

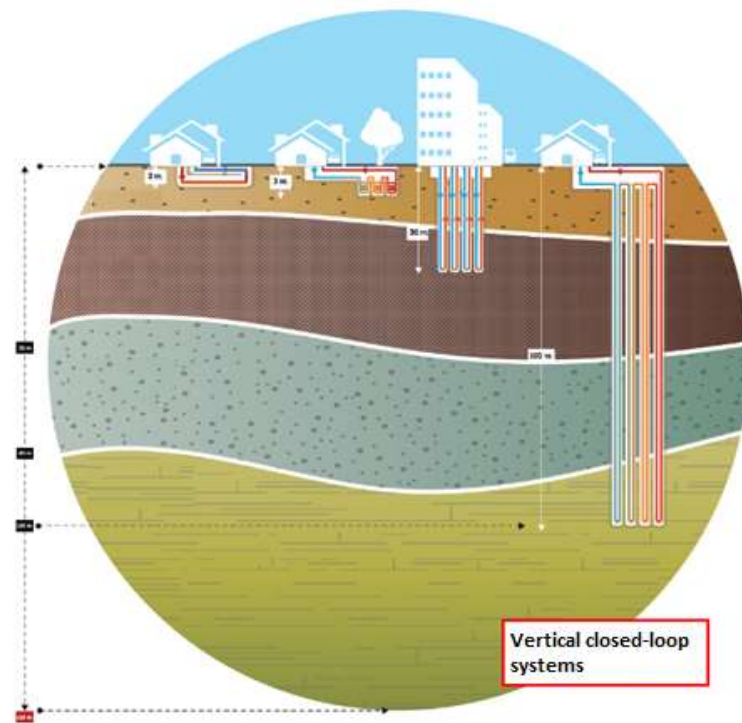
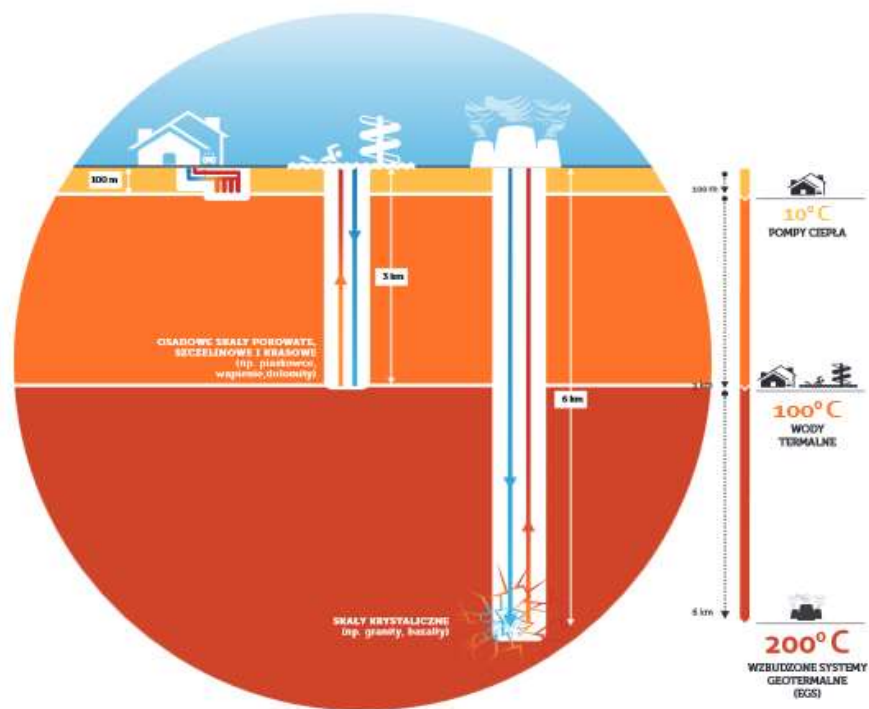
Właściwości i potencjał termalny podłoża na terenach zurbanizowanych. Studium przypadku – Warszawa

*Mateusz Żeruń, Aleksandra Łukawska,
Edyta Majer, Krzysztof Majer,
Grzegorz Ryżyński*

Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy



Rodzaje instalacji geotermalnych

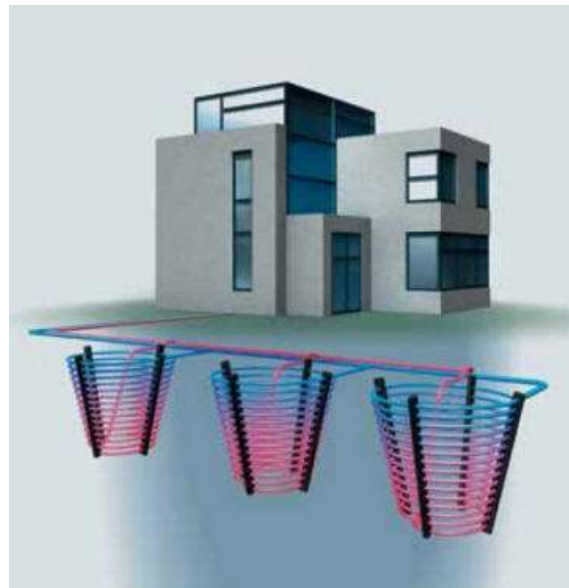


Rodzaje instalacji wykorzystujących zasoby bardzo płytkiej energii geotermalnej

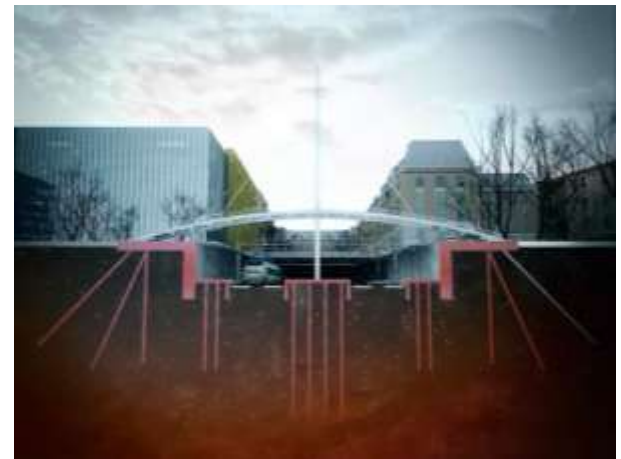
Wymienniki horyzontalne



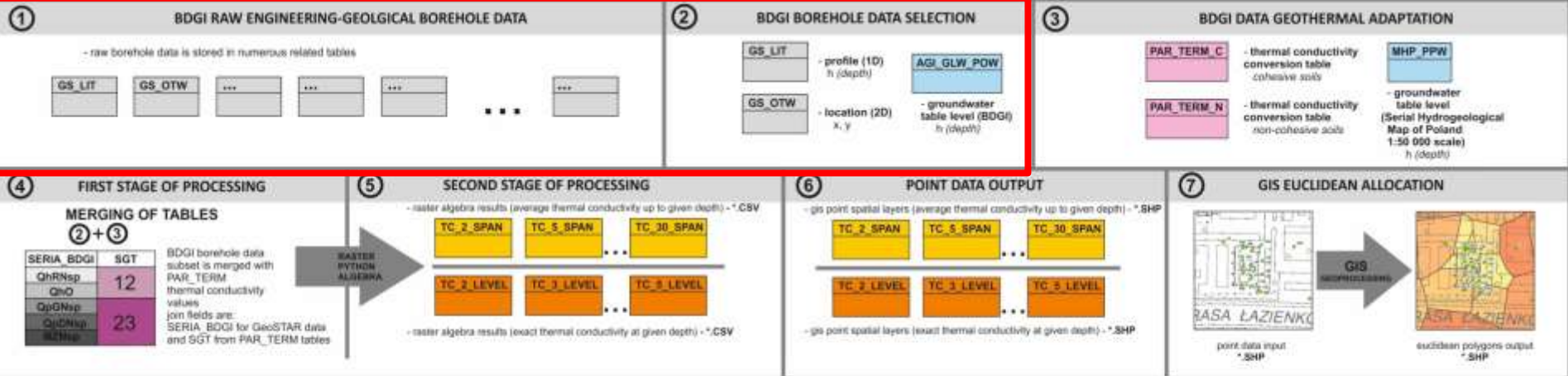
Wymienniki koszowe



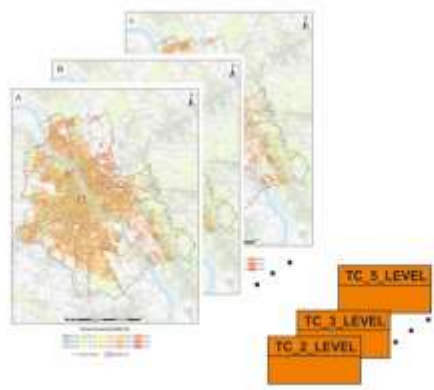
Termoaktywne elementy posadowienia budowli



Proces tworzenia map

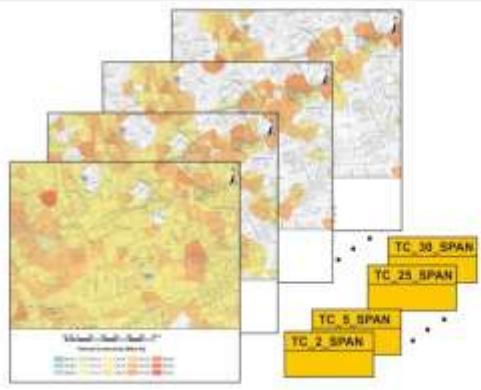


8 FINAL MAP LAYOUTS



- gis polygon spatial layers (exact thermal conductivity at given depth) *.SHP

+ layout symbolisation *.LYR

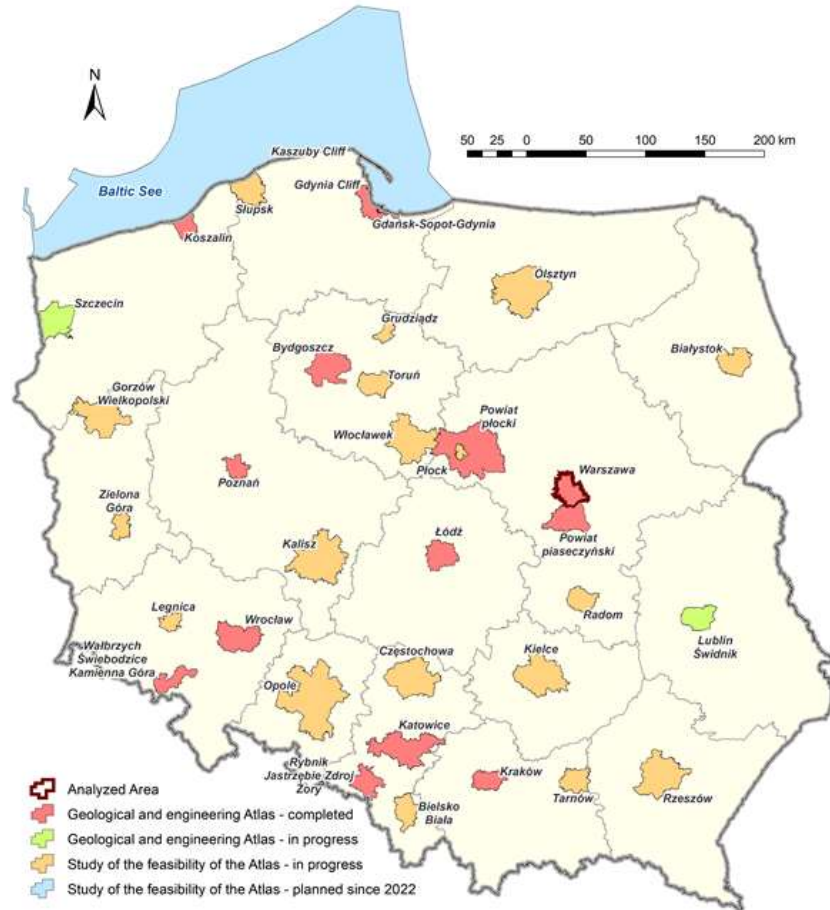


- gis polygon spatial layers (average thermal conductivity up to given depth) *.SHP

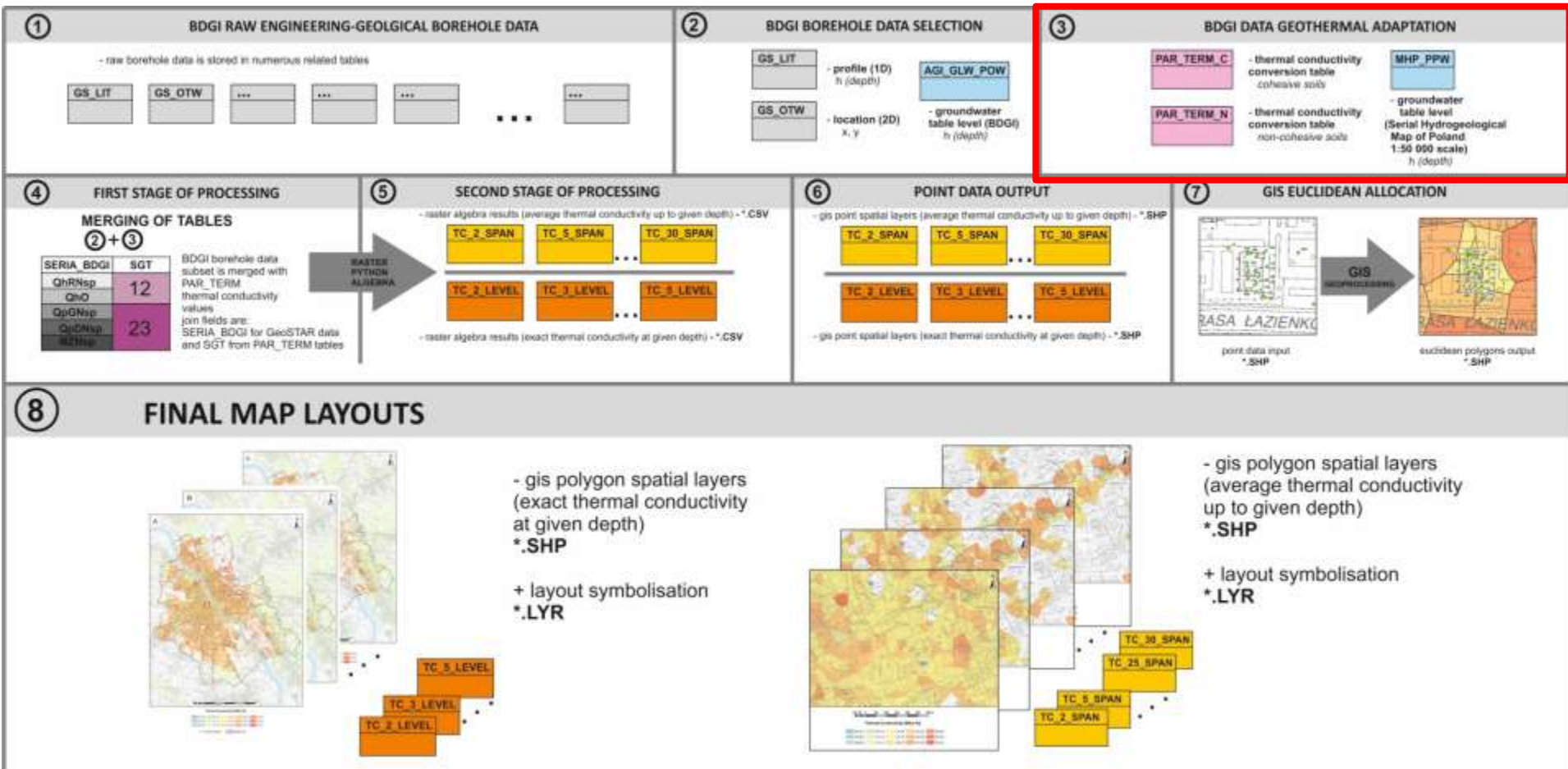
+ layout symbolisation *.LYR

Baza Danych Geologiczno-Inżynierskich

- Ponad 500 000 otworów wiertniczych
- Ponad 35 000 otworów na obszarze Warszawy



Proces tworzenia map



Metodyka pomiarów



Article

Serial Laboratory Effective Thermal Conductivity Measurements of Cohesive and Non-cohesive Soils for the Purpose of Shallow Geothermal Potential Mapping and Databases—Methodology and Testing Procedure Recommendations

Aleksandra Łukawska ¹, Grzegorz Rzyżyński and Mateusz Żerzeń ²

¹ Polish Geological Institute-National Research Institute, Rakowiecka 4 Street, 00-675 Warsaw, Poland; agrozga@zygzynski.pl (g.r.)

² Correspondence: aleksandra.lukawska@pgi.gov.pl (A.L.); mateusz.zerzen@pgi.gov.pl (M.Z.)

Received: 29 December 2019; Accepted: 13 February 2020; Published: 18 February 2020



Abstract: The article presents the methodology of conducting serial laboratory measurements of thermal conductivity of non-cohesive samples of cohesive and non-cohesive soils. The presented research procedure has been developed for the purpose of supplementing the Engineering-Geology Database and its part—Physical and Mechanical Properties of Soils and Rocks (BDCG-WFM) with a new component regarding thermal properties of soils. The data contained in BDCG-WFM are the basis for the development of maps and plans for the assessment of geothermal potential and support for the sustainable development of low enthalpy geothermal energy. Effective thermal conductivity of soils was studied at various levels of water saturation and various degrees of compaction. Cohesive soils were tested in initial moisture content and after drying to a constant mass. Non-cohesive soils were tested in initial moisture, fully saturated with water and after drying to a constant mass. Effective thermal conductivity of non-cohesive soils was determined in samples mechanically compacted to the literature values of bulk density. Basic physical parameters were determined for each of the samples. In total, 120 measurements of thermal conductivity were carried out, for the purposes of developing the guidelines which allowed statistical analysis of the results. The results were cross-checked with different measuring equipment and with the literature data.

Keywords: thermal properties of soil; transient line source method; ground source heat exchangers; geological mapping and databases; low enthalpy geothermal energy

1. Introduction

Thermal conductivity coefficient values of soil are useful in many subjects connected with energetics. Dynamic development of renewable energy sources and increasing awareness of necessity to reduce the use of fossil fuels are main trends that drive rising interest on thermal parameters of soil and rocks. Recognition of soil's thermal properties and parameters is essential when it comes to proper designing and building installations that use geothermal heat for energetics purposes, e.g., ground source heat pumps, [1–3]. At the same time, incorporating into the building thermally active construction elements that use thermal potential of a soil-rock medium, and exchange heat between the ground and building is getting more and more popular. Few examples of those constructions are thermally active foundations, foundation piles or tunnel walls [4–6].

Thermal properties of soil play key role also in determining possibilities of heat transfer in case of underground transmission infrastructure like high-voltage cables or district heating systems [7] as well as in terms of radioactive waste storage [8].

VI OGÓLNOPOLSKI KONGRES GEOTERMALNY, 23-25.10.2018, Zakopane

Wyłyczne do prowadzenia seryjnych oznaczeń laboratoryjnych przewodności cieplnej gruntów spójnych i niespójnych na potrzeby sporządzania map i baz danych potencjału geotermii niskotemperaturowej.



GRZEGÓRZ RZYŻYŃSKI, ALEKSANDRA ŁUKAWSKA, MATEUSZ ŻERZEN
 Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-675 Warszawa
 grzegorz.rzyzynski@pgi.gov.pl, aleksandra.lukawska@pgi.gov.pl, mateusz.zerzen@pgi.gov.pl

WSTĘP

Wartość przewodności cieplnej do prowadzenia seryjnych oznaczeń laboratoryjnych przewodności termicznej gruntów spójnych i niespójnych musi być zawsze pomiarowa, niezależnie od sposobu pomiaru. Wskazania teoretyczne nie mogą być wykorzystane do seryjnych pomiarów. Wskazania teoretyczne nie mogą być wykorzystane do seryjnych pomiarów. Wskazania teoretyczne nie mogą być wykorzystane do seryjnych pomiarów.

Wartość do pomiaru gruntu spójnego (plastyczny i półplastyczny), wyznaczona do seryjnych pomiarów (zgodnie z normą), wyznaczona do seryjnych pomiarów (zgodnie z normą), wyznaczona do seryjnych pomiarów (zgodnie z normą).

METODYKA I SPRZĘT POMIAROWY

Wskazania teoretyczne seryjnych pomiarów (zgodnie z normą), wyznaczona do seryjnych pomiarów (zgodnie z normą), wyznaczona do seryjnych pomiarów (zgodnie z normą).

Wartość do pomiaru gruntu niespójnego (piaski i żwirki), wyznaczona do seryjnych pomiarów (zgodnie z normą), wyznaczona do seryjnych pomiarów (zgodnie z normą), wyznaczona do seryjnych pomiarów (zgodnie z normą).

Wartość do pomiaru gruntu niespójnego (piaski i żwirki), wyznaczona do seryjnych pomiarów (zgodnie z normą), wyznaczona do seryjnych pomiarów (zgodnie z normą), wyznaczona do seryjnych pomiarów (zgodnie z normą).



Figure 1. Sprzęt laboratoryjny wykorzystywany do badań przewodności cieplnej. 1) Aparat pomiarowy, 2) próbek gruntu, 3) urządzenie pomiarowe.



UZYSKANE WYNIKI I WNIOSKI

Wyniki pomiarów na Fig. 2 oraz 3 w porównaniu z wartościami teoretycznymi. Wyniki pomiarów w porównaniu z wartościami teoretycznymi. Wyniki pomiarów w porównaniu z wartościami teoretycznymi.

Wyniki pomiarów w porównaniu z wartościami teoretycznymi. Wyniki pomiarów w porównaniu z wartościami teoretycznymi. Wyniki pomiarów w porównaniu z wartościami teoretycznymi.

Figure 2. Porównanie wyników pomiarów z wartościami teoretycznymi. Wyniki pomiarów w porównaniu z wartościami teoretycznymi.

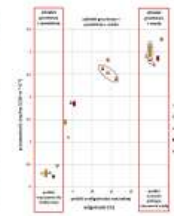


Figure 2. Wykresy współzależności pomiarów i wartości teoretycznych przewodności cieplnej gruntów spójnych. Wyniki pomiarów w porównaniu z wartościami teoretycznymi.

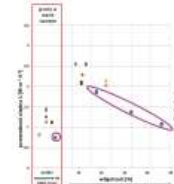


Figure 3. Wykresy współzależności pomiarów i wartości teoretycznych przewodności cieplnej gruntów niespójnych. Wyniki pomiarów w porównaniu z wartościami teoretycznymi.

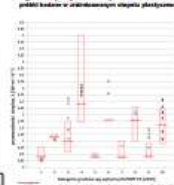


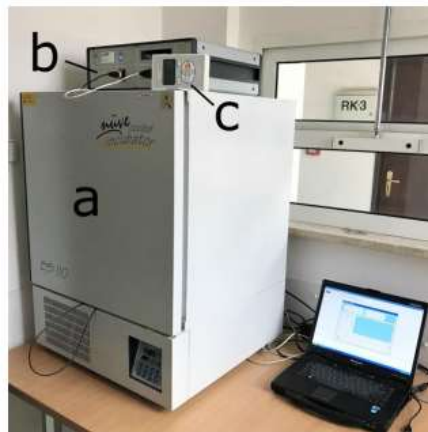
Figure 4. Wykresy współzależności pomiarów i wartości teoretycznych przewodności cieplnej gruntów niespójnych. Wyniki pomiarów w porównaniu z wartościami teoretycznymi.



Pomiar terenowy



Pomiar laboratoryjny



Baza danych właściwości termicznych gruntów i skał

The screenshot displays the DBeaver 6.1.3 interface for a database named 'Firebird - BDWTGS104'. The left sidebar shows a tree view of the database structure, including tables, views, and procedures. The main workspace shows a 'Properties' view for a selected table, listing its columns and data types. The 'DICTIONARY' tab is active, showing a list of tables and their columns. The 'SAMPLE' table is highlighted, showing its columns: NR, DATE_SAMP, S_ID, S_ID_ARCH_DESCRIPTION, FLAT, LAT, LONG, E_LONG, ALTITUDE, SAMPL_DEPTH, COUNTRY, X_WGS_84_DEC, Y_WGS_84_DEC, X_1992, Y_1992, B_WGS_84_ANG, L_WGS_84_ANG, USER_DEF1, USER_DEF2, USER_DEF3, DATE_TIME, and USERNAME. The 'KD2PRO' table is also visible, with columns: NR, S_ID, M_ID, M_TIME, SENSOR, T_CON, RES, H_CAP, DIF, ERR, T_O, R_TIME, P_MODE, and POWER. The bottom right corner shows a preview of data from the 'SAMPLE' table, with columns: NR, DATE_SAMP, S_ID, S_ID_ARCH_DESCRIPTION, FLAT, LAT, LONG, E_LONG, ALTITUDE, SAMPL_DEPTH, COUNTRY, X_WGS_84_DEC, Y_WGS_84_DEC, X_1992, Y_1992, B_WGS_84_ANG, L_WGS_84_ANG, USER_DEF1, USER_DEF2, USER_DEF3, DATE_TIME, and USERNAME.

DICTIONARY

- TABLE_NAME
- TABLE_COL_NR
- COLUMN_NAME
- COLUMN_DESCRIPTION
- DATA_TYPE
- FIELD_LENGTH
- UNIT

SOIL_PAR

- NR
- S_ID
- M_ID
- T_ID
- W_STAT
- W_STAT_T
- MOISTURE
- MOIST_T
- POROSITY
- POR_T
- LBO
- BO
- CO
- CCR
- MGR
- FOR
- CSA
- MSA
- FSA
- U_SA
- CSI
- MSI
- FSI
- CL
- SPSD_T
- SYMBOL
- R_DENS
- R_DENS_T
- B_DENS
- B_DENS_T
- SP_DENS
- SP_DENS_T
- ORG_CON
- ORG_CON_T
- COLOR_D
- COLOR_C
- HCL
- APS
- AMP
- BT

SAMPLE_GEOLOGY

- NR
- S_ID
- SAM_DESC
- PICTURE
- L_TYPE
- LITHOLOGY
- GENESIS
- EON
- ERA
- PERIOD
- EPOCH
- AGE
- GEO_UNIT
- USER_DEF1
- USER_DEF2
- USER_DEF3
- DATE_TIME
- USERNAME

THERM_PAR

- NR
- L_ID
- M_ID_AVG
- DATE_M
- TEMP_D_K
- M_DEV
- M_PROB
- M_LEN
- M_POW
- M_DIR
- T_CON
- EPOCH
- AGE
- GEO_UNIT
- USER_DEF1
- USER_DEF2
- USER_DEF3
- DATE_TIME
- USERNAME

SAMPLE

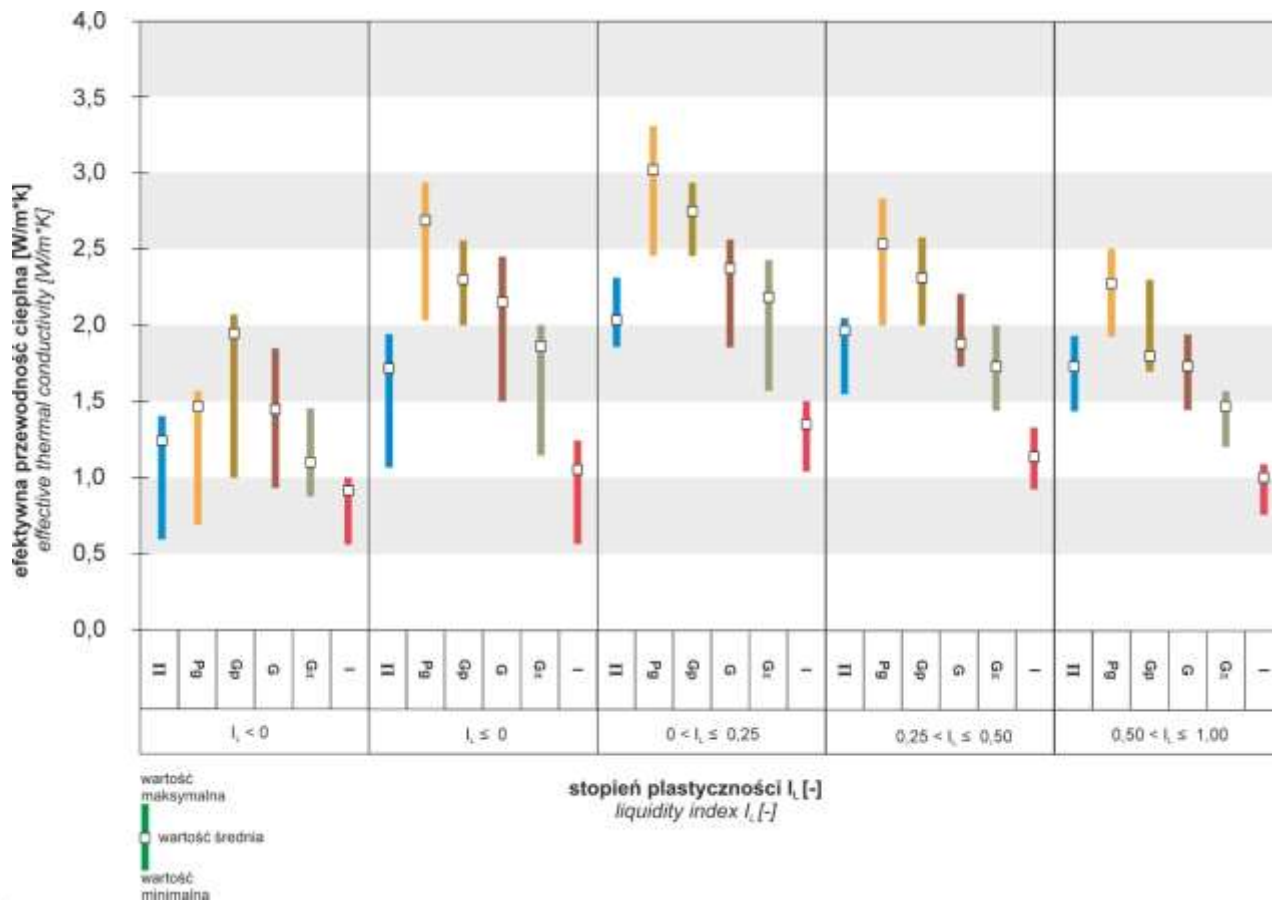
- NR
- DATE_SAMP
- S_ID
- S_ID_ARCH_DESCRIPTION
- FLAT
- LAT
- LONG
- E_LONG
- ALTITUDE
- SAMPL_DEPTH
- COUNTRY
- X_WGS_84_DEC
- Y_WGS_84_DEC
- X_1992
- Y_1992
- B_WGS_84_ANG
- L_WGS_84_ANG
- USER_DEF1
- USER_DEF2
- USER_DEF3
- DATE_TIME
- USERNAME

KD2PRO

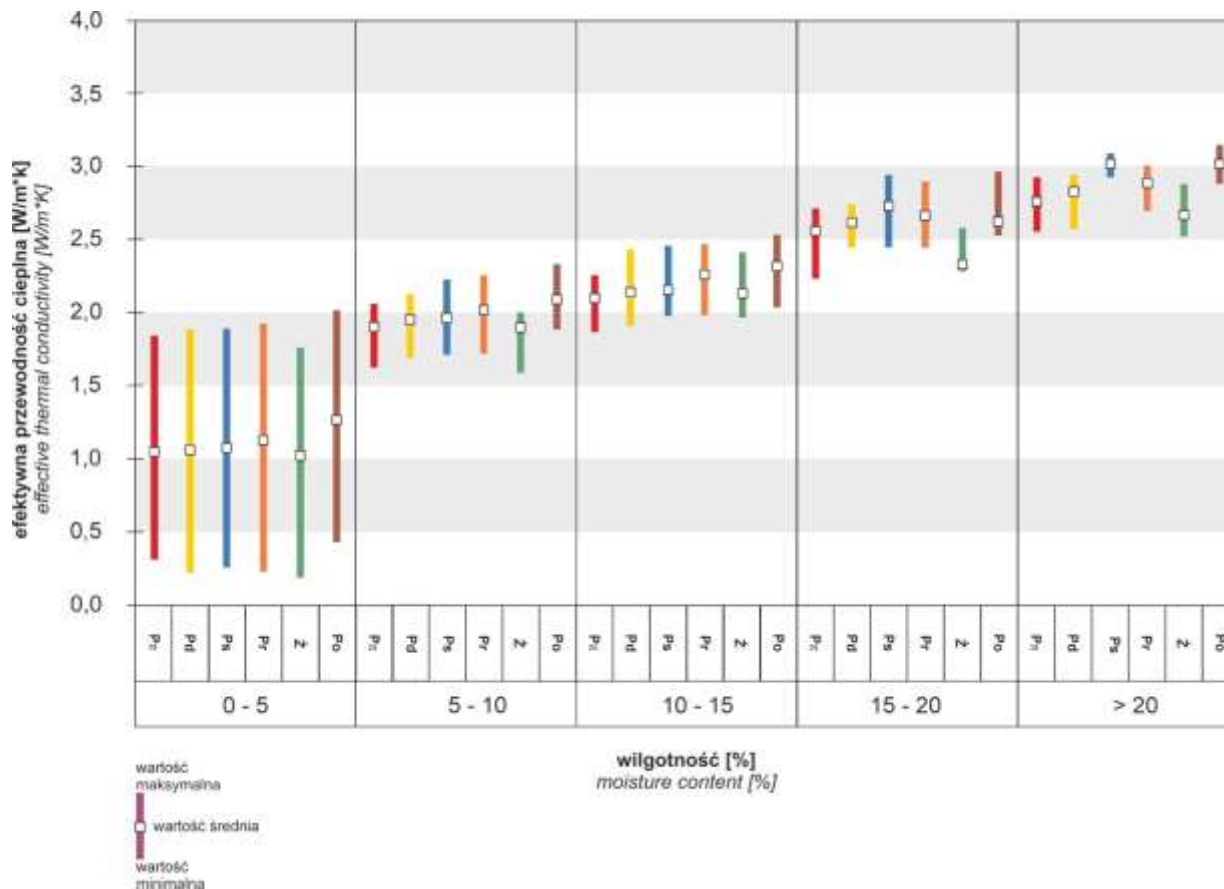
- NR
- S_ID
- M_ID
- M_TIME
- SENSOR
- T_CON
- RES
- H_CAP
- DIF
- ERR
- T_O
- R_TIME
- P_MODE
- POWER

NR	DATE_SAMP	S_ID	S_ID_ARCH_DESCRIPTION	FLAT	LAT	LONG	E_LONG	ALTITUDE	SAMPL_DEPTH	COUNTRY	X_WGS_84_DEC	Y_WGS_84_DEC	X_1992	Y_1992	B_WGS_84_ANG	L_WGS_84_ANG	USER_DEF1	USER_DEF2	USER_DEF3	DATE_TIME	USERNAME
1	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
2	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
3	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
4	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
5	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
6	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
7	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
8	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
9	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
10	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
11	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
12	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
13	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
14	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
15	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
16	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
17	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
18	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
19	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
20	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
21	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
22	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
23	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
24	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
25	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
26	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
27	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
28	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
29	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
30	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
31	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
32	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
33	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
34	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
35	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
36	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
37	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
38	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
39	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
40	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
41	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
42	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
43	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
44	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
45	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
46	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
47	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
48	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
49	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN
50	1992-01-01	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				1992-01-01	ADMIN

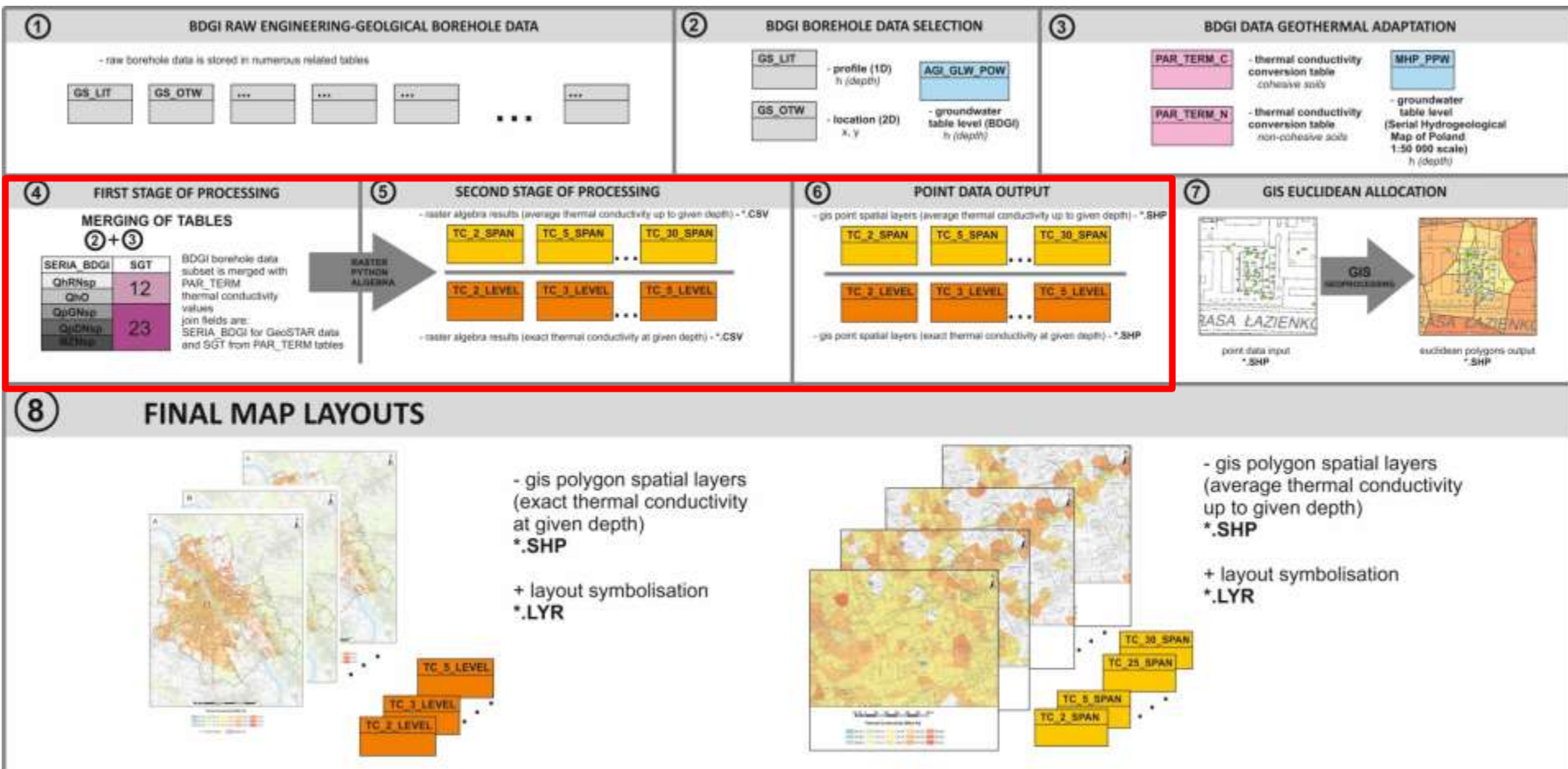
Przewodność termiczna gruntów spoistych



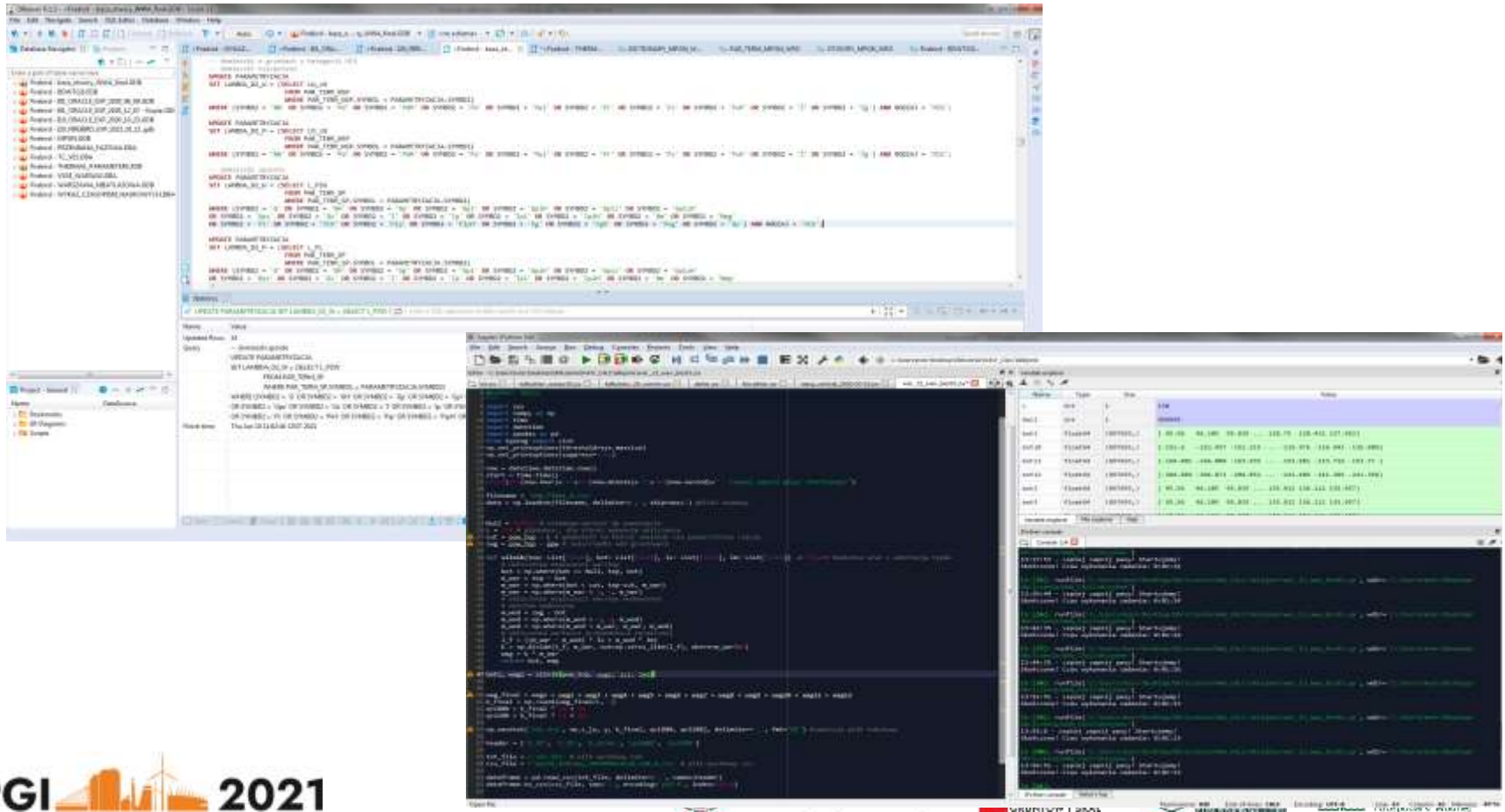
Przewodność termiczna gruntów niespoistych



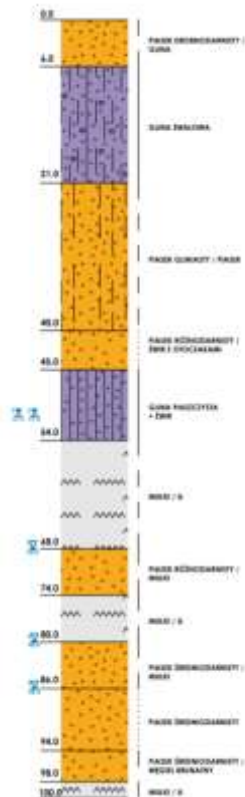
Proces tworzenia map



Algorytm obliczeniowy



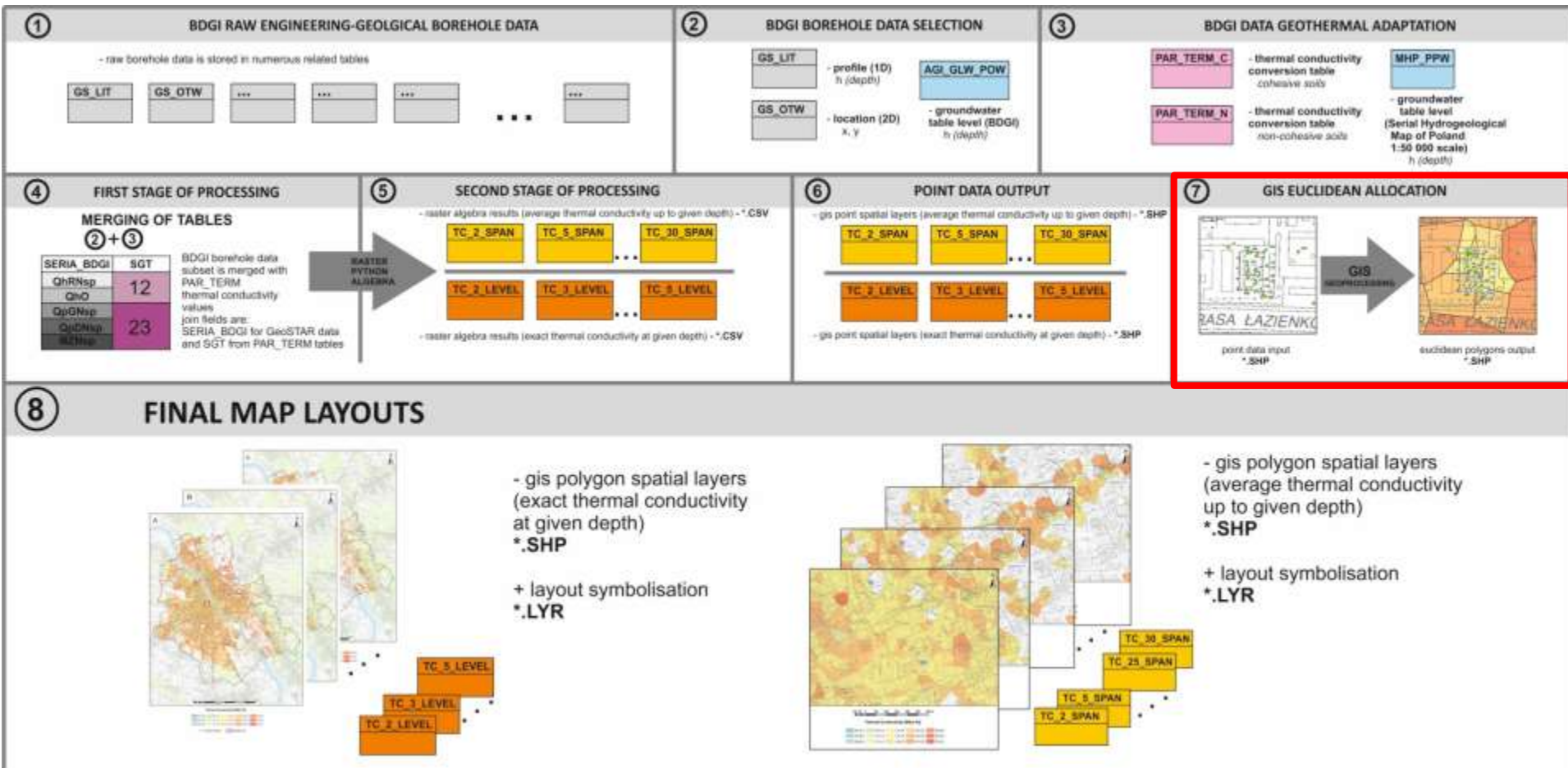
Reklasyfikacja profilu litologicznego



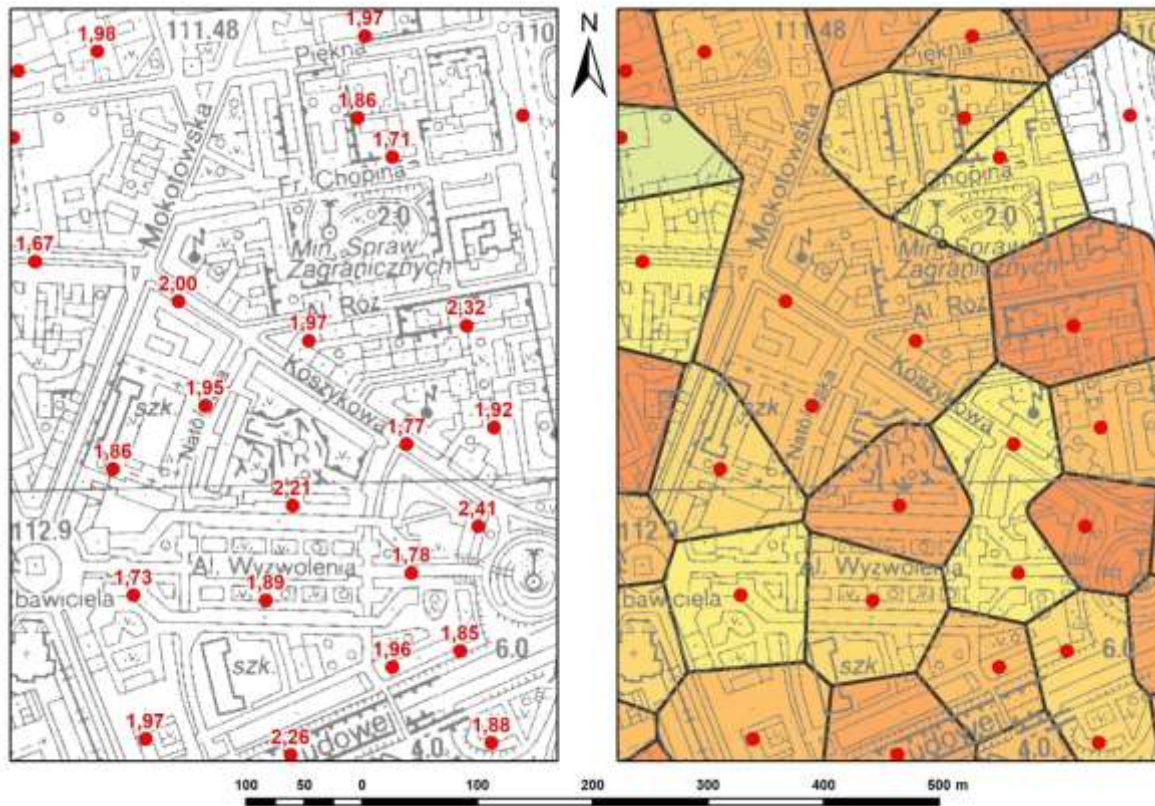
Lithological profile	Depth [m b.s.l.]	Thickness [m]	Groundwater level [m b.s.l.]	Thermal conductivity [W/m*K]
fine sand	0.0 – 4.0	4.0		0.9
glacial till	4.0 – 21.0	17.0		2.4
clayey sand	21.0 – 40.0	19.0		1.9
mixed sand	40.0 – 45.0	5.0		2.1
sandy loam + gravel	45.0 – 54.0	9.0	50.0	2.6
clayey silt	54.0 – 68.0	14.0		2.0
mixed sand	68.0 – 74.0	6.0	68.0	2.9
clayey silt	74.0 – 80.0	6.0		2.0
silty sand	80.0 – 86.0	6.0	80.0	2.5
medium sand	86.0 – 94.0	8.0	86.0	2.8
medium sand + lignite	94.0 – 98.0	4.0		2.4
clayey silt	98.0 – 100.0	2.0		2.0

$$\lambda_1 = \frac{(4.0m \cdot 1.7 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (17.0m \cdot 2.4 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (19.0m \cdot 1.9 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (5.0m \cdot 2.4 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (9.0m \cdot 1.3 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (14.0m \cdot 2.1 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (6.0m \cdot 1.3 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (6.0m \cdot 2.6 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (6.0m \cdot 0.4 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (8.0m \cdot 2.8 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (4.0m \cdot 1.0 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (2.0m \cdot 1.0 \text{ W/m} \cdot \text{K})}{100} = 2.14 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

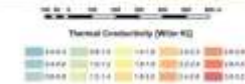
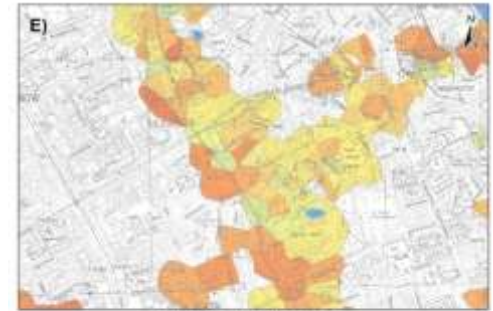
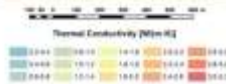
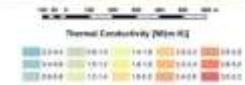
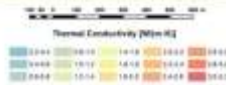
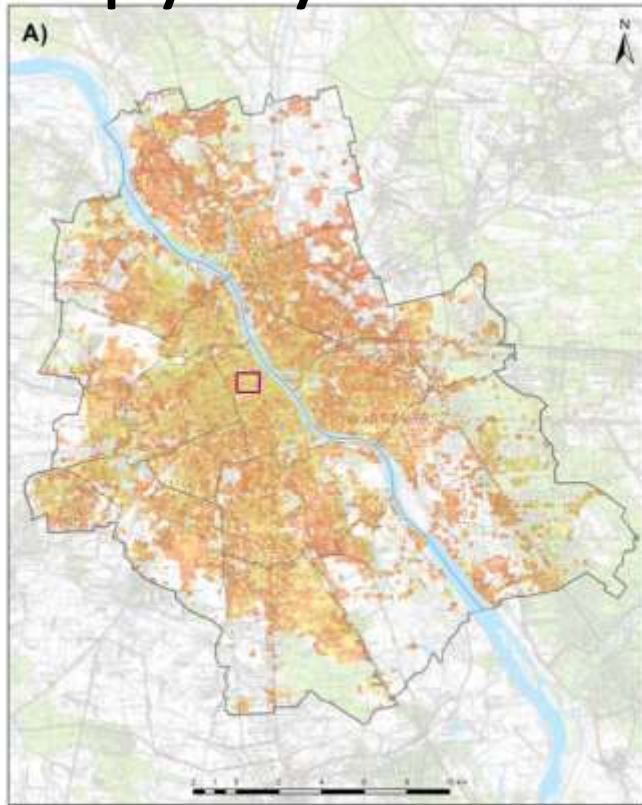
Proces tworzenia map



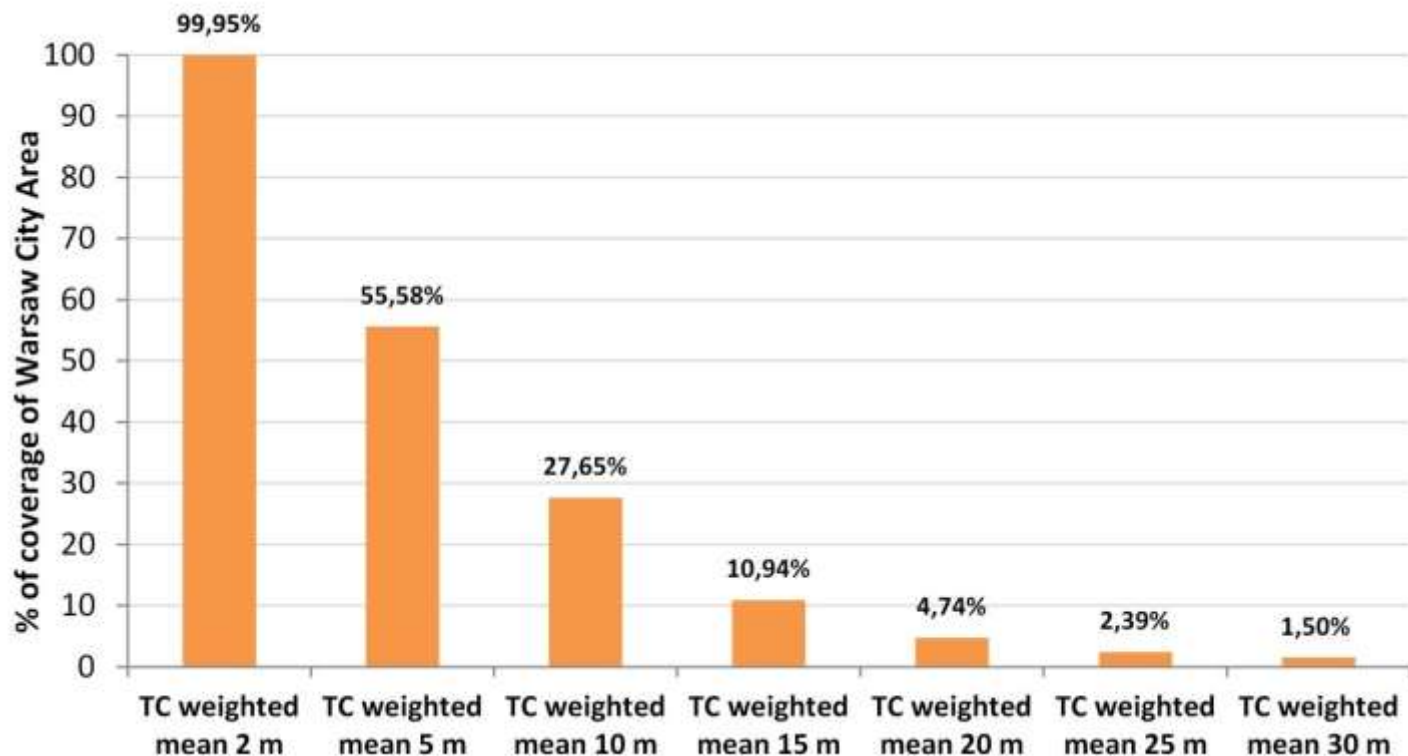
Alokacja euklidesowa



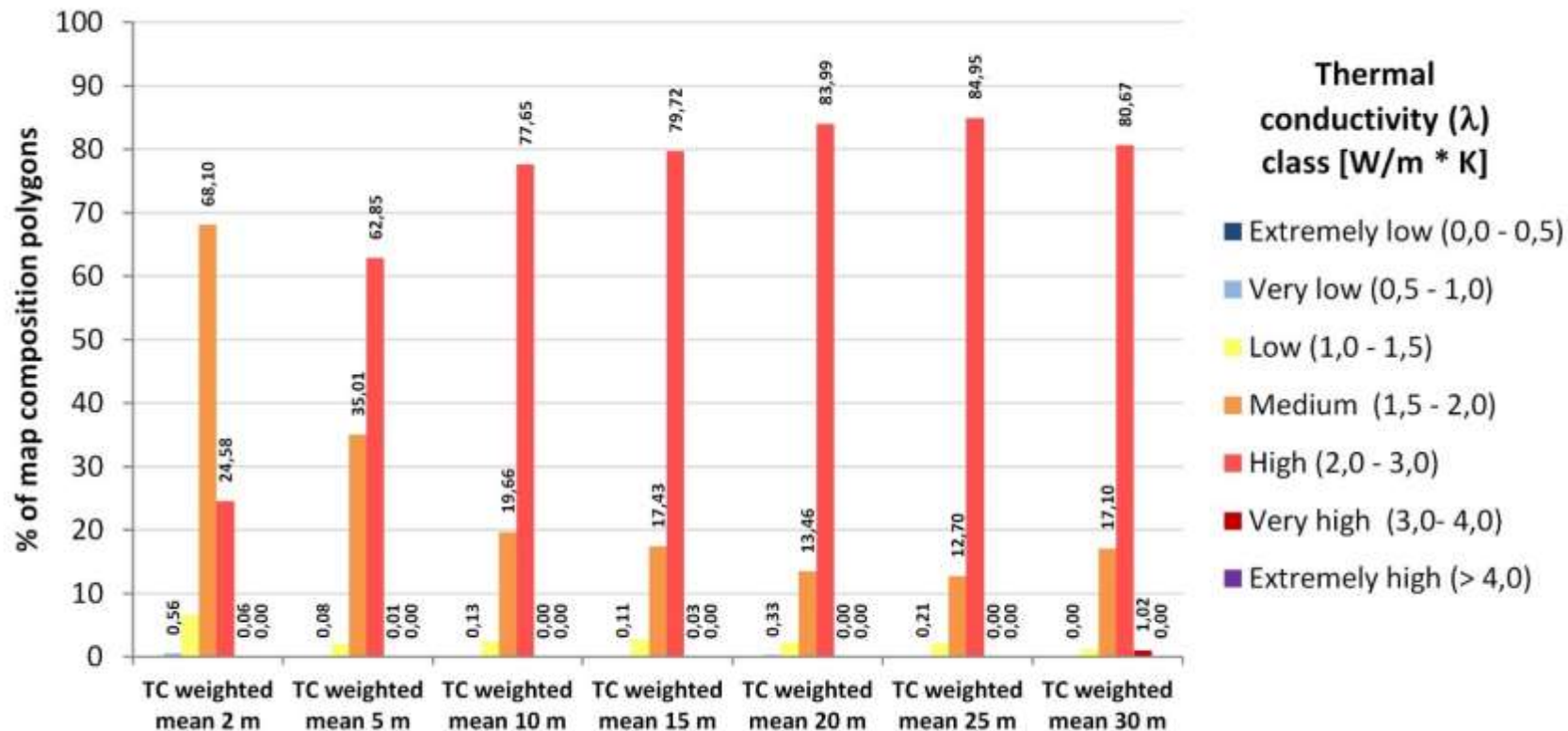
Mapy wynikowe



Procentowy udział powierzchni miasta objęty analizą



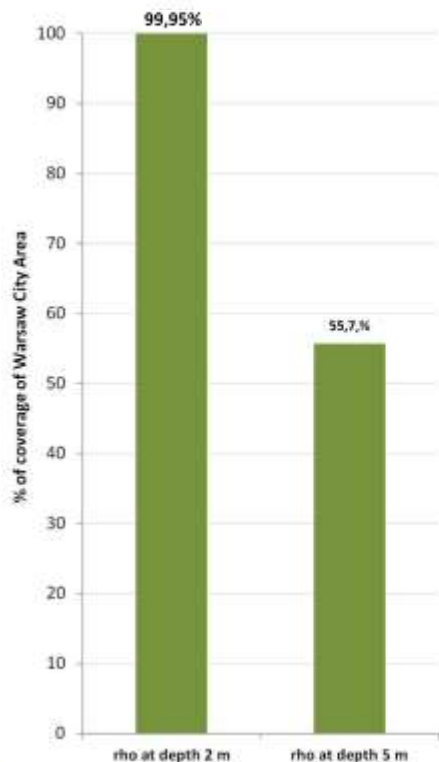
Rozkład przewodności termicznej w klasach do zadanych głębokości



Mapy wynikowe



Procentowy udział powierzchni miasta objęty analizą



Rozkład przewodności termicznej w klasach do zadanych głębokości

