

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí

Studijní program: Ekologie a ochrana životního prostředí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Vyhodnocení množství zpětně odebraných baterií a
akumulátorů v rámci České republiky s využitím
GIS**

**Quantity assessment of backward collected batteries
and accumulators in the framework of the Czech
Republic using GIS**



Bc. Tomáš Augustin Kukal

Školitel: Ing. Luboš Matějček, Ph.D.

Praha, 2017

Abstrakt

Počet baterií a zejména akumulátorů, které používáme, stále roste a s tím roste i jejich sběr a svoz. Je proto nutné hledat cestu k jeho optimalizaci, což může být např. vybudování nových zpracovatelských zařízení. Diplomové práce se zabývá analýzou dat ze sběru baterií, zpracováním těchto dat a sestavení modelu ve čtyřech variantách. Diplomová práce dále zkoumá počet baterií a akumulátorů v českých domácnostech a přináší odpověď na otázku: „Kolik jich přibližně doma máme?“ Výstupem diplomové je pak zpracování dotazníku na téma Výzkum baterií v domácnostech, který je dále používán. Hlavním výstupem je model. Model pracuje se vzdálenostmi svozových tras na principu oblasti obslužnosti a dopravní úlohy. Data jsou získána s pomocí ArcGISu a dále zpracovávána v Excelu. Výstupem jsou pak mapová schémata vycházející ze 4 variant. První varianta ukazuje současný stav, další ukazuje linku v každém krajském městě, třetí zobrazuje variantu zpracovatelských linek ve třech největších městech a čtvrtá pak ve všech městech ČR nad 100 000 obyvatel. Nejlepší kombinací je pravděpodobně studie se třemi největšími městy, protože zde dojde k 50 % úspoře nákladů a zároveň není nutné stavět mnoho nových zpracovatelských linek. Model je sestaven univerzálně, takže je možné ho s drobnými úpravami použít i při dalších svozových projektech.

Abstract

The number of batteries and especially accumulators, which we use, is growing every time and collection with take-away is growing too. Now it is absolutely important look for a way to optimization, which can be for example building new processing equipment. Graduation thesis deal with data analysis from battery collection, data processing and building a data model in four variants. Graduation thesis work with number of battery and accumulators in czech households and bring answer to question „How many batteries we have got approximately in our households?“ Output is processing questionnaire about Research of battery in households, which is used in next work. The main output is data model. Model work with distance of take-way route on principle Service area and Transportation theory. Data are obtained by ArcGIS and processed in Excel. The output are map schematics which are based from four studies. First study shows present state, next shows battery factory in another capital town in regions of the Czech Republic. Third shows variant battery factories in three biggest cities and fourth battery factory in all czech cities, that have 100 000 residents. The best combinations is probably study with three biggest cities, because in this study is saving 50 % of costs and withal it is not necessary build many new battery factories. Data model is assembled universal so, it is possible to use then with small revision for another collection projects.

Prohlášení:

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval sám a uvedl jsem veškeré zdroje, ze kterých jsem při zpracování práce vycházel. Předložená tištěná verze diplomové práce se shoduje s elektronickou verzí v systému SIS. Tuto práci jsem nepoužil k získání jiného akademického titulu.“

V Praze dne 17.8. 2017

.....
Tomáš Augustin Kukul

Poděkování

Chtěl bych poděkovat každému, kdo mi byl jakkoli nápomocen při tvorbě mé diplomové práce. V první řadě bych chtěl poděkovat panu Ing. Luboši Matějčíkovi, Ph.D. za cenné rady, konzultace a vedení během zpracování diplomové práce a za velkou pomoc s modelem svozu baterií. Dále mé poděkování patří Evě Gallatové, Ing. Kateřině Vránkové a Ing. Michaele Helclové, pracovnícím společnosti ECOBAT s.r.o. a celé společnosti ECOBAT s.r.o. za poskytnutá data, která jsem v diplomové práci používal, za poskytnuté materiály, odbornou pomoc a konzultace, které mi poskytli. V neposlední řadě také děkuji všem respondentům, u kterých jsem prováděl Výzkum baterie v domácnostech. Zvláštní poděkování také patří celé mé rodině a přátelům, kteří mě podporovali během studia.

Obsah

Úvod	9
1. Baterie a akumulátory	10
1.1 Něco z historie	10
1.2 Rozdělení baterií a akumulátorů dle zákona O odpadech	12
1.2.1 Přenosné baterie a akumulátory	12
1.2.2 Průmyslové baterie a akumulátory	12
1.2.3 Automobilové baterie a akumulátory	12
1.2.4 Klíč k určování baterií sestavený MŽP	13
1.3 Rozdělení dle technologie.....	14
1.3.1 Primární články	15
1.3.2 Sekundární články	15
1.3.3 Palivové články	16
2. Legislativa EU týkající se sběru baterií a akumulátorů	18
2.1 Směrnice 2006/66/ES o bateriích, akumulátorech a odpadních bat. a aku.....	18
2.1.1 Článek 8 Systémy sběru	18
2.1.2 Článek 10 cíle sběru	19
2.1.3 Článek 11 Vyjímání odpadních baterií a akumulátorů.....	20
2.1.4 Článek 12-14.....	20
3. Systém sběru baterií v ČR a ve světě.....	21
3.1 Systém sběru baterií v ČR	21

3.1.1	ECOBAT obecně	21
3.1.2	ECOBAT sběrná místa	23
3.2	Systém sběru baterií ve světě	25
3.2.1	Evropa.....	25
3.2.2	Severní Amerika.....	29
3.2.3	Austrálie.....	30
3.2.4	Japonsko	30
4.	Výzkum baterie v domácnostech.....	32
4.1	Výzkum v Belgii	33
4.2	Vlastní dotazníkový průzkum-obecně	36
5.	Databáze sběru baterií od společnosti ECOBAT	38
5.1	Obce –databáze sběru baterií	38
5.2	Okresy –databáze sběru baterií	39
5.3	Kraje –databáze sběru baterií.....	39
5.4	Výsledek	39
6.	Dopravní úloha a model sběru baterií.....	41
6.1	Úvod.....	41
6.2	Metodika dopravní úlohy.....	41
6.2.1	Popis modelovaného území	42
6.2.2	Softwarové nástroje	42
6.2.3	Geografická vážená regrese (GWR) metodika	43

6.2.4	Analýza obsluhované oblasti (service area) metodika	44
6.2.5	Metodika tvorby modelu v Excelu	45
6.2.6	Dopravní úloha - indexová metoda	46
6.3	Obecně o modelu.....	48
6.4	Odhad nákladů na dopravu	49
6.5	Vizualizace svozů dle modelu.....	49
6.6	Využití modelu.....	50
7.	Výsledky	51
7.1	Výsledky dotazníkového šetření	51
7.1.1	Zajímavosti zjištěné z výzkumu.....	54
7.2	Výsledky modelu.....	56
7.2.1	Všechna centra fungují-Model varianta a.....	56
7.2.2	Stávající varianta- Model varianta b	56
7.2.3	Výstavba menších provozů v Brně a Ostravě- Model varianta c.....	57
7.2.4	Zpracovatelská centra ve městech nad 100 tisíc obyvatel-Model varianta d	58
8.	Diskuse.....	59
9.	Závěr	62
	Zdroje.....	63
	Literatura.....	63
	Internetové zdroje	66
	Přílohy.....	68

Úvod

Baterie a akumulátory jsou nejčastější formou pro ukládání elektrické energie (Whittingham, 2012). Jejich význam a tím i počet a tedy jejich dopad na životní prostředí roste s tím, jak se rozšiřuje počet zařízení, ve kterých jsou baterie a akumulátory používány. Baterie se dnes používají ve spoustě zařízení jako jsou automobily, průmyslová zařízení, lékařská zařízení (zejména ta nositelná), domácí a firemní elektronika a nacházejí stále nová a nová využití. Dvěma nejdynamičtěji se rozvíjejícími odvětvími jsou: 1) přenosná osobní zařízení, jakými jsou mobilní telefony, tablety, notebooky, nositelná elektronika a další. 2) elektromobily a další elektrické dopravní prostředky- elektrokola, segwaye, elektrokoloběžky apod. (Taborelli et al., 2016).

Všechna již zmíněná využití baterií a akumulátorů vedou v budoucnu k tomu, a to tím rychleji pokud se jedná o jednorázové baterie a nebo akumulátory s kratší životností, že se z baterií a akumulátorů stává odpad. Touto problematikou se v EU zabývá Směrnice 2006/66/ES o bateriích akumulátorech a odpadních bateriích a akumulátorech. Česká Republika jejich cílů dosáhla (ECOBAT 1, 2017), ovšem vzhledem k neustále rostoucí výrobě baterií je třeba stále jejich sběr zlepšovat a zefektivňovat.

V teoretické tedy rešeršní části práce se budu zabývat dělením a legislativou Evropské unie baterií a akumulátorů také především tím, jak je s bateriemi a akumulátory nakládáno v České Republice a ve světě. V praktické části práce se pak budu věnovat dotazníkovému šetření ohledně sběru baterií, jehož úkolem bylo zjištění kolek baterií se nachází v domácnostech u oslovených respondentů a databázi sběru baterií. Hlavním úkolem je pak představení a tvorba modelu svozu baterií, který je zpracován v programu Arc GIS a Excelu a jehož výstupy jsou součástí příloh diplomové práce.

1. Baterie a akumulátory

V mé diplomové práci nahlížím na baterie a akumulátory ze dvou úhlů pohledu. Jedním je baterie/akumulátor jako zdroj energie a druhým pak baterie/akumulátor jako odpad, kterého je třeba se ekologickým způsobem zbavit. První z pohledů na baterie je zmíněn např. v podkapitole Rozdělení dle technologie a dalšího se pak týká např. Rozdělení dle zákona O odpadech. Oba přístupy se pak setkávají při zpracování baterií, kdy je nutné z různých druhů baterií získat různé chemické prvky (především kovy), ovšem tím se v mé diplomové práci nezabývám.

1.1 *Něco z historie*

Termín baterie (battery) se jako první objevuje u Benjamina Franklina, který ale označoval řadu nabitých skleněných desek. Dále se výzkumem zabývali Luigi Galvani a Alessandro Volta. Alessandro Volta byl první kdo sestrojil elektrický článek v roce 1800 (Piccolino, 2000). Další sestrojenou baterií pak byl Danielův článek (Whittingham, 2012). Baterie a akumulátory se postupně již od 19. století stávaly součástí různých zařízení. Jednalo se zejména o zařízení, u kterých byl nutný provoz na elektrickou energii a zároveň je nebylo možné připojit do sítě. Velkým využití baterií na konci 19 století a počátku 20 století byly elektrické automobily, které se objevovaly jak v Severní Americe, tak v Evropě např. v Belgii již roku 1899. Pomalý vývoj baterií spolu s nízkou cenou ropy však způsobil, že se elektromobily a tedy i baterie do nich dále nerozvíjely (Armand a Tarascon, 2008). Baterie se používaly i v přenosných zařízeních na komunikaci např. v Pensylvánii již v roce 1920. Během první čtvrtiny 20. století se baterie rozšiřovaly mezi další průmyslové oblasti. Baterie postupně našly své nezastupitelné místo v automobilovém průmyslu avšak již ne k pohánění celého automobilu, ale jako elektrický zdroj pro světla a další komponenty (Scherson a

Palencsár, 2006). S příchodem tranzistoru a současnou miniaturizací se postupně rozvíjela další přenosná zařízení a to pak i ve druhé polovině 20. století, ve kterých byla baterie nezbytnou součástí. Mezi něž můžeme jmenovat přenosné (kufříkové) a pozdější mobilní telefony, přenosné počítače, tranzistorová rádia apod. Další expanze baterií následovala s rozmachem mobilních telefonů, Ipodů, tabletů a podobných zařízení jejichž vnik spadá do 21. století (Scherson a Palencsár, 2006).

Baterie a akumulátory však nabývají velkého významu především v dnešní době. Kromě jejich aplikace v řadě především přenosných a nebo nezávislých elektrických zařízeních (Armand a Tarascon, 2008). Významné je jejich využití především v inženýrských sítích a průmyslových aplikacích (Chang, 2013). Se jejich význam ukazuje i na poli dynamicky se rozvíjejících současných elektromobilů. A stejně tak je jejich úloha nezbytná na poli obnovitelných zdrojů energie a to nejen při jejich použití v autonomních systémech, které nejsou připojeny do sítě, ale také umožňují skladovat vyrobenou elektrickou energii z obnovitelných zdrojů pro čas, kdy je její výroba z důvodu klimatických podmínek snížena a nebo úplně zastavena (Armand a Tarascon, 2008). Baterie se objevovaly i v průmyslových budovách za různými účely, nejvíce v USA (Linden a Reddy, 2002). Baterie je atraktivním systémem pro akumulaci energie z důvodu vysoké účinnosti a nízkého znečištění životního prostředí (Chang, 2013). Právě na bateriích v budoucnu závisí další rozvoj spotřební elektroniky, elektromobilů, ale i mnoha dalších odvětví. Armand a Tarascon (2008) se ptají, zda i v budoucnu zajistí baterie trvale udržitelný rozvoj a zda budou moct pohánět i další a další vznikající přenosná zařízení. Dnes už vidíme, že to je možné, ale jejich vývoj nesmí ustát.

1.2 Rozdělení baterií a akumulátorů dle zákona O odpadech

Baterie můžeme dle Zákona č. 185/2001 Sb., O odpadech dělit na tři kategorie a to na přenosné, průmyslové a automobilové baterie a akumulátory (Zákon 185/2001). Tento zákon nám dále nabízí definice těchto kategorií.

1.2.1 PŘENOSNÉ BATERIE A AKUMULÁTORY

Přenosná baterie nebo akumulátor je neprodyšně uzavřena a může být ručně přenášena, za předpokladu, že není automobilovou nebo průmyslovou baterií nebo akumulátorem. Může tam patřit napájecí sada, akumulátor, baterie nebo knoflíkový článek (Zákon 185/2001).

1.2.2 PRŮMYSLOVÉ BATERIE A AKUMULÁTORY

Průmyslová baterie je taková baterie nebo akumulátor, která je určena pouze k použití v průmyslu nebo k profesionálnímu použití a nebo je používána jako zdroj energie v elektrickém vozidle. Naopak se nejedná o baterie, které se sice používaly v průmyslu, ale používaly se v automobilech, které nejsou elektrické (Zákon 185/2001).

1.2.3 AUTOMOBILOVÉ BATERIE A AKUMULÁTORY

Automobilové baterie a nebo akumulátory, jejichž použití je v automobilech častější, jsou takové, které jsou používány pro zapalovací systémy, světla nebo startéry motorových vozidel a zároveň ty, které jsou ke stejným účelům používány v jiných výrobcích, pokud nejsou zároveň také bateriemi průmyslovými (Zákon 185/2001).

1.2.4 KLÍČ K URČOVÁNÍ BATERIÍ SESTAVENÝ MŽP

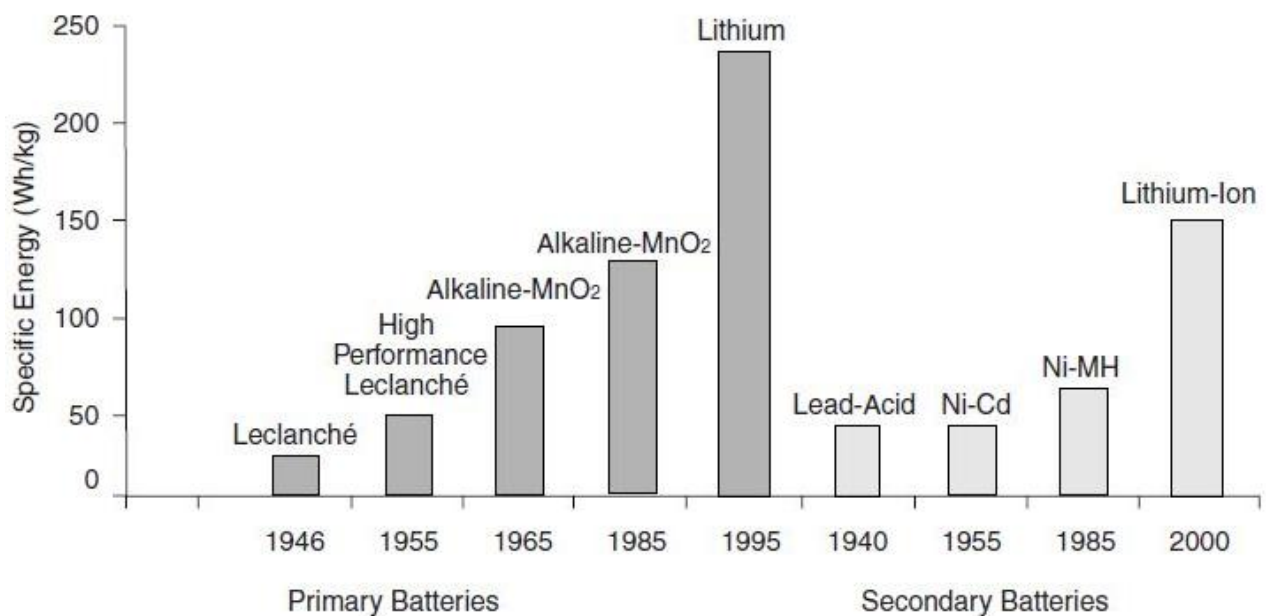
Pro jednoznačné určení o jakou baterii se jedná zpracovalo Ministerstvo životního prostředí tento klíč, který bych zde chtěl demonstrovat. Výhodou klíče je snadná práce s ním a to, že jasně zařadí kam každá baterie patří (Manhart, 2017).



Obrázek 1 Schéma pro zařazení baterií (zdroj: Informace Odboru odpadů Ministerstva životního prostředí, k určení typu baterií či akumulátorů v praxi, 2017)

1.3 Rozdělení dle technologie

Pokud se budeme držet chápání baterie/akumulátoru jako elektrochemického zdroje energie, tak nám literatura poskytuje jejich dělení na tři od sebe se lišící celky. Prvním celkem jsou primární články, druhým pak články sekundární a jako třetí celkem to jsou články palivové. Jakýsi předěl mezi těmito skupinami pak tvoří tzv. články přechodové, to jsou ty články, u kterých jsou použity dva z výše uvedených typů. Tyto články nazýváme obnovitelné a kombinované (Cenek a kol., 2003). Články lze dělit ještě i podle jiných hledisek, například účel využití, pracovní teploty, stavu elektrolytu, stupně uzavření článkových nádob a podobně, ovšem tím se pro zjednodušení zabývat nebudu a místo toho se podíváme blíže na dělení již zmíněné. Pokud bychom chtěli porovnat vývoj primárních a sekundárních článků, tak nám to umožňuje pohled na tento graf z knihy Handbook of batteries (Linden a Reddy, 2002).



Graf 1 Vznik jednotlivých typů baterií a jejich kapacita (zdroj: Linden a Reddy, 2002)

1.3.1 PRIMÁRNÍ ČLÁNKY

Za primární články můžeme označit ty články, které mají omezené množství reaktantu. Omezení reaktantu netkví ani tak v omezeném množství reaktantu jako takového (to mají ostatně všechny články), ale v tom, že reaktant přeměňovaný na produkty nelze uvést opětovným nabíjením s pomocí vnějšího zdroje elektrického proudu v reaktant původní. Tyto články nejsou tedy po jednom vybití schopny regenerace a uživateli nezbude nic jiného než se těchto článků zbavit jako odpadu. O těchto článcích hovoříme jako o bateriích (Cenek a kol., 2003). Z hlediska velikosti a zpracování obalu baterie je dělíme na tužkové, knoflíkové, 9V baterie na jedno použití a podobně. Jednoduchý přehled o nejběžnějších a nejdůležitějších primárních článcích podává tato tabulka:

Tabulka 1 Nejběžnější a nejdůležitější primární články (zdroj: Cenek a kol., 2003)

Článek	Článeková reakce	Napětí (V)	
		klidové	střední vybíjecí
Leclanchéův burelový	$2\text{MnO}_2 + \text{Zn} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{MnOOH} + \text{Zn}(\text{OH})_2$	1,65	1,0 až 1,2
alkalický burelový	$2\text{MnO}_2 + \text{Zn} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{MnOOH} + \text{ZnO}$	1,60	1,1 až 1,3
rtuťový	$\text{Zn} + \text{HgO} \rightarrow \text{Hg} + \text{ZnO}$	1,35	1,1 až 1,3
zinkovzdušný	$\text{O}_2 + 2\text{Zn} \rightarrow 2\text{ZnO}$	1,35	1,1
stříbrozinkový	$\text{Ag}_2\text{O} + \text{Zn} \rightarrow 2\text{Ag} + \text{ZnO}$	1,7 až 1,8	1,3 až 1,5
lithiový	$4\text{Li} + 2\text{MnO}_2 \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3 + 2\text{Li}_2\text{O}$	3,6	2,6

1.3.2 SEKUNDÁRNÍ ČLÁNKY

Druhým celkem jsou pak články sekundární. Stejně jako u primárních článků je v nich množství reaktantů omezené ve smyslu, že v nich není reaktantu nekonečné množství, ale na rozdíl od článků primárních lze produkty, které vznikají tím, jak se článek vybíjí znovu převést na původní reaktanty a to za pomoci elektrického proudu, který těmto článkům dodáme z nějakého vnějšího zdroje. Obvykle třeba z energetické přenosové soustavy. Sekundární články lze tedy nabíjet a vybíjet opakovaně a to až do doby, kdy v nich nedojde k nějaké

poruše na mechanismu, nebo na produktu, či reaktantu, který bude nabíjení bránit. Obvykle však spíše dochází k tomu, že sekundární články není možné dobít úplně a tedy klesá jeho kapacita (Cenek a kol., 2003).

Sekundárním článkům se běžně říká akumulátory a to proto, že se elektrická energie, která je potřebná k nabití článku v článku akumuluje a to ve formě chemické energie. Sekundární články se obvykle nepoužívají samostatně, ale jsou využívány obvykle v podobě akumulátorových baterií, které jsou sestavené z více článků. Takový celek je pak schopen dodávat více napětí. Akumulátory můžeme charakterizovat podle toho kolik snesou vybití a nabití, což je však věc vysoce individuální, ale obvykle jsou to stovky až tisíce cyklů (Cenek a kol., 2003). Druhou možností podle čeho můžeme akumulátory charakterizovat je pak jejich náplň. Náplň může být kov, pak hovoříme o alkalických akumulátorech. Známe např. Ni-Fe, Ni-Cd, Ag-Zn, Ni-Zn, Ni-MH a další. Druhou skupinou jsou akumulátory olověné, tedy kyselé. Třetí skupinou jsou akumulátory, jejichž elektrolyty jsou roztavené, tuhé nebo nevodné. Ty se u nás ještě moc nevyskytují (Cenek a kol., 2003).

1.3.3 PALIVOVÉ ČLÁNKY

Třetím celkem jsou pak palivové články, které lze obecně považovat za nejsložitější. V palivových člancích probíhá studené „spalování“ během kterého vzniká elektrický proud. O spalování se hovoří proto, že vyžaduje kromě paliva, tedy nějaké té náplně palivového článku vyžaduje tento typ článku také okysličovadlo. Okysličovadlo a palivo je přiváděno k elektrodám a na nich probíhá chemická reakce studené spalování. Produkty reakce někdy také nazývané zplodiny jsou pak z článku odváděny. V palivových člancích se používají jako oxidační činidla vzduch, peroxid vodíku a nebo čistý kyslík. Palivem je pak metan, etanol, zemský plyn nebo třeba vodík. Pro správné fungování palivového článku je třeba katalyzátor, obvykle platinový. Elektrolytem je pak často hydroxid draselný nebo kyselina sírová či kys.

fosforečná (Cenek a kol., 2003). Palivové články se v domácnostech a průmyslu téměř nevyskytují a jejich uplatnění se prozatím nacházelo pouze v kosmonautice, ale při zlevnění jejich výroby se můžeme dočkat zásobování energií z těchto panelů i např. v domácnostech. Kde by mohla být výhodou absence elektrických rozvodů. Nutné je také vyřešit reakce článků s atmosférou, konkrétně reakce s oxidem uhličitým, který je poškozují (Takamura 2002).

2. Legislativa EU týkající se sběru baterií a akumulátorů

2.1 *Směrnice 2006/66/ES o bateriích, akumulátorech a odpadních bat. a aku.*

Legislativa Evropské unie k problematice baterií je zakotvena především ve směrnici Evropského parlamentu o bateriích akumulátorech a odpadních bateriích a akumulátorech číslo 2006/66/ES. Tato směrnice byla v roce 2013 pozměněna směrnicí 2013/56/EU. Změna se ovšem týká hlavně uvádění nových baterií s určitým obsahem rtuti na trh a proto není pro nakládání s bateriemi významná (2006/66/ES). Pro sběr baterií akumulátorů jsou významné především některé články směrnice.

2.1.1 ČLÁNEK 8 SYSTÉMY SBĚRU

Článek hovoří o tom, že členské státy mají povinnost zajistit pro odpadní přenosné baterie a akumulátory vhodné systémy sběru, které splní určité podmínky, mezi které patří, že systémy sběru nesmí být pro koncové uživatele zpoplatněny a ani je nesmí nutit ke koupi nového akumulátoru nebo baterie, dále také musí umožnit koncovým uživatelům možnost odložit baterie na dostupném sběrném místě v jejich okolí při zohlednění hustoty zalidnění. Podmínkou pro distributory je pak to, aby přijímali nazpět baterie a akumulátory, avšak pouze v případě, že neexistuje efektivní sběrný systém (2006/66/ES).

Důležité je pro zřizovatele sběrných míst fakt, že sběrná místa pro koncové uživatele se nemusí registrovat nebo žádat o povolení na nakládání s nebezpečnými odpady. Situace ve které by každá sběrná nádoba na baterie musela mít povolení a registraci by opravdu stěžovala jejich zřizování. Tento článek nadále dává pravomoc členským státům požadovat po výrobcích zřízení systému zpětného odběru a možnost požadovat po výrobních a prodejcích

baterií aby se do těchto systémů zapojili. Důležitá je také možnost, že mohou výrobci provozovat stávající systémy vzniklé ještě před touto směrnicí. Článek ještě deklaruje, že výrobci nebo sběrné systémy jimi zřízené nebudou odmítat přijímat baterie od koncových uživatelů a to bez ohledu na to, kdo tyto baterie vyrobil a co obsahují (2006/66/ES).

Speciální pozornost je také věnována automobilovým bateriím, u kterých je deklarováno, že pro ně též musí být zřízena možnost sběru od koncových uživatelů a to též bez poplatků a bez nutnosti nákupu nové baterie či akumulátoru. Tato možnost se však týká pouze takových automobilových baterií, které nejsou používány pro podnikatelské účely (2006/66/ES).

2.1.2 ČLÁNEK 10 CÍLE SBĚRU

Druhým důležitým článkem je článek 10, který se zabývá cíli sběru baterií. Nejdůležitějším ustanovením tohoto článku a jedním z nejdůležitějších ustanovení celé směrnice je minimální úroveň sběru, kterou popisuje bod 2. , který říká že členské státy musí sbírat minimálně 25 % baterií z množství vyprodukovaných baterií daný rok a tohoto cíle musí dosáhnout nejpozději do 26. září 2012. Směrnice udává i druhou minimální úroveň, které je třeba dosáhnout a to je sběr 45% baterií z množství vyprodukovaných baterií za rok. Tato úroveň má být dosažena do 26. září 2016 (2006/66/ES). Této úrovni již dosáhla společnost ECOBAT dle jejich zprávy v roce 2016 (ECOBAT 1, 2017). Fakticky se toto číslo však stále zvyšuje, protože se zvyšuje produkce baterií na trh a je proto nutné, aby se zvyšovala i hmotnost sebraných baterií.

Článek dále hovoří o tom, že státy mají povinnost sledovat úroveň sběru baterií podle stanovené metodiky, kterou zákon stanovuje v příloze. Kromě toho mají také povinnost uvést jak údaje nezbytné pro výpočet úrovně sběru získaly. S tím souvisí také úkol, který měly provést do roku 2007 , což je zavedení společné metodiky výpočtu ročních prodejů baterií a akumulátorů (2006/66/ES).

2.1.3 ČLÁNEK 11 VYJÍMÁNÍ ODPADNÍCH BATERIÍ A AKUMULÁTORŮ

Zajímavý je z hlediska sběru baterií i článek 11, který hovoří o tom, že zařízení obsahující baterie musí být navrženo tak, aby z něj bylo možné baterie snadno vyjmout a to buď koncovými uživateli a nebo pokud to není možné, tak profesionály nezávislými na výrobci. Toto nařízení umožňuje aby baterie mohly být snadno vyjmuty a předány do sběru baterií (2006/66/ES).

2.1.4 ČLÁNEK 12-14

V menší míře se sběrem baterií zabývají i články 12, 13 a 14. Ve článku 12 je uvedeno, že výrobci nebo osoby jimi pověřené mají od roku 2009 povinnost používat nejlepší dostupné technologie zpracování a odpadních akumulátorů a to zejména s ohledem na životní prostředí, ale také lidské zdraví. Bohužel směrnice v tomto článku také umožňuje ukládání baterií nebo akumulátorů na skládku pokud obsahují Pb, Hg nebo Cd pokud neexistuje žádný odbyt (2006/66/ES).

Ve článku 13 se hovoří o tom, že členské státy mají podpořit vznik nových recyklačních a zpracovatelských technologií (2006/66/ES).

Ve článku 14 je pak zákaz odstraňování průmyslových nebo automobilových baterií tím, jejich uložením na skládku nebo spalováním, avšak netýká se to již zbytků z nějaké úpravy baterií (2006/66/ES).

3. Systém sběru baterií v ČR a ve světě

Z výše uvedeného je patrné, že je nutné baterie nevyhazovat do komunálního odpadu (o jejich vyhazování mimo jakýkoli sběrný systém nelze v civilizované společnosti vůbec hovořit i když i to se bohužel děje), ale je nutné je nějakým způsobem sbírat a recyklovat je.

3.1 *Systém sběru baterií v ČR*

V České republice mají dle zákona o odpadech, zákona o obalech a dalších právních předpisů povinnost zajistit nakládání s výrobky po ukončení jejich životnosti výrobci. Jejich povinností je nabídnout koncovým uživatelům výrobků možnost výrobek odevzdat k ekologické likvidaci. Protože pro jednotlivou firmu by bylo obtížné a nákladné tyto služby ve větším rozsahu realizovat jsou proto výrobci zakládány neziskové společnosti, které zajišťují různé kolektivní systémy, které se touto problematikou zabývají. Mezi hlavní takové společnosti patří například EKO-KOM- zabývá se obaly, ASEKOL s.r.o.- zabývá se sběrem elektrozařízení, ELEKTROWIN a. s. – zabývá se sběrem elektrozařízení a další. Mezi společnostmi zabývající se přímo systémem sběru baterií patří v České republice ECOBAT s.r.o., o kterém pohovořím důkladněji a dále pak třeba REMA Battery, s.r.o. (Odpadové fórum, 2012).

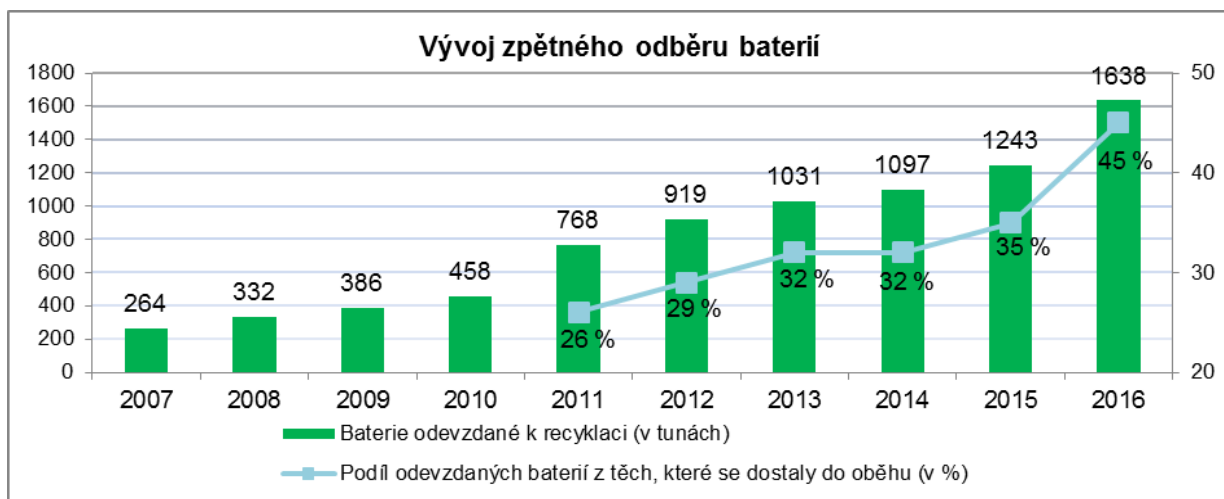
3.1.1 ECOBAT OBECNĚ

Hlavní společností, která se zabývá systémem sběru baterií v České republice je nezisková společnost ECOBAT s.r.o., která zajišťuje sběr a následnou recyklaci baterií. Společnost ECOBAT s.r.o. založilo v roce 2002 šest významných výrobců baterií. Počet prodejců, kteří se následně do systému ECOBAT s.r.o. zapojili je v současné době něco kolem 760. Velký zlom v tom nastal v roce 2009 kdy společnost získala oprávnění

k provozování kolektivního systému pro zpětný odběr baterií a akumulátorů v České republice podle zákona. Společnost ECOBAT s.r.o. tedy získává na svůj provoz finance od firem, které v České republice uvádějí na trh akumulátory a baterie a to buď tím, že je prodávají samostatně a nebo jako součásti dalších zařízení. Druhým jejich zdrojem příjmů je také prodej druhotných surovin- kovů. Společnost ECOBAT s.r.o. spolupracuje s dalšími společnostmi, které se zabývají tříděním a následnou recyklací baterií a mezi které patří. Středočeské komunální služby-věnují se třídění směsí běžných baterií, Kovohutě Příbram-věnují se přenosným olověným akumulátorům a směsi zinkových a alkalických baterií, Recyklace Ekovuk a.s. –knoflíkové a lithiové baterie, Nimetal spol. s.r.o. – přenosné niklkadmiové akumulátory. Dále také spolupracuje i se zahraničními firmami z Německa to Redux Recyclin GmbH a Accurec recycling GmbH, kterým je zasílána směs baterií, kterou dále zpracovávají. Další firmou se kterou spolupracují je Inmetco inc. z USA (ECOBAT, 2014).

Společnost ECOBAT s.r.o. se kromě budování sítě sběrných míst, také zabývá osvětovou a propagační činností, jejímž úkolem je nejen informovat o možnostech třídění baterií, ale také učit děti a dospělé baterie třídit (ECOBAT, 2014).

Společnosti ECOBAT s.r.o. se stále daří zvyšovat procenta zpětného odběru baterií, který vidíme v grafu. Důležité je nejen celková hmotnost sesbíraných baterií, ale také procento vyjadřující podíl odevzdaných baterií z těch, které se dostaly do oběhu (ECOBAT 1, 2017) .



Graf 2 Vývoj zpětného odběru baterií u společnosti ECOBAT (zdroj: ECOBAT 1, 2017)

Překročením hranice 45% sesbíraných baterií splnila společnost ECOBAT s.r.o. cíl směrnice 2006/66/ES, (2006/66/ES) ovšem vzhledem k tomu, že počet produkováných baterií roste musí být nadále sběr zvyšován, aby bylo tohoto cílu dosaženo i nadále.

3.1.2 ECOBAT SBĚRNÁ MÍSTA

ECOBAT s.r.o. buduje svoji síť sběrných míst už od doby jeho vzniku a v současné době, má již velkou síť sběrných míst, kterých v současnosti provozuje více než 20000. Na sběrném místě je obvykle umístěna jedna sběrná nádoba, s výjimkou nějakých specifických případů (ECOBAT 2, 2017).

Sběrná místa jsou umístována tak, aby k nim měli lidé dobrý přístup a aby jejich návštěvu mohli spojit ještě s nějakou jinou aktivitou. Najdeme je proto ve sběrných dvorech, kde lidé mohou odložit, kromě baterií, ještě jiný odpad. Na úřadech, kam lidé chodí ještě vyřídit nějaké úřední věci. Ve školách, kde kromě sběrové funkce pomáhají ještě v ekologické výchově dětí. V obchodech, kam jednak lidé často chodí a navíc pokud se jedná o obchody, kde se prodává elektronika nebo baterie případně obojí, tak je velmi vhodné, když je možné tam i vysloužilé baterie odložit. Mezi další místa patří červené popelnice, kde lidé mohou

kromě baterií odložit i elektroodpad. Další sběrná místa jsou samozřejmě také v místech, která lidem nejsou běžně přístupná, což jsou třeba uzavřené provozy, kde slouží sběrné místo hlavně ke sbírání baterií z daného provozu. Takto tomu může být například u velkoskladů elektrotechniky apod. (ECOBAT 3, 2017).

Pro sbírání se používají různé typy sběrných nádob, které se liší podle své doby vzniku, účelem použití (jiné nádoby jsou na autobaterie a jiné na drobné baterie z domácnosti) a samozřejmě také podle předpokládaného množství odkládaných baterií. Ukázkou běžného většího sběrného boxu je možné si prohlédnout níže. Výhodou tohoto je snadné zjištění jeho kapacity (ECOBAT 3, 2017).



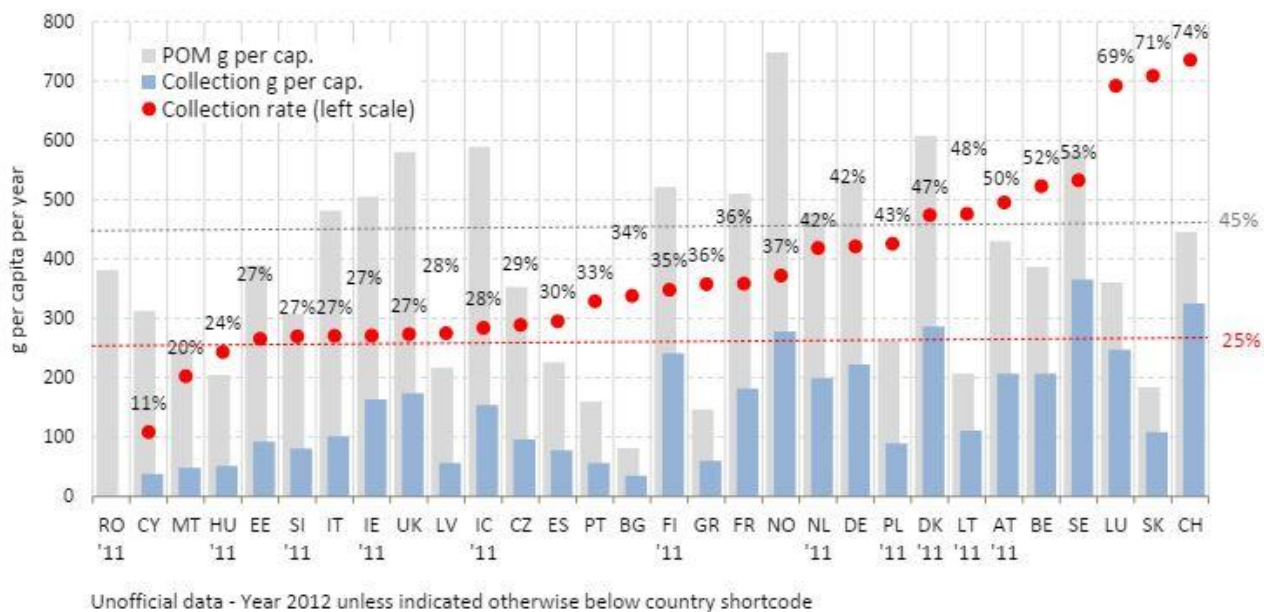
Obrázek 2 sběrný box společnosti ECOBAT (zdroj: foto autor)

3.2 *Systém sběru baterií ve světě*

3.2.1 EVROPA

V Evropě je sběr a následná recyklace baterií řešena pochopitelně na dvou úrovních a to na úrovni Evropské unie a zároveň i na úrovni členských států, které se budu věnovat níže. Evropská unie řeší tuto problematiku především již výše zmíněnou směrnicí Evropského parlamentu o bateriích akumulátorech a odpadních bateriích a akumulátorech číslo 2006/66/ES. Evropská unie odhaduje, že je nutné každý rok vyřešit 160. 000 tun baterií používaných občany a úřady, 190 000 tun baterií, které produkuje průmysl a 800 000 tun automobilových baterií (internet 5). Automobilové baterie jsou však tříděny poměrně dobře stejně jako např. v USA a Japonsku (Gaines, 2014).

O celkovém stavu recyklace a produkce baterií dává hrubý přehled graf z roku 2012, který publikovala European Portable Battery Association (EPBA) ve studii od společností Percards a SagisEPR z roku 2013. Bohužel se v některých případech jedná o neoficiální údaje, zejména pokud nejsou oficiální k dispozici. V případě Rumunska tam ani není uveden sběr, což je způsobeno absencí těchto údajů. V grafu vidíme počet produkováných baterií na trh (POM-placed on market) na obyvatele-šedý sloupec, sběr baterie na obyvatele-modrý sloupec a procenta sběru-červený bod s udáním konkrétní hodnoty sesbíraných baterií v procentech z baterií vyprodukovaných (Percards a SagisEPR, 2013).

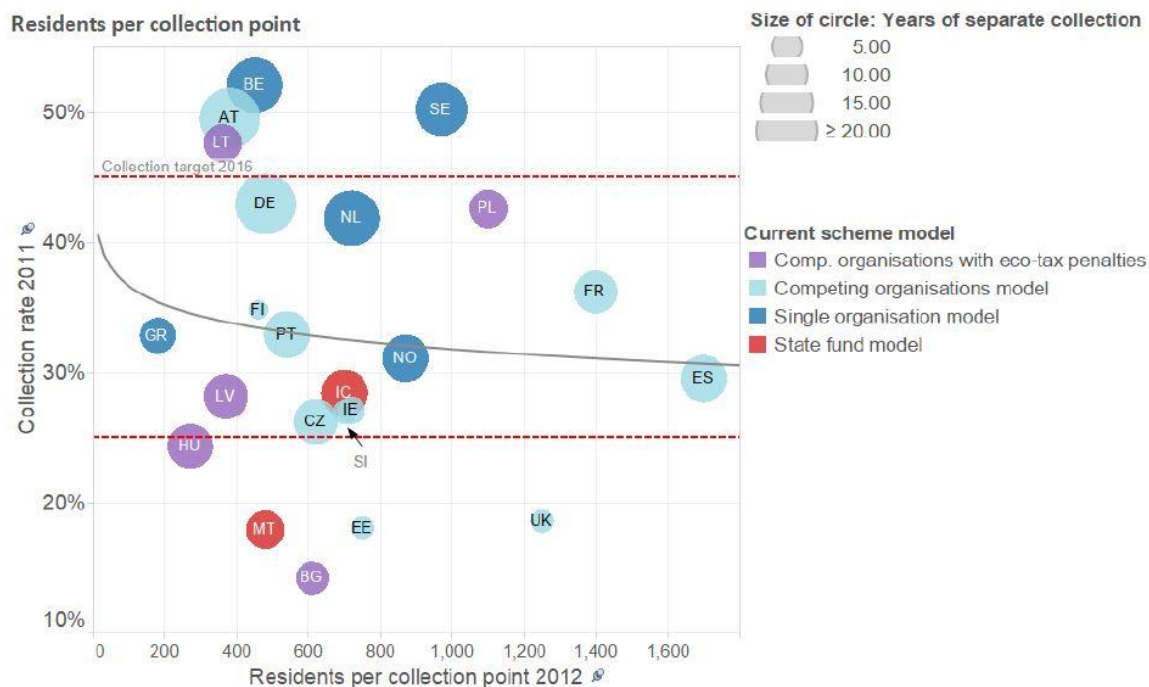


Graf 3 Sběr baterií v Evropě podle zemí (zdroj: The collection of waste portable batteries in Europe in view of the achievability of the collection targets set by Batteries Directive 2006/66/EC, 2013)

Jak vidíme, tak bohužel i přes legislativu EU a také přísné zákony ostatních členských zemí je sběr a recyklace baterií poměrně nevyvážený. V Evropě jsou sice systémy na sběr baterií (které zmiňuji níže), ale bohužel kapacitně převyšují sběr a je tedy jasné, že nedostatečná recyklace baterií leží především na obyvatelích, eventuálně sběrných místech (internet 9).

Zpráva EPBA uvádí, že ke konci roku 2012 se sběrná místa pro baterie nacházela ve 26 zemích, ve kterých dělali studii. Průměrně připadalo jedno sběrné místo na 690 obyvatel (v přepočtu lze tedy říct, že měli 1,7 sběrných míst na 1000 obyvatel. Nejlépe na tom byli v Řecku, kde průměrně připadalo jedno sběrné místo na 190 obyvatel, nejhůře na tom bylo Španělsko, kde připadalo na jedno sběrné místo 1600 obyvatel (Percards a SagisEPR, 2013). Celý tento přehled uvádí graf, který zpracovali. Graf, kromě počtu obyvatel na jedno sběrné místo, ukazuje také dobu, po jakou funguje oddělený sběr baterií v jednotlivé zemi a také kolik procent jednotlivé země vybrali procent baterií v přepočtu na jejich prodej baterií. Posledním zajímavým ukazatelem je zbarvení kruhu, které ukazuje, jaký systém sběru v zemi mají. Jak vidíme, tak v Evropě se vyskytují 4 systémy a to státem řízený, sběr jedné

organizace, sběr více organizací, které si přitom navzájem konkurují a systém konkurence organizací stimulovaný ekologickými poplatky (Percards a SagisEPR, 2013).



Graf 4 Typy sběru a počet obyvatel na sběrné místo (zdroj: The collection of waste portable batteries in Europe in view of the achievability of the collection targets set by Batteries Directive 2006/66/EC 2013)

Velký vliv na systém sběru baterií v Evropě má European battery recycling Association (EBRA). Sama o sobě říká, že jejím posláním zavádět nejvyšší standardy a podporovat osvědčené postupy v oblasti ochrany životního prostředí, bezpečnosti a dopadu na lidské zdraví při recyklaci baterií (internet 7). Zároveň společnost dodržuje Evropskou legislativu a snaží se o implementaci směrnice 2006/66/ES do praxe. Členové asociace se podílí na sběru třídění, zpracování a následné recyklaci vyřazených baterií. Zabývají se nakládáním s bateriemi z domácností, průmyslovými i automobilovými. EBRA si vytváří i vlastní statistiky, které jsou víceméně směřodonné, protože i když EBRA nesdružuje všechny, kteří nakládají s bateriemi, tak jich sdružuje poměrně velkou část a tedy lze její statistiky vztáhnout na celé odvětví. EBRA také provádí odhady možnosti recyklování baterií (internet 7).

V současnosti odhaduje, že je technicky proveditelné recyklovat 65 % hmotnosti vyprodukovaných olověných baterií a akumulátorů a to včetně recyklace olova, stejně tak je technicky proveditelná recyklace až 75 % hmotnosti Ni-Cd baterií a akumulátorů a to včetně recyklace kadmia, která je také technicky proveditelná. U ostatních baterií odhadují, že je recyklovatelných 50 % hmotnosti použitých baterií a akumulátorů (Percards a SagisEPR, 2013).

V Evropě působí řada místních sběrných systémů a společností, jakými jsou např. český ECOBAT nebo belgický BEBAT. Existují také systémy sběru, které mají přesah do více zemí. One Call Collection System je první celoevropský systém sběru baterií pro olovnaté a bezolovnaté baterie a akumulátory. Tento systém se snaží být pro všechny účastníky co nejvíce vyhovující, efektivní a snaží se být také co nejšetrnější k životnímu prostředí. Zabývá se nejvíce sběrem autobaterií (internet 6).

Pokud bychom se podívali na jednotlivé evropské státy, tak vidíme, že část států má se splnění cílů směrnice (viz výše) problémy, zatímco některé jsou na tom dobře. Aktuální data týkající se roku 2016 bohužel nejsou k dispozici a proto je nutné vycházet z dat starších. Pokud bychom si vybrali náhodně jeden stát, na zmínění všech tu bohužel není prostor, např. Spojené království Velké Británie a Severního Irska, tak to v roce 2012 dosáhlo na 32% úroveň sběru. Přičemž za půl roku sebrali něco lehce přes 6049 tun baterií. Odhad roční produkce je zde 36747 tun a tedy půlroční sběr je nutno navýšit na alespoň 9180 tun (internet 8). Jak vypadá jeden z jejich typů sběrných boxů najdete na obrázku, mají těch typů samozřejmě více.



Obrázek 3 Sběrný box na baterie UK (zdroj: <https://www.action-storage.co.uk/shop/waste-recycling-bins/battery-recycling-bin>)

3.2.2 SEVERNÍ AMERIKA

V Severní Americe je sběr baterií roztržštěný mezi více menších společností. Avšak první, kdo začal provozovat sběrný program na baterie v domácnostech byla společnost Call2Recycle, která má program Call2Recycle® v U. S. A. a v Kanadě a to již více než 20 let. V současnosti se zabývá sběrem baterií od tisíců firem (včetně mezinárodních firem a maloobchodníků) a také spousta místních samospráv si tuto firmu zvolila. Společnost se zabývá především sběrem nabíječích baterií a také baterií z mobilních telefonů případně jiných zařízení s vyměnitelným akumulátorů. Firma nabízí více než 30 000 sběrných míst napříč U. S. A. a Kanadou, což je však velmi málo (internet 1). Přes tento program bylo odhadnuto, že v Kanadě v roce 2005 bylo více než 94 % nabíječích baterií hozeno do směšného odpadu. Lepší

výsledky přinesla v roce 2009 Kelleher Environmental study. Ta udává, že bylo roztříděno 8-9 % Ni-Cd baterií, 45-72 % Li-ion a Li-pol. , 7-8 % Ni-MH (internet 2). Je odhadováno, že je hodně baterií odváženo do Mexika. Naopak autobaterie jsou tříděny až z 99 % (Gaines, 2014).

3.2.3 AUSTRÁLIE

V Austrálii byla založena roku 2008 Australian Battery Recycling Initiative (ABRI) jejímiž členy jsou výrobci baterií, prodejci a dovozci spotřební elektroniky, vládní agentury, firmy zabývající se recyklací a organizace věnující se ochraně životního prostředí. Jejím cílem je efektivní dohled na baterie a akumulátory a redukce jejich negativních dopadů (internet 4).

V Austrálii je dobře ošetřena spotřeba automobilových baterií, kterých je ročně spotřebováno asi 6 milionů kusů a z nichž je přibližně 87 % (počítáno na hmotnost) recyklováno, zbytek jsou zásoby hromadící se v domech nebo garážích. Případně jsou nevhodně rozebrány, prodány nebo nelegálně vyvezeny (Mohr et al., 2014). Bohužel u menších baterií a akumulátorů (do hmotnosti 1 kg), kterých se v Austrálii ročně spotřebuje asi 345 milionů, je podle studie ABRI pouze 6 % (bráno hmotnostně) a nebo jen 4 % (bráno na počet) recyklováno a naopak jich je většina umístěna na skládky a nebo jsou ponechány v domácnosti. Do daného počtu nerecyklovaných se naštěstí počítají i baterie, které se ponechávají ve výrobcích, a u kterých je šance, že ještě recyklovány budou (Mohr et al., 2014).

3.2.4 JAPONSKO

Japonsko lze v rámci Asie považovat za zemi, která má nakládání s bateriemi nejvíce rozvinuté. Již v dubnu roku 1997 zde vzniká Battery Association of Japan (BAJ). Úkolem této organizace je podpora vývoje a výzkumu baterií a akumulátorů. Dále pomáhá zlepšovat výkonnost baterií, bezpečnost výrobků na baterie, ale také především recyklaci baterií a

omezování dopadu negativních vlivů baterií na životní prostředí. Tato společnost odhaduje produkci japonských baterií v roce 2015 na 3,74 miliard kusů v hodnotě 739.9 miliard jenů. (internet 11). V roce 2004 zde vznikla společnost Japan Portable Rechargeable Battery Recycling Center (JBRC), která poskytuje sběrné kontejnery na baterie do obchodů a dalších sběrných míst. Kromě této činnosti se JBRC věnuje také osvětě mezi dospělými i dětmi a to především formou informačních letáků a přednášek ve školách. Společnost se zaměřuje především na baterie Ni-Cd, Ni-MH a Li-ion. Podle statistik, kterými společnost disponuje, se jí v roce 2014 podařilo vysbírat 777 tun Ni-Cd baterií a 1163 tun Li-ion (internet 10).

4. Výzkum baterie v domácnostech

Proto, aby byl zpracován do diplomové práce vlastní výzkum baterií v domácnostech vedlo více důvodů. Kromě zvědavosti a faktu, že ještě žádný podobný průzkum nebyl v domácnostech zpracován, k tomu vedl především výzkum společnosti ECOBAT, který pro ně zpracovávala firma Markent s.r.o. v roce 2016, který byl zaměřen především na třídění baterií, ale také v něm byla položena otázka na odhad baterií v domácnosti. Respondenti odhadovali v průměru 20 kusů baterií (Markent, 2016). Což je ovšem v porovnání s výzkum prováděným v Belgii společností Bebat v roce 2010, který podrobněji zmiňuji níže velmi malé číslo, neboť v Belgii bylo zjištěno, že průměrná belgická domácnost má doma 107 baterií (BEBAT, 2010). Je možné, že Češi používají baterie výrazně méně a nebo, že se počet používaných baterií rok od roku snižuje? Odpověď zní nevíme, ale potíží bude určitě v tom, jakým způsobem společnost Markent s.r.o. zjišťovala odpovědi. V případě, že se zeptáme lidí na ulici, aby z hlavy odhadli, kolik mají doma baterií je jasné, že číslo bude menší, než když detailně projdeme jejich domácnost a spočítáme všechny baterie, které v domácnosti mají a to včetně baterií, které se třeba v průběhu životnosti výrobku nevyměňují a je tudíž jasné, že o nich lidé většinou ani nevědí a nebo si na ně vůbec nevzpomenou (Markent, 2016).

Dalším důvodem pak bylo zjištění, že by bylo vhodné použít získaná data z průzkumu po určitém zprůměrování v aplikaci modelu, což budu detailněji popisovat v kapitole Dopravní úloha a model sběru baterií.

Jisté je také to, že i společnost ECOBAT s.r. o. bude moci získaná data využít například při nějaké osvětové činnosti v oblasti třídění a recyklace baterií. Nejprve bude zmíněn belgický výzkum a pak vlastní dotazníkové šetření.

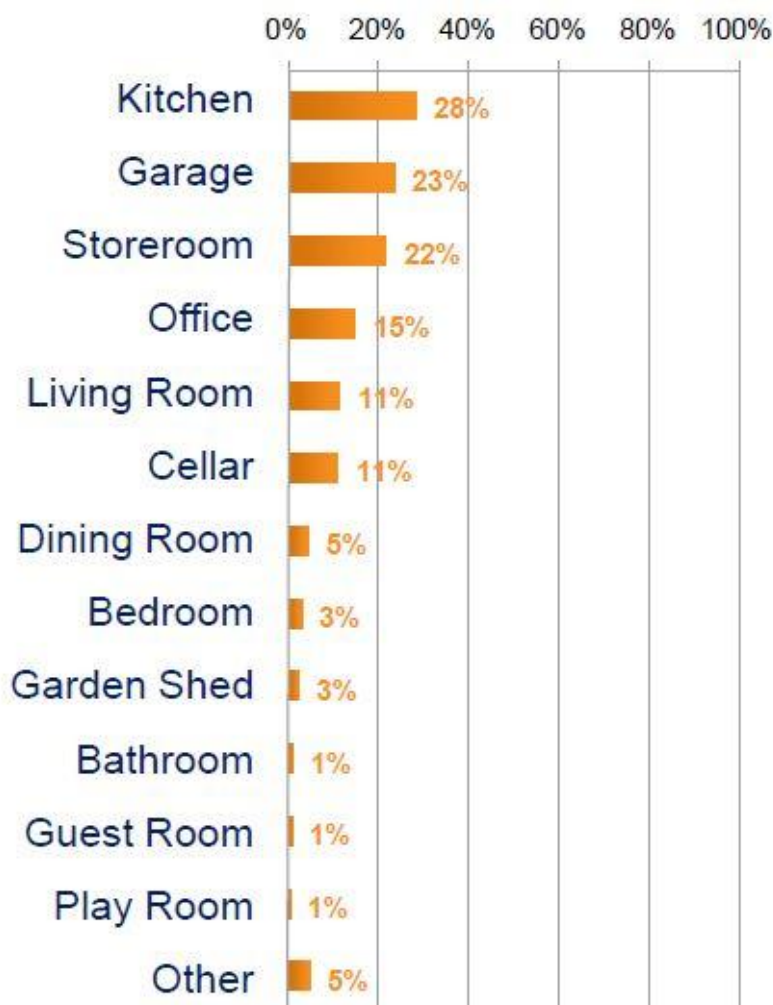
4.1 *Výzkum v Belgii*

Společnost Bebat začala již se sbíráním baterií již v roce 1995 a v roce 2007 měla již sesbíranou miliardu baterií. V roce 2010 se tato společnost rozhodla zrealizovat průzkum za účelem posílení sběru baterií v Belgii a to s pomocí společností Lielens Advertising a InSites Consulting. Hlavními tématy průzkumy byly: baterie v domácnostech, chování spotřebitele tedy vzhled do postojů spotřebitele baterií, systém recyklace a značka Bebat tedy její znalost a pohled na ní. Výzkum probíhal s pomocí rozesílání elektronických dotazníků, ve kterých respondenti zaznamenávali každý večer všechny baterie v domácnosti, se kterými se setkali a to probíhalo po celý týden a v každé části jejich domu. Do tohoto průzkumu se zapojilo +- 1000 respondentů a necelá polovina z nich, tedy 422 odpovídalo dokonce celý týden. Do dalších částí dotazníku se zapojilo až 1500 respondentů (BEBAT, 2010).

Hlavní otázkou části dotazníku zaměřené na baterie v domácnostech byla otázka: How many batteries do you have at home? Tedy Kolik baterií doma máme? Vzhledem k tomu, že bylo zjišťováno, kde se domácnost každého respondenta nachází, bylo možné tuto otázku zodpovědět nejen tak, že v průměru má každá belgická domácnost 107 baterií, ale také tak, že nejvíce baterií mají lidé ve Valonsku – jih Belgie, celých 115. Ve Flandrech, tedy na severu Belgie mají lidé průměrně 111 baterií a nejméně jich mají obyvatelé Bruselu a to 91. Je jasné, že belgický průměr není pouhým aritmetickým průměrem z průměrů oblastí, protože v každé oblasti nebyl stejný počet dotazovaných. Zajímavá je také statistika, která zjišťovala počet baterií v různých částech zástavby a bylo zjištěno, že nejméně baterií mají lidé v hlavním městě a nejvíce naopak na venkově, střední města pak byly uprostřed. Obecně lze tento výsledek dokonce interpretovat tak, že lidé ve městech mají méně baterií než lidé žijící na venkově. Zajímavé srovnání, které je možné realizovat i z mého dotazníku je pak porovnání baterií dle typů domácnosti. Nejméně baterií mají doma mladí dospělí a to pouhých 70 ,

následují je staří dospělí , kterým je mezi 45 a 60 ti lety. Následují je pak rodiny, rodina s dětmi mladšími 12 ti let má doma 117 baterií a rodina s dětmi staršími 12 ti let má pak 125 baterií. Nejvíce baterií mají doma senioři osoby starší 60 ti let, kteří jich mají celkem 126 baterií. Rodiny s dětmi jsou tedy především cílovou skupinou, na kterou se mají zaměřit, protože děti se daleko snáze naučí baterie třídít než senioři, a to také proto, že na ně lze příznivě působit přes školu. Rozdělení respondentů podle Belgického výzkumu jsem pak také použil ve svém dotazníku, aby bylo možné výstupy obou dotazníků porovnávat. Velmi alarmující skutečností, kterou tento průzkum zjistil pro společnost Bebat je to, že stále lidé v Belgii vyhazují mimo systém sběru baterií a nebo nevracejí až celkem 34 % baterií (BEBAT, 2010). I když je vyhazování baterií mimo systém sběru baterií poměrně zásadní věc, tak vzhledem k tomu, že se této problematice již věnoval dotazník společnosti ECOBAT, tak já jsem se této záležitosti nevěnoval.

Poměrně značnou část dotazníku zaplňuje výzkum vlastního počtu baterií v domácnostech, tedy přesně to, kde jsou baterie umístěné (tedy používané a nebo uskladněné) z hlediska jednotlivých místností. Touto částí výzkumu jsem se také nechal inspirovat a proto i v mém dotazníku, se baterie počítaly podle místností. Což je nejen praktické při vyplňování, nepřeskakuje se z místnosti do místnosti, umožňuje to rozdělit dotazník do menších vyplňovaných úseků a navíc to umožňuje zjistit, které místnosti jsou z hlediska baterií nejexponovanější. Jak na tom byly jednotlivé místnosti v Belgickém průzkumu je možné zjistit z grafu.



Graf 5 Rozložení baterií v jednotlivých pokojích v % (zdroj: BEBAT, 2010)

Je zajímavé, jak se výsledky grafu liší od mých výsledků, které byly zjištěny v mém dotazníkovém průzkumu. Zatímco zde jsou jako místnosti s největším počtem baterií uvedeny kuchyně a garáž, tak u mě jsou tyto místnosti výrazně spíš nižšími počty baterií. Dále se výzkum v Belgii věnoval ještě dalším otázkám a to kdy jsou baterie tříděné, ví uživatelé baterií, že je třeba baterie třídít, kam se baterie nosí třídít, a podobně (BEBAT, 2010). Těmito otázkami se v České Republice zabýval již průzkum, který prováděla firma ECOBAT (Markent, 2016) a proto do mého výzkumu nebyly tyto otázky zahrnuty.

4.2 *Vlastní dotazníkový průzkum-obecně*

Podle části Belgického dotazníku, zejména tedy části zkoumající počet a rozmístění baterií v domácnosti došlo k vypracování vlastního dotazníkového průzkumu, který si klade za cíl nejen zjistit tyto informace pro Českou republiku, ale také posloužit jako zdroj informací pro model viz níže. Dotazník je možné rozdělit na dvě části a to část obecnou, ve které je respondent respektive tedy respondentova domácnost, dotazován na obec ve které žije, v případě Prahy zde respondenti uváděli i městskou část. Dále je zde velmi důležitý dotaz na počet osob žijících v respondentově domácnosti. Další otázka tedy typ domácnosti je převzatá s drobnými úpravami v odpovědích z výzkumu Bebatu (BEBAT, 2010). Poslední otázka z této kategorie je na typ bydlení., zda se jedná o byt nebo rodinný dům. Spíše pro zajímavost jsem také sečetl jeden pokoj na koleji.

Druhou částí dotazníku je část, která se týká přímo baterií v domácnosti. Tato část se také dělí na dvě části a to na tabulku, ve které se vyplňuje pro každý typ místnosti, kolik se v ní vyskytuje baterií, přičemž baterie jsou rozděleny na typy- akumulátory, knoflíkové baterie či čočkové baterie (button cell, watch battery), tužkové baterie, nabíjecí baterie- ty byly kvůli menší četnosti uváděny jen tam, kde se přímo vyskytovaly a velké akumulátory byly řešeny stejně. Toto rozdělení mělo samozřejmě své určité nedostatky, např. 9 V destičková baterie, která má tvar hranolu a užívá se v kapesních rádiích a multimetrech, jakožto i v některých hračkách (internet 12), zde přímo není zařazena a řadil jsem je do tužkových baterií. Stejně také rozhodnout, co je akumulátor a co už je velký akumulátor byl v několika případech problém. S místnostmi už to bylo lepší, protože až na nějakou kůlnu v podstatě nikomu žádná místnost v dotazníku nechyběla. Přehled všech místností je možné najít v dotazníku v příloze. Druhou částí druhé části byla pak malá jednořádková tabulka, ve které měli respondenti odhadnout, kolik se v jejich domácnosti vymění baterií podle již výše uvedených kategorií za

rok. Na kolik je tento odhad kvalifikovaný a nakolik jen nějaké nastřelené číslo, lze těžko odhadnout, ale jinak ten odhad roční výměny ani odhadnout nebylo možné. Na druhé straně dotazníku se pak nacházel návod, jak dotazník vyplňovat, který byl používán v případě, že byl dotazník někomu zasílán a nevyplňoval jsem ho s ním osobně.

Dotazníkový průzkum byl veden dvěma způsoby. První spočíval v tom, že jsem navštívil přímo domácnost tazatele a zde jsem s ním prošel všechny místnosti a zaznamenal jsem všechny baterie, které jsem našel. V tomto případě, což bylo poněkud náročnější, neboť jedna domácnost trvala nejméně hodinu a do toho nepočítám čas na cestu a na nezbytnou konverzaci s respondentem, nebylo potřeba používat zadní stranu dotazníku.

Druhým způsobem vyplňování dotazníku, který byl použit především z důvodu úspory času a nákladů na cestování, bylo zaslání dotazníku respondentovi v elektronické podobě a on sám pak procházel svoji domácnost a dotazník vyplňoval. V takovém případě měl respondent k dispozici návod na vyplňování dotazníku, kde byly blíže vysvětleny jednotlivé kolonky a pak také vysvětleno, co znamená jednotlivý typ baterie a kde se přímo daný typ baterie může nacházet. Zde bylo samozřejmě určité riziko toho, že respondent svoji domácnost neprojde dostatečně pečlivě a nějakou baterii opomene, ale s tím je samozřejmě nutné počítat.

Všechny výsledky včetně zajímavostí jsem v přehledné podobě shrnul v kapitole Výsledky.

5. Databáze sběru baterií od společnosti ECOBAT

Vzhledem k faktu, že nelze data o sběru baterií získat vlastním sběrem dat, protože se v současnosti po celé České Republice nachází více než 20 000 sběrných míst (ECOBAT 2, 2017), tak bylo nutné data získat od společnosti, která baterie sbírá a vede si o tom záznamy. Tou společností je právě ECOBAT s. r. o. . Od ECOBATu jsem získal ucelená data sběru z let 2003-2005. Z dalších let již nebylo možné takto ucelená data získat a proto dále pracuji jen s těmito roky. Získaná data jsem sloučil tak, aby bylo pro každou obec pouze jedno číslo, které udává celkový sběr baterií a akumulátorů z obce během celého roku. Hmotnost všech sesbíraných baterií jsem ponechal v tunách. Vyloučeno bylo také pár obrovských průmyslových sběrů, u kterých je jasné, že se jednalo o sběr baterií z továrny nikoli od občanů. Daná data jsem dále zpracovával podle toho, zda se jednalo o obce, okresy a nebo kraje.

5.1 *Obce –databáze sběru baterií*

Data pro obce jsem již dále neupravoval s výjimkou toho, že jsem ještě spočítal celkový sběr za všechny tři sledované roky. Pak jsem je pouze připojil k databázi obcí Obce ArcČR® 500, ve které jsou kromě názvů obcí a jih zařazení do okresů, krajů, jednotek NUTS také počty obyvatel a údaje, které jsem však nevyužil (míra nezaměstnanosti, naděje dožití, poloha a podobně). Bohužel u větší části obcí není žádná hodnota sběru, protože tam ve sledovaných letech nebylo žádné sběrové místo a nebo nebylo za rok ani jednou vyvezeno, což se tedy téměř nestává, pravděpodobnější je spíš ta první možnost. Proto tabulka obcí není moc vhodná k použití.

5.2 ***Okresy –databáze sběru baterií***

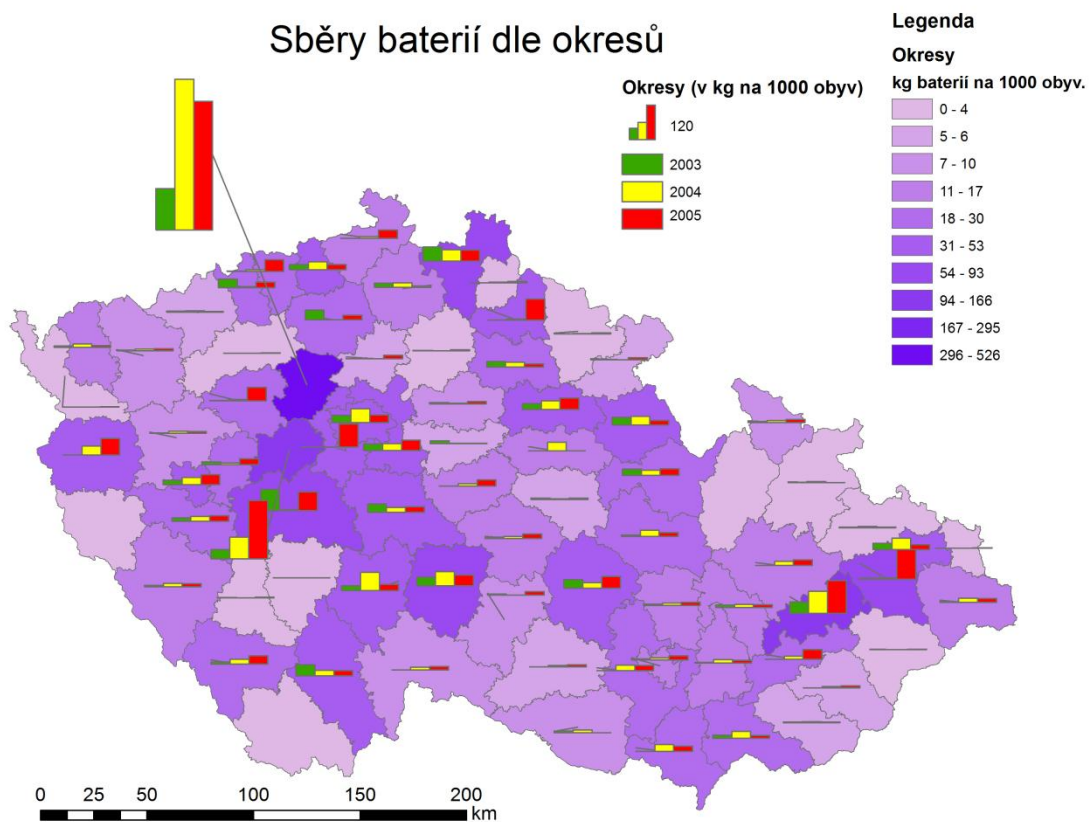
Z dat pro obce, které jsem již měl z předchozího kroku upravené tak, že za každou obec mám jedno souhrnné číslo sběru z každého roku, jsem pak vytvořil data pro jednotlivé okresy. Seskupil jsem obce podle okresů a vždycky jsem sečetl čísla ze všech obcí, které se nacházely v jednom okresu a čísla jsem pak umístil do tabulky okresů tak, že jsem je připojil k databázi Okresy ArcČR® 500. Vznikla mi tak tabulka o 77 řádcích za každý okres.

5.3 ***Kraje –databáze sběru baterií***

Stejným způsobem jako se dělaly okresy z obcí, tak jsem dělal data pro kraje z okresů. To znamená, že jsem kraje sloučil podle okresů a sečetl jsem pro každý kraj sběry baterií ze všech jeho okresů a dostal jsem 14 ti řádkovou tabulku pro kraje, kterou jsem sloučil s databází Kraje ArcČR® 500. Jeden řádek tabulky tedy představuje jeden kraj.

5.4 ***Výsledek***

Získal jsem tři použitelné tabulky sběru připojené k databázi, což umožňuje jednak zjistit další informace, ale hlavně připojit tabulky do GISové vrstvy a tedy je použít v GISu k dalším procesům a nebo je zobrazovat v podobě map. Sběry baterií dle okresů v kg baterií na 1000 obyvatel přikládám. Ve sloupcích můžeme vidět sběr v jednotlivých letech. Ve fialovém podkladu vidíme průměr za celé tři roky (opět v kg baterií na 1000 obyvatel).



Obrázek 4 Sběry baterií podle okresů (zdroj dat: databáze sběru ECOBAT)

6. Dopravní úloha a model sběru baterií

6.1 *Úvod*

Vzhledem k neustále se zvětšujícímu se objemu, rostoucímu počtu kusů a samozřejmě rostoucí hmotnosti sběru baterií je jasné, že by bylo velmi hodné se zabývat tím, aby se omezily náklady na přepravu baterií, které rostou nejen s počtem baterií, ale především s počtem svozů, z nichž je část využita jenom částečně. V této dopravní úloze se tedy budu snažit navrhnout takové řešení, které by umožnilo díky vhodnému rozmístění zpracovatelských míst náklady na dopravu snížit. Nutné je samozřejmě vzít v úvahu při eventuálním budování nového zpracovatelského centra nebo linky také další faktory, jakými je cena takového projektu, jeho dopad na životní prostředí, návaznost na další provozy zpracovávající kovy a podobně. Díky výše uvedeným faktorům a také tomu, že autor diplomové práce nerozhoduje o tom, co společnost ECOBAT s.r.o. vybuduje, má tato úloha spíše teoretický charakter, ve smyslu že uvedení nastíněného řešení do praxe by bylo přinejmenším dost problematické, avšak univerzálně sestavený model umožňuje, aby byla do modelu zadána jiná data a byl aplikován i na jiné případy svozové problematiky, případně aby byl třeba počet sběrných míst modifikován tak, že bude lépe odpovídat skutečným reáliím sběrné sítě.

6.2 *Metodika dopravní úlohy*

Pro realizaci dopravní úlohy budeme sestavovat model. O modelu lze říci, že to je soubor funkcí a algoritmů, jehož úkolem je popsat (samozřejmě zjednodušeně) část reality. (Gray, 2016). V našem případě se bude tedy jednat model svozů baterií ze všech obcí v České Republice. Model takového rozsahu pochopitelně zobrazuje jen některé znaky procesu, který

pozorujeme a jiné vynechává, protože jsou buď neznámé a nebo nepodstatné. O zobrazovaných vlastnostech modelu rozhoduje především to, které vlastnosti modelu potřebujeme pro jeho účel, vlastnosti, které nepotřebujeme je možno zanedbat. (Gray, 2016).

6.2.1 POPIS MODELOVANÉHO ÚZEMÍ

Model svozu baterií je realizován na území celé České Republiky. Česká Republika má celkem 10 579 000 obyvatel. Dělí se na 13 krajů + Prahu jako samostatné město a zároveň kraj a na 76 okresů. Obcí se v České Republice nachází 6258 obcí (ČSÚ, 2017). Sběrných míst je přes 20 000 a jejich počet neustále roste. Vyšší počet sběrných míst, než je obcí v České Republice je způsoben tím, že většina měst má více sběrných míst (ECOBAT 2, 2017).

6.2.2 SOFTWAREVÉ NÁSTROJE

Pro realizaci modelu budu používat dva typy softwaru. Prvním je tabulkový software Microsoft Excel. Více informací o jeho konkrétním využití uvádím v podkapitole tvorba modelu v Excelu.

Druhým softwarovým nástrojem je pak geografický informační systém, s nímž pracuji s pomocí softwaru od firmy ESRI. Konkrétně se jedná o programy ArcGIS ve verzi 10.5 , ArcGIS Pro ve verzi 2. Použití ArcGIS je pro mou práci naprosto nezbytné a to ze dvou důvodů. ArcGIS Pro ve verzi 2– konkrétně nástroj network analysis services s využitím cloud services, byl použit k měření vzdáleností obcí a po provedení modelu v Excelu jsem ho následně použil ke tvorbě mapových výstupů, při jejichž tvorbě byla použita funkce XYtoLine a z následně vzniklé vrstvy bylo vytvořeno mapové schéma.

Pro zpracování dopravní úlohy je možné využití několika postupů s různými softwarovými nástroji, které jsem zmiňoval výše. O tom jaký typ zpracování využiji jsme hodně diskutovali se školitelem. Obecně lze říci, že daný postup závisí především na tom, jaká máme k dispozici data. Několik typů nástrojů následně zmíním.

6.2.3 GEOGRAFICKÁ VÁŽENÁ REGRESE (GWR) METODIKA

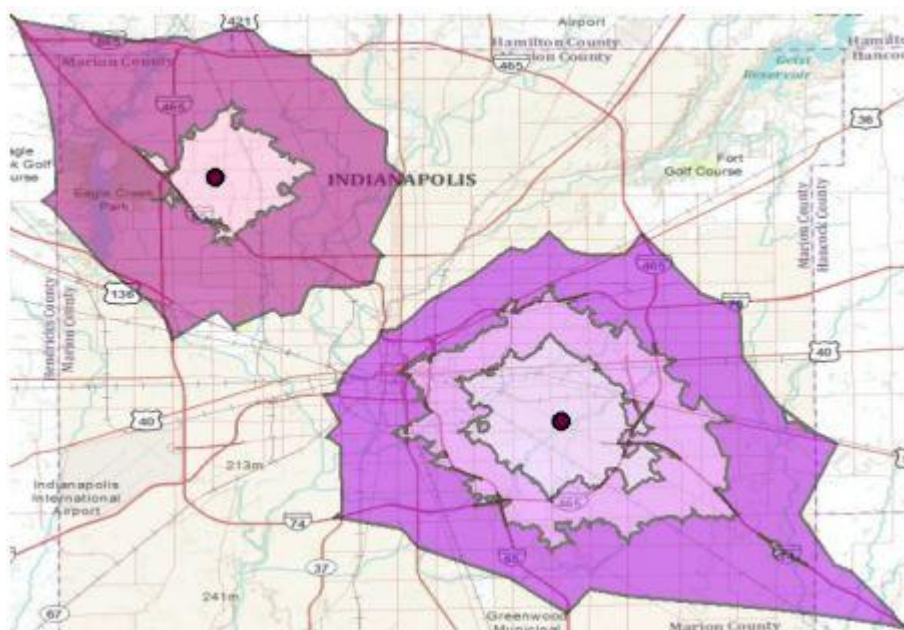
Zvažovaným postupem byla metoda GWR tedy geografická vážené regrese, která nakonec nebyla použita (viz. diskuse). Geografická vážená regrese je poměrně mladou metodou k modelování prostorových heterogenních procesů. Základní myšlenkou této metody je, že parametry, které jsou dané závislou proměnou a jsou určovány kdekoli jsou kombinovány při určování s parametry, které byly měřeny na místech jejichž poloha je známá a které mají jednu nebo více nezávislých proměnných. Místa, která při měření nejsou známá se pak dopočítávají ze známých míst. Pozorování, které je blíže zjišťovanému body pak má větší váhu, než pozorování, které bylo učiněno ve větší vzdálenosti. Samozřejmě je nutné, aby data a polohy spolu byly kompatibilní a aby data byla v jednotném souřadném systému. Data jsou samozřejmě ovlivňována vzájemně a výsledek z neměřeného místa je tedy ovlivňován více okolními měřeními (Charlton et al. , 2009). Pro výpočet použijeme tuto rovnici:

$$y_i(\mathbf{u}) = \beta_{0i}(\mathbf{u}) + \beta_{1i}(\mathbf{u})x_{1i} + \beta_{2i}(\mathbf{u})x_{2i} + \dots + \beta_{mi}(\mathbf{u})x_{mi}$$

Pro použití této metody je nejen nutné mít síť měření s určitými polohami, ale také je nutné mít tu síť dostatečně hustou, aby bylo možné další ta měření predikovat (Charlton et al. , 2009).

6.2.4 ANALÝZA OBSLUHOVANÉ OBLASTI (SERVICE AREA) METODIKA

Typem modelu, který jsem využil je pak metoda service area analysis, což bychom mohli přeložit jako analýza obsluhované oblasti. Tuto analýzu je možné provést v programu Arc GIS, ale je nutné k tomu použít rozšíření Network Analyst. S pomocí tohoto nástroje je možné najít obsluhovanou oblast v jakékoli lokalitě, která je v síti. Síť obsluhovaných oblastí zahrnuje všechny ulice, které se vejdou do specifické kategorizace. Například uvedu, že pětiminutová obslužná oblast zahrnuje všechny ulice, které lze během pěti minut z jednoho vytyčeného bodu dosáhnout. Obsluhované oblasti které jsou vytvořené v síťové analýze pomáhají taktéž hodnotit dostupnost daného místa. Je jasné, že se teoretická dostupnost, vyjádřená v km může lišit od skutečné dostupnosti, která se řídí i terénem a dalšími parametry. Je jasné, že místo které je dostupné po dálnici je dostupnější než místo ve stejné vzdálenosti, které je však dostupné pouze po polní cestě. Když jsou obsluhované oblasti vytvořené je možné je používat k definování toho, kolik je v jejich rozsahu pozemků, lidí, nebo třeba vesnic, případně sběrných míst a to v sousedství nebo i v celém regionu. Obsluhované oblasti v nástroji Network Analyst vytvoříme tak, že v nabídce vytvoříme Novou obsluhovanou oblast (možnost New Service Area) .Obsluhovaná oblast však nemusí být tvořena pouze jedním polygonem, ale může se jednat o soubor polygonů, které jsou generované v určité vzdálenosti, respektive vzdálenostech a to tak, že je každá vzdálenost definovaná určitou dostupností za určitý čas, případně za určitý počet km. Každá takto vzniklá oblast má i definovanou svoji barvu. Může se jednat o dojezdové vzdálenosti (např. 10 min, půl hodiny atd.) Pro ilustraci přikládám obrázek, jak tyto vizualizované polygony vypadají.



Obrázek 5 Polygony v definovaných vzdálenostech (zdroj: <http://desktop.arcgis.com>)

U každého prvku je nutné dále nastavit ID, tvar, jméno kategorií atd. (Internet 13).

6.2.5 METODIKA TVORBY MODELU V EXCELU

Součástí úlohy je také model napsaný s pomocí programovacího jazyka Visual Basic v Excelu a to různými příkazy a vzájemným propojením tabulek, tedy jednotlivých listů, z nichž každý obsahuje jednu tabulku. Při této tvorbě jsou používána makra programována právě ve Visual basic. První tabulkou je tabulka Odhady, ve které je řádek pro každou vesnici a v tom řádku je kromě toho, do jakého patří kraje, okresu a podobně také napsán počet sběrných dvorů, počet obyvatel, a teoretický odhad produkce baterií na celou obec. Ve druhé tabulce, která se nazývá Data jsou pak umístěny nástroje ke spočítání jednotlivých vzdáleností obcí a zpracovatelských center. Každá obec zde má řádek ke každému zpracovatelskému centru a je spočítaná vzdálenost mezi tímto zpracovatelským centrem a tou obcí. Toto je pak přehledně zpracováno do tabulky s názvem Tabulka, ve které je pro každou obec jeden řádek, ve kterém je však více sloupců a je v nich uvedena ta vzdálenost, která se spočítala z tabulky předchozí. Čtvrtý sloupec vypisuje chyby, které při výpočtu vznikly nějakým špatně zadaným údajem.

Nejdůležitější tabulkou je pak tabulka nazvaná Model. V té jsou spojeny vzdálenosti obcí a sběrných míst s přepravovanou hmotností čímž dostaneme čísla o rozsahu přepravy. Tyto data je pak možné exportovat do GISu, prohlížet a dále upravovat. Pomocnou tabulkou je pak tabulka XYtoLine ve které se nachází pak vytvořené linie, které je pak možné zobrazovat v grafické podobě v GISu.

6.2.6 DOPRAVNÍ ÚLOHA - INDEXOVÁ METODA

Pro komplexní popis práce v Excelu je ještě třeba vysvětlit metodiku indexové metody s pomocí které byly získávány výsledky z Excelu.

K indexové metodě se váže Operační výzkum nazývaný také operační analýza se věnuje formulování, řešení a modelování rozmanitých situací ve kterých je nutné, aby bylo rozhodováno. Jedná se tedy o situace, kdy rozhodovací subjekt volí to řešení, které mu z mnoha možných předkládaných řešení přijde jako nejlepší. Obvykle vybírá z mnoha řešení, které jsou k dispozici (Bazaraa, 2010).

Indexová metoda pak spočívá v tom využívat přednostně ty cestu svozu, které jsou nejvýhodnější z pohledu toho kritéria, které zadáme. Ke zpracování úlohy se používá tabulka (Bazaraa, 2010).

Tabulka 2 tabulka indexové metody (zdroj: Gros, upraveno Jiříčková)

Cílová zařízení	Zdroje odpadu				Kapacita cílových zařízení
	1	2	...	n	
1	$c_{11} X_{11}$	$c_{12} X_{12}$...	$c_{1n} X_{1n}$	b_1
2	$c_{21} X_{21}$	$c_{22} X_{22}$...	$c_{2n} X_{2n}$	b_2
...
m	$c_{m1} X_{m1}$	$c_{m2} X_{m2}$...	$c_{mn} X_{mn}$	b_m
Množství odpadu	a_1	a_2	...	a_n	$\Sigma a = \Sigma b$

Důležité je vysvětlit si, co znamenají jednotlivá písmena: m -obce zdroj baterií, n - počet sběrných míst, c - vzdálenosti, přepravovaná hmotnost baterií je x , a_i vyprodukované množství baterií i -tým zdrojem, b_j kapacita j -tého cílového zařízení. Je jasné, že se součty hodnot, které tam dosahujeme musí rovnat kapacitám v posledním řádku, protože souhrn všech zdrojů baterií se přece musí rovnat celkovému součtu baterií. Naopak kapacita zařízení se nemusí rovnat zdrojům baterií, ale musí být větší (Bazaraa, 2010). V řešení nalezneme tyto kroky. Na neobsazených polích je nalezeno pole jehož hodnota vzdálenosti je nejmenší (tedy baterie se budou vozit na co nejkratší vzdálenost). Pokud je tímto místem pokryt požadavek zdroje baterií, tak se k ostatním místům napíše nula a kapacita sběrného místa se sníží. Pokud už je však kapacita vyčerpána, tak je zvoleno jiné nejbližší zpracovatelské zařízení. Až jsou vyřízena všechna pole, tak je dokončena úloha (Bazaraa, 2010).

Při situaci, že součet sesbíraných baterií (a_i) není roven kapacitě zpracovatelských center (b_j), nastává jen situace, že kapacity sběrných míst je vyšší. Tuto situaci zobrazuje nerovnice:

$$\sum_{i=1}^m a_i \leq \sum_{j=1}^n b_j$$

(Bazaraa, 2010)

Při hypotetickém navýšení počtu sbíraných baterií by se však také mohlo stát, že by se nerovnice obrátila a tedy by se nastal tento případ:

$$\sum_{i=1}^m a_i \geq \sum_{j=1}^n b_j$$

(Bazaraa, 2010)

kdy by bylo nedostatek zpracovatelských kapacit. V reálu i v modelu by toto bylo řešeno přidáním nějakého zpracovatelského závodu. V modelu by se přidalo fiktivní zpracovatelské centrum, které by rozdíl vyrovnávalo viz. rovnice.

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} + x_{m+1,j} = b_j, \text{ kde } \sum_{j=1}^n x_{m+1,j} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$$

(Bazaraa, 2010)

Rozhodujícím faktorem podle kterého budu jednotlivé studie porovnávat je kritériální funkce.

Kritériální funkci lze formulovat takto:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

(Bazaraa, 2010)

x_{ij} = přepravované množství materiálu od i-tého dodavatele k j-tému odběrateli , c_{ij} =náklady na dopravu jednotky materiálu od i-tého dodavatele k j-tému odběrateli m- počet dodavatelů, n- počet odběratelů.

Tím, že vhodně nastavíme zpracovatelské linky, tak se nám podaří dosáhnout co nejnižší hodnotu kritériální funkce a tedy i nejmenších nákladů na svoz. Kritériální funkce je udávána v $\text{km} \cdot \text{kg} \cdot \text{rok}^{-1}$ (tedy vzdálenost v km versus dopravované množství kg baterií z obce do zpracovatelského centra za 1 rok). Jednotlivé hodnoty kritériální funkce uvádím u studií. (Bazaraa, 2010)

6.3 *Obecně o modelu*

Model bude samozřejmě sestaven v počítači a tedy v datové podobě. Aby bylo v modelu bez problému možné používat data z Excelovských tabulek, ale také aby bylo možné ho jednoduše vytvářet, editovat, měnit, poskytovat pro další využití a podobně jsem s mým

školitelem dohodl na tom, že model bude zpracován v Excelu, který pak bude použit v programu ArcGIS od společnosti ESRI, s jehož pomocí bude vizualizovaný. Velmi důležitý prvek, který bylo nutné stanovit před tím, než se začal sestavovat model bylo vhodné zvolení počtu zpracovatelských míst. Vzhledem k nejlepší dopravní dostupnosti, která je pro zpracovatelské místo důležitá, dále také vzhledem k husté sběrné síti v daném místě, jsme se rozhodli, že jako sběrná místa zvolíme krajská města. Jedinou výjimkou je pak Praha a Středočeský kraj, kde jsme zvolili jako sběrné místo Kladno, což vychází z faktu, že v Kladně je hlavní třídící a zpracovatelské centrum ECOBATu. Pokud by se tedy budovala nějaká síť zpracovatelských center, tak tam Kladno určitě zůstane. Sběrných míst tedy bude celkem 13.

6.4 ***Odhad nákladů na dopravu***

Odhadnout náklady na dopravu není vůbec snadné, protože pro jejich přesné stanovení bychom potřebovali znát spotřebu vozidel vozového parku společnosti ECOBAT s.r.o. , dále platy jejich řidičů, nějaké další dodatečné náklady (ceny svozových nádob a podobně), odpisy, takže původní ceny jejich aut a samozřejmě i další náklady. Což jsou samozřejmě údaje, které firma ECOBAT s. r. o. nebyla ochotna poskytnout. A proto při odhadech ceny vycházím z odhadu, že se používá dodávka do 6,5 tuny, která je schopná převést 3000 kg, tedy 3 tuny. Náklady jsou 17 Kč na km. Cena přepravy jednoho kg baterií na 1 km je tedy 0,006 Kč, tedy šest desetin haléře (Tichý, 2014).

6.5 ***Vizualizace svozů dle modelu***

Proto, abychom viděli linie v grafické podobě je nejlepší použít program ArcGIS od společnosti ESRI. Po nastavení zobrazení linií ze zdrojové tabulky (viz poslední pomocná tabulka XYtoLine) vidíme linie i v grafické podobě , tedy v podobě schémat (viz výsledky).

6.6 *Využití modelu*

Model má hlavně dvě využití a to jednak je možné ho použít k optimalizaci svozu při vybudování nových zpracovatelských center a s jeho pomocí řídit distribuci do jednotlivých zpracovatelských center.

Samozřejmě je počet zpracovatelských center možné upravit a to tak, aby třeba odpovídal realitě, nebo simulaci postupné výstavby sítě.

Druhou možností je pak využití modelu při nějaké jiné práci- problematika svozů, kde už stačí jen nastavit příslušné parametry tak, aby odpovídaly řešené situaci.

Bohužel zde je faktor, který model nepostihuje a tím kapacita svozového vozu a tedy to, že baterie se převáží buď jak je potřeba z hlediska svozového vozu, aby jel vytížený a nebo se svážejí tak, aby bylo vyvezeno určité svozové místo. S těmito veličinami bohužel tedy model nepracuje, navíc data o naplnění svozových vozů nemá ani ECOBAT.

7. Výsledky

7.1 *Výsledky dotazníkového šetření*

Dotazníkové šetření jsem prováděl od prosince (2016) do července (2017) a za tu dobu se mi podařilo sehnat 44 respondentů. Počet oslovených respondentů byl samozřejmě vyšší, ale zdaleka ne všechny dotazníky bylo možné zařadit do výzkumu jako relevantní a také bylo více lidí, kteří se výzkumu zejména z časových důvodů, nebo proto, že mají doma mnoho baterií a tedy se jim to nechtělo vše poctivě sčítat a nebo se nechtěli vyplňování dotazníků zúčastnit.

Všechny sebrané dotazníky jsem zaznamenal do výsledné tabulky, především pro přehlednost a proto, aby bylo možno s tabulkou dále pracovat a data z ní využívat. Výslednou tabulku umístuji do příloh na CD (viz. Výzkum baterie v domácnostech-výsledná tabulka).

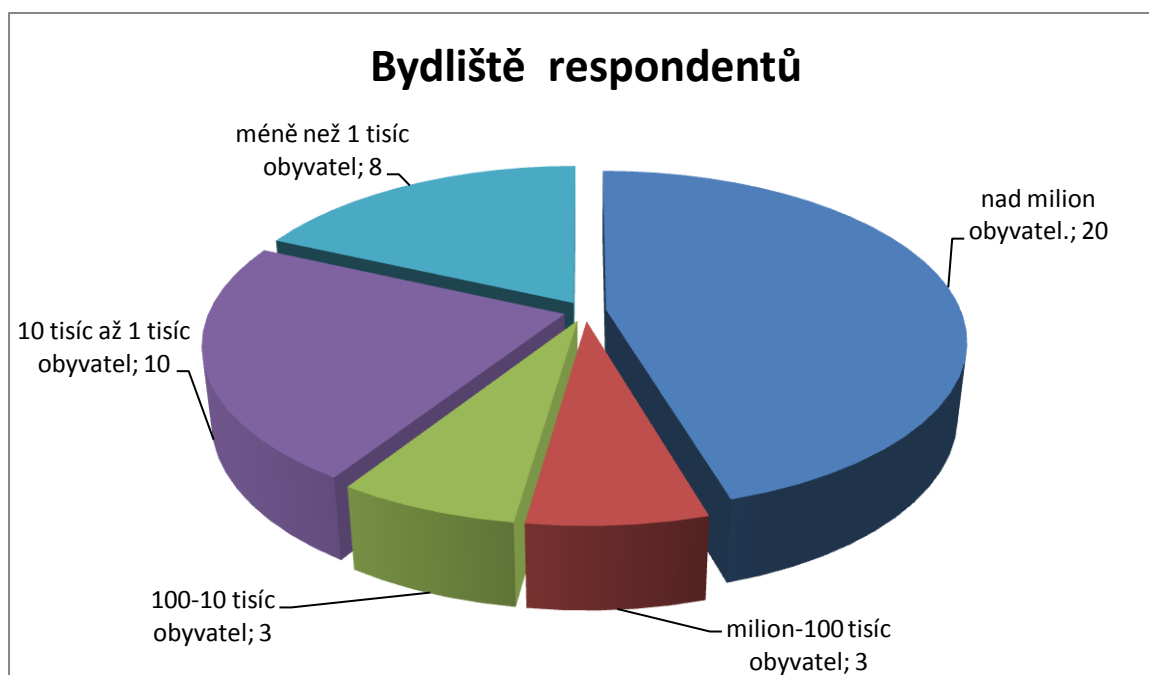
Celkové údaje za všechny respondenty jsem pak ještě zpracoval do menší tabulky, kterou uvádím zde v textu:

Tabulka 3 Přehled základních a průměrných údajů o respondentech (zdroj: vlastní výzkum)

výsledný údaj	celkové číslo
domácností	44
osob v domácnostech	152
celkem všech baterií	3282
průměr baterií a akumulátorů na domácnost	74,6
průměr baterií a akumulátorů na osobu	21,6

Další údaje o respondentech, respektive jejich rozložení do určitých kategorií je vhodné postihnout především s pomocí koláčových grafů. V těchto grafech znázorním obec, strukturu domácností a typ bydlení.

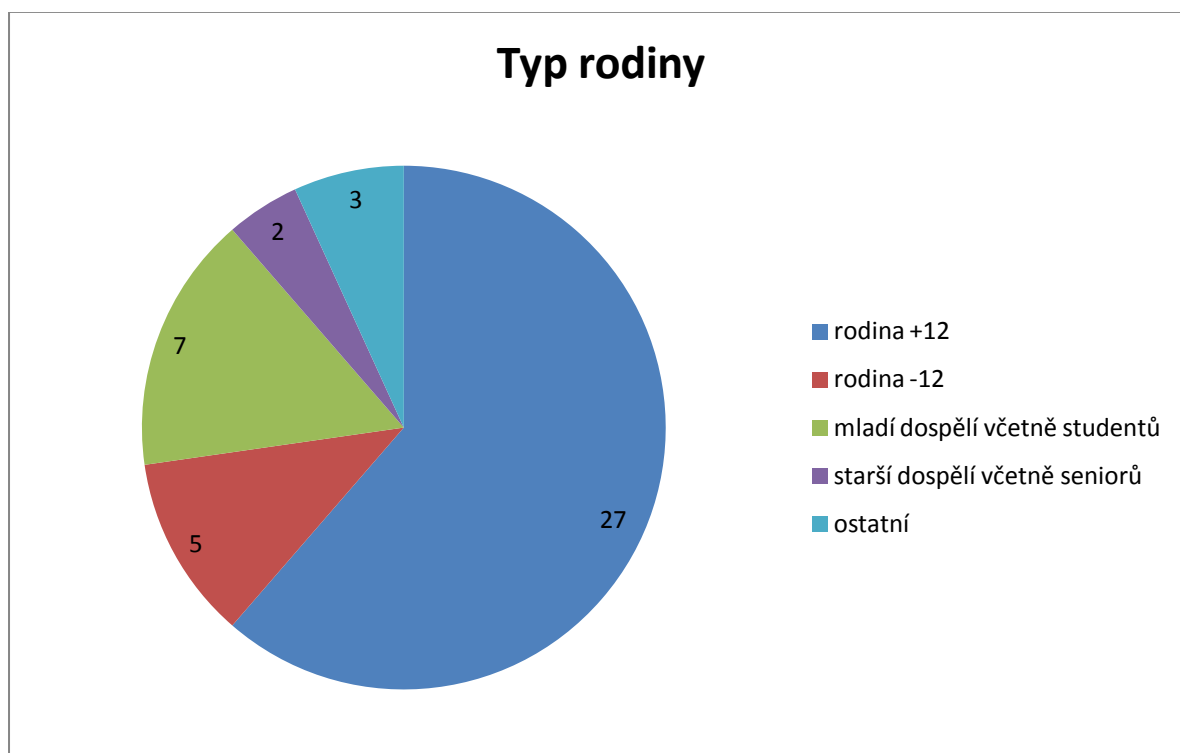
Každý respondent uváděl obec, ve které bydlí a tedy se nachází jeho domácnost, ve které probíhalo sčítání baterií. Pro zjednodušení jsem obce roztrídil na pět skupin podle počtu obyvatel. V kategorii nad milion obyvatel je pouze Praha. Čím jdou kategorie níže, tak mají v sobě více obcí. V kategorii milion-100 tisíc obyvatel jsou velká města, v kategorii 100-10 tisíc jsou menší města větší vesnice, v kategorii 10 tisíc až 1 jsou malá města a vesnice a v kategorii méně než 1 obyvatel jsou jen vesnice.



Graf 6 Bydliště respondentů (zdroj: vlastní výzkum)

V dalším grafu uvádím typ rodiny, který respondenti uváděly. Tyto typy vycházely z belgického průzkumu provedeného společností BEBAT, aby bylo dotazníky možné porovnávat mezi sebou (BEBAT, 2010). Krátce zmíním jednotlivé typy. Rodina +12 znamená rodina s jedním nebo více dětmi, kterým je více než 12 let. Pokud jsou rodině děti

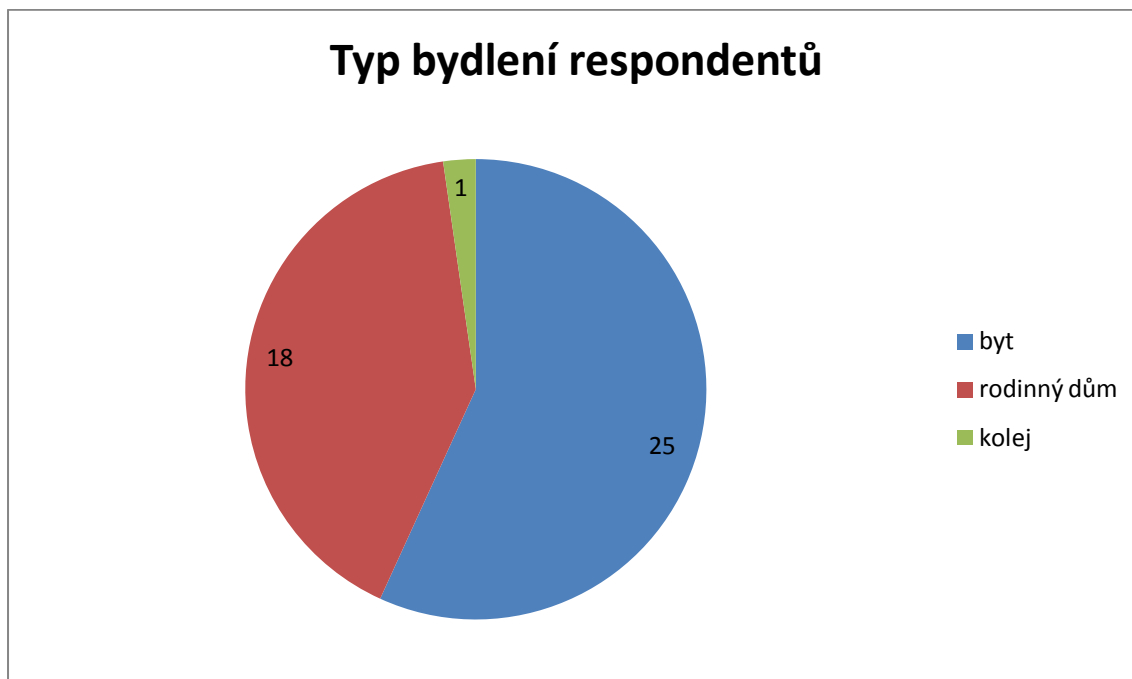
mladší i starší než 12 let, tak je rodina zařazena podle většího počtu dětí. V případě stejného počtu dětí v kategorii +12 a -12 je rodina zařazena do kategorie +12. Rodina -12 je rodina s jedním nebo více dětmi mladšími 12ti let. V případě, že je zde více dětí mladších 12 ti let než starších 12 ti let, tak se rodina také zařazuje do této kategorie. Mladí dospělí jsou samostatně žijící dospělí lidé (mohou to být i studenti, kteří si vydělávají a nebo nevydělávají) do 30 ti let včetně, přičemž počet lidí v bytě a jejich vzájemný vztah (jednotlivec, partneři, manželé nebo např. sdílený studentský byt) v tomto případě nehraje roli. Starší dospělí jsou opět samostatně žijící dospělí lidé starší 30 ti let (BEBAT, 2010). Zařazuji sem i důchodce. Do kategorie ostatní spadají vícegenerační domácnosti a případně některé jiné formy soužití, do této kategorie jsem např. zařadil studenta žijícího s babičkou.



Graf 7 Typ rodiny respondenta (zdroj: vlastní výzkum)

V grafu typ bydlení respondentů je uvedeno, kolik lidí kde bydlí. Bydlení respondentů má určitě na složení baterií vliv a obvykle platí, že více baterií se nachází v rodinných domech, což je dáno rozlohou, ale také jiným typem vybavení. V bytech jsou zahrnuty byty ve všech

typech zástavby (cihlové domy, panelové domy atd.), tedy i pokud byl byt v rodinném domě, ale byl sčítán pouze byt a ne celý rodinný dům. Což bylo v případech vícegeneračních domů a nebo dvojdomů a podobně. Pro zajímavost, nikoli pro nějaký relevantní výsledek, neboť pro ten by se muselo projít daleko více pokojů, jsem také do dotazníku uvedl jeden pokoj na koleji, konkrétně se jedná o pokoj pro dvě osoby na Strahovských kolejích.



Graf 8 Typ bydlení respondentů (zdroj: vlastní výzkum)

7.1.1 ZAJÍMAVOSTI ZJIŠTĚNÉ Z VÝZKUMU

Velmi krátce bych také rád zmínil některé zajímavosti, které jsem při průzkumu zjistil. Nejvíce baterií bylo napočítáno v domě v jedné moravské vesnici a to 220 kusů (dále jen ks) , jedná se o domácnost obývanou pouze čtyřmi osobami. Druhý nejvyšší počet tedy 169 ks se pak nacházel v jednom bytě v Praze, který obývaly pouze dvě osoby, zde to bylo však způsobeno poctivým sbíráním baterií. V bytě bylo totiž nejvíce baterií na vyhození a to celých 79 ks. Nutno říci, že jejich majitel se jich potom, co u něj to sčítání proběhlo za pár týdnů

zbavil správným způsobem (tedy vhozením do sběrného boxu). Nejméně baterií a to 8 ks pak bylo sečteno v domácnosti mladého páru, který používá techniky velmi málo a svou domácnost asi teprve zařizuje. Druhým nejmenším počtem pak bylo 9 ks , což byla jednočlenná domácnost. Co se týče ostatních údajů, tak největší počet členů domácnosti byl 8 členů – početná rodina, která měla i poměrně vysoký počet baterií doma- 135 ks. Jako nejčastější místnost, kterou mají ve svém domově všichni (kromě toho sčítání na koleji) je koupelna a záchod. Druhou nejčastější místností je kuchyň. A velmi často se objevuje i obývací pokoj a ložnice, ovšem i tato místnost v některých domácnostech chybí. Většinou tedy jedna z nich. Nejméně se naopak vyskytuje zahradní domek (ovšem objevily se i místnosti jako např. zahradní dílna, kterou jsem ani neměl v dotazníku, pak byla tato místnost zařazena do jiné místnosti) a také pokoj pro hosty (to i přes to, že jsem do této kategorie uváděl i jiné neužívané pokoje z různých důvodů). Málo se pak baterie vyskytují na balkoně a na zahradě .

7.2 *Výsledky modelu*

Po sestavení modelu (viz Metodika tvorby modelu v Excelu) jsem po poradě se školitelem zvolil čtyři studie tedy různá nastavení modelu, které nesou označení Model01a, Model01b, Model01c, Model01d . Každá z těchto studií ukazuje jinou variantu nastavení svozových center, respektive jejich zpracovatelskou kapacitu. Pokud je jejich zpracovatelská kapacita nastavena na 0, tak to znamená, že centrum nezpracovává a tedy neexistuje (v dané variantě s ním nepracujeme). Všechny vytvořené mapy se nacházejí v příloze.

7.2.1 VŠECHNA CENTRA FUNGUJÍ-MODEL VARIANTA A

Studie pod písmenem a ukazuje variantu, ve které by bylo v každém krajském městě postavena jedna zpracovatelská linka na baterie. Výjimku má Praha a Středočeský kraj, kde by bylo používáno již stávající a funkční zařízení v Kladně. V této variantě předpokládáme s tím, že by zpracovatelské kapacity byly rozloženy rovnoměrně a tedy by se ve všech provozech zpracovávalo stejné množství baterií. Hodnota kritériální funkce je 531214 km t rok⁻¹, což je nejnižší hodnota ze všech studií. Z toho nám plyne, že tato studie by byla ze svozového hlediska nejlepší, neboť při její realizaci vychází číslo převáženého množství násobeného jednotkovými náklady nejlépe, ovšem zlepšení oproti studii d je již malé. Samozřejmě z hlediska realizace výstavby nových center vychází tato varianta nejhůře protože by bylo třeba postavit 12 nových zpracovatelských středisek. Pro porovnání jak si tato varianta stojí z hlediska vlivu na životní prostředí bychom museli provést komplexní studii LCA.

7.2.2 STÁVAJÍCÍ VARIANTA- MODEL VARIANTA B

Studie pod písmenem b ukazuje stávající (variantu z doby sběru dat) variantu, ve které existuje pouze jeden zpracovatelská linka na baterie a to v Kladně, kam je nutné všechny

baterie z celé republiky svážet a zde se baterie zpracovávají. Všechny ostatní zpracovatelská centra mají v této variantě u svých kapacit 0 (tedy nejsou v provozu). Model funguje na principu, že v případě, že je kapacita zpracovatelského centra vyčerpána, tak vozí do jiného nejbližšího zpracovatelského centra. V tomto případě je takové akorát v Kladně. Hodnota kritériální funkce je $1601553 \text{ km t rok}^{-1}$, což je nejvyšší hodnota ze všech studií. Realizace této varianty v praxi nevyžaduje žádné náklady na výstavbu (zpracovatelská linka již stojí) a i při hypotetické situaci vybudování zpracovatelské linky by náklady na tuto variantu byly nejnižší. Spotřeba pohonných hmot je v tomto případě nejvyšší.

7.2.3 VÝSTAVBA MENŠÍCH PROVOZŮ V BRNĚ A OSTRAVĚ- MODEL VARIANTA C

Studie pod písmenem c ukazuje variantu ve které by společnost ECOBAT zvolila úspornější variantu výstavby a postavila by menší zpracovatelské linky v Brně a Ostravě, v modelu mají poloviční zpracovatelskou kapacitu než zpracovatelská linka na Kladně. Realizace této varianty by si (nepočítáme-li variantu b) vyžádala nejmenší náklady. Hodnota kritériální funkce je $802276 \text{ km t rok}^{-1}$ což je dobrá hodnota oproti studii b, ale jinak je druhá nejhorší. Pokud tuto variantu porovnáme s variantou žádné výstavby- studie b, tak nám vychází přibližně 50 % snížení čísla převáženého množství násobeného jednotkovými náklady, takže v podstatě 50% úspora na pohonných hmotách. Tato varianta se tedy jeví velmi příznivě a je z ní vidět že už při vybudování dvou dalších svozových center, tak je možné zlepšit náklady na dopravu. Osobně bych tuto variantu zvolil jako dobrý kompromis, protože přináší velkou úsporu nákladů na dopravu oproti studii a zároveň má nejmenší náklady na výstavbu (nepočítáme-li studii b).

7.2.4 ZPRACOVATELSKÁ CENTRA VE MĚSTECH NAD 100 TISÍC OBYVATEL-MODEL VARIANTA D

Studie pod písmenem d ukazuje variantu, ve které by se zpracovatelská města postavila pouze ve městech (u měst), která mají více než 100.000 obyvatel. Těmi jsou: Praha, Brno, Ostrava, Plzeň, Liberec a Olomouc (ČSÚ, 2017). Přičemž v Praze by se zpracovatelská linka nestavěla, protože ta již používá zpracovatelskou linku v Kladně. Takže by tedy baterie zpracovávalo 6 zpracovatelských linek, všechny se stejnou kapacitou a stavělo by se nově pouze 5 nových zpracovatelských linek. Hodnota kritériální funkce je $628446 \text{ km t rok}^{-1}$, což je druhá nejnižší hodnota ze všech studií. Varianta vychází z hlediska výstavby jako třetí, z hlediska úspory energií na dopravu je pak druhá. Pokud by byla ušetřit více za energie a zároveň nestavět tolik zpracovatelských center, tak by to rozhodně byla dobrá volba. Pro životní prostředí by měla pravděpodobně (neznáme jaký dopad má vybudování zpracovatelské linky) lepší dopad než varianta zpracovatelská linka každém krajském městě. Protože rozdíl v ušetřených pohonných hmotách mezi touto studií a studií písmeno a je poměrně malý a úspora v budování zpracovatelských linek velká.

V dlouhodobějším horizontu a v případě, že zpracovatelská linka nemá nějaké extrémně negativní vlivy na ŽP, tak může být tato varianta pro životní prostředí ještě lepší než varianta c.

8. Diskuse

Problematikou svozu odpadu a podobným řešením úlohy se zabývali také Simonetto a Borenstein (2007) Ghose et al. (2006), Perpina et al. (2009). Nikdo z nich se však nezabýval přímo bateriemi, ale zabývali se jinými komoditami odpadu, jakými byly biodpad. Ovšem i oni používali k jejich studiím modely a pracovali se softwarem ArcGIS nebo podobným programem pro tvorbu a zpracování map. Avšak je nutné brát v úvahu, že i to jaká komodita a z jakých sběrných míst je svážena a v jaké zemi je sbírána má také značný vliv na to jak probíhá její svoz.

Dotazníky, které se týkaly baterií se zabývaly, co jsem našel, dvě společnosti a to Belgická společnost BEBAT , která s pomocí společností Lielens Advertising a InSites Consulting vytvářela výzkum baterie v domácnosti, ze kterého jsem v mé práci vycházel. Tento výzkum byl zajímavý především svým velkým rozsahem a také tím, že byly baterie v domácnostech stejně jako v mém dotazníku skutečně počítány a nikoli jen odhadovány. Další dotazník, který se zabýval bateriemi zpracovala pro českou společnost ECOBAT s.r.o. společnost Markent s.r.o. Tento dotazník byl také podepřen širokou skupinou respondentů a byl komplexní, ale v části zaměřené na baterie v domácnosti byla respondentům položena pouze jedna otázka a počet baterií byl tedy jen odhadován, což se samozřejmě negativně na výsledcích projevilo.

Zkoumáním a rešeršní činností ohledně baterií se také zabývá více autorů, např. Armand, a Tarascon (2008), kteří hodnotí používání baterií dnes a dříve. A to jakým způsobem se baterie změnili a zda jsou dnes produkovány baterie lepší.

Mezi dalšími můžeme jmenovat např. Gaines (2014), která se zabývá ve své práci především litium-ion bateriemi a to nejen jejich technologií, ale také recyklací a budoucností.

Scherson, a Palencsár(2006), se zabývají bateriemi z hlediska jejich schopnosti akumulovat elektrickou energii, dále se bateriím věnuje ještě řada autorů např. Mohr et al. (2014) a další.

Mezi další velkou skupinu odborníků zabývajících se bateriemi patří ti ,kteří se věnují aplikacím baterií v moderních technologiích, výrobcích a podobně, mezi něž patří např. Taborelli et al. (2016), který se věnuje aplikacím baterií při používání elektrokol.

Sběrem a svozem baterií se nezabývají vědecké články, ale naopak spíše firmy, které svozy řeší. U nás je hlavní firmou společnost ECOBAT s.r.o., dále třeba REMA battery. Tyto firmy si vedou vlastní svozovou statistiku a vydávají ke sběru baterií různé tiskové zprávy.

Pokud zhodnotím, která odborná periodika se zabývají bateriemi, tak to jsou: Sustainable Materials and Technologies (Gaines, 2014), Waste management (Ghose et al., 2006), International Journal of Powertrains (Taborelli et al., 2016), článek používám také ze známého časopisu Nature (Armand a Tarascon, 2008).

Zvolení kombinace modelu sestaveného v Excelu a Arc GIS se ukázalo jako vhodné řešení, protože se zde skvěle doplnila technická přizpůsobitelnost Excelu, který byl na tvorbu modelu efektivním a zároveň uživatelsky přívětivým nástrojem, v kombinaci s programem Arc GIS od společnosti ESRI bylo umožněno sestavit schémata zobrazující získané vzdálenosti a zároveň je i prohlížet v grafické podobě. Díky softwaru ArcGIS online bylo zase získáno měření vzdáleností, které jsem úspěšně použil ve sestavování modelu. Získaná data od společnosti ECOBAT s.r.o. se jevila pro model jako dostačující, avšak při získání dat mladších mohl být model ještě aktuálnější a přesnější. Na stranu druhou lze konstatovat, že data byla velmi dobře zpracovatelná, což by u datové řady xkrát větší bylo pravděpodobně problematické a i když by pak byla práce o něco přesnější, tak by byla také o dost náročnější na zpracování.

Pro úplné úspěšné rozhodnutí, zda a kolik zpracovatelských linek postavit by bylo vhodné znát i dopad výstavby a případně provozu nových zpracovatelských linek, na což by bylo nejvhodnější použít metodu LCA. Ovšem zjistit a vyčíslit náklady stejně jako dopady prací materiálu a podobně na ŽP přesahuje rozsah diplomové práce, navíc konkrétní data by bylo obtížné získat i vzhledem k stále se měnící legislativě, stavebním procesům, dotační politice EU a podobně. Za úvahu také stojí to, zda by nebylo vhodné vybudovat jen určité mezisklady, odkud by byly baterie přepravovány např. vlakem....

Kromě Excelu a programu Arc GIS od společnosti ESRI jsem také zvažoval využití metody Geographically Weighted Regression (GWR) , tedy geografické vážené regrese. Metodiku této metody zmiňuji podkapitole Metodika. Metoda by byla pro využití v problematice svozu baterií velmi vhodnou, ale jen za předpokladu, že bychom měli dostatek vstupních dat. Bohužel se získanými vstupními daty by relevantní provedení metody nebylo možné a proto ji lze pouze doporučit při dalších zkoumáních sběru baterií, která budou mít k dispozici daleko větší soubor dat.

9. Závěr

Závěrem lze říci, že zvolený počet svozových míst v modelu by byl optimální, pokud by byla vybudována a rozhodně by jejich vybudování přispělo ke snížení nákladu za dopravu baterií. Jaká by byla celková ekonomická bilance nelze adekvátně posoudit vzhledem k tomu, že neznáme cenu na vybudování jednotlivých nových zpracovatelských center. Posouzení toho, zda je lepší stávající stav a nebo vybudování nových center by bylo vhodné ještě posoudit s pomocí metodiky LCA. Zda bude vybudováno nějaké další centrum pro zpracovávání baterií záleží na společnosti ECOBAT s.r.o.

Zpracování úlohy pomocí modelu a její následná grafická interpretace se ukázala jako vhodné řešení pro zadanou úlohu. Model by bylo možné aplikovat i při jiných svozových aktivitách a to nejen odpadu, při vhodném změnění parametru modelu.

Z dotazníkového šetření bylo zjištěno, že skutečný počet baterií v domácnosti je v průměru 74,6 kusů, takže je menší než v Belgii v průzkumu z roku 2010 , kde jich bylo 107. Tento počet baterií je jiný nejspíš z důvodů odlišného technologického vybavení domácností. I přes menší počet respondentů lze průzkum považovat za relevantní zejména kvůli jeho pečlivému provedení.

Zdroje

Literatura

ARMAND, M.; TARASCON, J.-M. Building better batteries. *Nature*, 2008, 451.7179: str. 652-657.

BAZARAA, Mokhtar S.; JARVIS, John J.; SHERALI, Hanif D. *Linear programming and network flows*. John Wiley & Sons, 2010.

BEBAT, Lielens Advertising a In Sites Consulting, Boosting Battery Return research, Belgie, 2010

CENEK, Miroslav. ; JINDRA, Jiří; JON, Miroslav; KAZELLE, Jiří; KOZUMPLÍK, Josef; Akumulátory od principu k praxi. FCC PUBLIC sro, Praha 2003. ISBN 80-86534-03-0.

ČSÚ- Český statistický úřad, Česká republika od roku 1989 v číslech – 2016, 2017

ECOBAT 1- Tisková zpráva společnosti ECOBAT s.r. o. „Na recyklaci končí už skoro polovina baterií“, Praha, 16. února 2017

ECOBAT 2- Tisková zpráva společnosti ECOBAT s.r. o. „Spotřeba baterií roste, za poslední léta téměř o pětinu“, Praha, 17. července 2017

ECOBAT 3- Tisková zpráva společnosti ECOBAT s.r. o. „Konec výmluv! Sběrných míst na použité baterie je dostatek“, Praha, 6. dubna 2017

GAINES, Linda. The future of automotive lithium-ion battery recycling: Charting a sustainable course. *Sustainable Materials and Technologies*, 2014, 1: 2-7.

GHOSE, M. K.; DIKSHIT, A. K.; SHARMA, S. K., A GIS based transportation model for solid waste disposal—A case study on Asansol municipality. *Waste management*, 2006, 26.11: 1287-1293.

GRAY, Steven; PAOLISSO, Michael; JORDAN, Rebecca; GREY, Stefan *Environmental Modeling with Stakeholders: Theory, Methods, and Applications*. Springer, 2016.

GROS, Ivan. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003. 432 s. ISBN 8024704218.

CHANG, Wen-Yeau. The state of charge estimating methods for battery: A review. *ISRN Applied Mathematics*, 2013, str. 1

CHARLTON, Martin; FOTHERINGHAM, Stewart; BRUNSDON, Chris. Geographically weighted regression. *White paper. National Centre for Geocomputation. National University of Ireland Maynooth*, 2009.

LINDEN, David; REDDY, Thomas B. *Handbook of Batteries*. 3rd. 2002.

MANHART Jaromír , *Informace Odboru odpadů Ministerstva životního prostředí k určení typu baterií či akumulátorů v praxi*, 2017

MARKENT s.r.o., *Způsoby nakládání s použitými bateriemi*, 2016

MITÁŠOVÁ, Irena; VEVERKA, Bohuslav; PEZLAR, Zdeněk. *Základy teorie systémů a kybernetiky s aplikacemi v geodézii a kartografii*. Alfa, 1990.

MOHR, S. H.; FYFE, Julian; GIURCO, Damien. *A Review of Data on Lead-Acid Batteries Entering Australia and Arising as Waste*. 2014

Odpadové fórum: Waste management forum. Praha 10: CEMC, 2012, **13**(5). ISSN 1212-7779.

PERCARDS a SAGISEPR, The collection of waste portable batteries in Europe in view of the achievability of the collection targets set by Batteries Directive 2006/66/EC, 2013

PERPINA, C. ; ALFONSO, D. ; PERÉZ-NAVARRO, A.; PENALVO, E. ; VARGAS, C. ; Cárdenas, R. Methodology based on Geographic Information Systems for biomass logistics and transport optimisation. *Renewable Energy*, 2009, 34.3: 555-565.

PICCOLINO, Marco. The bicentennial of the Voltaic battery (1800–2000): the artificial electric organ. *Trends in neurosciences*, 2000, 23.4: 147-151.

SCHERSON, Daniel A.; PALENCŠÁR, Attila. Batteries and electrochemical capacitors. *Interface*, 2006, 15.1: 17-22.

SIMONETTO, De Oliveira Eugenio; BORENSTEIN, Denis. A decision support system for the operational planning of solid waste collection. *Waste Management*, 2007, 27.10: 1286-1297.

TABORELLI, C. ; ONORI, S. ; MAES, S.; SVEUM, P. ; AL-HALLAJ, S. ; Al-Khayat, N; Advanced battery management system design for SOC/SOH estimation for e-bikes applications. *International Journal of Powertrains*, 2016, 5.4: 325-357.

TAKAMURA, Tsutomu. Carbon materials and the surface modification in view of electrochemical Li insertion/extraction. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 2002, 75.1: 21-44.

TICHÝ Jan, Metodika kalkulace nákladů silniční nákladní a osobní dopravy, Ústav logistiky a managementu dopravy Fakulta dopravní ČVUT v Praze, 2014

WHITTINGHAM, M. Stanley. History, evolution, and future status of energy storage. *Proceedings of the IEEE*, 2012, 100.Special Centennial Issue: 1518-1534.

Zákon č. 185/2001 Sb. Úplné znění zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů

Zpráva o činnosti ECOBAT 2014

2006/66/ES- SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY o bateriích a akumulátorech a odpadních bateriích a akumulátorech

Internetové zdroje

Internet 1 About Call2Recycle. *Call2recycle* [online]. [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: <http://www.call2recycle.org/about-us/>

Internet 2 Battery recycling. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_recycling

Internet 3 Total battery production statistics. *Battery Association of Japan* [online]. [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: <http://www.baj.or.jp/e/statistics/01.html>

Internet 4 Why recycle batteries? In: *Australian Battery Recycling Initiative: Value Oer Impact* [online]. [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: <http://www.batteryrecycling.org.au/recycling/batteries-and-the-environment>

Internet 5 Batteries & Accumulators. In: *European Commission Environment* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/environment/waste/batteries>

Internet 6 Battery Collection and Recycling in Europe. *OneCallCollection: Battery collection & recycling* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://www.onecallcollection.com/en/>

Internet 7 Information about association. *EBRA: European battery recycling association* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.ebra-recycling.org/>

Internet 8 UK on course to meet first battery collection target. *Letsrecycle.com* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.letsrecycle.com/news/latest-news/uk-on-course-to-meet-first-battery-collection-target/>

Internet 9 Variabilita sběru a recyklace malých baterií. *Odpady* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://odpady-online.cz/variabilita-sberu-a-recyklace-malych-baterii>

Internet 10 Recycle guidance. *Japan Portable Rechargeable Battery Recycling Center* [online]. [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: http://www.jbrc.com/images/top/15_GUIDANCE.pdf

Internet 11 *Total battery production statistics: In 2016* [online]. [cit. 2017-07-25]. Dostupné z: <http://www.baj.or.jp/e/statistics/01.html>

Internet 12 *Baterie - články - akumulátory: užitečný přehled vlastností* [online]. [cit. 2017-07-25]. Dostupné z: <http://www.baterie-clanky.cz/baterie/velikost/9-volt/>

Internet 13 *ArcGIS Pro: Service area analysis layer* [online]. [cit. 2017-08-09]. Dostupné z: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/analysis/networks/service-area-analysis-layer.htm>

Internet 14 *ArcMap: Service area analysis* [online]. [cit. 2017-08-09]. Dostupné z: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/service-area.htm>

Přílohy

Příloha 1: Baterie v domácnosti (dotazník)

Obec (kde žijete) :

počet osob v domácnosti, kde se sčítají baterie:

typ domácnosti (vyberte jeden: mladí dospělí, rodina -12, rodina +12, starší dospělí, senioři, studenti):

bydlení (byt, rodinný dům apod.):

Typ místnosti	akumulátory	knoflíkové bat.	tužkové baterie	nabíjecí b.	velké akumulátory
kuchyně a jídelna					
obývací pokoj					
ložnice					
dětský pokoj					
koupelna a záchod					
chodba/hala					
sklep					
komora					
balkón/lodžie					
baterie na vyhození					
zahrada					
zahradní domek					
garáž+auto					
pracovna					
pokoj pro hosty					

odhad roční výměny (odhadněte kolik baterií a akumulátorů za rok vyměníte, jedno číslo do každé buňky v tabulce):

akumulátory	knoflíkové bat.	tužkové baterie	nabíjecí b.	velké akumulátory

Děkuji za vyplnění.

Návod jak dotazník vyplňovat:

vyplňte nejprve 4 úvodní kolonky, pokud nevyhovuje typ domácnosti v nabídce, tak napište, situaci jak to u Vás je. např. jeden student, student a důchodce apod..... V tabulce vyplníte počet baterií/akumulátorů, co máte v místnosti (nuly se nemusí vyplňovat). Místnost, kterou doma nemáte proškrtněte (stačí název). Domácnost je vhodné procházet po místnostech, počítat baterie a zapisovat si typy baterií rovnou do tabulky.

Akumulátor- je třeba v mobilním telefonu, nebo v NTB, je možné ho opakovaně nabíjet a vybíjet

Knoflíkové baterie- takové ty malé čočky, bývají v různých menších přístrojích, hodinkách a podobně

Tužkové baterie- klasická baterie typ AA, AAA případně i ty hranaté, lze je využít pouze jednou

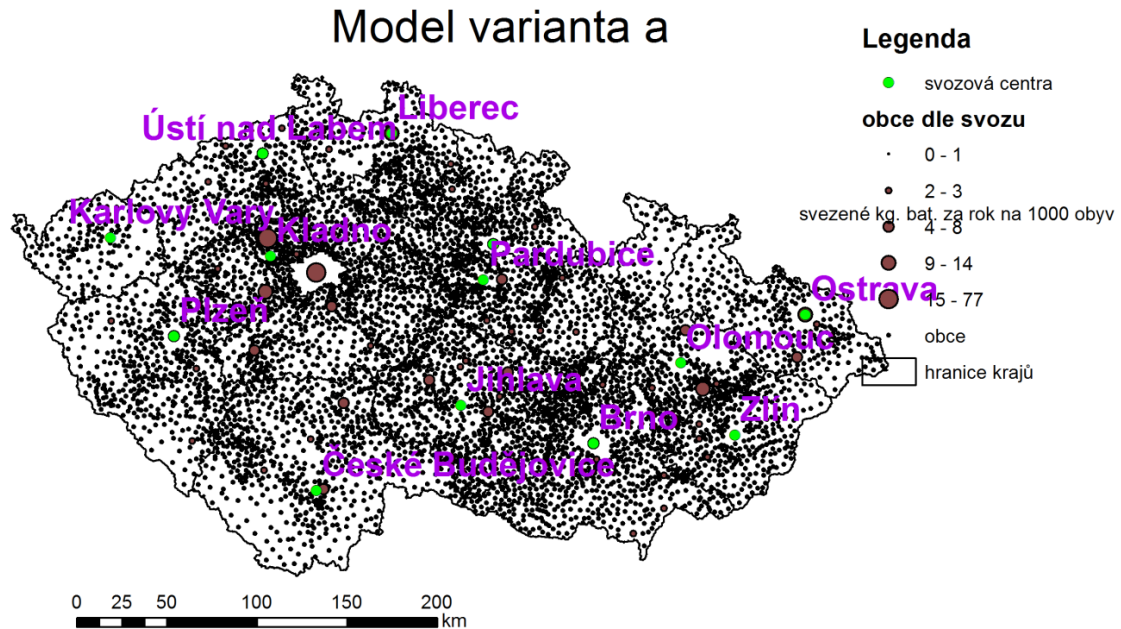
dobíjecí baterie, to je většinou tužková baterie, kterou můžeš dobíjet po zapojení do nějaké nabíječky

velký akumulátor je třeba autobaterie, pak může být ve větších spotřebičích jako je akumulátorová sekačka apod.

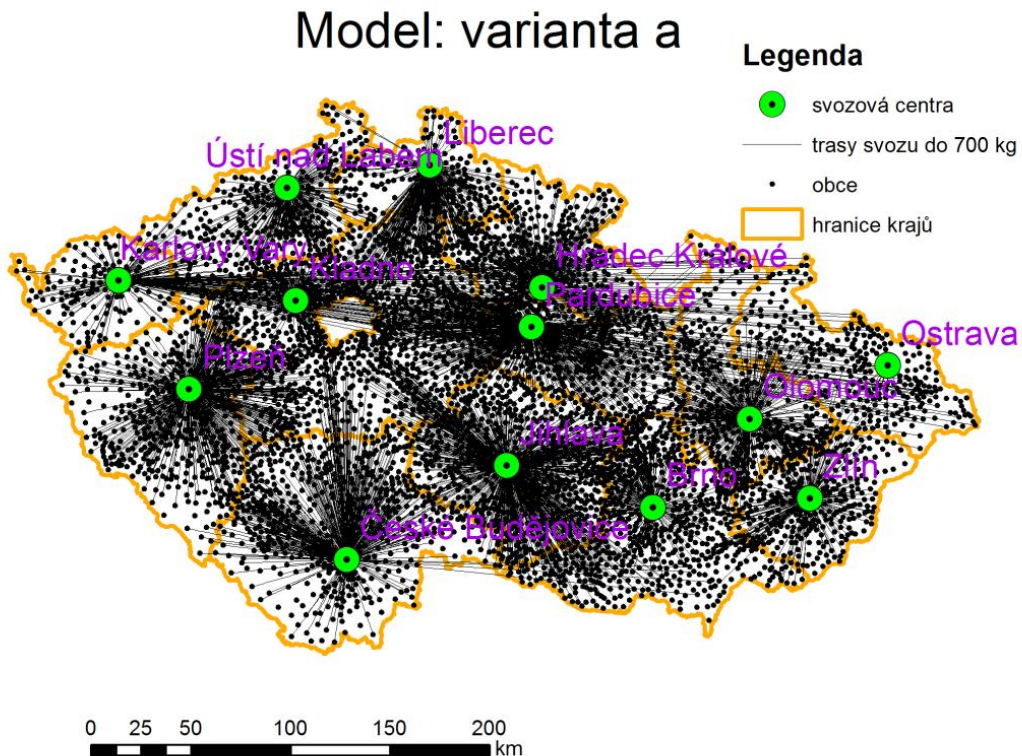
Odhad roční výměny: zkuste odhadnout kolik baterií z jednotlivých kategorií ročně vyměníte za nové.

Mapová schémata variant modelu

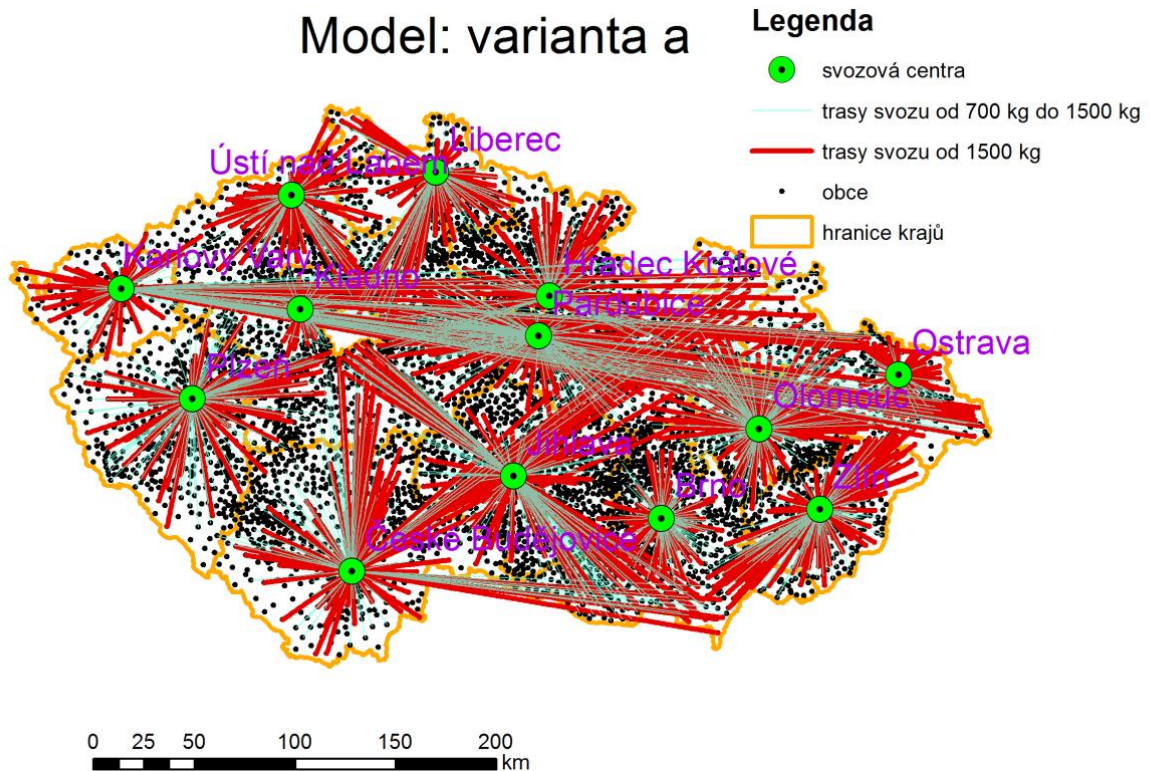
Příloha 2: Schéma se 13-ti svozovými centry (každé z nich zpracovává 1/13 sebraných baterií), vyznačené obce jsou rozčleněny podle objemu svozu v kg baterií za rok na 1000 obyvatel



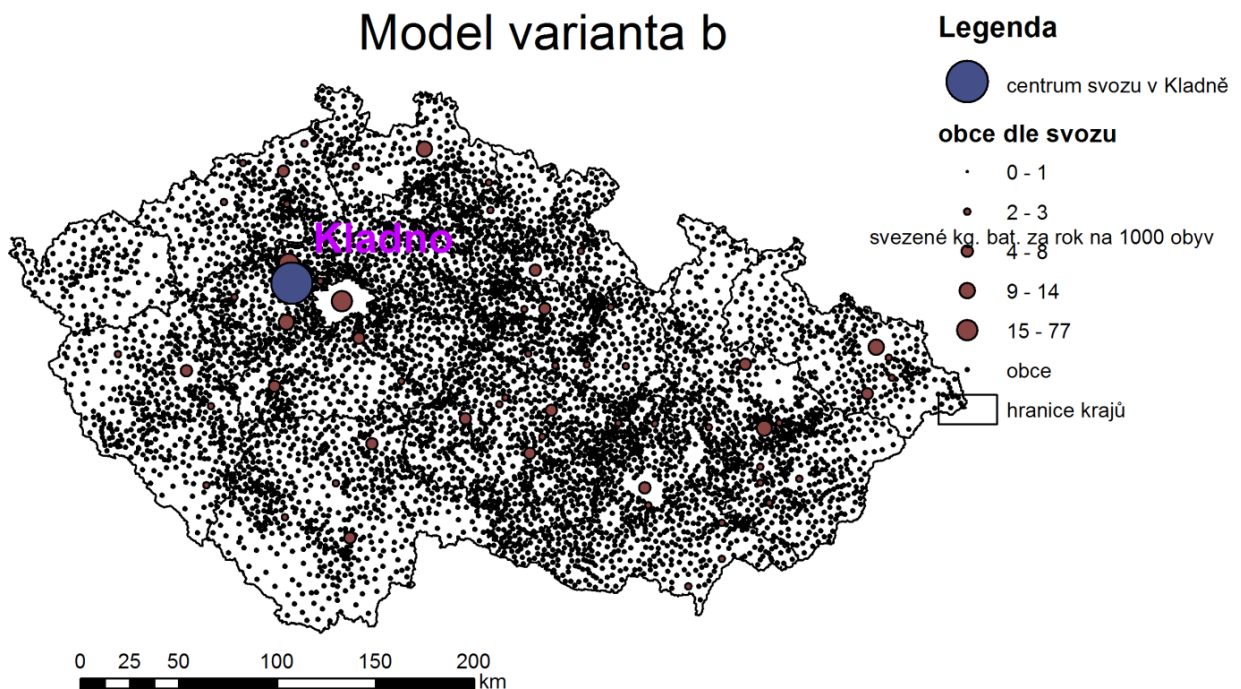
Příloha 3: Schéma tras svozu baterií do 700 svážených kg vyznačeno 13-ti svozovými centry



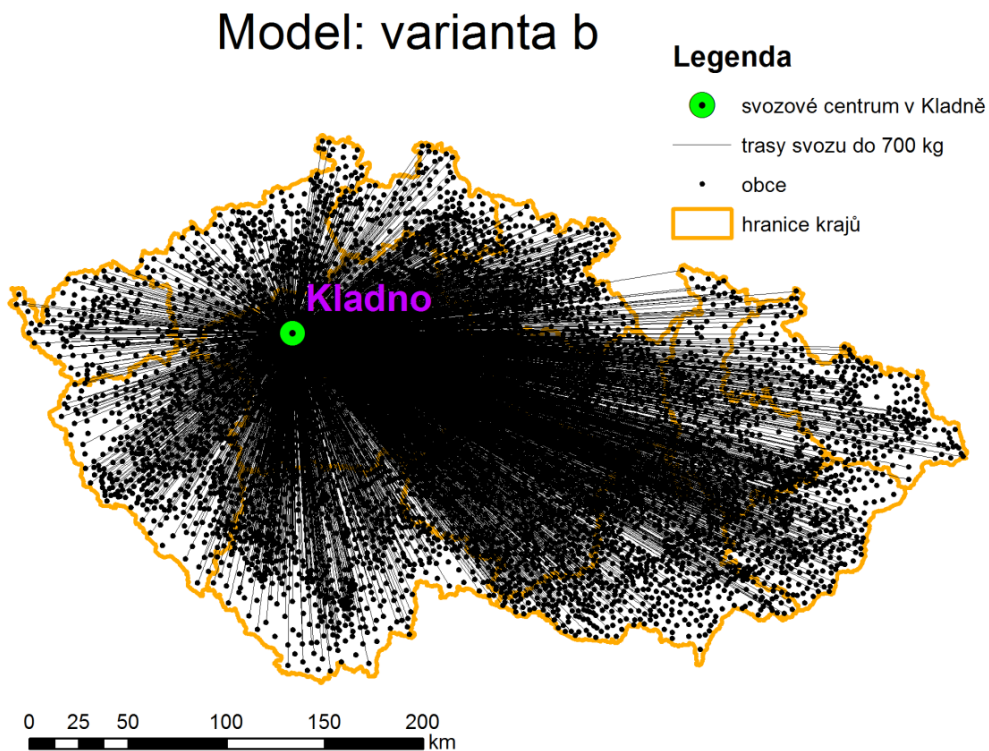
Příloha 4: Schéma tras svozu baterií od svážených 700 kg do 1500 kg a od 1500 kg (barevně rozlišeno) vyznačeno 13-ti svozových center



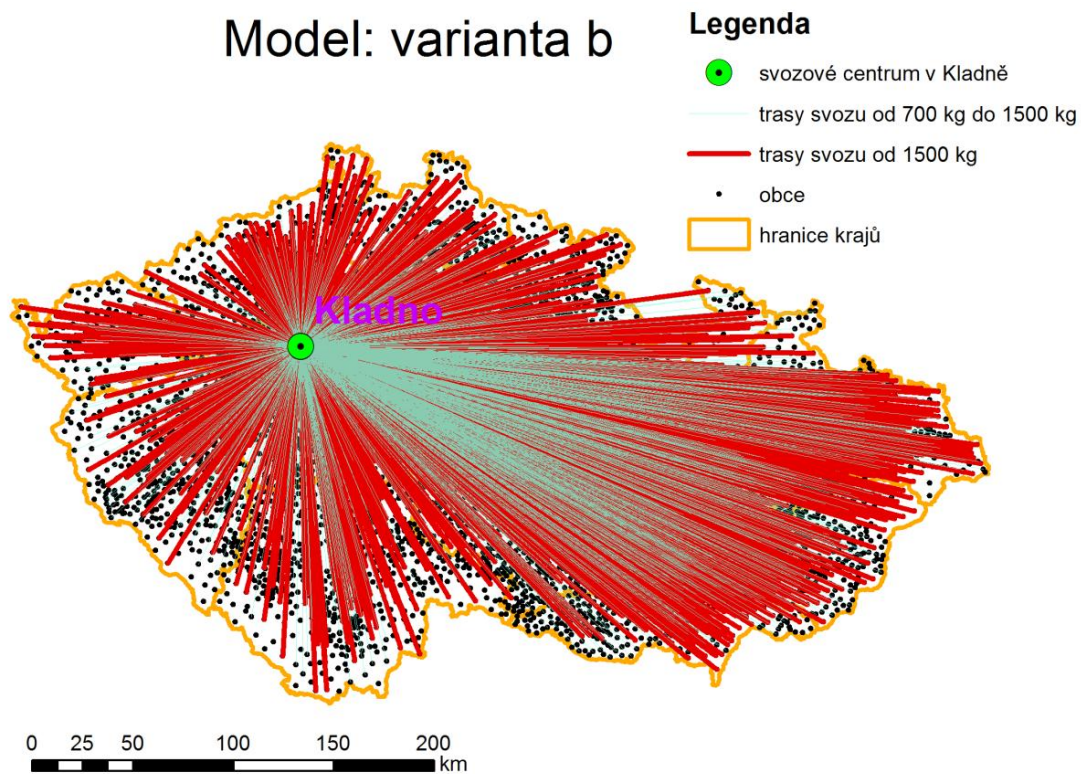
Příloha 5: Schéma s jedním svozovým centrem v Kladně (to sváží vše), jedná se o stav z doby, ze které jsou data, vyznačené obce jsou rozčleněny podle objemu svozu v kg. baterií za rok na 1000 obyvatel



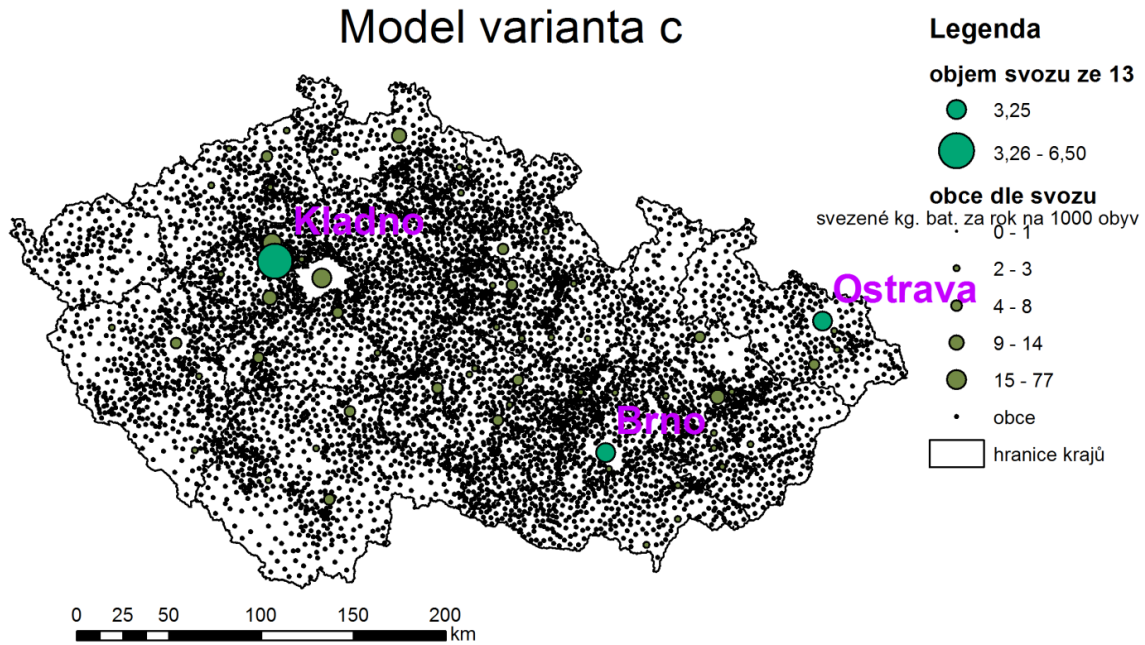
Příloha 6: Schéma tras svozu baterií do 700 svážených kg, vyznačeno jedno svozové centrum v Kladně



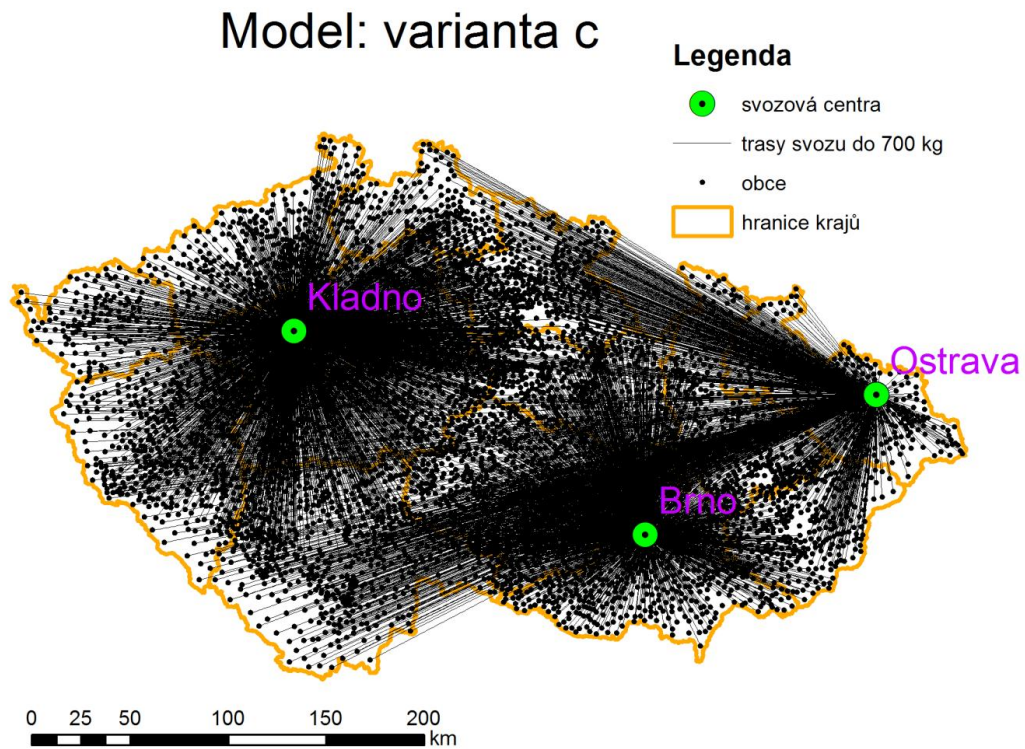
Příloha 7: Schéma tras svozu baterií od svážených 700 kg do 1500 kg a od 1500 kg (barevně rozlišeno) vyznačeno jedno svozové centrum v Kladně



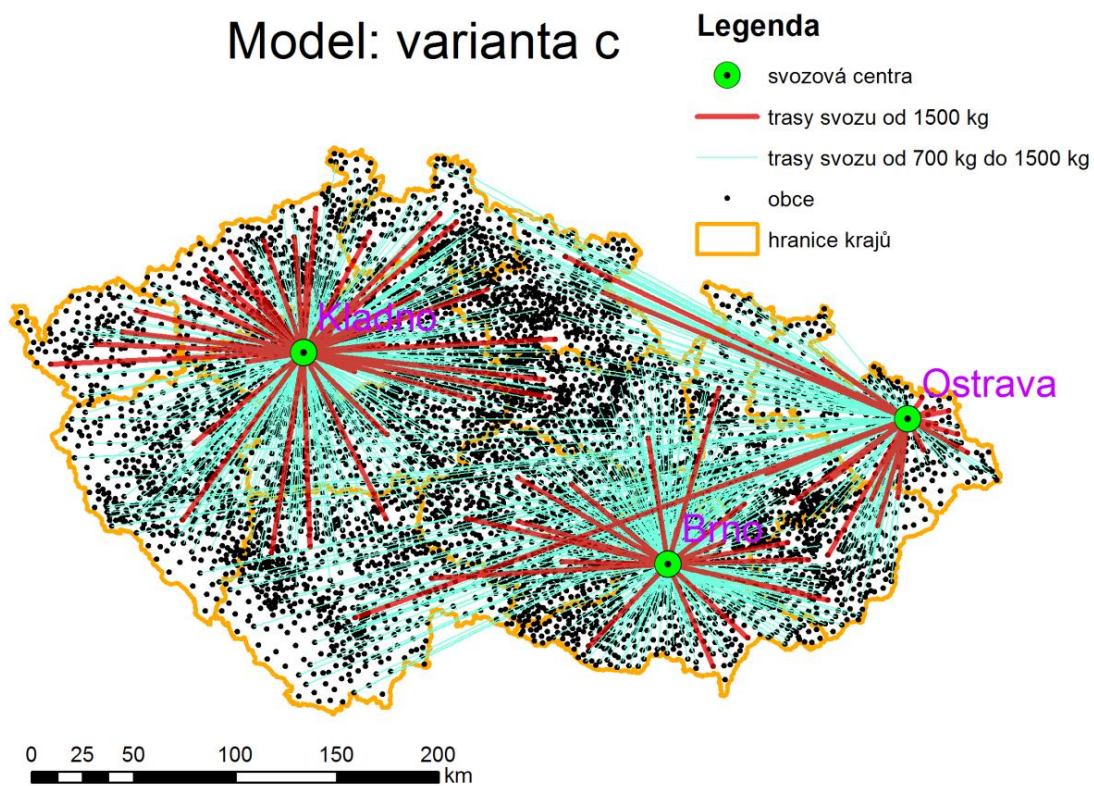
Příloha 8: Schéma se třemi svozovými centry -objem svozu je rozdělen na 13 dílů- podle 13 navrhovaných center ve schématu, centrum v Kladně zpracovává polovinu tedy 6,5 dílu, centra v Ostravě a v Brně každé čtvrtinu, tedy 3,25, v součtu také 6,5, vyznačené obce jsou rozčleněny podle objemu svozu v kg. baterií za rok na 1000 obyvatel



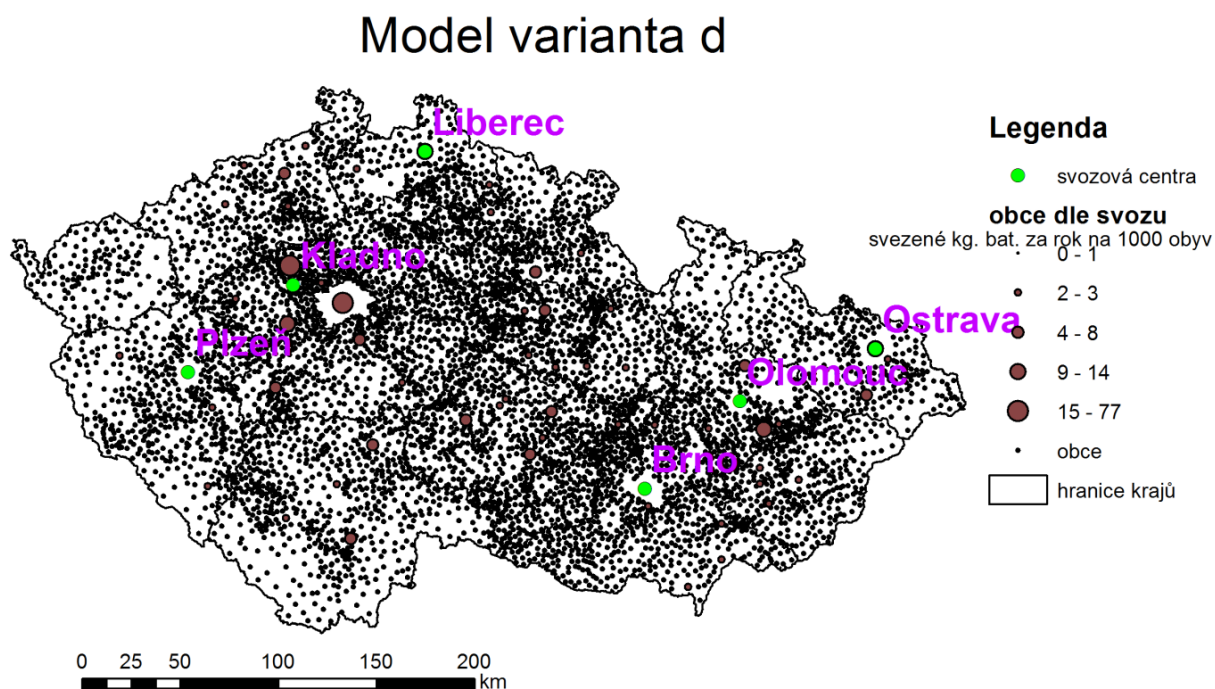
Příloha 9: Schéma tras svozu baterií do 700 svážených kg vyznačeno svozové centrum v Kladně zpracovává polovinu a centra v Brně a Ostravě pak po čtvrtině



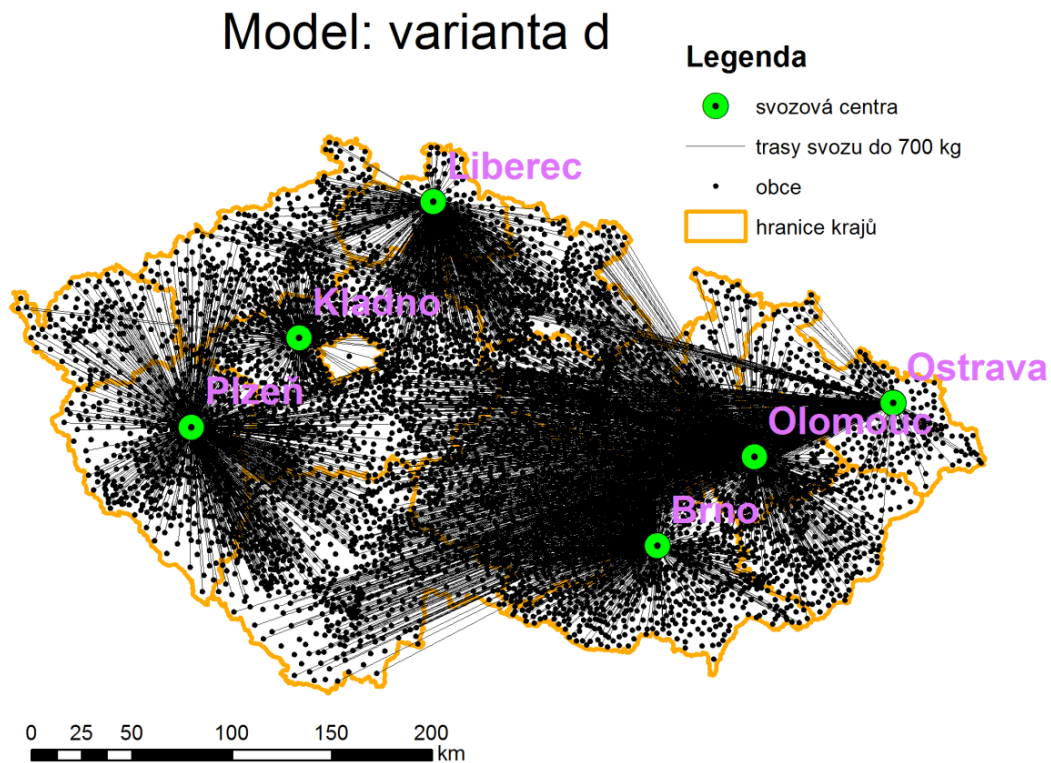
Příloha 10: Schéma tras svozu baterií od svážených 700 kg do 1500 kg a od 1500 kg (barevně rozlišeno) svozové centrum v Kladně zpracovává polovinu a centra v Brně a Ostravě pak po čtvrtině



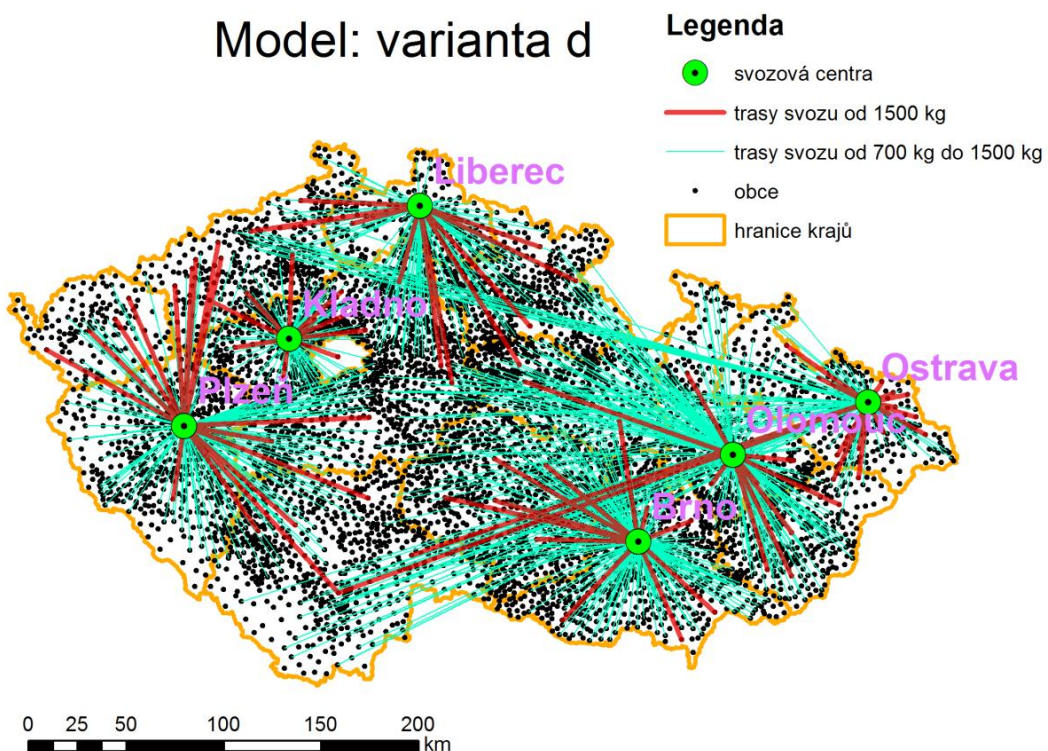
Příloha 11: Schéma se 6-ti svozovými centry (každé z nich zpracovává 1/6 sebraných baterií), vyznačené obce jsou rozčleněny podle objemu svozu v kg. baterií za rok na 1000 obyvatel



Příloha 12: Schéma tras svozu baterií do 700 svážených kg vyznačeno 6 svozových center



Příloha 13: Schéma tras svozu baterií od svážených 700 kg do 1500 kg a od 1500 kg (barevně rozlišeno), vyznačeno 6 svozových center



Další přílohy jsou z důvodu svého rozsahu umístěny na CD, které je součástí diplomové práce

Těmito přílohami jsou:

Příloha 14: Výzkum baterie v domácnostech-výsledná tabulka

Příloha 15: Čtyři varianty modelu sběru baterií-výsledné tabulky modelu (v podobě čtyř souborů)