Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav systémového inženýrství a informatiky

Analýza faktorů onemocnění a úmrtnosti na kardiovaskulární choroby

Bc. Havlasová Gabriela

Diplomová práce
2017

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: **2016/2017**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Gabriela Havlasová**
Osobní číslo:	**E15650**
Studijní program:	**N6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor:	**Pojistné inženýrství: Management finančních rizik**
Název tématu:	**Analýza faktorů onemocnění a úmrtnosti na kardiovaskulární choroby**
Zadávající katedra:	**Ústav matematiky a kvantitativních metod**

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je na základě dostupných dat posoudit a kvantifikovat rizikové faktory v souvislosti s úmrtností na kardiovaskulární onemocnění v České republice a vybraných zemích světa.

Osnova:
- Vývoj úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění v České republice a vybraných zemích světa.
- Posouzení vlivu zdravotní péče na úmrtnost na kardiovaskulární choroby.
- Závislost úmrtnosti na kardiovaskulární choroby na věku a pohlaví.
- Kvantifikace faktorů úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění.

Rozsah grafických prací: –

Rozsah pracovní zprávy: **cca 50 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Cardiovascular Disease Statistics 2014. [online] Accessible from https://www.bhf.org.uk/publications/statistics/cardiovascular-disease-statistics-2014.
Causes of Death database. [online] Accessible from http://ec.europa.eu/eurostat/web/health/causes-death/data/database.
Czech Health Statistics Yearbooks. IHIS ČR. [online] Accessible from http://www.uzis.cz/en/catalogue/czech-health-statistics-yearbook.
Eurostat Health Statistics. [online] Accessible from http://www.hiqa.ie/healthcare/health-information/data-collections/online-catalogue/eurostat-health-statistics.
Health statistics at regional level. [online] Accessible from http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Health_statistics_at_regional_level.
NICHOLS, M., TOWNSEND, N., SCARBOROUGH, P., RAYNER, M. Cardiovascular disease in Europe 2014: epidemiological update. European Heart Journal. 2014, 35, 29502959. ISSN 1522-9645.
PITACCO, E. Health Insurance - Basic Actuarial Models. Springer, EAA Series. 2014. ISBN 978-3-319-12234-2.

Vedoucí diplomové práce: **prof. RNDr. Viera Pacáková, Ph.D.**
Ústav matematiky a kvantitativních metod

Datum zadání diplomové práce: **4. září 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **28. dubna 2017**

doc. Ing. Romana Provazníková, Ph.D.
děkanka

L.S.

doc. RNDr. Bohdan Linda, CSc.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 4. září 2016

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval/a samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil/a, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako Školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 11.8.2017 Bc. Havlasová Gabriela

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto bych ráda poděkovala své vedoucí práce prof. RNDr. Viere Pacákové, Ph.D. za její odbornou pomoc, cenné rady a poskytnuté materiály, které mi pomohly při zpracování diplomové práce.

ANOTACE

V této práci budeme na základě dostupných dat posuzovat a kvantifikovat rizikové faktory v souvislosti s úmrtností na kardiovaskulární onemocnění v České republice a ve vybraných zemích OECD. Budeme posuzovat vliv zdravotní péče a jiných faktorů na úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění a tyto faktory se pokusíme kvantifikovat.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kardiovaskulární onemocnění, úmrtnost, rizikové faktory, faktorová analýza, shluková analýza

TITLE

Analysis of factors of morbidity and mortality for cardiovascular disease

ANNOTATION

In this work, based on the available data, we will assess and quantify the risk factors for cardiovascular mortality in the Czech Republic and selected OECD countries. We will examine the impact of health care and other factors on mortality on cardiovascular disease and we will try to quantify these factors.

KEYWORDS

Cardiovascular disease, mortality, risk factors, factor analysis, cluster analysis

Obsah

Úvod 10

1 Závažnost kardiovaskulárních onemocnění 13

1.1 Porovnání úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění v zemích OECD 13

1.2 Vývoj úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění 15

2 Rizikové faktory úmrtnosti na KVO a jejich kvantifikace 20

2.1 Mezinárodní porovnání rizikových faktorů 20

2.2 Závislost úmrtnosti na KVO na rizikových faktorech 25

3 Posouzení vlivu zdravotní péče a jiných faktorů na úmrtnost na KVO 29

3.1 Zvolené metody pro posouzení vlivu předpokládaných faktorů na KVO 29

3.2 Výsledky aplikace zvolených metod 35

4 Závislost úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění na věku a pohlaví 46

Závěr 50

Použitá literatura 52

POUŽITÉ ZKRATKY:

OECD Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (Organisation for Economic Co-operation and Development)

WHO Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

ICHS Ischemická choroba srdeční

KVO Kardiovaskulární onemocnění

CO Cerebrovaskulární onemocnění

BMI Index tělesné hmotnosti (Body Mass Index)

dl Decilitr

MRI Magnetická rezonance (Magnetic Resonance Imaging)

CT Počítačová tomografie (Computer Tomograph)

AR	Rakousko (Austria)	IL	Itálie (Italy)
BE	Belgie (Belgium)	LU	Lucembursko (Luxembourg)
CZ	Česká republika (Czech Republic)	NO	Norsko (Norway)
DK	Dánsko (Denmark)	PL	Polsko (Poland)
EE	Estonsko (Estonia)	PT	Portugalsko (Portugal)
FI	Finsko (Finland)	SK	Slovensko (Slovak Republic)
FR	Francie (France)	SI	Slovinsko (Slovenia)
DE	Německo (Germany)	ES	Španělsko (Spain)
EL	Řecko (Greece)	SE	Švédsko (Sweden)
HU	Maďarsko (Hungary)	SW	Švýcarsko (Switzerland)
IS	Island (Iceland)	UK	Spojené Království (United Kingdom
IE	Irsko (Ireland)	EU	Evropská unie

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1: Úmrtnost na 100 000 obyvatel podle příčiny za rok 2015 13

Obrázek 2: Úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel za rok 2015 14

Obrázek 3: Vývoj úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel 16

Obrázek 4: Úmrtnost na ischemickou chorobu srdeční na 100 000 obyvatel za rok 2015 17

Obrázek 5: Úmrtnost na infarkt myokardu na 100 000 obyvatel za rok 2015 18

Obrázek 6: Úmrtnost na cerebrovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel za rok 2015 19

Obrázek 7: Dělení rizikových faktorů kardiovaskulárních onemocnění 20

Obrázek 8: Konzumace alkoholu v litrech na osobu ve věku 15 a více let 21

Obrázek 9: Spotřeba tabáku v % z celkového počtu obyvatel ve věku 15 a více let 22

Obrázek 10: Obezita populace v % z celkového počtu obyvatel ve věku 15 a více let 23

Obrázek 11: Každodenní konzumace ovoce a zeleniny v % z celkového počtu obyvatel 24

Obrázek 12: Graf vlastních čísel (Scree plot) 39

Obrázek 13: Závislost Faktoru 4 od hodnot Faktoru 1 42

Obrázek 14: Závislost Faktoru 4 od hodnot Faktoru 2 42

Obrázek 15: Závislost Faktoru 4 od hodnot Faktoru 3 43

Obrázek 16: Grafické znázornění shluků vybraných zemí OECD 44

Obrázek 17: Úmrtnost podle věku na KVO v České republice, rok 2015 46

Obrázek 18: Úmrtnost na KVO v % z celkové úmrtnosti ve věkových skupinách, rok 2015 47

Obrázek 19: Vývoj úmrtnosti na KVO na 100 000 obyvatel podle pohlaví v České republice ... 47

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1: Spearmanův koeficient korelace rizikových faktorů a úmrtnosti na KVO 26

Tabulka 2: Spearmanův koeficient korelace rizikových faktorů a úmrtnosti na ICHS 27

Tabulka 3: Spearmanův koeficient korelace rizikových faktorů a úmrtnosti na CO 27

Tabulka 4: Normování dat pomocí bodovací metody a vytvořené syntetických proměnných 36

Tabulka 5: Hodnoty Spearmanova koeficientu korelace syntetických proměnných 37

Tabulka 6: Matice Spearmanova koeficientu korelace mezi proměnnými 38

Tabulka 7: Vlastní čísla faktorů 39

Tabulka 8: Faktorové zátěže 40

Tabulka 9: Hodnoty hlavních faktorů pro jednotlivé země 41

Tabulka 10: Úmrtnost na KVO a koeficienty růstu 48

Úvod

Podle nejnovějších dat, uveřejněných v European Cardiovascular Disease Statistics (2017), kardiovaskulární onemocnění (KVO) způsobuje v Evropě každoročně 3,9 milionu úmrtí a v Evropské unii (EU) více než 1,8 milionu úmrtí. KVO představují 45 % všech úmrtí v Evropě a 37 % všech úmrtí v EU. V roce 2015 bylo v Evropě téměř 11,3 milionu nových případů kardiovaskulárních chorob a 6,1 milionu nových případů kardiovaskulárních chorob v EU. Více než 85 milionů lidí v Evropě a téměř 49 milionů lidí žilo s KVO v EU v roce 2015.

Z celkových nákladů na kardiovaskulární onemocnění je v EU přibližně 53 % (111 miliard EUR) způsobeno náklady na zdravotní péči, 26 % (54 miliard EUR) na ztráty produktivity a 21 % (45 miliard EUR) na neformální péči o osoby se zdravotním postižením KVO.

Každý z nás se s kardiovaskulárním onemocněním jistě setkal, ať už ve své rodině, nebo u svých blízkých přátel. Tato závažná onemocnění jsou nejčastější příčinou smrti i v České republice. V roce 2015 a podílela na celkovém počtu úmrtí 42 % u mužů a 50 % u žen, v souhrnu zapříčinily téměř 51 tisíc případů úmrtí. Tato fakta jsou dostatečným důvodem k tomu, aby se lidé příčinami masového výskytu a smrti v důsledku kardiovaskulárních onemocnění zabývali, poznali závažné příčiny onemocnění a věnovali pozornost prevenci. Existuje množství publikací, kde se můžeme dočíst, co máme a nemáme dělat a jakou máme dodržovat životosprávu, abychom riziko onemocnění snížily.

Důvodů pro výběr tohoto téma diplomové práce bylo několik. První informace o tom, jak vysoká je mortalita na tato závažná onemocnění, byla publikace od *British Heart Foundation* s názvem *Cardiovascular Disease Statistics 2015.* [12] V této publikaci jsou statistiky pro Velkou Británii o onemocnění i úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění a také o rizikových faktorech. Tato publikace byla první inspirací pro toto téma.

Druhá zajímavá publikace byla od *European society of cardiology.* [5] V této publikaci jsou informace o závažnosti těchto onemocnění v Evropě. Počty úmrtí a procenta úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění byly alarmující. Z důvodu kardiovaskulárních onemocnění zemřelo v roce 2013 v Evropě 17,3 milionů lidí, to je 31,5 % ze všech úmrtí.

Když se zamyslíme nad tím, jaký je dnešní uspěchaný styl života, kdy se každý stresuje, jestli stihne vše včas, rozčiluje se, když to tak není a jako třešničku na dortu si pro uklidnění zapálí cigaretu a zajde si na nezdravé smažené jídlo, je celkem jasné, že se ke svému zdraví nechováme moc dobře a nějak se to na nás projeví. I podle různých lékařských článků víme, že stres, životospráva a další faktory ovlivňují naše zdraví. Jsou tu ale i jiné faktory, které mohou naše zdraví ovlivňovat. Ať už to jsou ekonomické faktory, životní úroveň, úroveň zdravotnictví a další.

Cílem diplomové práce je na základě dostupných dat posoudit a kvantifikovat rizikové faktory v souvislosti s úmrtností na kardiovaskulární onemocnění v České republice a vybraných zemích světa.

Zaměříme se nejdříve na vývoj úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění, a to jak v České republice, tak i v dalších vybraných zemích OECD. Výběr zemí do značné míry ovlivní dostupnost dat, potřebných pro analýzy. Zaměříme se jak na dlouhodobější vývoj, tak i na aktuální úmrtnost na nejzávažnější kardiovaskulární onemocnění, a to infarkt myokardu a ischemickou chorobu srdeční. Porovnáme procenta úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění z celkové úmrtnosti v České republice a v ostatních vybraných zemích. V této části práce je také stručné pojednání, jak tato onemocnění vznikají a jaká mohou být.

Další část práce je zaměřena na kvantifikaci rizikových faktorů. Sleduje rizikové faktory, které jsou uváděny v lékařských publikacích. Tyto faktory jsou rozděleny na ovlivnitelné a neovlivnitelné a diplomová práce zkoumá závislost úmrtnosti na KVO právě od faktorů, které lze ovlivnit.

Třetí část práce je zaměřena na posouzení vlivu zdravotní péče a jiných faktorů na úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění. V této části jsou analýzy na základě aplikace vícerozměrných statistických metod při využití co nejkvalitnějších dostupných dat zaměřené na posouzení a kvantifikaci vlivu různých faktorů. V této části jsou vybrané pozorované země ředěné do shluků podle podobnosti faktorů a úmrtnosti.

Poslední část práce je zaměřena na závislost úmrtnosti na KVO na věku a pohlaví. Podle lékařských publikací muži umírají na kardiovaskulární onemocnění více než ženy. Proto tato část obsahuje porovnání úmrtnosti na tato onemocnění pro muže a ženy České republiky

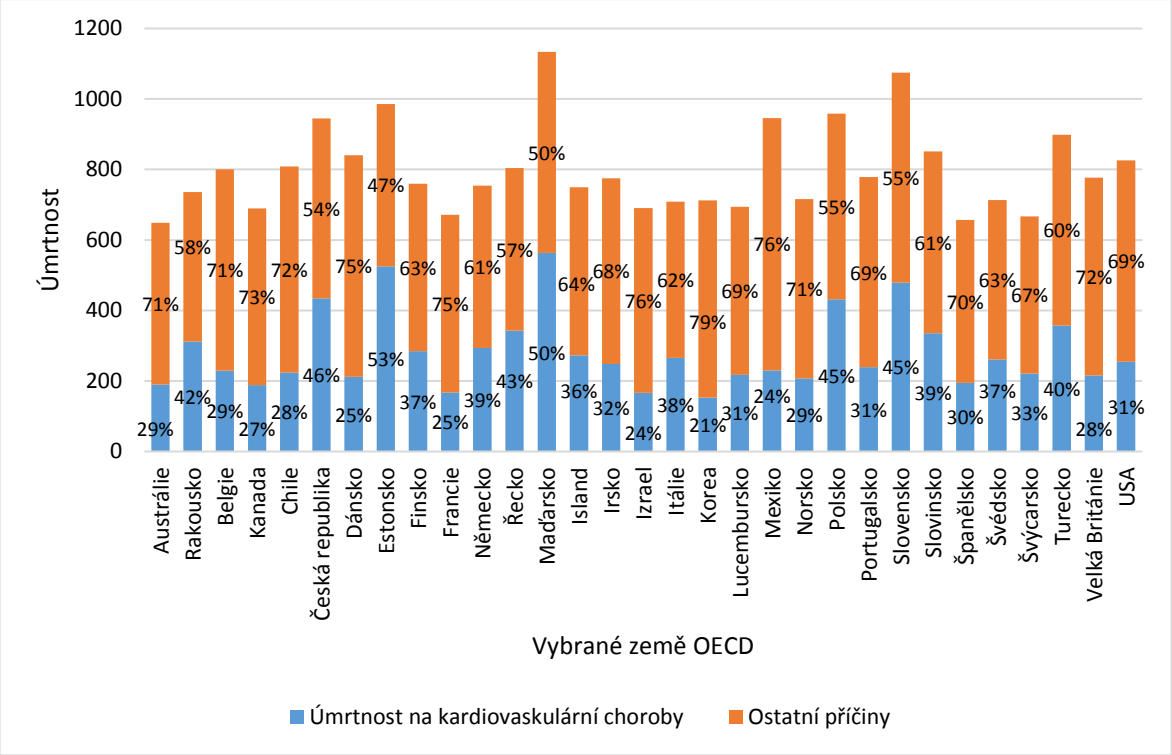
za několik posledních let a sledování růstu úmrtnosti. Také je zaměřena na porovnání úmrtnosti podle různých věkových skupin v České republice.

1 Závažnost kardiovaskulárních onemocnění

Nemoci oběhové soustavy se vyskytují v různých formách, společným jmenovatelem mnoha z nich, zejména potom těch nejčastějších a nejzávažnějších, je ateroskleróza. Nejčastější příčinou úmrtí na kardiovaskulární onemocnění je ischemická choroba srdeční, se zkratkou ICHS, která je způsobena koronární aterosklerózou. Ateroskleróza je onemocnění cévní stěny, které se dlouhodobě vyvíjí a vede ke tvorbě tzv. ateromů. Ty zužují průsvit tepny pro průtok krve. [10] Častěji jsou postiženi muži, ženy jsou totiž v produktivním věku chráněny ženskými pohlavními hormony (estrogeny). [7]

1.1 Porovnání úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění v zemích OECD

Obrázek 1: Úmrtnost na 100 000 obyvatel podle příčiny za rok 2015



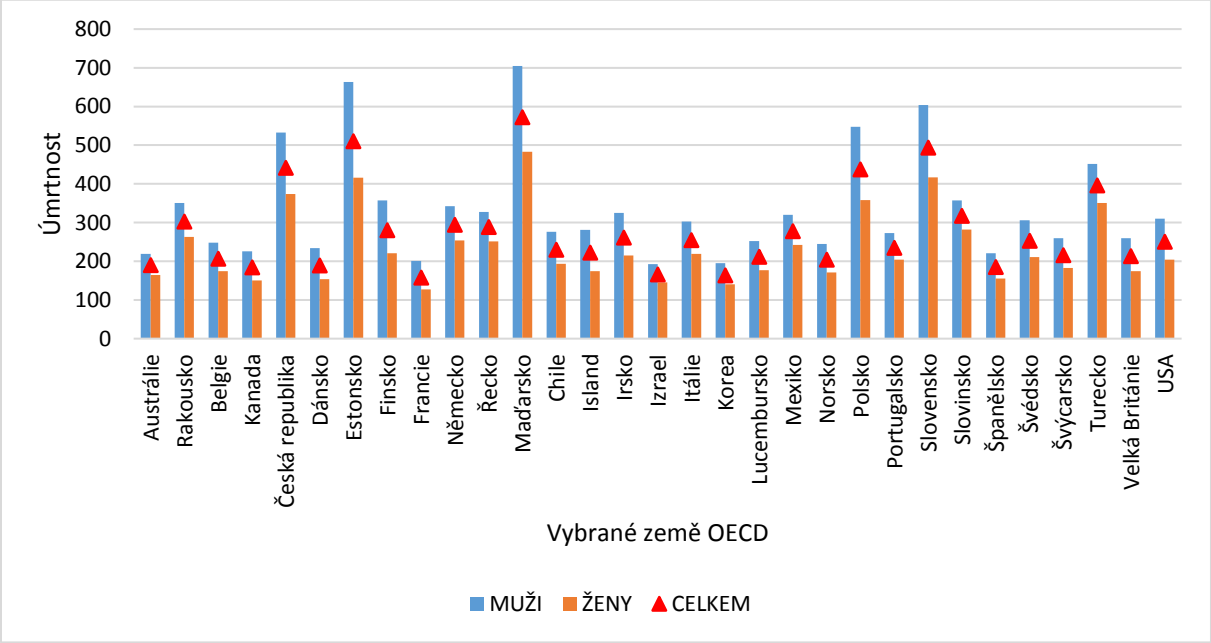
Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

Podle European Heart Journal (2016) jsou kardiovaskulární onemocnění nejčastější příčinou smrti na celém světě. Kardiovaskulární onemocnění má na svědomí 31,5 % ze všech

úmrtí a 45 % ze všech úmrtí na nepřenosné nemoci. Také na tato onemocnění zemře dvakrát více lidí, než na rakovinu a také více než na všechny přenosné, mateřské, novorozenecké a výživové poruchy dohromady. [5]

Na obrázku 1 vidíme úmrtnost na 100 000 obyvatel ve vybraných zemích světa rozdělenou podle příčiny úmrtí. Například v Estonsku zemře na kardiovaskulární onemocnění 53 % z celkově zemřelých. V Maďarsku zemře 50 % zemřelých na KVO a v České republice zemře na kardiovaskulární onemocnění 46 % ze všech zemřelých. Nejméně, jak do počtu, tak i poměru podle příčiny, lidí umírají na kardiovaskulární onemocnění v Koreji, kde zemře 21 % zemřelých na KVO.

Obrázek 2: Úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel za rok 2015



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

Z vybraných zemí OECD je největší úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění v Maďarsku, kde je celková úmrtnost na 100 000 obyvatel 572,5 obyvatel. Druhou zemí je Estonsko, kde je úmrtnost na 100 000 obyvatel 510,5 jedinců. Třetí zemí je Slovensko, kde zemře na tato onemocnění 493,5 lidí na 100 000 obyvatel a hned za Slovenskem je Česká republika, kde je úmrtnost 442 lidí na 100 000 obyvatel.

Naopak nejnižší úmrtnost z vybraných zemí OECD má Francie, kde na kardiovaskulární onemocnění zemře 158,1 lidí na 100 000 obyvatel. Trošku větší úmrtnost má Korea a Izrael. Korea má úmrtnost 163,5 obyvatel a Izrael 166,3 obyvatel na 100 000 lidí.

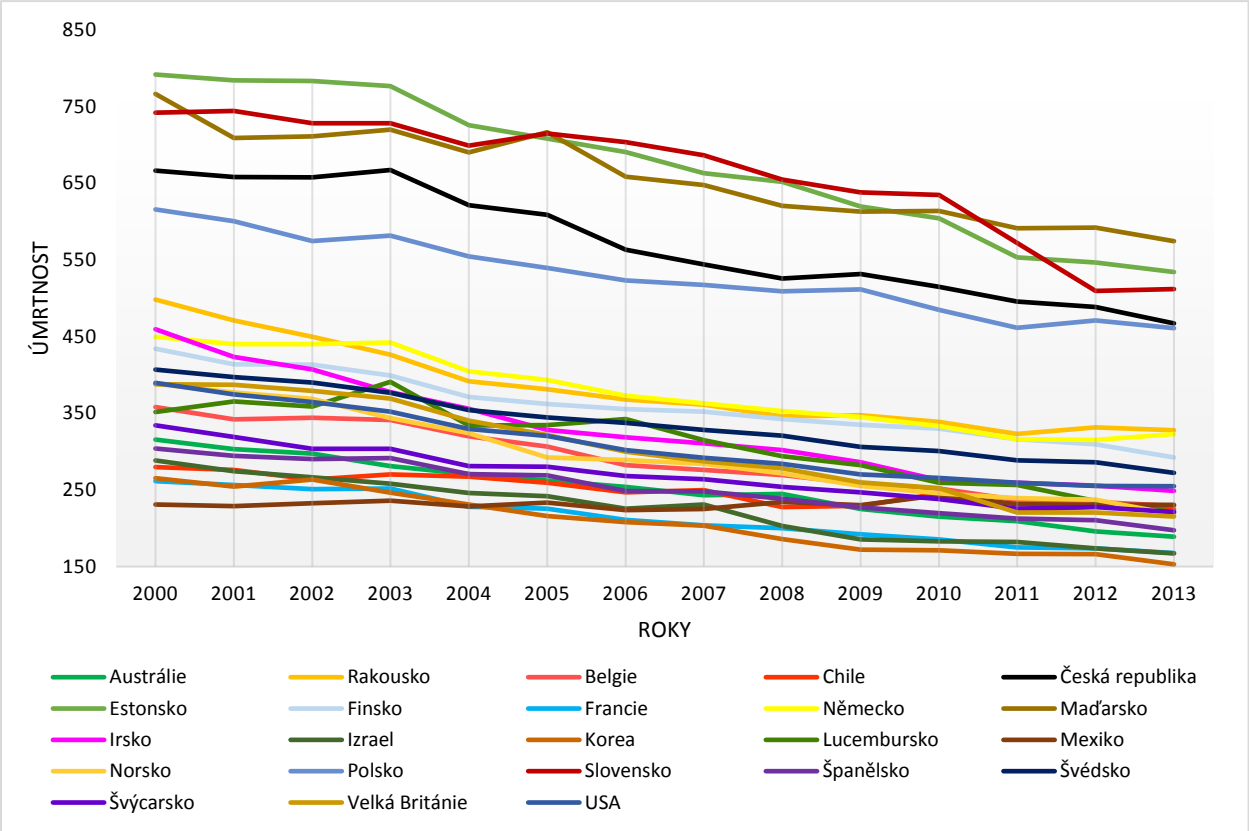
Zajímavé je i porovnání úmrtnosti mužů a žen, které můžeme vidět na obrázku č. 2. Ve všech vybraných zemích OECD je vyšší úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění u mužů. Největší rozdíl v úmrtnosti na 100 000 obyvatel v neprospěch mužů je v Estonsku, Maďarsku, Slovensku, Polsku a České republice. Pohlaví proto můžeme považovat za jeden ze závažných faktorů úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění.

Rozdíly v úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění podle pohlaví jsou patrny rovněž v různých zemích OECD. Například v Polsku zemře více mužů, konkrétně 547,5 než v České republice, kde zemře 532,6 mužů. Díky nižší úmrtnosti žen je na tom Polsko lépe v celkovém úmrtí na kardiovaskulární onemocnění než Česká republika. Také ve Finsku zemře více mužů než v Řecku, Německu, Rakousku a stejně jako ve Slovinsku. Finsko však díky nižší úmrtnosti u žen je až za všemi těmito zeměmi.

1.2 Vývoj úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění

Ve většině pozorovaných zemí zaznamenáváme od roku 2000 pokles úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění. Průměrně se úmrtnost každý rok snižuje o 3 % oproti roku předcházejícímu. Česká republika má za 15 let průměrný roční pokles právě o 3 % oproti předchozímu roku. V některých letech byl dokonce pokles až o 7 %, například v roce 2014. Naopak v letech 2003 a 2009 byl zaznamenán nárůst o 1 % v České republice.

Obrázek 3: Vývoj úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

Na obrázku 3 je zobrazen vývoj úmrtnosti na kardiovaskulární choroby ve vybraných zemích OECD. Můžeme vidět, že pět zemí se značně odděluje od ostatních, konkrétně je to Maďarsko, Estonsko, Slovensko, Česká republika a Polsko.

Na začátku 21. století byla nejnižší úmrtnost z vybraných zemí OECD v Mexiku, kde za posledních 14 let, ze kterých jsou dostupná data, úmrtnost vzrostla až o 6 % za rok. V Mexiku byla dokonce úmrtnost v roce 2000 takřka stejná jako v roce 2013.

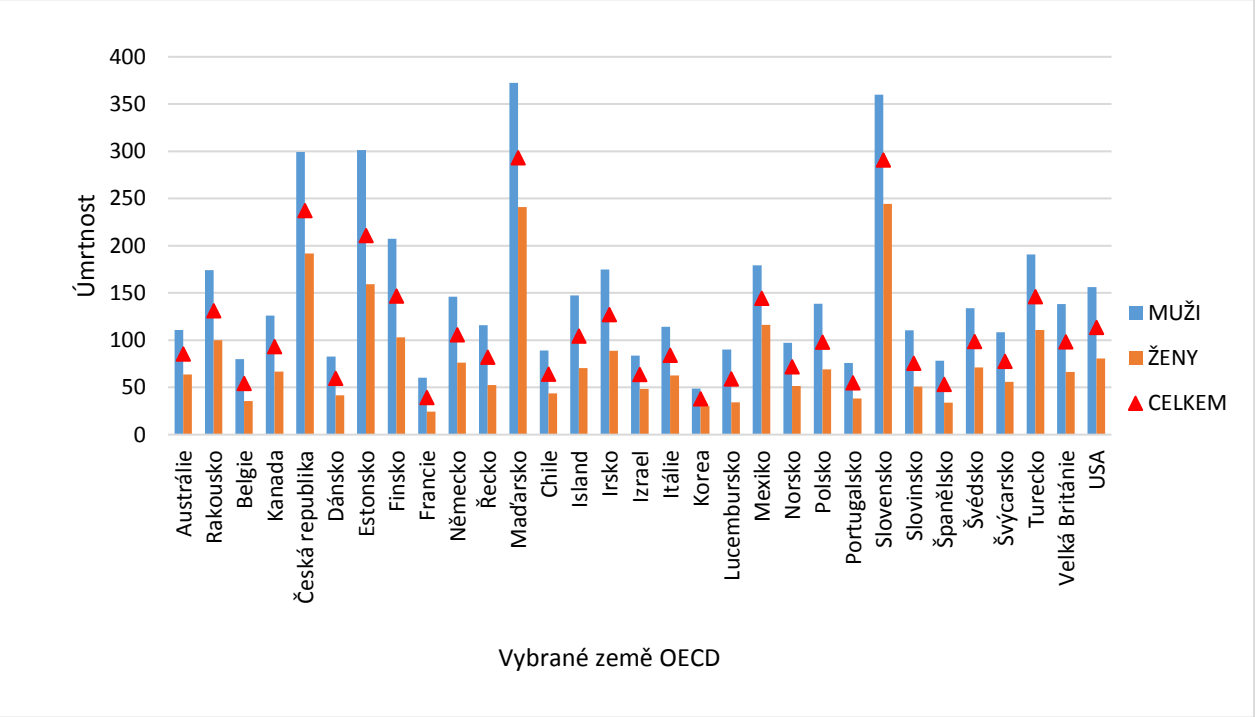
Nejčastější a nejzávažnější kardiovaskulární nemoci jsou Ischemická choroba srdeční (ICHS), Angina pectoris, Infarkt myokardu a Cerebrovaskulární onemocnění.

- **Ischemická choroba srdeční (ICHS)**

ICHS je onemocnění srdce, ke kterému dochází, pokud se zúží věnčité (koronární) tepny na povrchu srdce, které srdeční sval vyživují. Kvůli zúžení pak nejsou schopny dodat srdečnímu

svalu tolik krve, kolik potřebuje, zejména při zvýšené fyzické námaze nebo psychickém vypětí. Nedostatečný přítok krve znamená nedostatek kyslíku pro práci srdečního svalu a nedostatečný odtok zplodin látkové výměny. [10] Ischemickou chorobu srdeční rozdělujeme na chronickou formu, tzv. anginu pectoris, a akutní formu, tzv. infarkt myokardu. [7]

Obrázek 4: Úmrtnost na ischemickou chorobu srdeční na 100 000 obyvatel za rok 2015



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

Na obrázku 4 můžeme vidět, jaká je úmrtnost na ICHS na 100 000 obyvatel ve vybraných zemích OECD. Vidíme, že největší úmrtí na toto onemocnění je v Maďarsku, kde zemře celkem 293,1 lidí na 100 000 obyvatel. Další zemí je Slovensko, kde je úmrtí 290,8 obyvatel na 100 000 a hned za Slovenskem je Česká republika s počtem zemřelých 237,1 lidí na 100 000 obyvatel. Nejlépe z vybraných zemí je na tom Korea, kde na ICHS zemře 38 lidí na 100 000 obyvatel a dále Francie, kde je úmrtnost 39,4 obyvatel na 100 000.

- **Angina pectoris**

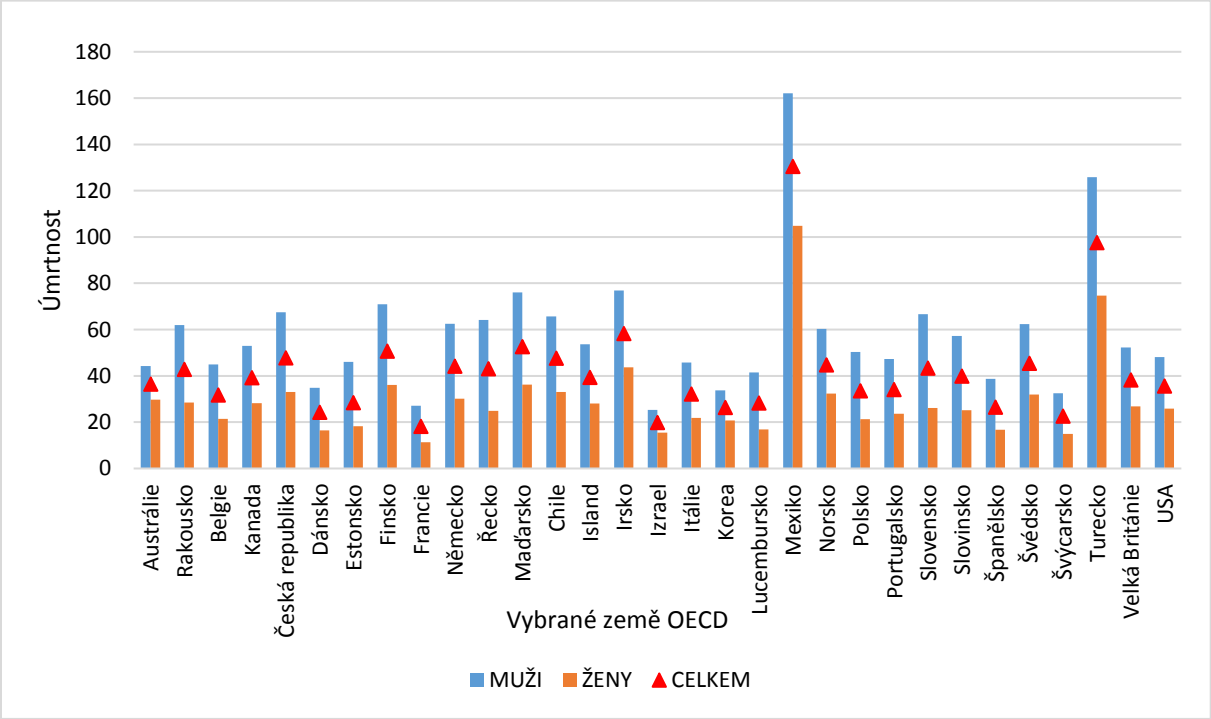
Bez dodávky kyslíku do srdečního svalu není sval schopen v dostatečné míře stahovat a pumpovat krev do celého těla. Při částečném zúžení věnčitých (koronárních) tepen nepřitéká

do srdce dostatečné množství krve a srdeční sval není dostatečně zásoben kyslíkem. Angina pectoris se projevuje jako pálivá či svíravá bolest v hrudníku, která se často šíří až do levého ramene a do prstů levé ruky. Nejčastější příčinou je ateroskleróza, při které se hromadí ve stěnách tepen tuk s obsahem cholesterolu.

- **Infarkt myokardu**

Jedná se o akutní formu anginy pectoris. Vzniká v situaci, kdy je průchod krve ztížen nebo dokonce znemožněn aterosklerotickým plátem a krev vytvoří sraženinu. Tato sraženina pak částečně nebo úplně ucpe věnčitou (koronární) tepnu. To prakticky zastaví příchod krve a kyslíku do části srdečního svalu a může dojít k poškození buněk srdce a mnohé z nich začnou odumírat. Toto odumírání srdeční tkáně se nazývá srdeční infarkt neboli infarkt myokardu. [7]

Obrázek 5: Úmrtnost na infarkt myokardu na 100 000 obyvatel za rok 2015



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

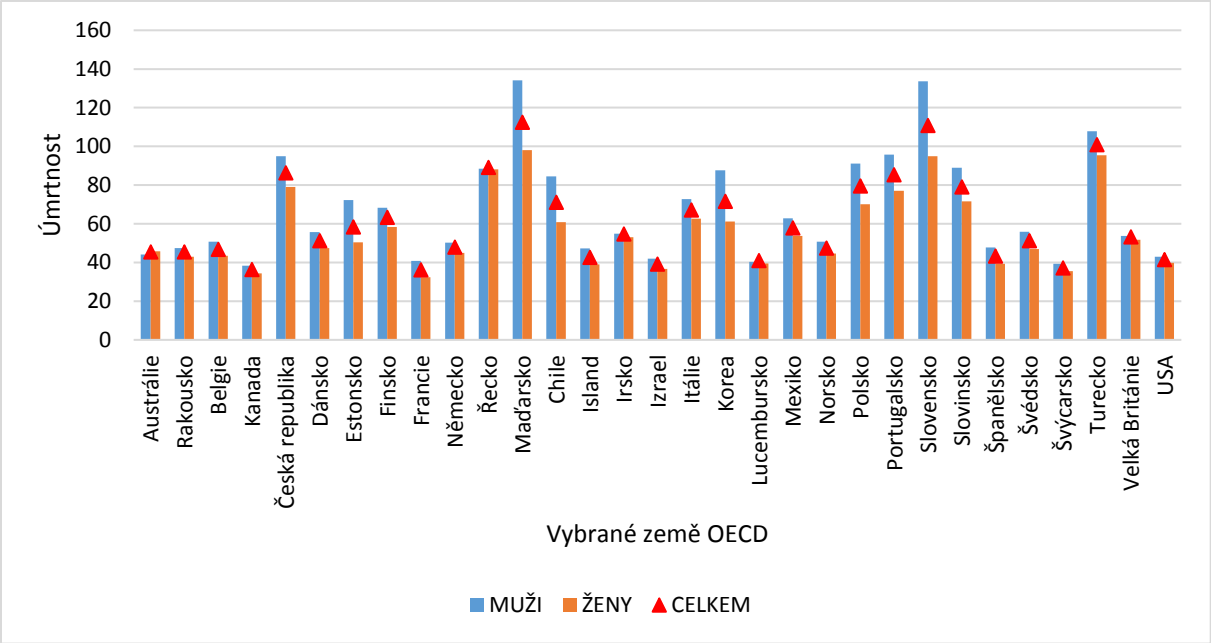
Na obrázku 5 můžeme vidět, že nejvyšší úmrtnost na infarkt myokardu z vybraných zemí OECD je v Mexiku, kde na 100 000 obyvatel zemře 130,5 lidí na infarkt. Druhou zemí je Turecko, kde na infarkt zemře 97,6 lidí na infarkt na 100 000 obyvatel. Česká republika je na

šestém místě s úmrtností 47,8 jedinců na 100 000 obyvatel. Nejlépe z vybraných zemí je na tom Francie, kde zemře na infarkt 18,3 lidí na 100 000 obyvatel.

- **Cerebrovaskulární onemocnění**

Toto onemocnění, známé jako mozková příhoda, může být způsobeno krevní sraženinou, která se vytvoří přímo v mozkových cévách nebo v cévách, které do mozkové tkáně vedou. Nejčastější příčinou je zúžení cév pláty nebo prasknutí zesláblé cévy, kdy krev začne prosakovat přímo do mozkové tkáně. [13]

Obrázek 6: Úmrtnost na cerebrovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel za rok 2015



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

Na obrázku 6 vidíme jaká je úmrtnost na cerebrovaskulární onemocnění. Při porovnání úmrtnosti u mužů a u žen vidíme, že u tohoto onemocnění nejsou tak markantní rozdíly jako u předchozích. Nejvyšší úmrtnost na 100 000 obyvatel je u cerebrovaskulárních onemocnění v Maďarsku, kde zemřelo 112,5 lidí. Druhou zemí, s nejvyšší úmrtností na CO, je Slovensko, kde zemřelo 110,8 jedinců na 100 000 obyvatel. V České republice zemřelo 86,3 lidí na 100 000 obyvatel. Nejlépe je na tom Francie, kde zemřelo 36,1 obyvatel na 100 000 lidí.

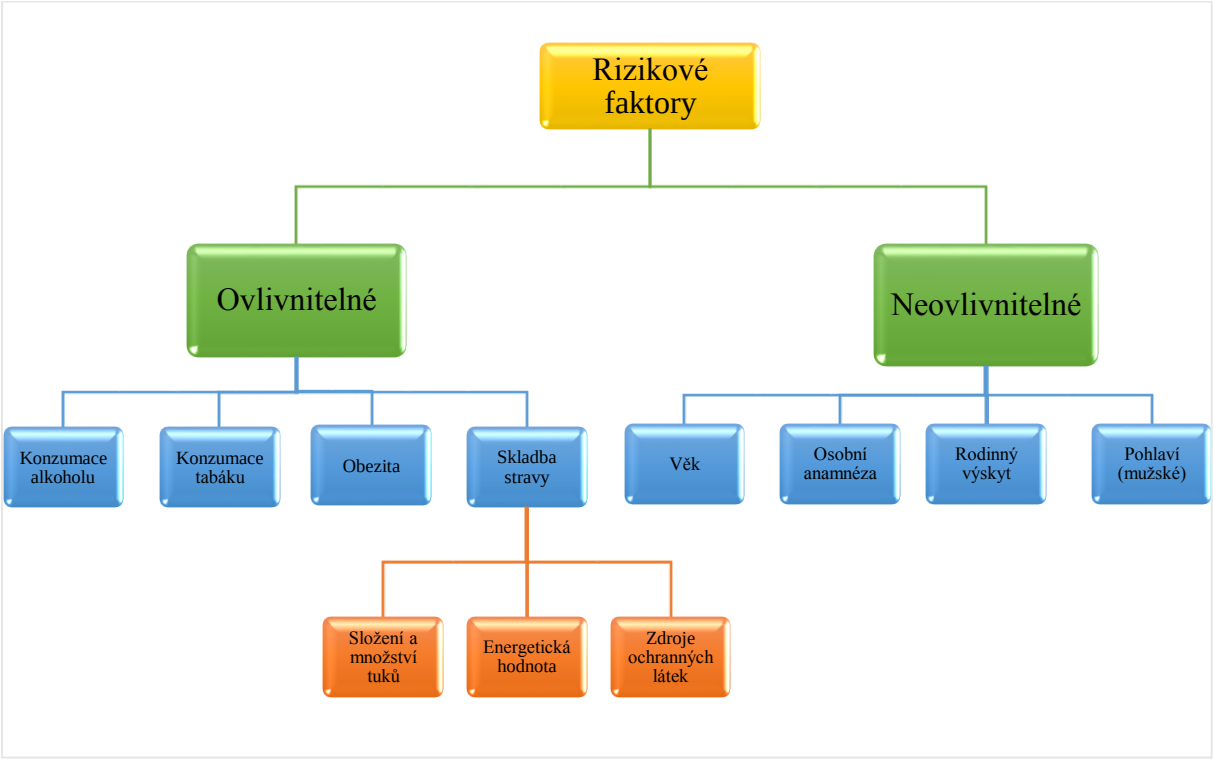
2 Rizikové faktory úmrtnosti na KVO a jejich kvantifikace

V této části práce se zaměříme na rizikové faktory, které dle dostupných zdrojů ovlivňují úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění.

2.1 Mezinárodní porovnání rizikových faktorů

Podle lékařů z Centra preventivní medicíny MUDr. Š. Kunzové, MUDr. P. Řimáka a MUDr. V. Šikolové a jiných lékařů existují faktory, které u jedinců zvyšují riziko kardiovaskulárního onemocnění. Tyto faktory lze rozdělit na ovlivnitelné a neovlivnitelné. Neovlivnitelné faktory jsou tzv. osobní charakteristiky, do kterých patří věk, osobní anamnéza onemocnění, rodinný výskyt onemocnění a pohlaví. Mezi ovlivnitelné faktory patří životní styl a fyziologické charakteristiky. Pomocí ovlivnění těchto faktorů je u jedince možná určitá prevence proti kardiovaskulárním onemocněním. [10]

Obrázek 7: Dělení rizikových faktorů kardiovaskulárních onemocnění



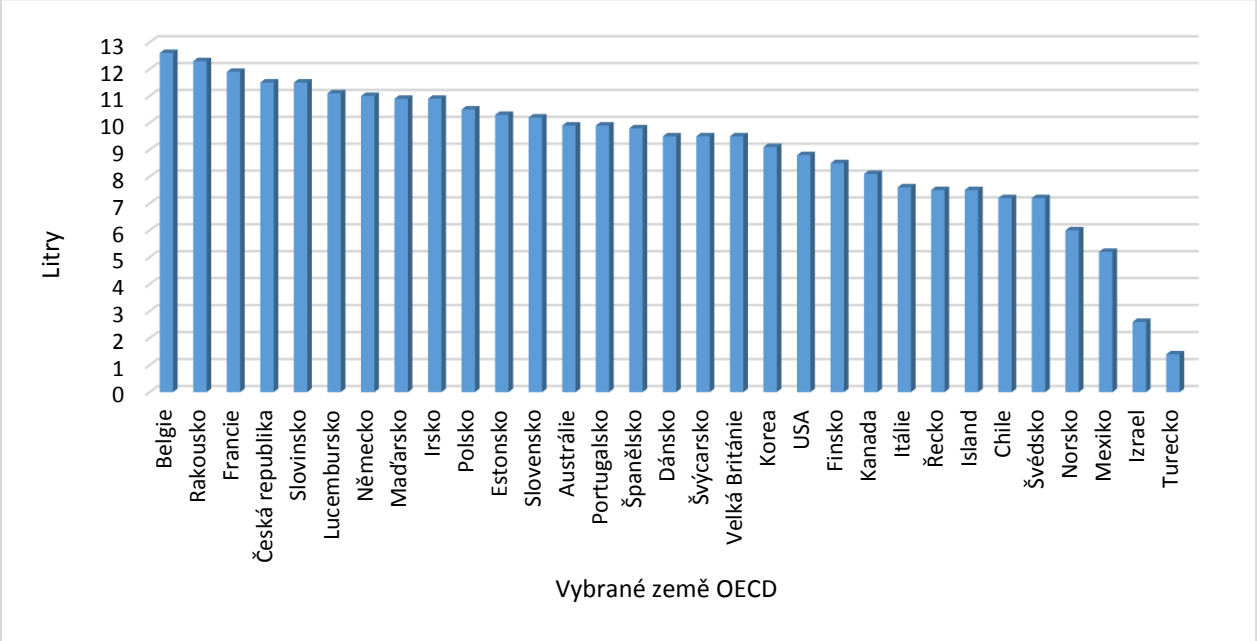
Zdroj: vlastní zpracování podle článku Centra preventivní medicíny [10]

Nejdříve se v práci budeme věnovat ovlivnitelným faktorům. Podíváme se na jednotlivé rizikové faktory ve vybraných zemích OECD a pokusíme se ověřit, zda ovlivňují úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění, případně jak silně ji ovlivňují.

- **Konzumace alkoholu**

Konzumace alkoholu v malém množství podle více publikací působí dokonce jako prevence aterosklerózy. Konzumace ve vyšší míře je ovšem velmi škodlivá. Zvyšuje se riziko hypertenze a zvyšuje se riziko srdečních arytmií. Za přiměřenou konzumaci alkoholu se z kardiovaskulárního hlediska považují maximálně tři dávky alkoholu denně, což odpovídá například třem dl vína denně. [10]

Obrázek 8: Konzumace alkoholu v litrech na osobu ve věku 15 a více let



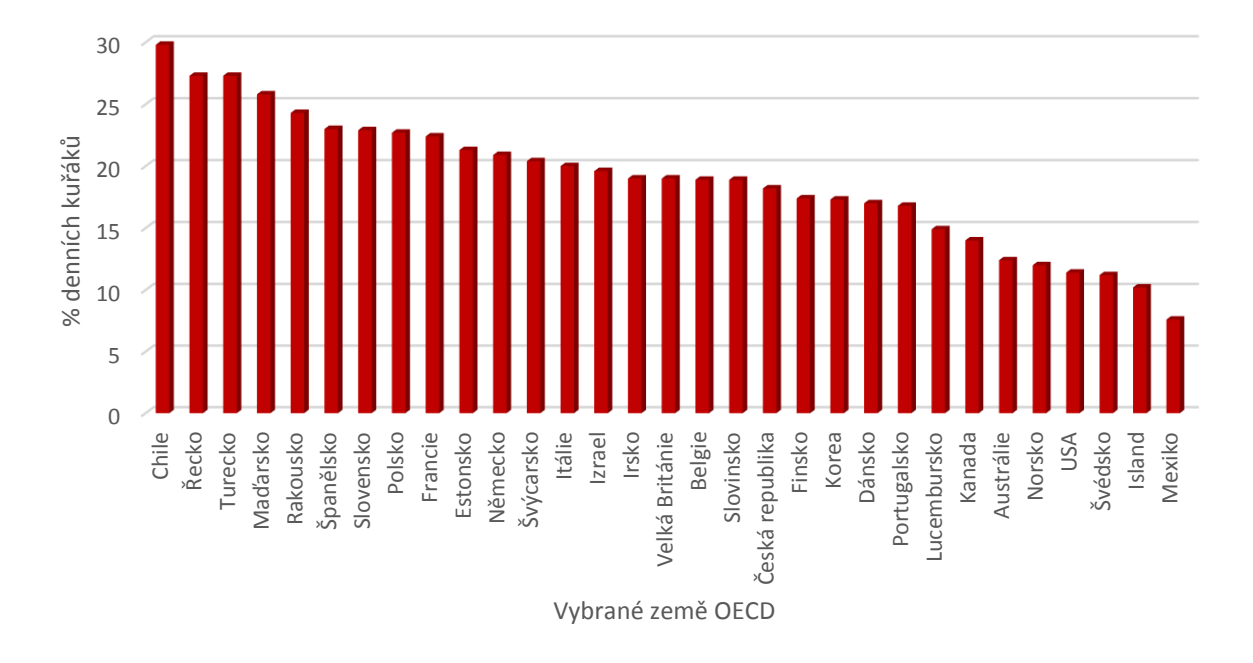
Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

Mezi největší konzumenty alkoholu v rámci pozorovaných zemí OECD patří Belgie, kde jeden člověk nad 15 let věku zkonzumuje 12,6 litrů alkoholu za rok. Ani Belgie s nejvyšším množstvím konzumace alkoholu nepřevýší maximální dávku alkoholu, která je považována za přiměřenou. Česká republika je mezi vybranými zeměmi OECD na čtvrtém místě, každý člověk nad 15 let věku u nás ročně vypije 11,5 litrů alkoholu.

- **Konzumace tabáku**

Kouření je považováno za jeden z hlavních faktorů pro kardiovaskulární riziko. Veřejnost sice správně vidí v kouření riziko rakoviny, ale je méně známo, že u daleko většího počtu kuřáků se následky projeví především v podobě kardiovaskulárního onemocnění. Riziko je způsobeno hlavně nepříznivým působením na cévní stěnu, na biochemické složení krve, zvýšenou krevní srážlivostí nebo snížením kapacity pro přenos kyslíku. Věkově standardizované riziko infarktu myokardu je u kuřáků přibližně dvojnásobné oproti nekuřákům. [10]

Obrázek 9: Spotřeba tabáku v % z celkového počtu obyvatel ve věku 15 a více let



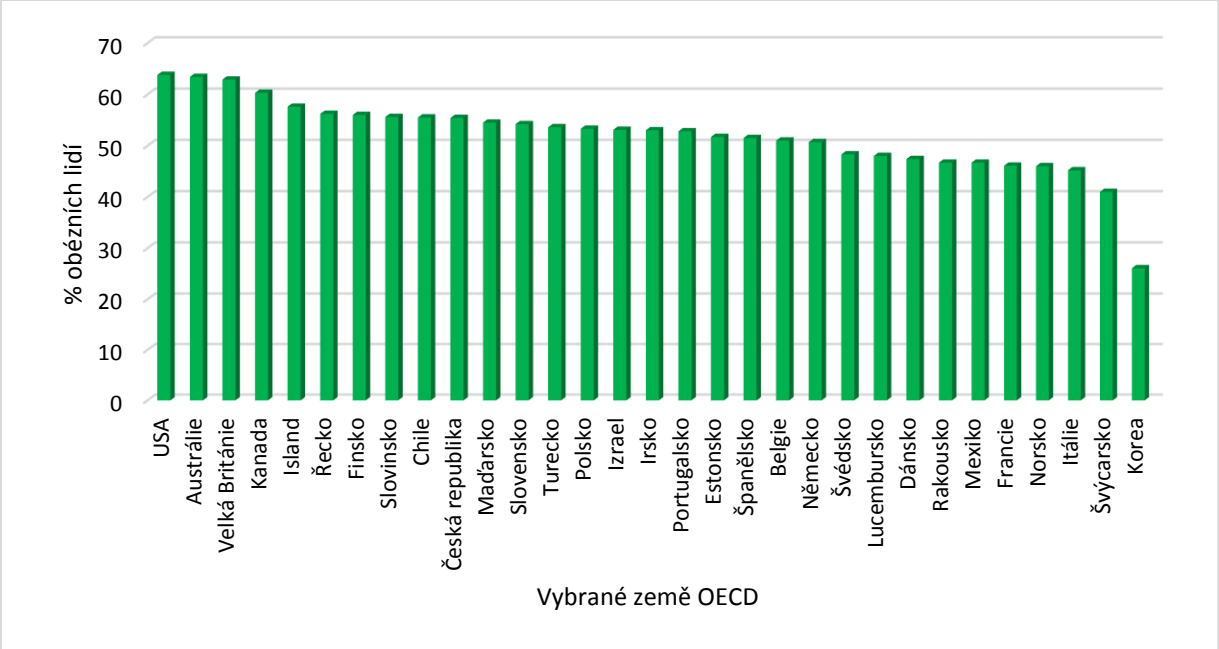
Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

Nejvíce kuřáku v rámci pozorovaných zemí OECD je v Chile, kde kouří celkem 29,8 % lidí nad 15 let věku. Česká republika je z celkem 31 pozorovaných zemí na 19. místě hned za Slovinskem. V ČR kouří celkem 18,2 % lidí nad 15 let věku. Nejméně z vybraných zemí OECD kouří lidí z Mexika, kde kouří 7,6 % jedinců ve věku nad 15 let. V ostatních zemích kouří více než 10 % lidí.

- **Obezita**

Nadváha a obezita významně přispívá nejen k riziku aterosklerózy a kardiovaskulárních onemocnění, ale i k dalším závažným onemocněním. Ukazatelem přiměřené hmotnosti je hodnota BMI, která by měla být nižší než 25. [10]

Obrázek 10: Obezita populace v % z celkového počtu obyvatel ve věku 15 a více let



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

Z vybraných zemí OECD trpí obezitou nejvíce lidé z USA, kde je obézních 63,8 % všech jedinců ve věku nad 15 let. Přes 60 % obézních lidí je také v Austrálii, Velké Británii a Kanadě. Tato čísla jsou opravdu enormní a z 31 vybraných zemí OECD je 21 zemí, kde obezita přesahuje hranici 50 % populace ve věku více než 15 let. Nejlépe z vybraných zemí je na tom Korea, kde trpí obezitou 26,1 % jedinců ve věku nad 15 let. Ve Švýcarsku je obézních 41 % lidí.

- **Skladba stravy**

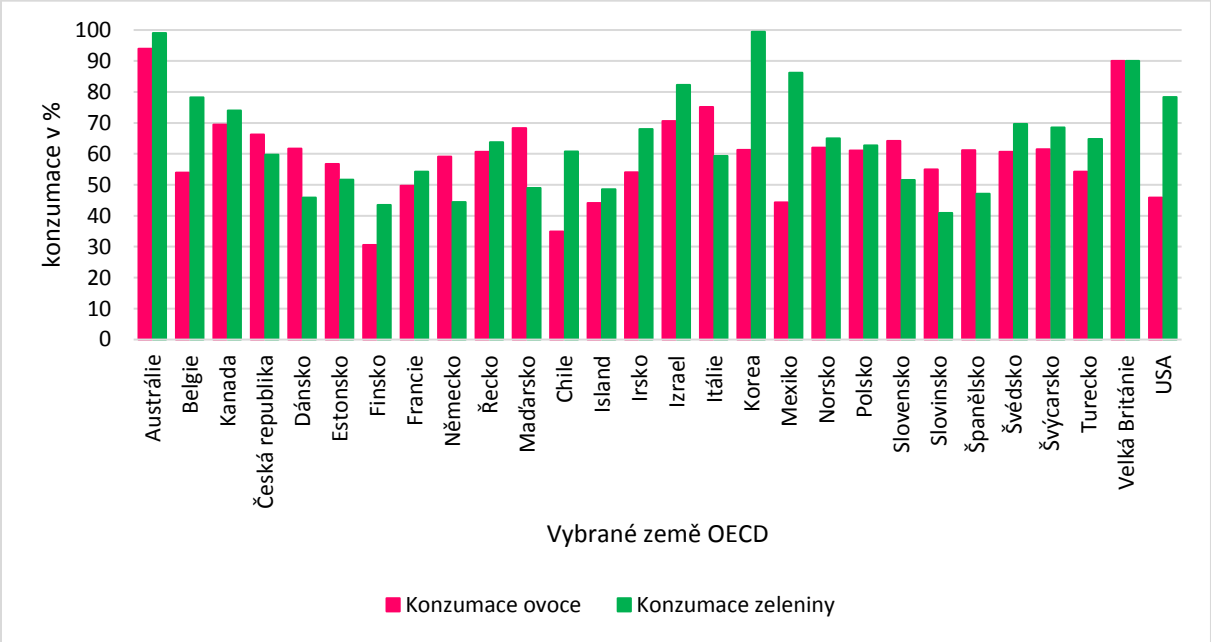
Každý může ovlivnit skladbu stravy, která má podle lékařů z Centra preventivní péče na vznik aterosklerózy zásadní význam. Pro přehlednost se dají faktory skladby stravy, které

ovlivňují toto riziko, rozčlenit na Složení a množství tuků, Energetickou hodnotu a Zastoupení zdrojů ochranných látek (vitamíny, antioxidanty, vláknina). [10]

V této práci se zaměříme na poslední členění, ke kterému lze dohledat data na testování. Je to konkrétně každodenní konzumace ovoce a zeleniny v % z celkového počtu obyvatel v dané zemi.

Je prokázáno, že v ovoci a zelenině je řada látek, převážně vitamínů, které snižují riziko aterosklerózy, oddalují a zpomalují její vznik. [10]

Obrázek 11: Každodenní konzumace ovoce a zeleniny v % z celkového počtu obyvatel



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

Na obrázku 11 můžeme vidět, že v Korea s Austrálií patří mezi největší konzumenty zeleniny z vybraných zemí OECD. V Koreji konzumuje zeleninu každý den 99,4 % obyvatel a v Austrálii 99 % lidí. Přes 90 % lidí, konkrétně 90,1 %, konzumuje každodenně zeleninu ve Velké Británii. V České republice denně konzumuje zeleninu 59,7 % obyvatel. V konzumaci ovoce je na tom Česká republika o trochu lépe, každodenně jí ovoce 66,2 % lidí. Nejvíce konzumují ovoce lidé v Austrálii, kde každý den jí ovoce 94 % obyvatel. Ve Velké Británii jedí lidé ovoce i zeleninu stejně, 90,1 % lidí jí ovoce i zeleninu každý den.

2.2 Závislost úmrtnosti na KVO na rizikových faktorech

Pokusíme se kvantifikovat intenzitu závislostí na kardiovaskulární onemocnění na rizikových faktorech, uvedených v podkapitole 2.1. V lékařských publikacích lze k tomu využít individuální data o pacientech, která my však k dispozici nemáme. Můžeme porovnat pouze pořadí zemí podle úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění a podle výše rizikových faktorů. K tomu použijeme Spearmanův koeficient pořadové korelace.

- **Spearmanův korelační koeficient**

Jde o neparametrickou metodu, která nevyžaduje normalitu dat, protože k výpočtu se využívá pořadí hodnot sledovaných veličin. Velkou výhodou této metody je to, že ji lze použít pro popis lineární i nelineární závislosti. Spearmanův korelační koeficient se nejčastěji používá pro měření síly vztahu u veličin, u kterých nepředpokládáme linearitu očekávaného vztahu nebo normální rozdělení sledovaných proměnných. Tímto korelačním koeficientem testujeme nulovou hypotézu: $H_0: r_S = 0$, což znamená, že mezi sledovanými veličinami není korelace, respektive že neexistuje shoda v pořadí sledovaných jednotek. Korelační koeficient nabývá hodnot z intervalu $\langle -1; 1 \rangle$.

K výpočtu Spearmanova korelačního koeficientu lze použít vzorec:

$$r_S = 1 - \frac{6 \times \sum_{i=1}^{n} (p_i - q_i)^2}{n \times (n^2 - 1)}$$

kde p_i, q_i jsou pořadová čísla uspořádaných hodnot sledovaných proměnných a n je počet hodnot sledovaných proměnných.

Vypočtený korelační koeficient porovnáváme s tabulkovými kritickými hodnotami Spearmanova korelačního koeficientu ($r_{S(\alpha,n)}$) pro zvolenou hladinu významnosti α a dané n. Je-li $|r_S| > r_{S(\alpha,n)}$ => koeficient pořadové korelace je významný na hladině významnosti α. Je-li $|r_S| < r_{S(\alpha,n)}$ => koeficient pořadové korelace je nevýznamný na hladině α. [3]

V této práci testujeme pomocí Spearmanova korelačního koeficientu kauzální vztah rizikových faktorů s úmrtností na kardiovaskulární onemocnění. Předpokládané rizikové

faktory jsou R1 – spotřeba tabáku, R2 – konzumace alkoholu, R3 – obezita, R4 – konzumace ovoce, R5 – konzumace zeleniny. Úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění značíme M1, M2 – úmrtnost na ischemickou chorobu srdeční a M3 – úmrtnost na cerebrovaskulární onemocnění.

Jako první testujeme rizikové faktory s celkovou úmrtností na kardiovaskulární onemocnění. Testujeme nulovou hypotézu $H_0: r_S = 0$, alternativní hypotéza je $H_1: r_S \neq 0$.

Tabulka 1: Spearmanův koeficient korelace rizikových faktorů a úmrtnosti na KVO

	Označ. korelace jsou významné na hl. p <0,05					
Proměnná	**R1**	R2	R3	R4	R5	M1
R1	1,000000	0,197478	-0,020534	0,039699	-0,334018	0,330459
R2	0,197478	1,000000	-0,005479	0,038082	-0,321096	0,195617
R3	-0,020534	-0,005479	1,000000	-0,012589	-0,004379	0,214012
R4	0,039699	0,038082	-0,012589	1,000000	0,249589	-0,147236
R5	-0,334018	-0,321096	-0,004379	0,249589	1,000000	-0,413246
M1	0,330459	0,195617	0,214012	-0,147236	-0,413246	1,000000

Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

Z výstupu ze softwaru STATISTICA12 vidíme, že existuje významná korelace mezi konzumací zeleniny a úmrtností na kardiovaskulární onemocnění. V tomto případě nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$ zamítáme, existuje zde nepřímá korelace mezi konzumací zeleniny a úmrtností na kardiovaskulární onemocnění. Nepřímá korelace znamená, že zvýšením jedné proměnné snížíme druhou, takže zvýšením konzumace zeleniny snížíme úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění. V ostatních případech nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$ nezamítáme. Na základě hodnot v posledním sloupci tabulky 1 lze konstatovat přímou korelaci pořadí podle faktorů R1 – spotřeba tabáku, R2 – konzumace alkoholu a R3 – obezita a pořadím podle úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění ve vybraných zemích OECD. Podle spotřeby tabáku je tato shoda na 33 %, podle obezity na 21,4 % a podle konzumace alkoholu na 19,6 %. Vliv faktorů, který se projeví na pořadí zemí podle úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění, rozhodně nemůžeme považovat za zanedbatelný.

Dále testujeme rizikové faktory s úmrtností na ischemickou chorobu srdeční. Testujeme nulovou hypotézu $H_0: r_S = 0$, alternativní hypotéza je $H_1: r_S \neq 0$.

Tabulka 2: Spearmanův koeficient korelace rizikových faktorů a úmrtnosti na ICHS

	Označ. korelace jsou významné na hl. p <0,05					
Proměnná	**R1**	R2	R3	R4	R5	M2
R1	1,000000	0,197478	-0,020534	0,039699	-0,334018	-0,002738
R2	0,197478	1,000000	-0,005479	0,038082	-0,321096	0,030411
R3	-0,020534	-0,005479	1,000000	-0,012589	-0,004379	0,374932
R4	0,039699	0,038082	-0,012589	1,000000	0,249589	-0,066776
R5	-0,334018	-0,321096	-0,004379	0,249589	1,000000	-0,175151
M2	-0,002738	0,030411	0,374932	-0,066776	-0,175151	1,000000

Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

Z výstupu ze softwaru STATISTICA12 vidíme, že existuje korelace mezi obezitou a úmrtností na ischemickou chorobu srdeční. V tomto případě nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$ zamítáme, existuje zde přímá korelace. Přímá korelace znamená, že zvýšením jedné proměnné zvýšíme i druhou, takže pokud se zvýší procento obézních lidí zvýší se i úmrtnost na ischemickou chorobu srdeční. V ostatních případech nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$ nezamítáme, tedy ostatní faktory nemají významný vliv na úmrtnost na ICHS.

Jako poslední testujeme korelaci rizikových faktorů a úmrtností na cerebrovaskulární onemocnění. Testujeme nulovou hypotézu $H_0: r_S = 0$, alternativní hypotéza je $H_1: r_S \neq 0$.

Tabulka 3: Spearmanův koeficient korelace rizikových faktorů a úmrtnosti na CO

	Označ. korelace jsou významné na hl. p <0,05					
Proměnná	**R1**	R2	R3	R4	R5	M3
R1	1,000000	0,197478	-0,020534	0,039699	-0,334018	0,419713
R2	0,197478	1,000000	-0,005479	0,038082	-0,321096	0,048493
R3	-0,020534	-0,005479	1,000000	-0,012589	-0,004379	0,095238
R4	0,039699	0,038082	-0,012589	1,000000	0,249589	0,020799
R5	-0,334018	-0,321096	-0,004379	0,249589	1,000000	-0,249589
M3	0,419713	0,048493	0,095238	0,020799	-0,249589	1,000000

Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

Z výstupu ze softwaru STATISTICA12 vidíme, že existuje významná pořadová korelace mezi spotřebou tabáku a úmrtností na cerebrovaskulární onemocnění. V tomto případě nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$ zamítáme, existuje zde opět přímá korelace. Pokud se zvýší procento denních kuřáků zvýší se tím i úmrtnost na cerebrovaskulární onemocnění. V ostatních případech nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$ nezamítáme.

3 Posouzení vlivu zdravotní péče a jiných faktorů na úmrtnost na KVO

V této části práce budeme posuzovat vliv zdravotní péče, kam zahrneme jak výdaje na zdravotnictví, tak i dostupnost lékařských pracovníků, dostupnost zdravotních přístrojů a další, na úmrtnost na KVO. Do dalších faktorů zahrneme hlavně rizikové faktory a ekonomické ukazatele.

3.1 Zvolené metody pro posouzení vlivu předpokládaných faktorů na KVO

Vliv předpokládaných faktorů na výskyt a úmrtnost v souvislosti s KVO lze zřejmě nejlépe posoudit analýzou kauzálních vztahů ukazatelů zdravotního stavu, resp. příčin úmrtí a ukazatelů, charakterizujících předpokládané faktory, které výskyt a úmrtí z důvodu KVO ovlivňují, zjišťovaných na souborech postihnutých osob. Tato individuální data jsou obsažena v lékařských záznamech, případně v registrech národních ústavů zdravotních informací různých zemí. Protože pro cíle této diplomové práce byla tato data nedostupná a lze využít jenom souhrnná data za zvolené státy, pro posouzení vlivu předpokládaných faktorů na KVO jsme zvolili vícerozměrné statistické metody a bodovací metodu vícerozměrného porovnání.

- **Bodovací metoda**

Bodovací metoda je vhodná pro vytvoření syntetické proměnné, která nahradí více proměnných, u kterých lze jednoznačně posoudit, zda jsou pro dosažení stanoveného cíle žádoucí jejich vysoké nebo naopak nízké hodnoty. Proměnné prvního typu budeme nazývat stimulanty a druhého typu destimulanty. Syntetická proměnná umožní uspořádat sledované vícerozměrné statistické jednotky od „nejlepších“ po „nejhorší“.

V prvním kroku této metody je třeba identifikovat, zda jsou jednotlivé proměnné stimulanty či destimulanty. Stimulanty jsou takové proměnné, kdy „velké“ hodnoty proměnné pozitivně ovlivňují analyzované procesy, jednoduše je pro naši analýzu lepší, pokud jsou tyto hodnoty větší než menší. Naopak destimulanty jsou proměnné, kdy pozitivně ovlivňují analyzované procesy „malé“ hodnoty, lepší jsou menší hodnoty než větší.

Cílem normování proměnných je možnost srovnatelnosti. Normování pro stimulanty se provádí podle vzorce

$$b_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{max,j}} \times 100.$$

Normování pro destimulanty se provádí podle vzorce

$$b_{ij} = \frac{x_{min,j}}{x_{ij}} \times 100.$$

Normované hodnoty pro každou statistickou jednotku představují při bodovací metodě procenta z nejlepší hodnoty dané proměnné (nejvyšší v případě stimulanty a nejnižší v případě destimulanty).

- **Faktorová analýza**

Faktorová analýza je vícerozměrná statistická metoda, jejíž podstatou je rozbor struktury vzájemných závislostí proměnných, na základě předpokladu, že tyto závislosti jsou důsledkem působení menšího počtu neměřitelných faktorů v pozadí, které jsou nazývány společné faktory. Cílem analýzy je tedy redukce počtu proměnných a odhalení struktury vztahů mezi proměnnými. Pomocí faktorové analýzy se snažíme vysvětlit kovarianci mezi proměnnými.

Nutnou podmínkou pro použití faktorové analýzy jsou korelace mezi původními proměnnými. Pokud jsou původní proměnné nekorelované, nemá smysl faktorovou analýzu použít, protože analýza pak nemá co objasnit. Faktorová analýza pracuje s korelační nebo kovarianční maticí a nalézá první hlavní faktor tak, aby vysvětloval největší část rozptylu datové matice. Další faktory jsou konstruovány takovým způsobem, aby byly nezávislé, a vyčerpávaly sestupně maximum celkového rozptylu.

Předpokládejme, že $\boldsymbol{x}^T = \left(x_1, x_2, \dots, x_p\right)^T$ je objekt popsaný p pozorovanými proměnnými. Obecný model faktorové analýzy předpokládá, že existuje m v pozadí stojících společných faktorů $F_1, F_{2,\dots}, F_m$, kterých je méně než p. Pak lze objekt zapsat jako lineární kombinaci společných faktorů pomocí rovnic

$$x_1 = l_{11}\times F_1 + l_{12}\times F_2 + \cdots + l_{1m\times} F_m + e_1$$

$$x_2 = l_{21}\times F_1 + l_{22}\times F_2 + \cdots + l_{2m\times} F_m + e_2$$

…

$$x_p = l_{p1}\times F_1 + l_{p2}\times F_2 + \cdots + l_{pm\times} F_m + e_p,$$

kde $F_1, F_2, \ldots, F_m$ jsou společné faktory, které vyvolávají korelace mezi p původními proměnnými. Dále jsou v modelu chybové složky $e_1, e_2, \ldots, e_p$, které se označují jako specifické faktory, které přispívají k rozptylu jednotlivých proměnných. Koeficienty l_{ij} nazýváme faktorové váhy nebo zátěže i-té proměnné na j-tém společném faktoru F_j, $i = 1, \ldots, p, j = 1, \ldots, m$. Faktorové zátěže tedy (při splnění určitých podmínek řešení) představují kovariance či korelace mezi původními a novými proměnnými. Uvedený model lze zapsat v maticovém tvaru jako

$$\boldsymbol{X} = \boldsymbol{F}\times\boldsymbol{L}^T + \boldsymbol{E},$$

kde $\boldsymbol{X}$ je datová matice rozměru n x p, $\boldsymbol{F}$ je matice rozměru n x m, jejíž sloupce jsou jednotlivé společné faktory $F_1, F_2, \ldots, F_m$, $\boldsymbol{L}$ je matice faktorových zátěží rozměru p x m a $\boldsymbol{E}$ je matice chyb s rozměrem n x p, jejíž sloupce jsou jednotlivé specifické faktory $e_1, e_{2,\ldots,} e_p$.

V našem případě použijeme metodu hlavních komponent, což je zvláštní případ faktorové analýzy, kdy je kovarianční matice chybových faktorů nulová. Tudíž se předpokládá, že prostřednictvím hlavních komponent lze proměnlivost zdrojové matice beze zbytku reprodukovat. Jde tedy o vhodnou transformaci, která beze zbytku zachovává všechnu původní variabilitu. Z hlediska faktorové analýzy pak hovoříme o úplné komplexní analýze. Jestliže při reprodukci pomocí hlavních komponent reprodukujeme pouze podstatnou část proměnlivosti, ale ne všechnu, jedná se o neúplnou komponentní analýzu. [2]

- **Shluková analýza**

Shluková analýza je vícerozměrná statistická metoda, která umožňuje roztřídit množiny objektů, které obsahují informace vícerozměrných pozorování, do několika co možná nejvíce

stejnorodých tříd. Tím je možné odhalit strukturu množiny sledovaných objektů. Metody shlukové analýzy umožňují rozčlenit zkoumané objekty do vnitřně homogenních skupin. Principem je, že uvnitř shluků jsou si objekty co nejvíce podobné. Podle systému použité klasifikace do shluků jsou známé dvě základní skupiny metod, a to hierarchické metody a nehierarchické metody. V této práci použijeme první skupinu – hierarchické metody, které se používají v praxi nejčastěji.

Hierarchické metody lze charakterizovat tak, že každý shluk je současně podmnožinou jiného shluku s výjimkou samotné množiny objektů, která je považována za maximální možný shluk. Dvě základní skupiny hierarchických metod jsou aglomerativní a divizní přístup a liší se způsobem shlukování.

Aglomerativní přístup vychází od jednotlivých objektů a postupným seskupováním buduje hierarchický systém podmnožin, až dospěje ke konečnému spojení všech objektů do jednoho shluku. Divizní přístup je založen na tom, že vychází z množiny objektů určených ke klasifikaci jako celku a jejím postupným rozdělováním získává hierarchický systém podmnožin.

Shlukovou analýzu provádíme zpravidla na množině n objektů $\{O_1, O_2, \dots, O_n\}$, z nichž každý objekt je popsán prostřednictvím p ukazatelů $\{U_1, U_2, \dots, U_p\}$, které má smysl na dané množině objektů sledovat pro dosažení stanoveného cíle. Výběr množiny sledovaných ukazatelů rozhoduje o úspěchu závěrů metody. Předpokládejme, že na objektu $O_i, i = 1, 2, \dots, n$ bylo změřeno těchto p znaků. Tím byl získán vektor $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$. Výsledkem pozorování je matice $\boldsymbol{X}$ typu $n \times p$. Tuto matici nazýváme datová matice. Jednotlivá měření čili vektory $\boldsymbol{X}_i$ tvoří řádky matice. Sloupce datové matice vyjadřují hodnoty k-tého znaku v množině objektů, $k = 1, 2, \dots, p$. Předpokládáme, že byly měřeny pouze kvantitativní znaky, a tedy že vektory $\boldsymbol{X}_i$ jsou číselné vektory. Každý z těchto vektorů pak může být zobrazen v p-rozměrném Euklidovském prostoru jako bod. To znamená, že každý ze sledovaných objektů je zobrazen v Euklidovském prostoru jako bod a přecházíme tak ke zkoumání bodové množiny a jejích rozkladů. Úkolem je rozdělení množiny pozorování do disjunktních skupin $S_1, S_2, \dots, S_m, (m \leq n)$, tzv. shluků. [4]

Základní problém u této analýzy je kvantitativně vyjádřit podobnost či vzdálenost objektů. V jednotlivých krocích analýzy posuzujeme podobnost, respektive vzdálenost dvou objektů, objektu a shluku nebo dvou shluků. [4] Aby mohla být podobnost změřena, musí být každý objekt charakterizován pomocí svých vlastností. Shlukování založené na měření podobnosti se nazývá konvenční. Označme si dva objekty A a B. Symbolicky můžeme zapsat, že

$$podobnost(A, B) = f(vlastnosti(A), vlastnosti(B)),$$

tedy podobnost dvou objektů je funkcí jejich vlastností. Uvedené pojetí je však značným zjednodušením reality a interpretace výsledných skupin může být značně obtížná.

Kromě konvenčního shlukování se používá také shlukování konceptuální. Vytvářené shluky jsou založeny na konceptuální soudružnosti, která je funkcí vlastností objektů, popisného jazyka L a okolí E. Symbolicky můžeme napsat, že

$$konceptuální\ soudružnost(A, B) = f(vlastnosti\ (A), vlastnosti\ (B), L, E),$$

kde popisný jazyk L je způsob, jakým jsou popsány třídy objektů, a okolí E je množina sousedících vzorů. Konceptuální shlukování však předpokládá, že máme k dispozici charakteristiku shluků, do kterých mohou být objekty zařazeny. [11]

K určení míry podobnosti, respektive nepodobnosti, ve shlukové analýze může sloužit funkce vzdálenosti. Nejběžnější je Euklidovská vzdálenost, počítaná podle vztahu

$$d(X_i, X_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^{p} (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

kde x_{ik} je hodnota k-tého pozorování na i-tém prvku a x_{jk} je hodnota k-tého pozorování na j-tém prvku. Tato metoda však předpokládá nekorelovanost proměnných a tento předpoklad nebývá při řešení praktických problémů často splněn. Hodnota Euklidovské vzdálenosti je závislá na jednotkách proměnných, proto je výhodné provést normovací transformaci proměnných. Mezi další způsoby výpočtu vzdáleností patří Hammingova vzdálenost,

Čebyševova vzdálenost, Minkovského vzdálenost, čtvercová Euklidovská vzdálenost nebo Mahalanobisova vzdálenost. [4]

V případě, že jsou některé znaky silně korelované, mají velký vliv na velikost vzdálenosti objektů, a tedy i na výsledek shlukování. Řešením tohoto problému může být normování údajů datové matice. Normované údaje jsou bezrozměrné, nezávisí tedy na jednotkách měření. Ve shlukové analýze se normování nazývá standardizace údajů a provádí se pomocí vztahu

$$x_{ik}^{*} = \frac{x_{ik} - \overline{x_k}}{s_k}$$

pro $i = 1, 2, \dots, n$ a $k = 1, 2, \dots, p$, kde $\overline{x_k}$ je aritmetický průměr ($\overline{x_k} = \sum x_{ik}/n$) a s_k je výběrová směrodatná odchylka

$$s_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{ik} - \overline{x_k})^2}{n-1}}.$$

nová proměnná x_{ik}^{*} má střední hodnotu 0 a směrodatnou odchylku 1. Místo výběrové směrodatné odchylky lze použít i absolutní odchylku, čímž je redukován vliv odlehlých hodnot. [11]

Prvním krokem shlukové analýzy je pomocí některé z uvedených vzdáleností vypočítat matici vzdáleností $\boldsymbol{D}$. Matice $\boldsymbol{D}$ je symetrická, má na hlavní diagonále nuly a prvky mimo diagonálu vyjadřují vzdálenosti mezi jednotlivými dvojicemi objektů. V dalším kroku je nutné se rozhodnout pro metodu shlukování. Nejčastěji používané metody shlukování jsou:

- metoda průměrné vazby pro mezishlukové vzdálenosti – kdy je vzdálenost mezi dvěma shluky počítána jako aritmetický průměr všech možných vzdáleností objektů, z nichž jeden patří do prvního shluku a druhý do druhého shluku,
- metoda průměrné vazby pro vnitroshlukové vzdálenosti – objekty dvou uvažovaných shluků se spojí do jednoho shluku a teprve pak se počítá aritmetický průměr vzdáleností,

- metoda nejbližšího souseda – vzdálenost shluků je dána minimální vzdáleností objektů,
- metoda nejvzdálenějšího souseda – určující je maximální vzdálenost objektů,
- centroidní metoda – vzdálenost mezi shluky je počítána jako euklidovská vzdálenost mezi jejich centroidy, což jsou vektory aritmetických průměrů počítané na základě všech objektů obsažených ve shluku,
- mediánová metoda – postup je obdobný jako v předchozím případě s tou výjimkou, že jsou brány v úvahu velikosti shluků (počty jejich prvků),
- Wardova metoda – spojují se shluky, u nichž je přírůstek celkového vnitroskupinového součtu čtverců odchylek jednotlivých hodnot od shlukového průměru minimální. [11]

Ke grafickému znázornění hierarchické struktury slouží dendrogram. Na jednu osu se nanášejí hodnoty vzdáleností, na druhé ose jsou jednotlivé objekty seřazené podle toho, jak se postupně spojují do shluků. [4] Jde o stromový diagram, který znázorňuje postupné shlukování jednak jednotlivých objektů i shluků vytvořených v předchozích krocích. Dendrogram je buď v horizontální (objekty jsou uvedeny na ose Y) nebo vertikální (objekty jsou uvedeny na ose X) podobě. [11]

Ke stanovení počtu shluků se obvykle používají dva základní přístupy, a to heuristické procedury a formální testy. Jako nejjednodušší případ heuristických procedur lze uvést navržení poštu shluků na základě dendrogramu, v němž mohou být znázorněny výrazné shluky. Jiný graf, který může být použit je graf vlastních čísel (scree plot), který se používá ve faktorové analýze. [11]

3.2 Výsledky aplikace zvolených metod

- **Výsledky aplikace bodovací metody**

V našem případě použijeme normování dat pomocí bodovací metody z důvodu jejich porovnatelnosti a možnosti vytvoření syntetických proměnných. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 4. Pro tuto metodu použijeme tyto proměnné: M1 – úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel, M2 – úmrtnost na ischemickou chorobu srdeční na 100 000

obyvatel, M3 – úmrtnost na cerebrovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel, Z1 – veřejné výdaje na zdravotnictví na obyvatele, Z2 – počet lékařů (hustota na 1.000 obyvatel), Z3 – počet sester (hustota na 1.000 obyvatel), Z8 – běžné výdaje na zdravotnictví na obyvatele, Z9 – průměrná délka pobytu podle diagnózy pro akutní infarkt myokardu ve dnech, R1 – spotřeba tabáku v % populace (věk 15+), R2 – konzumace alkoholu v litrech na obyvatele (věk 15+), R3 – Obezita populace v % z celkového počtu obyvatel (věk 15+),S1 – HDP/obyvatele, S3 – Očekávaná délka života při narození.

Tabulka 4: Normování dat pomocí bodovací metody a vytvořené syntetických proměnných

Country	M1	M2	M3	Z8	Z1	Z2	Z3	Z9	R1	R2	R3	S1	S3	F1	F2	F3	F4
Australia	82,99	44,50	79,34	44,37	52,49	53,90	66,09	41,22	61,29	14,14	41,17	19,30	98,92	68,94	59,11	51,61	38,87
Austria	52,30	28,99	79,52	52,25	69,66	79,33	44,83	61,83	31,28	11,38	55,89	47,39	97,96	53,60	72,68	61,58	32,85
Belgium	76,60	69,98	77,14	48,84	66,48	46,90	54,60	52,67	40,21	11,11	51,18	44,15	97,72	74,57	70,94	53,90	34,17
Canada	85,74	40,77	99,18	49,94	61,71	40,54	54,60	41,98	54,29	17,28	43,28	41,62	97,84	75,23	69,73	49,76	38,28
Czech Republic	35,77	16,03	41,83	23,41	34,45	58,66	45,98	46,56	41,76	12,17	47,11	32,81	94,72	31,21	63,76	41,81	33,68
Denmark	83,65	63,87	70,51	52,26	77,11	57,55	93,68	29,77	44,71	14,74	55,06	47,09	97,00	72,67	72,05	62,07	38,17
Estonia	30,97	18,03	61,92	17,70	24,04	52,15	35,63	69,47	35,68	13,59	50,48	27,78	92,68	36,97	60,23	39,80	33,25
Finland	56,38	25,87	57,03	39,50	51,85	48,01	81,03	63,36	43,68	16,47	46,61	40,71	97,60	46,43	69,15	56,75	35,59
France	100,00	96,45	100,00	47,33	65,19	52,94	54,02	45,80	33,93	11,76	56,62	39,23	99,40	98,82	69,31	53,06	34,10
Germany	53,70	35,95	75,37	55,30	73,83	64,39	74,71	78,63	36,36	12,73	51,48	46,18	97,48	55,01	71,83	69,37	33,52
Greece	54,78	46,34	40,47	27,16	31,14	100,00	20,69	46,56	27,84	18,67	46,44	25,24	97,84	47,20	61,54	45,11	30,98
Hungary	27,61	12,96	32,09	19,73	22,31	51,03	36,78	60,31	29,46	12,84	47,89	25,23	91,12	24,22	58,18	38,03	30,06
Chile	68,68	59,47	50,77	18,43	15,04	29,89	32,18	67,94	25,50	19,44	47,03	22,20	95,68	59,64	58,94	32,70	30,66
Iceland	71,22	36,40	84,54	42,20	59,59	57,55	89,08	41,98	74,51	18,67	45,31	48,33	99,52	64,05	73,93	58,08	46,16
Ireland	60,53	29,92	66,00	42,04	50,38	42,77	71,26	54,20	40,00	12,84	49,25	66,37	97,72	52,15	82,05	52,13	34,03
Israel	95,07	59,56	92,09	27,86	28,99	54,53	28,16	45,80	38,78	53,85	49,15	35,85	98,68	82,24	67,26	37,07	47,26
Italy	62,00	45,18	53,72	35,31	47,79	62,00	35,06	59,54	38,00	18,42	57,74	36,07	99,88	53,63	67,97	47,94	38,05
Korea	96,70	100,00	50,42	26,10	25,53	34,50	29,89	100,00	43,93	15,38	100,00	33,96	98,20	82,37	66,08	43,20	53,11
Luxembourg	74,65	64,52	88,26	50,16	72,43	44,67	68,39	52,67	51,01	12,61	54,38	100,00	98,80	75,81	99,40	57,67	39,33
Mexico	56,99	26,32	62,46	12,03	10,76	34,34	14,94	50,38	100,00	26,92	55,89	17,57	89,80	48,59	53,68	24,49	60,94
Norway	77,42	52,85	76,16	67,28	100,00	68,52	95,98	30,53	63,33	23,33	56,74	56,03	98,68	68,81	77,36	72,46	47,80
Poland	36,12	38,85	45,35	17,56	21,69	35,61	30,46	47,33	33,48	13,33	48,97	25,97	93,28	40,11	59,62	30,53	31,93
Portugal	67,31	69,09	42,27	28,86	33,60	67,73	35,06	60,31	45,24	14,14	49,43	28,94	97,48	59,56	63,21	45,11	36,27
Slovak Republic	32,04	13,07	32,58	23,07	29,95	53,90	33,33	37,40	33,19	13,73	48,15	28,95	92,32	25,90	60,63	35,53	31,69
Slovenia	49,75	50,26	45,70	28,82	35,80	41,81	47,70	56,49	40,21	12,17	46,94	31,09	97,48	48,57	64,29	42,12	33,11
Spain	85,28	71,43	83,37	33,26	41,62	60,57	29,31	55,73	33,04	14,29	50,68	34,31	100,00	80,03	67,16	44,10	32,67
Sweden	62,47	38,50	70,37	56,28	82,83	63,75	64,37	35,88	67,86	19,44	54,04	46,40	98,80	57,11	72,60	60,62	47,11
Switzerland	73,33	48,91	97,04	72,59	83,89	64,23	100,00	55,73	37,25	14,74	63,66	59,47	100,00	73,09	79,73	75,29	38,55
Turkey	39,93	26,01	35,81	10,80	14,81	27,98	10,34	37,40	27,84	100,00	48,69	23,29	93,64	33,92	58,46	20,27	58,84
United Kingdom	74,23	38,74	67,86	37,12	56,26	44,04	47,13	54,20	40,00	14,74	41,49	40,33	97,72	60,27	69,02	47,75	32,08
United States	63,04	33,51	86,99	100,00	84,27	40,70	63,79	41,22	66,67	15,91	40,91	54,20	94,72	61,18	74,46	66,00	41,16

Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

Po normovaní vytvoříme čtyři syntetické proměnné: F1 – skóre úmrtnosti na KVO, F2 – skóre ekonomické situace, F3 – skóre zdravotní péče, F4 – skóre faktorů životního stylu. Tyto proměnné vytvoříme jako aritmetický průměr z vybraných proměnných. Jak můžeme vidět v tabulce č. 4 první syntetická proměnná F1 je tvořena z proměnných M1 – úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel, M2 – úmrtnost na ischemickou chorobu srdeční na 100 000 obyvatel a M3 – úmrtnost na cerebrovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel. Druhá syntetická proměnná F2 obsahuje proměnné S1 – HDP/obyvatele a S3 – Očekávaná délka života při narození. Třetí syntetická proměnná F3 je tvořena z Z1 – veřejné výdaje na zdravotnictví na obyvatele, Z2 – počet lékařů (hustota na 1.000 obyvatel), Z3 – počet sester (hustota na 1.000 obyvatel), Z8 – běžné výdaje na zdravotnictví na obyvatele a Z9 – průměrná délka pobytu podle diagnózy pro akutní infarkt myokardu ve dnech. Poslední čtvrtá

syntetická proměnná F4 obsahuje proměnné R1 – spotřeba tabáku v % populace (věk 15+), R2 – konzumace alkoholu v litrech na obyvatele (věk 15+) a R3 – Obezita populace v % z celkového počtu obyvatel (věk 15+).

Poté posoudíme závislost mezi jednotlivými syntetickými proměnnými ve vybraných zemích pomocí Spearmanova koeficientu korelace.

Tabulka 5: Hodnoty Spearmanova koeficientu korelace syntetických proměnných

	Označ. korelace jsou významné na hl. p <0,05			
Proměnná	F1	F2	F3	F4
F1	1,000000	0,483065	0,427823	0,417339
F2	0,483065	1,000000	0,870565	0,286290
F3	0,427823	0,870565	1,000000	0,248387
F4	0,417339	0,286290	0,248387	1,000000

Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

V tabulce 5 vidíme shodu pořadí vybraných zemí podle F1 – skóre úmrtnosti na KVO a F2 – skóre ekonomických ukazatelů na 48,31 %. Další významná shoda pořadí je u syntetických proměnných F1 – skóre úmrtnosti na KVO a F3 – skóre zdravotní péče, kde je shoda 42,78 %. Významná shoda je také u F1 – skóre úmrtnosti na KVO a F4 – skóre faktorů životního stylu, a to konkrétně 41,73 %. Poslední významná shoda je u syntetických proměnných F2 – skóre ekonomických ukazatelů a F3 – skóre zdravotní péče, tato shoda je nejvyšší a to 87,06 %.

- **Výsledky aplikace faktorové analýzy**

Přestože první fáze faktorové analýzy probíhá stejně jako u metody hlavních komponent, interpretace výsledků je jiná, což je způsobeno rotací faktorů ve druhé fázi analýzy. Rotace faktorů slouží k usnadnění interpretace. Cílem je řešení, kde některé faktorové zátěže jsou maximalizovány a jiné minimalizovány. Existuje několik možností rotace faktorů, mohou být ortogonální nebo neortogonální. Ortogonální rotace zachovává nezávislost faktorů, které jsou nekorelovány. U neortogonální rotace jsou nové faktory do určité míry korelované. Nejznámější metody ortogonální rotace jsou varimax, kterou použijeme v naší

práci, a quartimax. Rotace varimax maximalizuje sumu rozptylů všech faktorů. Quarimax rotace minimalizuje počet faktorů, které jsou potřeba k vysvětlení variability všech proměnných. [2]

V prvním kroku zkontrolujeme nutnou podmínku pro faktorovou analýzu a to korelaci mezi původními proměnnými. Pro faktorovou analýzu použijeme tyto proměnné: M1 – úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel, M2 – úmrtnost na ischemickou chorobu srdeční na 100 000 obyvatel, M3 – úmrtnost na cerebrovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel, Z1 – veřejné výdaje na zdravotnictví na obyvatele, Z2 – počet lékařů (hustota na 1.000 obyvatel), Z3 – počet sester (hustota na 1.000 obyvatel), Z4 – celkový počet nemocničních lůžek (na 1.000 obyvatel), Z5 – léčebná lůžka akutní péče (na 1.000 obyvatel), Z6 – MRI jednotky na milion obyvatel, Z7 – CT scannery na milion obyvatel, R1 – spotřeba tabáku v % populace (věk 15+), R2 – konzumace alkoholu v litrech na obyvatele (věk 15+), S1 – HDP/obyvatele, S2 – medián příjmů.

Tabulka 6: Matice Spearmanova koeficientu korelace mezi proměnnými

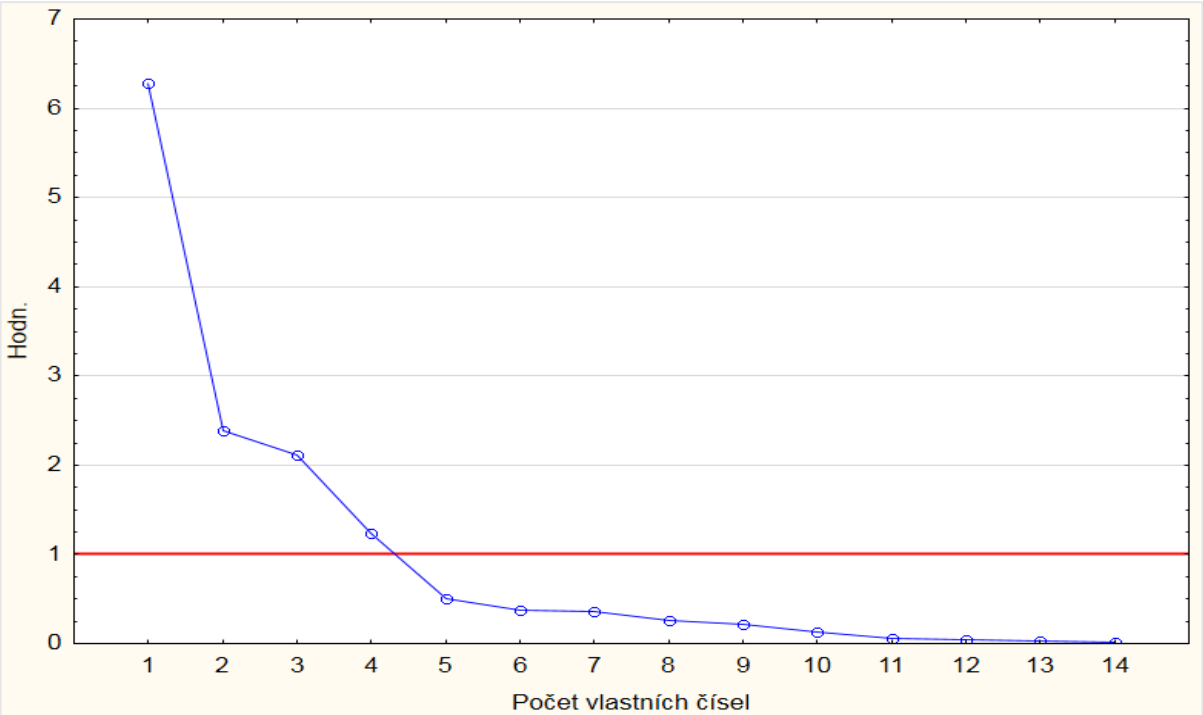
	Označ. korelace jsou významné na hl. p <,05000													
Proměnná	**M1**	M2	M3	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	R1	R2	S1	S2
M1	1,000000	0,820158	0,731225	-0,592885	-0,117618	-0,408204	0,475649	0,563874	-0,221893	-0,310353	0,391004	0,206880	-0,544466	-0,663043
M2	0,820158	1,000000	0,517787	-0,293478	-0,068693	-0,085495	0,286279	0,270324	-0,060786	-0,225352	0,210084	-0,006929	-0,197628	-0,343874
M3	0,731225	0,517787	1,000000	-0,753953	-0,104769	-0,563874	0,122621	0,295033	-0,379540	-0,393872	0,251607	-0,074239	-0,747036	-0,751976
Z1	-0,592885	-0,293478	-0,753953	1,000000	0,283173	0,805535	-0,183436	-0,297010	0,476896	0,463553	-0,482452	-0,087107	0,906126	0,895257
Z2	-0,117618	-0,068693	-0,104769	0,283173	1,000000	-0,017301	-0,003956	0,068710	0,547454	0,571923	0,062299	-0,370545	0,082036	0,168520
Z3	-0,408204	-0,085495	-0,563874	0,805535	-0,017301	1,000000	-0,175074	-0,356401	0,354424	0,355907	-0,634858	-0,138614	0,806029	0,827774
Z4	0,475649	0,286279	0,122621	-0,183436	-0,003956	-0,175074	1,000000	0,918150	-0,123145	-0,085559	0,469206	0,640664	-0,277874	-0,371323
Z5	0,563874	0,270324	0,295033	-0,297010	0,068710	-0,356401	0,918150	1,000000	-0,148789	-0,057341	0,529790	0,616337	-0,388930	-0,496664
Z6	-0,221893	-0,060786	-0,379540	0,476896	0,547454	0,354424	-0,123145	-0,148789	1,000000	0,774839	-0,073177	-0,412872	0,449222	0,503583
Z7	-0,310353	-0,225352	-0,393872	0,463553	0,571923	0,355907	-0,085559	-0,057341	0,774839	1,000000	-0,231397	-0,337624	0,442303	0,498641
R1	0,391004	0,210084	0,251607	-0,482452	0,062299	-0,634858	0,469206	0,529790	-0,073177	-0,231397	1,000000	0,303046	-0,536332	-0,598616
R2	0,206880	-0,006929	-0,074239	-0,087107	-0,370545	-0,138614	0,640664	0,616337	-0,412872	-0,337624	0,303046	1,000000	-0,079683	-0,278149
S1	-0,544466	-0,197628	-0,747036	0,906126	0,082036	0,806029	-0,277874	-0,388930	0,449222	0,442303	-0,536332	-0,079683	1,000000	0,912055
S2	-0,663043	-0,343874	-0,751976	0,895257	0,168520	0,827774	-0,371323	-0,496664	0,503583	0,498641	-0,598616	-0,278149	0,912055	1,000000

Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

Z výstupu vidíme, že existuje korelace mezi proměnnými. Všechny červeně zvýrazněné korelace jsou významné na hladině významnosti α, v našem případě α = 0,05. Protože tabulka ukazuje, že jsou v datech silné korelace mezi některými proměnnými, použijeme faktorovou analýzu k nalezení skrytých faktorů.

U faktorové analýzy se nejdříve podíváme na graf vlastních čísel a tabulku vlastních čísel, abychom určili optimální počet společných faktorů.

Obrázek 12: Graf vlastních čísel (Scree plot)



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

Z grafu vlastních čísel můžeme vidět, že pro faktorovou analýzu je vhodné zvolit čtyři společné faktory, protože jejich vlastní čísla jsou větší než 1 a společně vysvětlují 85,83 % variability původních proměnných.

Tabulka 7: Vlastní čísla faktorů

	Extrakce: Hlavní komponenty			
Hodn.	**vl. číslo**	% celk. rozptylu	Kumulativ. vlast. číslo	Kumulativ. %
1	6,275417	44,82441	6,27542	44,82441
2	2,385131	17,03665	8,66055	61,86106
3	2,117449	15,12463	10,77800	76,98569
4	1,238154	8,84396	12,01615	85,82965

Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

Faktory můžeme interpretovat takto: Faktor 1 – všeobecný faktor sociálních a zdravotních podmínek, Faktor 2 – faktor rizikových faktorů a počtu nemocničních lůžek,

Faktor 3 – faktor počtu lékařů a technického vybavení a Faktor 4 – faktor úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění. Využili jsme přitom faktorové zátěže z tabulky 8, které informují, jaká je korelace mezi danou proměnnou a příslušným faktorem, jinými slovy jsou to koeficienty míry intenzity lineární závislosti mezi proměnnou a faktorem.

Tabulka 8: Faktorové zátěže

Proměnná	Extrakce: Hlavní komponenty (Označené zatěže jsou >,700000) Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
M1	0,382422	0,280416	-0,191221	-0,824743
M2	0,185697	0,175699	-0,158944	-0,901024
M3	0,623482	0,022799	-0,108363	-0,657562
Z1	-0,879668	-0,049329	0,195902	0,301330
Z2	0,205148	-0,005278	0,845012	0,060064
Z3	-0,903009	-0,203482	0,152945	0,031663
Z4	0,028898	0,915918	0,053884	-0,278826
Z5	0,166336	0,908622	0,147119	-0,240269
Z6	-0,269025	0,032108	0,849040	0,172377
Z7	-0,275225	-0,013241	0,842968	0,152925
R1	0,639608	0,580008	0,089901	-0,029087
R2	0,079489	0,790811	-0,493659	0,130807
S1	-0,814400	0,028972	-0,063435	0,263943
S2	-0,873282	-0,165618	0,173117	0,317159

Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

V tabulce 9 můžeme vidět skóre faktorů pro jednotlivé vybrané země. Na následujících obrázcích jsou bodové grafy, prezentující závislost Faktora 4 – faktor úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění od ostatních faktorů.

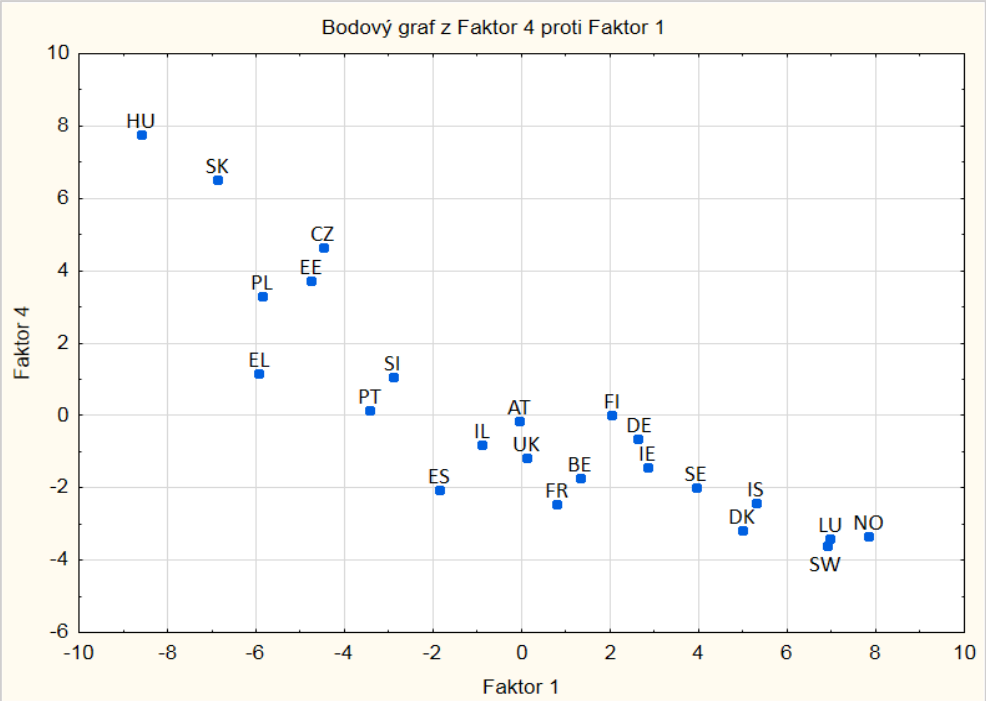
Tabulka 9: Hodnoty hlavních faktorů pro jednotlivé země

Případ	Rotace: Varimax pr. Extrakce: Hlavní komponenty			
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
Austria	-0,04439	5,13910	2,49774	-0,135832
Belgium	1,31773	2,05703	-1,27243	-1,73167
Czech Rep.	-4,49277	3,32581	-2,67593	4,64664
Denmark	4,97638	-3,11901	2,23711	-3,16449
Estonia	-4,76891	1,67518	-2,04302	3,71511
Finland	2,03777	-1,52092	0,82329	-0,00173
France	0,79575	1,51434	-1,17287	-2,44501
Germany	2,63541	4,15158	4,01181	-0,65284
Greece	-5,93173	1,06773	5,14321	1,15438
Hungary	-8,58756	4,59752	-4,68223	7,77513
Iceland	5,29334	-4,69506	3,15958	-2,40628
Ireland	2,84315	-2,00301	-1,87857	-1,42962
Italy	-0,88954	-2,13809	2,86189	-0,81699
Luxembourg	6,97128	-0,07561	-0,75759	-3,40588
Norway	7,82606	-5,25021	2,69543	-3,35098
Poland	-5,87137	3,31029	-3,63388	3,31239
Portugal	-3,43608	-1,49026	-0,80992	0,13584
Slovak Rep.	-6,87612	3,27505	-2,69164	6,51408
Slovenia	-2,90647	0,92577	-3,22344	1,07219
Spain	-1,86013	-1,59394	-0,23036	-2,04042
Sweden	3,95481	-5,12463	1,04462	-1,98376
Switzerland	6,89268	-1,53325	3,59717	-3,59467
United Kingdom	0,12069	-2,49541	-2,99992	-1,16548

Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

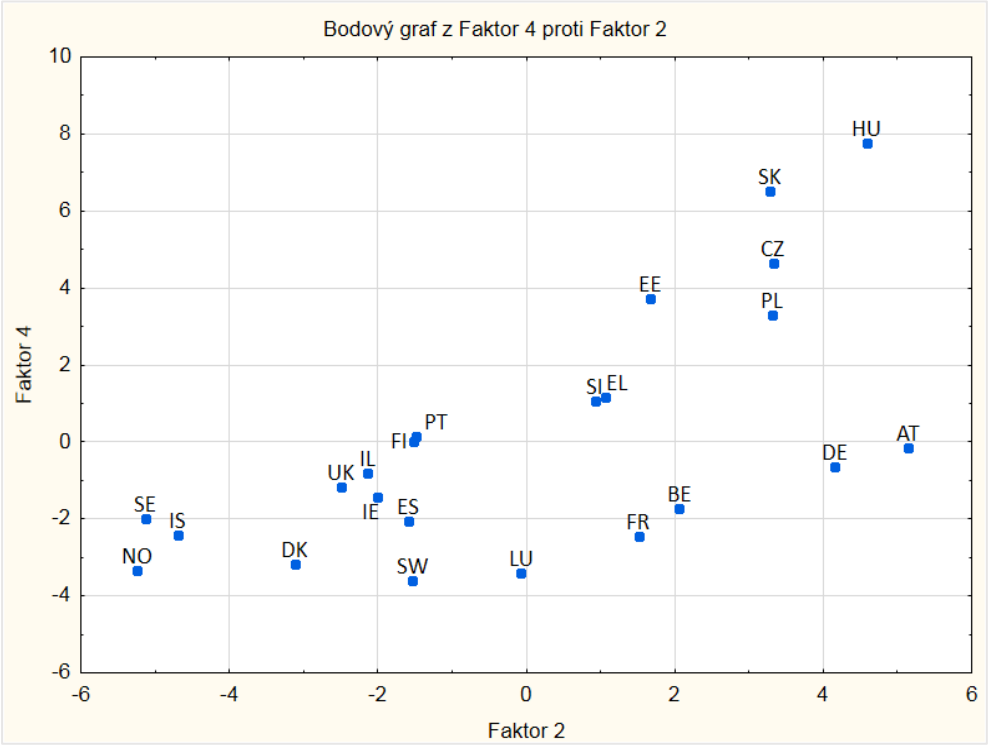
Na obrázku 13 vidíme bodový graf závislosti Faktoru úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění (Faktor 4) a Všeobecného faktoru sociálních a zdravotních podmínek (Faktor 1). Můžeme vidět, že čím vyšší je Faktor 1 – Všeobecný faktor sociálních a zdravotních podmínek, tím nižší je Faktor 4 – Faktor úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění. Nejhorší situace je v bývalých socialistických zemích, Maďarsku, Slovenské republice, Polsku, Estonsku a České republice, ve kterých jsou nízké hodnoty Faktoru 1 a vysoké hodnoty Faktoru 4. K těmto zemím se zařadilo také Řecko. Nejlepší situace, charakterizována vysokými hodnotami Faktoru 1 nízkými hodnotami Faktoru 4 je v zemích Norsko, Švýcarsko a Lucembursko.

Obrázek 13: Závislost Faktoru 4 od hodnot Faktoru 1



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

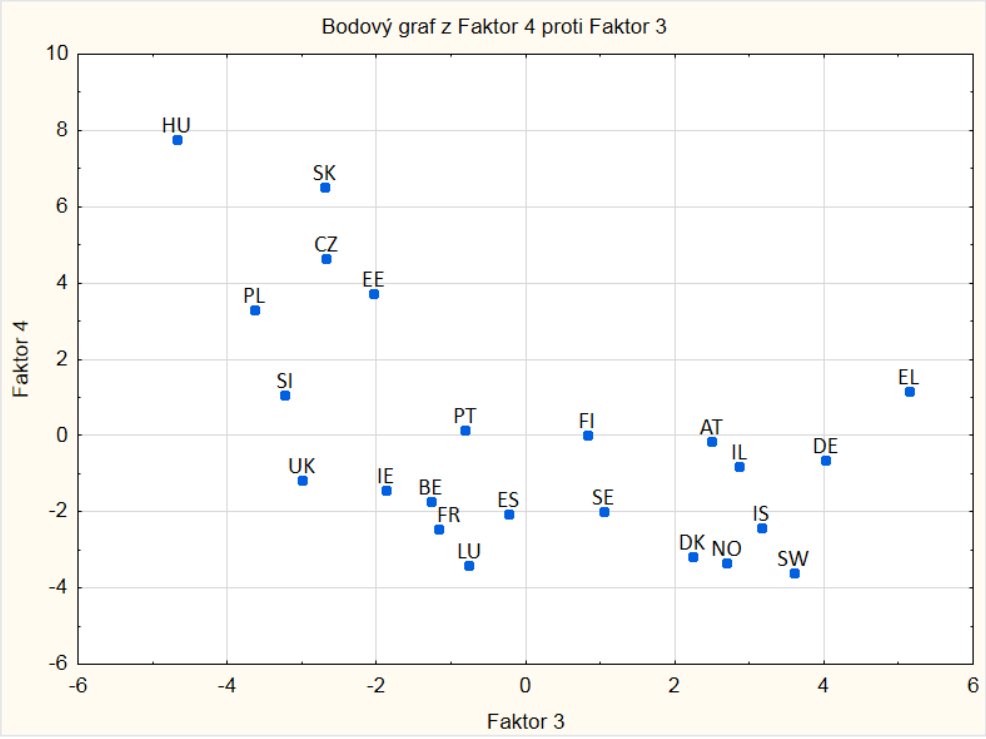
Obrázek 14: Závislost Faktoru 4 od hodnot Faktoru 2



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

Z bodového grafu na obrázku 14 vidíme závislost Faktoru 4 – Faktoru úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění a Faktoru 2 – Faktoru rizikových faktorů a počtu nemocničních lůžek. Vidíme, že čím nižší jsou hodnoty rizikových faktorů a počtu nemocničních lůžek, tím nižší je i Faktor úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění. Znovu se potvrdila nejlepší situace v Norsku, velmi podobná situace, teda velmi nízké hodnoty aj rizikových faktorů aj úmrtnosti na kardiovaskulární choroby je v zemích Švédsko a Island. Nejhorší situace podle těchto dvou faktorů je znovu v zemích Maďarsko, Slovensko, Polsko a Česká republika. Pro Maďarsko jsou zaznamenány nejvyšší hodnoty obou faktorů. Vysoké hodnoty rizikových faktorů jsou také v Německu a Rakousku, no zřejmě v důsledku některých pozitivních vlivů jsou hodnoty Faktoru 1 relativně nízké.

Obrázek 15: Závislost Faktoru 4 od hodnot Faktoru 3



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

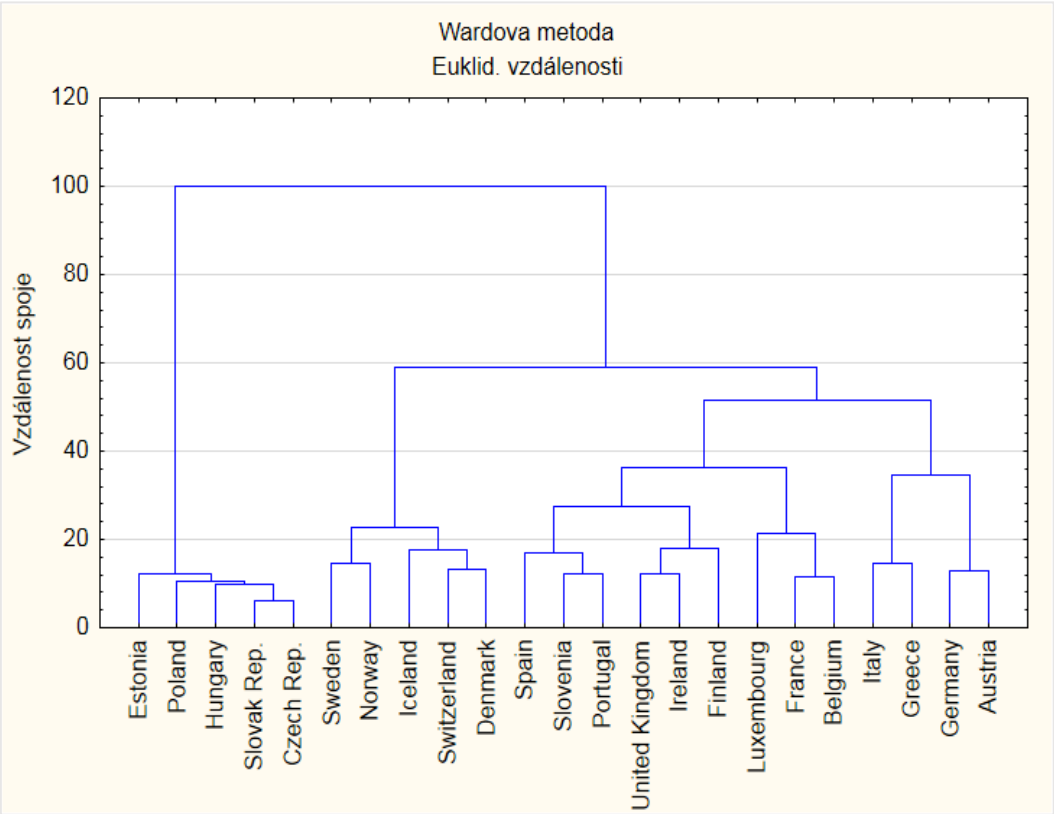
Na obrázku 15 vidíme bodový graf závislosti Faktoru 4 – Faktoru úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění od Faktoru 3 – Faktoru počtu lékařů a technického vybavení. Státy, ve kterých jsou nízká hodnoty faktoru počtu lékařů a technického vybavení a vysoké hodnoty faktoru úmrtnosti na KVO jsou znovu Maďarsko, Slovenská a Česká republika, Polsko

a Estonsko. V zemích Slovinsko a Spojené království je při nízké úrovni počtu lékařů a technického vybavení poměrně nízká hodnota úmrtnosti na KVO. V dalších zemích se při rostoucí úrovni počtu lékařů a technického vybavení úmrtnost na KVO dále nesnižuje.

- **Výsledky aplikace shlukové analýzy**

Pro shlukovou analýzu použijeme stejné proměnné jako pro faktorovou analýzu: M1 – úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel, M2 – úmrtnost na ischemickou chorobu srdeční na 100 000 obyvatel, M3 – úmrtnost na cerebrovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel, Z1 – veřejné výdaje na zdravotnictví na obyvatele, Z2 – počet lékařů (hustota na 1.000 obyvatel), Z3 – počet sester (hustota na 1.000 obyvatel), Z4 – celkový počet nemocničních lůžek (na 1.000 obyvatel), Z5 – léčebná lůžka akutní péče (na 1.000 obyvatel), Z6 – MRI jednotky na milion obyvatel, Z7 – CT scannery na milion obyvatel, R1 – spotřeba tabáku v % populace (věk 15+), R2 – konzumace alkoholu v litrech na obyvatele (věk 15+), S1 – HDP/obyvatele, S2 – medián příjmů.

Obrázek 16: Grafické znázornění shluků vybraných zemí OECD



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6], výstup ze STATISTICA12

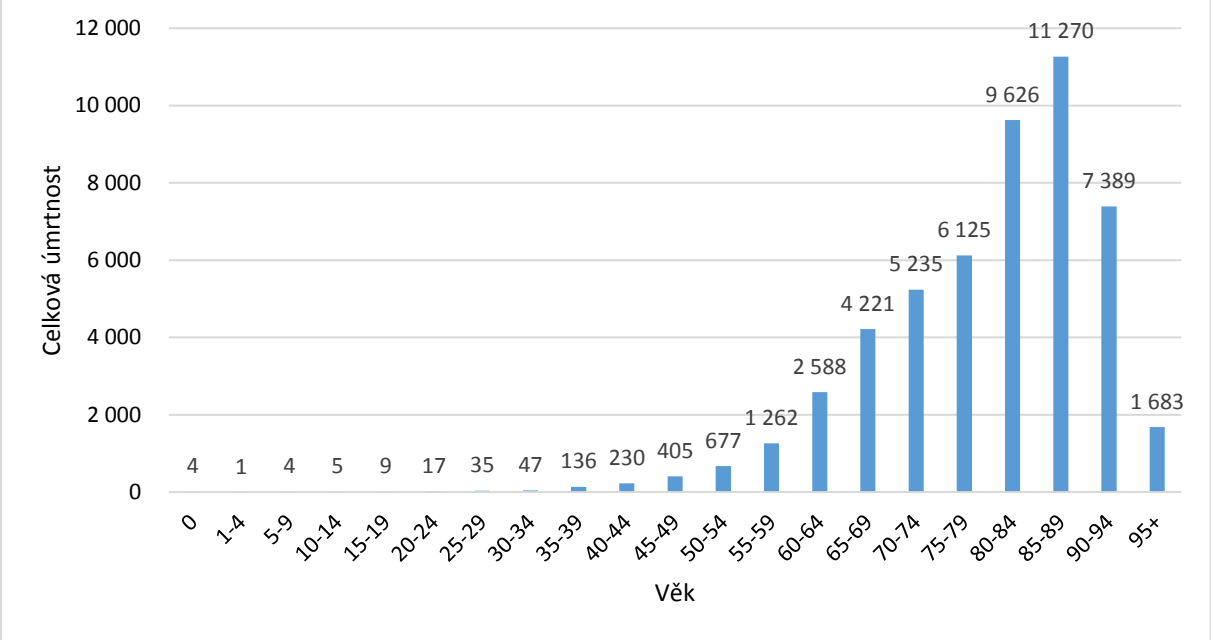
V dendrogramu na obrázku 16 můžeme vidět podobnost jednotlivých vybraných zemí OECD. Pro interpretaci si rozdělme si vybrané země OECD na 7 shluků. V prvním shluku je Česká republika se Slovenskem, Maďarskem, Polskem a Estonskem. Dá se tedy říci, že první shluk jsou postkomunistické státy. Ve druhém shluku je Švédsko s Norskem a Dánsko, Švýcarsko a Island, dalo by se texy říci, že ve druhém shluku jsou severské země se Švýcarskem. Ve třetím shluku jsou Španělsko s Portugalskem a Slovinskem. Ve čtvrtém shluku jsou Spojené Království s Irskem a Finskem. Další, pátý, shluk je tvořen Belgií, Francií a Lucemburskem, které spolu sousedí. Šestý shluk je tvořen Itálií a Řeckem, což jsou státy jižní Evropy. A poslední sedmý shluk je tvořen Německem a Rakouskem.

Pro stanovení optimálního počtu shluků se dá použít také graf vlastních čísel z faktorové analýzy. Díky tomu, že jsme pro faktorovou analýzu i pro shlukovou analýzu použili stejná data, můžeme určit optimální počet shluků podle grafu vlastních čísel (Obrázek 12). Podle grafu je optimální počet shluků čtyři. V tomto případě je první shluk stejný, jako v předchozím případě, a to Česká republika se Slovenskem, Maďarskem, Polskem a Estonskem. Ve druhém shluku je Švédsko s Norskem a Dánsko, Švýcarsko a Island. Ve třetím shluku jsou Španělsko s Portugalskem a Slovinskem společně s Spojeným Královstvím, Irskem a Finskem a dále s Belgií, Francií a Lucemburskem. Poslední čtvrtý shluk je tvořen Itálií a Řeckem společně s Německem a Rakouskem.

4 Závislost úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění na věku a pohlaví

Pro zkoumání závislosti úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění na věku a pohlaví budeme kvůli dostupnosti dat pracovat s daty pouze za Českou republiku. Nejprve budeme sledovat úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění pro různé věkové kategorie v České republice v roce 2015.

Obrázek 17: Úmrtnost podle věku na KVO v České republice, rok 2015



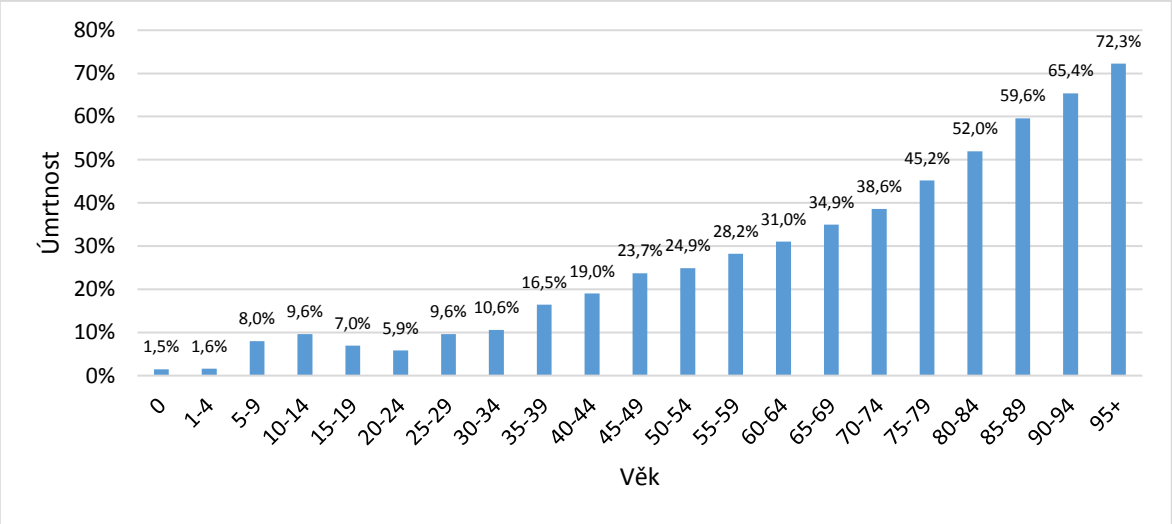
Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

Můžeme vidět, že s přibývajícím věkem se úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění zvyšuje až do věku 85 – 89 let, poté začne klesat, zřejmě z důvodu nízkého počtu jedinců ve vysokých věkových kategoriích. Výstižnější je následující graf, který charakterizuje úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění v % z celkové úmrtnosti v jednotlivých věkových skupinách.

Na obrázku 18 můžeme vidět, kolik % lidí zemřelo v jednotlivých věkových skupinách na kardiovaskulární onemocnění z celkového počtu zemřelých v daných věkových skupinách. Vidíme tedy, že s přibývajícím věkem roste poměr úmrtí na kardiovaskulární onemocnění k

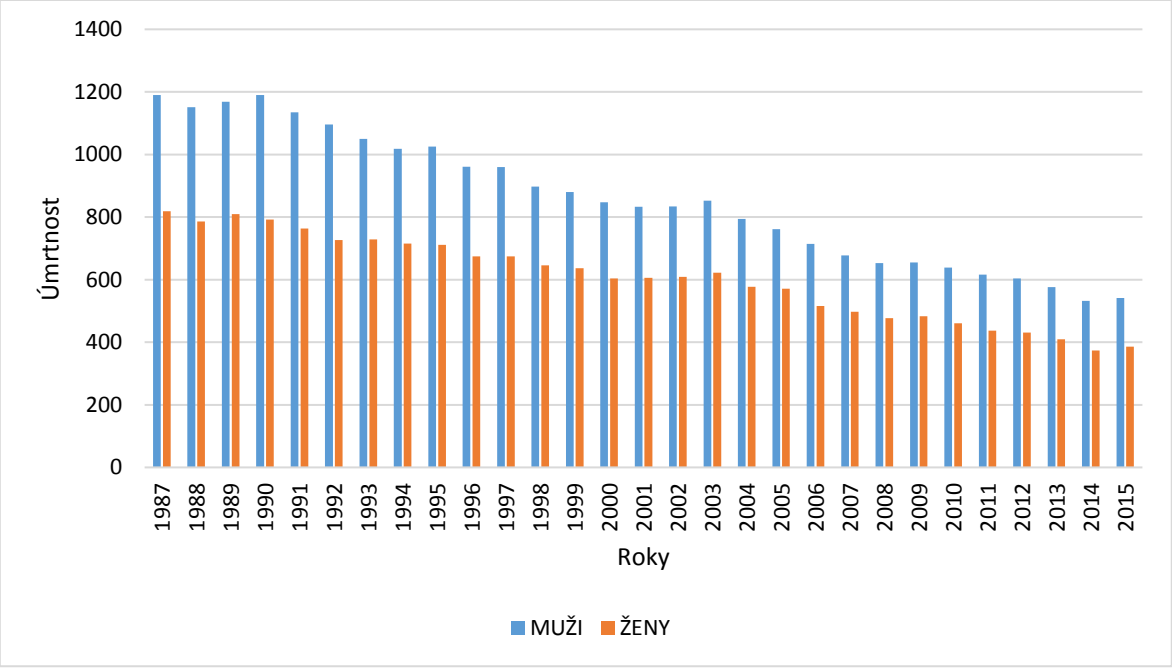
celkové úmrtnosti. Můžeme tedy říci, že úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění je závislá na věku, čím vyšší věk, tím vyšší je riziko úmrtí na kardiovaskulární onemocnění.

Obrázek 18: Úmrtnost na KVO v % z celkové úmrtnosti ve věkových skupinách, rok 2015



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

Obrázek 19: Vývoj úmrtnosti na KVO na 100 000 obyvatel podle pohlaví v České republice



Zdroj: Vlastní zpracování z dat OECD [6]

I pro zkoumání závislosti úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění na pohlaví se nejprve podíváme na průběh úmrtnosti na tato onemocnění v České republice podle pohlaví od roku 1987.

Z grafu na obrázku 19 můžeme vidět, že úmrtnost u žen a mužů v České republice se značně liší. Ženy na kardiovaskulární onemocnění umírají méně než muži. Také můžeme vidět, že úmrtnost na tato onemocnění je rok od roku nižší, což jsme uvedli i v podkapitole 1.2.

Tabulka 10: Úmrtnost na KVO a koeficienty růstu

Roky (t)	ŽENY ($y_{t,Ž}$)	MUŽI ($y_{t,M}$)	Koeficienty růstu, ŽENY ($k_{t,Ž}$)	Koeficienty růstu, MUŽI ($k_{t,M}$)
1987	818,4	1189,7		
1988	785,7	1151,2	0,96004	0,96764
1989	809,8	1168,4	1,03067	1,01494
1990	791,6	1189,8	0,97753	1,01832
1991	763,9	1135,1	0,96501	0,95403
1992	726,6	1096	0,95117	0,96555
1993	728,7	1050,3	1,00289	0,95830
1994	715,4	1018,6	0,98175	0,96982
1995	711,2	1025,3	0,99413	1,00658
1996	674,2	960,7	0,94798	0,93699
1997	673,9	959,7	0,99956	0,99896
1998	645,5	897	0,95786	0,93467
1999	637	880,1	0,98683	0,98116
2000	603,4	846,9	0,94725	0,96228
2001	605,4	833,4	1,00331	0,98406
2002	608,9	833,5	1,00578	1,00012
2003	621,9	852,1	1,02135	1,02232
2004	577,1	793,9	0,92796	0,93170
2005	570,6	761,4	0,98874	0,95906
2006	516,3	714,8	0,90484	0,93880
2007	497,9	677,6	0,96436	0,94796
2008	476,7	652,6	0,95742	0,96311
2009	482,9	654,6	1,01301	1,00306
2010	460,6	638,1	0,95382	0,97479
2011	436,8	615,8	0,94833	0,96505
2012	431,1	604,2	0,98695	0,98116
2013	409,4	576,6	0,94966	0,95432
2014	373,8	532,6	0,91304	0,92369
2015	385,6	541,1	1,03157	1,01596

Zdroj: Vlastní zpracování podle dat OECD [6]

V tabulce 10 jsou vypočítané jednotlivé koeficienty růstu zvlášť pro ženy a pro muže. Koeficient růstu vyjadřuje, kolikanásobně vzrostla hodnota časové řady y_t v období t oproti hodnotě y_{t-1} v období (t-1).

Koeficient růstu vypočítáme podle vzorce:

$$k_t = \frac{y_t}{y_{t-1}}.$$

Podle koeficientů růstu vidíme, že v roce 1988 byl oproti roku 1987 pokles úmrtnosti na KVO u žen o -3,996 % a u mužů o -3,236 %. Naopak v následujícím roce 1989 byl u obou pohlaví oproti předcházejícímu roku nárůst. U žen byl nárůst o 3,067 % a u mužů o 1,494 %. Většinou však vidíme oproti předcházejícímu roku pokles.

Průměrný koeficient růstu značí, jaký je průměrný ročný růst (pokles) hodnot časové řady. Vypočítáme ho pomocí vzorce:

$$\bar{k} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}}.$$

Průměrný koeficient růstu v období let 1987 až 2015 pro ženy je $\overline{k_Z} = 0{,}97348$, což znamená, že průměrné tempo poklesu úmrtí žen na KVO je $2{,}6519$ %. Pro muže vychází průměrný koeficient růstu $\overline{k_M} = 0{,}97225$, což znamená, že průměrné roční tempo poklesu úmrtí mužů na KVO bylo $2{,}7745$ %.

Můžeme tedy říci, že za posledních 29 let umírali na KVO více muži než ženy, ale průměrný koeficient tempa poklesu úmrtí na KVO je u žen nižší než u mužů. Rozdíl v úmrtnosti na KVO u žena a u mužů je však markantní. Za posledních 29 let zemřelo na 100 000 obyvatel průměrně o 252,097 mužů více než žen. Maximální rozdíl v úmrtí mužů a žen na KVO za posledních 29 let byl na 100 000 obyvatel 398,2, minimální rozdíl byl na 100 000 obyvatel 155,5. Ani jednou za posledních 29 let se nestalo, že by na 100 000 obyvatel zemřelo více žen než mužů.

Závěr

Prvním a základním problémem pro dosažení cíle diplomové práce bylo zkompletování potřebných dat. Pokud sledujeme medicinské publikace, kde jsou popsány rizikové faktory a jsou zde vidět jasné závislosti, je to díky tomu, že lékaři mají pro tyto publikace individuální data jednotlivých pacientů. Tato data by pro tuto práci byla ideální, bohužel však nejsou dostupná. Proto jsme zvolili globální data, která jsou dostupná jak na stránkách OECD [6], tak na stránkách WHO [15]. Data pro zkoumání závislosti úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění na pohlaví jsou také ze stránek OECD [6], data o úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění podle pohlaví a věku jsou ze stránek Českého statistického úřadu [1]. Po zkompletování dat byla potřebná jejich úprava do formy, vhodné pro dosažení cílů diplomové práce.

V první části práce, která je zaměřena na vývoj úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění, jsou uvedeny také základní informace o těchto nemocech. Podle vývoje úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění ve vybraných zemích OECD od roku 2000 do roku 2013 můžeme říci, že zaznamenáváme pokles úmrtnosti na tato onemocnění na 100 000 obyvatel. Konkrétně se úmrtnost na KVO od roku 2000 do roku 2013 ve vybraných zemích OECD každý rok snižuje průměrně o 3 % oproti roku předcházejícímu. Tato skutečnost je povzbuzující, ale pokud porovnáme Českou republiku s ostatními vybranými státy OECD, Česká republika patří mezi čtyři země, kde je úmrtnost na KVO na 100 000 obyvatel nejvyšší. Dále tato část prezentuje podíl úmrtnosti na KVO na celkové úmrtnosti ve vybraných zemích OECD. V průměru v těchto zemích zemře 34,44 % lidí na KVO ze všech zemřelých.

Druhá část je zaměřena na závislost úmrtnosti na KVO na rizikových faktorech. Rizikové faktory jsou rozděleny na ovlivnitelné a neovlivnitelné faktory a jejím cílem je kvantifikovat intenzitu závislostí úmrtnosti na KVO na těchto faktorech. Pomocí syntetické proměnné je porovnáno pořadí zemí podle úmrtnosti na KVO a podle výše rizikových faktorů. Dále je jejich shoda kvantifikována pomocí Spearmanova korelačního koeficientu. Je identifikována významná nepřímá korelace mezi konzumací zeleniny a úmrtností na KVO. Dá se tedy říci, že v zemích, kde je vyšší konzumace zeleniny, je nižší úmrtnost na KVO. Také lze konstatovat významnou přímou korelaci pořadí podle spotřeby tabáku, konzumace alkoholu a obezity a pořadím úmrtnosti na KVO, čímž se nám potvrdila rizikovost faktoru životního

stylu na úmrtnost na KVO. Dále se potvrdilo, že existuje přímá korelace mezi obezitou a úmrtností na ICHS a rovněž významná korelace mezi spotřebou tabáku a úmrtností na CO.

V části zaměřené na posouzení vlivu zdravotní péče a jiných faktorů na úmrtnost na KVO byla z důvodu nedostupnosti individuálních dat použita souhrnná data za vybrané země a pro analýzu zvoleny vícerozměrné statistické metody a bodovací metoda vícerozměrného porovnání. V rámci bodovací metody byly vytvořeny čtyři syntetické proměnné, a to: *skóre úmrtnosti na KVO*, *skóre ekonomické situace*, *skóre zdravotní péče* a *skóre faktorů životního stylu*. Významná shoda 48,31 %, pořadí vybraných zemí OECD je podle skóre úmrtnosti na KVO a skóre ekonomické situace. Pro skóre úmrtnosti na KVO a skóre zdravotní péče je shoda 42,78 %. A pro skóre úmrtnosti na KVO a skóre faktorů životního stylu je shoda 41,73 %. V rámci faktorové analýzy byly identifikovány čtyři společné faktory, vysvětlující až 85,8 % variability původních 14 proměnných. Můžeme konstatovat, že čím vyšší je všeobecný faktor sociálních a zdravotních podmínek, tím nižší je faktor úmrtnosti na KVO. Dále se dá říci, že čím vyšší je faktor rizikových faktorů a počtu nemocničních lůžek, tím vyšší je úmrtnost na KVO. A také, že státy, které mají nízké hodnoty faktoru počtu lékařů a technického vybavení mají vysoké hodnoty faktoru úmrtnosti na KVO. Podle výsledné interpretace shlukové analýzy lze říci, že úmrtnost na KVO i hodnoty faktorů závisí jak na ekonomické situaci, tak i na úrovni zdravotní péče.

Závislosti na věku a pohlaví v poslední části diplomové práce jsou zkoumány na datech za Českou republiku za rok 2015. S přibývajícím věkem se počet zemřelých na KVO v České republice zvyšoval až do věku 89 let, poté klesal zřejmě z důvodu nízkého počtu žijících jedinců ve vysokých věkových kategoriích. Podle úmrtnosti na KVO v % z celkové úmrtnosti je však zřejmé, že úmrtnost na KVO se s vyšším věkem výrazně zvyšuje.

Závěrem lze tedy říci, že věk a pohlaví jsou významné rizikové faktory pro úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění. Lze také potvrdit vliv zdravotní péče na úmrtnost na KVO, stejně jako vliv ekonomické situace. Aby se úmrtnost na KVO nadále snižovala, je třeba se zaměřit nejen na úroveň zdravotní péče, ale i na ekonomickou úroveň zemí, a hlavně na zdravý životní styl. Kardiovaskulární onemocnění jsou velmi závažná onemocnění a měla by se jejich prevenci věnovat patřičná pozornost společnosti i jednotlivců.

Použitá literatura

[1] *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2017-08-10]. Dostupné z: https://www.czso.cz/.

[2] HEBÁK, Petr. *Vícerozměrné statistické metody*. 2., přeprac. vyd. Praha: Informatorium, 2007-. ISBN 978-807-3330-019.

[3] *INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁNÍ: Nelineární korelační závislost* [online]. [cit. 2017-08-10]. Dostupné z: https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn5/nelinear.htm.

[4] KUBANOVÁ, Jana. *Statistické metody pro ekonomickou a technickou praxi*. Vydání třetí - doplněné. Bratislava: STATIS, 2008. ISBN 978-80-85659-47-4.

[5] Nick TOWNSEND, Lauren WILSON, Prachi BHATNAGAR, Kremlin WICKRAMASINGHE, Mike RAYNER a Melanie NICHOLS. *Cardiovascular disease in Europe: epidemiological update 2016*[online]. University of Oxford, 2016 [cit. 2017-07-21]. Dostupné z: https://academic.oup.com/eurheartj.

[6] *OECD iLibrary* [online]. [cit. 2017-08-10]. Dostupné z: http://www.oecd-ilibrary.org/statistics.

[7] *Oslabení kardiovaskulárního systému* [online]. Brno, 2012 [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/ztv/doc/kardio.pdf. Masarykova Univerzita.

[8] *Pacáková, V., Jindrová, P., Zapletal, D. (2016). Comparison of Health Care Results in Public Health System of European Countries. European Financial Systems 2016: proceedings of the 13th International Scientific Conference, Brno, 534-541.*

[9] *Pacáková, V., & Papoušková, M. (2016). Multidimensional Comparisons of Health Systems Functioning in OECD Countries. International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 10, pp. 388-394.*

[10] Příčiny kardiovaskulárních onemocnění. *Centrum preventivní medicíny při Ústavu preventivního lékařství LF MU* [online]. Brno-Bohunice, 2017 [cit. 2017-06-25]. Dostupné z: http://www.med.muni.cz/centrumprevence/informace-pro-vas/rizika-nemoci/6-priciny-kardiovaskularnich-onemocneni.html.

[11] ŘEZANKOVÁ, Hana, Dušan HÚSEK a Václav SNÁŠEL. *Shluková analýza dat*. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-26-9.

[12] TOWNSEND, N., P. BHATNAGAR, E. WILKINS, K. WICKRAMASINGHE a M. RAYNER. *Cardiovascular Disease Statistics 2015*. University of Oxford, 2015. ISBN 978-1-899088-32-4.

[13] *Velký lékařský slovník: Cerebrovaskulární nemoci* [online]. Maxdorf, 2017 [cit. 2017-07-25]. Dostupné z: http://lekarske.slovniky.cz/pojem/cerebrovaskularni-nemoci.

[14] WILKINS, E., L. WILSON, K. WICKRAMASINGHE, Bhatnagar P, Leal J, Luengo-Fernandez R, Burns R, Rayner M, Townsend N, European *Cardiovascular Disease Statistics 2017*. Brusel: European Heart Network, 2017.

[15] *World Health Organization* [online]. [cit. 2017-08-10]. Dostupné z: http://www.who.int/countries/en/.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Rizikové faktory pro analýzu

Příloha B – Ovlivnitelné rizikové faktory

Příloha A

Country	M1	M2	M3	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	R1	R2	S1	S3
Austria	302,3	131,1	45,4	3800	4,99	7,8	7,7	5,35	19,7	29,4	24,3	12,3	50125	23260
Belgium	206,4	54,3	46,8	3576	2,95	9,5	6,3	3,95	10,8	22,2	18,9	12,6	46701	21654
Czech Rep.	442	237,1	86,3	2069	3,69	8	6,5	4,37	7,4	15,1	18,2	11,5	34704	7423
Denmark	189	59,5	51,2	4160	3,62	16,3	3,1	2,47	15,4	37,7	17	9,5	49810	28364
Estonia	510,5	210,8	58,3	1378	3,28	6,2	5	3,37	11,4	19,8	21,3	10,3	29378	7889
Finland	280,4	146,9	63,3	3009	3,02	14,1	4,9	2,81	23,3	21,4	17,4	8,5	43057	23763
France	158,1	39,4	36,1	3473	3,33	9,4	6,3	3,35	10,9	15,3	22,4	11,9	41490	21415
Germany	294,4	105,7	47,9	4477	4,05	13	8,3	5,34	30,5	35,3	20,9	11	48839	20668
Greece	288,6	82	89,2	1360	6,29	3,6	4,8	4,06	24,3	35,1	27,3	7,5	26691	7520
Hungary	572,7	293,1	112,5	1236	3,21	6,4	7	3,99	3	7,9	25,8	10,9	26689	4556
Iceland	222	104,4	42,7	3283	3,62	15,5	3,2	2,26	21,4	39,7	10,2	7,5	51122	23696
Ireland	261,2	127	54,7	3550	2,69	12,4	2,8	2,11	13,4	16,7	19	10,9	70202	21688
Italy	255	84,1	67,2	2470	3,9	6,1	3,4	2,75	25,2	33,1	20	7,6	38147	15846
Luxembourg	211,8	58,9	40,9	4329	2,81	11,9	5,1	3,87	12,6	21,6	14,9	11,1	1E+05	34320
Norway	204,2	71,9	47,4	5598	4,31	16,7	3,9	2,29	15,4	21,4	12	6	59267	41483
Poland	437,7	97,8	79,6	1201	2,24	5,3	6,6	4,31	6,7	15,7	22,7	10,5	27464	5556
Portugal	234,9	55	85,4	1737	4,26	6,1	3,4	2,84	7,1	21,9	16,8	9,9	30612	8435
Slovak Rep.	493,5	290,8	110,8	1663	3,39	5,8	5,8	4,24	8,3	17,4	22,9	10,2	30619	6930
Slovenia	317,8	75,6	79	1910	2,63	8,3	4,6	3,59	8,7	13,1	18,9	11,5	32888	12332
Spain	185,4	53,2	43,3	2204	3,81	5,1	3	2,28	15,3	17,5	23	9,8	36291	13352
Sweden	253,1	98,7	51,3	4375	4,01	11,2	2,6	1,94	14,7	20,4	11,2	7,2	49076	26640
Switzerland	215,6	77,7	37,2	4711	4,04	17,4	4,7	2,91	20,9	36,2	20,4	9,5	62898	40498
United Kingdom	213	98,1	53,2	3171	2,77	8,2	2,8	2,28	6,1	8	19	9,5	42651	20945

Úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění na 100 000 obyvatel	**M1**
Úmrtí na ischemickou chorobu srdeční, na 100 000 obyvatel	**M2**
Úmrtí cerebrovaskulárních onemocnění, na 100 000 obyvatel	**M3**
Veřejné výdaje na zdravotnictví na obyvatele, 2015,US $ paritou kupní síly	**Z1**
Lékaři, hustota na 1 000 obyvatel	**Z2**
Sestry, hustota na 1 000 obyvatel	**Z3**
Celkový počet nemocničních lůžek, na 1 000 obyvatel	**Z4**
Léčebné lůžka (akutní) péče, na 1 000 obyvatel	**Z5**
MRI jednotky na milon obyv., 2014 (nebo nejbližší rok)	**Z6**
CT scanery na mil. obyv., 2014 (nebo nejbližší rok)	**Z7**
Spotřeba tabáku, % populace 15+, kteří jsou denní kuřáci	**R1**
Konzumace alkoholu, litrů na obyvatele (věk 15+)	**R2**
HDP/obyvatele (v Amerických dolarech)	**S1**
Median income 2015 (EUR)	**S3**

Příloha B

Country	R1	R2	R3	R4	R5	M1	M2	M3
Australia	12,40	9,90	63,40	94,0	99,0	190,50	85,40	45,50
Belgium	18,90	12,60	51,00	53,9	78,2	206,40	54,30	46,80
Canada	14,00	8,10	60,30	69,4	74,0	184,40	93,20	36,40
Czech Rep.	18,20	11,50	55,40	66,2	59,7	442,00	237,10	86,30
Denmark	17,00	9,50	47,40	61,7	45,8	189,00	59,50	51,20
Estonia	21,30	10,30	51,70	56,7	51,7	510,50	210,80	58,30
Finland	17,40	8,50	56,00	30,6	43,5	280,40	146,90	63,30
France	22,40	11,90	46,10	49,7	54,2	158,10	39,40	36,10
Germany	20,90	11,00	50,70	59,1	44,4	294,40	105,70	47,90
Greece	27,30	7,50	56,20	60,7	63,8	288,60	82,00	89,20
Hungary	25,80	10,90	54,50	68,3	49,0	572,70	293,10	112,50
Chile	29,80	7,20	55,50	34,9	60,8	230,20	63,90	71,10
Iceland	10,20	7,50	57,60	44,1	48,5	222,00	104,40	42,70
Ireland	19,00	10,90	53,00	54,0	68,0	261,20	127,00	54,70
Israel	19,60	2,60	53,10	70,6	82,3	166,30	63,80	39,20
Italy	20,00	7,60	45,20	75,1	59,3	255,00	84,10	67,20
Korea	17,30	9,10	26,10	61,3	99,4	163,50	38,00	71,60
Mexico	7,60	5,20	46,70	44,3	86,2	277,40	144,40	57,80
Norway	12,00	6,00	46,00	62,0	65,0	204,20	71,90	47,40
Poland	22,70	10,50	53,30	61,1	62,7	437,70	97,80	79,60
Slovak Rep.	22,90	10,20	54,20	64,2	51,5	493,50	290,80	110,80
Slovenia	18,90	11,50	55,60	55,0	40,9	317,80	75,60	79,00
Spain	23,00	9,80	51,50	61,2	47,1	185,40	53,20	43,30
Sweden	11,20	7,20	48,30	60,6	69,6	253,10	98,70	51,30
Switzerland	20,40	9,50	41,00	61,5	68,5	215,60	77,70	37,20
Turkey	27,30	1,40	53,60	54,2	64,8	395,90	146,10	100,80
United Kingdon	19,00	9,50	62,90	90,1	90,1	213,00	98,10	53,20
United States	11,40	8,80	63,80	45,9	78,3	250,80	113,40	41,50

R1	Spotřeba tabáku
R2	Konzukace alkoholu
R3	Obezita
R4	Konzumace ovoce
R5	Konzumace zeleniny
M1	Úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění
M2	Úmrtnost na ischemickou chorobu srdeční
M3	Úmrtnost na cerebrovaskulární onemosnění