

Raport Badawczy

RB/10/2014

Research Report

**Proposals of effective ways for
uncertainty reduction in the Polish
greenhouse gas inventory system**

**R. Bun, O. Danylo, P. Topylko, N.
Charkovska, M. Halushchak,
O. Striamets, Z. Nahorski, J. Horabik,
J. Jarnicka**

**Instytut Badań Systemowych
Polska Akademia Nauk**

**Systems Research Institute
Polish Academy of Sciences**



POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

ul. Newelska 6

01-447 Warszawa

tel.: (+48) (22) 3810100

fax: (+48) (22) 3810105

Kierownik Zakładu zgłaszający pracę:
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Nahorski

Warszawa 2014

D 1.4

Version 1
Date 30.10.2012
Author LPNU, SRI
Dissemination level PP
Document reference D 1.4

GESAPU

Geoinformation technologies, spatio-temporal approaches, and full carbon account for improving accuracy of GHG inventories

Deliverable 1.4. Proposals of effective ways for uncertainty reduction in the Polish greenhouse gas inventory system

*Rostyslav Bun, Olha Danylo (Editors),
Petro Topylko, Nadiia Charkovska, Mariia Halushchak, Oleksandr Striamets*
Lviv Polytechnic National University, Ukraine;
Zbigniew Nahorski, Joanna Horabik, Jolanta Jarnicka,
Systems Research Institute, Polish Academy of Sciences, Poland

Delivery Date: M44

Project Duration	24 June 2010 – 23 June 2014 (48 Months)
Coordinator	Systems Research Institute of the Polish Academy of Sciences (SRI)
Work package leader	Lviv Polytechnic National University, Ukraine Systems Research Institute of the Polish Academy of Sciences (SRI)

Disclaimer

The information in this document is subject to change without notice. Company or product names mentioned in this document may be trademarks or registered trademarks of their respective companies.

All rights reserved

The document is proprietary of the GESAPU consortium members. No copying or distributing, in any form or by any means, is allowed without the prior written agreement of the owner of the property rights. This document reflects only the authors' view.

This project is supported by funding by the European Commission: FP7-PEOPLE-2009-IRSES, Project n° 247645.

4. Main components of uncertainty reduction on the basis of spatial inventory and modeling of greenhouse gas emissions in Poland: central heat production

Using the created database of heat production for general use in Poland and the developed approach to the analysis of the uncertainty of greenhouse gases emissions, the numerical experiments were realized to study the uncertainty of the emissions in 2010.

To simulate the uncertainty of the emission of greenhouse gases, the Excel file, with the necessary input data and their uncertainties, was created. In the experiments carried out, the average coefficients for Poland and the bounds of their uncertainty ranges were used. This was because of the lack of detailed data for individual companies - manufacturers of heat, municipalities, districts, or voivodeships. Parts of the geodistributed database with input parameters for analysis of greenhouse gas emission uncertainty for heat production in Poland are presented in *Table 4.1* (coal), *Table 4.2* (natural gas), and *Table 4.3* (fuel oil).

The results of the numerical experiments for the analysis of uncertainty in the heat production category in Poland consist of a set of numerical values of emissions and corresponding uncertainties. *Table 4.4* presents the results obtained for twenty cities, with the highest greenhouse gas emissions in 2010.

A consequence of using the average coefficients of emissions, fuel calorific values, and their uncertainty bounds of the 95% confidence interval is a considerable uncertainty of the company greenhouse gas emissions, when compared with the total emission (both for the selected twenty cities, and for Poland as a whole). A comparison of the values obtained during the spatial inventory and modeling of greenhouse gas emissions, taking into account the uncertainty for the twenty cities in Poland with the biggest emissions of greenhouse gases in 2010, is demonstrated in *Figure 4.1* (see also *Table 4.1*).

The biggest difference between the results of the inventory and the values modeled was observed for Kraków, Szczecin, Bydgoszcz, Opole, Lublin, Kielce, and Białystok. It was equal 1.3%. For other cities, the difference between the values studied was 1.2%.

The results of this comparison indicate high accuracy of the developed mathematical approach to spatial inventory of greenhouse gas emissions in the production of heat for cities, despite the fact that, in the modeling the average "national" coefficients and the bounds of uncertainty range have been used.

The total uncertainties of the results of the inventory of greenhouse gas emissions in the production of heat with district distribution in Polish cities in 2010 were as follows (in %): carbon dioxide (-2.0: 2.1), methane (2.8: 2.9), and nitrous oxide (-2.6: 2.7). The total uncertainty of the inventory results for main greenhouse gases in CO₂ equivalent was in the range of -2.0% to 2.1%.

Table 4.1. Fragment of the geodistributed database with input parameters for analysis of greenhouse gas uncertainty: heat production (coal).

ID	Name	Region	District	Type of fuel	Amount of used fuel, tones	Uncertainties of statistical data, [%]	CO ₂ emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	CH ₄ emission coefficient, [t/TJ]	Low bound, [%]	Upper bound, [%]	N ₂ O emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	Calorific value of fuel, [TJ/t]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]
401011	Aleksandrów Kuj.	Kujawsko-Pomorskie	aleksandrowski	2	1701,67	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
1020044	Aleksandrów Łódz.	Łódzkie	zgierski	2	2869,32	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
1203014	Alwernia	Małopolskie	chrzanowski	2	842,48	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
1218014	Andrychów	Małopolskie	wadowicki	2	2464,08	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
607024	Annopol	Lubelskie	kraśnicki	2	718,47	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
2001011	Augustów	Podlaskie	augustowski	2	12754,69	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
809014	Babimost	Lubuskie	zielonogórski	2	7,23	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
1602014	Baborów	Opolskie	głubczycki	2	682,83	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
1820014	Baranów Sandom.	Podkarpackie	tarnobrzesci	2	282,52	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
419014	Barcin	Kujawsko-Pomorskie	żninski	2	2677,68	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
2814014	Barczewo	Warmińsko-Mazurskie	olsztyński	2	1843,81	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
224014	Bardo Śl.	Dolnośląskie	ząbkowicki	2	26,88	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
3210014	Barlinek	Zachodniopomorskie	mysliborski	2	4658,48	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
2801011	Bartoszyce	Warmińsko-Mazurskie	bartoszycki	2	10305,46	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
3215024	Barwice	Zachodniopomorskie	szczecinecki	2	1592,61	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
1001011	Bełchatów	Łódzkie	bełchatowski	2	18100,40	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
609014	Bełzyce	Lubelskie	lubelski	2	668,93	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
1610014	Biała Prudnicka	Opolskie	prudnicki	2	720,55	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5

Table 4.1. (Continuation) Fragment of the geodistributed database with input parameters for analysis of greenhouse gas uncertainty: heat production (coal).

ID	Name	Region	District	Type of fuel	Amount of used fuel, tones	Uncertainties of statistical data, [%]	CO ₂ emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	CH ₄ emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	N ₂ O emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	Calorific value of fuel, [TJ/t]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]
2816014	Biała Piska	Warmińsko-Mazurskie	piski	2	1422,74	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
661011	Biała Podl.	Lubelskie	Biała Podlaska	2	16471,20	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
1013024	Biała Rawska	Łódzkie	rawski	2	272,75	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
3201011	Białogard	Zachodniopomorskie	białogardzki	2	6103,58	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
3215034	Biały Bór	Zachodniopomorskie	szczecinecki	2	878,07	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
2061011	Białystok	Podlaskie	Białystok	2	117731,00	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
1205024	Biecz	Małopolskie	gorlicki	2	1299,86	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
202011	Bielawa	Dolnośląskie	dzierżoniowski	2	237,12	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
2003011	Bielsk Podl.	Podlaskie	bielski	2	4264,21	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
2461011	Bielsko Biała	Śląskie	Bielsko-Biała	2	68634,20	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
214024	Bierutów	Dolnośląskie	oleśnicki	2	702,23	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
2414011	Bieruń Stary	Śląskie	bieruńsko-łędziński	2	490,46	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
1437014	Biezuń	Mazowieckie	żurominski	2	349,14	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
2814024	Biskupiec	Warmińsko-Mazurskie	olsztyński	2	2567,73	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
2801044	Biszynek	Warmińsko-Mazurskie	bartoszycki	2	1027,69	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
602011	Biłgoraj	Lubelskie	biłgorajski	2	3272,63	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
2404014	Błachownia	Śląskie	częstochowski	2	1278,70	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
3209034	Bobolice	Zachodniopomorskie	koszaliński	2	214,61	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5
1201011	Bochnia	Małopolskie	bocheński	2	2608,70	2,0	94,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,022	19,0	20,5

Table 4.2. Fragment of the geodistributed database with input parameters for analysis of greenhouse gas uncertainty: heat production (natural gas).

ID	Name	Region	District	Type of fuel	Amount of used fuel, [th.m ³]	Uncertainties of statistical data, [%]	CO ₂ emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	CH ₄ emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	N ₂ O emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	Calorific value of fuel, [TJ/th.m ³]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]
401011	Aleksandrów Kuj.	Kujawsko-Pomorskie	aleksandrowski	1	33,68	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
1020044	Aleksandrów Łódz.	Łódzkie	zgierski	1	164,89	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
1203014	Alwernia	Małopolskie	chrzanowski	1	63,25	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
1218014	Andrychów	Małopolskie	wadowicki	1	184,99	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
607024	Annapol	Lubelskie	kraśnicki	1	12,09	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
2001011	Augustów	Podlaskie	augustowski	1	314,94	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
809014	Babimost	Lubuskie	zielonogórski	1	1,28	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
1602014	Baborów	Opolskie	głubczycki	1	37,03	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
1820014	Baranów Sandom.	Podkarpackie	tarnobrzeski	1	11,21	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
419014	Barcin	Kujawsko-Pomorskie	żninski	1	53,00	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
2814014	Barczewo	Warmińsko-Mazurskie	olsztyński	1	65,21	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
224014	Bardo Śl.	Dolnośląskie	ząbkowicki	1	1,69	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
3210014	Barlinek	Zachodniopomorskie	myśliborski	1	236,36	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
2801011	Bartoszyce	Warmińsko-Mazurskie	bartoszycki	1	364,45	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
3215024	Barwice	Zachodniopomorskie	szczecinecki	1	80,80	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
1001011	Bełchatów	Łódzkie	bełchatowski	1	1040,16	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
609014	Bełzyce	Lubelskie	lubelski	1	11,25	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
1610014	Biała Prudnicka	Opolskie	prudnicki	1	39,08	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96

Table 4.2. (Continuation) Fragment of the geodistributed database with input parameters for analysis of greenhouse gas uncertainty: heat production (natural gas).

ID	Name	Region	District	Type of fuel	Amount of used fuel, [th.m ³]	Uncertainties of statistical data, [%]	CO ₂ emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	CH ₄ emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	N ₂ O emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	Calorific value of fuel, [TJ/th.m ³]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]
2816014	Biała Piska	Warmińsko-Mazurskie	piski	1	50,32	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
661011	Biała Podl.	Lubelskie	Biała Podlaska	1	277,13	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
1013024	Biała Rawska	Łódzkie	rawski	1	15,67	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
3201011	Białogard	Zachodniopomorskie	białogardzki	1	309,68	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
3215034	Biały Bór	Zachodniopomorskie	szczecinecki	1	44,55	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
2061011	Białystok	Podlaskie	Białystok	1	2907,01	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
1205024	Biecz	Małopolskie	gorlicki	1	97,59	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
202011	Bielawa	Dolnośląskie	dzierżoniowski	1	14,93	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
2003011	Bielsk Podl.	Podlaskie	bielski	1	105,29	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
2461011	Bielsko Biała	Śląskie	Bielsko-Biała	1	3006,79	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
214024	Bierutów	Dolnośląskie	oleśnicki	1	44,21	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
2414011	Bieruń Stary	Śląskie	bieruńsko-lędziński	1	21,49	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
1437014	Biezuń	Mazowieckie	żuromiński	1	22,57	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
2814024	Biskupiec	Warmińsko-Mazurskie	olsztyński	1	90,81	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
2801044	Bisztynek	Warmińsko-Mazurskie	bartoszycki	1	36,34	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
602011	Biłgoraj	Lubelskie	biłgorajski	1	55,06	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
2404014	Błachownia	Śląskie	częstochowski	1	56,02	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
3209034	Bobolice	Zachodniopomorskie	koszaliński	1	10,89	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
1201011	Bochnia	Małopolskie	bocheński	1	195,85	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96
2604024	Bodzentyn	Świętokrzyskie	kielecki	1	7,63	2,0	55,8	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,034	3,11	4,96

Table 4.3. Fragment of the geodistributed database with input parameters for analysis of greenhouse gas uncertainty: heat production (fuel oil).

ID	Name	Region	District	Type of fuel	Amount of used fuel, [tonnes]	Uncertainties of statistical data, [%]	CO ₂ emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	CH ₄ emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	N ₂ O emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	Calorific value of fuel, [TJ/t]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]
1020044	Aleksandrów Łódź	Łódzkie	zgierski	3	8,39	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
1820014	Baranów Sandom.	Podkarpackie	tarnobrzescski	3	1,11	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2814014	Barczewo	Warmińsko-Mazurskie	olsztyński	3	11,74	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
224014	Bardo Śl.	Dolnośląskie	zabkowicki	3	0,11	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2801011	Bartoszyce	Warmińsko-Mazurskie	bartoszycki	3	65,64	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
1001011	Belchatów	Łódzkie	belchatowski	3	52,93	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2816014	Biała Piska	Warmińsko-Mazurskie	piski	3	9,06	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
1013024	Biała Rawska	Łódzkie	rawski	3	0,80	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
202011	Bielawa	Dolnośląskie	dzierżoniowski	3	0,98	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2461011	Bielsko Biała	Śląskie	Bielsko-Biała	3	252,56	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
214024	Bierutów	Dolnośląskie	oleśnicki	3	2,91	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2414011	Bieruń Stary	Śląskie	bieruńsko-lędziński	3	1,80	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
1437014	Biezuń	Mazowieckie	żuromiński	3	3,48	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2814024	Biskupiec	Warmińsko-Mazurskie	olsztyński	3	16,36	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2801044	Bisztynek	Warmińsko-Mazurskie	bartoszycki	3	6,55	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2404014	Błachownia	Śląskie	częstochowski	3	4,71	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
225034	Bogatynia	Dolnośląskie	zgorzelecki	3	18,67	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757

Table 4.3. (Continuation) Fragment of the geodistributed database with input parameters for analysis of greenhouse gas uncertainty: heat production (fuel oil).

ID	Name	Region	District	Type of fuel	Amount of used fuel, [tonnes]	Uncertainties of statistical data, [%]	CO ₂ emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	CH ₄ emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	N ₂ O emission coefficient, [t/TJ]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]	Calorific value of fuel, [TJ/t]	Lower bound, [%]	Upper bound, [%]
221011	Boguszów Gorce	Dolnośląskie	wałbrzyski	3	7,92	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
3022014	Bojanowo	Wielkopolskie	rawicki	3	1,14	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
201011	Bolesławiec	Dolnośląskie	bolesławiecki	3	25,03	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
205024	Bolków	Dolnośląskie	jaworski	3	0,12	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
3004014	Borek Wlkp.	Wielkopolskie	gostyński	3	0,41	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2802011	Braniewo	Warmińsko-Mazurskie	braniewski	3	48,24	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
1416044	Brok	Mazowieckie	ostrowski	3	2,79	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2202024	Brusy	Pomorskie	chojnicki	3	4,67	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
1421034	Brwinów	Mazowieckie	pruszkowski	3	0,71	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
222014	Brzeg Dln.	Dolnośląskie	wołowski	3	3,62	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
1021011	Brzeziny	Łódzkie	brzeziński	3	3,45	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
1802014	Brzozów	Podkarpackie	brzozowski	3	0,63	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
3021034	Buk	Wielkopolskie	poznański	3	1,41	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
208064	Bystrzyca Kłodz.	Dolnośląskie	kłodzki	3	1,65	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2462011	Bytom	Śląskie	Bytom	3	181,30	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2201024	Bytów	Pomorskie	bytowski	3	9,31	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
1014024	Błaszki	Łódzkie	sieradzki	3	1,01	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
1816024	Błazowa	Podkarpackie	rzeszowski	3	0,09	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
1432014	Błonie	Mazowieckie	warszawski zachodni	3	1,17	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757
2401011	Będzin	Śląskie	bedziński	3	50,46	2,0	76,59	3,4	3,4	0,0	15,5	15,5	0,0	11,3	11,3	0,04019	0,97	3,757

Table 4.4. Results of the uncertainty analysis for some cities in Poland with central heat supply in 2010.

City	Uncertainty (%)			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total emission
Warszawa	-12,7: +14,0	-16,8: +18,6	-16,3: +18,4	-12,7: +14,0
Wrocław	-12,8: +14,1	-17,3: +19,2	-16,3: +18,5	-12,8: +14,1
Katowice	-13,0: +14,4	-17,8: +19,8	-16,4: +18,5	-13,0: +14,4
Kraków	-12,9: +14,3	-17,4: +19,1	-16,5: +18,4	-12,8: +14,2
Łódź	-12,9: +14,2	-17,6: +19,5	-16,4: +18,5	-12,9: +14,2
Szczecin	-13,2: +14,6	-18,0: +19,8	-16,5: +18,4	-13,1: +14,5
Gdańsk	-12,6: +13,9	-16,5: +18,3	-16,2: +18,3	-12,6: +13,8
Bydgoszcz	-13,5: +15,0	-18,8: +20,7	-16,5: +18,5	-13,5: +14,7
Opole	-13,1: +14,6	-17,9: +19,7	-16,5: +18,4	-13,1: +14,3
Poznań	-11,8: +13,0	-15,2: +16,7	-16,1: +18,2	-11,8: +12,9
Lublin	-13,6: +15,0	-18,8: +20,8	-16,6: +18,5	-13,5: +14,8
Rzeszów	-13,0: +14,4	-17,8: +19,8	-16,4: +18,5	-13,1: +14,4
Kielce	-13,6: +15,1	-18,9: +20,9	-16,6: +18,5	-13,6: +14,8
Zabrze	-13,0: +14,4	-17,8: +19,8	-16,4: +18,5	-13,0: +14,3
Białystok	-13,5: +14,9	-18,6: +20,6	-16,5: +18,5	-13,4: +14,7
Jastrzębie-Zdrój	-13,0: +14,4	-17,8: +19,8	-16,4: +18,5	-13,0: +14,3
Gdynia	-12,6: +13,9	-16,5: +18,3	-16,2: +18,3	-12,6: +13,8
Gliwice	-13,0: +14,4	-17,8: +19,8	-16,4: +18,5	-13,0: +14,4
Sosnowiec	-13,0: +14,4	-17,8: +19,8	-16,4: +18,5	-13,0: +14,4
Dąbrowa Górnicza	-13,0: +14,4	-17,8: +19,8	-16,4: +18,5	-13,0: +14,4
Total:	-3,6: +3,7	-4,8: +5,2	-4,6: +4,9	-3,6: +3,8

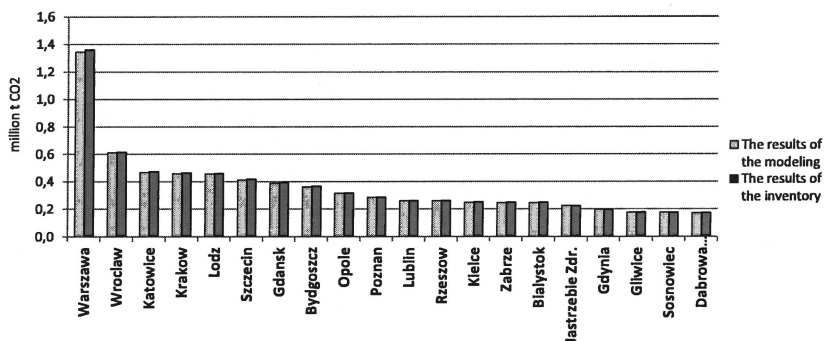


Figure 4.1. Results of the inventory and modeling of greenhouse gas emission taking into account the uncertainty for some Polish cities, with the highest emissions caused by central heating in 2010 (see also *Table 4.4*)

The process of electricity and heat production are the separate categories in the IPCC Guidelines. To get the combined results, it is necessary to analyze uncertainty for this category in common. It is also important to summarize the results for these categories as a whole, for emission quotas trading and implementation of the Kyoto Protocol commitments.

To get the combined results of uncertainty of the greenhouse gases emission, the input Excel file was created that contains the required data for objects of heat and power generating industries in Poland. The result of the simulation is a set of numerical values of the bounds of uncertainty ranges for the major greenhouse gases and in general. They are presented in *Table 4.5*.

Table 4.5. The study of uncertainty of greenhouse gas inventories from electricity and heat production in Poland in 2010.

Category	Uncertainties [%]			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total emissions
Electricity generation	-2,9: +3,0	-3,4: +4,5	-3,8: +3,9	-2,9: +3,0
Heat production	-2,0: +2,1	-2,8: +2,9	-2,6: +2,7	-2,0: +2,1
Total emissions:	-2,6: +2,7	-4,0: +4,1	-3,4: +3,6	-2,6: +2,7

Table. 4.5 summarizes the results of modeling uncertainties of greenhouse gas inventory in the category 1.A.1.a "Electricity and Heat Production" in Poland. The greatest uncertainty is connected with the inventory of greenhouse gas emissions in the electricity sector. In practice, this category determines the overall uncertainty.

References

- BDL, 2014. Bank Danych Lokalnych, Warszawa, Główny Urząd Statystyczny. Available online at: <http://www.stat.gov.pl/bdl/>
- Bun A., 2009. Methods and tools for analysis of greenhouse gas emission processes in consideration of input data uncertainty. Dissertation, Lviv Polytechnic National University
- EMEP, 2007. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007. Technical Report No. 16, Copenhagen, Denmark: European Environment Agency. Available online at: <http://reports.eea.europa.eu/EMEP/CORINAIR5/en/page002.html>
- Galeo F.J., 2010. A population density grid of the European Union. *Popul Environ*, 31:460-473, DOI 10.1007/s11111-010-0108-y
- GHG, 2007. Greenhouse gas emissions estimation and inventories. Addressing uncertainty and accuracy, IPIECA, London, pp. 24.
- Gospodarka, 2010. Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2008, 2009: Informacje i opracowania statystyczne, Warszawa, Główny Urząd Statystyczny, 2010, 369.
- GUS (2012) Local database, Central Statistical Office, Poland, http://www.stat.gov.pl/bdl/app/strona.html?p_name=indeks
- Hamal Kh., 2008. Carbon dioxide emissions inventory with GIS, Artificial Intelligence (Isskusstvienniy Intellect), Donieck, Ukraine, No. 3, 55-62.
- Marland, 2009. Marland G., Hamal Kh., Jonas M. How uncertain are estimates of CO2 emissions?, *Journal of Industrial Ecology*, Yale University, USA, vol. 13, No. 1, pp. 4-7.
- IPCC (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (eds), IPCC, IGES, Japan, 2006.
- NIR, 2011. Poland's National Inventory report 2011: Greenhouse Gas Inventory for 1988-2009. National Centre for Emission Management at the Institute of Environmental Protection – National Research Institute, Warszawa, May 2011. Available online at: http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/5888.php.
- NIS, 2012. National Inventory Submissions: 2003-2012, UNFCCC, http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/6598.php
- Rocznik, 2010. Rocznik statystyczny województw, Warszawa: Główny Urząd Statystyczny, 814.

Transport, 2011. Transport – wyniki działalności w 2010 r.: Informacje i opracowania statystyczne, Warszawa, Główny Urząd Statystyczny, 268.

Zużycie, 2010. Zużycie paliw i nośników energii w 2009 r, Warszawa, Główny Urząd Statystyczny, 15.



