

VÝZKUM APLKACÍ GEOINFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ V SYSTÉMECH NAKLÁDÁNÍ S ODPADY

Ing. Jiří Fryč, Ph.D.

Školitel: doc. Ing. Rudolf Rybář, CSc.

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky

Základní informace o práci

- Dílčí úkoly:
 - výběr konkrétní oblasti odpadového hospodářství
 - tvorba geografické databáze
 - úprava dle specifik dané oblasti
 - možnosti využití pro praxi
- Konkrétní zaměření:
 - problematika biologicky rozložitelných odpadů se zaměřením na kompostování v ČR
 - potenciál vybraných druhů biomasy vhodné ke kompostování
- Cíl:
 - vytvoření databáze geografického informačního systému a zhodnocení možnostmi jejího aplikování v GIS pro zařízení zabývající se kompostováním biomasy

Současný stav řešené problematiky

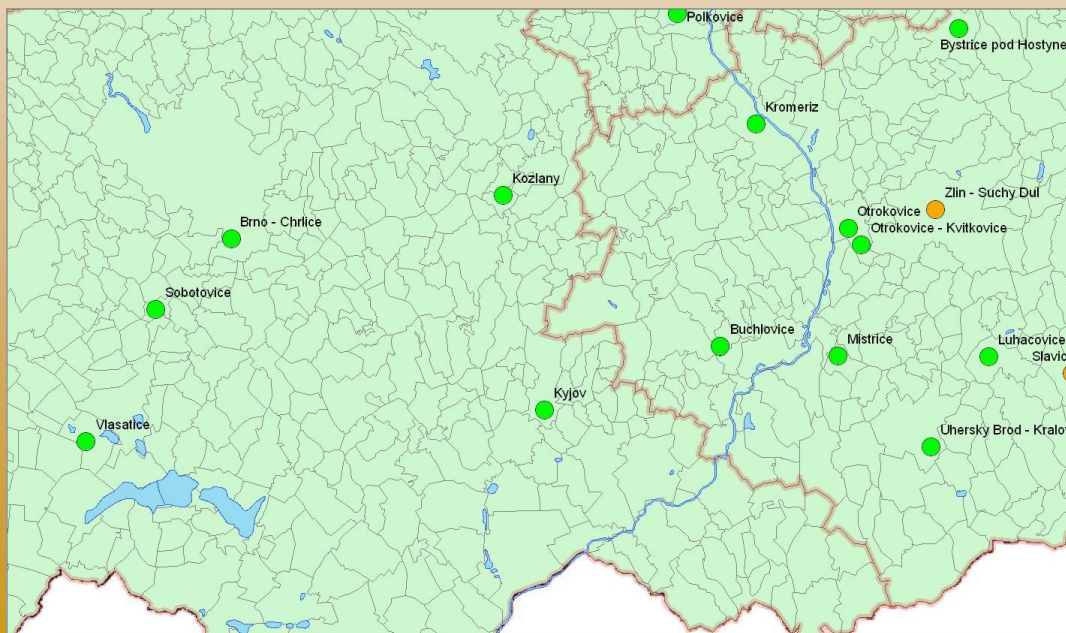
- V současnosti je zpracováno několik webových aplikací
 - ZERA, o.s. – *www.zeraagency.eu* – projekt „**Databáze kompostáren**“
 - Výzkumný ústav vodohospodářský – *ceho.vuv.cz* – projekt „**Přehled zařízení zpracovávající biologicky rozložitelné odpady**“
 - další dílčí projekty
- Výhody:
 - Informace o jednotlivých provozech (adresa umístění, webový odkaz provozu, seznam kompostovatelných odpadů, aj.)
 - vhodná aplikace sloužící široké ale i odborné veřejnosti pro základní informovanost o tom kde se dané zařízení nachází a jaké druhy odpadů zpracovávají, popř. jaká je jejich kapacita
- Nevýhody těchto aplikací:
 - zpracování formou JPEG obrázků s HTML odkazy
 - nelze provádět analýzy dat, které tyto projekty obsahují
 - neumožňuje import do geografických informačních systémů

Zdroje a sběr dat pro disertační práci

- Potřebná data k práci:
 - geografická data
 - atributová data (množství zpracovaného materiálu, množství vyprodukovaného kompostu, aj.)
 - statistická data o územních celcích (kraje, okresy, aj.)
- Hlavní použité zdroje dat o jednotlivých provozech kompostáren:
 - Agrinteg, s.r.o. – se sídlem v areálu Mendelovy univerzity v Brně
 - dílčí údaje z webových aplikací dříve zmíněných (ZERA, o.s., VUV TGM. aj.)
 - informace přímo od provozovatelů kompostovacích zařízení
- Transformace dat na data, která jsou kompatibilní se softwarem ArcView GIS 9.1

Vytvoření vrstvy kompostáren

- V projektu jsou vytvořeny 2 mapové vrstvy
 - vrstva *Provozované kompostárny* (cca 130 provozů)
 - vrstva *Kompostárny v přípravě* (cca 10 provozů)
 - data tvořena v období 2009-2010 (zahrnuje kompostárny existující v roce 2008)
- Projekt je zpracován ve 2 souřadných systémech (S-JTSK a WGS 84)
 - lepší aplikace do více GIS-systémů bez nutné konverze souřadnic



Tvorba databáze GIS pro provozy kompostáren

- vytvoření **dodatečných informací** (které nelze díky své povaze zapsat do atributové tabulky) pomocí hyperlinku
- **tvorba atributových tabulek** na základě dostupných údajů k jednotlivým vrstvám
- **zpracování těchto základních dat** a následná **tvorba tématických map**
- u vybraných druhů biomasy (sláma, kejda) stanovit **specifika** jejich **kompostování** (poměr C:N, bilanční rovnice)
- **tvorba obalových** (nasávacích) **zón** kolem kompostáren na základě těchto *metadat*
- **vyhodnocení a závěry**

Propojení projektu s dodatečnými informacemi – funkce „*hyperlink*“

- Zobrazování informací, které nelze zapsat do atributové tabulky
 - Interaktivní propojení s datovými soubory obsaženými v projektu (provozní informace, fotografie objektu)
 - propojení s webovými odkazy

The screenshot displays a web interface with a map of the Zdar nad Sazavou region. An Excel spreadsheet is overlaid on the map, showing data for waste management facilities. A 'Hyperlinks' dialog box is open, showing a file path and a website URL. A red arrow points from the 'Surovinová skladba zakládů' row in the spreadsheet to the 'ODPADY' section of the web page, which lists contact information for ODAS and ODAS ODPADY s.r.o.

Adresa:	
Ke stadionu 50	
Zdřelec nad Doubravou	
582 63	
Surovinová skladba zakládů:	BRO z údržby zeleně, listí, tráva, dřevní hmota

ODPADY

společnosti

Miloslav Odvárka ODAS
Zdar n.Sázavou,
nám Republiky 61

ODAS ODPADY s.r.o.
Zdar n.Sázavou

Brněnská 48
Zdar n.Sázavou
586 621 267
586 621 267
586 621 267
info@odas.cz
info@odas.cz
Společnost s ručením
omezeným

E-mail: info@odas.cz
Právní forma: Fyzická osoba oprávněná
k podnikání
IČO: 152 598 92

Tvorba atributových tabulek

- Vybrané atributy v projektu:
 - maximální dosažitelné roční množství zpracovávané hmoty
 - Množství zpracované hmoty
 - Množství vyprodukovaného kompostu
 - Mechanizační vybavení kompostárny
 - Registrace kompostu
 - Příprava surovin

Tvorba atributových tabulek

Attributes of Provozované kompostárny

FID	Shape*	ID	OBC_NAZEV	KAPACITA	ZPRACHM	VYPRKOM	KRAJ	CISLOKRAJE	SBERBRD	REGISTRACE	PRIPRAVA	STROJYB	OBZ_KAP	OBZ_KOM	POL_OBZ_KA	POL_OBZ_KO	KOEFICIENT	KOEF
0	Point	0	Protivin	5000	2900	2500	Jihocesky	2	0	0,000000	1	2	73,26	42,49	4,83	3,68	0,95	
1	Point	0	Malony	10000	0	10000	Jihocesky	2	1	0,000000	0	2	88,92	0	5,32	0	0,95	
2	Point	0	Cerhonice	2000	1200	1000	Jihocesky	2	0	1,000000	1	1	4,94	2,97	1,25	0,97	1	
3	Point	0	Otin	3000	2000	1000	Jihocesky	2	1	0,000000	1	1	40,91	27,27	3,61	2,95	0,95	
4	Point	0	Drahov	750	900	750	Jihocesky	2	1	0,000000	0	1	9,82	11,79	1,77	1,94	0,9	
5	Point	0	Vodnary	25000	10000	8000	Jihocesky	2	0	1,000000	0	2	255,31	102,12	9,02	5,7	1	
6	Point	0	Zliv	100	100	70	Jihocesky	2	1	0,000000	0	1	1,33	1,33	0,65	0,65	0,9	
7	Point	0	Modra Hurka	9000	0	10000	Jihocesky	2	1	1,000000	0	3	120,05	0	6,18	0	1,1	
8	Point	0	Ostrov u Macochy	2500	2000	1500	Jihomoravsky	3	1	1,000000	0	3	7,72	6,18	1,57	1,4	1,1	
9	Point	0	Buchlovice	10000	6000	4000	Zlinsky	14	0	0,000000	2	3	125,52	75,31	6,32	4,9	1,05	
10	Point	0	Kyjov	1170	1900	1170	Jihomoravsky	3	0	1,000000	2	3	20,97	34,05	2,58	3,29	1,15	
11	Point	0	Sobotovice	1000	1050	850	Jihomoravsky	3	0	1,000000	1	1	25,3	26,57	2,84	2,91	1	
12	Point	0	Kozlany	500	250	120	Jihomoravsky	3	0	0,000000	0	1	20,89	10,44	2,58	1,82	0,85	
13	Point	0	Krhovice	1000	1200	1000	Jihomoravsky	3	0	0,000000	1	1	1,65	1,99	0,73	0,79	0,9	
14	Point	0	Tisova	10000	13000	10000	Karlovarsky	4	1	0,000000	1	2	89,72	116,63	5,34	6,09	1	
15	Point	0	Jenisev	5000	5000	3000	Karlovarsky	4	0	1,000000	0	3	47,76	47,76	3,9	3,9	1,05	
16	Point	0	Trstenice	10000	0	10000	Karlovarsky	4	0	0,000000	1	2	97,3	0	5,57	0	0,95	
17	Point	0	Sokolov	10000	12000	10000	Karlovarsky	4	1	0,000000	1	2	89,72	107,66	5,34	5,85	1	
18	Point	0	Karlovy Vary - Stara Rokle	3000	4000	2500	Karlovarsky	4	1	0,000000	1	2	28,65	38,2	3,02	3,49	1	
19	Point	0	Chocovice	10000	12000	0	Karlovarsky	4	1	0,000000	0	2	97,3	116,77	5,57	6,1	0,95	
20	Point	0	Cinov	10000	13500	1000	Karlovarsky	4	1	0,000000	0	2	95,51	128,94	5,51	6,41	0,95	
21	Point	0	Jaromer	29000	29000	20300	Kralovehradecky	5	1	1,000000	2	1	264,55	264,55	9,18	9,18	1,1	
22	Point	0	Krovice	5000	5000	3000	Kralovehradecky	5	0	1,000000	1	3	48,79	48,79	3,94	3,94	1,1	
23	Point	0	Nova Paka	240	240	110	Kralovehradecky	5	1	0,000000	1	2	3,12	3,12	1	1	1	
24	Point	0	Hradec Kralove - Brezhrad	10000	10000	750	Kralovehradecky	5	1	0,000000	2	3	163,91	163,91	7,22	7,22	1,1	
25	Point	0	Chlumec nad Cidlinou	12000	0	0	Kralovehradecky	5	0	0,000000	0	0	196,69	0	7,91	0	0,8	

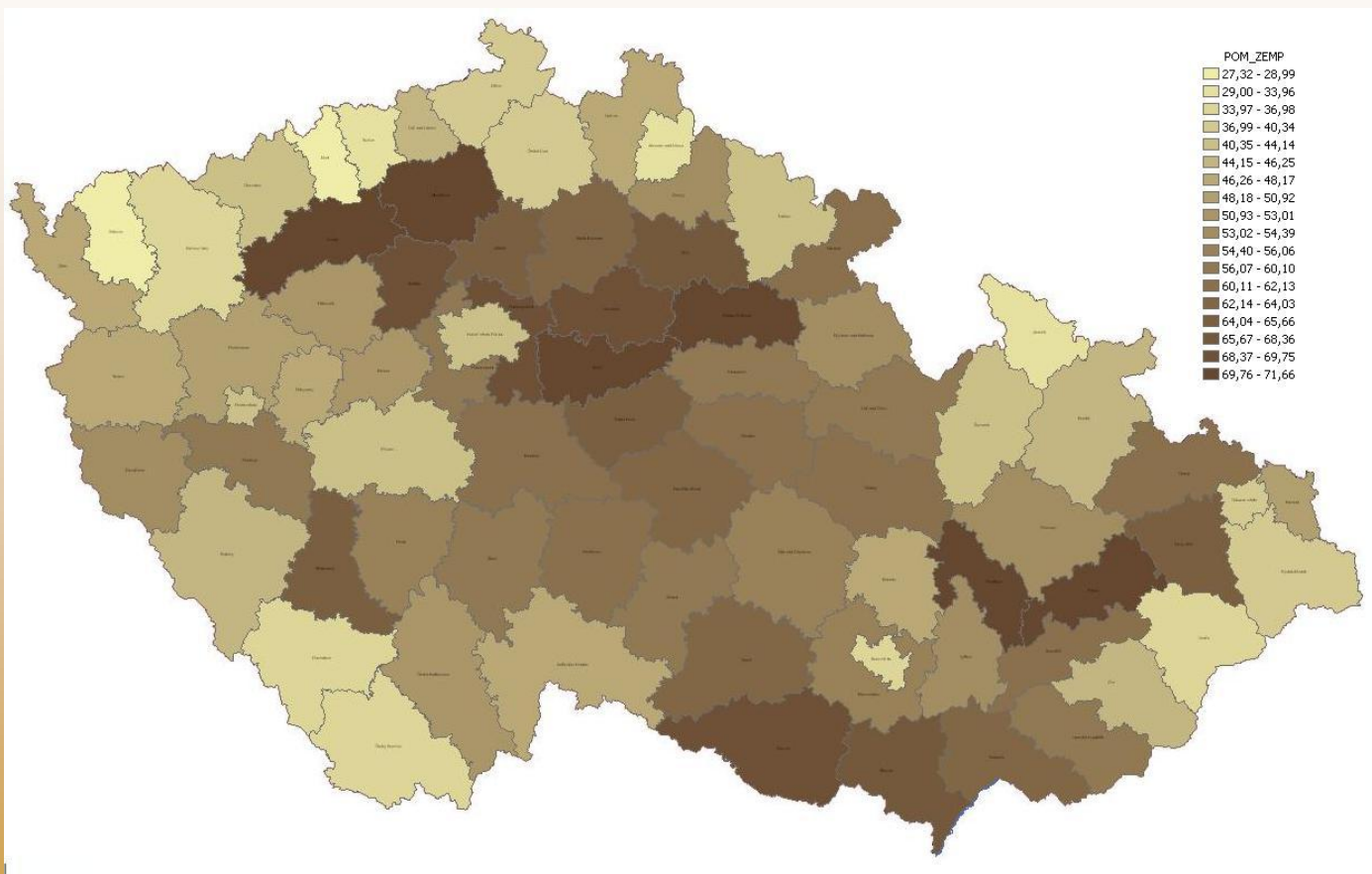
Record: 1 | Show: All Selected | Records (0 out of 130 Selected) | Options

Atributová tabulka pro vrstvu „Provozované kompostárny“

Transformace pozemkových dat do kartografické podoby

- Volba vhodné úrovně dat (kraje / okresy / obce)
 - Nejvhodnější úrovní statistických pozemkových z databáze ČSÚ pro tento projekt byla zvolena úroveň *Struktura pozemků dle jednotlivých okresů ČR*
 - velikost území (100-ky km²)
 - počet jednotek (76 + Hlavní město Praha)
 - porovnání se zájmovými oblastmi jednotlivých kompostáren
- Zpracování vybraných statistických dat o struktuře pozemků v ČR
 - rozdělení a stanovení jednotlivých kategorií půd
 - základní rozdělení na *zemědělské* a *nezemědělské půdy*
 - Tvorba mapové vrstvy zobrazující *procentické podíly ploch zemědělské půdy v ČR*

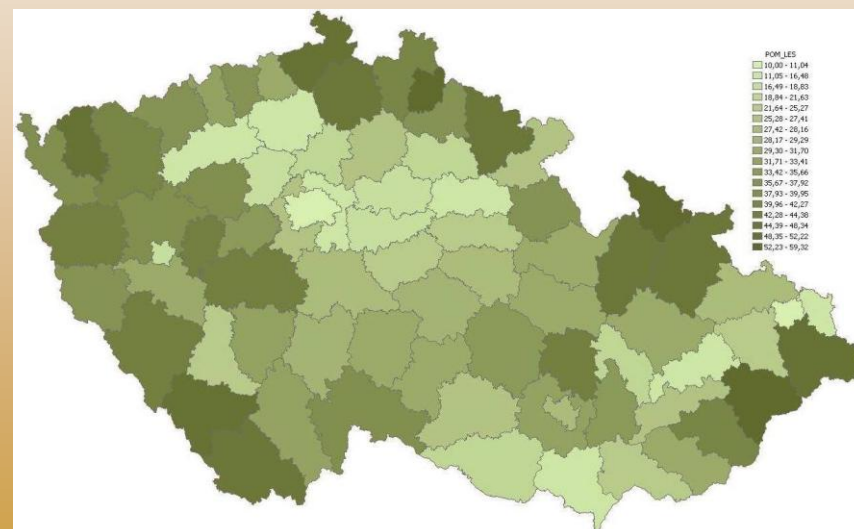
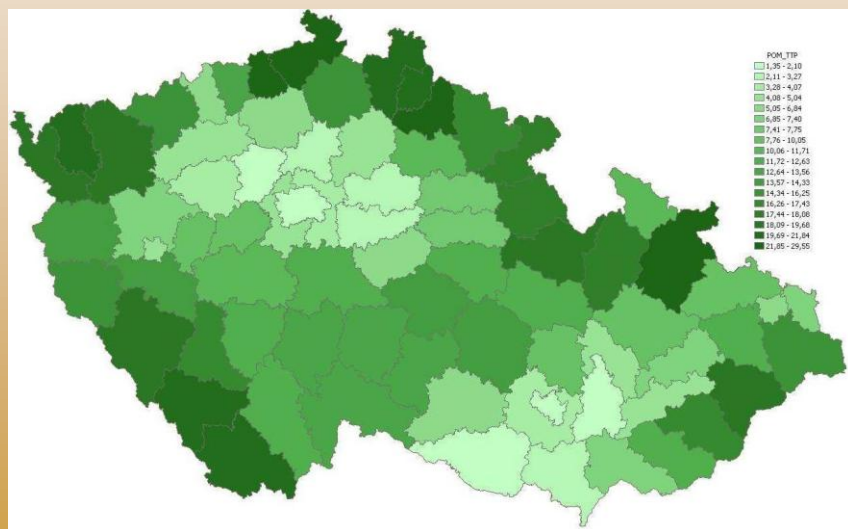
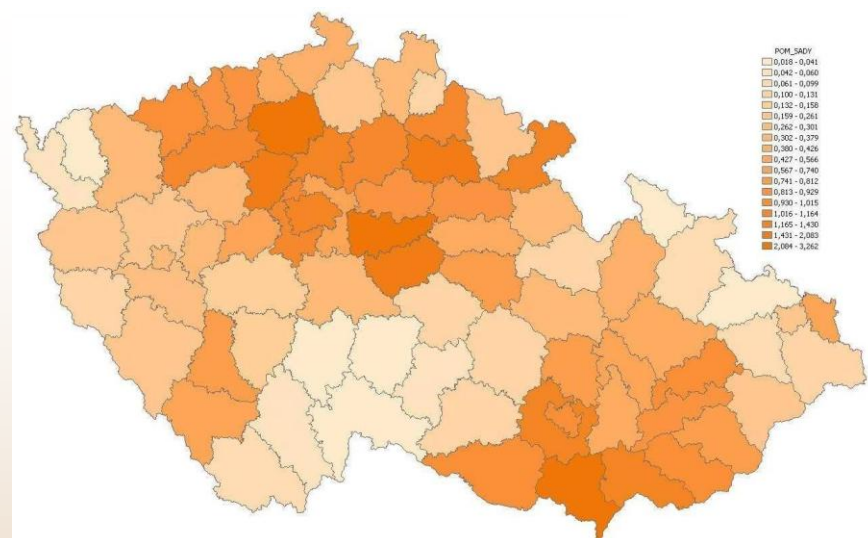
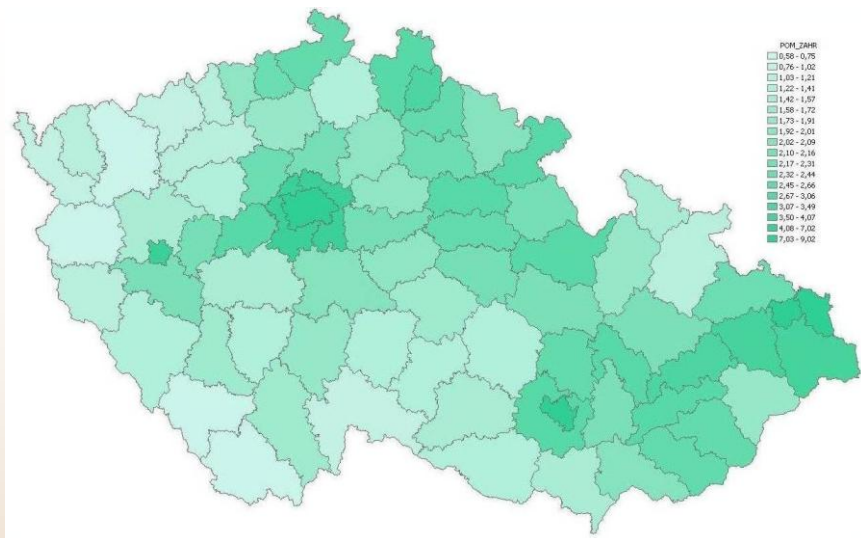
Transformace pozemkových dat do kartografické podoby



Procentické podíly ploch zemědělské půdy v ČR dle okresů

Transformace pozemkových dat do kartografické podoby

- Rozdělení zemědělsky využívané půdy rozděleny dle konkrétního dělení podle způsobu jejich užívání a to na :
 - *Ornou půdu*
 - *Zahrady*
 - *Sady*
 - *Trvalé travní porosty*
 - *Lesní porosty (nezemědělská půda)*
- Tvorba mapových výstupů dle jednotlivých kategorií rozdělení



Mapové výstupy procentických podílů zastoupení jednotlivých kategorií půd v projektu

Stanovení kompostovatelných surovin a jejich výnosů

- stanovení konkrétních surovin (druhů odpadní biomasy), které jsou vhodné ke kompostování
- stanovení produkce jednotlivých druhů biomasy

<i>Surovina</i>	<i>Kategorie půdy</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Výnos</i>	<i>Průměr</i>
Sláma	orná půda	kg.m ⁻²	0,6 – 0,8	0,7
Tráva z údržby zahrad / parků	zahrady	kg.m ⁻²	0,2 – 0,4	0,3
Zelinářské odpady	zahrady	kg.m ⁻²	0,2 – 0,4	0,3
Odpadní dřevo z ovoc. výsad.	sady	kg.m ⁻²	0,2 – 0,3	0,25
Tráva z údržby TTP	trvalé trav. por.	kg.m ⁻²	0,3 – 0,6	0,45
BRKO – malá / velká sídla <i>(viz. poznámka níže)</i>	-	kg.obyv ⁻¹ .rok ⁻¹	30-60 / 60-80	60

Hodnoty produkce vybraných surovin pro kompostárny

Stanovení celkových výnosů

- Stanovení celkových výnosů všech vybraných surovin pro kompostárny ve zvolených územních celcích (okresech)

$$V_c = \sum_{i=1}^n v_i \cdot p_i \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}]$$

kde: V_c – celkový výnos [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$]

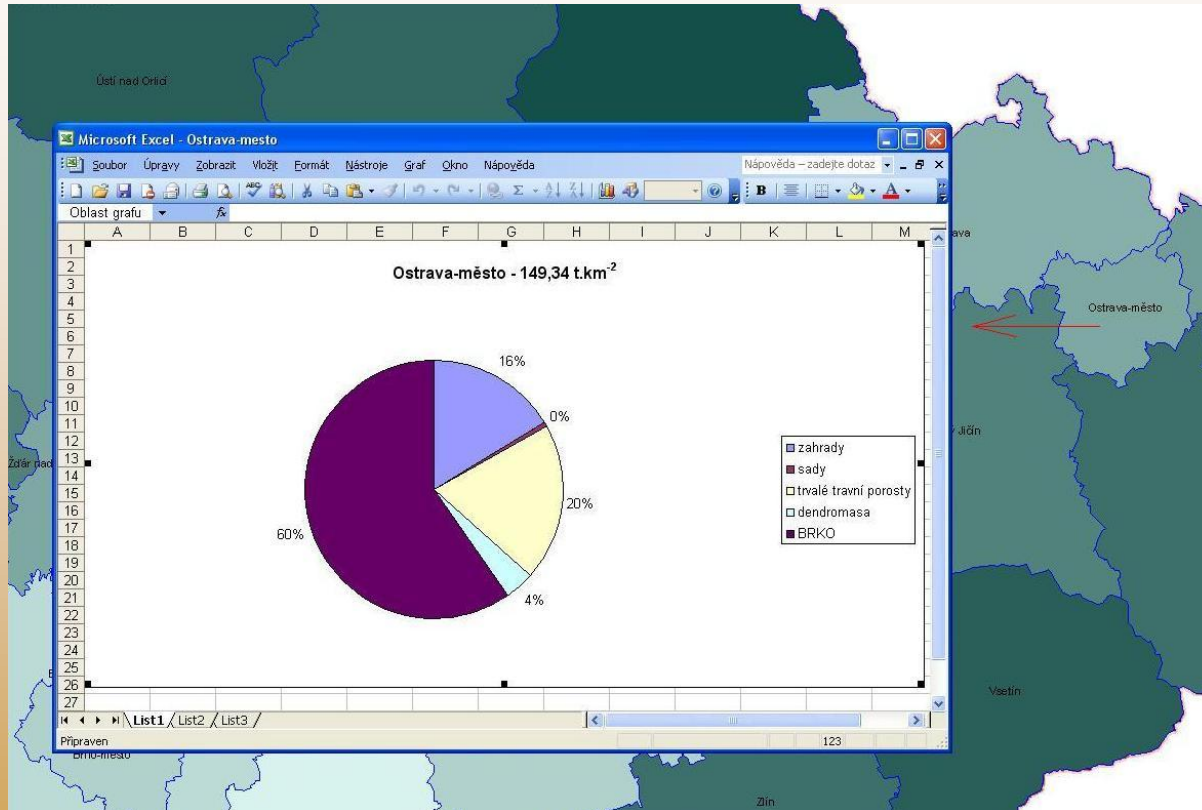
v_i – výnos i-té suroviny pro kompostárnu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$]

p_i – podíl plochy i-té suroviny [-] na daném území (konkrétně okresu)

Název okresu	Plocha území (ha)	Z toho podíl (%)			Výnosy jedn. surovin			Celk. výnos ($1 \cdot 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$)
		zahrady	sady	TTP	zahrady	sady	TTP	
Ústí nad Labem	40444	2,350	0,517	29,554	0,71	0,13	13,30	14,13
Česká Lípa	113708	1,400	0,256	15,775	0,42	0,06	7,10	7,58
Jablonec n. Nis.	40229	3,350	0,119	20,798	1,01	0,03	9,36	10,39
Liberec	92467	3,060	0,340	20,790	0,92	0,08	9,36	10,36
Semily	69893	2,510	1,040	25,201	0,75	0,26	11,34	12,35
Hradec Králové	87556	2,750	0,889	7,753	0,83	0,22	3,49	4,54
Jičín	88664	2,440	2,083	11,711	0,73	0,52	5,27	6,52
Náchod	85155	2,790	1,210	18,012	0,84	0,30	8,11	9,24

Vzorový příklad stanovení celkového výnosu vybraných surovin z jednotlivých kategorií půd

Stanovení celkových výnosů



Příklad zobrazení grafu vyjadřující podíly jednotlivých surovin na celkovém výnosu v okrese

Obalové zóny kompostáren

- stanovení velikosti území, na němž lze z jednotlivých zdrojů biomasy naplnit množství hmoty na které je daná kompostárna konstruována – *nasávací oblast kompostárny*
- čím **menší velikost** nasávací oblasti, při konkrétní hodnotě k_p tím **ekonomičtější provoz**
- Tuto situaci ArcView řeší vytvořením tzv. *obalových zón* kolem jednotlivých provozů kompostáren – na základě vybraného atributu

$$P_{OZ} = \frac{k_p}{\sum_{i=1}^n v_i \cdot p_i} = \frac{k_p}{V_c} \quad [\text{m}^2]$$

kde: P_{OZ} – velikost obalové zóny (*nasávacího území*) $[\text{m}^2]$

k_p – maximální dosažitelné roční množství zpracovávané hmoty $[\text{kg}]$

v_i – výnos i -té suroviny $[\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}]$

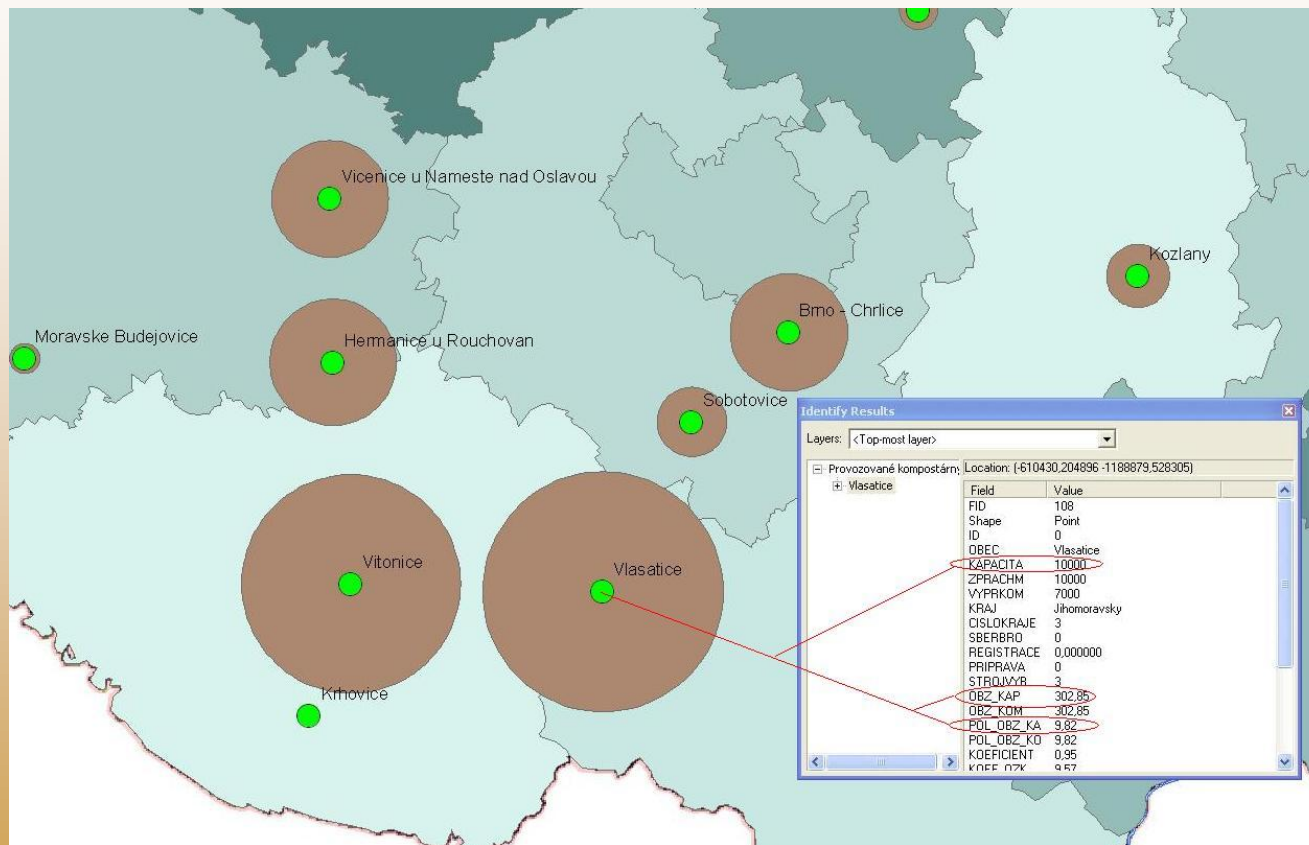
p_i – podíl plochy i -té suroviny $[-]$ na daném území

V_c – celkový výnos $[\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}]$

Zobrazení obalové zóny kompostárny při využití vybraných zdrojů biomasy

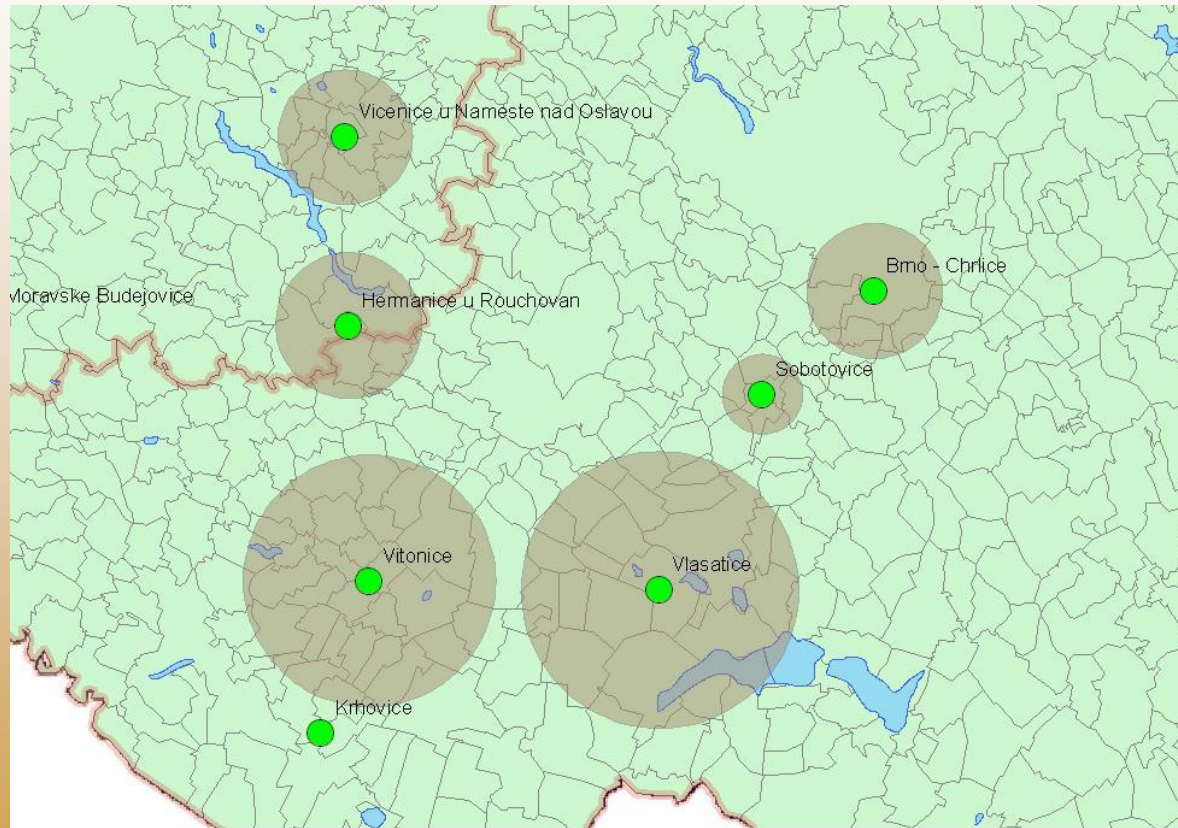
- grafické vykreslení obalových zón (nasávacích oblastí) kompostáren při využití všech těchto zdrojů biomasy z okolí:
 - *tráva z údržby zahrad*
 - *odpadní dřevo z ovoných výsadeb*
 - *tráva z údržby trvalých travních porostů*
 - *zelinářské odpady*
 - *kompostovatelný BRKO*
 - *sláma (10% podíl z celkové kapacity kompostárny - úprava poměru C:N)*
- dojde k vymezení oblasti, ve které se nachází právě takové množství materiálu z výše zmíněných zdrojů, které zaručí maximální (100%) využití hodnoty k_p kompostárny.

Zobrazení obalové zóny kompostárny při využití vybraných zdrojů biomasy



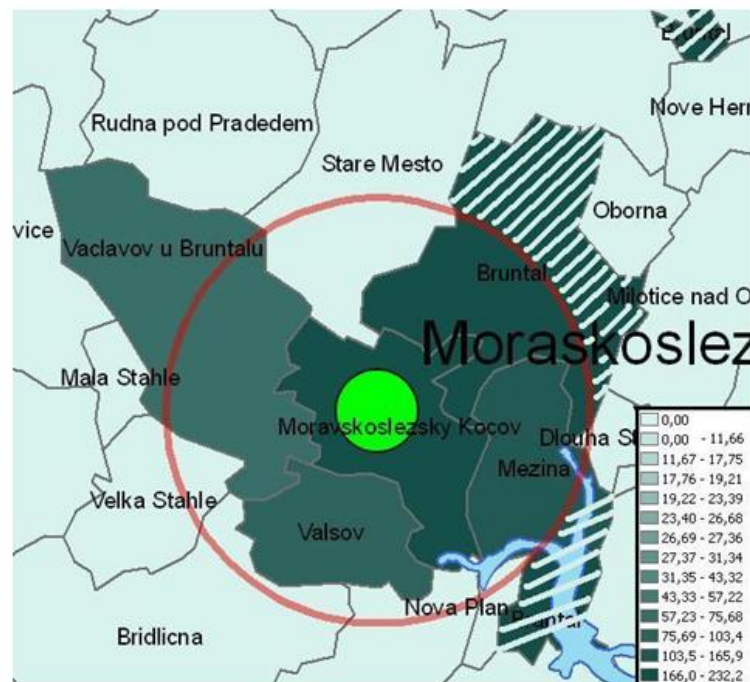
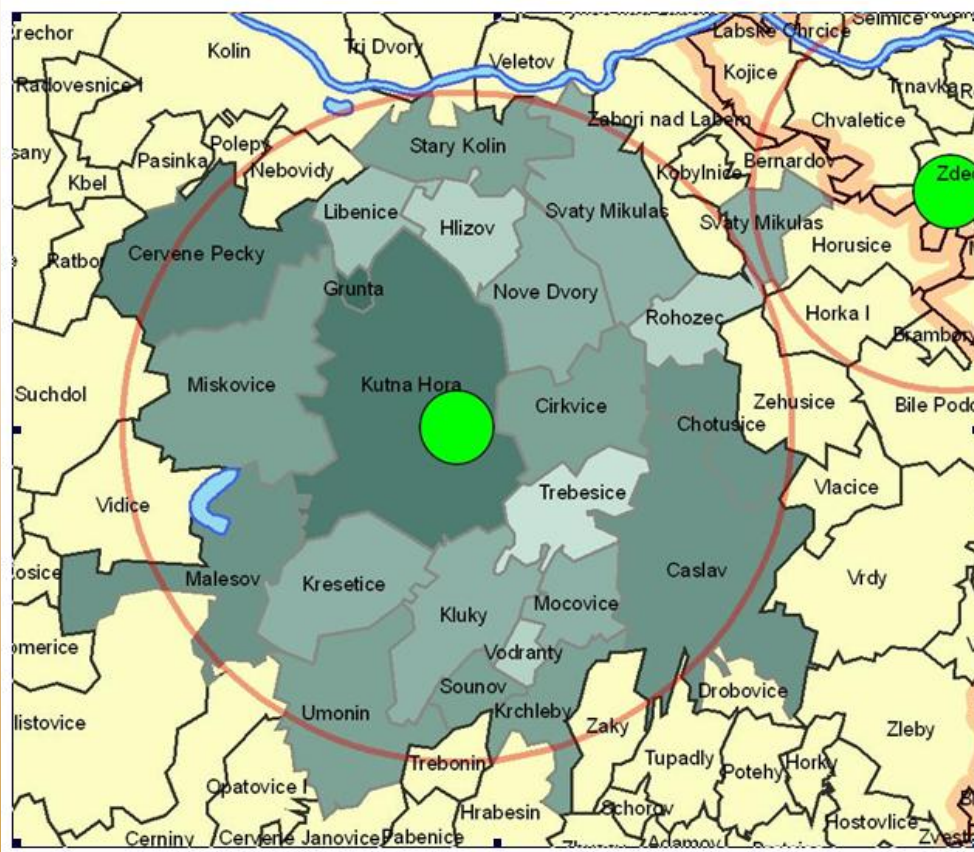
Zobrazení obalových zón kolem jednotlivých provozů kompostáren se zobrazáním atributů u konkrétní kompostárny

Zobrazení obalové zóny kompostárny při využití vybraných zdrojů biomasy



Zobrazení vrstvy katastrů obcí a obalové zóny

Nasávací oblasti kompostáren zpracované na úrovni katastrů obcí

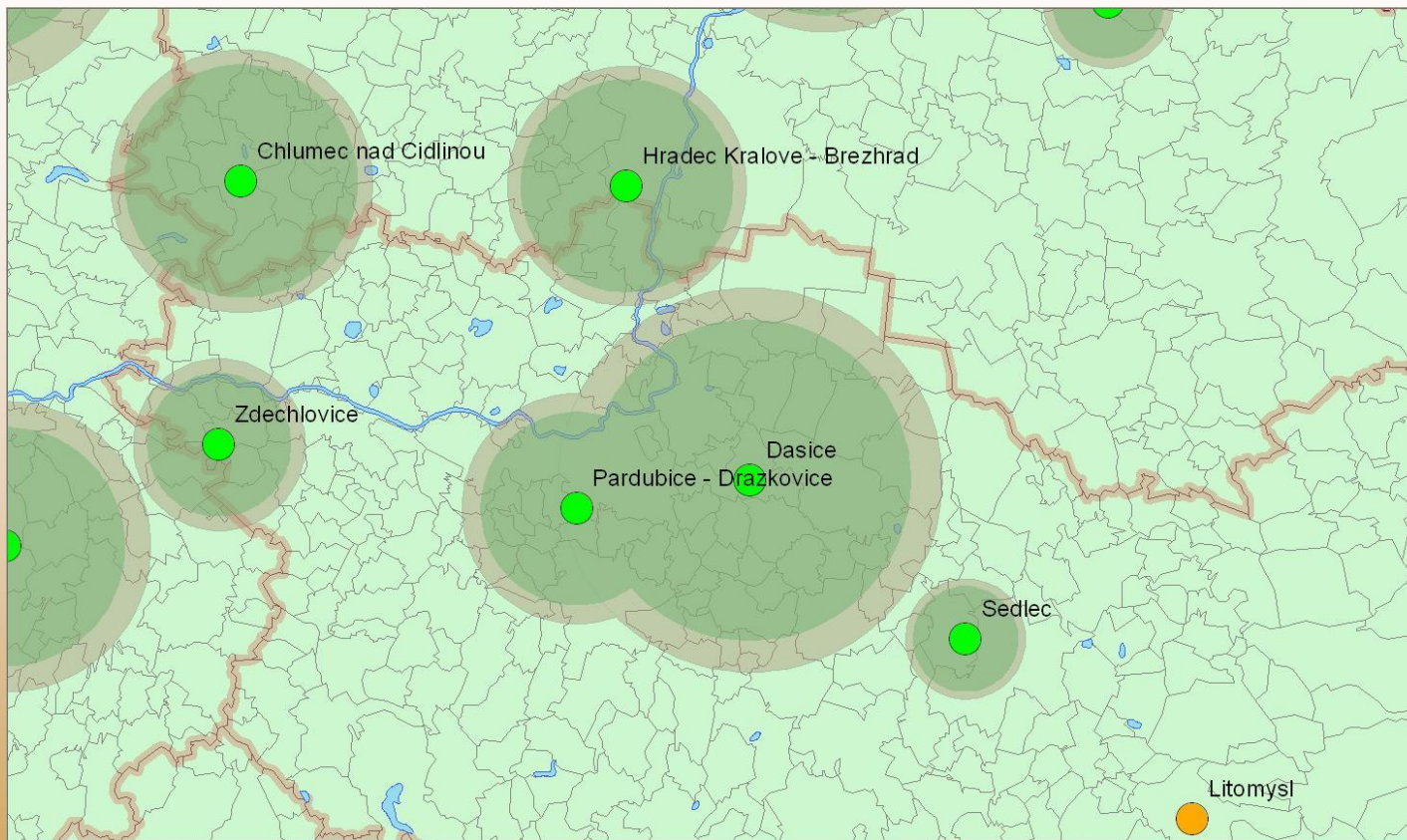


Kompostárny Kutná Hora – Neškaredice a Moravskoslezský Kočov (jednotky legendy [10^3 kg.km^{-2}])

Zobrazení obalové vrstvy při změně surovin

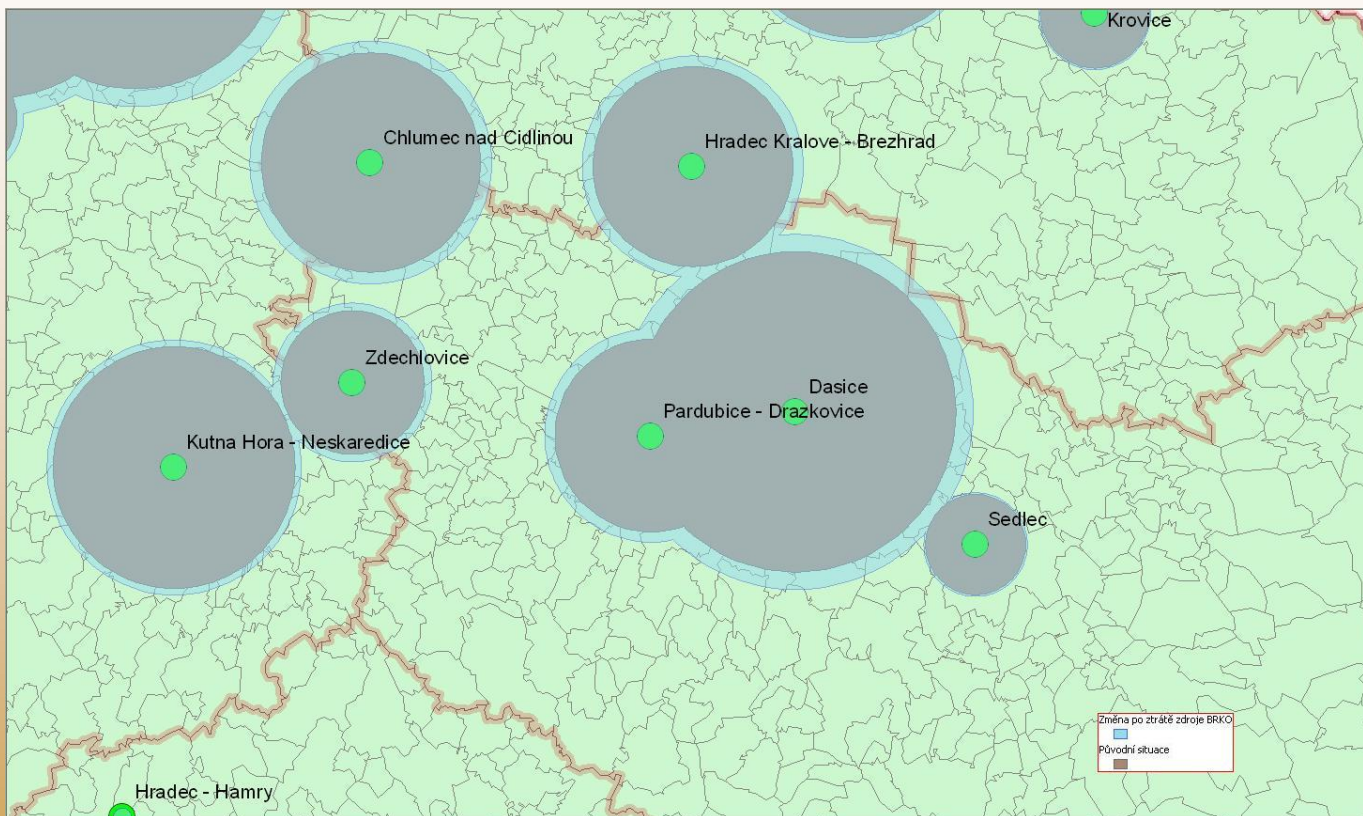
- situace kdy provozovatel kompostárny získá přístup k novému zdroji biomasy
- **nová surovina** – zvětšení průměrného výnosu z plochy – zmenšení obalové zóny
- opačná situace, kdy o některý ze zdrojů přijde
- **omezení původních zdrojů biomasy** – snížení průměrného výnosu – zvětšení obalové zóny
- projekt umožňuje původní a novou situaci porovnat v přehledném grafickém zobrazení
- umožňuje provozovateli kompostárny vyhodnotit novou situaci (zmenšení / zvětšení svozové oblasti)

Zobrazení obalové vrstvy při změně surovin



Zmenšení původní obalové zóny - větší hnědý kruh, při zisku nového zdroje pro kompostárnu (konkrétně dendromasy) z okolí – menší zelený soustředný kruh

Zobrazení obalové vrstvy při změně surovin



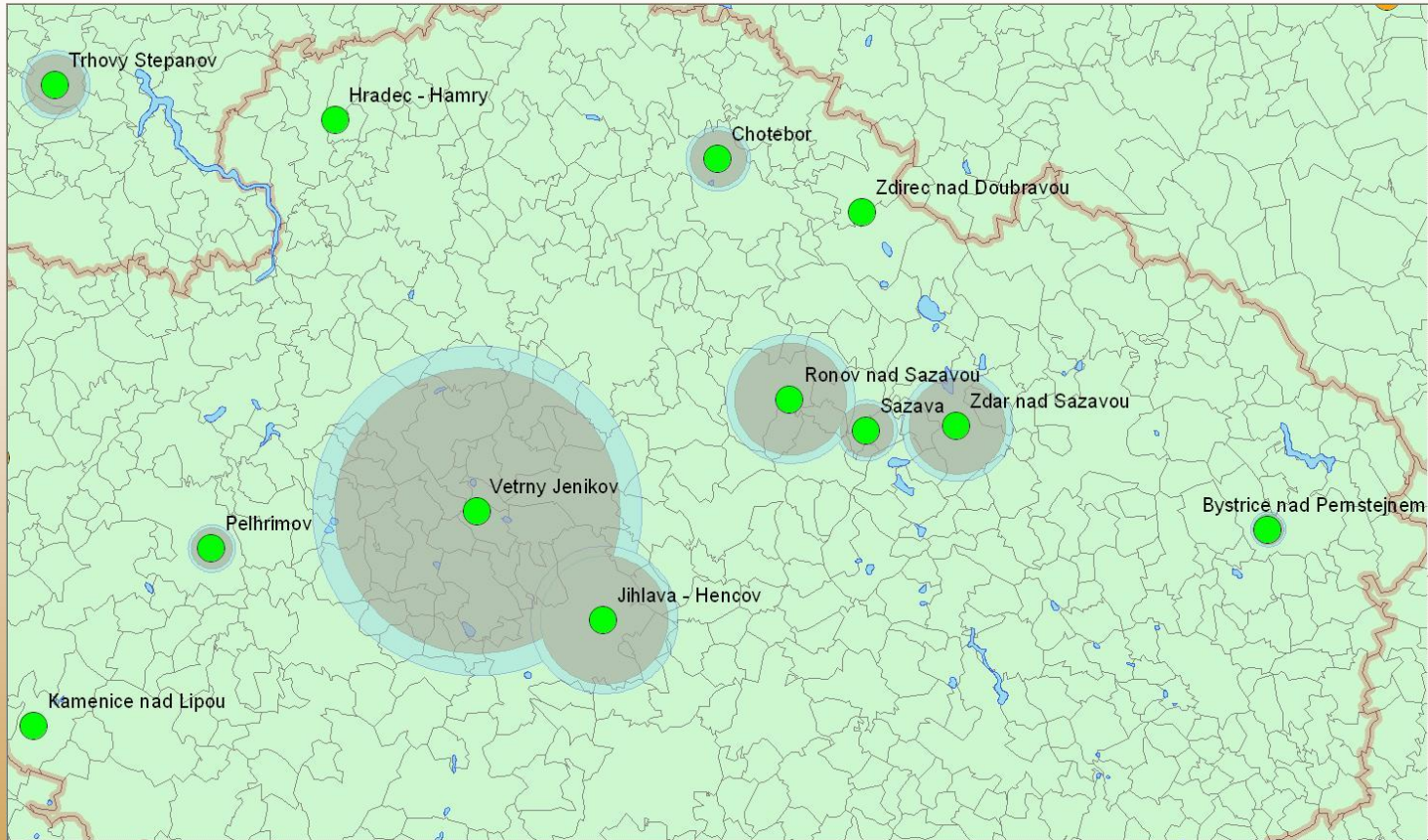
Projevení se změny při ztrátě některého ze zdrojů biomasy z okolí pro kompostárny
(konkrétně BRKO)

Míra využití dostupných zdrojů

- předchozí případy vycházeli ze situace, kdy se ze zájmové území získá 100% z dostupných surovin
- v praxi se jedná o nedosažitelnou hodnotu
- dochází ke ztrátám
 - provozovatel kompostárny nemá přístup či možnost získat veškerou odpadní biomasu
 - ztráty během dopravy
 - ztráty během manipulace s materiálem
 - jiné faktory
- doplnění matematického vztahu pro výpočet velikosti obalové zóny o tzv. **koeficient výtěžnosti (v)**

$$P_{OZ} = \frac{100}{v} \frac{k_p}{\sum_{i=1}^n v_i \cdot P_i} = \frac{100 \cdot k_p}{v \cdot V_c} \quad [\text{m}^2]$$

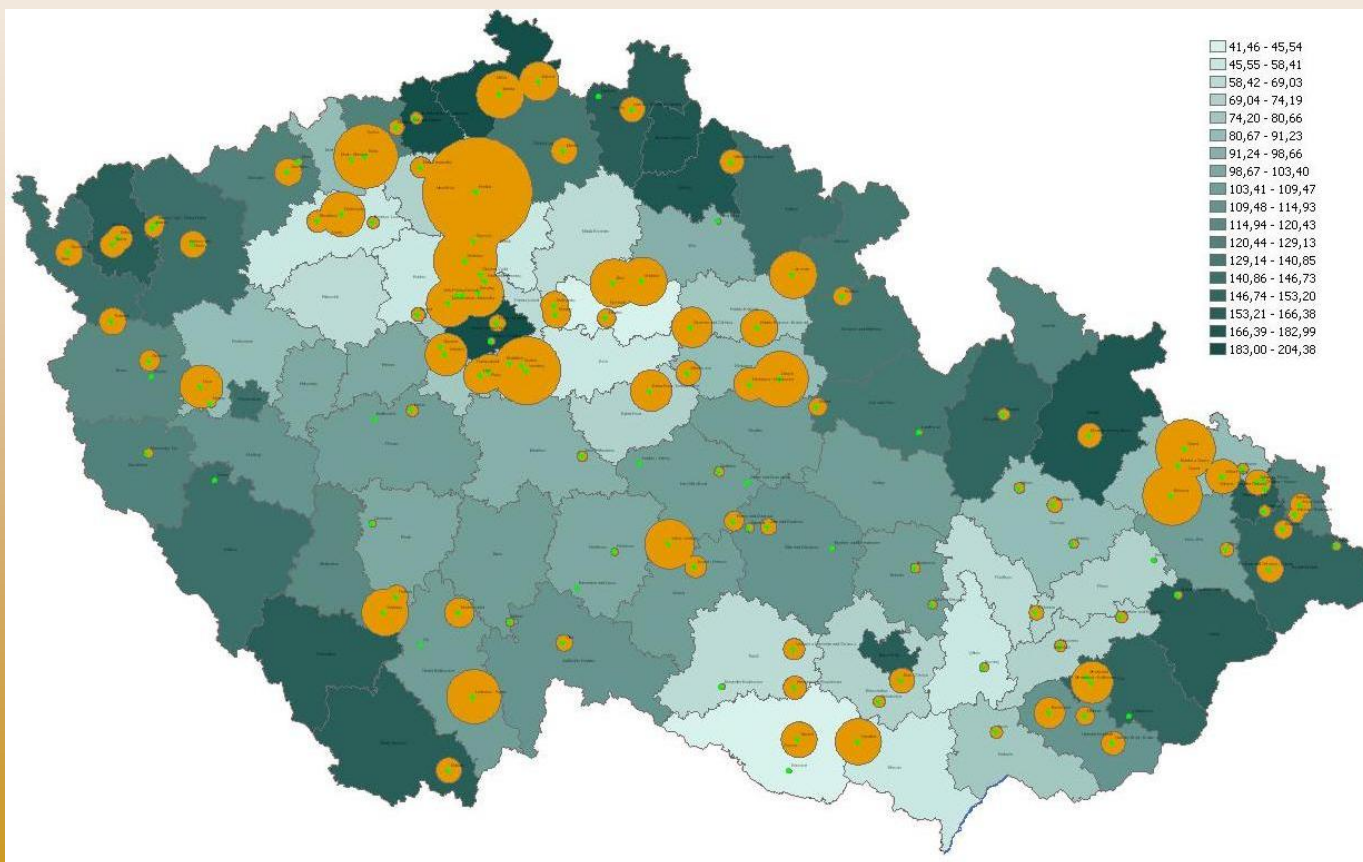
Míra využití dostupných zdrojů



Změna velikosti původní obalové zóny (vnitřní hnědý kruh) na větší (modrý soustředný kruh) při zohlednění koeficientu výtěžnosti ($v=75\%$)

Analýza vybraných druhů biomasy ke kompostování v ČR

- Na základě databáze byla vytvořena mapa celkového potenciálu vybraných druhů biomasy v ČR (tráva z údržby TTP, odpadní dřevo z ovocných výsad, BRKO, odpady ze zahrad, aj.)

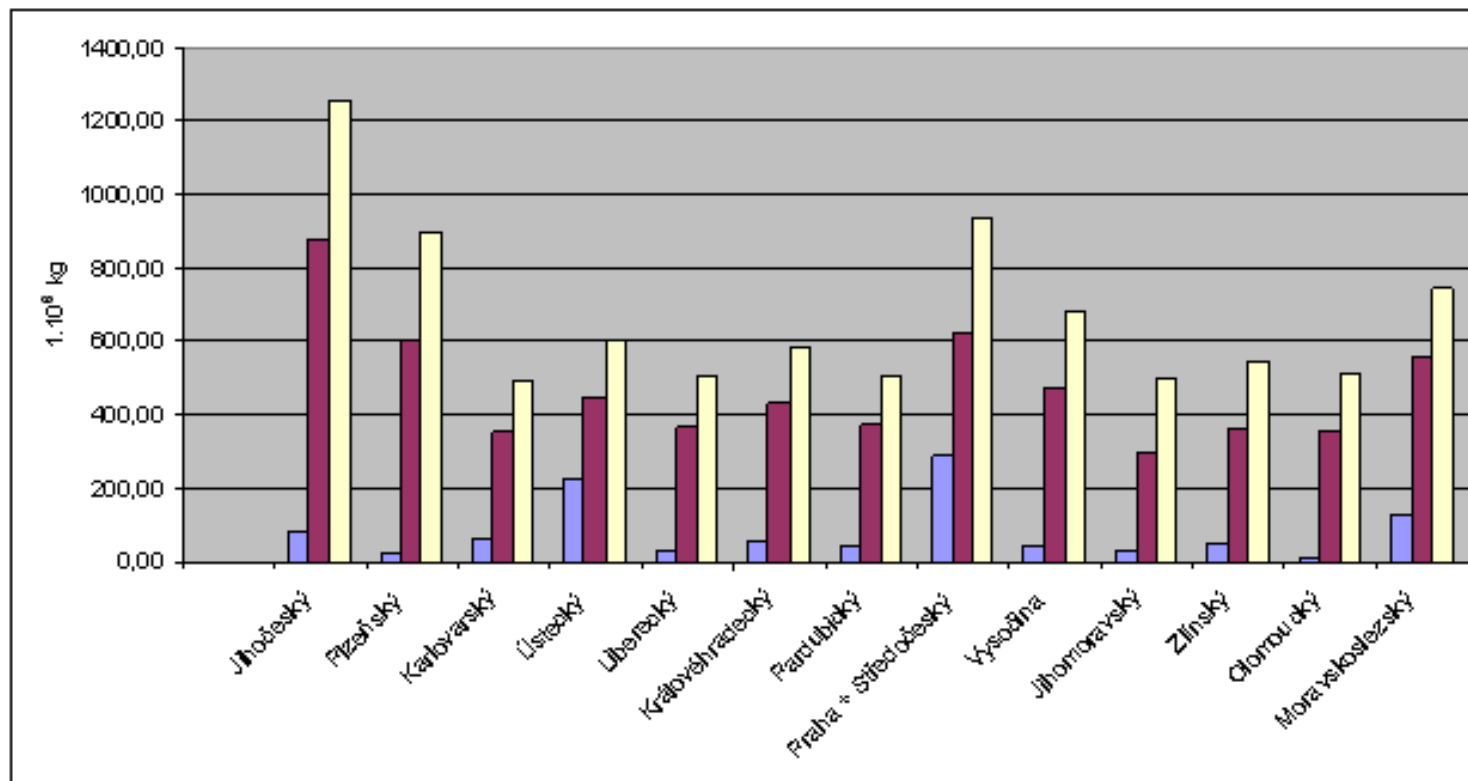


Analýza vybraných druhů biomasy ke kompostování v ČR

- průměrné hodnoty výnosů vybraných surovin dle jednotlivých krajů ČR

1.	2.	3.
Kraj	Průměrný výnos vybraných surovin ($1.10^3 \text{ kg km}^{-2}$)	Průměrný výnos vybr. surovin včetně dendromasy ($1.10^3 \text{ kg km}^{-2}$)
Jihočeský	87,46	124,88
Plzeňský	79,55	119,09
Karlovarský	105,67	148,93
Ústecký	83,72	113,54
Liberecký	116,04	160,31
Královéhradecký	90,78	121,75
Pardubický	82,07	111,55
Praha + Středočeský	54,40	81,35
Vysočina	68,25	98,02
Jihomoravský	41,86	70,34
Zlínský	89,15	128,82
Olomoucký	70,66	106,16
Moravskoslezský	100,17	134,99
ČR	77,52	111,12

Analýza vybraných druhů biomasy ke kompostování v ČR



Graf potenciálu vybraných surovin v jednotlivých krajích ČR (modré sloupce znázorňují projektovanou hodnotu k_p kompostáren v kraji, fialový sloupec - P_{max} a žlutý P_{dmax})

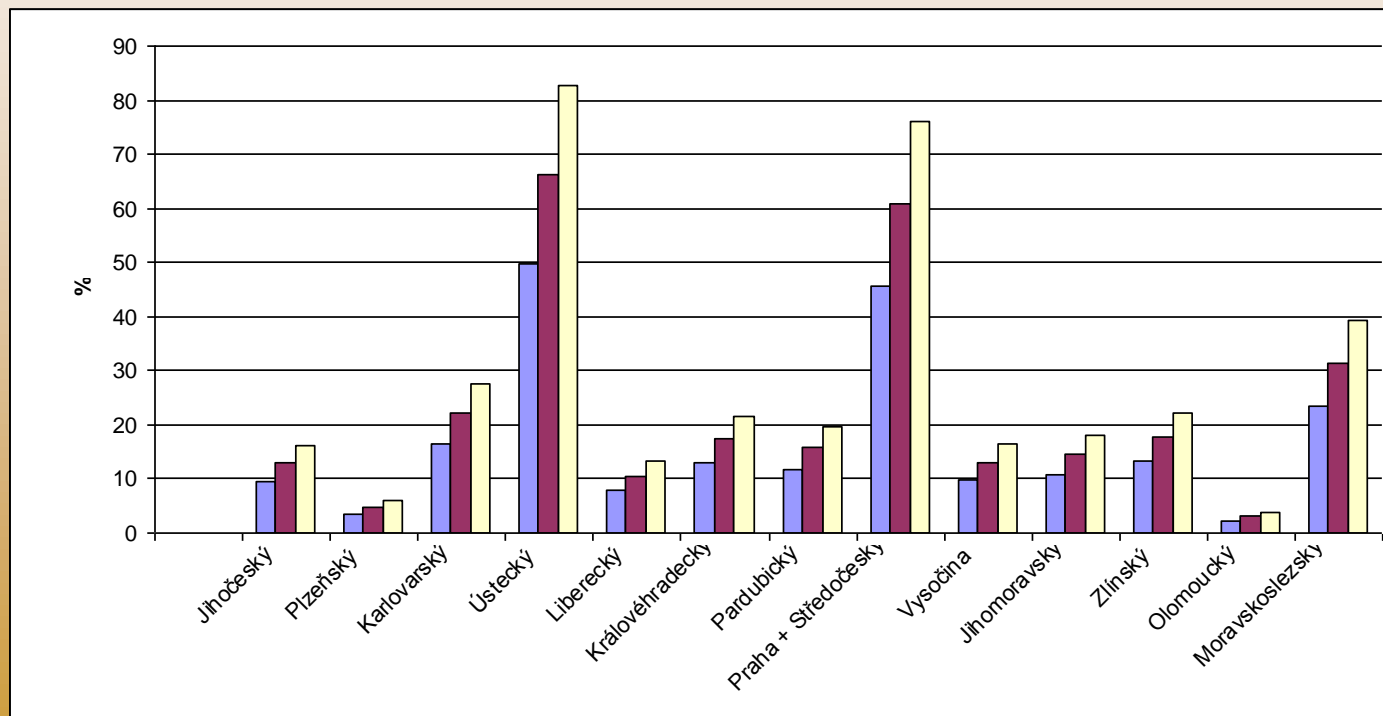
Analýza vybraných druhů biomasy ke kompostování v ČR

- Procentické podíly využití vybraných surovin pro kompostárny při různých výtěžnostech dle jednotlivých krajů

1.	2.		3.		4.	
	100 % výtěžnost		75 % výtěžnost		60 % výtěžnost	
Kraj	<i>bez dendr.</i>	<i>vč. dendr.</i>	<i>bez dendr.</i>	<i>vč. dendr.</i>	<i>bez dendr.</i>	<i>vč. dendr.</i>
Jihočeský	9,65	6,76	12,86	9,01	16,08	11,26
Plzeňský	3,61	2,41	4,81	3,21	6,01	4,02
Karlovarský	16,56	11,75	22,07	15,66	27,59	19,58
Ústecký	49,58	36,63	66,24	48,84	82,80	61,05
Liberecký	7,96	5,76	10,61	7,68	13,26	9,60
Královéhradecký	13,02	9,71	17,36	12,95	21,70	16,18
Pardubický	11,86	8,71	15,82	11,61	19,77	14,51
Praha + Středočeský	45,67	30,54	60,90	40,72	76,12	50,90
Vysočina	9,86	6,86	13,15	9,15	16,43	11,44
Jihomoravský	10,87	6,47	14,50	8,63	18,12	10,79
Zlínský	13,33	8,87	17,77	11,83	22,22	14,79
Olomoucký	2,36	1,64	3,15	2,18	3,94	2,73
Moravskoslezský	23,51	17,44	31,35	23,26	39,18	29,07
ČR	17,46	12,18	23,29	16,25	29,11	20,31

Analýza vybraných druhů biomasy ke kompostování v ČR

- Graf vyjadřující procentické podíly využití vybraných surovin pro kompostárny při různých výtěžnostech dle jednotlivých krajů



Využití disertační práce, závěry

- Možné směry využití:
 - webová aplikace s několika na sobě nezávislými sekcemi
 - přístup do části databáze o kterou uživatel projeví zájem
 - „burza biomasy“
 - státní správa
 - široká veřejnost
- Rozvoj projektu:
 - Zajištění pravidelných aktualizací (nové provozy / zrušení stávajících)
 - hledání cest k lepšímu využití maximální roční kapacity kompostáren
 - zvýšení výtěžnosti komodit
 - zpracování dat o dalších komoditách (městská zeleň, aj.)
 - propojení s oborově blízkými GIS projekty – databáze bioplynových stanic

☺ Děkuji za pozornost ☺

Ing. Jiří Fryč, Ph.D.

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky
Zemědělská 1, Brno

tel: +420 545 132 364

e-mail: xfryc1@node.mendelu.cz