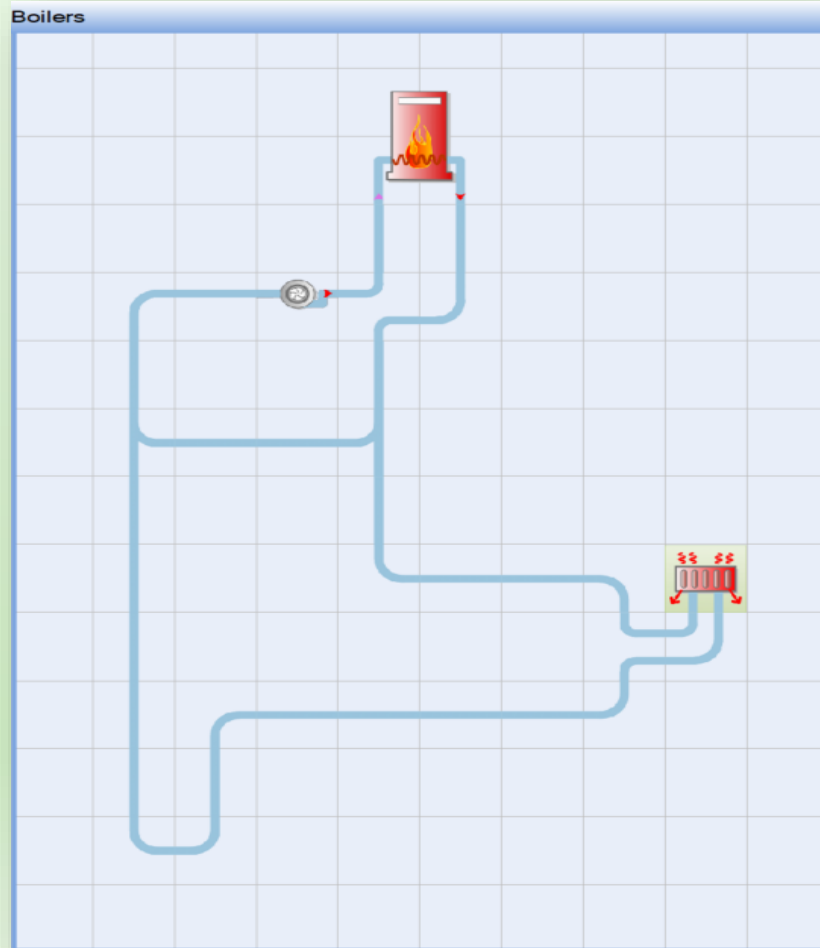
- Разматрани алати
  - Динамичка симулација (ASHRAE 140, ISO 5200, CIBSE TM3)
    - EnergyPlus, eQUEST...
    - TRNSYS
    - IES VE
  - Квазистационарна метода
    - RETScreen
    - Прорачуни базирани на Правилнику о енергетској ефикасности зграда
  - Динамичка симулација пружа детаљан увид
    - Енергетски токови (конвекција, кондукција, зрачење)
    - Протоци
    - Температурска поља

# Симулације у пројекту – пример анализе

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 размакнутом 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



# Симулације у пројекту – пример анализе





# Симулације у пројекту – пример анализе

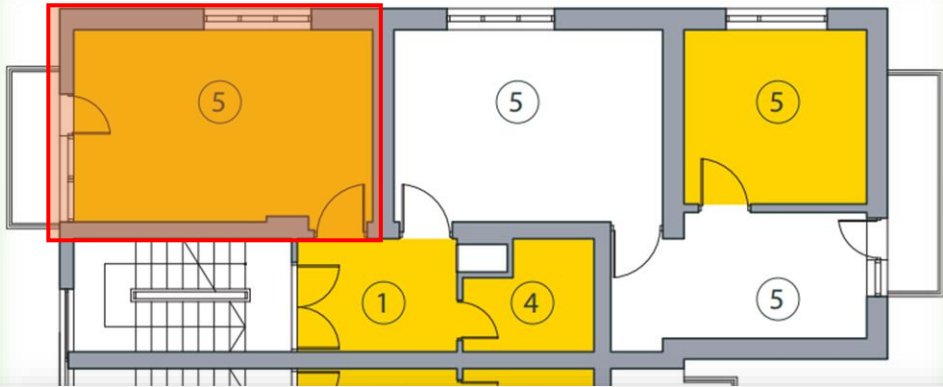


Chart: Fri 01/Jan to Fri 30/Apr

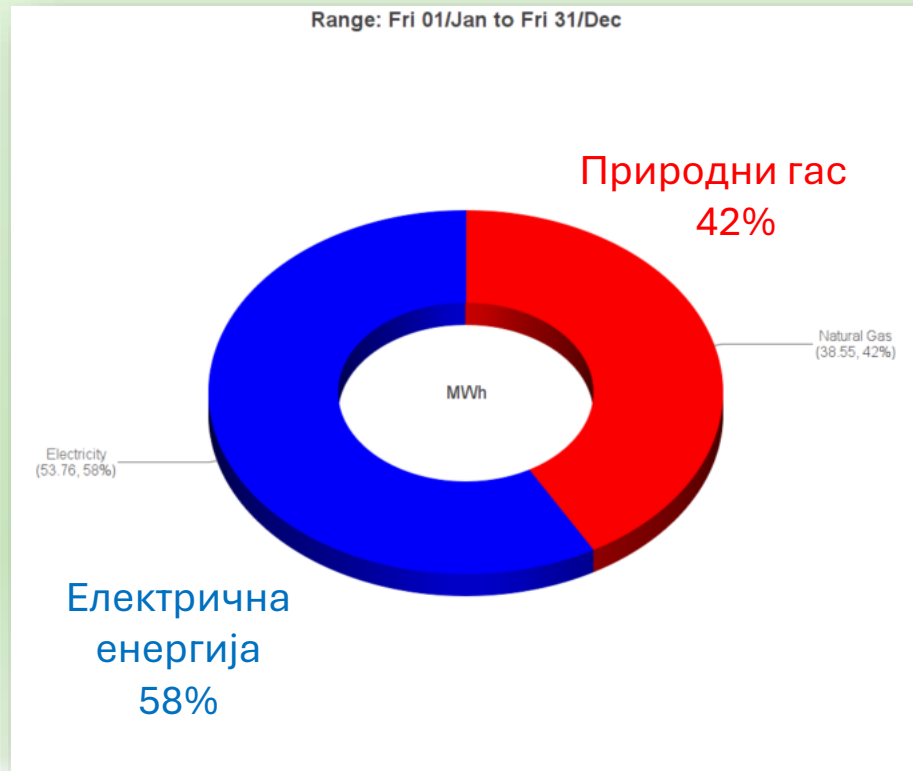
Output Analysis Help

	Conduction gain - external windows (MWh)	Conduction gain - external walls (MWh)
	Kuhinja sa trpezarijom (1)	Kuhinja sa trpezarijom (1)
	Zarkovo Kuca D1 - Sim 4.aps	Zarkovo Kuca D1 - Sim 4.aps
Date		
Jan 01-31	-0.1186	-0.4422
Feb 01-28	-0.0974	-0.3447
Mar 01-31	-0.0870	-0.3095
Apr 01-30	-0.0770	-0.2592
Summed total	-0.3799	-1.3556

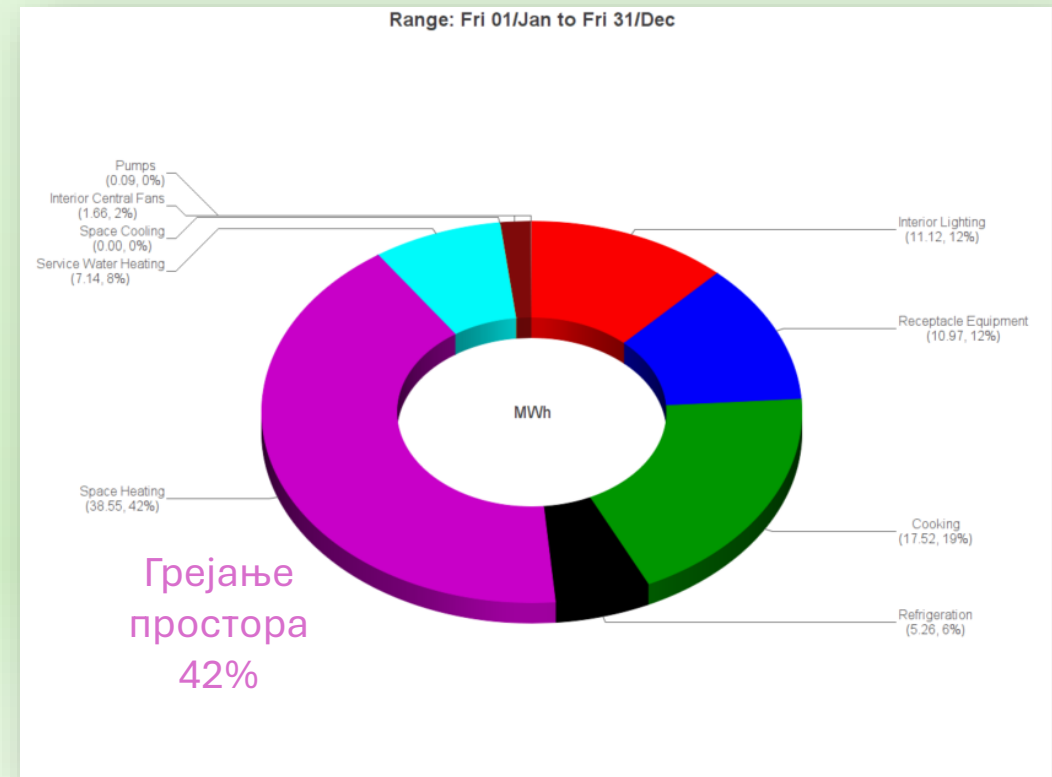


# Симулације у пројекту – пример анализе

## Потрошња енергије према енергентима



## Потрошња енергије према потрошачима





- Истраживање се спроводи уз подршку Фонда за науку Републике Србије, Грант бр. 4344, Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition – FF GreEN
- This research is supported by the Science Fund of the Republic of Serbia, #GRANT No. 4344, Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition - FF GreEN



<https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/>

**ХВАЛА НА ПАЖЊИ!**