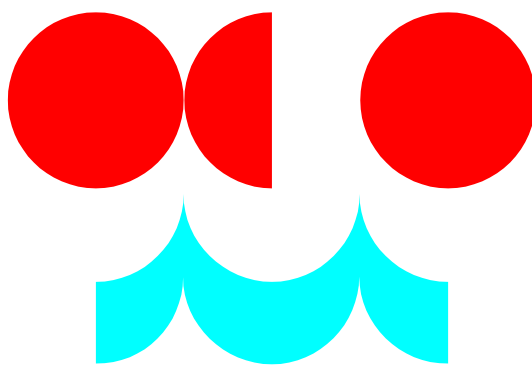


ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
ODDĚLENÍ EMISÍ A ZDROJŮ
PRACOVISŤE MILEVSKO

EMISNÍ BILANCE VYTÁPĚNÍ BYTŮ MALÝMI ZDROJI OD ROKU 2001

ING. PAVEL MACHÁLEK
RNDR. JIŘÍ MACHART, CSc.



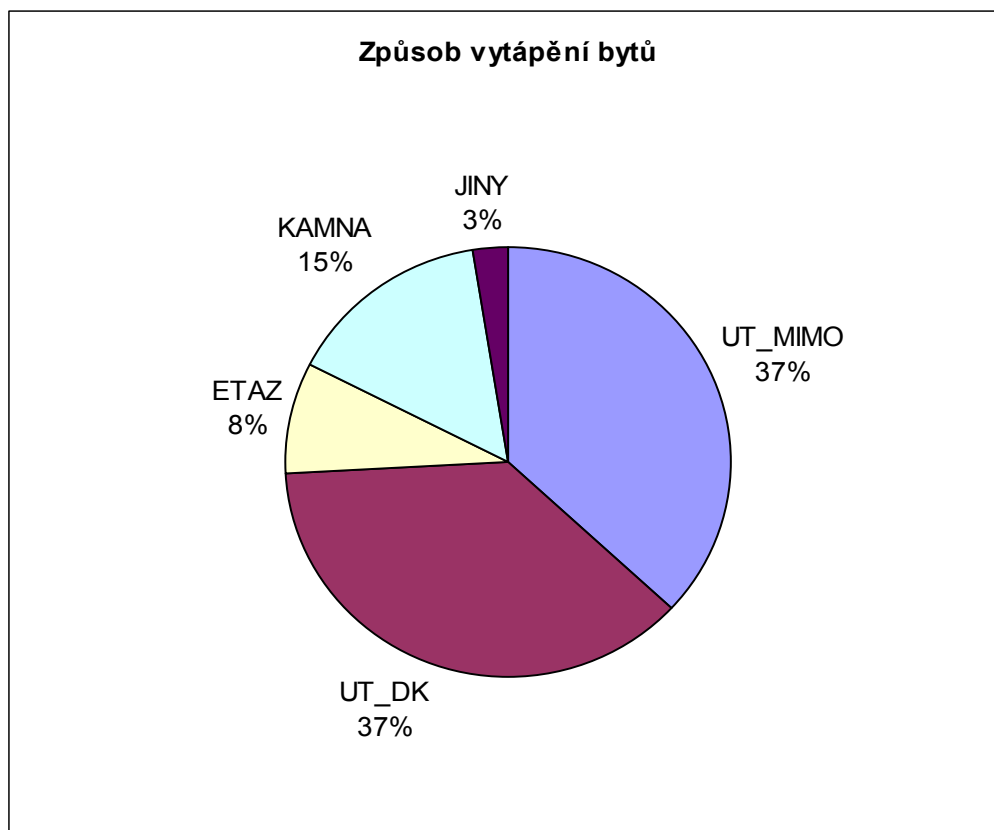
Milevsko 2003

VSTUPNÍ ÚDAJE

ÚDAJE O BYTECH ZE SLDB 2001

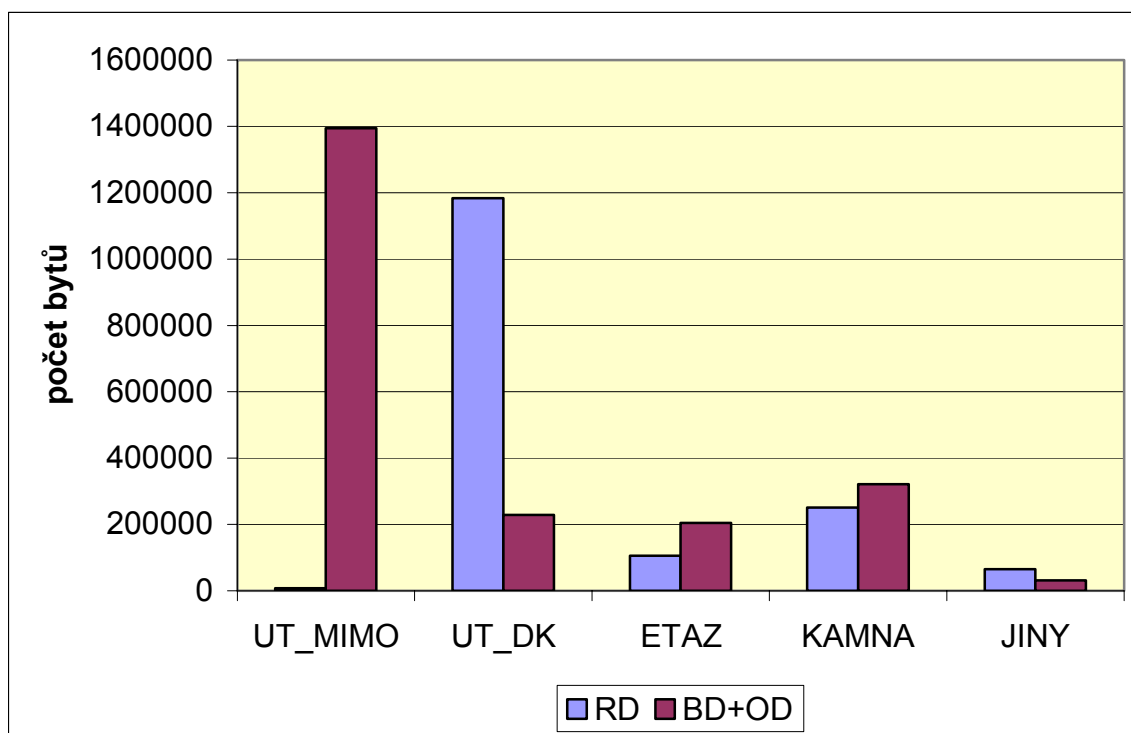
Pro potřeby modelové emisní bilance z vytápění bytů byla na Českém statistickém úřadě objednána speciální sestava ze sčítání lidu, domů a bytů v r. 2001 (SLDB 2001), zaměřená na způsob vytápění a energii používanou k vytápění trvale obydlených bytů. Vzhledem k možnosti použít měrné potřeby tepla byla dodána také průměrná celková plocha bytů. Data byla agregována za jednotlivé obce a městské části ve statutárních městech. Byla vyžádána data celková a data zvlášť za rodinné domy, bytové a ostatní domy do 20 bytů v domě, které v případě vytápění domovní kotelnou patří do kategorie malých zdrojů. Z celkových dat byly odvozeny údaje za byty v bytových a ostatních domech nad 20 bytů v domě, u nichž byly do modelu zahrnuty pouze byty s etážovým topením a kamny, kdežto byty vytápěné domovními kotelny (45 570 bytů) byly zahrnuty do vytápění nelokálního (odpovídají výkonem středním a velkým domovními kotelny).

V ČR je celkem 3.800.000 bytů, z toho 1.600.000 v rodinných domech s průměrnou celkovou plochou bytu 96,7 m² a 2.200.000 v bytových a ostatních domech s průměrnou celkovou plochou bytu 61,1 m². Zastoupení bytů podle způsobu vytápění je zřejmé z následujícího diagramu:



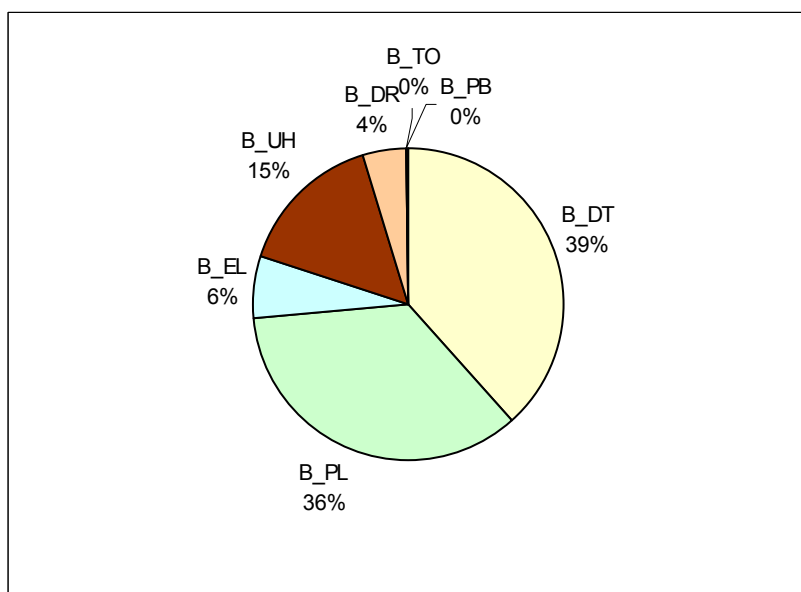
UT_MIMO – ústřední topení ze zdroje mimo dům, UT_DK - ústřední topení z domovní kotelny

Rozdíl v zastoupení různých způsobů vytápění mezi rodinnými (RD) a bytovými + ostatními domy (BD+OD) je vyjádřen na dalším grafu:



Byty v bytových domech jsou z převážné části vytápěny ze zdrojů mimo dům, v rodinných domech převládá vytápění domovními kotelny.

Podle energie použité k vytápění je téměř 40 % bytů vytápěno ze středních a velkých zdrojů (v diagramu označeny B_DT) (jedná se téměř výhradně o byty v bytových domech), následují byty vytápěné plynem, uhlím, elektrinou a dřevem. Podíl topného oleje a propanu-butanu je zanedbatelný. Byty vytápěné dřevem tvoří 23 % z bytů vytápěných pevnými palivy.



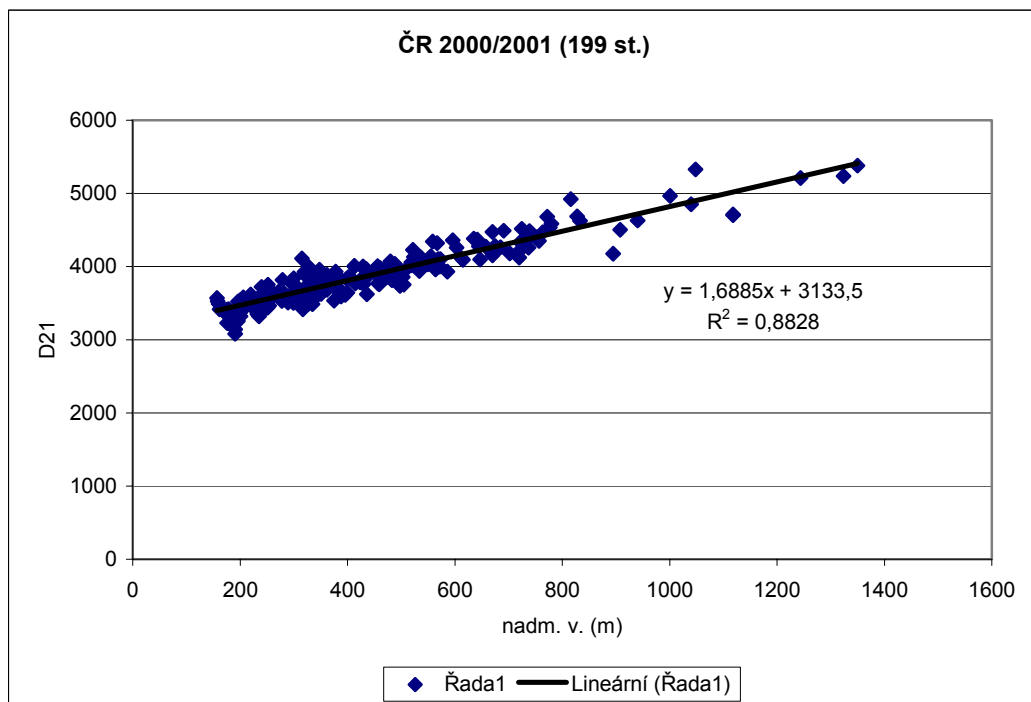
TEPLOTA TOPNÉHO OBDOBÍ V DENOSTUPNÍCH

Pro upřesnění výpočtu potřeby tepla na byt za topné období byla nově použita metoda denostupňů (gradenů) za měsíce září až květen. Délka topného období je vyjádřena počtem dnů d se střední denní teplotou nižší nebo rovnající se $13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Střední denní teplota vnějšího vzduchu t_{es} je průměrem denních teplot topného období. Pro lokální vytápění bytů (domácností) byla zvolena hodnota D_{21} , odpovídající střední denní teplotě vnitřního vzduchu v bytě t_{is} $21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Počet denostupňů se pak vypočte podle vztahu $D_{21} = d(21 - t_{es})$.

Závislost počtu denostupňů na nadmořské výšce lokality byla odvozena jako lineární regrese denostupňů za topné období a nadmořské výšky meteorologických stanic pro jednotlivé pobočky, jejichž území působnosti zhruba odpovídá bývalým krajům. V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty parametrů regresní přímky $y = m \cdot x + b$ pro oblasti jednotlivých poboček a ČR v topné sezóně 2000/2001 včetně hodnoty spolehlivosti R^2 . Z rovnice regresní přímky byla vypočítána hodnota D_{21} pro každou obec.

Pobočka	m	b	R^2
Praha (31 stanic)	1,7952	3098,3	0,8289
Č.Budějovice (27 st.)	1,5626	3195,9	0,7928
Plzeň (23 stanic)	1,4536	3295,2	0,8284
Ústí n. Lab. (25 st.)	1,7008	3214,2	0,8850
Hradec Král. (23 st.)	1,9541	3054,5	0,9480
Brno (31 stanic)	1,8476	2990,8	0,9348
Ostrava (39 stanic)	1,6103	3151,6	0,9291
ČR (199 stanic)	1,6885	3133,5	0,8828

Jak vyplývá z tabulky, je hodnota spolehlivosti vysoká. Následující obrázek znázorňuje grafické vyjádření lineární regrese pro ČR.



POSTUP VÝPOČTU

POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ BYTŮ

Výpočet potřeby tepla na průměrný byt za topné období podle staršího modelu emisní bilance, založený na průměrné teplotě celého topného období říjen až duben, byla diskutována v předešlé zprávě (Machálek – Machart 1999).

Nově je potřebné teplo na průměrný byt za rok počítáno zvlášť pro byty v rodinných domech a byty v bytových a ostatních domech, a to přes průměrnou celkovou plochu bytu a měrnou spotřebu tepla na m² za rok:

$$Q_a = q_m \cdot P \cdot 3,6 / 1000 \cdot K_D \text{ (GJ)}$$

Q_a – roční potřeba tepla na byt

q_m - měrná spotřeba tepla v kWh na m² za rok

P - průměrná celková plocha bytu v m²

K_D – koeficient přepočtu denostupňů D_{21} k normovým klimatickým podmínkám

$$(K_D = D_{21} / 3422)$$

Na základě konzultace s pracovníky ČEA byla pro rodinné domy zvolena hodnota $q_m = 150 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$, pro bytové a ostatní domy $q_m = 130 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$, která odpovídá starším normám do r. 1990 (74,4 % bytů v bytových domech je starší r. 1990). Tento způsob výpočtu je oproti původní metodice mnohem přesnější.

VÝPOČET SPOTŘEBY PALIV A PRODUKOVANÉHO TEPLA

Průměrná roční spotřeba paliva na jeden byt byla vypočítána na základě odvozené roční potřeby tepla na byt v dané obci Q_a , průměrné výhřevnosti paliva Q_i a průměrné účinnosti topeniště podle vzorce

$$\text{prům. spotřeba/byt (t, tis. m}^3\text{)} = Q_a \text{ (GJ)} / Q_i \text{ (GJ/t)} / \text{účinnost.}$$

Pro uhelná pevná paliva byla použita průměrná výhřevnost pro jednotlivé kraje za r. 2000 podle přehledu TEKŮ Praha (2001):

Průměrné jakostní parametry pevných paliv pro jednotlivé kraje podle dat TEKŮ Praha (2001)

Kód	Kraj	HUTR			CUTR			KOKS		
		Qi	Ap	Sp	Qi	Ap	Sp	Qi	Ap	Sp
11	Hl.m. Praha	19,02	7,60	0,58	23,35	11,07	0,32	27,81	8,10	0,45
21	Středočeský	18,30	6,71	0,71	23,87	12,84	0,36	27,83	8,10	0,45
31	Jihočeský	18,34	6,73	0,73	25,96	9,28	0,38	27,79	8,10	0,45
32+41	Plzeňský+Karlovar.	17,48	7,13	0,54	28,28	7,53	0,41	27,82	8,10	0,45
42+51	Ústecký+Liberecký	18,41	6,83	0,79	29,91	6,21	0,44	27,81	8,10	0,45
52+53	Královéhr.+Pardub.	18,18	6,73	0,77	29,02	7,02	0,43	27,80	8,10	0,45
61+62+72	Vysoč.+Jm.+Zlín.	18,79	6,90	0,83	30,40	6,12	0,45	27,83	8,10	0,45
71+81	Olom.+Moravskosl.	17,84	6,73	0,68	30,30	6,75	0,47	27,71	8,11	0,45

HUTR – hnědé uhlí tříděné vč. lignitu, CUTR – černé uhlí tříděné vč. proplástek, KOKS – koks

Pro jednotlivé druhy paliv byly použity následující výhřevnosti a průměrné účinnosti kotlů:

Palivo	Qi	Účin. kot.
HUTR	dle kraje	0,720
CUTR	dle kraje	0,760
KOKS	dle kraje	0,800
DREV	12,65	0,700
LTO	42,30	0,800
PB	46,00	0,820
ZP	34,06	0,920

DREV – dřevo, LTO – lehký topný olej, PB – propan-butan, ZP – zemní plyn

Podíl jednotlivých druhů uhelných pevných paliv (hnědého uhlí včetně lignitu, černého uhlí včetně proplástek a koksu) byl odvozen z přehledu TEKŮ Praha (2001) pro jednotlivé kraje jako podíl jejich produkovaného tepla:

Kód	Kraj	HUTR%	CUTR%	KOKS%
11	Hl.m. Praha	82,59	2,64	14,77
21	Středočeský	78,01	16,46	5,53
31	Jihočeský	90,90	5,47	3,63
32+41	Plzeňský+Karlovar.	95,41	0,88	3,71
42+51	Ústecký+Liberecký	97,24	0,43	2,33
52+53	Královéhr.+Pardub.	95,54	1,96	2,50
61+62+72	Vysoč.+Jm.+Zlín.	75,56	6,73	17,70
71+81	Olom.+Moravskosl.	22,73	33,31	43,96

Ve většině krajů při vytápění domácností výrazně převládá hnědé uhlí, v Praze a bývalém Jiho-moravském kraji je významnější podíl koksu, ve Středočeském kraji je významnější podíl černého uhlí a zcela specifický je bývalý Severomoravský kraj s převahou koksu a černého uhlí.

Roční spotřeba paliv v obci byla vypočtena jako součin počtu bytů vytápěných daným typem paliva a průměrné spotřeby paliva na byt, v případě uhelných pevných paliv navíc ještě násobeno podílem druhu tohoto paliva.

Množství produkovaného tepla za rok bylo kalkulováno pro každé palivo na základě jeho vypočítané roční spotřeby, průměrné výhřevnosti a průměrné účinnosti topeniště.

VÝPOČET EMISÍ ZE SPALOVÁNÍ

Pro každé palivo bylo vypočítáno množství 5 základních emisí (TE, SO₂, NO_x, CO, VOC) na základě emisních faktorů podle vyhlášky 352/2002 Sb. pro nejnižší tepelný výkon topenišť a pro pevný rošt v případě PP, a průměrných jakostních parametrů pevných paliv pro jednotlivé kraje (TEKO 2001). Navíc byla vypočítána emise CO₂ na základě emisních faktorů podle Jílka (1991) (viz tabulka):

Palivo	TE	SO ₂	NO _x	CO	VOC	CO ₂
HUTR	1,0.Ap	19,0.Sp	3,0	45,0	8,9	1450
CUTR	1,0.Ap	19,0.Sp	1,5	45,0	8,9	2500
KOKS	1,0.Ap	19,0.Sp	1,5	45,0	8,9	3169
DREV	12,5	1,0	3,0	1,0	0,89	1000
LTO	2,13	20,0.S	10,0	0,59	0,34	3172
PB	0,45	0,004	2,4	0,46	0,09	3013
ZP	20	9,6	1600	320	64	1987

Jednotky: kg/t spáleného tuhého a kapalného paliva

kg/10⁶m³ spáleného plynu (ZP)

Ap – obsah popela v původním vzorku tuhých paliv (% hm.)

Sp – obsah síry v původním vzorku tuhých paliv (% hm.)

S - obsah síry v původním vzorku kapalného paliva (% hm.)

VÝSLEDKY EMISNÍ BILANCE

VYPOČTENÉ SPOTŘEBY PALIV A MNOŽSTVÍ PRODUKOVANÉHO TEPLA

Vypočtené roční spotřeby paliv v tunách a tisících m³ (ZP) za topnou sezónu 2000/2001 podle výše popsané nové metodiky jsou následující:

Kód kr.	Kraj	HUTR	CUTR	KOKS	DREV	LTO	PB	ZP
CZ011	Hl.m. Praha	30049	741	3306	5764	544	525	220773
CZ021	Středočeský	393535	64066	17173	104270	1544	2855	166183
CZ031	Jihočeský	193367	8986	4754	157334	425	988	76653
CZ032	Plzeňský	176264	1251	4215	88405	377	622	95589
CZ041	Karlovarský	62699	445	1499	22576	331	374	41540
CZ042	Ústecký	144471	493	2129	41370	458	471	114237
CZ051	Liberecký	122342	796	1845	45745	587	567	67187
CZ052	Královéhradecký	166846	2637	2687	60295	378	588	91333
CZ053	Pardubický	137227	2168	2210	69753	65	444	112179
CZ061	Vysočina	143066	7241	12313	104609	119	365	112707
CZ062	Jihomoravský	55318	3804	7977	73138	72	314	344312
CZ071	Olomoucký	26657	21967	23674	87380	39	188	152495
CZ072	Zlínský	39054	10358	13188	85257	29	132	148568
CZ081	Moravskoslezský	39397	44562	46902	81671	149	443	233122
	ČR celkem	1730293	169515	143874	1027565	5116	8877	1976877

Vyjádřeno v GJ vypočteného palivy produkovaného tepla:

Kód kr.	Kraj	Q-HUTR	Q-CUTR	Q-KOKS	Q-DREV	Q-LTO	Q-PB	Q-ZP
CZ011	Hl.m. Praha	411479	13153	73560	51039	18424	19805	6917959
CZ021	Středočeský	5185834	1162295	382275	923310	52253	107699	5207375
CZ031	Jihočeský	2553066	177268	105695	1393189	14379	37263	2401939
CZ032	Plzeňský	2218655	26897	93813	782830	12746	23468	2995298
CZ041	Karlovarský	789200	9567	33370	199910	11200	14093	1301678
CZ042	Ústecký	1818482	10594	47390	366335	15509	17758	3579645
CZ051	Liberecký	1539941	17099	41061	405070	19856	21393	2105320
CZ052	Královéhradecký	2100116	56665	59813	533911	12776	22183	2861923
CZ053	Pardubický	1727295	46605	49194	617664	2203	16760	3515142
CZ061	Vysočina	1800797	155618	274030	926315	4016	13772	3531684
CZ062	Jihomoravský	696300	81752	177525	647633	2425	11847	10789097
CZ071	Olomoucký	335536	472121	526897	773746	1315	7085	4778451
CZ072	Zlínský	491577	222615	293516	754947	977	4987	4655407
CZ081	Moravskoslezský	495898	957725	1043861	723193	5040	16711	7304917
	ČR celkem	22164177	3409975	3202003	9099091	173121	334823	61945835
	podíl ze všech	22,1%	3,4%	3,2%	9,1%	0,2%	0,3%	61,7%
	podíl z pev. paliv	58,5%	9,0%	8,5%	24,0%			

Na vytápění bytů se podílí zemní plyn 62 %, pevná paliva 38 %, podíl topných olejů a propanu-butanu je prakticky zanedbatelný. V rámci pevných paliv se 59 % podílí hnědé uhlí, podíl dřeva je téměř čtvrtinový.

VYPOČTENÉ MNOŽSTVÍ EMISÍ

Vypočítané množství 5 hlavních emisí (v t/rok) za topnou sezónu 2000/2001 v jednotlivých krajích a celé ČR je následující:

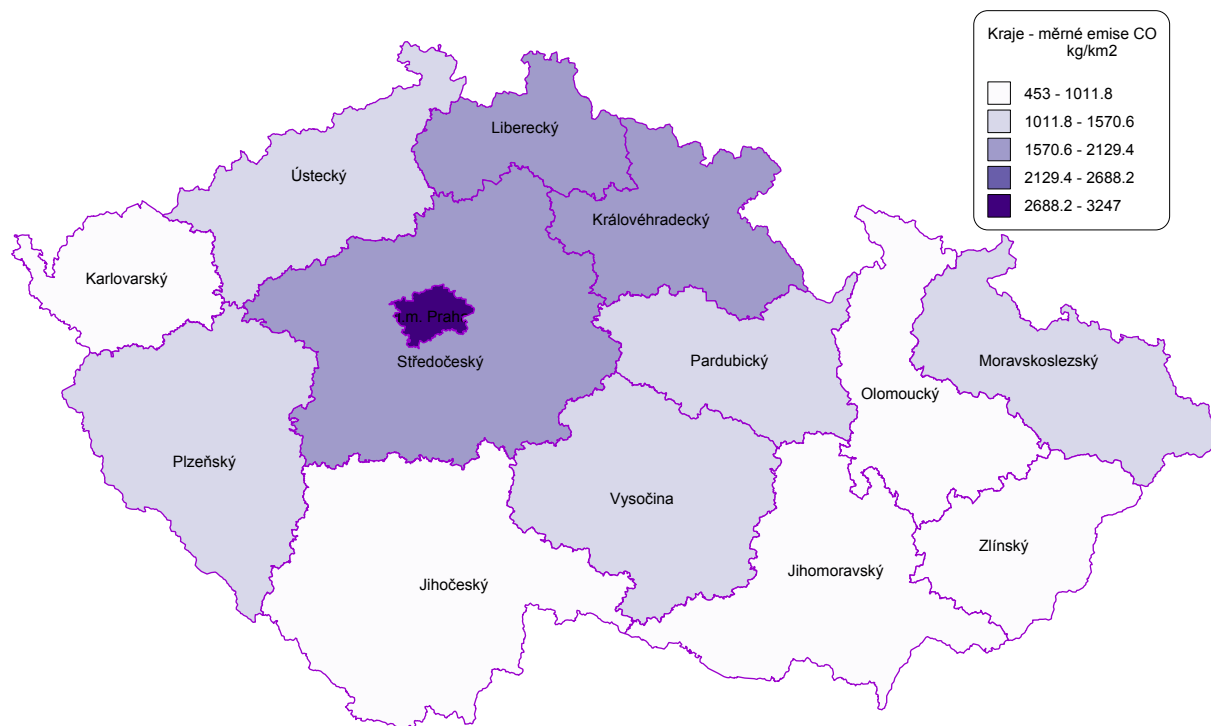
Kód kr.	Kraj	TE	SO ₂	NO _x	CO	VOC
CZ011	Hl.m. Praha	340	381	473	1611	323
CZ021	Středočeský	4912	6018	1903	21524	4330
CZ031	Jihočeský	3392	2942	1202	9502	1988
CZ032	Plzeňský	2407	1958	960	8297	1702
CZ041	Karlovarský	746	692	329	2945	598
CZ042	Ústecký	1527	2230	750	6698	1353
CZ051	Liberecký	1426	1897	623	5692	1158
CZ052	Královéhradecký	1919	2554	841	7838	1592
CZ053	Pardubický	1831	2116	809	6478	1330
CZ061	Vysočina	2435	2432	955	7459	1548
CZ062	Jihomoravský	1391	1052	955	3203	684
CZ071	Olomoucký	1616	854	655	3390	731
CZ072	Zlínský	1512	888	647	2950	643
CZ081	Moravskoslezský	1972	1394	876	6045	1252
	ČR celkem	27426	27408	11979	93633	19232

Zatížení jednotlivých krajů emisemi z vytápění domácností malými zdroji vyjadřují měrné roční emise jednotlivých znečišťujících látek v kg/km²:

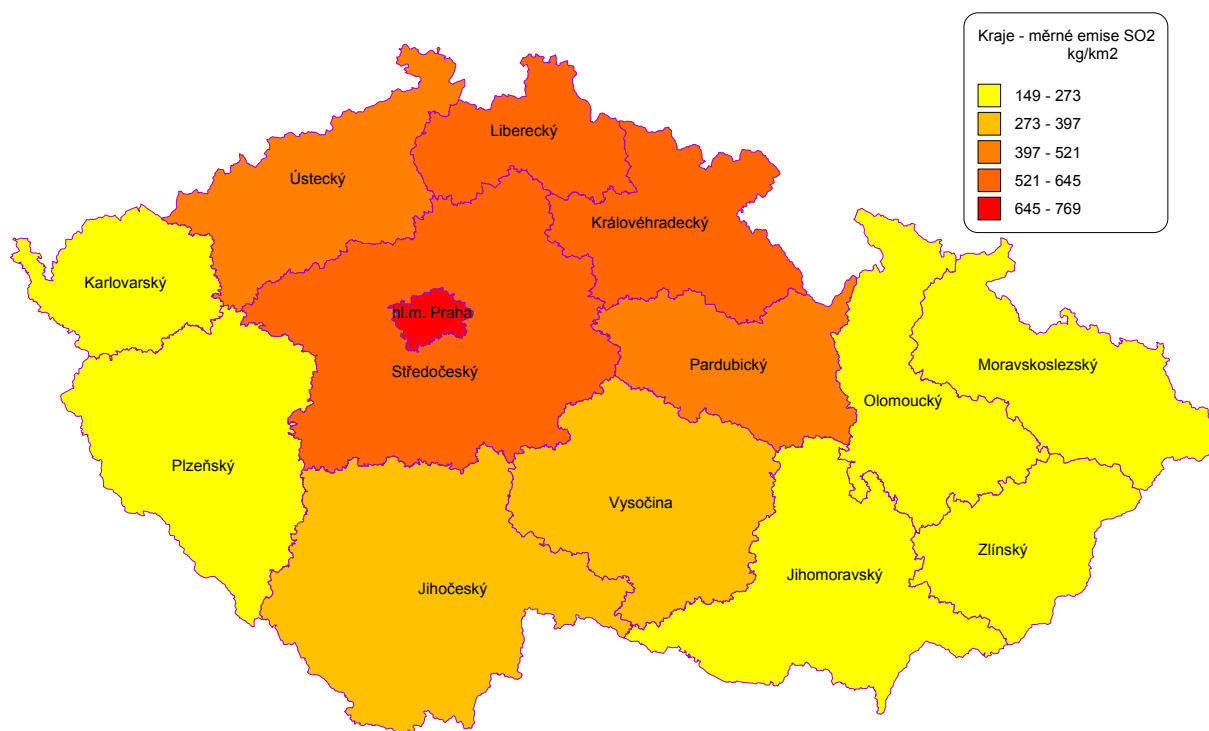
Kód kr.	Kraj	TE	SO ₂	NO _x	CO	VOC
CZ011	Hl.m. Praha	685	769	954	3247	651
CZ021	Středočeský	446	546	173	1954	393
CZ031	Jihočeský	337	293	120	945	198
CZ032	Plzeňský	318	259	127	1097	225
CZ041	Karlovarský	225	209	99	889	180
CZ042	Ústecký	286	418	141	1255	254
CZ051	Liberecký	451	600	197	1800	366
CZ052	Královéhradecký	403	537	177	1647	335
CZ053	Pardubický	405	468	179	1434	294
CZ061	Vysočina	352	351	138	1077	224
CZ062	Jihomoravský	197	149	135	453	97
CZ071	Olomoucký	314	166	128	660	142
CZ072	Zlínský	381	224	163	744	162
CZ081	Moravskoslezský	355	251	158	1088	225
	ČR celkem	348	348	152	1187	244

Extrémně zatížené se jeví hl.m. Praha (velmi vysoký stupeň urbanizace), silně zatížené jsou Středočeský, Liberecký a Královéhradecký kraj, nejméně zatížené Jihomoravský, Olomoucký, Zlínský (všechny s vysokým stupněm plynofikace) a také Karlovarský kraj s vysokým podílem dálkově a elektrinou vytápěných bytů a nízkou hustotou osídlení.

Podíl uhelných paliv s vysokým emisním faktorem (ovšem v kombinaci se stupněm urbanizace a podílem dálkově a elektrinou vytápěných bytů) se odráží zejména v měrných emisích CO:



Měrné emise SO₂ vykazují obdobné zatížení krajů jako měrné emise CO, mezi nejméně zatížené patří navíc i Plzeňský a Moravskoslezský kraj:



Rozložení měrných emisí tuhých znečišťujících látek (prachu) ukazuje následující mapka:



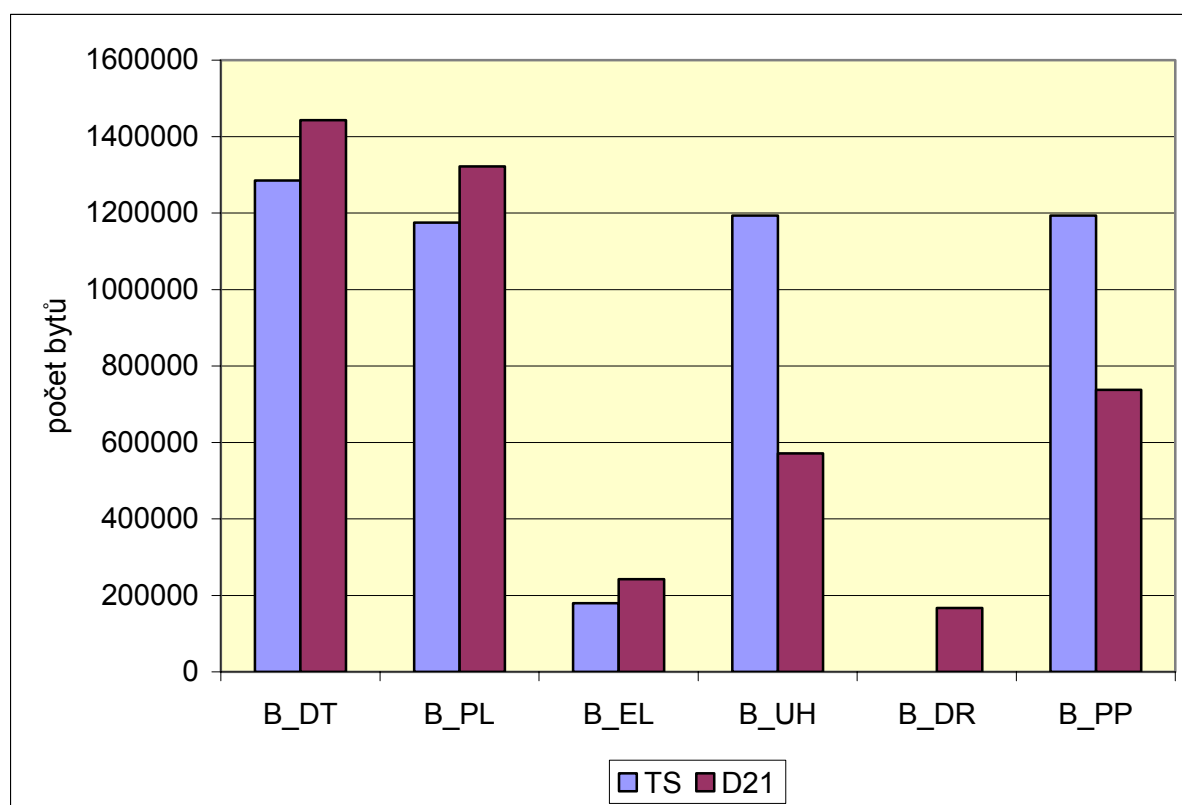
Důležité jsou měrné emise oxidů dusíku (NO_x), které jsou prekursorem atmosférického ozonu. Extrémně vysoké jsou v Praze:



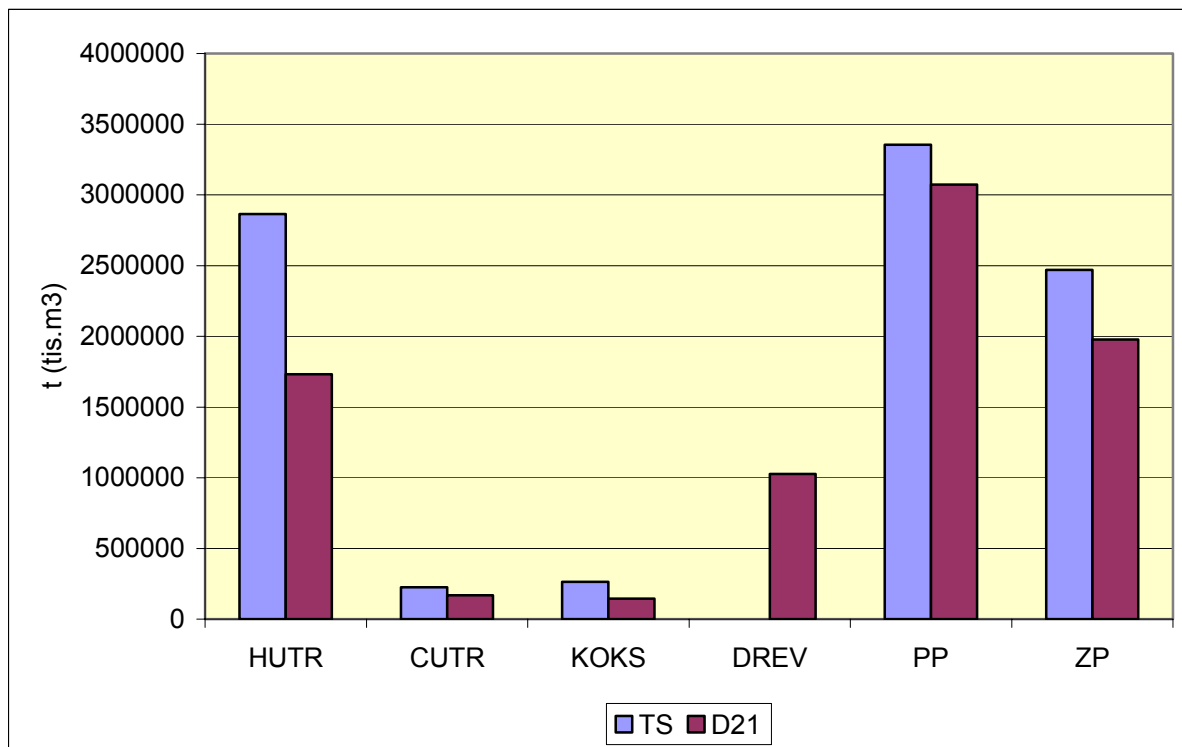
SROVNÁNÍ ÚDAJŮ PODLE PŮVODNÍ A NOVÉ METODIKY

Původní metodika vycházela co se týče celkového počtu bytů i jednotlivých způsobů vytápění ze SLDB 1991. Počty bytů vytápěných plynem se nám dařilo každoročně aktualizovat podle údajů jednotlivých plynárenských a.s. v pásmu nad 900 m³, obdobně počty bytů vytápěných elektricky podle údajů o počtu přípojek v sazbách pro vytápění od jednotlivých energetických a.s. Počet přípojek pro převažující elektrické vytápění byl přitom redukován koeficienty, získanými z dotazníkové akce o způsobech vytápění na okrese Písek. Počet bytů vytápěných dálkově z centrálních zdrojů tepla se nám dařilo aktualizovat jen u větších měst na základě údajů větších dodavatelů tepla. Počet bytů vytápěných pevnými palivy byl pak výsledkem rozdílu celkového počtu bytů a zjištěného počtu bytů vytápěných výše uvedenými způsoby. Údaje o vytápění dřevem se nám nepodařilo zjistit vůbec.

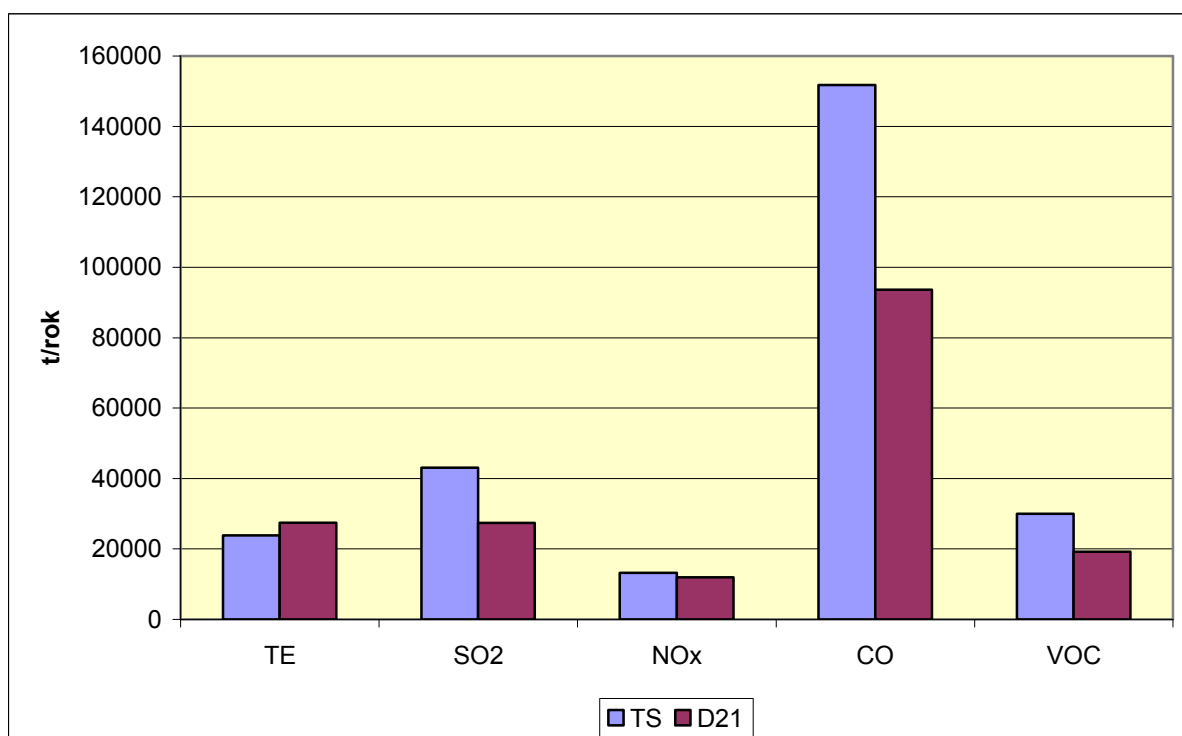
Na základě detailních údajů podle speciální sestavy ze SLDB 2001 se ukázalo, že jsme podcenili počet bytů vytápěných plynem, elektrinou i dálkově a v důsledku toho přecenili **počet bytů** vytápěných pevnými palivy (hodnoty podle původní metodiky jsou v následných grafech označeny TS – střední teplota topné sezóny, hodnoty podle nové metodiky D21 – denostupně):



Přitom měrné spotřeby na byt byly u ZP nadhodnoceny a u pevných paliv naopak podhodnoceny, takže rozdíl vyjádřený ve vypočítaných **spotřebách paliv** nebyl tak výrazný (ZP 80%, PP 92% spotřeby podle původní metodiky). Vyjádřeno v produkovaném teple se v obou případech jedná o 80% původních hodnot:



Hodnoty vypočítaných **emisí** se díky nižší kalkulované spotřebě ZP a zejména pevných paliv dostávají na úroveň 64% hodnot podle původní metodiky, ale díky poměrně vysokému podílu dřeva s horšími emisními faktory se hodnota TE dokonce navyšuje na 115% a podíl NO_x dosahuje 90%:



Pro posouzení **použitelnosti údajů o vytápění zemním plynem** dodávaných plynárenskými a.s. byla provedena statistická analýza a srovnání s výsledky SLDB 2001 u dvou okresů Jm. kraje – městského okresu Brno-město a běžného okresu Břeclav. Neagregovaná data o spotřebách ZP v kategorii domácnosti za r. 2000 nám poskytla Jihomoravská plynárenská a.s.

Přímé srovnání počtu odběratelů s počtem bytů vytápěných ZP není bohužel možné, neboť z jednoho odběrného místa se často vytápí dva i více bytů. Také z výsledků sčítání vyplývá, že celá třetina bytů v rodinných domech vytápěných ZP patří do rodinných domů se 2 a více byty.

Roční spotřeba ZP uváděná plynárenskými a.s. zahrnuje i spotřebu na vaření a ohřev TUV. Byty používající ZP pouze pro tyto účely lze eliminovat zvolením pásma spotřeby od 400 případně 600 m³. Z roční potřeby tepla na byt na území obou okresů bylo odvozeno, že roční spotřeba na vytápění 1 bytu by se měla pohybovat v rozmezí 400 až 3000 m³. Srovnání průměrných ročních spotřeb na odběratele v tomto pásmu a průměrné roční spotřeby na byt odvozené metodou denostupňů je uvedeno v následující tabulce:

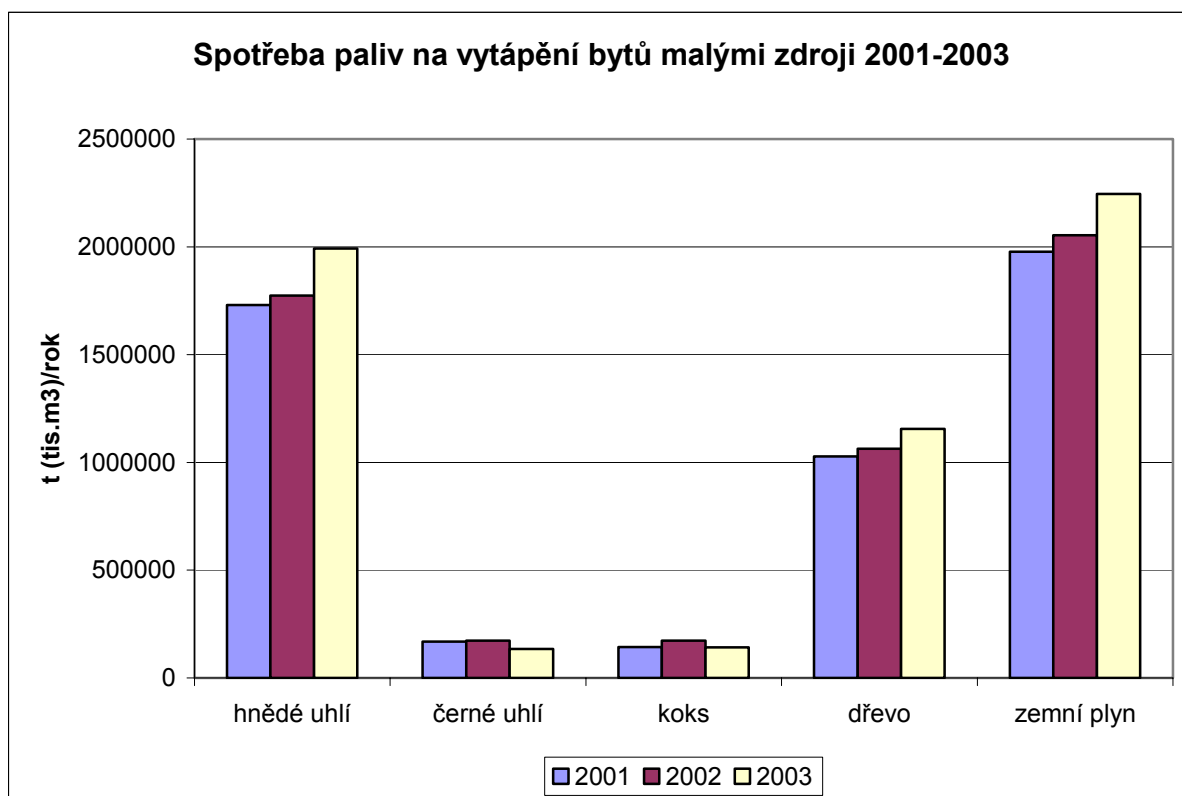
	Brno-m.	Břeclav
JmP 400-3000	1501	1849
SLDB D21	1296	1598
rozdíl	205	251

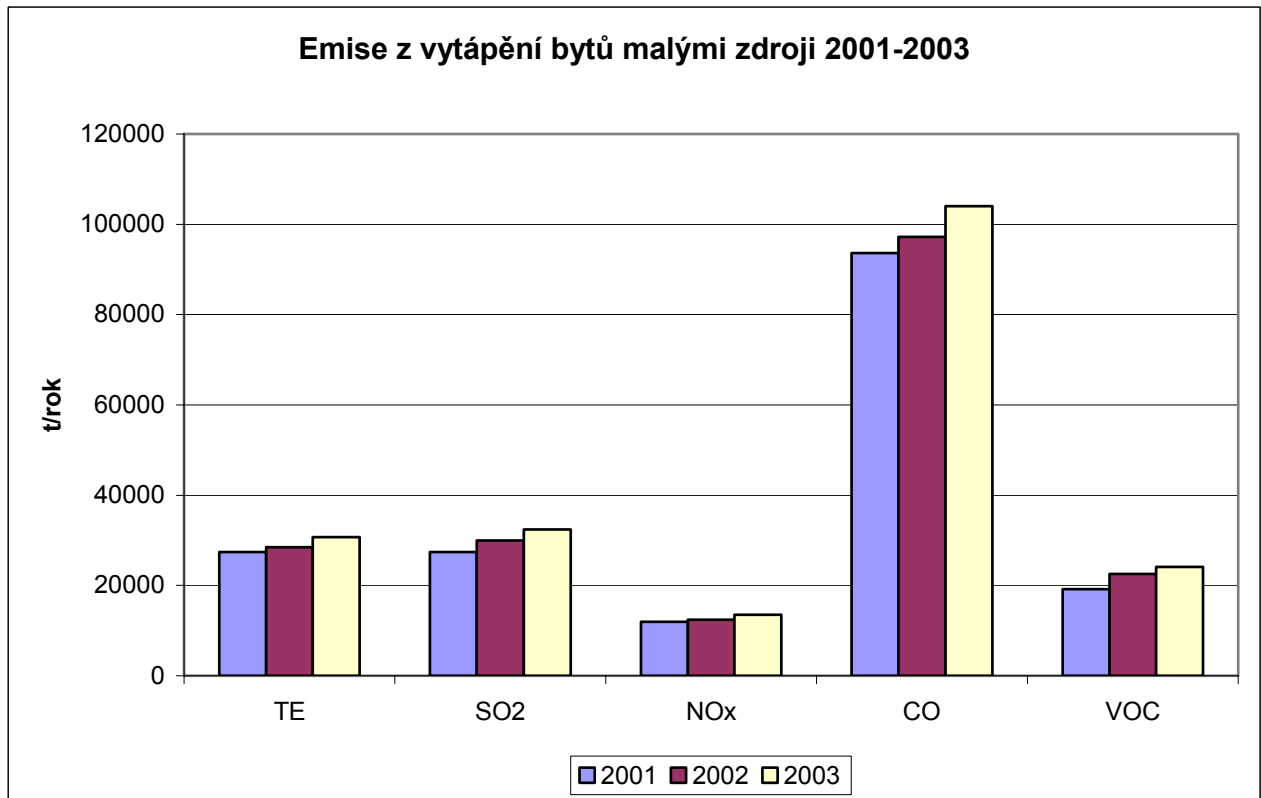
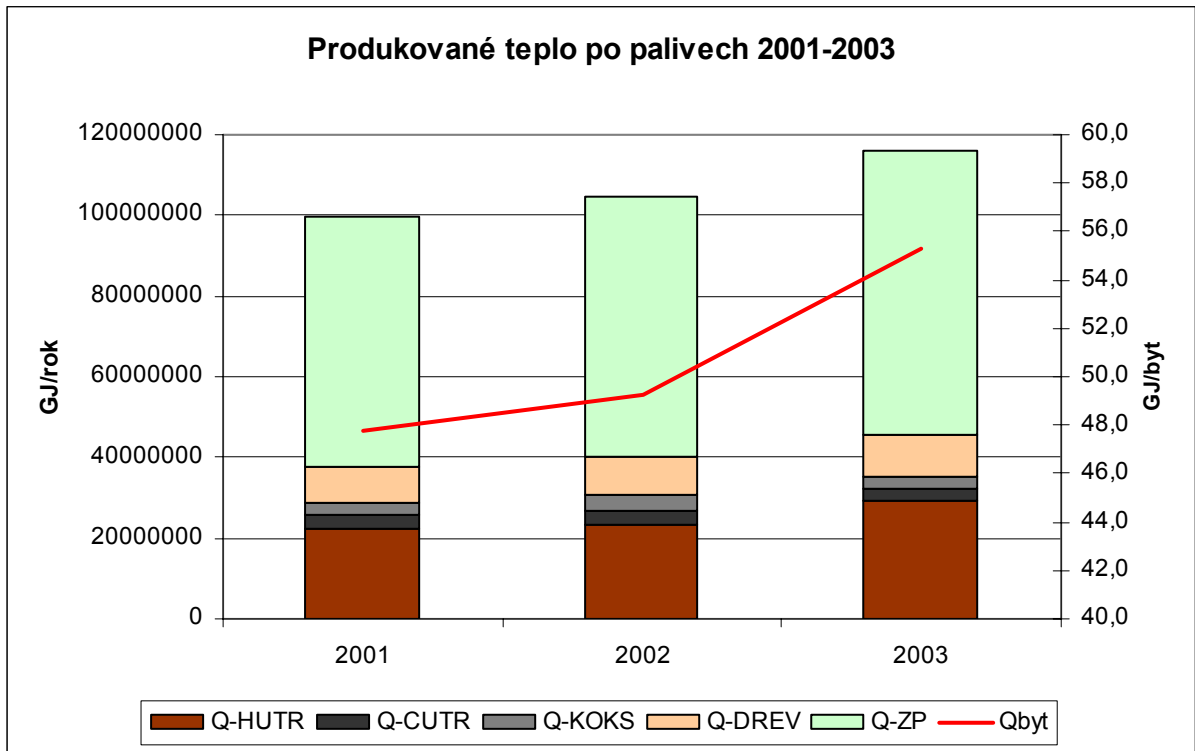
Rozdíl 200 a 250 m³ lze přičíst podílu na vaření a ohřev TUV a hodnoty pro vytápění získané novou metodikou lze považovat za reálné.

VÝVOJ EMISÍ Z VYTÁPĚNÍ BYTŮ MALÝMI ZDROJI ZA POSLEDNÍ 3 ROKY

Na sérii následujících grafů je znázorněn vývoj spotřeb paliv, produkovaného tepla a emisí z vytápění bytů malými zdroji za topné období 2000/01 až 2002/03. Údaje za poslední sezónu jsou pouze předběžné.

Spotřeba paliv, produkované teplo i množství emisí jsou v zásadě závislé na teplotě topného období, vyjádřené na druhém grafu potřebou tepla na průměrný byt. V posledním roce se ale výrazněji navýšila spotřeba hnědého uhlí na úkor kvalitnějšího ale dražšího černého uhlí a koksu.





POUŽITÁ LITERATURA

- Jílek P. (1991): Problém oxidu uhličitého. – Ochrana ovzduší, 1991, 115-119
- Machálek P. - Machart J. (1999): Emisní bilance malých zdrojů znečišťování ovzduší na úrovni obcí 1998. – ČHMÚ – pracoviště Milevsko
- TEKO Praha (2001): Přehled o dodávkách a jakosti tuhých paliv na území ČR v roce 2000 pro účely registru emisních zdrojů.
- TEKO Praha (2002): Přehled o dodávkách a jakosti tuhých paliv na území ČR v roce 2001 pro účely registru emisních zdrojů.
- TEKO Praha (2003): Přehled o dodávkách a jakosti tuhých paliv na území ČR v roce 2002 pro účely registru emisních zdrojů.