

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY



CGE model kruhovej ekonomiky Slovenska

DIPLOMOVÁ PRÁCA

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

CGE model kruhovej ekonomiky Slovenska

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program: Ekonomicko-finančná matematika a modelovanie

Študijný odbor: 9.1.9. Aplikovaná matematika

Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky

Vedúci práce: prof.RNDr. Pavel Brunovský, DrSc.



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Bc. Stella Slučiaková
Študijný program: ekonomicko-finančná matematika a modelovanie
(Jednoodborové štúdium, magisterský II. st., denná forma)
Študijný odbor: aplikovaná matematika
Typ záverečnej práce: diplomová
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: CGE model kruhovej ekonomiky Slovenska
CGE model of circular economy of Slovakia

Cieľ: Cieľom práce je samostatne vytvoriť programovú realizáciu CGE modelu kruhovej ekonomiky Slovenska v softvéri GAMS. Ďalším cieľom je preskúmať ním vplyv vybraných politických nástrojov na zníženie skládkovania na Slovensku.

Literatúra: 1. Circular economy and energy: a computable general equilibrium approach, A.Godzinski
2. A National CGE modeling for Resource Circular Economy
3. Future Waste Scenarios for Sweden based on a CGE-model
4. POTENTIAL FOR DENMARK AS A CIRCULAR ECONOMY

Vedúci: prof. RNDr. Pavel Brunovský, DrSc.
Katedra: FMFI.KAMŠ - Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky
Vedúci katedry: prof. RNDr. Daniel Ševčovič, CSc.
Dátum zadania: 21.01.2016

Dátum schválenia: 25.01.2016
prof. RNDr. Daniel Ševčovič, CSc.
garant študijného programu

.....
študent

.....
vedúci práce

Pod'akovanie Chcela by som sa poďakovať môjmu vedúcemu prof.RNDR. Pavlovi Brunovskému, DrSc. za cenné rady a pripomienky pri písaní tejto práce. Ďakujem kolegom z Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky za pomoc, ochotu a poskytnuté materiály.

Abstrakt v štátnom jazyku

SLUČIAKOVÁ, Stella: CGE model kruhovej ekonomiky Slovenska [Diplomová práca], Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky; školiteľ: prof.RNDr. Pavel Brunovský, DrSc., Bratislava, 2018, 63 s.

V práci sa venujeme kvantifikácií možných vplyvov vybraných politík v oblasti nakladania s odpadom na slovenskú ekonomiku. Náplňou diplomovej práce je konštrukcia národného modelu všeobecne vypočítateľnej rovnováhy obehovej ekonomiky. Práca sa sústreďí na obehovú ekonomiku z pohľadu odpadového hospodárstva s cieľom skvalitniť spracovanie odpadov a ich následného využitia v produkcii. Statický CGE model obohatený o modelovanie vzniku, spracovania a využívania zhodnotených odpadov umožňuje posudzovať zmeny v ekonomike v dôsledku zásahov v oblasti odpadového hospodárstva.

Kľúčové slová: CGE modely, obehová ekonomika, odpadové hospodárstvo, poplatky za skládkovanie komunálnych odpadov

Abstract

SLUČIAKOVÁ, Stella: CGE model of circular economy of Slovakia [Master's Thesis], Comenius University in Bratislava, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Department of Applied Mathematics and Statistics; Supervisor: prof.RNDr. Pavel Brunovský, DrSc., Bratislava, 2018, 63 p.

This thesis is dedicated to the quantification of possible impacts of the waste management policy on the Slovak economy. Our aim is to construct a national CGE model with focus on transition to a circular economy. We target on the circular economy from the waste management point of view in order to improve the waste treatment process and subsequent use of recovered waste in production. The static CGE model extended by the modelling of waste generation, treatment and reuse, enables us to assess changes in the economy as a result of interventions to waste management.

Keywords: CGE models, circular economy, waste management, landfill tax

Obsah

Úvod	7
1 CGE modely	9
2 SAM	10
3 Teória CGE modelov	11
3.1 Teória firmy	11
3.2 Teória spotrebiteľa	13
3.3 Dane a obchodné a dopravné rozpätia	14
3.4 Zahranície	15
3.5 Rovnováhy na trhoch	16
3.6 Numeraire	16
4 Obehová ekonomika	17
4.1 Obehová ekonomika	17
4.2 Odpadové hospodárstvo	18
4.2.1 Stav na Slovensku v roku 2013	19
4.2.2 Ciele SR	21
4.2.3 Poplatky za uloženie odpadov na skládku odpadov	22
4.3 Modelovanie odpadového hospodárstva	22
4.3.1 Vznik odpadov	22
4.3.2 Skládkovanie komunálnych odpadov, odhad elasticity dopytu po skládkovaní komunálnych odpadov	23
4.3.3 Recyklácia a spaľovanie komunálnych odpadov	25
4.3.4 Nakladanie s priemyselnými odpadmi	25
4.3.5 Využitie odpadov	25
5 CGE model obehovej ekonomiky	26
5.1 Dáta	26
5.1.1 SAM	26
5.1.2 Odpady	30

5.1.3	Poplatky za uloženie komunálnych odpadov a elasticita dopytu po skládkovaní	30
5.1.4	Množstvo druhotných materiálov vstupujúcich do medzispotreby	31
5.2	Konštrukcia modelu	31
5.2.1	Uzavretie modelu	32
5.2.2	Rovnice modelu	32
5.3	Softvér GAMS	37
6	Scenáre	38
6.1	Zníženie miery skládkovania komunálnych bioodpadov	38
6.2	Zvýšenie recyklácie komunálnych odpadov	40
	Záver	42
	Zoznam použitej literatúry	44
	A Príloha A	47
	B Príloha B	48
	C Príloha C	50
	D Príloha D	54
	E Príloha E	55

Úvod

V súčasnosti si stále viac uvedomujeme, že hospodársky rast znižuje kvalitu životného prostredia a vyčerpáva prírodné zdroje. Globálne otepľovanie, zhoršujúca sa kvalita ovzdušia a nedostatočné množstvo primárnych zdrojov predstavuje významnú hrozbu pre ekosystémy a budúce generácie ľudstva.

Prechod na obehovú ekonomiku má výrazný vplyv na zníženie dopytu po primárnych zdrojoch a taktiež zohráva kľúčovú úlohu pri znižovaní emisií v ovzduší. Zvýšenie efektivity využívania zdrojov prostredníctvom zvýšenej recyklácie odpadov, ktoré sa spätne vrátia do výroby ako druhotný materiál, je tak nevyhnutné k zabráneniu nepriaznivého hospodárskeho, sociálneho a environmentálneho vývoja.

Zlepšenie stavu odpadového hospodárstva patrí k najväčším výzvam životného prostredia na Slovensku. V rámci odpadového hospodárstva je hlavnou úlohou zvýšenie miery recyklácie a zníženie miery skládkovania komunálnych odpadov. V súčasnosti je dominantnou činnosťou pri nakladaní s komunálnym odpadom ukladanie na skládku vo výške takmer 68 % vyprodukovaného odpadu ročne, čím sa radíme medzi európske krajiny s najvyššou mierou skládkovania. Naopak s mierou recyklácie iba 21 % pre komunálny odpad výrazne zaostávame za európskym priemerom [8].

Plnenie stanovených cieľov v oblasti odpadového hospodárstva v súlade s požiadavkami Európskej komisie bude vyžadovať implementáciu efektívnych politík. Kvantifikácia nákladov a prínosov politických zásahov je kľúčovou úlohou pre splnenie požadovaných environmentálnych regulácií a opatrení. Model všeobecne vypočítateľnej rovnováhy (CGE) je v súčasnosti uznávaným nástrojom pre analýzu dopadov zmien v politike na ekonomiku. Pokrok v oblasti dostupnosti dát a zároveň vývoj programovacích nástrojov prispeli k širokému využitiu CGE modelov najmä v oblasti ekonomiky využitia zdrojov a životného prostredia.

Cieľom našej práce je vytvoriť statický CGE model v podmienkach Slovenskej republiky, ktorý uvažuje prechod na kruhovú ekonomiku prostredníctvom začlenenia recyklovaných a spaľovaných zložiek odpadov do medzis potreby ako druhotného materiálu. Následne posúdime ekonomické vplyvy vybraných politík v oblasti odpadového hospodárstva v porovnaní so základným scenárom bez zavedenia zmien.

Práca je členená na teoretickú a praktickú časť. Teoretická časť pozostáva z prvej, druhej, tretej a štvrtej kapitoly, kde si popíšeme využitie, dátovú základňu a teoretický základ CGE modelov. Okrem toho si v štvrtej kapitole uvedieme význam obehovej ekonomiky, jej súvis s odpadovým hospodárstvom a stav a ciele odpadového hospodárstva na Slovensku.

Praktickú časť tvorí piata a šiesta kapitola, v ktorých sa venujeme konštrukcii samotného modelu obehovej ekonomiky a zavedeniu šokov do ekonomiky v podobe zvyšovania poplatkov za uloženie komunálnych odpadov na skládku. Následne hodnotíme vplyvy vybraných šokov na ekonomiku.

1 CGE modely

Modely vypočítateľnej všeobecnej rovnováhy sú makroekonomické modely, ktoré zachytávajú interakcie medzi jednotlivými ekonomickými subjektmi. Vychádzajú z mikroekonomických princípov optimálneho správania sa firiem a spotrebiteľov a z teórie všeobecnej ekonomickej rovnováhy. Dátovú základňu tvoria detailné ekonomické údaje, pomocou ktorých model simuluje reakcie konkrétnej ekonomiky v dôsledku exogénnych šokov. CGE modely sú komparatívne modely, čiže porovnávajú stav ekonomiky pred a po zavedení konkrétnych opatrení. Zameriavajú sa na dlhodobú štruktúru ekonomiky, preto sú vhodné pri analýze politík, ktoré by sa mali posudzovať na základe ich trvalých vplyvov. V porovnaní s ekonometrickými modelmi, ktoré vyžadujú konzistentné údaje za dlhšie časové obdobie, tvorba CGE modelov závisí na dátach za jedno časové obdobie. CGE modely tak vedia poskytnúť pohľad na možné účinky vyplývajúce zo šokov, pre ktoré neexistujú relevantné historické údaje. V statických CGE modeloch sa upúšťa od chápania času a neskúma sa prechod do novej rovnováhy. Dynamické modely umožňujú sledovať reakciu ekonomiky na vonkajšie zmeny aj z časového hľadiska.

Na tému CGE modelov, ich teórie a aplikácií pre slovenskú ekonomiku bolo v minulosti vypracovaných viacero diplomových prác [23], [12] a [9]. Ďalšie CGE modely boli publikované Ekonomickým ústavom Slovenskej akadémie vied [22] alebo Národnou bankou Slovenska [1].

V porovnaní s existujúcimi modelmi pre slovenskú ekonomiku, je prínosom nášho modelu zahrnutie odpadového hospodárstva a posúdenie makroekonomických vplyvov prechodu na obehovú ekonomiku. Pri konštrukcii modelu sme vychádzali najmä z Kórejského CGE modelu pre obehovú ekonomiku [11] a tiež CGE modelu odpadového hospodárstva v Japonsku [21].

2 SAM

Dátová základňa CGE modelov pozostáva z matice spoločenského účtovníctva (SAM). SAM predstavuje nástroj, ktorý zaznamenáva vzájomné vzťahy medzi odvetviami a inštitucionálnymi jednotkami v ekonomike za určité časové obdobie.

SAM je štvorcová matica, v ktorej je každému subjektu, ktorý je reprezentovaný svojím účtom, priradený jeden riadok a stĺpec. V riadkoch sa nachádzajú príjmy a v stĺpcoch sú zaznamenané výdavky. Každý účet musí byť vybilancovaný, čiže suma riadku a jeho príslušného stĺpca sa musia rovnať. SAM matica vychádza z dvoch základných princípov:

- celkové výdavky na účte subjektu sa musia rovnať jeho celkovým príjmom
- výdavky na účte jedného subjektu predstavujú príjmy na účtoch iných subjektov

Údaje do SAM pre slovenskú ekonomiku sa čerpajú z publikácie Štatistického úradu, kde sú uvedené údaje o účtoch komodít a produkcie (medzispotreba, konečná spotreba vlády a domácností, investície a zahraničie) a účet tvorby dôchodkov. Údaje o rozdelení a použití dôchodkov a kapitálový účet pochádzajú z Národných účtov.

Pokiaľ rozlišujeme komodity a odvetvia, tak účet produkcie a komodít je popísaný tabuľkou dodávok a použitia. V prípade, že ich nerozlišujeme, účet produkcie popisuje vstupno-výstupná tabuľka.

Výhodou SAM matice je jej flexibilita. Jednotlivé komodity a odvetvia je možné agregovať podľa klasifikácie komodít CPA [24] a klasifikácie ekonomických činností NACE [25]. Subjekty sa dajú agregovať resp. dezagregovať v závislosti od účelu, na ktorý sa SAM konštruuje.

3 Teória CGE modelov

V tejto kapitole popíšeme základnú princípy CGE modelov, ktoré vyplývajú z teórie racionálneho správania ekonomických subjektov a z nej vychádzajúcich záverov pre celú ekonomiku. Zameriame sa na teóriu firmy a spotrebiteľa, pričom vychádzame hlavne z [23] a [10]. Použité symboly sú definované v kapitole 5.

3.1 Teória firmy

Mikroekonómia predpokladá racionálne správanie sa firmy, ktorá sa snaží maximalizovať svoj zisk v podmienkach dokonalej konkurencie. Firma je popísaná produkčnou funkciou s konštantnými výnosmi z rozsahu. Na vyprodukovanie výstupov využíva firma vstupné komodity, prácu a kapitál. Najčastejšie typy produkčných funkcií sú Leontiefova, Cobb-Douglasova a CES funkcia, ktoré sme použili aj v našej práci. Tieto funkcie sa odlišujú hodnotou elasticity substitúcie jednotlivých vstupov. Riešením maximalizačnej úlohy firmy sú podmienené dopytové funkcie. Tvary jednotlivých produkčných a príslušných podmienených dopytových funkcií sú uvedené v prílohe A.

V CGE modeloch sa často využívajú vnorené produkčné funkcie, ktoré umožnia zvoliť si na jednotlivých úrovniach produkcie rozdielnu mieru substitúcie. V našom modeli sme predpokladali produkciu $Y A^i$ v tvare

$$Y A^i = \text{Leontief}(V A^i, M^i),$$

kde

$$V A^i = \text{CobbDouglas}(L^i, K^i)$$

$$M^i = \text{Leontief}(ID_1^i, \dots, ID_n^i).$$

Vzhľadom k tomuto tvaru produkčnej funkcie, firma rieši nasledovnú úlohu minimalizácie nákladov

- Minimalizácia nákladov na agregát medzis potreby a agregát pridanej hodnoty

$$\min_{M^i, V A^i} P_M^i M^i + P_{V A}^i V A^i$$

za podmienok

$$M^i = \alpha_M^i Y A^i$$

$$VA^i = \alpha_{VA}^i Y A^i$$

- Minimalizácia nákladov na prácu a kapitál

$$\min_{L^i, K^i} P_L L^i + P_K K^i$$

za podmienok

$$P_L L^i = \alpha_L^i V A^i P_{VA}^i$$

$$P_K K^i = (1 - \alpha_L^i) V A^i P_{VA}^i$$

- Minimalizácia nákladov na medzispotrebu

$$\min_{ID_j^i} \sum_j P_j^S ID_j^i$$

za podmienky

$$ID_j^i = \phi_j^i M^i,$$

kde α_M , α_{VA} , α_L a ϕ_j^i sú konštanty Leontiefovej funkcie.

Každá firma vyrába jednu alebo viac komodít, čiže komodita môže byť vyrobená viac ako jednou firmou. Podľa predpokladu je podiel vyrobených komodít na celkovej výrobe odvetvia θ_j^i konštantný. Produkciu komodity v odvetví X_j^i možno teda vyjadriť nasledovne

$$X_j^i = \theta_j^i Y A^i.$$

Vzhľadom na predpoklad o konštantných výnosoch z rozsahu pri produkcii, ak je ekonomika v stave rovnováhy a firma sa správa racionálne, úloha maximalizácie zisku sa mení na podmienku dosiahnutia nulového zisku. Ak by bol zisk kladný, pre produkčné odvetvie by bolo vždy výhodne vyrobiť viac. Naopak pri zápornom zisku by sa mu neoplatilo vyrábať vôbec. Rovnice nulového zisku sú uvedené v kapitole 5 pri konštrukcii modelu.

3.2 Teória spotrebiteľa

V CGE modeloch je konečná spotreba tvorená spotrebou domácností, vlády, tvorbou fixného kapitálu a zmenou v stave zásob. Všetky domácnosti sú podľa predpokladu agregované do jednej reprezentatívnej domácnosti. Tvorba fixného kapitálu a zmena stavu zásob je v našom modeli charakterizovaná sektorom investícií. Správanie spotrebiteľa popisuje funkcia užitočnosti s konštantnými výnosmi z rozsahu. Pre všetky spotrebné sektory sme uvažovali Cobb-Douglasov tvar funkcie užitočnosti. Racionálny spotrebiteľ sa snaží maximalizovať svoj úžitok zo spotreby jednotlivých statkov pri daných rozpočtových ohraničeniach, ktoré sú určené vlastnými príjmami a cenami statkov na trhu.

Primárna úloha maximalizácie úžitku sa prevádza na duálnu úlohu minimalizácie nákladov virtuálneho sektora, ktorý produkuje celkový blahobyť a predáva ho domácnostiam, vláde a sektoru investícií. Maximalizácia ziskov sa opäť mení na úlohu nulového zisku. Spotreba agregovanej domácnosti je modelovaná nasledovne

- Minimalizácia nákladov fiktívneho sektora

$$\begin{aligned} \min \sum_j P_j^S H_j \\ P_j^S H_j = \alpha_j^H T H P^{TH} \end{aligned}$$

- Maximalizácia ziskov fiktívneho sektora

$$P^{TH} T H = \sum_j P_j^S H_j$$

- Dodržanie rozpočtového ohraničenia

$$P^{TH} T H = DI$$

kde H_j je spotreba komodity j v sektore domácností, P_j^S je cena komodity j pre domácnosti, α_j^H je exogénne daný koeficient spotreby komodity j z celkovej spotreby, $T H$ je celková spotreba (blahobyť) domácností a P^{TH} je jeho cenová úroveň. DI vyjadruje disponibilný príjem, t.j. časť príjmov, ktoré sú určené na spotrebu.

Predpokladáme, že práca a kapitál je poskytovaná iba sektorom domácností, výška príjmu sa preto rovná sume výdavkov produkčných odvetví na prácu a kapitál.

$$DI = \sum_i P_L L_i + \sum_i P_K K_i$$

Spotreba vlády a investícií je modelovaná rovnakým spôsobom, výnimkou je ich príjmová stránka. Príjem vládneho sektoru GR pochádza najmä z daňových príjmov, ktoré sú rozpracované v ďalšej časti. Sektora investícií sa prispôsobuje príjmom, ktoré pochádzajú z úspor ostatných subjektov podľa rovnice

$$INV = (1 - \beta^H)DI + (1 - \beta^G)GR + FSAV,$$

kde β^H a β^G predstavujú sklon domácností resp. vlády k spotrebe a $FSAV$ sú úspory zo zahraničia.

3.3 Dane a obchodné a dopravné rozpätia

Model zahŕňa dane na tovary a služby (komodity) a priame dane. Dane na tovary a služby pozostávajú najmä z dane z pridanej hodnoty a spotrebnej dane. Jedná sa o nepriame dane, ktoré sa viažu na spotrebu - medzispotrebu odvetví a finálnu spotrebu inštitucionálnych sektorov. Kúpna cena komodity pre spotrebné sektory P_j^S je potom cena predajcu P_j zvýšená o spomínanú daň $indtax_{rate,j}$.

$$P_j^S = P_j + indtax_{rate,j}$$

Druhým typom daní sú priame dane $dtax_{rate}$, kam patrí daň z príjmov, ziskov a kapitálového majetku. Platiteľom priamych daní sú domácnosti ako jediný sektor, ktorý poskytuje prácu a kapitál. Príjemcom je sektor vlády. Výsledné rovnice pre príjmy sa nachádzajú v kapitole 5. Výška sadzby oboch druhov daní vychádza zo SAM matice, ktorá obsahuje údaje o ich objeme.

Dopravné a obchodné rozpätia predstavujú náklady, ktoré platí spotrebiteľ za prepravu a predaj zákazníkovi niektorých komodít. Časť produkcie odvetvia, ktoré tieto komodity vyrába, je spotrebovaná na tento účel. V našom modeli poskytuje dopravné a obchodné rozpätia odvetvie služieb. Kúpna cena komodity P_j^S je teda navýšená o rozpätia

$$P_j^S = P_j + indtax_{rate,j} + \sum_k P_k \psi_k^j,$$

kde koeficient ψ_k^j vyjadruje množstvo komodity k potrebnej na prepravu a predaj komodity j . Koeficienty pre odvetvie služieb sú nulové.

3.4 Zahraníčie

V otvorenej ekonomike tvoria ponuku na domácom trhu komodity z domácej produkcie a importu. Pri modelovaní vzťahov zo zahraničím sme podľa [11] uvažovali domáce a zahraničné komodity dokonale komplementárne, preto sme použili Leontiefovú funkciu pre celkové množstvo komodity ponúkanej na domácom trhu. Svetové ceny importu aj exportu sú v modeli dané exogénne a položené jednej. Prostredníctvom výmenného kurzu sa ceny importovaných komodít v domácej mene odvíjajú od svetových cien v zahraničnej mene.

Domáci spotrebiteľ, ktorý sa snaží minimalizovať svoje náklady na komodity v závislosti od ich cien, rieši úlohu

$$\begin{aligned} \min P_j DP_j + P_j^{IM} IM_j \\ IM_j &= \alpha^{IM} DS_j \\ DP_j &= (1 - \alpha^{IM}) DS_j \\ P_j^{IM} &= P_j^{World} EXR, \end{aligned}$$

kde DS_j je celková ponuka komodity j na domácom trhu, IM_j je množstvo importovanej komodity j a DP_j je časť domácej produkcie komodity j pre domáci trh. P_j^{IM} sú ceny importu, P_j^{World} sú svetové ceny a EXR je hodnota výmenného kurzu.

Podobne sa modeluje export. Výrobca maximalizuje svoj zisk rozhodovaním o množstve vyrobenej komodity j určenej pre domáci trh a pre vývoz do zahraničia na základe domácich a svetových cien. Rozdelenie produkcie pre domáci trh a pre export je opäť charakterizovaný Leontiefovou funkciou.

$$\begin{aligned} \min P_j DP_j + P_j^{EX} EX_j \\ EX_j &= \alpha^{EX} Y_j \\ DP_j &= (1 - \alpha^{EX}) Y_j \\ P_j^{EX} &= P_j^{World} EXR, \end{aligned}$$

kde Y_j je celková domáca produkcia komodity j , EX_j je množstvo exportovanej komodity j a P_j^{EX} je jej cena.

Vzťah medzi celkovou hodnotou vývozu a dovozu tovarov a služieb vyjadruje rovnica pre obchodnú bilanciu.

$$OB = \sum_j P_j^{IM} IM_j - \sum_j P_j^{EX} EX_j$$

3.5 Rovnováhy na trhoch

Z predpokladu o rovnovážnom stave ekonomiky vyplývajú rovnosti medzi ponukou a dopytom na trhu s komoditami, prácou, kapitálom a na trhu s rozpätiami

$$DS_j = \sum_i ID_j^i + H_j + G_j + I_j + \frac{TRM^j}{P_j^S}$$

$$TL = \sum_i L_i$$

$$TK = \sum_i K_i$$

$$TRM^j = \sum_{j^2} \psi_{j^2}^j DS_{j^2},$$

pričom TL a TK je celková ponuka práce resp. kapitálu v ekonomike a TRM^j je celkové množstvo komodity j pre dopravné a obchodné rozpätia.

3.6 Numeraire

Jednotlivé ceny vystupujúce v modeli sú iba relatívne, čiže je možné vypočítať iba vzájomné pomery cien. Preto sa v CGE modeloch stanoví jedna cena exogénne ako numeraire a ostatné ceny sa vyjadria ako pomer k nej. V našom prípade sme ako numeraire stanovili cenu práce rovnú jednej.

4 Obehová ekonomika

V tejto časti sa oboznámime s pojmom obehová ekonomika a vysvetlíme jej súvis s odpadovým hospodárstvom. Uvedieme stav vzniku a nakladania s vybranými druhmi odpadov na Slovensku v roku 2013. Taktiež spomenieme globálne ako aj národné ciele v oblasti odpadového hospodárstva.

4.1 Obehová ekonomika

Prírodné zdroje predstavujú základ hospodárskeho rastu. Pozemky, voda a hnojivá sú vstupom pre výrobu potravín, uhlie, ropa a zemný plyn dominujú energetickému mixu v mnohých krajinách. Rozvoj inštraštruktúry je podnietený železom a nehrdzavejúcimi nerastami. Rast celosvetovej populácie a hrubej domácej produkcie v posledných desaťročiach spôsobil zvýšenie dopytu po prírodných zdrojoch. Svetová spotreba materiálov sa od roku 1980 viac ako zdvojnásobila a od roku 1900 sa zvýšila desaťnásobne [19]. Očakáva sa, že svetová populácia sa do roku 2050 zvýši z približne 7 miliárd na viac ako 9 miliárd, čo bude viesť k ďalšiemu zvýšeniu dopytu po prírodných zdrojoch. Pribúdajú tiež súvisiace negatívne vplyvy produkcie na životné prostredie, akými sú zmena klímy, odlesňovanie alebo zvýšená tvorba odpadov a ich likvidácia.

Zvýšenie efektivity využívania zdrojov a lepší environmentálny manažment sú nevyhnutné k zabráneniu nepriaznivých vplyvov na hospodársky, sociálny a environmentálny vývoj. Za posledné roky došlo k zvýšenému záujmu o prechod na obehové hospodárstvo a zlepšenie efektívnosti zdrojov na medzinárodnej úrovni.

Napriek tomu, že neexistuje jednotná definícia obehového hospodárstva, vo všeobecnosti „prechod na obehovú ekonomiku“ znamená akýkoľvek proces, ktorý by mohol viesť k zníženiu dopytu po určitých prírodných zdrojoch, ťažbe alebo využívaní zdrojov. Inými slovami, obehová ekonomika vyžaduje efektívnejšie využívanie zdrojov, materiálov a výrobkov prostredníctvom rozvoja technológií, zhodnocovania odpadov alebo meniaceho sa správania spotrebiteľov od materiálovo náročných tovarov a služieb.

Predpisy o obehovom hospodárstve sú zamerané na zachovanie materiálov, výrobkov a ich hodnoty čo najdlhšie v rámci ich životného cyklu, na znižovanie odpadu, zvyšovanie úspory energie a znižovanie emisií skleníkových plynov.

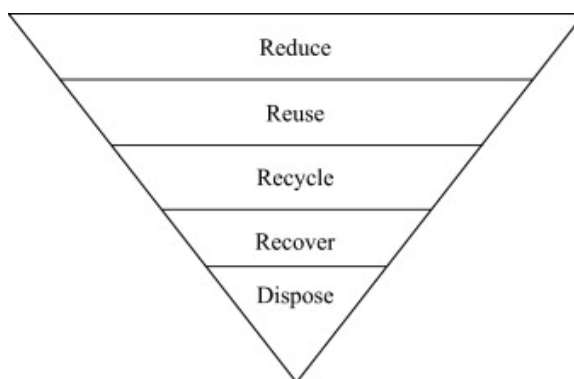
Efektívnosť zdrojov je definovaná ako pomer medzi produkciou určitého odvetvia alebo ekonomiky a množstva zdrojov, ktoré sú použité pri výrobe. Zvýšenie efektívnosti opisuje situáciu, v ktorej určité množstvo zdrojov prináša vyššiu hospodársku produkciu alebo na dosiahnutej úrovni produkcie je potrebné menšie množstvo zdrojov. Ide o tzv. relatívny „decoupling“ (oddelenie), kedy hodnota ekonomickej produkcie rastie rýchlejšie ako množstvo vstupných zdrojov. Absolútny „decoupling“ sa vzťahuje na situáciu, keď hodnota ekonomickej produkcie rastie, zatiaľ čo množstvo použitých vstupných zdrojov klesá.

Prechod na obehovú ekonomiku a zlepšenie efektívnosti zdrojov sa sám o sebe nepovažuje za politický cieľ. Z pohľadu vlády je však zaujímavý hospodársky, sociálny a environmentálny prínos, ktorý je dôsledkom prechodu. Pri podpore prechodu na obehové hospodárstvo sa často zdôrazňujú tri dôvody. Po prvé, znížená ťažba, spracovanie a likvidácia prírodných zdrojov v dôsledku ich efektívnejšieho využívania môže predstavovať dôležitý nástroj na dosiahnutie cieľov v oblasti klímy a iných environmentálnych cieľov. Zvýšená produkcia druhotných materiálov môže tiež zmierniť riziko dovozu kritických zdrojov (napr. kovové nerastné suroviny), ktorý súvisí s geopolitickými otázkami. Po tretie, činnosti, ktoré budú viesť k prechodu na obehovú ekonomiku, vytvoria nové pracovné pozície v oblasti výroby druhotných materiálov, opráv a obnovy.

4.2 Odpadové hospodárstvo

Naša práca sa zaoberá prechodom na obehovú ekonomiku zlepšením nakladania s odpadmi. Nová hierarchia nakladania s odpadmi podľa rámcovej smernice EÚ [5] kladie dôraz na predchádzanie vzniku odpadu a opätovné použitie (viď obrázok 1). Nasleduje recyklácia a zhodnocovanie (napr. energetické zhodnocovanie). Zneškodňovanie, t.j. skládkovanie, je najmenej preferovanou možnosťou nakladania s odpadom.

Predchádzanie vzniku, opätovné použitie a recyklácia odpadov, t.j. produkcia druhotných materiálov z odpadov, majú za následok zníženie dopytu po primárnych materiáloch vo výrobe aj v spotrebe a tým zlepšenie efektívnosti ich využívania. Nová hierarchia prináša zmenu postoja k odpadu, ktorý sa stáva surovinou a šetrí primárne zdroje. Tento postoj by mal viesť k realizácií spomínaných princípov obehovej ekonomiky.



Obr. 1: Hierarchia odpadového hospodárstva

Naopak skládkovanie predstavuje významný, i keď ťažko kvantifikovateľný náklad pre celú spoločnosť. U ľudí žijúcich v blízkosti skládok bol najmä kvôli skládkovému plynu zdokumentovaný zvýšený výskyt niektorých chorôb [20]. Vznikajúci metán a oxid uhličitý zasa prispievajú ku globálnemu otepľovaniu. Napriek izolačným bariéram hrozia priesaky a môže prísť k znečisteniu podzemných i povrchových vôd. V neposlednom rade skládky zaberajú pôdu a devastujú územie, na ktorom sa nachádzajú.

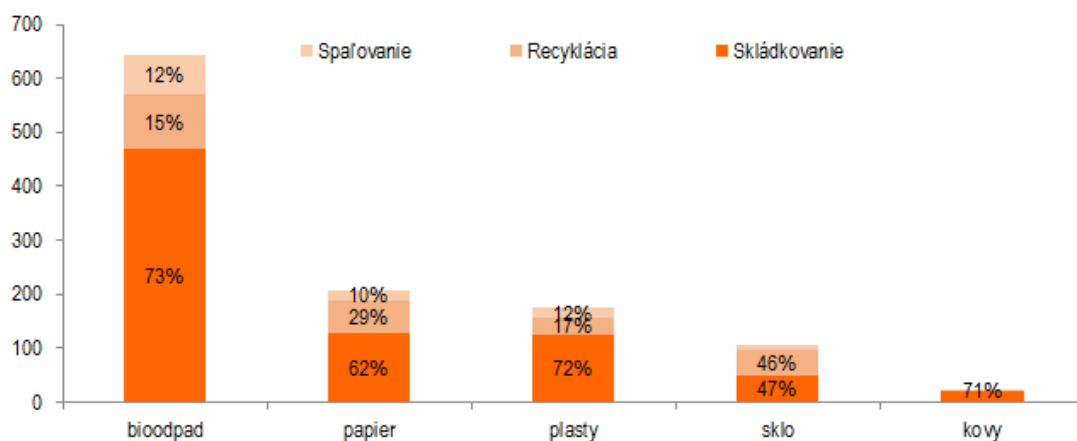
4.2.1 Stav na Slovensku v roku 2013

Odpadové hospodárstvo, najmä oblasť komunálnych odpadov, patrí k najväčším výzvam životného prostredia na Slovensku. Jednotlivé druhy komunálnych aj priemyselných odpadov sú stanovené v Katalógu odpadov [16] a spôsoby ich zhodnocovania a zneškodňovania sú definované v Zákone o odpadoch [18]. Podľa katalógu sme agregovali vybrané druhy odpadov, ktorých sa týkajú aj stanovené ciele, a to bioodpad, papier, plasty, sklo a kovy. Taktiež sme agregovali spôsoby nakladania s odpadom do 3 kategórií: recyklácia, spaľovanie s energetickým využitím a zneškodňovanie, t.j. skládkovanie odpadov.

V prípade komunálneho odpadu bolo agregovanie do 5 skupín odpadov náročnejšie v porovnaní s priemyselnými odpadmi. V rámci komunálnych odpadov sa totiž zvlášť vyказuje zmesový komunálny odpad, zložky triedeného zberu a iné odpady. Zmesový komunálny odpad predstavuje nevytriedený komunálny odpad, ktorý v roku 2013 tvoril až 67 % celkového komunálneho odpadu a až 82 % tohto odpadu skončilo na skládkach [15]. Štúdie zloženia zmesového odpadu na Slovensku [13], [3] a [26] ukázali, že v priemere takmer 48 % tvorí biologicky rozložiteľný odpad, 13 %-ný podiel majú papier

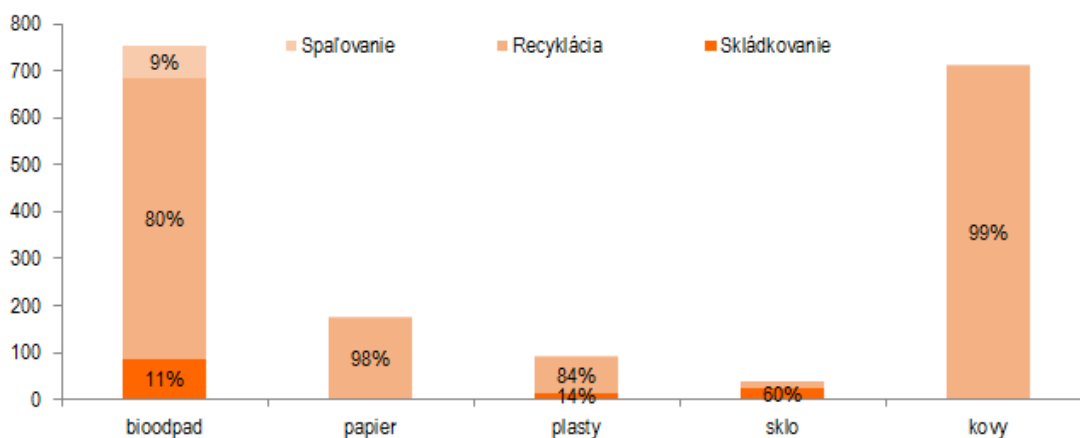
aj plasty a 5 % tvorí sklo. Na základe štúdií tak odhadujeme potenciálne množstvo 5 agregovaných druhov odpadov v komunálnom odpade.

Z obrázku 2 vyplýva, že dominantnou činnosťou pri nakladaní s vybranými druhmi komunálnych odpadov je ukladanie na skládky v priemere až 68%. Slovensko tak patrí medzi krajiny s najvyššou mierou skládkovania komunálnych odpadov v porovnaní s priemerom krajín V3 či EÚ [8]. Nasleduje recyklácia (21%) a spaľovanie (11%).



Obr. 2: Vznik a nakladanie s komunálnymi odpadmi

Naopak priemyselné odpady dosahujú oveľa vyššiu mieru recyklácie všetkých prúdov odpadov oproti komunálnym odpadom, v priemere až 89% (obrázok 3). V prípade papiera a kovov je to takmer 100%.



Obr. 3: Vznik a nakladanie s priemyselnými odpadmi

4.2.2 Ciele SR

Najvyšší cieľ Európskej únie týkajúci sa odpadového hospodárstva je oddelenie tvorby rastu odpadov od ekonomického rastu. Na základe Európskych regulačných rámcov možno identifikovať kľúčové požiadavky na odpadové hospodárstvo, ktorými sú zníženie tvorby komunálneho odpadu, uplatňovanie hierarchie spôsobov nakladania s odpadom, zníženie množstva biologicky rozložiteľných odpadov uložených na skládky a dosiahnuť ciele pre zhodnotenie a recykláciu odpadov z obalov. Tieto požiadavky sú odzrkadlené aj v cieľoch odpadového hospodárstva, ktoré sú vypracované v Programe odpadového hospodárstva SR na roky 2016-2020 [15] a v Programe predchádzania vzniku odpadu SR na roky 2014-2018 [14].

Tabuľka 1 poskytuje prehľad hlavných cieľov v odpadovom hospodárstve pre rok 2020 z [15]. Pre účely našej práce sme zahrnuli stanovené ciele pre iné nakladanie s odpadmi do cieľov pre skládkovanie. V zátvorke je uvedený stav v roku 2013. Ciele pre bioodpady sú rozdelené na komunálne a priemyselné odpady. Pre komunálne bioodpady nie sú stanovené ciele pre mieru recyklácie alebo spaľovania, iba cieľ znížiť množstvo skládkovania na 35% z celkovej hmotnosti komunálnych bioodpadov v roku 1995, čo predstavuje skládkovanie maximálne 330 tis. ton komunálnych bioodpadov. Ostatné druhy odpadov majú spoločné ciele pre priemyselný aj komunálny odpad. Okrem toho je daný cieľ dosiahnutia 50%-nej miery recyklácie všetkých komunálnych odpadov.

	Recyklácia	Spaľovanie	Skládkovanie
Bioodpad (komunálny)			35%* (73%)
Bioodpad (priemyselný)	75% (80%)	10% (11%)	15% (9%)
Papier	70% (61%)	15% (5%)	15% (34%)
Plasty	55% (40%)	15% (8%)	30% (52%)
Sklo	80% (45%)	0% (5%)	20% (50%)
Kovy	90% (97%)	0% (0%)	10% (3%)

Tabuľka 1: Ciele odpadového hospodárstva pre rok 2020

Porovnanie cieľov a stavu v odpadovom hospodárstve naznačuje výrazné rezervy v plnení cieľov pre mieru skládkovania komunálnych bioodpadov, papiera, plastov a skla. Naopak ciele pre priemyselné bioodpady a kovy boli splnené.

4.2.3 Poplatky za uloženie odpadov na skládku odpadov

Na Slovensku je zo zákona každá firma povinná platiť poplatok za uloženie odpadu, v prípade komunálneho odpadu je poplatníkom obec [17]. Predpokladali sme, že občan(domácnosť) zaplatí celý tento poplatok obci v rámci miestneho poplatku za komunálne a drobné stavebné odpady. Výška poplatku za určitý druh odpadu vzhľadom na príjem domácností resp. hodnotu produkcie v odvetví sa potom vypočíta podľa vzťahu

$$Landtax_{rate,w}^H = \frac{\sum_w Landfill_w^H P_{w,H}^{Land}}{TKP_K + TLP_L}$$

$$Landtax_{rate,w}^i = \frac{\sum_w Landfill_w^i P_{w,i}^{Land}}{PA_i Y A_i},$$

kde $Landfill_{w,H}$ a $Landfill_{w,i}$ vyjadruje množstvo komunálneho resp. priemyselného odpadu uloženého na skládku. $P_{w,H}^{Land}$ a $P_{w,i}^{Land}$ označujú poplatok za tonu skládkovaného odpadu.

Na Slovensku v skutočnosti obec nezíska celý poplatok za skládkovanie od občanov v dôsledku rôznych systémov zberu odpadov. Iba niektoré obce majú zavedený systém zberu s platbou založenou na množstve vyprodukovaných nevytriedených odpadov v domácnosti. Väčšinou prevláda paušálny miestny poplatok za odpad, v ktorom nie je odzrkadlené skutočné množstvo nevytriedených odpadov. V takom prípade sa zvýšenie poplatku za uloženie odpadov na skládku nepremietne v plnej výške do miestneho poplatku pre domácnosť a tá potom nie je motivovaná k vyššiemu triedeniu.

Podľa Európskej komisie [4] by mal poplatok za skládkovanie komunálnych odpadov zahŕňať všetky náklady spojené so založením a prevádzkovaním skládky vrátane odhadovaných nákladov na jej uzavretie a starostlivosť počas doby minimálne 30 rokov.

4.3 Modelovanie odpadového hospodárstva

4.3.1 Vznik odpadov

Každé výrobné odvetvie a každá domácnosť produkuje isté množstvo odpadov. Množstvo vyprodukovaných priemyselných resp. komunálnych odpadov závisí od produkcie v danom odvetví $Y A^i$ resp. od celkovej spotreby domácnosti $THcons$ nasledovne

$$Gen_w^i = \alpha_{Gen,w}^i Y A^i$$

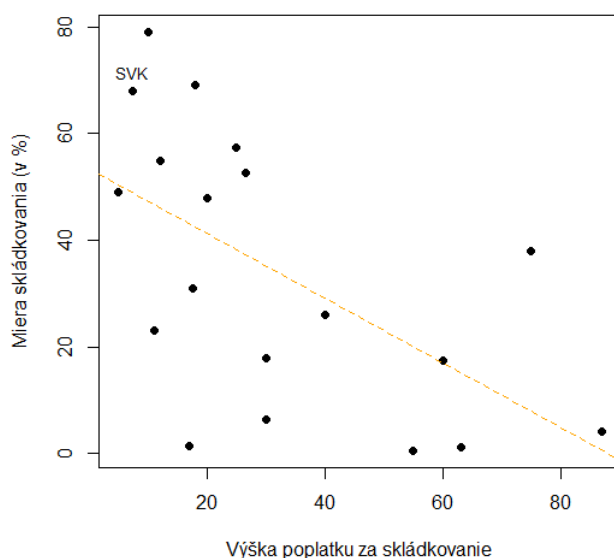
$$Gen_w^H = \alpha_{Gen,w}^H TH,$$

pričom $\alpha_{Gen,w}^i$ a $\alpha_{Gen,w}^H$ sú exogénne koeficienty vyjadrujúce množstvo odpadov na jednotku produkcie v danom odvetví resp. celkovej spotreby domácností.

Vyprodukované odpady sa následne zneškodnia skládkovaním alebo sa zhodnotia materiálou recykláciou prípadne spaľovaním s energetickým využitím.

4.3.2 Skládkovanie komunálnych odpadov, odhad elasticity dopytu po skládkovaní komunálnych odpadov

Množstvo skládkovaného odpadu sa vyvíja v závislosti od ceny za skládkovanie. Na základe údajov o poplatkoch a miere skládkovania komunálnych odpadov v rôznych krajinách [2] sme pomocou lineárnej regresie ukázali, že krajiny s vyšším poplatkom vykazujú nižšiu mieru skládkovania. Tento vzťah je štatisticky významný na hladine významnosti 5%.



Obr. 4: Miera skládkovania v závislosti od výšky poplatku za skládkovanie

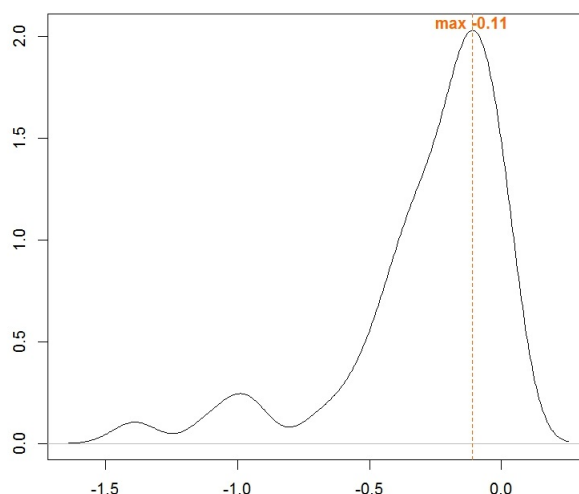
Ukazuje sa tak, že jednou z príčin vysokej miery skládkovania namiesto zhodnocovania komunálnych odpadov sú aj nízke poplatky za skládkovanie a s tým súvisiaca slabá motivácia k zvýšeniu úrovne triedeného zberu.

Citlivosť zmeny množstva skládkovaného odpadu na zmenu poplatku za skládkovanie popisuje elasticita skládkovania. Cenová elasticita dopytu po skládkovaní je určená

ako pomer percentuálnej zmeny množstva skládkovaného odpadu $Landfill_w^H$ a percentuálnej zmeny ceny skládkovania P_w^{Land} .

$$E = \frac{\frac{\Delta Landfill_w^H}{Landfill_w^H}}{\frac{\Delta P_w^{Land}}{P_w^{Land}}}$$

Keďže na Slovensku neboli k dispozícii vhodné dáta pre kvantifikáciu zmeny množstva skládkovaného odpadu pri zmene výšky poplatkov, použili sme odhady zahraničných štúdií (v prílohe D). Na základe týchto odhadov predpokladáme hodnotu elasticity dopytu po skládkovaní na úrovni -0,11. Každé zvýšenie poplatku za skládkovanie o 1 % tak vedie k poklesu množstva skládkovaného odpadu len o 0,11 %.



Obr. 5: Hustota rozdelenia pre elasticitu skládkovania

Hodnota elasticity sa mení pri rôznych systémoch zberov odpadu alebo pri rôznych typoch uvažovaných odpadov. Pri systéme zberu s platbou podľa hmotnosti odpadov je cenový signál výrazne vyšší (-0,45) v porovnaní so systémom založeným na počte zberných vriec (-0,21) alebo objeme kontajnerov (-0,08). Pokiaľ oddelíme biologický odpad od celkového komunálneho odpadu, cenová elasticita je vyššia, od -1,34 po -0,37, v závislosti od typu systému zberu a uvažovaného horizontu. Dlhodobé odhady sú 1,25 – 1,3násobne vyššie ako odhady v krátkodobom horizonte, avšak stále pomerne nízke.

V modeli sme predpokladali lineárny tvar dopytovej funkcie po skládkovaní

$$Landfill_w^H = a_w P_w^{Land} + b_w. \quad (1)$$

Pomocou známych hodnôt elasticít, poplatkov za skládkovanie a množstva skládkovaných komunálnych odpadov sme odhadli koeficienty lineárnej dopytovej krivky nasledovne

$$a_w = \frac{\Delta Landfill_w^H}{\Delta P_w^{Land}}$$

$$b_w = Landfill_w^H - a_w P_w^{Land},$$

4.3.3 Recyklácia a spaľovanie komunálnych odpadov

Množstvo zrecyklovaného a spaľovaného odpadu sa vyvíja podľa nasledujúcich rovníc:

$$Recycled_w^H = \beta_{Recyc}^H (Gen_w^H - Landfill_w^H)$$

$$Incinerated_w^H = (1 - \beta_{Recyc}^H) (Gen_w^H - Landfill_w^H),$$

pričom sme predpokladali konštantný podiel β_{Recyc}^H zrecyklovaných odpadov na celkovom množstve zhodnotených odpadov.

4.3.4 Nakladanie s priemyselnými odpadmi

Odhady pre elasticitu dopytu po skládkovaní priemyselného odpadu nie sú známe. Tak tiež nepoznáme náklady skládkovania, recyklácie a spaľovania, ktoré by nám umožnili porovnať jednotlivé nakladania s priemyselným odpadom. Preto uvažujeme fixné miery skládkovania, recyklácie a spaľovania priemyselných odpadov vychádzajúce z reálnych dát.

4.3.5 Využitie odpadov

Model uvažuje plné využitie zrecyklovaných a spaľovaných odpadov w ako alternatívnych zdrojov komodít j v medzispotrebe nasledovne:

$$Reused_j^i = \omega_j^i (Recycled_j^H + \sum_i Recycled_j^i)$$

$$\gamma^i = \frac{\sum_j Reused_j^i}{P_i^M M^i},$$

kde konštantný koeficient ω_j^i vyjadruje podiel medzispotreby komodity j v odvetví i na celkovej medzispotrebe v odvetví i a platí, že $\sum_j \omega_j^i = 1$ pre $\forall i$. Koeficient γ^i označuje množstvo druhotnej komodity j na jednotku medzispotreby v odvetví i .

5 CGE model obehovej ekonomiky

V tejto kapitole sa budeme venovať konštrukcii samotného CGE modelu obehovej ekonomiky a kalibrácií parametrov. Okrem toho podrobne popíšeme vstupné údaje modelu, ktoré tvorí matica spoločenských účtov a údaje o tvorbe a nakladaní s odpadmi.

5.1 Dáta

SAM maticu sme vypracovali na základe údajov za rok 2013 z tabuliek dodávok a použitia a národných účtov. Tieto údaje pochádzajú z databázy Eurostat [6] a [7], pričom sú doplnené o priame dane poskytnuté Ministerstvom financií a o poplatky za uloženie odpadov [17]. Pri tokoch priemyselných a komunálnych odpadov sme vychádzali z údajov od Ministerstva životného prostredia.

5.1.1 SAM

Tabuľky dodávok a použitia sme agregovali podľa klasifikácií spomínaných v kapitole 2 do 17 odvetví a 17 komodít uvedených v tabuľke 2.

Odvetvia	Komodity
Poľnohospodárstvo, lesníctvo a rybolov (Agr)	Výrobky z poľnohospodárstva, lesníctva a rybolovu (Cagr)
Ťažba a dobývanie (Min)	Ťažba a dobývanie (Cmin)
Výroba potravín, nápojov a tabakových produktov (Food)	Potravinové, nápojové a tabakové výrobky (Cfood)
Výroba chemikálií a chemických produktov (Chem)	Chemikálie a chemické výrobky (Cchem)
Ostatná priemyselná výroba (Other)	Výrobky z ostatnej priemyselnej výroby (Cother)
Výroba papiera a papierových výrobkov (Paper)	Papier a papierové výrobky (Cpaper)
Výroba výrobkov z gumy a plastu (Plastic)	Výrobky z gumy a plastu (Cplastic)
Výroba ostatných nekovových minerálnych produktov (Nonmetal)	Ostatné nekovové minerálne výrobky (Cnonmetal)
Výroba a spracovanie kovov (Metal)	Základné kovy a kovové výrobky (Cmetal)
Výroba strojov a zariadení (Machin)	Stroje a zariadenia (Cmachin)
Výroba motorových vozidiel (Motor)	Motorové vozidlá (Cmotor)
Oprava a inštalácia (Rep)	Oprava a inštalácia (Crep)
Dodávka elektriny (Elec)	Elektrina (Celec)
Dodávka vody a jej čistenie (Water)	Voda a jej čistenie (Cwater)
Služby odstraňovania odpadov (Waste)	Služby odstraňovania odpadov (Cwaste)
Stavebníctvo (Cons)	Stavebníctvo (Ccons)
Služby (Serv)	Služby (Cserv)

Tabuľka 2: Agregované odvetvia a komodity

Z dôvodu veľkých rozmerov SAM matice sme na účely vysvetlenia jednotlivých účtov vytvorili agregovanú SAM maticu, kde sme zlúčili všetky odvetvia a komodity (tabuľka 3). Podrobné tabuľky dodávok a použitia, s ktorými sme pracovali v modeli, uvádzame v prílohe B. Pre vysvetlenie jednotlivých účtov použijeme značenie $SAM[i,j]$, kde i je riadok a j je stĺpec matice.

Účet produkcie

V prvom riadku a prvom stĺpci je popísaný účet produkcie. Riadok popisuje príjmy z výroby komodít v jednotlivých odvetviach. Stĺpec označuje výdavky odvetví na medzispotrebu komodít $SAM[1,2]$ a výdavky na spotrebu práce $SAM[1,4]$ a kapitálu $SAM[1,3]$. Výdavky a príjmy odvetví sa musia rovnať.

Účet komodít

Účet komodít (druhý riadok a stĺpec) zachytáva ich celkovú ponuku a použitie. Z pohľadu riadku popisuje množstvo komodít použitých na medzispotrebu $SAM[2,1]$, dopravné a obchodné rozpätia $SAM[2,5]$ a na konečnú spotrebu domácností $SAM[2,8]$, vlády $SAM[2,9]$, investícií $SAM[2,10]$ a vo vývoze $SAM[2,13]$. V stĺpci je zobrazená domáca $SAM[1,2]$ a zahraničná produkcia komodít $SAM[13,2]$. Aby bolo možné dosiahnuť identitu medzi ponukou v bežných cenách a použitím komodít v nákupných cenách, obsahuje stĺpec navyše dane znížené o dotácie na produkciu a dopravné a obchodné rozpätia. Súčet v druhom stĺpci predstavuje celkovú ponuku komodít v nákupných cenách a musí sa rovnať celkovému použitiu v nákupných cenách.

Účet práce a kapitálu

Riadky predstavujú množstvá práce a kapitálu, v akých sa podieľajú na výrobe komodít v jednotlivých odvetviach ($SAM[4,1]$ a $SAM[3,1]$). Stĺpec práce a stĺpec kapitálu čítame ako príjmy domácností, ktoré sú jediným poskytovateľom faktoru kapitálu a práce ($SAM[8,4]$ a $SAM[8,3]$).

Účet dopravných a obchodných rozpätí

Účet dopravných a obchodných rozpätí označuje množstvo komodity „Služby“ poskytnutej na dopravné a obchodné rozpätia pre ostatné komodity.

Účet odpadov

Účet odpadov je fiktívny účet, ktorý vyjadruje poplatky za uloženie odpadov na skládku. V riadku sú zobrazené príjmy od domácností SAM[6,8], v stĺpci sú výdavky, ktoré putujú vláde SAM[9,6].

Účet daní

Účet daní z pohľadu riadku sme už popísali v účte komodít. Tieto dane sú následne príjmom vlády SAM[9,7].

Účet domácností

V riadku domácností vidíme príjmy domácností z poskytnutej práce a kapitálu (SAM[8,4] a SAM[8,3]). Stĺpec domácností predstavuje výdavky na spotrebu komodít SAM[2,8], poplatky za skládkovanie odpadov SAM[6,8], priame dane odvádzané vláde SAM[9,8] a úspory SAM[12,8].

Účet vlády

Výdavky účtu vlády sú rozdelené medzi spotrebu komodít SAM[2,9] a úspory SAM[12,9]. Príjmy na účte vlády, zobrazené v riadku, pochádzajú z poplatkov za skládkovanie SAM[9,6], nepriamych daní SAM[9,7] na komodity a priamych daní z príjmu domácností SAM[9,8].

Účet investícií

Posledná nepopísaná položka v riadku účtu investícií zostáva položka spojená so zahraničím - obchodná bilancia. V stĺpci sa nachádza celkové množstvo investícií pre jednotlivé komodity SAM[2,12].

Účet zahraničia

V riadku účtu zahraničia vidíme import jednotlivých komodít na domáci trh SAM[13,2]. Naopak stĺpec zobrazuje produkciu komodít určenú pre export do zahraničia SAM[2,13]. Vyrovňajúca položka medzi hodnotou exportu a importu je spomínaná obchodná bilancia SAM[12,13].

Tabuľka 3: Agregovaná SAM SR, 2013 (v mil. eur)

Príjmy Výdavky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Spolu
Produkcia	Produkcia	Komodity	Kapitál	Práca	Rozpätia	Odpady	Dane	Domácnosti	Vláda	Investície	Zahraničie	Spolu
Produkcia	1	171 091,21										171091,21
Komodity	2				15 135,75			41726,24	13652,71	15562,60	67430,64	257076,91
Kapitál	3	103 568,97										40040,96
Práca	4	27 481,28										27481,28
Rozpätia	5											
Odpady	6							8,55				8,55
Dane	7											6647,96
Domácnosti	8		40040,96	27481,28								67522,24
Vláda	9					8,55	6647,96	4371,21				11027,72
Investície	10							21416,25	-2625,00		-3228,65	15562,60
Zahraničie	11											64201,99
Spolu		171091,21	40040,96	27481,28		8,55	6647,96	67522,24	11027,72	15562,60	64201,99	

5.1.2 Odpady

Model zahŕňa priemyselné a komunálne odpady. Údaje o vzniku a nakladaní s priemyselnými odpadmi pochádzajú z Regionálneho informačného systému o odpadoch (RISO). Systém eviduje všetky hlásenia pôvodcov odpadov, ktorí každoročne ohlasujú množstvo vyprodukovaných odpadov a o nakladaní s nimi. Rozdelenie odpadov na jednotlivé druhy odpadov je stanovené v Katalógu odpadov [16] a spôsoby zhodnocovania a zneškodňovania odpadov sú definované v Zákone o odpadoch [18]. Štatistiku o komunálnych odpadoch vedie Štatistický úrad SR, kde databázovú základňu poskytujú obce, ktoré sú zodpovedné za odpad z domácností.

Ako sme uviedli v kapitole 4, odpady sme agregovali do 5 prúdov a to papier, plasty, sklo, biologicky rozložiteľný odpad (bioodpad) a kovy. Okrem toho však existujú aj iné recyklovateľné odpady, avšak kvôli ich rôznorodosti je náročné určiť, aké primárne materiály by mohli nahrádzať.

Údaje o množstve vyprodukovaných odpadov v priemysle a v domácnostiach a tabuľky pre množstvo zrecyklovaných, spaľovaných a skládkovaných jednotlivých odpadov sú uvedené v prílohe C. Produkcia odpadov predstavuje akúsi tabuľku dodávok odpadov.

5.1.3 Poplatky za uloženie komunálnych odpadov a elasticita dopytu po skládkovaní

Priemerná výška poplatku v roku 2013 bola na úrovni 7,47 eur na tonu skládkovaného komunálneho odpadu z papiera, plastov, skla a kovov. V prípade komunálnych bioodpadov bola výška poplatku 13,28 eur na tonu.

Podľa odhadov v kapitole 4 sme uvažovali cenovú elasticitu dopytu po skládkovaní vo výške -0,11 pre komunálne odpady z papiera, plastov, skla a kovov. V prípade bioodpadov sme použili hodnotu -0,37. Následne sme odhadli koeficienty lineárnej dopytovej funkcie 1. Tabuľka 4 popisuje výsledky jednotlivých výpočtov. Poplatok P_w^{Land} zahŕňa aj tzv. vstupný poplatok na skládku, ktorý vyberá prevádzkovateľ skládky pre vlastné účely. Priemerná hodnota tohto poplatku je 31 eur na tonu odpadu dovezeného na skládku. Tento poplatok je konštantný.

	Elasticita	P_w^{Land}	$Landfill_w^H$	ΔP_w^{Land}	$\Delta Landfill_w^H$	a_w	b_w
bioodpad	-0,37	44,28	470097,93	1	-3928,10	-3928,10	522263,09
papier	-0,11	38,47	128071,03	1	-366,20	-366,20	130806,56
plasty	-0,11	38,47	126087,95	1	-360,53	-360,53	128781,12
sklo	-0,11	38,47	48662,80	1	-139,15	-139,15	49702,22
kovy	-0,11	38,47	19389,46	1	-55,44	-55,44	19803,61

Tabuľka 4: Odhad lineárnej dopytovej funkcie po skládkovaní komunálnych odpadov

5.1.4 Množstvo druhotných materiálov vstupujúcich do medzispotreby

Odpady zhodnotené procesom recyklácie alebo spaľovania sa stávajú hodnotným zdrojom, ktorý môže nahradiť primárne materiály. Bioodpad sa pri procese kompostovania zmení na prírodné hnojivo, ktoré nahrádza časť komodity „Chemikálie a chemické výrobky“. Odpad z papiera, plastu, skla a kovov po zhodnotení materiálovou recykláciou substituie primárnu komoditu papier, plast, sklo a kovy. Z odpadu, ktorý končí v spaľovniach sa vyrába elektrická energia ako alternatíva ku konvenčnej výrobe tejto komodity.

Uvažované predpoklady o nahradení primárnych materiálov odpadmi ako druhotnými surovinami sú vo veľkej miere zjednodušené. Napríklad zrecyklované sklo sa použije miesto komodity „Ostatné nekovové minerálne výrobky“, ktorá v skutočnosti okrem skla zahŕňa aj keramiku, porcelán, dlaždice a pod. Podobne bioodpad nahrádza iba hnojivá, ktoré sa radia do výroby chemikálií a chemických výrobkov, avšak toto odvetvie vyrába aj farby, laky, mydlá, saponáty a iné. Nevyhnutnosť týchto zjednodušených predpokladov je nízka úroveň členenia jednotlivých výrobných odvetví a komodít v dostupných tabuľkách dodávok a použitia.

Tabuľka 13 v prílohe C vyjadruje množstvo druhotného materiálu použitého v medzispotrebe jednotlivých odvetví, čiže predstavuje akúsi tabuľku použitia (v tonách).

5.2 Konštrukcia modelu

Prvým krokom pri modelovaní bolo nastavenie počiatkových hodnôt premenných zo SAM matice a z tabuliek produkcie a nakladania s odpadmi, z ktorých sa vypočítavajú niektoré exogénne premenné. Nasledovala kalibrácia parametrov funkcií vystupujúcich

v modeli. Ako sme uviedli v kapitole 3, v modeli sme využili Leontieffov tvar produkčnej technológie na každej úrovni s výnimkou produkcie pridanej hodnoty, pri ktorej sme použili Cobb-Douglasov typ produkčnej technológie. Na strane spotrebiteľov sme použili Cobb-Douglasov tvar funkcie užitočnosti.

5.2.1 Uzavretie modelu

Model obsahuje 45 rovníc a 56 premenných. Na výpočet optimálneho riešenia je potrebné upraviť počet premenných vhodnou fixáciou niektorých z nich. Pre uzavretie modelu sme predpokladali neoklasický prístup vyžadujúci plnú využiteľnosť práce a kapitálu. Celkový dopyt po práci a kapitáli sa teda rovná ich ponuke TK a TL , ktorá je exogénne daná. Okrem toho sme uvažovali fixný sklon k spotrebe domácností a vlády, podiel komodity j na produkcii sektora i a taktiež sme zafixovali hodnotu výmenného kurzu a svetových cien. Keďže sme sa nevenovali zmenám v nakladaní s priemyselným odpadom, miery skládkovania, recyklácie a spaľovania sme nastavili na ich benchmarkové hodnoty.

5.2.2 Rovnice modelu

Cenový blok:

$$P_j^{EX} = P_j^{World} ER$$

$$P_j^{IM} = P_j^{World} ER$$

$$P_j^S = P_j^{DS} + indtax_{rate,j} + \sum_{j2} P_{j2}^{DS} \psi_{j2}^j$$

Rovnice dopytu na trhu:

$$VA^i = VA^i(Y^i, P_i^{VA}, PM_i^M)$$

$$M^i = M^i(Y^i, P_i^{VA}, PM_i^M)$$

$$K^i = K^i(VA^i, P_L, P_K)$$

$$L^i = L^i(VA^i, P_L, P_K)$$

$$ID_j^i = ID_j^i(M^i, P)$$

$$H_j = H_j(TH, P_j^S)$$

$$G_j = G_j(TG, P_j^S)$$

$$I_j = H_j(TI, P_j^S)$$

Rovnice pre import:

$$IM_j = IM_j(DS_j, P_j, P_j^{IM})$$

$$DP_j = DP_j(DS_j, P_j, P_j^{IM})$$

Rovnice pre export:

$$EX_j = EX_j(Y_j, P_j, P_j^{EX})$$

$$DP_j = DP_j(Y_j, P_j, P_j^{EX})$$

Rovnice nulového zisku:

$$PA^i Y A^i = P_i^{VA} V A^i + P_i^M M^i$$

$$P_i^{VA} V A^i = P_L L^i + P_K K^i$$

$$P_i^M M^i = \sum_j P_j^S ID_j^i$$

$$PA^i Y A^i = \sum_j P_j X_j^i$$

$$DS_j P_j^{DS} = P_j^D P_j + P_j^{IM} IM_j$$

$$P_j Y_j = P_j^D P_j + P_j^{EX} EX_j$$

$$P^{TH} TH = \sum_j P_j^S H_j$$

$$P^{TG} TG = \sum_j P_j^S G_j$$

$$P^{TI} TI = \sum_j P_j^S I_j$$

Rovnice rovnováhy na trhoch:

$$\overline{TL} = \sum_i L^i$$

$$\overline{TK} = \sum_i K^i$$

$$DS_j = \sum_i ID_j^i + H_j + G_j + I_j + \frac{TRM_j}{P_j^S}$$

$$TRM_j = \sum_i DS_i \psi_i^j$$

Rovnice príjmov spotrebiteľských sektorov:

$$DI = (1 - dtax_{rate} - landtax_{rate})(\sum_i L^i P_L + \sum_i K^i P_K)$$

$$GR = \sum_j indtax_{rate,j}(H_j + G_j + I_j + \sum_i ID_j^i + \frac{TRM_j}{P_j^S}) + (dtax_{rate} + landtax_{rate})(\sum_i L^i P_L + \sum_i K^i P_K)$$

$$INV = (1 - \beta^H)M^H + (1 - \beta^G)M^G + OB$$

Rovnice rozpočtového ohraničenia

$$P^{TG}TG = \beta^G GR$$

$$P^{TH}TH = \beta^H DI$$

$$P^{TI}TI = INV$$

Rovnica obchodnej bilancie

$$OB = \sum_j (P_j^{IM} IM_j - P_j^{EX} EX_j)$$

Ostatné

$$X_i^j = \theta_i^j Y A_i P A_i$$

Rovnice produkcie odpadov

$$Gen_w^i = \alpha_{Gen,w}^i Y A_i$$

$$Gen_w^H = \alpha_{Gen,w}^H TH$$

Rovnica skládkovania komunálnych odpadov

$$Landfill_w = a_w P_w^{Land} + b_w$$

$$Landtax_{rate} = \frac{\sum_w Landfill_w P_w^{Land}}{\sum_i L^i P_L + \sum_i K^i P_K}$$

Rovnice recyklácie odpadov

$$Recycled_w^H = \beta_{Recyc}^H (Gen_w^H - Landfill_w^H)$$

Rovnice spaľovania odpadov

$$Incinerated_w^H = (1 - \beta_{Recyc}^H) (Gen_w^H - Landfill_w^H)$$

Rovnice pre množstvo zhodnotených odpadov použitých v medzispotrebe

$$Reused_i^j = \omega_i^j (Recycled_w^H + \sum_i Recycled_r^{w,i} ate Gen_i^w)$$

$$Reused E_i^j = \omega_i^j (\sum_w Incinerated_w^H + \sum_w \sum_i Incinerated_r^{w,i} ate Gen_i^w)$$

$$\gamma_i = \frac{\sum_j Reused_i^j + \sum_w Reused E_i^w}{P_i^M M^i}$$

Numeraire

$$P_L = 1$$

Endogénne premenné

VA^i - agregát práce a kapitálu v odvetví i

M^i - agregát medzispotreby v odvetví i

YA^i - celková produkcia v odvetví i

X_j^i - produkcia komodity j v odvetví i

ID_j^i - dopyt po komodite j v odvetví i

K^i - dopyt po kapitáli v odvetví i

L^i - dopyt po práci v odvetví i

Y_j - domáca produkcia komodity j

IM_j - import komodity j

EX_j - export komodity j

DS_j - ponuka komodity j na domácom trhu

DP_j - časť domácej produkcie komodity j pre domáci trh

TRM_j - množstvo komodity j pre dopravné a obchodné rozpätia

H_j - dopyt po komodite j v sektore domácností

G_j - dopyt po komodite j v sektore vlády

I_j - dopyt po komodite j v sektore investícií

TH - celková spotreba domácností

TG - celková spotreba vlády

TI - celková spotreba investícií

P^{TH} - cenová hladina spotreby sektoru domácností

P^{TG} - cenová hladina spotreby sektoru vlády

P^{TI} - cenová hladina spotreby sektoru investícií

P_j - cena komodity j

P_j^S - cena komodity j pre spotrebiteľa

PA_i - cena produkcie v odvetví i

P_j^{DS} - cena komodity j na domácom trhu

P_j^{IM} - cena importovanej komodity j

P_j^{EX} - cena exportovanej komodity j

P_i^{VA} - cena agregátu práce a kapitálu v odvetví i

P_i^M - cena agregátu medzispotreby v odvetví i

P_L - cena práce

P_K - cena kapitálu

DI - príjem domácností

GR - príjem vlády

INV - úspory

OB - bilancia zahraničného obchodu

Gen_w^i - produkcia odpadov v odvetví i

Gen_w^H - produkcia odpadu w v domácnostiach

$Landfill_w^H$ - množstvo skládkovaného komunálneho odpadu w

$Recycled_w^H$ - množstvo recyklovaného komunálneho odpadu w

$Incinerated_w^H$ - množstvo spaľovaného komunálneho odpadu w

$Landtax_{rate}$ - poplatok za skládkovanie komunálnych odpadov v závislosti od príjmu domácností

$Reused_j^i$ - množstvo druhotnej komodity j (v tonách) v medzispotrebe odvetvia i

$ReusedE_j^i$ - množstvo alternatívnej elektrickej energie v medzispotrebe odvetvia i

γ^i - podiel druhotných materiálov na jednotku celkovej medzispotreby odvetvia i

Exogénne premenné

\overline{TL} - celková ponuka práce

\overline{TK} - celková ponuka kapitálu

θ_j^i - podiel komodity j na celkovej produkcii v odvetví i

β^H - sklon domácností k spotrebe

β^G - sklon vlády k spotrebe

EXR - výmenný kurz

P_j^{World} - svetová cena komodity j

$Landfill_{rate}^{w,i}$ - miera skládkovania priemyselného odpadu w v odvetví i

$Recycled_{rate}^{w,i}$ - miera recyklácie priemyselného odpadu w v odvetví i

$Incinerated_{rate}^{w,i}$ - miera spaľovania priemyselného odpadu w v odvetví i

5.3 **Softvér GAMS**

Na numerické riešenie CGE modelu obehovej ekonomiky SR sme použili softvér GAMS (General Algebraic Modeling System), ktorý je určený na modelovanie a riešenie lineárnych, nelineárnych a zmiešaných optimalizačných problémov. Pri riešení sme použili solver Conopt navrhnutý na riešenie modelov s nelineárnymi ohraničeniami. Keďže solver rieši maximalizačnú resp. minimalizačnú úlohu, do modelu sme zadali účelovú funkciu rovnú konštante, ktorú sme potom maximalizovali. Zdrojový kód modelu je uvedený v prílohe E. Model je naprogramovaný v plnej verzii softvéru, ktorú zabezpečilo Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky. Riešením modelu s pôvodnými premennými bez zmien sme overili správnosť formulácie. Následne sme riešili model so zavedenými zmenami, ktoré sú popísané v nasledujúcej kapitole.

6 Scenáre

Cieľom CGE modelu obehovej ekonomiky je analýza ekonomických vplyvov rôznych environmentálnych politík. V tejto kapitole uvedieme vplyvy dvoch scenárov, v ktorých zavedieme vždy jeden šok na ekonomiku v rovnovážnom stave.

6.1 Zníženie miery skládkovania komunálnych bioodpadov

Ako sme uviedli v kapitole 4, skládkovanie komunálnych bioodpadov je dominantnou formou nakladania vo výške až 73%. Podľa cieľov Programu odpadového hospodárstva (tabuľka 1) by množstvo skládkovaného komunálneho bioodpadu nemalo presiahnuť 330 tis. ton. V tomto scenári sme zvýšili poplatok za uloženie komunálneho bioodpadu na skládku tak, aby sme dosiahli tento cieľ. Pri daných predpokladoch o elasticite dopytu po skládkovaní, sme museli poplatok zvýšiť z pôvodných 13,28 eur/ton na 50 eur/ton, čiže takmer štvornásobne.

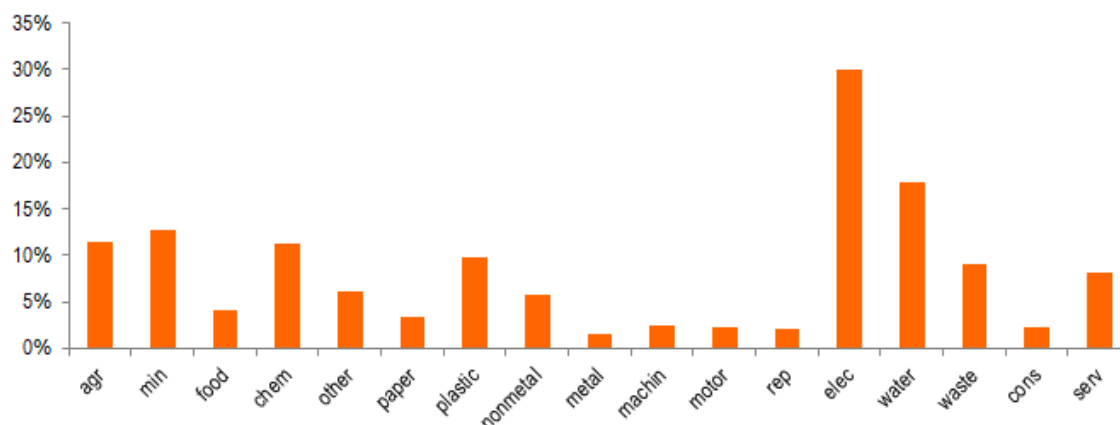
	Miera	Množstvo (v tonách)
Skládkovanie	51% (73%)	328 687 (470 098)
Recyklácia	28% (15%)	179 456 (98 971)
Spaľovanie	21% (12%)	135 615 (74 791)
Spolu		643 758 (643 860)

Tabuľka 5: Nakladanie s komunálnym bioodpadom po a pred zvýšením poplatku

Miera skládkovania bioodpadov sa znížila na 51%, miera recyklácie sa zvýšila na 28% a miera spaľovania na 21% (tabuľka 5). Mierny pokles produkcie komunálneho bioodpadu je spôsobený nižšou spotrebou domácností, od ktorej produkcia odpadov závisí fixným koeficientom. Zvýšenie poplatku tak nepriamo prispieva k predchádzaniu vzniku odpadov.

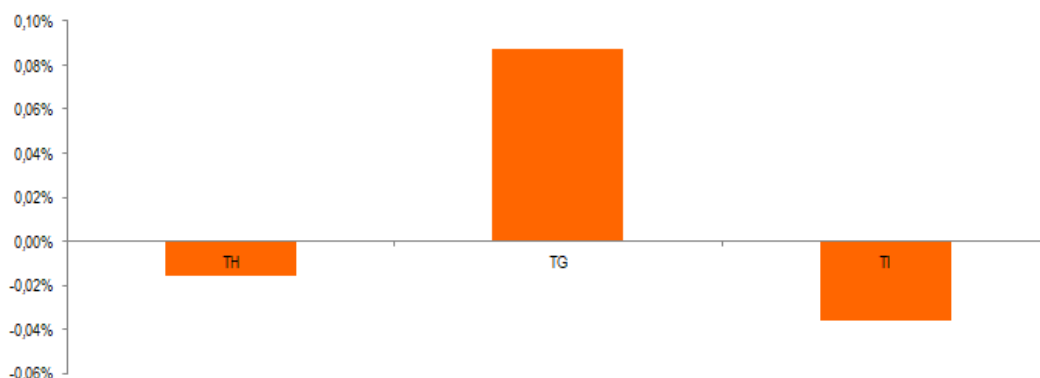
V odvetví „výroba elektrickej energie“ sa zvýšilo množstvo zhodnotených bioodpadov na jednotku celkovej medzispotreby až o 30%. Dôvodom je zvýšené množstvo spaľovaného bioodpadu, ktorý v celej výške nahrádza konvenčnú výrobu elektrickej energie, ako sme predpokladali v kapitole 5. Nasleduje odvetvie „dodávka vody a jej čistenie“, ktoré dosiahlo zvýšenie druhotného materiálu na jednotku medzispotreby o 18%. Zvý-

šenie aspoň o 10% zaznamenali aj odvetvie „poľnohospodárstvo, lesníctvo a rybolov“, „ťažba a dobývanie“, „výroba chemikálií a chemických produktov“ a „výroba plastov“. Výraznejšie zvýšenie v spomínaných odvetviach je spôsobené tým, že väčšina druhotných materiálov, ktoré využívajú, sú najmä bioodpad a alternatívna elektrická energia (viď príloha D).



Obr. 6: Zmena podielu zhodnotených bioodpadov (v tonách) na celkovej medzispotrebe odvetvia (v mil.eur)

Zvýšenie poplatku za skládkovanie komunálneho bioodpadu nemalo výrazný vplyv na konečnú spotrebu. Podľa predpokladov sa poplatok za skládkovanie odzrkadlil v poplatkoch pre domácnosti, čoho dôsledkom je znížená spotreba domácností o približne 0,02%. Podobne sa znížila spotreba sektoru investícií (o 0,04%), keďže sa znížilo množstvo úspor od domácností. Naopak spotreba verejného sektoru (vlády) narástla o 0,09% v dôsledku vyššieho výberu z poplatkov.

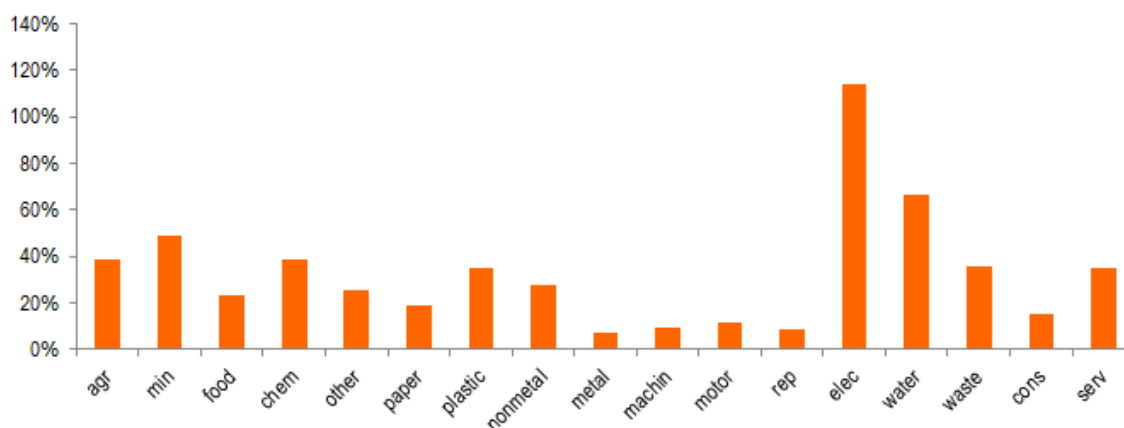


Obr. 7: Zmena konečnej spotreby po zvýšení poplatku za skládkovanie bioodpadu

6.2 Zvýšenie recyklácie komunálnych odpadov

V ďalšom scenári sme sa pozreli na zmeny v ekonomike v prípade dosiahnutia cieľa 50%-nej miery recyklácie všetkých komunálnych odpadov. Keďže miera recyklácie bioodpadov, plastov a papiera nedosahovala v roku 2013 ani 30%, poplatky za ich skládkovanie sme zvýšili až o 120 eur/ton. V prípade skla a kovov bola pôvodná miera recyklácie vyššia, poplatky sme zvýšili o 80 eur/ton. Splnenie cieľa tak vyžadovalo razantné zvýšenia poplatkov 11 až 16-násobne.

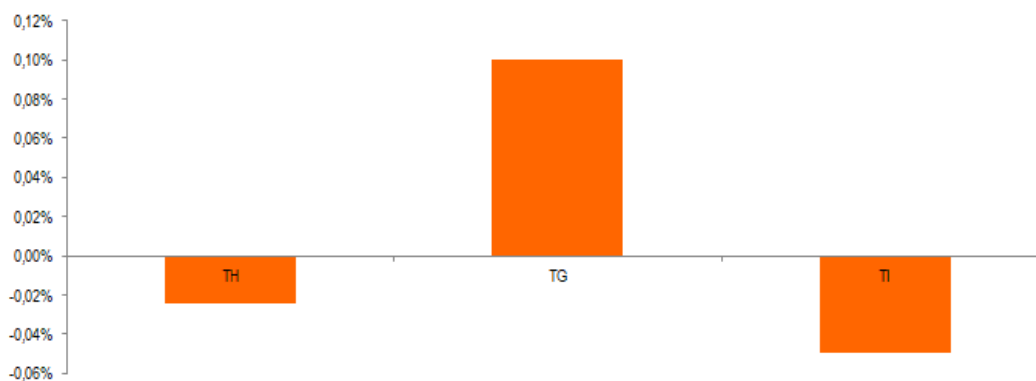
Miera skládkovania komunálnych odpadov sa znížila na 20% a miera spaľovania sa zvýšila na 30%. Výrazné zvýšenie množstva druhotnej elektrickej energie o takmer 20% oproti pôvodnému stavu, prispelo k zvýšeniu použitia zhodnotených materiálov na jednotku medzispotreby v odvetví „výroba elektrickej energie” viac ako dvojnásobne. V odvetviach „ťažba a dobývanie” a „dodávka vody a jej čistenie” sa zvýšilo použitie druhotných materiálov o viac ako 50%. Dôvodom je opäť to, že práve tieto odvetvia používajú vyšší podiel druhotnej elektrickej energie na jednotku medzispotreby v porovnaní s ostatnými odvetviami.



Obr. 8: Zmena podielu zhodnotených komunálnych odpadov (v tonách) na celkovej medzispotrebe odvetvia (v mil.eur)

Zvýšenie poplatkov malo opäť za následok znížený disponibilný príjem domácností a následne aj zníženú spotrebu domácností o približne 0,02%. Rovnako sa znížilo aj celkové množstvo vyprodukovaných komunálnych odpadov. Spotreba vlády sa zvýšila o 0,1%. Zmeny v konečnej spotrebe sú podobné ako v prípade zvýšenia poplatkov iba za bioodpady. Dôvodom je, že celková výška poplatkov je nízka v porovnaní s ostatnými

danami a preto nemajú výrazný vplyv.



Obr. 9: Zmena konečnej spotreby po zvýšení recyklácie komunálneho odpadu

Záver

Prechod na obehové hospodárstvo prispeje k zmierneniu environmentálnych a zdravotných problémov spôsobených súčasným lineárnym hospodárstvom, ktoré je založené na zásade „vyrobiť-použiť-vyhodiť“. Myšlienkou našej práce bolo vypracovať statický národný CGE model integrujúci materiálový tok odpadov, ktorý umožňuje vyčísliť náklady a prínosy politických zásahov v oblasti odpadového hospodárstva.

Najprv sme uviedli základy mikroekonomickej teórie v CGE modeloch a ich dátovú základňu v podobe SAM matice. Spomenuli sme niektoré CGE modely aplikované na slovenskú ekonomiku a CGE modely obehovej ekonomiky v iných krajinách. Vysvetlili sme význam obehovej ekonomiky a akú úlohu v nej zohráva odpadové hospodárstvo. Významný problém v odpadovom hospodárstve na Slovensku predstavuje vysoká miera skládkovania komunálnych odpadov vo výške až 68% komunálnych odpadov za rok 2013. V prípade komunálnych bioodpadov skončilo na skládke až 73%. Skládkovanie, ktoré charakterizuje lineárne hospodárstvo, je pritom najmenej preferovanou možnosťou nakladania s odpadom, keďže nedochádza k žiadnej obnove materiálov.

Na základe odhadov v kapitole 4, zvýšenie poplatkov za skládkovanie komunálnych odpadov sa ukazuje ako vhodné opatrenie na zníženie ich skládkovania. Zvyšné množstvo odpadu sa podľa predpokladov zrecykluje alebo spáli na základe fixných koeficientov. Zhodnotený odpad, ktorý sa premení na druhotný materiál, následne vstupuje do medzispotreby jednotlivých výrobných odvetví. Keďže sme nemali k dispozícii vhodné dáta na modelovanie nakladania s priemyselným odpadom, predpokladali sme fixné miery skládkovania, recyklácie a spaľovania.

Pri konštrukcii modelu sme ako vstupný údaj použili maticu SAM pre slovenskú ekonomiku za rok 2013. Zahrnuli sme daňové príjmy vlády z priamych a nepriamych daní a poplatkov za skládkovanie vypočítaných na základe množstva skládkovaných komunálnych odpadov v roku 2013. Údaje o vzniku a nakladaní s 5 druhmi priemyselných a komunálnych odpadov sme zohľadnili pre každé výrobné odvetvie a pre sektor domácností.

Na modeli sme demonštrovali dva scenáre, zvýšenie poplatku za skládkovanie bioodpadov a zvýšenie poplatkov za všetky komunálne odpady, tak, aby boli dosiahnuté stanovené ciele. V oboch prípadoch bol vplyv výrazných zmien poplatkov za skládkova-

nie na konečnú spotrebu nízky. Naopak, zvýšenie poplatkov viedlo k zvýšeniu množstva druhotných materiálov na jednotku medzispotreby najmä v sektoroch výroba elektrickej energie, dodávka vody a ťažba a dobývanie.

Prínos našej práce vidíme v zostavení prvého CGE modelu pre slovenskú ekonomiku, ktorý je obohatený o prvky obehového hospodárstva. Okrem toho sme simulovali zvyšovanie poplatkov za skládkovanie a následne hodnotili makroekonomické zmeny. Naša práca môže slúžiť ako základný rámec pre ďalšie rozšírené modely, ktoré budú použiteľné v praxi na hodnotenie vplyvov politík v oblasti životného prostredia.

V práci ponechávame priestor pre ďalšie návrhy na zlepšenie modelu. Súčasný model je komparatívno-statický, čiže modeluje reakcie ekonomiky len v jednom časovom bode. Naopak dynamické alebo rekurzívne dynamické modely sledujú hodnotu každej premennej v čase a umožňujú tak modelovať stav ekonomiky aj v budúcnosti, napríklad v roku 2020, pre ktorý sú stanovené ciele v odpadovom hospodárstve. Dynamické modely sú reálnejšie, ale náročnejšie na konštrukciu a riešenie, keďže vyžadujú predpoklady o budúcich zmenách exogénnych premenných.

Rozšírenie modelu v oblasti odpadov zostáva taktiež pre budúce práce. Odpady, ktoré sme uvažovali v modeli tvoria iba 30% z celkového množstva odpadov. Veľkú časť ostatných odpadov tvorí hlavne zemina, betón, tehly, popol a iné, pre ktoré neexistujú ciele v rámci odpadového hospodárstva napriek veľkému potenciálu ich zhodnocovania. Možným zlepšením modelu by bolo aj zahrnutie kapacít spracovateľských zariadení na zhodnocovanie jednotlivých druhov odpadov, ktoré predstavujú akýsi limit pre zhodnocovanie.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Benčík, M.: *Konštrukcia experimentálneho modelu všeobecnej ekonomickej rovnováhy a jeho vlastnosti*, dostupné na internete (16.12.2017): https://www.nbs.sk/_img/Documents/PUBLIK/ben001.pdf
- [2] Eionet: *Municipal waste management*, dostupné na internete (16.12.2017): <http://wmge.eionet.europa.eu/Municipal>
- [3] ENVI-GEOS Nitra, s.r.o.: *Analýza komunálneho odpadu*, dostupné na internete (16.12.2017): <http://envigeos.sk/wp-content/uploads/Anal-za-komun-nych-odpadov.pdf>
- [4] Európska komisia: *Council directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste*, dostupné na internete (16.7.1999): <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A31999L0031>
- [5] Európsky parlament: *Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2008/98/ES*, dostupné na internete (16.12.2017): http://publications.europa.eu/resource/cellar/a32ddb30-1a98-4911-964a-e4f4f638f20d.0020.02/DOC_1
- [6] Eurostat: *Supply, use and input-output tables*, dostupné na internete (16.12.2017): <http://ec.europa.eu/eurostat/web/esa-supply-use-input-tables/data/database>
- [7] Eurostat: *Non-financial transactions*, dostupné na internete (16.12.2017): http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nasa_nf_tr&lang=en
- [8] Eurostat: *Municipal waste by waste operations*, dostupné na internete (16.12.2017): http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasmun&lang=en
- [9] Fašung, A.: *Modely všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy ekonomiky Slovenskej republiky*, diplomová práca, FMFI UK, Bratislava 2007
- [10] Haas, E.: *CGE bez GAMS*, diplomová práca, FMFI UK, Bratislava 2014

- [11] In Kang S., Joon Kim J., Masui T., P.: *A National CGE modeling for Resource Circular Economy*, Korea Environment Institute (2006), dostupné na internete (16.12.2017): <http://webbook.me.go.kr/DLi-File/023/164670.pdf>
- [12] Kotov, M.: *Modely všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy*, diplomová práca, FMFI UK, Bratislava 2002
- [13] Moňok B., Beznáková L., Valentovič M. : *Návrhy k príprave programu predchádzania vzniku odpadu v Slovenskej republike*, dostupné na internete (16.12.2017): <http://www.priateliazeme.sk/spz/files/brozura-ppvo2.pdf>
- [14] MŽP SR: *Program predchádzania vzniku odpadu SR na roky 2014 - 2018*, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (2013), dostupné na internete (16.12.2017): <http://www.minzp.sk/files/sekcia-enviromentalneho-hodnotenia-riadenia/odpady-a-obaly/registre-a-zoznamy/ppvo-vlastnymaterial.pdf>
- [15] MŽP SR: *Program odpadového hospodárstva SR na roky 2016 – 2020*, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (2015), dostupné na internete (16.12.2017): http://www.minzp.sk/files/sekcia-enviromentalneho-hodnotenia-riadenia/odpady-a-obaly/registre-a-zoznamy/poh-sr-2016-2020_vestnik.pdf
- [16] MŽP SR: *Vyhláška MŽP SR, ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov*, dostupné na internete (16.12.2017): <http://www.epi.sk/zz/2015-365>
- [17] NR SR: *Zákon o poplatkoch za uloženie odpadov*, dostupné na internete (16.12.2017): <http://www.zakonypreludi.sk/zz/2004-17/znenie-20090101>
- [18] NR SR: *Zákon o odpadoch*, dostupné na internete (16.12.2017): <http://www.epi.sk/zz/2015-79>
- [19] OECD: *The macroeconomics of the circular economy transition: A critical review of modelling approaches*, Organisation for Economic Cooperation and Development, 2017, dostupné na internete (16.12.2017): <http://www.oecd.org/officialdocumentspublicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV>

- [20] OECD: *Environmental performance reviews: Slovak Republic 2011*, dostupné na internete (16.12.2017): http://www.minzp.sk/files/informacie/narodny-workshop/epr_final-english-version.pdf
- [21] Okushima S., Yamashita H.: *A general equilibrium analysis of waste management policy in Japan*, Hitotsubashi Journal of Economics 46 (2005), pp.111-134, dostupné na internete (16.12.2017): <https://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/7658/1/HJeco0460101110.pdf>
- [22] Páleník V.: *Možnosti modelovania zmien ekonomiky Slovenskej republiky so zreteľom na fungovanie v Európskej menovej únii*, Ekonomický ústav slovenskej akadémie vied 2011, dostupné na internete (16.12.2017): http://www.ekonom.sav.sk/uploads/journals/170_monografia_palenik_a_kol_-_a5.pdf
- [23] Sekereš, S.: *Teória statických a dynamických CGE modelov*, diplomová práca, FMFI UK, Bratislava 2006
- [24] Štatistický úrad SR: *Klasifikácia produkcie CPA SK*, dostupné na internete (16.12.2017): <https://cpa.klasifikacia.sk/>
- [25] Štatistický úrad SR: *Štatistická klasifikácia ekonomických činností*, dostupné na internete (16.12.2017): <http://www.nace.sk/>
- [26] Technická univerzita v Košiciach: *Analýzu zloženia zmesového komunálneho odpadu a metodika odberu vzoriek*, dostupné na internete (16.12.2017): <http://www.minzp.sk/files/registre-a-zoznamy/sekcia-enviromentalneho-hodnotenia-riadenia/odpady-a-obaly>