



# THERMOS

Zema oglekļa satura apsildes un  
dzesēšanas tīklu attīstības paātrināšana

Pasniedzēju apmācības programma:

**2. modulis. Enerģijas sistēmas kartēšana un modelēšana ar  
THERMOS**

Autors: CSE/Imperial College





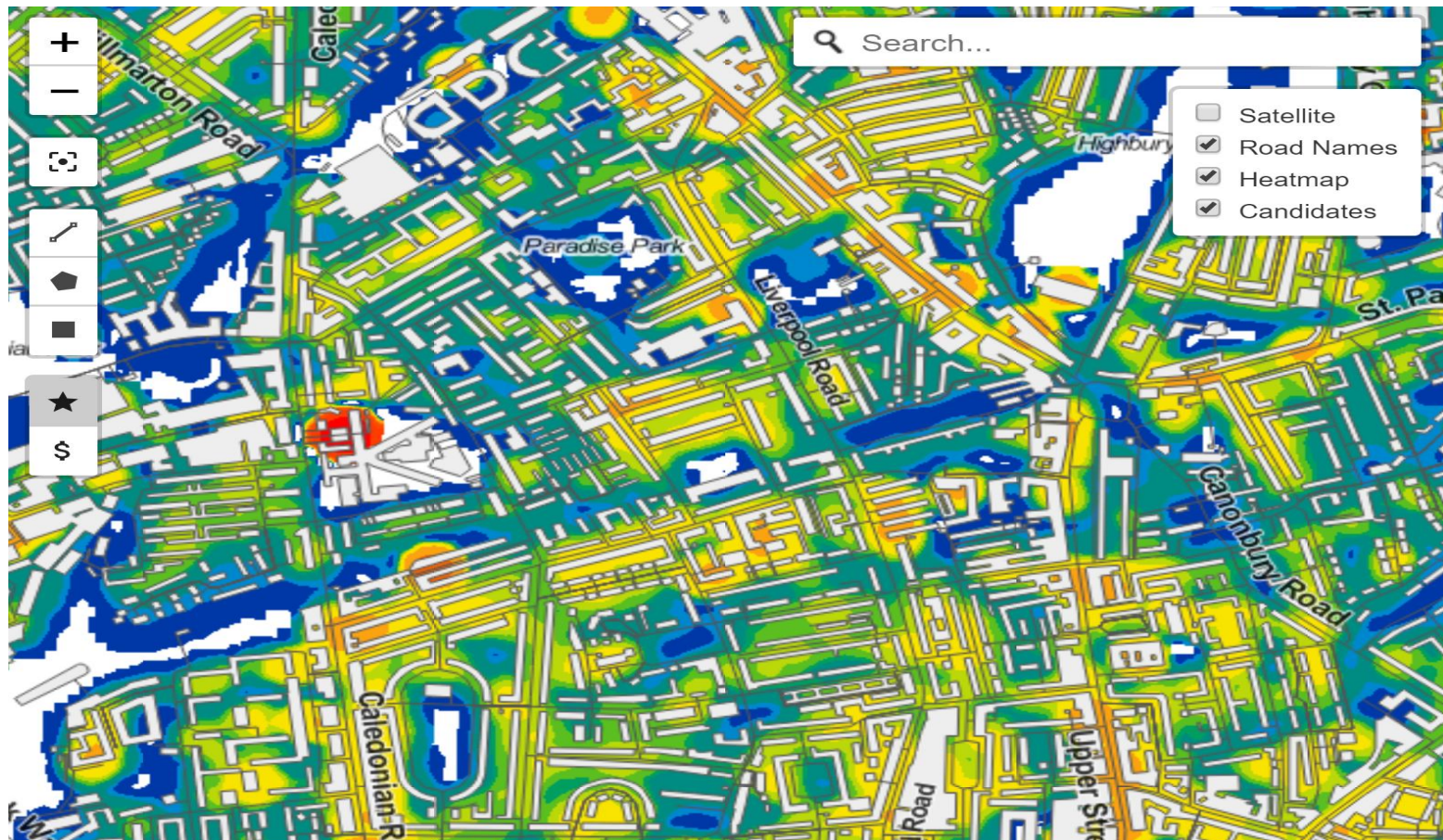
# Esiet sveicināti THERMOS Pasniedzēju apmācības programmas 2. modulī!

Šim modulim ir trīs daļas:

- 2.1. Enerģijas sistēmas kartēšana
- 2.2. Enerģijas sistēmas modelēšana
- 2.3. Termālās enerģijas resursu modelēšanas un optimizācijas sistēma (THERMOS)



# 1. Enerģijas sistēmas kartēšana





# Saturs

Moduļa pirmās daļas uzmanības centrā ir:

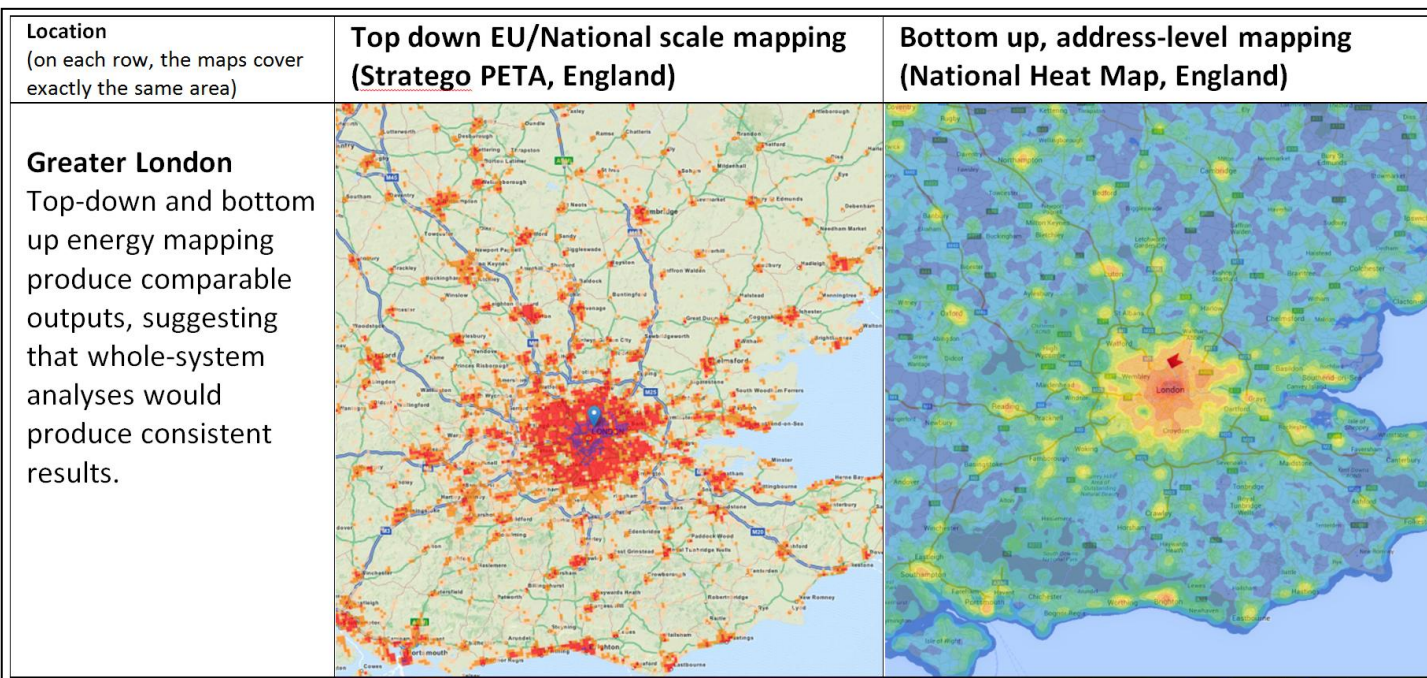
- Konceptija
- Metodoloģija
- Nepieciešamie dati un resursi
- Labas prakses piemēri





### Ievads

- Robusta enerģijas sistēmas kartēšana ir vietējās enerģijas sistēmas analīzes būtiska prasība.
  - Kartēšana virzienā no augšas uz leju pastāv kontinentu un valstu līmeņos, tomēr enerģijas sistēmas infrastruktūras attīstībai ir raksturīgs **specifiskas vietējās informācijas** trūkums.
- Tāpēc THERMOS mērķis ir pievērsties šim trūkumam, izstrādājot un publicējot mūsdienīgu metodoloģiju, ar kuras palīdzību izstrādāt **adreses līmeņa enerģijas sistēmas kartes** enerģijas sistēmas analīzei **THERMOS lietojuma** ietvaros.



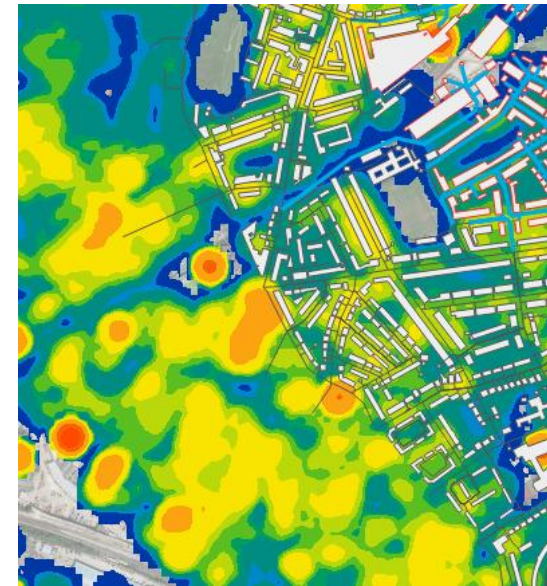


| Location<br>(on each row, the maps cover exactly the same area)                                                                                                                                                                                                                           | Top down EU/National scale mapping<br>(Stratego PETA, England) | Bottom up, address-level mapping<br>(National Heat Map, England) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Greater London</b><br>Top-down and bottom up energy mapping produce comparable outputs, suggesting that whole-system analyses would produce consistent results.                                                                                                                        |                                                                |                                                                  |
| <b>Islington</b><br>Top-down mapping lacks detail required for identification of specific options. Address-level mapping enables and analysis of potential networks (the image here can be viewed live at <a href="http://tinyurl.com/LB1-networks">http://tinyurl.com/LB1-networks</a> ) |                                                                |                                                                  |



### **THERMOS enerģijas sistēmas kartēšanas pieejas galvenās iezīmes**

- Vietējo enerģijas sistēmu telpiskais attēlojums augstas izšķirtspējas formātā
- Tiks izveidots un publicēts jauns termālās kartēšanas "standarts" vietējā enerģijas tīkla plānošanas atbalstam
- Adreses līmeņa siltuma pieprasījums virzienā no apakšas uz augšu, izmantojot modelētos ēku raksturlielumus vai empīriskos patēriņa datus

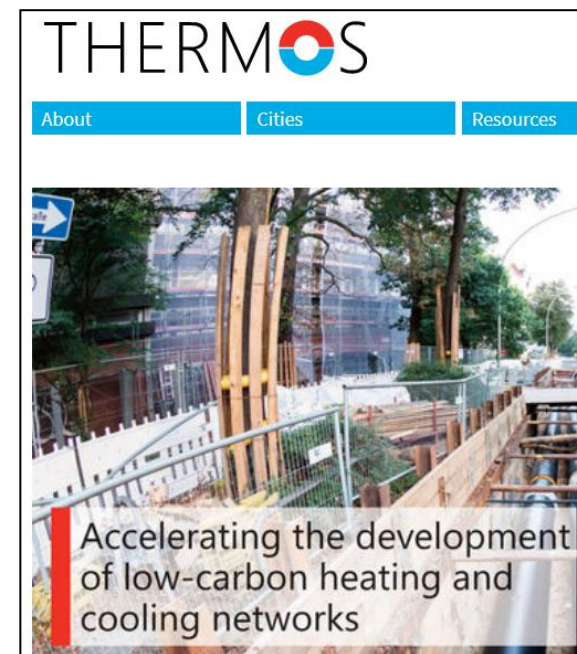






### **THERMOS enerģijas sistēmas kartēšanas pieejas galvenās iezīmes**

- Augstas izšķirtspējas telpiskās enerģijas sistēmas datu kopas, piemēram, energoapgāde (tostarp sekundārie avoti, piemēram, atlikušais siltums), elektrotīkli, ēku īpašības, ceļu/celiņu tīkla topoloģija utt.
- Iespēja replicēt pāri robežām, izmantojot atklātos datus (kur vien iespējams)
- Pilnībā integrēta ar THERMOS atklātā pirmkoda tīmekļa lietotnes rīku robustai enerģijas sistēmas kartēšanas un modelēšanas analīzei





### **Kartēšanas metodoloģija, kas izstrādāta kā četru posmu procesa daļa, lai izveidotu THERMOS tīmekļa kartes**

1. Metodoloģijas attīstība adreses līmeņa enerģijas pieprasījuma karšu izstrādei
2. Enerģijas pieprasījuma ģeodatu kopu komplektēšana sākotnēji pilotprojekta pilsētām — Izlingtonai (Lielbritānija), Granoljersai (Spānija), Varšavai (Polija) un Jelgavai (Latvija)
3. Enerģijas sistēmas papilddatu komplektēšana un pārvaldība
4. Enerģijas pieprasījuma un papildu slāņu vizualizācija un publicēšana tīmekļa lietotnē, lai izveidotu tīmekļa kartes katrai pilotprojekta pilsētai.



Mums ir  
pazīstams šāds  
pasaules  
skatījums:





Tomēr THERMOS  
ir nepieciešams  
kas vairāk līdzīgs  
šim:







Punkti ēku  
atrašanās vietām  
un enerģijas  
pieprasījumam, kā  
arī energoapgādes  
vietām





Punkti ēku  
atrašanās vietām  
un enerģijas  
pieprasījumam, kā  
arī energoapgādes  
vietām

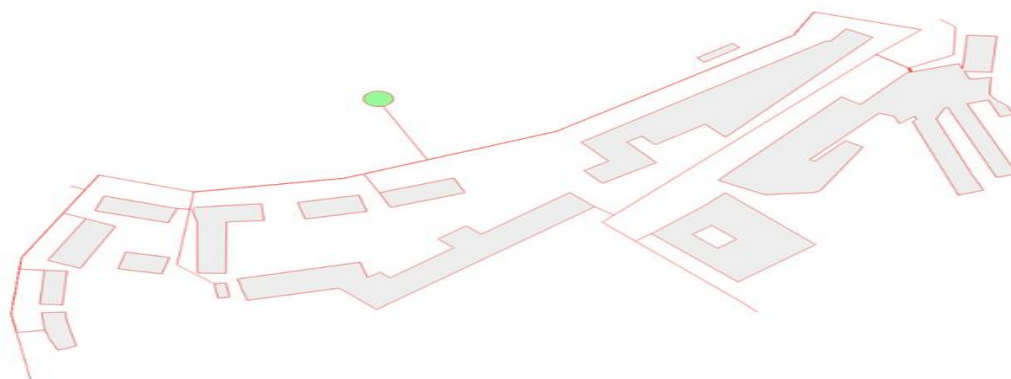


Līnijas  
enerģijas  
sadales  
iespējamiem  
maršrutiem



### **Lai šo modeli attīstītu, mums ir nepieciešami:**

1. enerģijas pieprasījuma aprēķini esošām vai jaunām ēkām (punkti);
2. energoapgādes aprēķini zināmiem aktuāliem/potenciāliem resursiem (punkti);
3. ceļu tīkla attēlojums (līnijas).





### **Ēku siltuma pieprasījuma aprēķināšana (1/5)**

THERMOS metode darbojas, izmantojot dažus/visus no šiem:

- trīs dimensiju ēkas forma/izmērs;
- ārējās un iekšējās temperatūras;
- ēkas termālās efektivitātes un vietas apsildes pieprasījums;
- citi standarta etaloni.





### Ēku siltuma pieprasījuma aprēķināšana (2/5)

a) Trīs dimensiju ēkas forma/izmērs tiek iegūts, izmantojot:

- **grīdas platības datus**, piemēram, no OpenStreetMap, ko bieži izmanto kā siltuma pieprasījuma pamatotu paredzētāju;
- **LIDAR (aerolāzerskenēšana)** datus;
- **ēkas veida/apdzīvotības datus**, piemēram, ja LIDAR nav pieejama, ko izmanto stāvu skaita noteikšanai dzīvojamā torņveida blokā.



### Ēku siltuma pieprasījuma aprēķināšana (3/5)

b) Ārējās un iekšējās temperatūras tiek iegūtas, izmantojot:

- **dažādus ārējās temperatūras datu klimatiskos arhīvus**, piemēram, Wikidata satur mēneša vidējos rādītājus;
- **iekšējās temperatūras datu empīriskos izpētes datus**, piemēram, Lielbritānijas EFUS datu kopa satur maksimālo un vidējo iekšējo temperatūru aprēķinus.



### Ēku siltuma pieprasījuma aprēķināšana (4/5)

- c) Ēkas termālās efektivitātes un vietas apsildes pieprasījums tiek iegūts, izmantojot:
- **u vērtību aprēķināšanu** — iegūtas no ēkas virsmas laukuma un iekšējām/ārējām temperatūrām (ja ir zināmas jaudas prasības) vai tipisko ēku konstrukcijas elementu atsauces tabulām/izpētes datiem;
  - **vietas apsildes pieprasījums**, kas pēc tam tiek aprēķināts, izmantojot iekšējās/ārējās temperatūras diferenciāli, siltuma zudumu līmeni (no u vērtībām) un ventilācijas, termālās masas un solārā pieauguma aprēķinātās vērtības.



### Ēku siltuma pieprasījuma aprēķināšana (5/5)

d) citi standarta etaloni.

- **Ūdens apsildes pieprasījums** — saistībā ar apdzīvotību
- **Standarta ēku enerģijas etaloni**, piemēram, telpas apsildes pieprasījums (kWh/m<sup>2</sup>) jaunām ēkām
- **Kalibrēšana uz platības bāzes** — empīrisko vietējo enerģijas datu izmantošana
- **Slodzes profili** — reālie vai modelētie dati



### **Energoapgādes aprēķini zināmiem aktuāliem/potenciāliem resursiem**

Izmanto vietējo datu apkopojumu par esošiem potenciālajiem enerģijas avotiem un ieteikumus par jaunām enerģijas staciju atrašanās vietām.

#### **Avoti var iekļaut:**

- Esošu siltumiekārtu
- Atlikušo siltumu no spēkstacijas
- Atlikušo siltumu no citiem resursiem (ūdens, gaiss, industriāliem procesiem...)
- Saules siltumenerģiju
- Atkritumu pārstrādi enerģijā u.c.







### Ceļu tīkla attēlojums

Sākuma pieņēmums ir tāds, ka enerģijas tīkli tiek salāgoti ar ceļu tīklu. Šī pieeja izmanto:

- ceļu tīkla izkārtojumu;
- energoapgādes punktu vietas (avotus) un pieprasījumu (ieguldījumus);
- punktu pāru pievienošanas izmaksu analīzi.





### Lietas izpēte: Lielbritānijas datu ievades

Enerģijas pieprasījuma aprēķināšana

| Parametrs                                                                                                     | Avots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3D ēku modeļi: <ul style="list-style-type: none"><li>• LIDAR</li><li>• OpenStreetMap</li></ul>                | <ul style="list-style-type: none"><li>• <a href="http://environment.data.gov.uk/ds/survey/#/survey">http://environment.data.gov.uk/ds/survey/#/survey</a></li><li>• <a href="http://www.openstreetmap.org">www.openstreetmap.org</a></li></ul>                                                                                          |
| Ēkas tipoloģija: <ul style="list-style-type: none"><li>• Kadastrālais plāns</li><li>• OpenStreetMap</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• <a href="http://www.ordnancesurvey.co.uk/business-and-government/products/topography-layer.html">www.ordnancesurvey.co.uk/business-and-government/products/topography-layer.html</a></li><li>• <a href="http://www.openstreetmap.org">www.openstreetmap.org</a></li></ul>                       |
| Iekšējās temperatūras: <ul style="list-style-type: none"><li>• EFUS</li><li>• BEES</li></ul>                  | <ul style="list-style-type: none"><li>• <a href="http://www.gov.uk/government/statistics/energy-follow-up-survey-efus-2011">www.gov.uk/government/statistics/energy-follow-up-survey-efus-2011</a></li><li>• <a href="http://www.nist.gov/services-resources/software/bees">www.nist.gov/services-resources/software/bees</a></li></ul> |



### Lietas izpēte: Lielbritānijas datu ievades

Enerģijas pieprasījuma aprēķināšana

| Parametrs                                                                                                      | Avots                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ārējās temperatūras                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                |
| Empīriskie patēriņa dati: <ul style="list-style-type: none"><li>Enerģijas snieguma sertifikāti (EPC)</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li><a href="http://www.epcregister.com/">www.epcregister.com/</a></li></ul>                                                                                                 |
| Grīdas platības enerģijas etaloni: <ul style="list-style-type: none"><li>CIBSE norādes F</li></ul>             | <ul style="list-style-type: none"><li><a href="http://www.cibse.org/Knowledge/knowledge-items/detail?id=a0q20000008I7oTAAS">www.cibse.org/Knowledge/knowledge-items/detail?id=a0q20000008I7oTAAS</a></li></ul> |
| Mazas platības kurināmā patēriņš: <ul style="list-style-type: none"><li>Gov.uk enerģijas statistika</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li><a href="http://www.gov.uk/government/collections/sub-national-gas-consumption-data">www.gov.uk/government/collections/sub-national-gas-consumption-data</a></li></ul>   |





















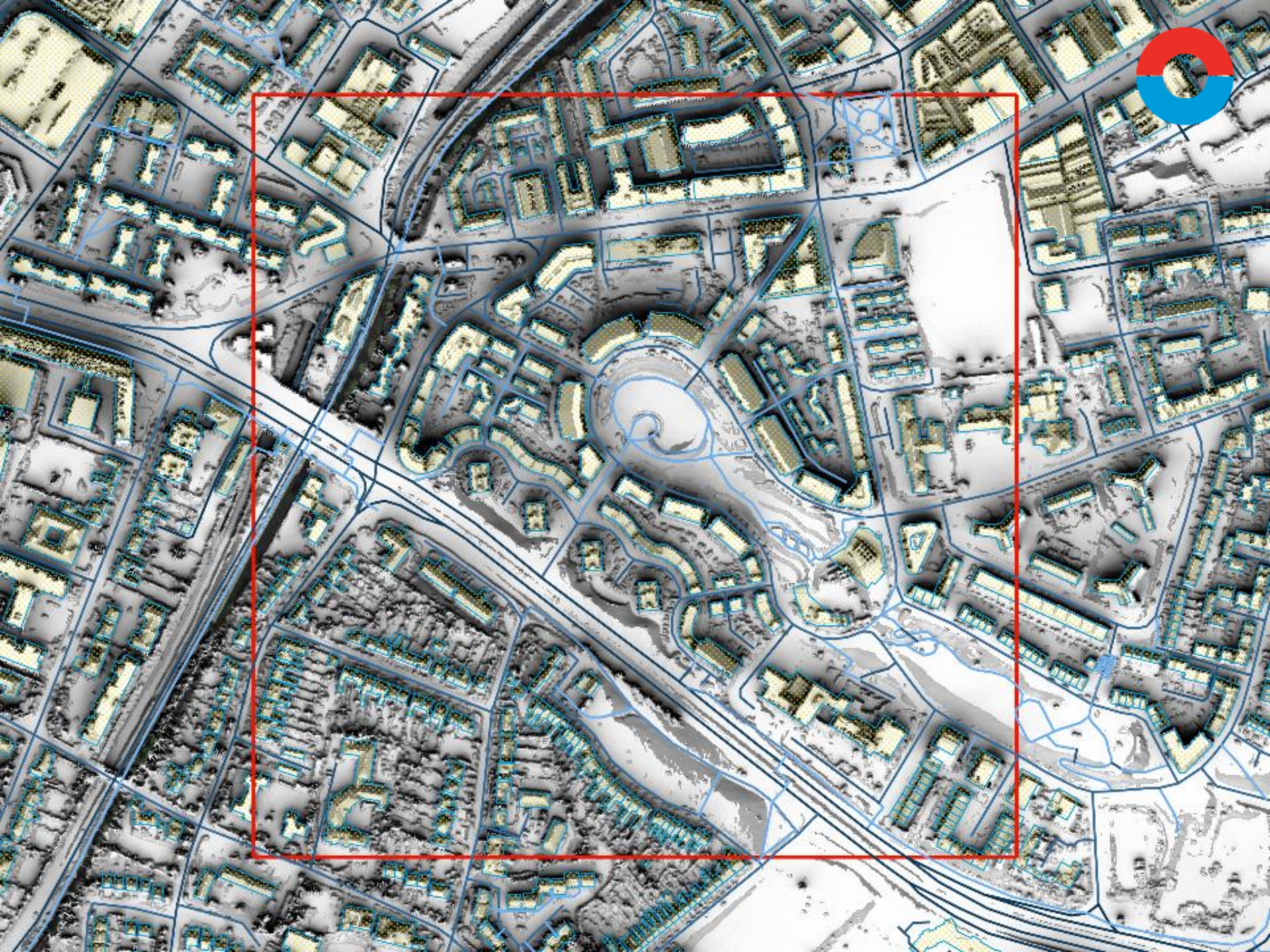




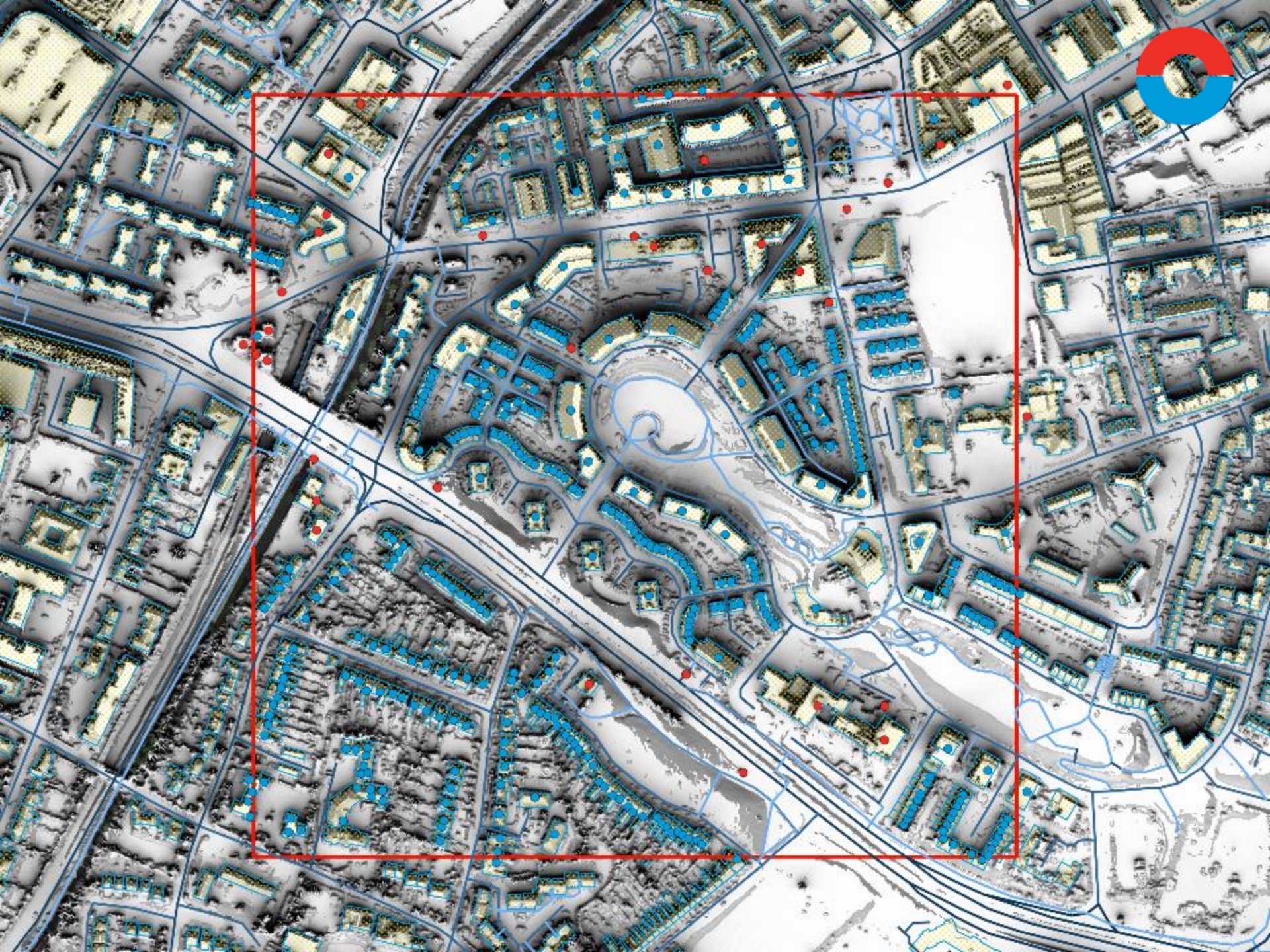


















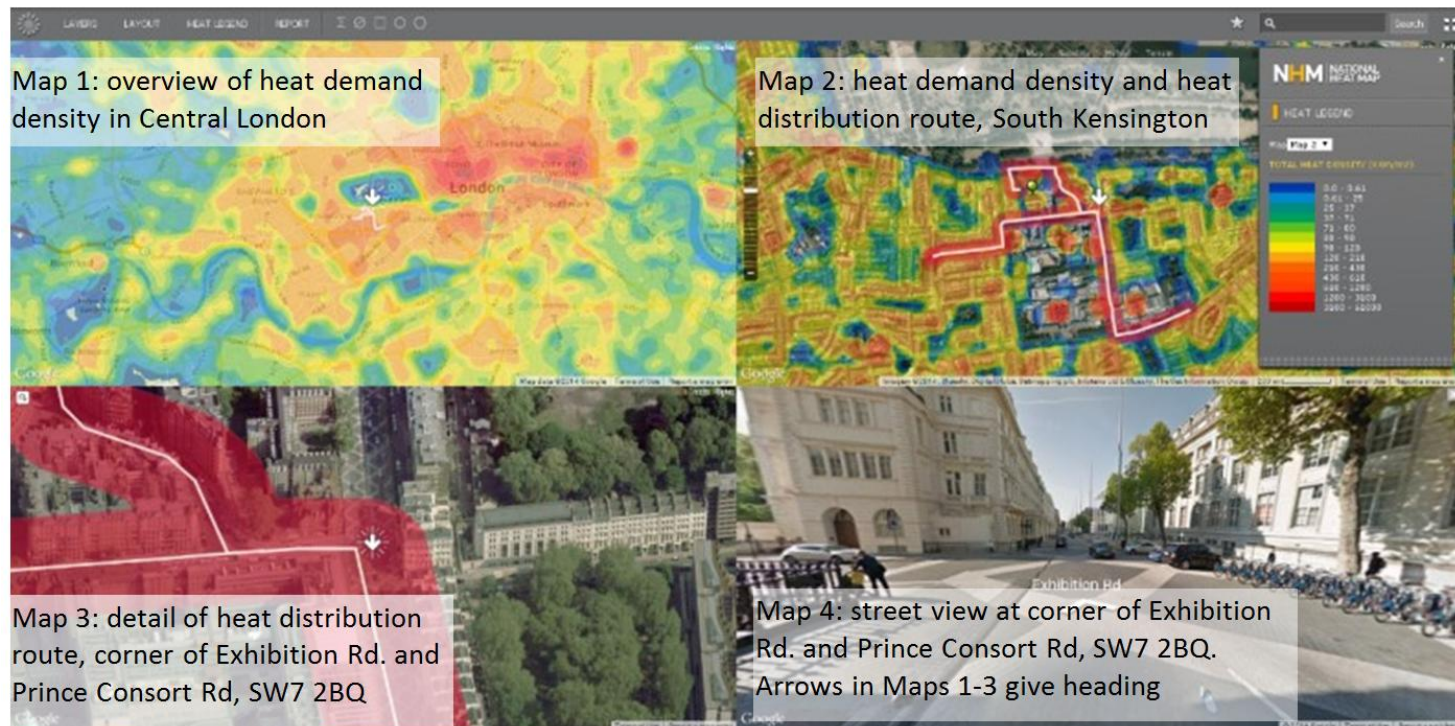






### English National Heat Map

Adreses līmeņa enerģijas pieprasījuma modelis ar tīmekļa vizualizācijas un analītikas rīkiem.



<http://nationalheatmap.cse.org.uk/>



### Stratego projekts/Eiropas siltumenerģijas attīstības vadlīnijas

- <http://stratego-project.eu/>
- <http://www.heatroadmap.eu/>

Rezultāti ietver [Pan-European Thermal Atlas](#) izstrādi, kurā tiek iekļautas tīkla bāzes apsildes pieprasījuma kartes Eiropas Savienībai, kas ir palīdzējušas parādīt centralizētās siltumapgādes un dzesēšanas tīklu potenciālu (katrā valstī un visā ES)



Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union





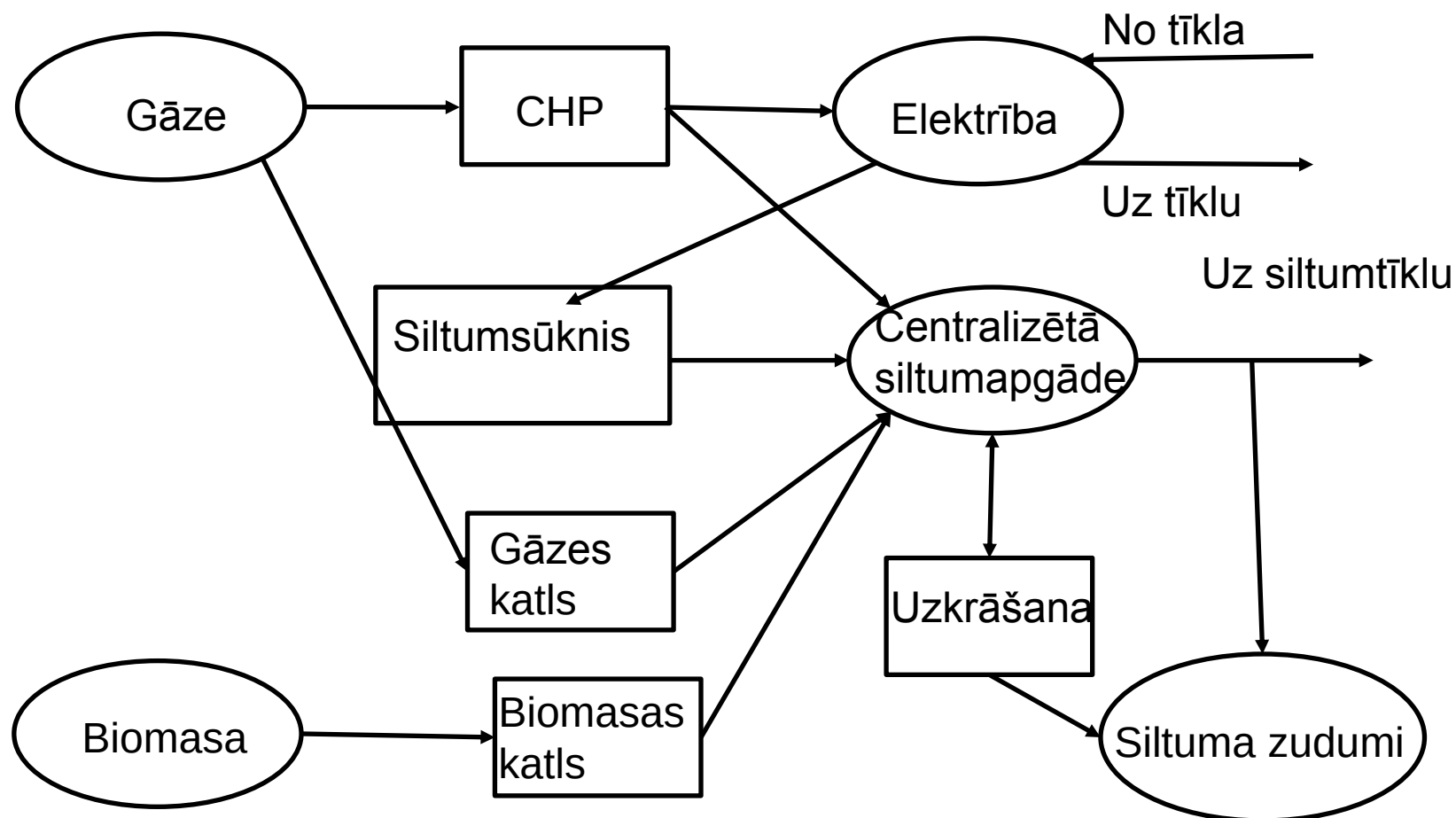


### Kopsavilkums — enerģijas sistēmas kartēšana

- **THERMOS** veido modernas siltuma kartēšanas tehnikas, izmantojot adreses līmeņa pieeju virzienā no apakšas uz augšu
- Ir iekļauts enerģijas pieprasījums no ēkām un energoapgādes avotiem, tajā skaitā atlikušais siltums
- Ceļu tīkla attēlojums — izmanto kā bāzi enerģijas sadales sistēmas plānošanai
- Mērķis — elastība attiecībā uz datu ievades avotiem, lai atļautu izmantot starpniekserverus un jauktu datu pieejamību
- Četrām THERMOS pilotprojekta pilsētām izveidotās tiešsaistes siltuma kartes



## 2.2. Enerģijas sistēmas modelēšana







## Saturs

Moduļa otrās daļas uzmanības centrā ir:

- Konceptija
- Metodoloģija
- Nepieciešamie dati un resursi
- Labas prakses piemēri



### Ievads

- Pieaugoša urbanizācija (ANO DESA, 2014. gads)
  - 54 % pasaules iedzīvotāju dzīvo pilsētvides teritorijās
  - Līdz 2050. gadam paredzēts pieaugums līdz 66 %
- Globāls enerģijas novērtējums (GEA, 2012. gads)
  - 56–78 % no galīgā enerģijas izmantojuma notiek pilsētvidē
- Pilsētvides enerģijas sistēmas modeļi
  - Uzlabo izpratni par pilsētvides enerģijas izmantošanu
  - Analizē politiku iniciatīvas, infrastruktūras ieguldījumus





### **Pilsētvides enerģijas sistēma**

Oficiāla sistēma, kas attēlo enerģijas ieguves un izmantošanas kombinētos procesus, lai apmierinātu konkrētas pilsētvides teritorijas enerģijas pakalpojumu pieprasījumu:

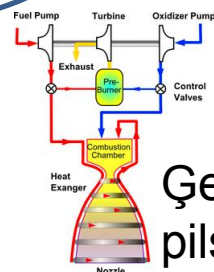
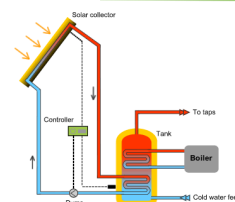
- iepriekšējie pilsētvides procesi resursu izguvei, enerģijas ģenerēšanai un transportēšanai;
- saistītās izmaksas un siltumnīcas efekta gāzu izmeši;
- potenciālie procesi pilsētas iekšējai enerģijas ģenerēšanai un pārveidei.

# Ģenerēšana agrākajā pilsētvidē

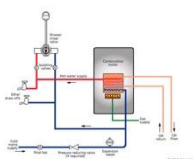
thermos-project.eu



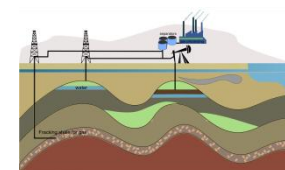
Transports



Ģenerēšana pilsētā



Izguve



Transports





### **Pilsētvides enerģijas sistēmas modeļi**

- Tehnoloģijas plānošana
  - Piemēram, vēja, solārā, transportlīdzekļa sniegums, atkritumu pārstrāde enerģijā
- Ēku konstrukcija
- Pilsētvides klimats
- Politikas novērtēšanas modeļi
- Sistēmas plānošanas modeļi
  - Optimizācijas bāzes modeļi
  - Ieguldījumi starp vairākām tehnoloģijām
  - Specifiskie mērķi (piemēram, oglekļa izmešu samazināšanas mērķis)



### Sistēmas modeļi

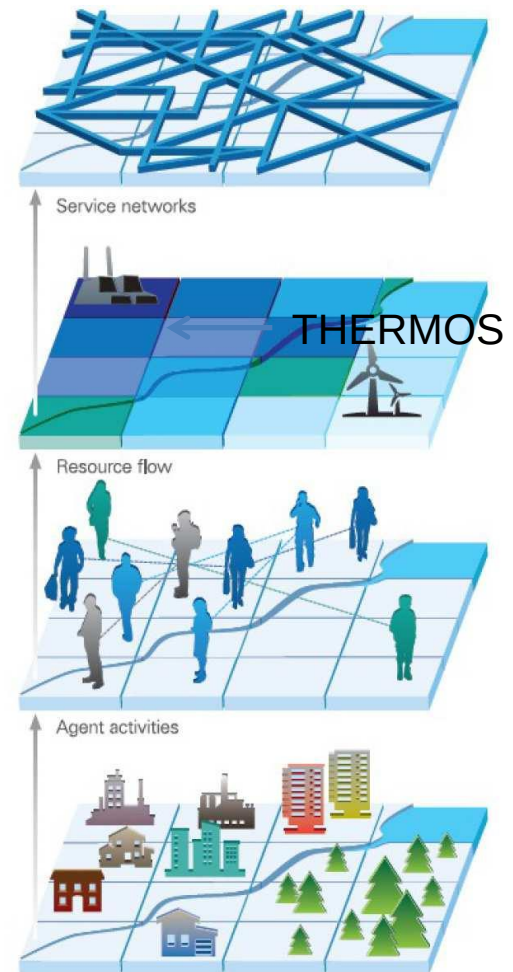
- Holistiskais skatījums
  - Tehnoloģijas, ekonomika, ietekme uz apkārtējo vidi
  - Visu saistīto mijiedarbību iekļaušana
- Pilsētvides sistēmas ir komplicētas
  - Sadalīšana komplicētības pārvaldībai
  - Abstrakcija oficiālu tīkla bāzes modeļu izveidei
  - Detaļu līmeņa pielāgošana modeļa mērogam
    - Pilsēta ↔ Rajons ↔ Apkaime



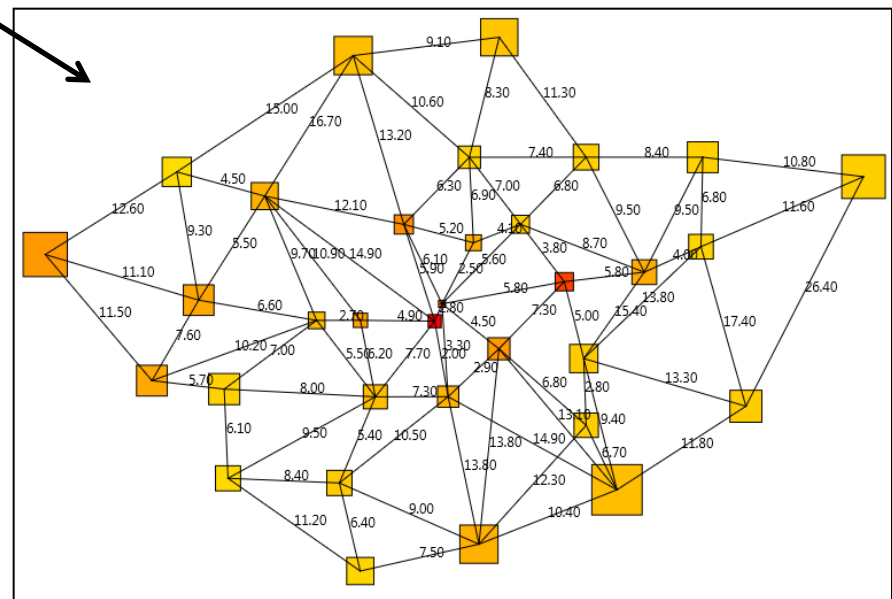
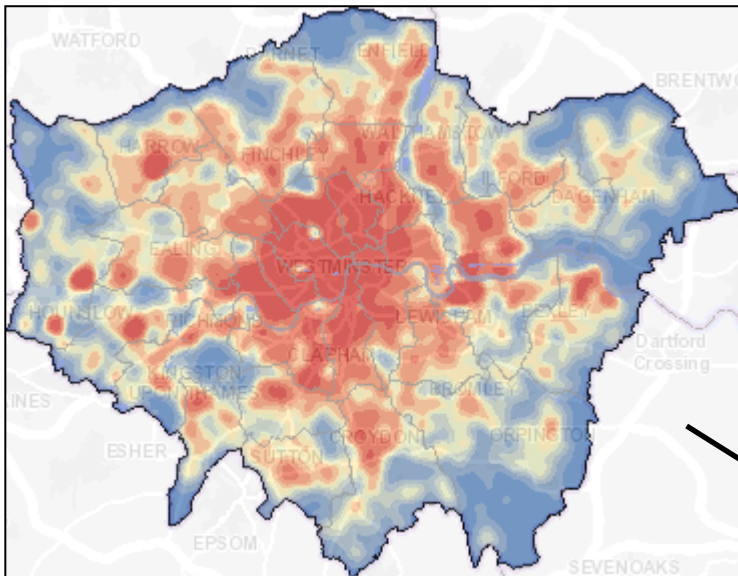


### Sadalīšana

- Zemes izmantošanas modelis
  - Ņemot vērā apkopotos aktivitāšu līmeņus, ēku veidus un transporta savienojumus, tiek optimizētas ēku un transporta izmaksas
- Aģentu aktivitātes modelis
  - Aģentu aktivitāšu un kustību simulēšana, lai novērtētu enerģijas pieprasījumu
- Resursu plūsmas modelis
  - Ņemot vērā pieprasījuma vietas un pagaidu sadalījumu, tiek optimizēta procesu izvēle un vieta, lai ievērotu pieprasījumu
- Pakalpojumu tīkla modelis
  - Tīkla plānošana atbilstoši transporta enerģijas plūsmām



## 2.2. Enerģijas sistēmas modelēšana — koncepcija



Abstrakcija oficiāla tīkla bāzes modeļa izveidei

## 2.2. Enerģijas sistēmas modelēšana — koncepcija

thermos-project.eu

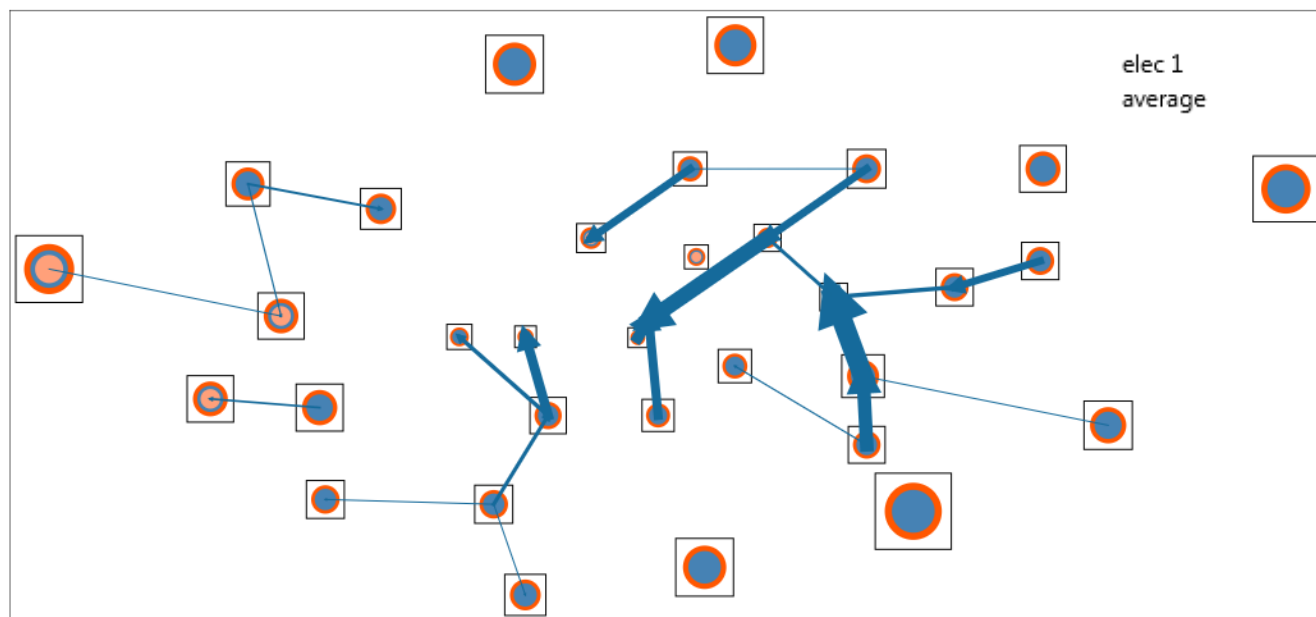


Gāzes importēšana  
un sadale  
CHP nolūkos

- eheater
- large\_chp
- spaceGSHp-h
- wind\_med

Tīkla  
mijiedarbības

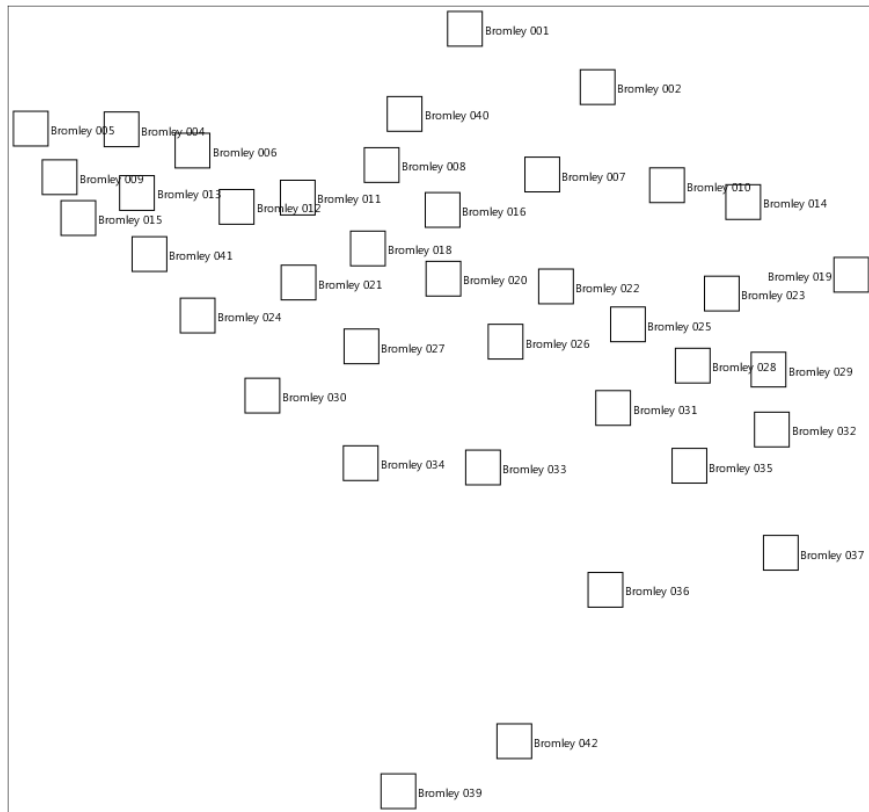
Vietēji ģenerētas  
elektrības sadale



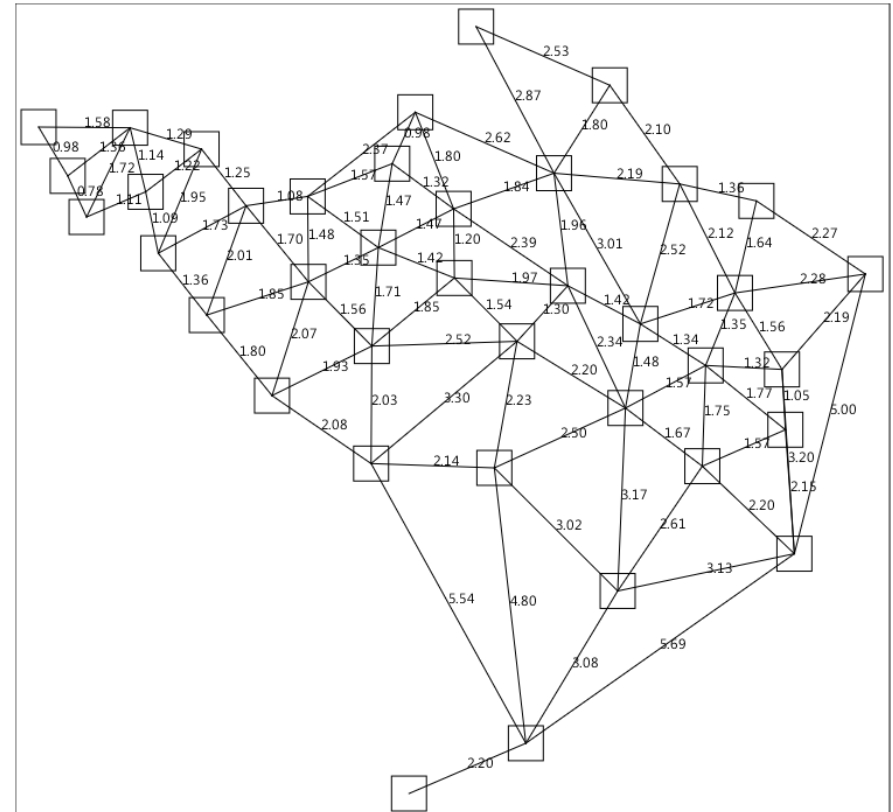


### Rajona līmeņa modelis

#### Bromleja



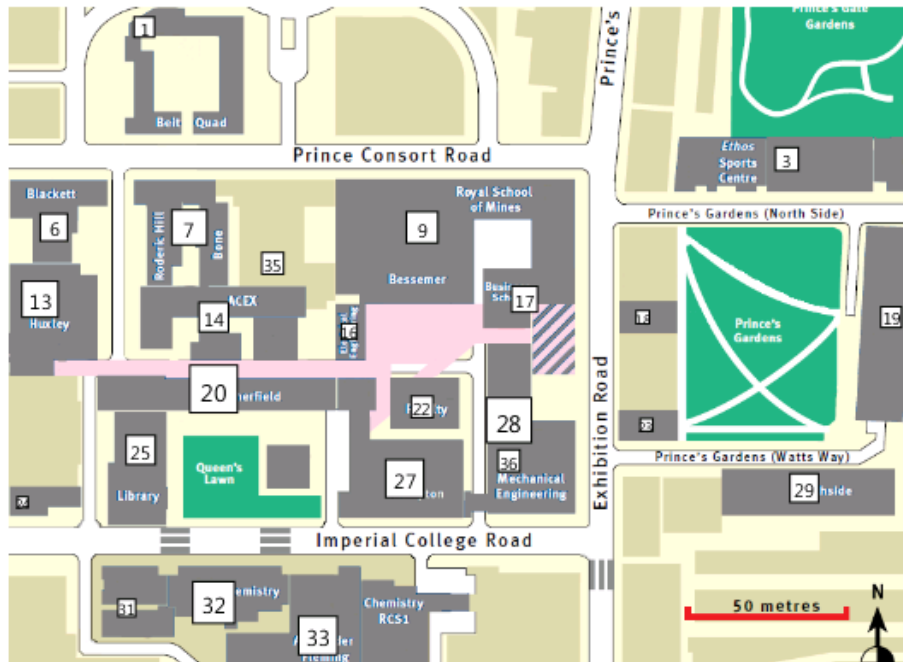
Tīkla šūnas



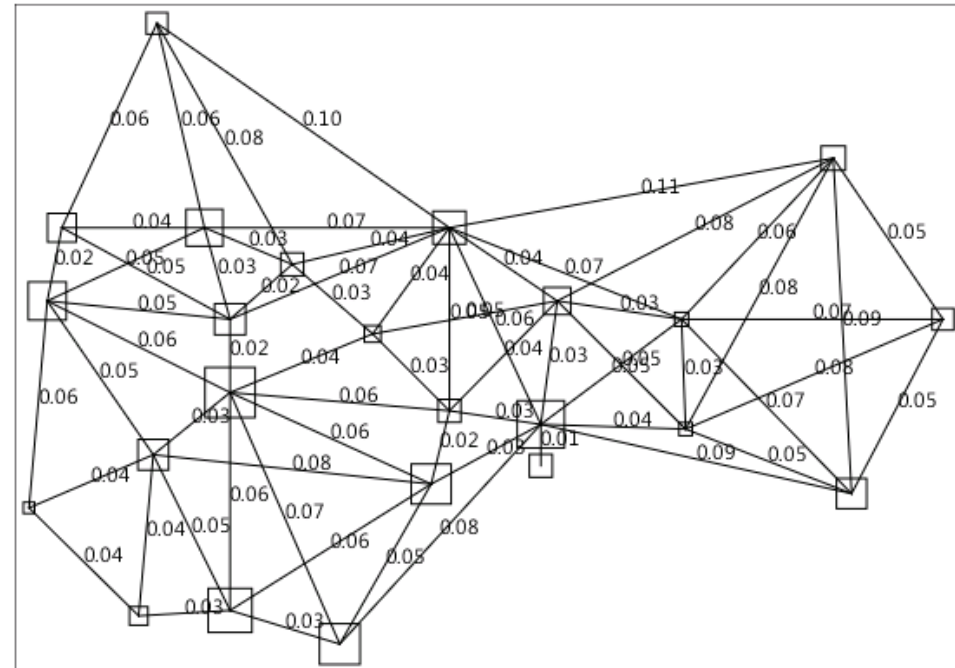
Tīkls

### Apkaimes līmeņa modelis

#### Imperial College, South Kensington Campus



Tīkla šūnas



Tīkls



### **Sistēmas metodes un rezultāti**

- Holistiskais modelis
  - Iekļauj ekonomiskās, vides un tehnoloģiskās problēmas
- Apgādes opciju novērtējums
  - Atjaunojamie resursi, poliģenerācija, kaskadēšana, siltuma reģenerācija
  - Mācības un tehnoloģiju uzlabojumi
- Kvantificētā metrika
  - Ekonomika
  - Ietekme uz apkārtējo vidi
- Uzņēmējdarbības modeļi un politikas opcijas
  - Tarifi, atlaides, izmešu mērķi





### Modeļu bāzes lēmumi

- Tehnoloģijas veida, mēroga, atrašanās vietas izvēle
- Tehnoloģiju izmēri
  - Atbilstība maksimuma noslodzēm, daļējas ielādes darbība ārpus maksimuma periodiem
  - Lielās tehnoloģijas: izbūvēts siltumtīkls no primārā pieprasījuma vietas
  - Mazās tehnoloģijas: vairāku pieprasījuma vietu tuvumā
- Izmešu mērķi
  - Biomasa pretstatā dabasgāzei, atjaunojamiem resursiem
- Kombinētā apsilde, jauda, dzesēšana
  - Elektrības imports pretstatā vietējai ģenerēšanai
  - Ieņēmumi no elektrības eksporta
  - Siltumsūkņa elektrības prasības



### **Modeļu bāzes lēmumi (turp.)**

- Iespējamības nodrošināšana
  - Pietiekama ģenerēšana un transporta kapacitāte
  - Enerģijas pieprasījuma apmierināšana visās vietās, visos laika periodos
  - Darbības līmeņa atlasīšana katrai apgādes tehnoloģijai katrā laika periodā
  - Izmešu mērķu sasniegšana
- Optimizācija
  - Izmaksu (darbības izmaksu, oglekļa izmaksu, stimulu, ieguldījumu izmaksu) samazināšana
  - Ieņēmumu palielināšana



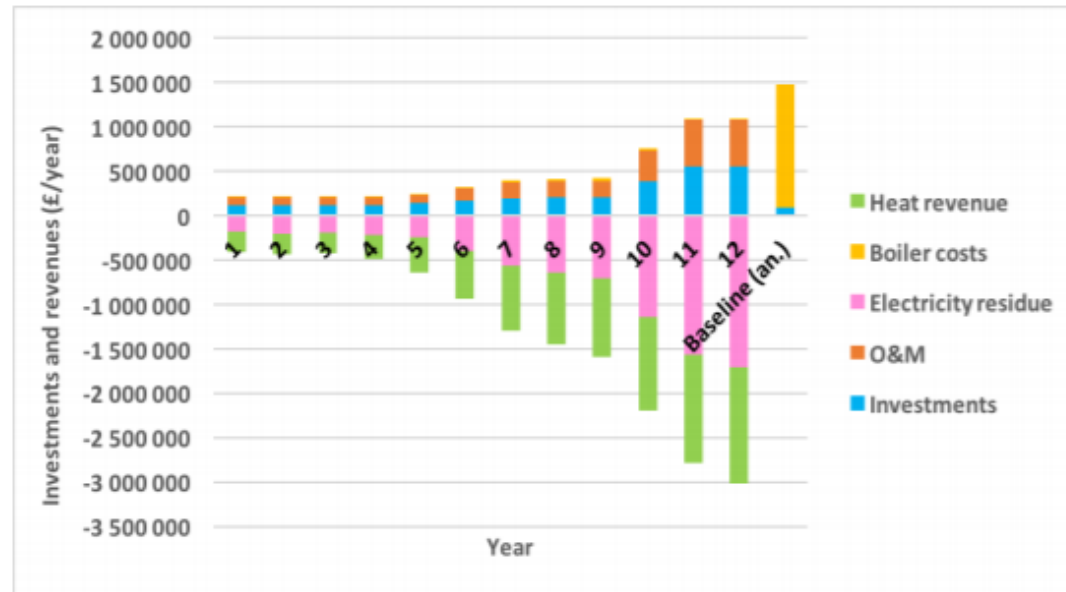
### Pagaidu struktūra: mazie periodi

- Mazos periodus var izmantot, lai īslaicīgu variāciju ietekmi tvertu modeļa parametros
  - Enerģijas pieprasījuma atšķirības pa stundām, dienām un sezonām
  - Elektrības cenu atšķirības pa stundām
  - Dabasgāzes/biomasas cenu atšķirības pa sezonām
  - Atšķirības tīkla izmešu koeficientiem ar slodzi
- Sākotnējā modeļa vienkāršošana
  - Ierobežots attēloto laika periodu skaits
    - Maksimuma slodzes ↔ Ieguldījumu izmaksas
    - Vidējās slodzes ↔ Eksploatācijas izmaksas
  - Horizonta plānošanas laikā spēkā esošās vidējās cenas, izmešu koeficienti





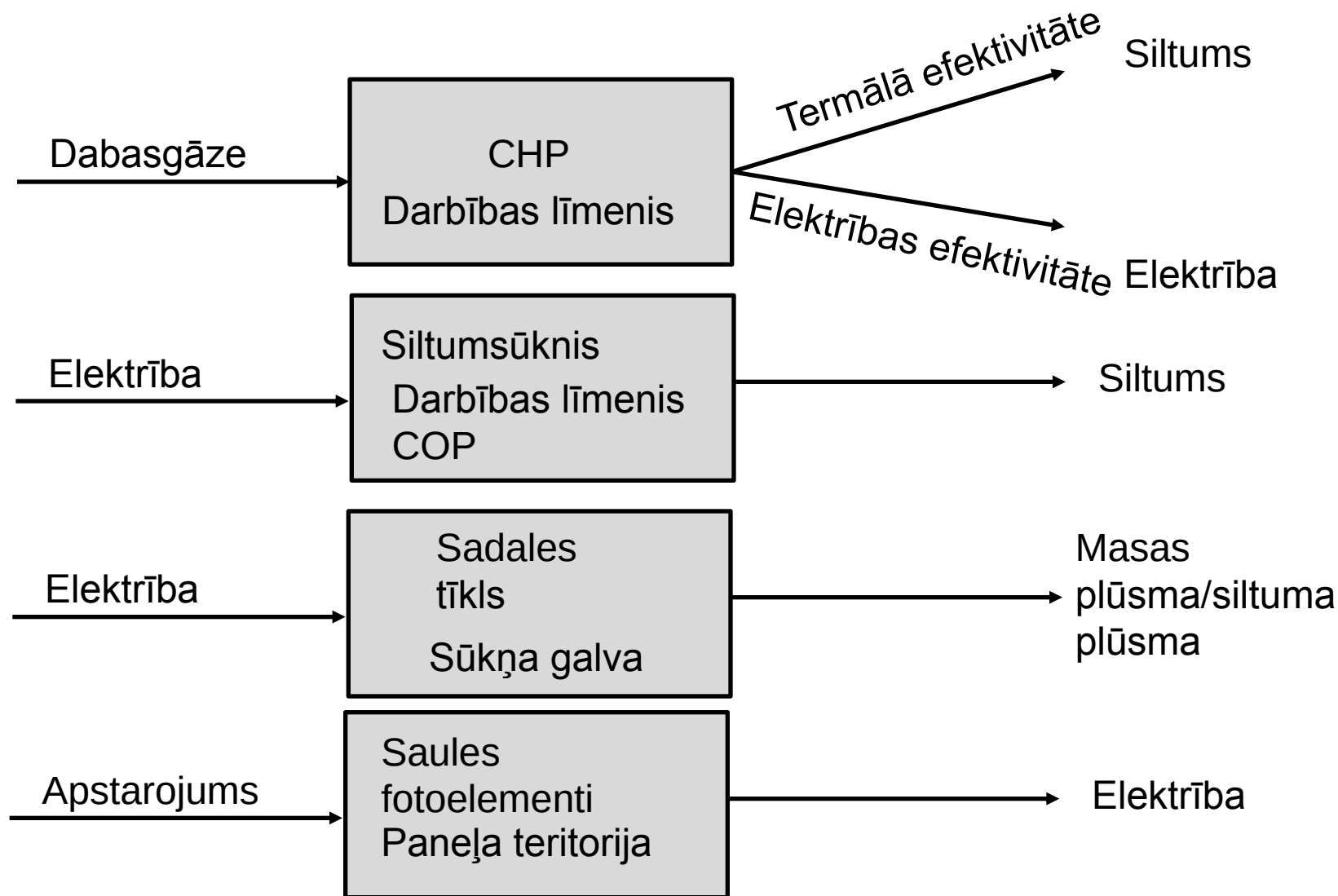
### Pagaidu struktūra: lielie periodi



- Lielos periodus (piemēram, gadu vai desmitgadi) var izmantot, lai definētu posmveida ieguldījumus un tvertu gāzes cenas, apsildes pieprasījumu un tīkla izmešu koeficientu ilgtermiņa atšķirības
- Atsevišķs ieguldījumu periods ar ieguldījumu izmaksām pēc gadiem

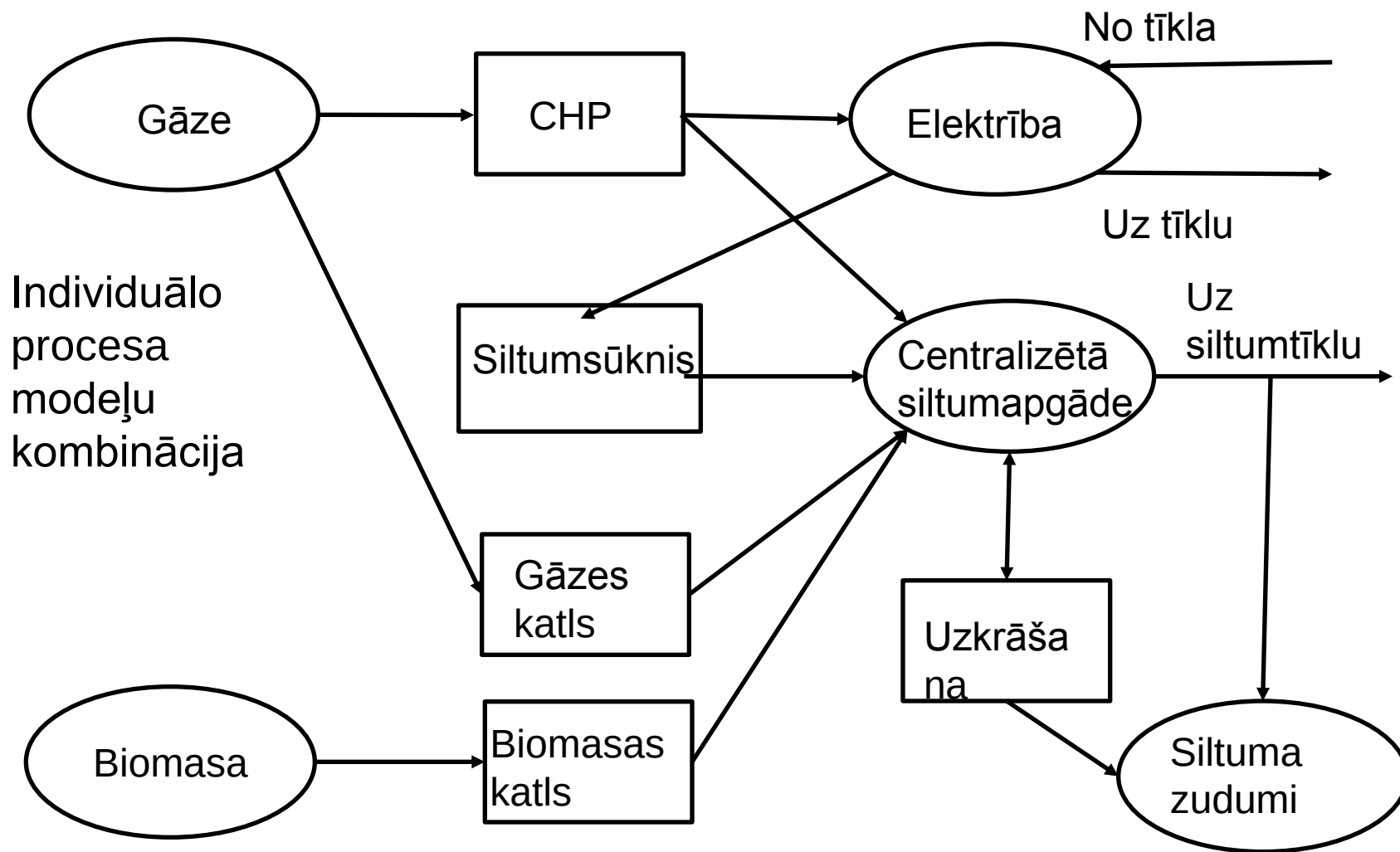


### Individuālie procesa modeļi





### Vispārējs procesa modelis

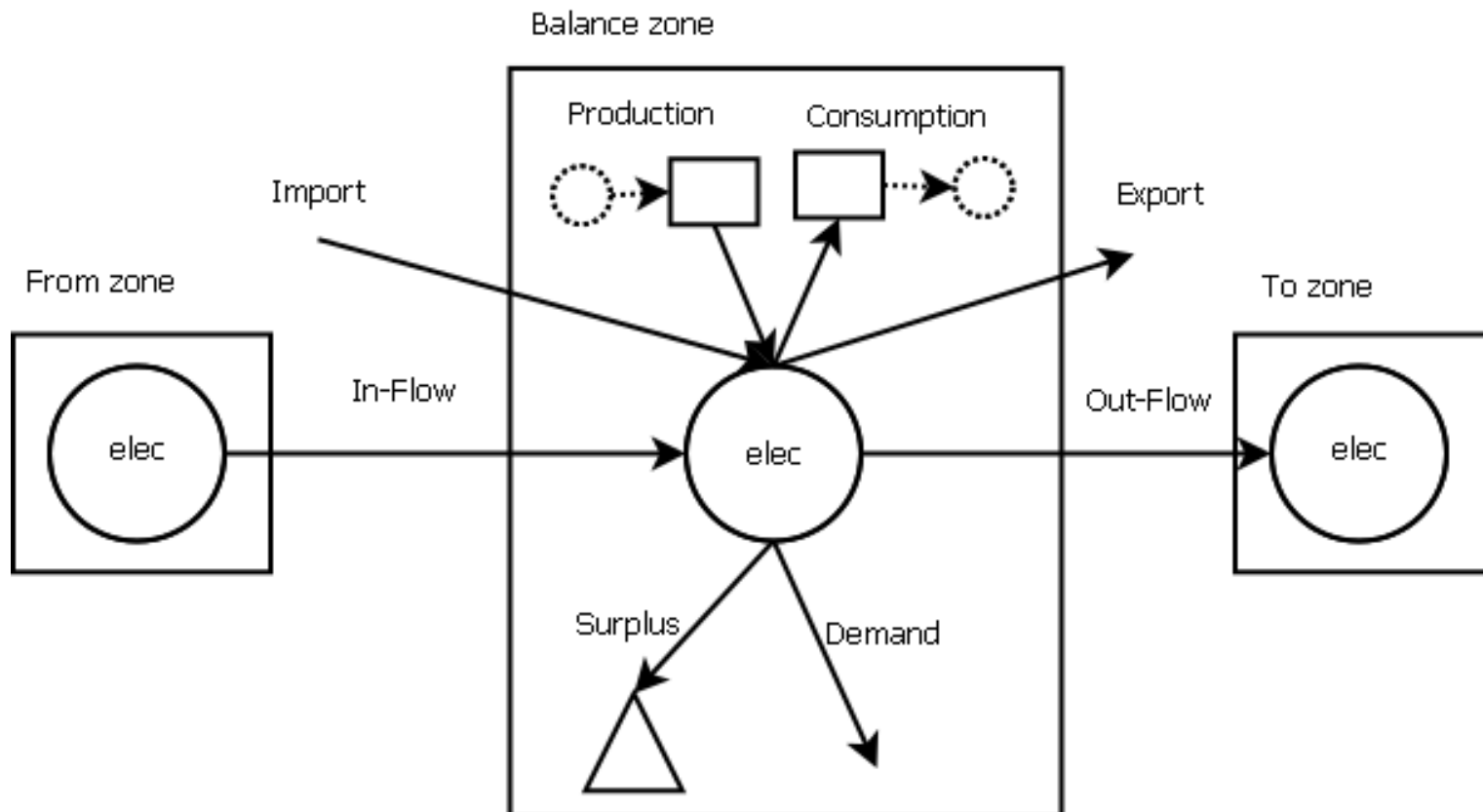


Enerģijas centrs, Barkantīnas centralizētās siltumapgādes tīkls





### Procesa un vietas kombinētais modelis





### Datu prasības

- Ekonomika
  - Importa/eksporta cenas, tarifi, ekspluatācijas izmaksas, ieguldījumu izmaksas
    - Anuitātes faktors (periods, likme)
- Vides faktori
  - GHG, cits ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ )
- Tehnoloģijas
  - Pārveides faktori, minimālie un maksimālie darbības līmeņi
- Vieta
  - Atrašanās vietas ierobežojumi (atļautie/neatļautie)
  - Esošie savienojumi, iekārtas

**Datu prasības — resursi**

| Raksturlielums           | Vērtība                         |
|--------------------------|---------------------------------|
| Resurss                  | gāze                            |
| Importa izmaksas         | 0,0269 kGBP/MWh                 |
| Eksporta cena            | -                               |
| Maks. importa vietas     | 2                               |
| Maks. eksporta vietas    | 0                               |
| Maksimālais imports      | 10 MW                           |
| Maksimālais eksports     | -                               |
| GHG izmeši               | 0,18455 t CO <sub>2</sub> e/MWh |
| Nepieciešams jauns tīkls | nē                              |
| Iekļauts modelī          | jā                              |





## Datu prasības — infrastruktūra

| Raksturlielums             | Vērtība                   |
|----------------------------|---------------------------|
| Tīkla veids                | siltuma_tīkls             |
| Transportētais resurss     | centr_siltumapg           |
| Kapitāla izmaksas          | 0,35 kGBP/m               |
| Uzturēšanas izmaksas       | 0,011 kGBP/m              |
| Amortizācijas periods      | 15 gadi                   |
| Atlaides likme             | 6 %                       |
| Transporta minimālā likme  | 0 MW                      |
| Transporta maksimālā likme | 10 MW                     |
| Transporta izmaksas        | 1.1e-8 kGBP/(m MWh)       |
| Transporta izmeši          | 0 t CO <sub>2</sub> e/MWh |



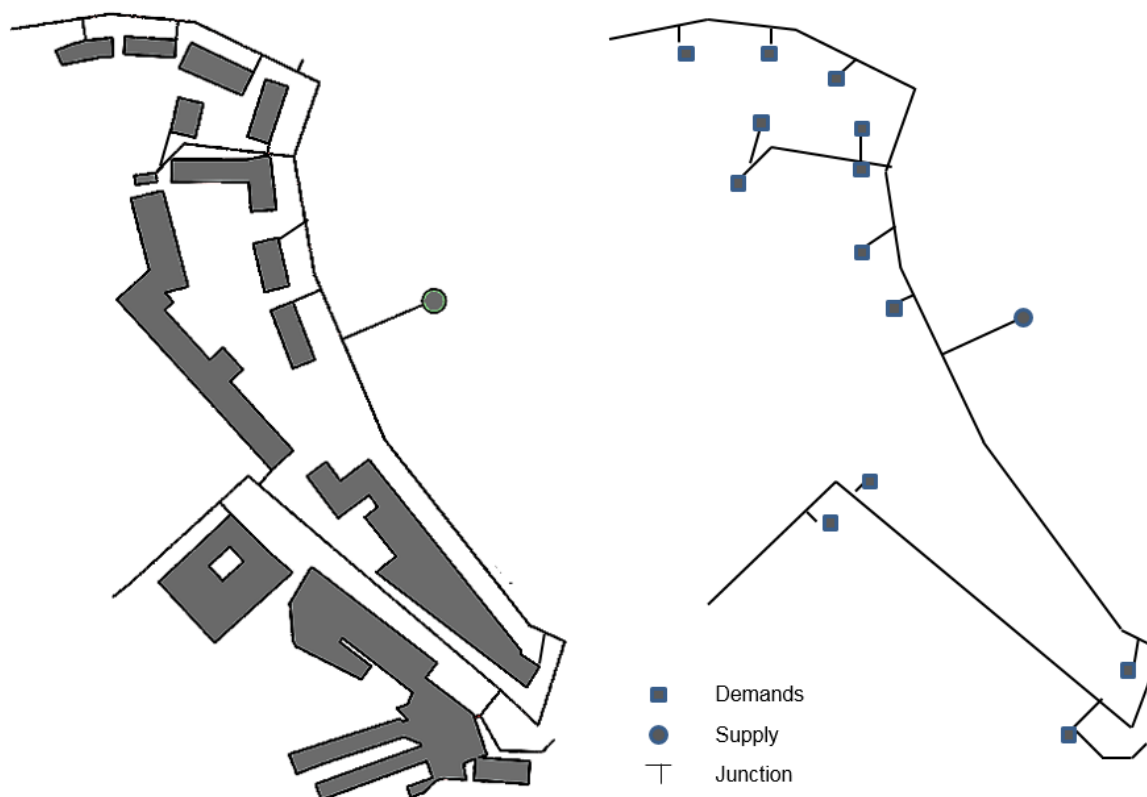
## Datu prasības — tehnoloģiju veidi

| Raksturlielums                    | Vērtība                  |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Tehnoloģijas veids                | mazs_chp                 |
| Kapitāla izmaksas                 | 173 kGBP                 |
| Uzturēšanas izmaksas              | 21 kGBP                  |
| Amortizācijas periods             | 15 gadi                  |
| Atlaides likme                    | 6 %                      |
| Ekspluatācijas minimālais apjoms  | 0,040 MW                 |
| Ekspluatācijas maksimālais apjoms | 0,135 MW                 |
| Ekspluatācijas izmaksas           | 0 kGBP/MWh               |
| Ekspluatācijas izmeši             | 0 tCO <sub>2</sub> e/MWh |

| Ievades |          | Izvades             |          |
|---------|----------|---------------------|----------|
| Veids   | Rādītājs | Veids               | Rādītājs |
| gāze    | 2,933    | elektr.             | 1,0      |
|         |          | centr_silt<br>umapg | 1,619    |
|         |          | siltuma_z<br>udumi  | 0,314    |



### Modeļi uz siltuma kartes bāzes

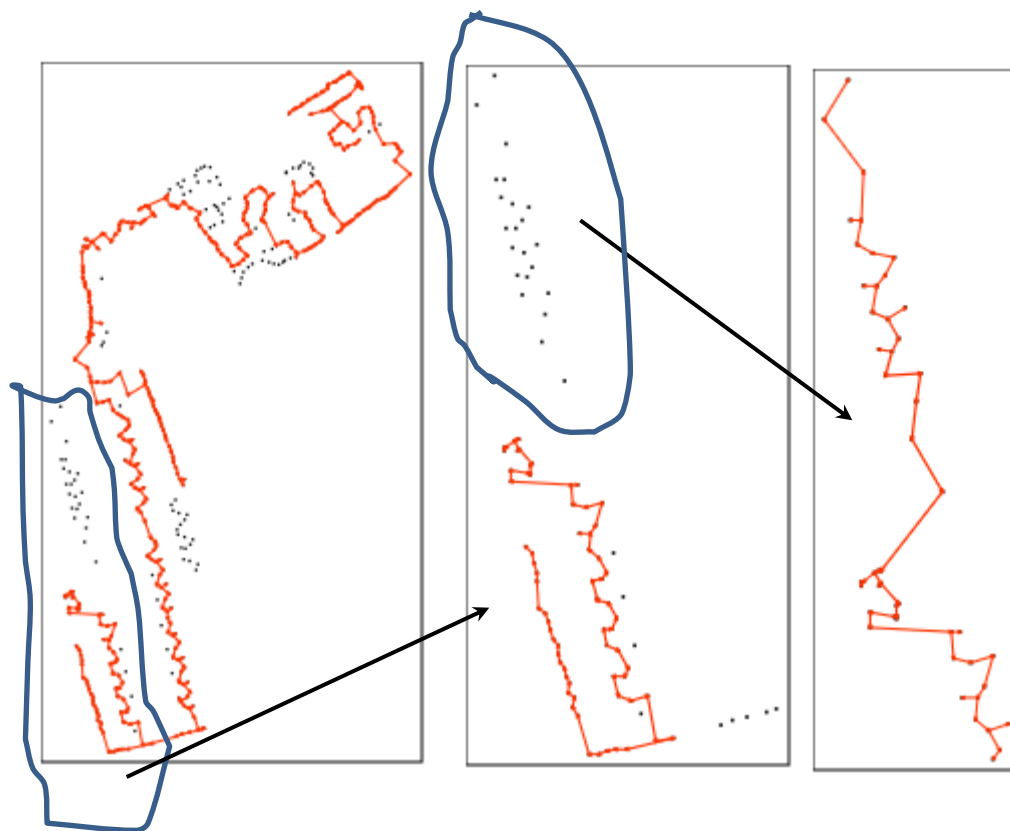


Telpiskā tīkla konstrukcija, pamatojoties uz karti, ar pieprasījuma datu novērtējumiem enerģijas sistēmas modelim





### Modeļi uz siltuma kartes bāzes



Vēlamo teritoriju identificēšana siltumtīkla attīstībai  
Pakārtoto teritoriju interaktīva atlasīšana detalizētai analīzei



### Scenāriji

- Scenāriju ar dažādiem pieņēmumiem salīdzināšana
- Kurināmo iegādes cena
- Apkures un elektrības pārdošanas cena
- Alternatīvās apgādes tehnoloģijas
  - Tehnoloģijas veids
    - Piemēram, katls, siltumsūknis, kombinētā apsilde un jauda
  - Tehnoloģijas mērogs
  - Kurināmā izvēle
    - Piemēram, dabasgāze, biomasas

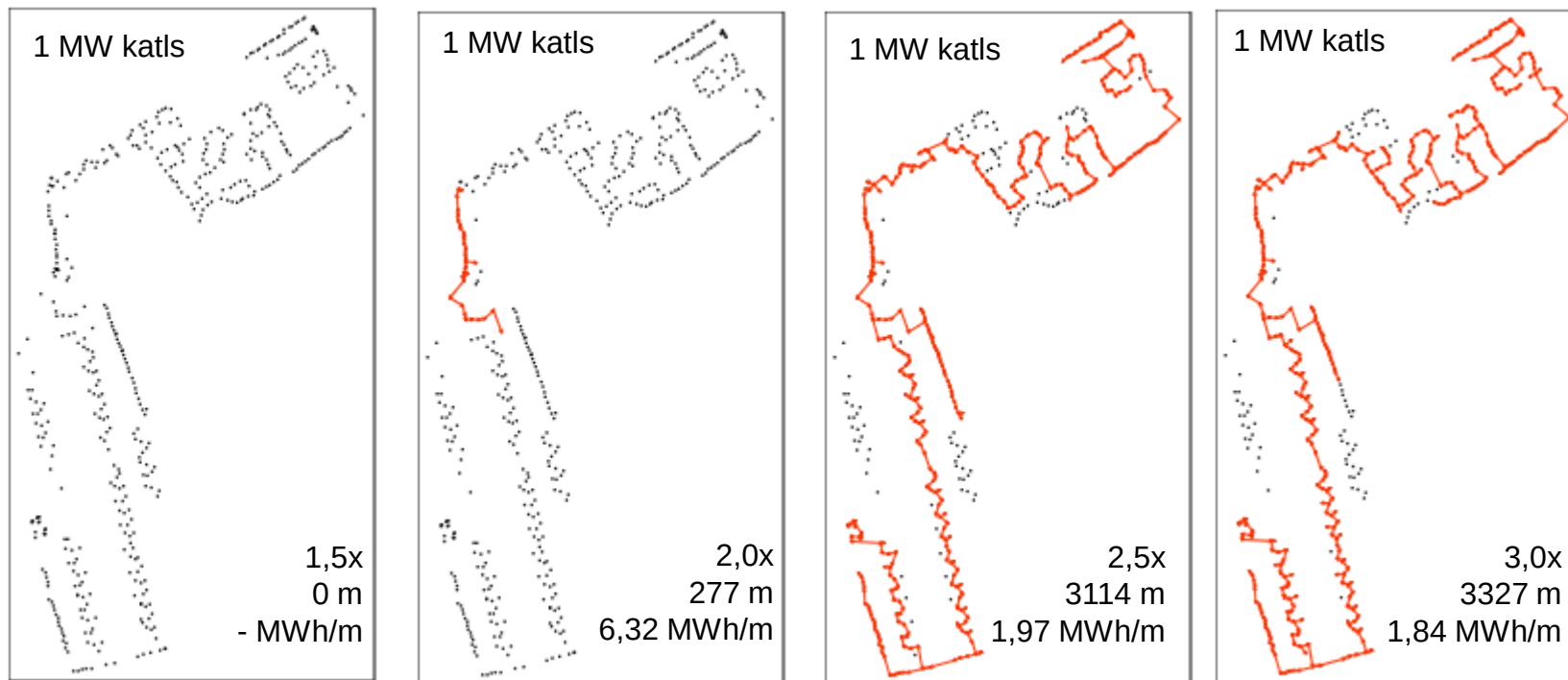


### Apsildes cenu scenāriji

Centralizētās siltumapgādes tarifs



Paredzētais tīkla garums



Savienotu slodžu lineārais siltuma blīvums





### Katlu izmēru scenāriji

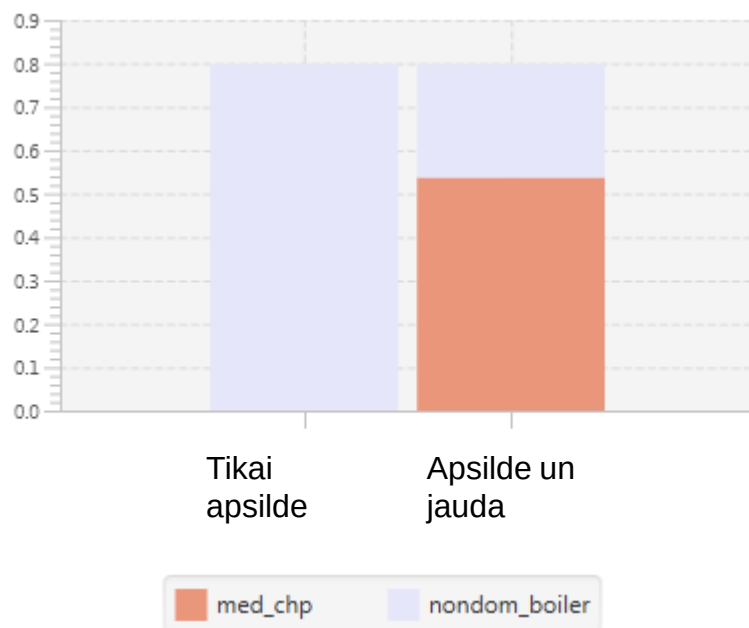
Centralizētās siltumapgādes tarifs



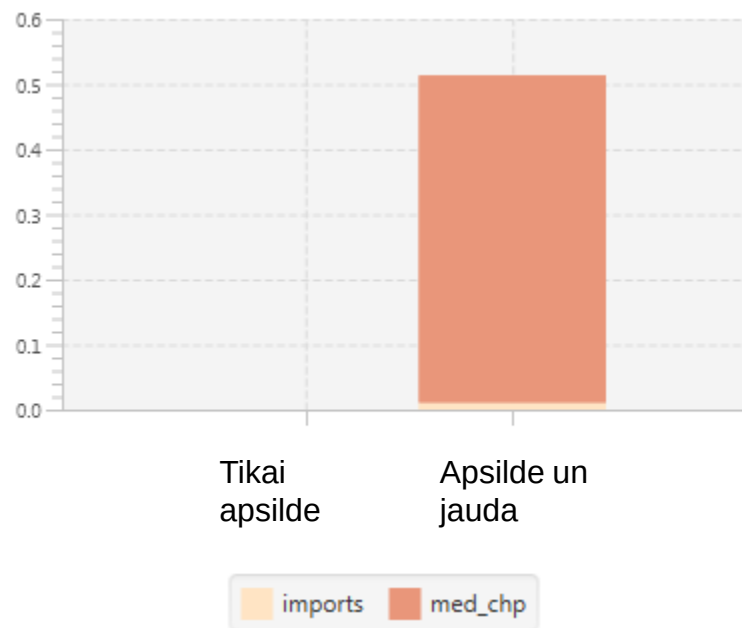


### Apsildes un jaudas scenārijs

Centralizētā siltumapgāde (MW)



Elektroapgāde (MW)





### Kopsavilkums

- Nododams tīkla bāzes modelis
  - Var lietot pilsētām ar dažādu tehnoloģiju kombināciju, ekonomiskām un vides problēmām
  - Modeļa dati ir jākalibrē, lai atspoguļotu vietējos apstākļus
  - Detaļu līmeņa pielāgošana sistēmas mērogam
    - Pilsēta ↔ Rajons ↔ Apkaime
- Modeļi uz siltuma kartes bāzes
  - Telpiska tīkla interaktīvā ģenerēšana
  - Apsildes pieprasījuma aprēķini
  - Iekārtu potenciālās atrašanās vietas



## 2.3. Termālās enerģijas resursu modelēšanas un optimizācijas sistēma

THERMOS Heat Network Editor untitled

Map x

Search...

Legend:

- ☒ Satellite
- ☐ Road Names
- ☐ Heatmap
- ☒ Candidates

Network candidates x

| SELECTED                            | ADDRESS        | TYPE       | BUILDING...    | SIZE | CONSTR... | COST   |
|-------------------------------------|----------------|------------|----------------|------|-----------|--------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | B501 St Jo...  | connection | B Road         |      | required  | costly |
| <input checked="" type="checkbox"/> |                | connection | Building co... |      | required  | costly |
| <input checked="" type="checkbox"/> |                | connection | Building co... |      | required  | costly |
| <input checked="" type="checkbox"/> |                | connection | Restricted ... |      | required  | costly |
| <input checked="" type="checkbox"/> | A201 Farri...  | connection | A Road         |      | required  | costly |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Woodbridg...   | connection | Local Road     |      | required  | costly |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Turnmill St... | connection | Local Road     |      | required  | costly |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Farringdon...  | connection | Local Road     |      | required  | costly |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Dufferin St... | connection | Local Road     |      | required  | costly |

Selection x Filters x

661 candidates selected

Type: connection 489 x demand 172 x

Category: unknown 18 x Commercial Offices 17 x residential 6 x Health 1 x + SHOW 22 MORE...

Postcode: unknown 534 x EC1R 3DA 1 x EC1V 8AB 1 x EC1R 0EX 1 x + SHOW 117 MORE...

Leaflet | Tiles © Esri — Source: Esri, i-cubed, USDA, USGS, AEX, GeoEye, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, UPR-EGP, and the GIS User Community





# Saturs

Moduļa trešās daļas uzmanības centrā ir:

- Konceptija
- Metodoloģija
- Lietojuma iezīmes
- Nepieciešamie dati, resursi un prasmes



### Problēma...

***Specifisku termālās enerģijas sistēmas opciju*** identificēšana, analīze un salīdzināšana ***reālos vietējās ģeogrāfijas apstākļos...***

- Parasti tiek veikta manuāli, izmantojot pielāgotus rīkus
- Pētījumi ir ļoti dārgi
- Ierobežota pētījumu veikšanas kapacitāte
- Caurskatāmības un izmantoto metožu konsekvences trūkums
- Maza kapacitātes veidošana valsts iestādēs vai tādas vispār nav



### Risinājums...?

THERMOS

- Darbojas kā **lēmumu atbalsta rīks enerģijas plānotājiem**, mūsdienīgas enerģijas sistēmas datus un modeļus apvienojot ērti lietojamā atklātā pirmkoda tīmekļa bāzes lietotnē, kuras pamatā ir karte.
- Pielāgots enerģijas plānotāju reālajām prasībām, lai paātrinātu un padarītu efektīvāku siltumtīkla plānošanu, kā arī gādātu par tā izmaksu efektivitāti.



### Risinājums...?

THERMOS

#### Galvenās iezīmes:

- Aptver plašu enerģijas avotu diapazonu (tostarp atlikušo siltumu no transporta infrastruktūras)
- Ietver mūsdienīgu pieprasījumu modelēšanu, lai veidotu adreses līmeņa enerģijas sistēmas kartes (ņemot vērā apsildes, dzesēšanas un elektrības pieprasījumu)
- Lieto uzlabotus modelēšanas algoritmus, lai analizētu energoapgādes un sadales opcijas
- Testēts astoņās THERMOS pilotprojekta pilsētās un replicēšanas pilsētās





### **Plānošanas pieeja**

THERMOS pilotprojekta un replicēšanas pilsētu lietotājiem ir nepieciešamība atbalstīt tālāk norādītās aktivitātes, un tas ir arī rīka izstrādes veids:

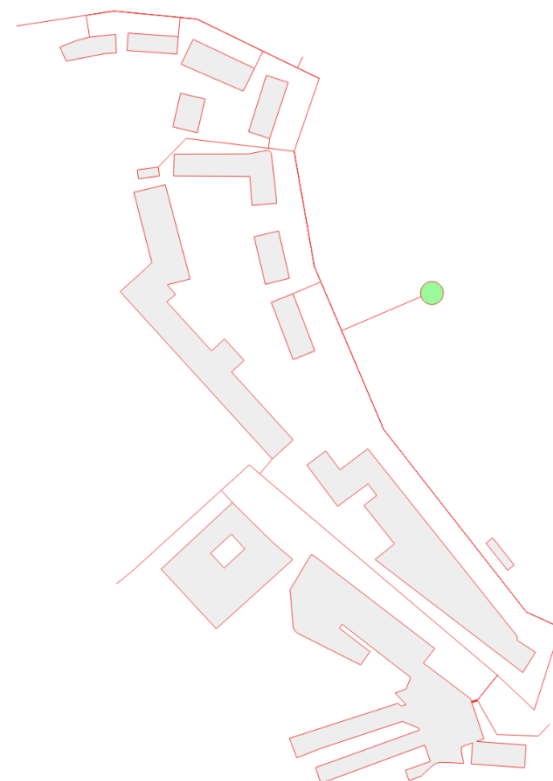
1. jaunu objektu un savienojumu pievienošana esošam tīklam;
2. jauna tīkla plānošana, pamatojoties uz esošu enerģijas avotu;
3. jauna tīkla projektēšana, lai konkrētu ēku kopumu apgādātu ar vienu vai vairākiem potenciāliem enerģijas avotiem;
4. konkrētu tīklu un netīklotu risinājumu snieguma novērtēšana/salīdzināšana.



### Ko faktiski dara THERMOS?

THERMOS lietotne identificē *vislabāko risinājumu*, ņemot vērā pieejamās energoapgādes, pieprasījumu un sadales ceļus.

Šeit risinājums ir energoapgādes kopums, kas ir savienots ar tās apmierināto pieprasījuma kopumu.





### Jautājuma uzdošana

Bieži ir daudz iespēju. Jautājums — kādas apgādes un pieprasījumu iekļaut un kā tās sasaistīt, lai iegūtu dzīvotspējīgu sistēmu?

Šis ir lēmumu kopums, kuru pieņemšanā rīks atbalsta lietotāju.

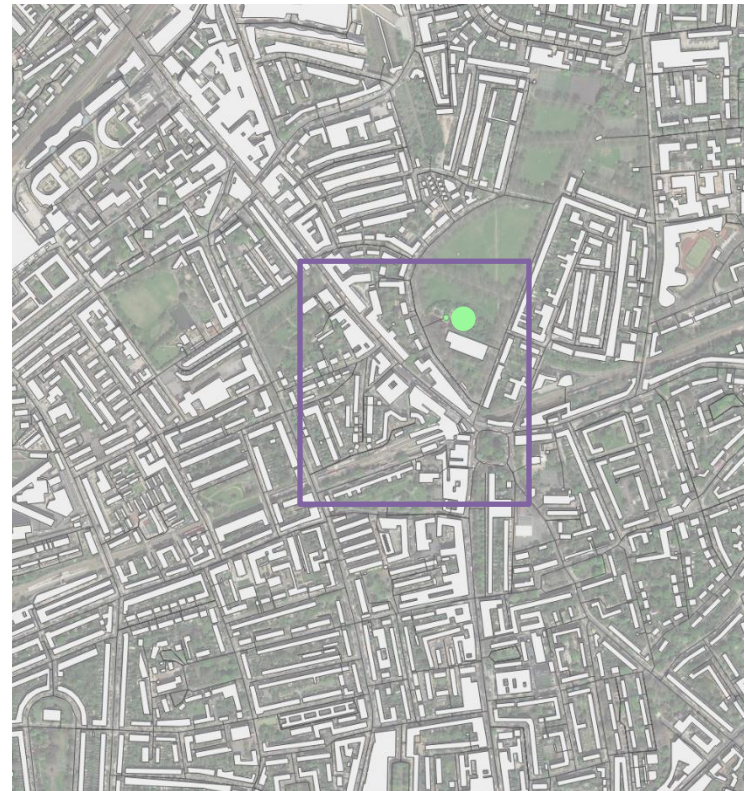




### Jautājuma uzdošana

Bieži ir daudz iespēju. Jautājums — kādas apgādes un pieprasījumu iekļaut un kā tās sasaistīt, lai iegūtu dzīvotspējīgu sistēmu?

Šis ir lēmumu kopums, kuru pieņemšanā rīks atbalsta lietotāju.



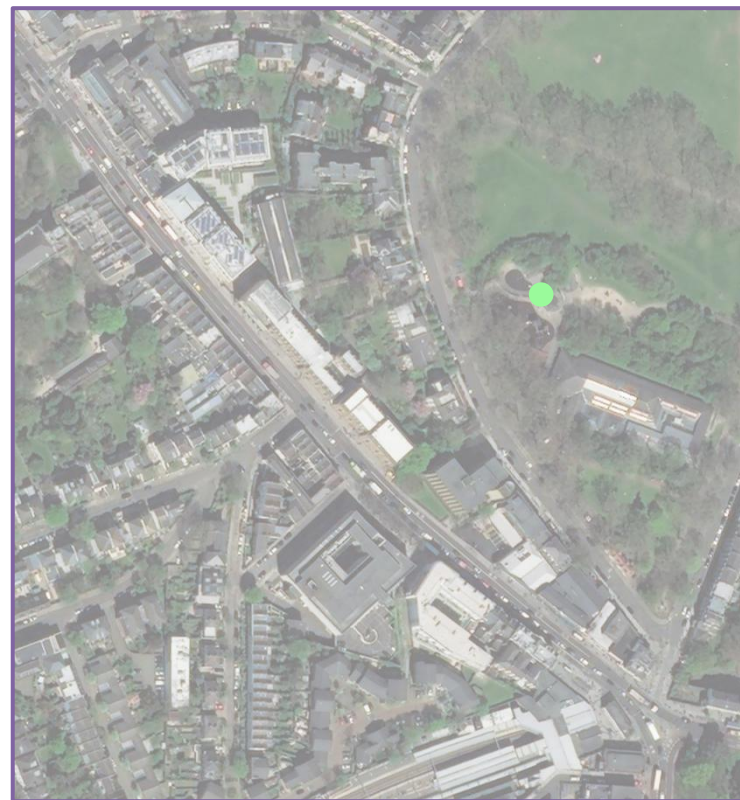




### Jautājuma uzdošana

Bieži ir daudz iespēju. Jautājums — kādas apgādes un pieprasījumu iekļaut un kā tās sasaistīt, lai iegūtu dzīvotspējīgu sistēmu?

Šis ir lēmumu kopums, kuru pieņemšanā rīks atbalsta lietotāju.





### Jautājuma uzdošana

Bieži ir daudz iespēju. Jautājums — kādas apgādes un pieprasījumu iekļaut un kā tās sasaistīt, lai iegūtu dzīvotspējīgu sistēmu?

Šis ir lēmumu kopums, kuru pieņemšanā rīks atbalsta lietotāju.





### Jautājuma uzdošana

Bieži ir daudz iespēju. Jautājums — kādas apgādes un pieprasījumu iekļaut un kā tās sasaistīt, lai iegūtu dzīvotspējīgu sistēmu?

Šis ir lēmumu kopums, kuru pieņemšanā rīks atbalsta lietotāju.

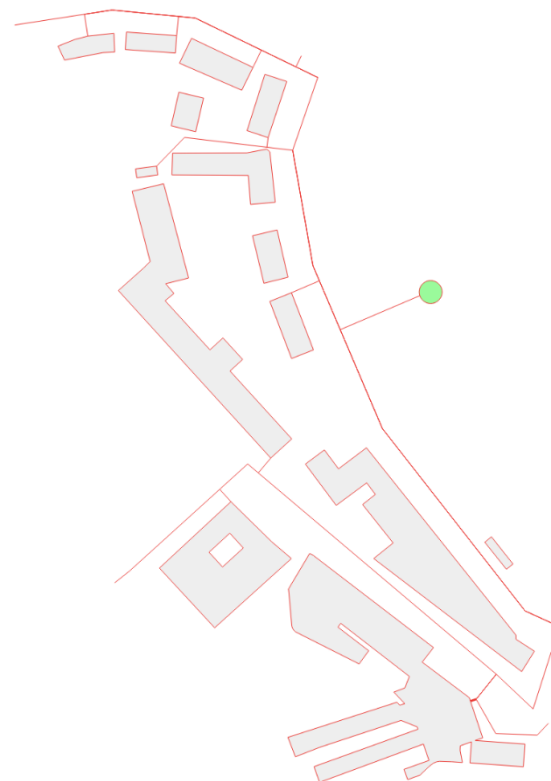




### Jautājuma uzdošana

Bieži ir daudz iespēju. Jautājums — kādas apgādes un pieprasījumu iekļaut un kā tās sasaistīt, lai iegūtu dzīvotspējīgu sistēmu?

Šis ir lēmumu kopums, kuru pieņemšanā rīks atbalsta lietotāju.







## Jautājuma struktūra

Rīkā THERMOS jautājums aptver tādu elementu kopumu, kuri var būt izrietošs risinājums vai tiem ir alternatīvi tādiem jābūt.

Šie elementi ir:



nerģijas pieprasījums — parasti ēkas

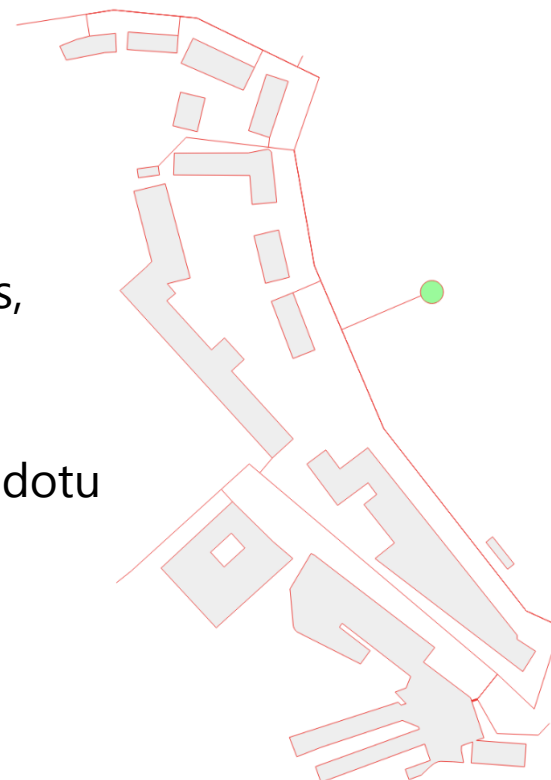


Energoapgāde — piemēram, CHP, katls, siltumsūkņi



Savienojumi — tiek kombinēti, lai izveidotu sadales tīklu

Svarīgi: vēlamies arī norādīt, ko mēs domājam ar “**vislabāko**” risinājumu





### Jautājuma struktūra

“Vislabākais” nosaka to, kādu daudzumu mēģina optimizēt energosistēmas modelis. Piemēram, mēs kā savu atbildi vēlamies risinājumu ar:

- augstāko neto pašreizējo vērtību (NPV);
- zemākiem kapitālizdevumiem;
- zemākiem izmešiem;
- ievērotu augstāko kopējo pieprasījumu;
- (ir iespējami citi kritēriji).



### **Atbildes saņemšana**

Iesniedzot jautājumu šādā veidā, lietotne atgriež risinājuma aprakstu. Tajā ir iekļauts:

- Izmaksas (kapitāls, kurināmais, neto pašreizējā vērtība)
- Kurināmā ievade un siltuma izvade
- Izmeši
- Saraksts un objektu karte (piegāde un pieprasījums), un savienojumi
- Informācija par katra objekta iezīmēm un savienojumiem

The figure consists of three main parts: a large aerial map on the left, a detailed inset map in the center, and a table of data on the right.

The large aerial map shows a dense urban area with a green dot indicating the study site. An orange rectangle highlights a specific area within the map.

The detailed inset map shows a closer view of the study site, with a green dot indicating the location. The map includes a red outline of the study site and a green dot indicating the location.

The table of data is located on the right side of the figure. It contains two columns of data, each with a header row and several rows of numerical values. The headers are "Area (m²)" and "Volume (m³)".

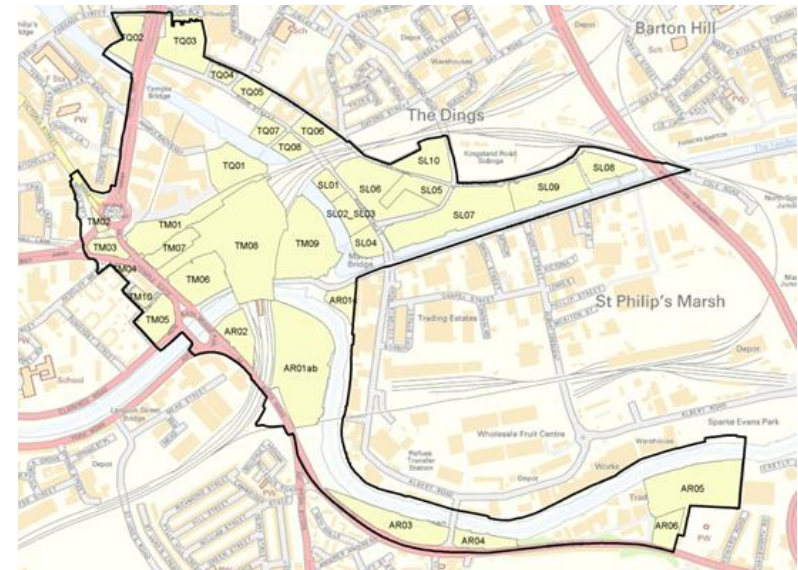
| Area (m²) | Volume (m³) |
|-----------|-------------|
| 10000     | 10000       |
| 20000     | 20000       |
| 30000     | 30000       |
| 40000     | 40000       |
| 50000     | 50000       |
| 60000     | 60000       |
| 70000     | 70000       |
| 80000     | 80000       |
| 90000     | 90000       |
| 100000    | 100000      |
| 110000    | 110000      |
| 120000    | 120000      |
| 130000    | 130000      |
| 140000    | 140000      |
| 150000    | 150000      |
| 160000    | 160000      |
| 170000    | 170000      |
| 180000    | 180000      |
| 190000    | 190000      |
| 200000    | 200000      |
| 210000    | 210000      |
| 220000    | 220000      |
| 230000    | 230000      |
| 240000    | 240000      |
| 250000    | 250000      |
| 260000    | 260000      |
| 270000    | 270000      |
| 280000    | 280000      |
| 290000    | 290000      |
| 300000    | 300000      |
| 310000    | 310000      |
| 320000    | 320000      |
| 330000    | 330000      |
| 340000    | 340000      |
| 350000    | 350000      |
| 360000    | 360000      |
| 370000    | 370000      |
| 380000    | 380000      |
| 390000    | 390000      |
| 400000    | 400000      |
| 410000    | 410000      |
| 420000    | 420000      |
| 430000    | 430000      |
| 440000    | 440000      |
| 450000    | 450000      |
| 460000    | 460000      |
| 470000    | 470000      |
| 480000    | 480000      |
| 490000    | 490000      |
| 500000    | 500000      |
| 510000    | 510000      |
| 520000    | 520000      |
| 530000    | 530000      |
| 540000    | 540000      |
| 550000    | 550000      |
| 560000    | 560000      |
| 570000    | 570000      |
| 580000    | 580000      |
| 590000    | 590000      |
| 600000    | 600000      |
| 610000    | 610000      |
| 620000    | 620000      |
| 630000    | 630000      |
| 640000    | 640000      |
| 650000    | 650000      |
| 660000    | 660000      |
| 670000    | 670000      |
| 680000    | 680000      |
| 690000    | 690000      |
| 700000    | 700000      |
| 710000    | 710000      |
| 720000    | 720000      |
| 730000    | 730000      |
| 740000    | 740000      |
| 750000    | 750000      |
| 760000    | 760000      |
| 770000    | 770000      |
| 780000    | 780000      |
| 790000    | 790000      |
| 800000    | 800000      |
| 810000    | 810000      |
| 820000    | 820000      |
| 830000    | 830000      |
| 840000    | 840000      |
| 850000    | 850000      |
| 860000    | 860000      |
| 870000    | 870000      |
| 880000    | 880000      |
| 890000    | 890000      |
| 900000    | 900000      |
| 910000    | 910000      |
| 920000    | 920000      |
| 930000    | 930000      |
| 940000    | 940000      |
| 950000    | 950000      |
| 960000    | 960000      |
| 970000    | 970000      |
| 980000    | 980000      |
| 990000    | 990000      |
| 1000000   | 1000000     |



## Nepieciešamās sastāvdaļas

Lai tas darbotos, lietotnei ir nepieciešams labs pamata energosistēmas modelis un daudz datu. Liela daļa projekta ir saistīta ar tālāk norādīto elementu būvniecību, salīdzināšanu un sintezēšanu:

- Termālās energosistēmas optimizācijas modelis
- Telpiskie dati par ceļu un ēku atrašanās vietām
- Enerģijas pieprasījuma aprēķini visām ēkām





### Nepieciešamās sastāvdaļas

Lai tas darbotos, lietotnei ir nepieciešams labs pamata energosistēmas modelis un daudz datu. Liela daļa projekta ir saistīta ar tālāk norādīto elementu būvniecību, salīdzināšanu un sintezēšanu:

- Atsevišķu savienojumu izveides izmaksu aprēķini
- Dažādu tehnoloģiju izmaksu aprēķini
- Lietotne, kas to visu apkopo un ļauj lietotājiem mainīt pieņēmumus, ja viņiem ir pieejama precīzāka informācija par mūsu aprēķiniem

| Sector & phase        |              | CO <sub>2</sub> saving from RE installed [tonnes/yr] | Biomass boiler CAPEX | Heat pump CAPEX | Solar PV CAPEX | Solar hot water CAPEX | Gas CHP Capex |
|-----------------------|--------------|------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|----------------|-----------------------|---------------|
| Existing domestic     |              | 147                                                  | £0                   | £268,200        | £197,864       | £30,127               | —             |
| Existing non-domestic |              | 2,242                                                | £1,803,425           | £1,567,548      | £1,080,728     | £1,193,634            | £1,273,546    |
| Phase 1 (2013-2018)   | Domestic     | 334                                                  | £115,605             | £100,007        | £444,571       | £15,069               | —             |
|                       | Non-domestic | 733                                                  | £240,671             | £285,156        | £1,097,129     | £74,191               | —             |
| Phase 2 (2018-2023)   | Domestic     | 1,189                                                | £271,502             | £111,538        | £1,340,040     | £28,311               | —             |
|                       | Non-domestic | 1,529                                                | £242,631             | £859,980        | £1,969,209     | £187,283              | —             |
| Phase 3 (2023-2036)   | Domestic     | 506                                                  | £97,217              | £57,116         | £434,501       | £9,049                | —             |
|                       | Non-domestic | 55                                                   | £0                   | £74,656         | £82,189        | £22,313               | —             |
| Total                 |              | 6,735                                                | £2,771,051           | £3,324,201      | £6,646,231     | £1,559,977            | £1,273,546    |



### Lietotnes arhitektūra

THERMOS būs **tīmekļa lietotne**, kurai piekļūst, izmantojot pārlūku. Daži atbalstošie iemesli:

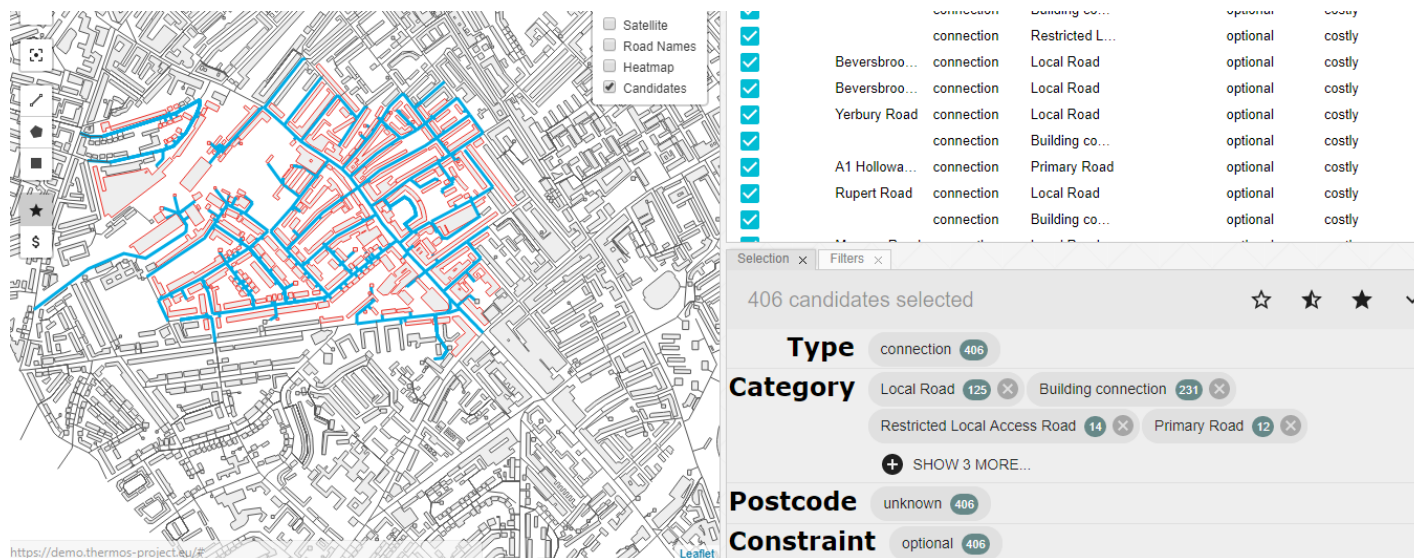
- Attīstības ātrums
- Sadales vienkāršība
- Saderība ar dažādām platformām
- Elastība lietotnei pieejamo resursu variēšanā





### Lietojuma iezīmes

- Interesējošās teritorijas kartes meklēšana un skatīšana
- Kartē tiek parādīti objekti (ēkas un enerģijas avoti) un pieejamie maršruti teritorijā, izmantojot pamata karti
- Kartes rediģēšana, pievienojot/noņemot objektus un savienojumu maršrutus







### Lietojuma iezīmes

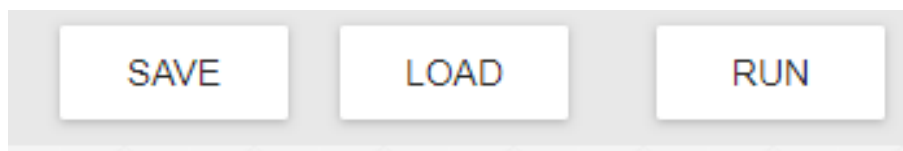
#### Jautājuma uzstādīšana

- Atlasiet objektus un maršrutus (pēc teritorijas vai individuāli) un iestatiet to statusu kā:
  - \* **"Aizliegts"** — nevar iekļaut risinājumā
  - \* **"Izvēles"** — var iekļaut risinājumā
  - \* **"Nepieciešams"** — ir jāiekļauj risinājumā
- Vēlamā uzdevuma atlasīšana: "vislabākā" definējums, piemēram, maksimāli palielināt pieprasījumu var neto pašreizējo vērtību; samazināt izmešus



### Lietojuma iezīmes

- Jautājumus var saglabāt un iesniegt risinātājam pirms risinājuma skatīšanas un lejupielādes

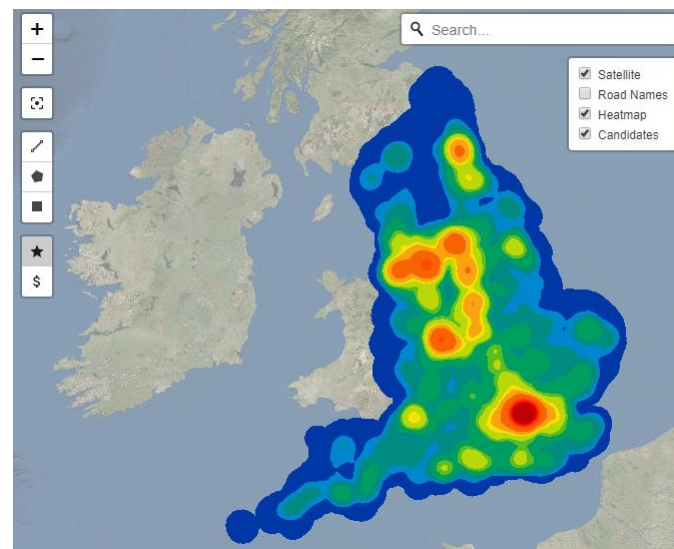


- Dažādu daudzumu noklusējuma vērtības var ignorēt, piemēram:
  - objekta enerģijas pieprasījums;
  - maršruta savienojuma izmaksas;
  - tehnoloģiju raksturlielumus.



### Pievienotā vērtība

- Iekļauj **ēkas līmeņa enerģijas sistēmas kartēšanu** — mērogojama pilsētām, reģioniem un valstīm
- Ietver **enerģijas sistēmas modeļus** ar tīklu tiešu attēlojumu: **iziešana ārpus 2D siltuma kartēšanas**
- Izmanto **optimizāciju**, lai identificētu labākos risinājumus
- Bez maksas **atklātā pirmkoda produkts**, kas paredzēts vietējām varasiestādēm — nav nepieciešama dārga trešo pušu programmatūra





### Pievienotā vērtība

- **Atklāto datu** izmantošana ievadēm, kad vien iespējams
- Cieša sadarbība ar **pilotprojekta vietējo varasiestāžu partneriem**, lai nodrošinātu to, ka veidojam rīkus ar visnozīmīgākajām funkcijām
- Atbalstītā izvēršana pie **replicēšanas partneriem** nodrošina ilgtspējību pēc projekta







## **THERMOS maksimālai izmantošanai ir nepieciešama:**

- Izpratne par ēku termālās enerģijas sistēmām
- Labas vietējās zināšanas par izpētes teritoriju
- Ideālā variantā tas iekļaus piekļuvi vietējiem datiem par:
  - ēku pieprasījumu
  - piegādes vietām
  - tehnoloģijas un kurināmā izmaksām





## **THERMOS maksimālai izmantošanai ir nepieciešami:**

- Specifiski jautājumi, kas tiek kartēti pie THERMOS funkcijām
- Pietiekami mūsdienīgs dators ar labu interneta savienojumu, vēlams, ar instalētu pārlūku Chrome
- GIS prasmes un programmatūra, lai izveidotu ziņojumus par rezultātiem





## Kopsavilkums — THERMOS

- **THERMOS rīks** ir atklātā pirmkoda tīmekļa lietotne uz kartes pamata, kas ir pielāgota enerģijas plānotāju reālajām prasībām, lai paātrinātu un padarītu efektīvāku siltumtīkla plānošanu, kā arī gādātu par tā izmaksu efektivitāti.
- Tas identificē vislabāko risinājumu (atkarībā no lietotāja "*vislabākā*" definējuma), ņemot vērā pieejamās energoapgādes, pieprasījuma un sadales ceļu kopumu.
- Izstrādāts sadarbībā ar četrām THERMOS pilotprojekta pilsētām un testēts četrās THERMOS replicēšanas pilsētās.
- Notiek tā attīstība — galīgā versija ir gaidāma 2019. gada sākumā.



# Pateicības

## ***Imperial College***

Prof. Nilay Shah

James Keirstead

Nouri Samsatli

Sara Giarola

Clemence Morlet

Romain Lambert

Koen H. van Dam

Salvador Acha

Axelle Delangle

Mark Jennings

Kostas Zavitsas

Miles Loeber

## ***CSE Bristol***

Josh Thumim

Tom Hinton

Richard Tiffin

Glenn Searby

Martin Holley



# THERMOS



web

[thermos-project.eu](https://thermos-project.eu)



email

[info@thermos-project.eu](mailto:info@thermos-project.eu)



twitter

[@THERMOS\\_eu](https://twitter.com/THERMOS_eu)



linkedin

[THERMOS project](https://www.linkedin.com/company/THERMOS-project)



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement no 723636. The sole responsibility for the content of this presentation lies with its author and in no way reflects the views of the European Union.