Vysoká škola ekonomická v Praze

Národohospodářská fakulta

Hlavní specializace: Ekonomická Analýza



Teoretické a metodické přístupy k určování makroekonomického přínosu primární prevence a podpory zdraví

diplomová práce

Autor: Bc. Jakub Voleman

Vedoucí práce: doc. Ing. Zdeněk Chytil, CSc.

Rok: 2015

Prohlašuji na svou čest, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

Bc. Jakub Voleman

V Praze dne 20. 8. 2015

Rád bych tímto poděkoval doc. Ing. Zdeňku Chytilovi, CSc. za vedení mé diplomové práce a za inspirativní rady, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Karlu Šafrovi za jeho rady k empirické části této práce.

Mé poděkování patří také mé rodině za jejich podporu a péči. Nakonec bych chtěl poděkovat Denise Martinovské, bez jejíž podpory bych tuto práci nikdy nevypracoval.

Abstrakt

Zdraví je jednou z nejpodstatnějších věcí v lidském životě a výrazně ovlivňuje jeho kvalitu. Prevence a podpora zdraví je tak důležitá jak pro jednotlivce, tak pro celou společnost. Tato práce analyzuje ekonomické přístupy k prevenci a podpoře zdraví. Hlavním cílem práce pak je analýza podpory zdraví ve vztahu k onemocnění kolorektálním karcinomem, nejedná se však o standardní analýzu efektivnosti preventivních screeningových programů, ale o analýzu budoucího vývoje stavu v unikátním prostředí České republiky. V závislosti na demografickém vývoji v České republice a na základě predikčních ARIMA modelů incidence a mortality v důsledku rakoviny tlustého střeva a konečníku vyčísluje zvyšující se náklady na léčbu tohoto onemocnění v letech 2024 a 2028. Práce dále dává doporučení ohledně možných výdajů na prevenci ve vztahu k tomuto onemocnění.

Klíčová slova:

prevence a podpora zdraví, ekonomické přístupy ke zdraví, kolorektální karcinom, analýza časových řad, náklady ve zdravotnictví

JEL klasifikace:

E62, I12, I18

Abstract

Health is one of the most important things in human life and it also deeply affects its quality. Health prevention and promotion is fundamental both for individuals and the whole society. This thesis analyses the economic approaches to health prevention and promotion. The main aim of this thesis is the analysis of health promotion with respect to colorectal cancer. However, this is not a standard effectiveness analysis but the analysis of the future development in unique Czech environment. According to Czech demographic trends and based on incidence and mortality predictive ARIMA models for colorectal cancer, this work quantifies the increasing costs related to this disease treatment in 2024 and 2028. Also, it makes recommendations on possible spending on possible prevention related to this disease.

Keywords:

health prevention and promotion, economic approaches to health, colorectal cancer, time series analysis, healthcare costs

JEL classification:

E62, I12, I18

Obsah

Úvod 9

1. Teoretická část 11

1.1. Základní pojmy 11

1.1.1. Definice Zdraví 11

1.1.2. Prevence a podpora zdraví 12

1.2. Prevence a podpora zdraví v Evropě – program Zdraví 2020 13

1.3. Determinanty zdraví jednotlivce 15

1.4. Ekonomické přístupy ke zdraví 16

1.5. Kolorektální karcinom 20

1.5.1. Faktory ovlivňující výskyt kolorektálního karcinomu 22

1.5.2. Screeningové programy v ČR 23

1.5.3. Metodika hodnocení efektivity screeningových programů 26

2. Analytická část 28

2.1. Data 28

2.2. Predikce vývoje incidence a mortality kolorektálního karcinomu v ČR - modely 33

2.2.1. Stadium I 34

2.2.2. Stadium II 37

2.2.3. Stadium III 40

2.2.4. Stadium IV 43

2.3. Projekce vývoje incidence a mortality 48

2.4. Populační predikce obyvatelstva ČR 51

2.5. Predikce vývoje incidence a mortality kolorektálního karcinomu v ČR – absolutní čísla 54

2.5.1. Stadium I 54
2.5.2. Stadium II 55
2.5.3. Stadium III 55
2.5.4. Stadium IV 56
2.6. Vyčíslení nákladů na budoucí léčbu CRC 57
2.7. Diskuze 60
Závěr 62
Zdroje 64
Přílohy 69

Úvod

Zdraví je nepostradatelnou komoditou pro lidský život a tvoří značnou část lidského kapitálu každého jedince. V současné době si lidé již více uvědomují nepostradatelnost svého zdraví a více si jej váží. Zdraví a zdravotnictví je rovněž z ekonomického hlediska velice důležitou oblastí, kdy je na něj v Evropské unii vydáváno zhruba 10 % hrubého domácího produktu. Byť Česká republika patří se 7,2 % pod tento průměr, i tak se jedná o podstatnou část výdajů státního rozpočtu (The World Bank, 2014). Z toho důvodu vznikala a vzniká řada studií zabývajících se zdravotnictvím, zdravím, jeho podporou a prevencí.

Cílem této práce je vytvořit přehled současných ekonomických teorií, které se zdravím a jeho podporou zabývají. Jedná se o teorie související s lidským kapitálem a zdravím jako jeho významnou součástí, následované teorií endogenního růstu se zakomponovaným zdravím, přes behaviorální přístupy ke zdraví až po konkrétní doporučení pro zdravotnické systémy.

Klíčovou částí této práce je ovšem empirická analýza specifického segmentu podpory zdraví v České republice. Jedná se o prevenci onemocnění zhoubným nádorem tlustého střeva a konečníku[1]. Prevence tohoto onemocnění všeobecně spočívá ve screeningových programech, které v jednoletých až několikaletých cyklech monitorují stav jedinců a při komplikacích vedou k včasnému zachycení onemocnění. Cílem této práce ovšem není klasická analýza efektivnosti a nákladové efektivnosti jednotlivých screeningových programů. Na toto téma vznikla již řada domácích i zahraničních studií, které téměř bez výjimek prokazují efektivitu těchto screeningových programů. Pro účely analytické části této práce byl ovšem zvolen odlišný přístup k problematice.

Za využití dat ze systému SVOD (Systém pro Vizualizaci Onkologických Dat) ohledně incidence a mortality vztahující se ke kolorektálnímu karcinomu, populační predikce Českého statistického úřadu a nákladů na léčbu rakoviny tlustého střeva a konečníku z českých pojišťoven byl sestaven predikční model. Jeho účelem je vyčíslit náklady na léčbu CRC v závislosti na demografickém vývoji, a sice v období, kdy silné populační ročníky českého obyvatelstva ze 70. let 20. století dosáhnou kritického věku pro onemocnění kolorektálním karcinomem. Tento přístup

[1] Též kolorektální karcinom či zkratka CRC

k problematice v ČR doposud nebyl uplatněn (a z důvodu jedinečnosti této situace v závislosti na demografickém vývoji nebyl uplatněn pravděpodobně ani jinde ve světě) a nabízí zajímavé výsledky a možné implikace pro zdravotní politiku a politiku zdravotní prevence.

Pokud se potvrdí hypotéza, že při dosáhnutí silných populačních ročníků kritického věku pro onemocnění kolorektálním karcinomem budou významně růst náklady na léčbu tohoto onemocnění (což závisí také na očekávaném budoucím vývoji incidence a mortality), pak se bude český zdravotnický systém potýkat s poměrně velkým náporem, co se týče nákladů, ale i samotných pacientů. Právě zdravotnická prevence by zde mohla hrát klíčovou roli, a data vyčíslená v této práci by pak mohla dát rozhodovatelům do ruky pádné argumenty pro uvolnění finančních prostředků na její realizaci.

1. Teoretická část

Teoretická část této diplomové práce shrnuje dosavadní literaturu, která je relevantní a podstatná k danému tématu prevence a podpory zdraví. Dává teoretický rámec práci praktické a zároveň definuje některé podstatné pojmy. Představuje také ekonomické teorie, o něž se tato práce opírá a na kterých je postavena.

1.1. Základní pojmy

1.1.1. Definice Zdraví

Zdraví je a bylo vždy považováno za jednu z nejdůležitějších věcí v lidském životě. Pro mnoho lidí je dobré zdraví na předním žebříčku jejich hodnot, ne-li na prvním místě, a obecně platí, že bez dobrého zdraví nelze vést spokojený život. Na dobrý zdravotní stav jsou tedy navázány všechny další aspekty spokojeného života a zdraví pro ně tvoří jako základní výchozí bod, bez kterého by spokojený život vlastně ani nebyl možný. Problém ale může nastat už při samotném definování toho, co si vlastně pod pojmem „dobré zdraví“ máme představit.

Definic zdraví můžeme v literatuře i na internetu najít nepřeberné množství. Obecně lze tyto definice rozdělit do dvou kategorií. Definice z první kategorie berou zdraví jako absenci nemocí a tím tedy dobrý okamžitý stav organismu. V modernějším pojetí je ovšem zdraví bráno mnohem komplexněji, jako celkový dobrý stav organismu jedince, a to jak po fyzické, tak po psychické stránce. Podle Světové Zdravotnické Organizace (WHO) je pak zdraví „*kompletní stav fyzické, psychické a sociální pohody a není pouze absencí nemoci nebo slabosti*“ (WHO, 1946). Tato definice byla v poslední době ještě dále upravována a některé její verze se drobně odlišují, pro účely této práce je tato definice naprosto postačující. Důležité je, že na rozdíl od dřívějších definic, nebere zdraví jen jako něco, co může být poškozeno nemocí.

Kvalita zdraví se od počátku 20. století cení stále více a více. Svědčí o tom nejen větší zájem lidí o své zdraví a jeho podporu a prevenci, ale také například jeho zařazení do nových metod určování kvality lidského života. Jednou z nich je například Hrubé národní štěstí (Gross National Happines),

které bylo prvně představeno v roce 1972 v Bhútánu. Otázka zdraví má v tomto indexu velkou váhu (Centre For Bhutan Studies & GNH Research, 2010). Tento index byl následně přejat mnoha zahraničními státy a dnes je konstruován pro řadu zemí současného světa. Dle WHO (WHO, 2011) existuje ovšem i opačná implikace tohoto indexu, a sice že s rostoucím štěstím v lidském životě stoupá i kvalita zdraví lidí. I z tohoto je tedy patrné, jak široce je zdraví třeba chápat a co vše může jeho kvalitu ovlivňovat.

1.1.2. Prevence a podpora zdraví

Nejprve je opět nutné definovat, co si vlastně máme pod pojmem podpora zdraví představit. Obecně si pod tímto pojmem představujeme činnosti vedoucí k menší nemocnosti organismu a zároveň jeho posilování. Nicméně, definice Světové zdravotnické organizace se k podpoře zdraví staví více zeširoka a definuje ji jako „*proces, který lidem usnadňuje zvyšování kontroly nad determinantami jejich zdraví, což vede ke zlepšování zdravotního stavu.*“ (WHO, 1986). Takto nadefinována byla podpora zdraví v roce 1986 na konferenci v Ottawě, která byla jako vůbec první zaměřená právě na podporu zdraví. Dokument, jež na konferenci vznikl, je znám jako Ottawská charta. Ottawská charta je považována za milník v oblasti podpory zdraví, jelikož svým způsobem odstartovala systematickou práci v oblasti podpory zdraví na mezinárodní úrovni.

Charta také definuje tři základní strategie podpory zdraví. První z nich je vytvoření podmínek pro to, aby lidé byli schopni zajistit si dobré zdraví. Jedná se o individuální a společenské akce vedoucí politický systém a celou společnost k dosažení definovaných zdravotnických cílů. Druhá strategie má pak umožnit lidem dosáhnout jejich plného zdravotnického potenciálu. Posledním pilířem je pak správně zvolený mix jednotlivých zájmů ve společnosti, který povede k nejlepšímu využití zdravotního potenciálu. Tyto strategie by pro nejlepší možný účinek měly být podpořeny následujícími činnostmi: vybudování zdravotně orientované veřejné politiky, vytvoření prostředí podporující zdraví, posílit komunitní činnosti pro zdraví, rozvinutí zdravého životního stylu u co nejvíce osob ve společnosti, a přeorientování zdravotnických služeb (je třeba zvolit správný zdravotnický výstup, přistupovat k jedinci jako k celku a zvolit správný poměr k zaměření na jednotlivce versus zaměření na společnost jako celek) (WHO, 1998).

Ottawská charta odstartovala řadu globálních konferencí zabývajících se zdravotnickou prevencí a podporou zdraví. Za zmínku stojí ještě Jakartská deklarace z roku 1997, která stanovila nové priority zdravotnické prevence pro jednadvacáté století. Pěti prioritami by měly být propagace sociální zodpovědnosti za zdraví, zvýšení investic pro rozvoj zdraví, rozšíření partnerství pro podporu zdraví, zvýšení komunitních kapacit a zároveň posílení role jednotlivce, a zabezpečení infrastruktury zdravotnické prevence (WHO, 1997).

Zatím poslední konference Světové zdravotnické organizace se uskutečnila v roce 2013 v Helsinkách. Důležitá byla zejména díky novému programu pojmenovaném Health in all policies, který „*je přístupem k veřejné politice napříč jednotlivými sektory, s nimiž počítá při rozhodování o zdraví a jeho implikacích*." (WHO, 2013). Můžeme zde tedy pozorovat ještě větší snahu o zapojení celé společnosti, každého jednotlivce i sociální skupiny, do rozhodování a ovlivňování zdraví a zdravotní prevence.

1.2. Prevence a podpora zdraví v Evropě – program Zdraví 2020

Zdraví 2020 je strategický dokument Regionálního výboru Světové zdravotnické organizace pro Evropu. Schválen byl v září 2012 na Maltě, a jako platný ho přijaly všechny státy Evropského regionu. Dokument si klade za cíl zlepšení zdraví všech obyvatel na daném území. Ministerstvo zdravotnictví České republiky strategii Zdraví 2020 přijalo jako navazující na dokument Zdraví pro všechny ve 21. století (MZČR, 2013).

Deklarace Zdraví pro všechny v 21. století byla Regionálním výborem Světové zdravotnické organizace pro Evropu přijata v květnu 1998. Hlavním cílem této deklarace byla „*ochrana a rozvoj zdraví lidí po jejich celý život a snížení výskytu nemocí i úrazů a omezení strádání, které lidem přinášejí*." (MZČR, 2008). K dosažení tohoto hlavního cíle bylo vytyčeno 21 jednotlivých cílů, společných pro každý stát, který program Zdraví 21 přijal. Mezi jednotlivé cíle patřila například solidarita ve zdraví v Evropském regionu, spravedlnost ve zdraví, zdravý start do života, zdravé stárnutí, snížení výskytu infekčních a neinfekčních nemocí, ale i zdravé a bezpečné životní prostředí či zlepšení kvalifikace zdravotnických pracovníků. Pro každý z jednadvaceti cílů byly vytyčeny i podcíle a ke každému z nich byla uvedena metodika pro hodnocení plnění těchto cílů.

Oproti programu Zdraví 2020 byl jeho předchůdce více konkrétní, kladoucí důraz na měřitelnost výstupů, zároveň ale také více svazující a s menším manévrovacím prostorem pro jednotlivé státy a sociální skupiny.

Na druhou stranu, program Zdraví 2020 neobsahuje žádnou metodiku pro měření konkrétních a měřitelných výstupů. Je více obecný, klade důraz na regionální rozmanitost a dává jednotlivým státům „volnou ruku“ v tom, jak vytyčených cílů naplnit. Hlavním, společným cílem Zdraví 2020 je „*výrazné zlepšení zdraví a životní pohody obyvatelstva, snížení rozsahu nerovností v oblasti zdraví, posílení péče o zdraví lidí, a to zejména ochrany a podpory zdraví i prevence nemocí, a vytvoření všeobecně dostupných, spravedlivých, udržitelných a vysoce kvalitních zdravotních systémů zaměřených na lidi*.“ (WHO, 2014). Program Zdraví 2020 je rozdělen do 3 částí. První z nich je Obnovení úsilí dosáhnout co nejlepšího zdraví a životní pohody – okolnosti a nástroje. Název druhé části zní Zavádění vědecky ověřených účinných metod a hlavní účastníci, třetí pak Snaha o účinnou realizaci, nezbytné podmínky, užitečné postupy a průběžné vzdělávání. Z pohledu této práce je nejdůležitější hned první část tohoto programu, proto se zde zaměříme především na ni.

Vize první části programu je taková, že všichni občané Evropského regionu (Zdraví 2020 bylo přijato 53 členskými státy) budou podporováni v tom, aby jim nic nebránilo v dosáhnutí plného zdravotního potenciálu. Zároveň státy individuálně i společně budou pracovat na snížení nerovností nejen v daném regionu. Prioritami pro jednotlivé státy by měly být celoživotní investice občanů do zdraví a jejich větší uvědomělost, vypořádání se s infekčními a neinfekčními chorobami, které Evropu trápí nebo by ji trápit mohly. Dále pak posílení zdravotnických systémů a v neposlední řadě kvalitní životní prostředí prospívající jedincům na něm žijícím. Výhodou tohoto programu je bezesporu fakt, že se nesoustředí na zdraví jedince jako takové, ale i na jeho životní pohodu (well-being) jakožto na důležitý ukazatel kvality lidského života. Velký důraz je zde také kladen na veřejné zdravotnictví a jeho úkoly – zdravé stravovací návyky, dobré a bezpečné pracovní podmínky či vhodné bydlení. Program také volá po odstranění rozdílů mezi jednotlivci v možnosti dosažení kvalitního zdraví a dává si za cíl stejnou výchozí pozici všech občanů. (WHO, 2014).

Následující část přechází od celonárodní, potažmo celoevropských plánů zdravotní podpory a prevence ke zdraví jednotlivce. Nakonec, je to právě člověk sám, který nejvíce ovlivňuje své zdraví, a zároveň právě on jej i nejvíce využívá.

1.3. Determinanty zdraví jednotlivce

Existuje mnoho různých faktorů, ať už vnějších či vnitřních, jež ovlivňují zdraví jednotlivců. Nejčastěji jsou faktory rozčleněny do následujících čtyř kategorií: životní prostředí, genetika, kvalita zdravotnických služeb a životní styl. Mezi determinanty spadající do kategorie životního prostředí patří například stav ovzduší, stav ozonové vrstvy, kvalita a přístup k vodě, sociální podmínky a jiné. Do kategorie genetiky lze zařadit veškeré genetické faktory ovlivňující život jedince. Jsou mezi nimi například predispozice a náchylnost k určitým nemocem, vrozené vady, ale například i inteligence. Všeobecně rozšířená je představa, že právě genetické faktory ovlivňují zdraví jedinců nejvíce. Toto platí zejména pro závažnější nemoci. Faktem ovšem je, že například u rakoviny se dlouhodobě uvádí genetická predispozice jako příčina onemocnění pouze z 10 % a zbylých 90 % nádorů je způsobeno vnějšími vlivy (Ústav preventivního lékařství, 2004).

Zdraví jedince je dále ovlivněno kvalitou zdravotnických služeb a vůbec zdravotnickým systémem celkově. Spadá sem dostupnost a kvalita zdravotní péče, zdravotnická technika a vybavení (včetně technologického pokroku), ale i typ zdravotnického systému, jeho financování a řízení.

Poslední ze základních čtyř kategorií, je životní styl. Z dnešního pohledu na zdraví se patrně jedná o nejvýznamnější soubor determinantů, které ovlivňují zdraví jednotlivce. Spadá sem široká paleta faktorů od zaměstnání (eventuálně nezaměstnanosti), životní úrovně, míry stresu, přes stravovací návyky, pohybové aktivity, péči o zdraví, až po konzumaci tabákových a alkoholických výrobků, nebo dokonce drog. Právě životní styl ovlivňuje zdraví jedince nejvíce, a je možné skrz něj dosáhnout dobrého zdraví. Faktem ovšem zůstává, že jednotlivé kategorie faktorů ovlivňujících zdraví se vzájemně doplňují a vytváří specifický individuální výsledek (Drbal, 2001).

Na druhou stranu, cílem této práce není stanovit definici zdravého životního stylu nebo určit, jaké aktivity či konzumace kterých potravin dobrému zdraví napomáhají. Cílem práce je stanovit ekonomickou přidanou hodnotu prevence a podpory zdraví, proto se v následující podkapitole zaměříme na zdraví a podporu zdraví v ekonomické teorii.

1.4. Ekonomické přístupy ke zdraví

Ve druhé polovině 20. století se problematika zdraví začala diskutovat i v rámci ekonomických teorií, byť okrajově se o zdraví zajímali ekonomové již dříve. Největší boom ovšem ekonomie zdraví zažila po rozpracování teorie lidského kapitálu, v němž významnou složku právě zdraví tvoří.

Zdraví, a také všechny faktory na něj působící, ovlivňují lidský kapitál každého jednotlivce, protože je jeho nedílnou součástí. Pojem lidský kapitál zavedl do ekonomie Milton Friedman, největší zásluhu na této ekonomické koncepci má však jeho žák, Gary S. Becker. V jeho koncepci je lidský kapitál tvořen dvěma základními složkami, a sice vzděláním a zdravím (Becker, 1964). Pomocí lidského kapitálu tvoří jednotlivci hodnoty a odměnou za něj jim je mzda, kterou za odvedenou práci získávají. V tomto pojetí je mzda odměnou spíše za jedincovo vzdělání a dovednosti, na druhou stranu bez dobrého zdraví by jedinec nebyl schopen hodnoty tvořit, nebo by jeho produktivita byla značně nižší. I proto jsou důležité investice nejen do jedincova vzdělání, ale právě také do zdraví, bez něhož by nebylo možné nabyté vzdělání a zkušenosti plně uplatnit.

V rozšířeném díle Human Capital (Becker, 1993) pak autor objasňuje rozhodování jednotlivce ohledně investic do lidského kapitálu. Základem pro rozhodování jedince je analýza nákladů a výnosů. Realizace investic do lepšího vzdělání a pracovních schopností, zdraví a lékařské péče analyzuje z hlediska nákladů (přímé peněžní a nepřímé časové náklady) a výnosů (vyšší budoucí peněžní i nepeněžní zisky). Koncept zdraví jako součást lidského kapitálu dále Becker rozšířil v teorii preferencí (Becker, 1997). Zdraví, nejvíce ovlivněné životním stylem, je důsledkem chování jedince podle jeho preferenčního uspořádání. Vkládá sem také faktor času, takže jedinec maximalizuje svůj užitek nejen na základě užitku ze spotřebovávaných statků a služeb, ale bere v potaz i minulou a budoucí spotřebu, zvyklosti v chování a sociální determinanty. Lidský kapitál je pak rozdělen do dvou složek – osobního kapitálu (minulá spotřeba a zkušenosti jedince ovlivňující současné a budoucí užitky) a společenského kapitálu (vliv minulých činů jedincovy referenční skupiny na jeho sociální síť).

Jak ve své práci uvádí Klesla (Klesla, 2013), tento moment analýzy je velice důležitý, neboť do problematiky vnáší časový rámec. Budoucí zdravotní stav je totiž ovlivněn minulými a současnými rozhodnutími o spotřebě statků podporující/zhoršující zdraví jedince (např. konzumace tučných pokrmů, pravidelná pohybová aktivita apod.). Nejedná se ovšem o nijak náhodné činnosti, člověk

se o svém chování rozhoduje racionálně, na základě svých preferencí. Předpokládá se pak uvědomělý jedinec, který si je vědom následků svého jednání jak v současné chvíli, tak i účinků, které jeho činy budou mít na jeho budoucí zdravotní stav (Becker, 1997).

Jak již bylo zmíněno, tyto teorie pracují s racionálně jednajícím člověkem, jež dokáže dohlédnout všech konsekvencí svého chování, takzvaný homo economicus. Tento homo economicus bude investovat do svého zdraví, potažmo lidského kapitálu tak, aby maximalizoval svůj užitek nejen v současné chvíli, ale i v budoucnosti. V realitě lidé ovšem často nejsou schopni (nebo důsledky svého jednání podvědomě potlačí) dohlédnout všechny budoucí důsledky svých současných rozhodnutí. Také platí, že jedinci v reálném světě raději volí konzumaci statků, které mají krátkodobě vysoký užitek, ovšem z dlouhodobého zdravotního hlediska pro ně nejsou zcela vhodné. Tento jev pak může mít negativní vliv na úspěšnost programů na podporu zdraví. (Klesla, 2013).

Realitu blíže vystihuje Beckerova a Murphyho teorie racionální závislosti (Becker, Murphy, 1988)[2], podle níž se i „závislí" jedinci chovají racionálně. Autoři v článku zmiňují jak negativní závislost, čili požívání návykových látek (alkohol, drogy), tak pozitivní závislosti ve vztahu k lidskému zdraví, jako je udržování fyzické kondice (běh, posilování) nebo stravovací návyky (zdravé stravování). Z teorie vyplývá, že na jednu stranu existuje skupina lidí, která zcela užívá omamné látky, a jejich chování je přitom racionální, jejich současná i budoucí spotřeba se řídí i cenou drogy a zároveň předpokládá, že jedinci jsou schopni dohlédnout budoucích účinků drogy na jejich zdraví. Na druhou stranu existují jiné skupiny lidí „pozitivně závislých" na zdravém životním stylu. Tato část populace opět racionálně pečuje o své zdraví a svým chováním vědomě posilují svůj zdravotní stav i do budoucna (Becker, Murphy, 1988).

Velký přínos ekonomickému přístupu ke zdraví přinesla dnes již všeobecně známá a uznávaná práce Grossmana (Grossman, 1972) o poptávce po zdraví a zdravotním kapitálu. Zdravotní kapitál je zde součástí Beckerova lidského kapitálu, a je rozvíjen investicemi do něj. Model vysvětluje poptávku po statku označovaném jako „dobrém zdraví"[3]. Vychází z toho, že každý jednotlivec se rodí s určitým lidským kapitálem, jehož součástí je i zdravotní kapitál. Tento zdravotní kapitál s přibývajícím věkem každého jedince depreciuje, ovšem jeho zásoba může být zvyšována pomocí

[2] Z původního anglického označení TORA – A Theory of Rational Addiction – někdy také bývá do Českého jazyka překládáno jako teorie racionálního návyku.
[3] Z původního anglického označení "good health"

investic. Každý jedinec pak stojí před maximalizačním problémem svého užitku, v tomto případě maximalizuje čas svého života prožitý ve zdraví na základě investic do svého zdravotního kapitálu. Omezením je pak jedinci věk, potažmo znehodnocení zdravotního kapitálu. S přibývajícím věkem je také stále nákladnější investovat do zdravotního kapitálu a ve chvíli, kdy se zdravotní kapitál dostává pod určitou hranici, přichází smrt jedince. Ten je v tomto modelu opět racionální a o délce svého života si v podstatě určuje sám důsledkem svých rozhodnutí (Grossman, 1972).

Teorie lidského kapitálu se rozšířila do dalších ekonomických teorií a stala se jejich součástí. Jednou z nich je teorie endogenního růstu, do které lidský kapitál začlenil Robert Lucas ve svém díle On the mechanics of economic development (Lucas, 1988). I zde je konstatován fakt, že bez dobrého zdravotního stavu není možné dosáhnout využití (nebo plného využití) lidského kapitálu, potažmo endogenního ekonomického růstu.

Na druhou stranu, z makroekonomického hlediska existuje jistý trade-off mezi akumulací lidského kapitálu a zdravím. Děje se tak z důvodu omezenosti zdrojů, kdy zdroje alokované do zdravotnictví a zdraví obecně nemohou být zároveň investovány do lidského kapitálu, čímž se snižuje rychlost růstu. Můžeme také pozorovat jistou asymetrii v produktivitě zdravotnického sektoru a v akumulaci lidského kapitálu, což vede ke klesajícím výnosům z rozsahu ve zdravotnictví, a naopak k rostoucím u akumulace lidského kapitálu (toto je v mírném kontrastu s mikroekonomickými přístupy, které poukazují na komplementaritu mezi zdravím a vzděláním) (Zon, Muysken, 2001).

Pokud však vyjdeme z premisy, že zdravotnický sektor vedle jiného produkuje také dlouhověkost, která je obecně brána jako prospěšná věc, z níž mají lidé užitek, závěry modelů endogenního růstu mohou být poněkud odlišné. Jelikož je dlouhověkost brána jako součást všeobecného bohatství společnosti, je takto internalizována v modelu. Dlouhověkost pak způsobuje rostoucí poptávku po zdravotnických službách kvůli stárnutí populace, a zdraví spolu s hospodářským růstem se stávají substituty. Pokud se tedy zvyšuje životní úroveň obyvatelstva (díky hospodářskému růstu), zvyšuje se i poptávka po zdravotnických službách (Zon, Muysken, 2001).

Další ekonomické přístupy ke zdraví lze pozorovat v behaviorální ekonomii. Jednou z myšlenek je rozdělení lidí do skupin podle jejich přístupu ke svému zdraví. V základě lze rozlišit dva typy lidí ve vztahu ke svému zdraví – investory a konzumenty. Zatímco investoři o své zdraví pečují tím, že se starají o svůj lidský kapitál, například zdravým životním stylem, dostatkem pohybu,

správným stravováním, nekonzumací tabákových výrobků apod., konzumenti naopak do lidského kapitálu často neinvestují, ale spíše z jeho zásob ubírají nezdravým životním stylem, konzumací alkoholických nápojů či drog atd. Na jedné straně tedy máme skupiny lidí pečující o své zdraví, na druhé pak jedince, kteří své zdraví pouze využívají a konzumují bez jakékoliv další péče. Právě tyto skupiny lidí pak představují problém pro zdravotní systémy, neboť jsou to oni, kdo často při určité míře vyčerpání zdravotního kapitálu potřebují nákladnou lékařskou péči. Tato zdravotní péče bývá často nákladnější, nežli v případě investorů. O tom, k jaké skupině se bude jednotlivec svým chováním přibližovat, rozhoduje právě on sám svým jednáním (Chytil, Klesla, Kosička, 2015).

Následující kapitola pojednává již o onemocnění rakoviny tlustého střeva a konečníku, tedy onemocnění, které je v empirické části práce analyzováno. Pro vytvoření přehledu je zde krátce shrnuta problematika kolorektálního karcinomu, a dále pak uvádím základní data související s tímto onemocněním.

1.5. Kolorektální karcinom

Rakovina, tedy onemocnění zhoubným nádorem, je v současném světe jedním z největších nebezpečí pro zdraví jedinců, a představuje tak celospolečenský problém. Toto potvrzuje fakt, že v roce 2010 byla rakovina nejvýznamnější příčinou úmrtí ve všech členských zemích Evropské unie, kdy v průběhu zapříčinila 166,9 úmrtí na 100 000 obyvatel (EuroStat, 2010). Jedná se zejména o zhoubné nádory hrtanu, průdušnice, průdušek a plic, tračníku, prsu, a primární, mízní, krvetvorné a příbuzné tkáně.

Česká republika je (spolu s ostatními středoevropskými státy) v oblasti úmrtí z důvodu zhoubných nádorů dlouhodobě na velice vysokých číslech v porovnání s ostatními státy. V roce 2012 se Česká republika „umístila" na nelichotivém pátém místě ve statistice OECD ohledně rakovinových úmrtí s 237 zemřelými na 100 000 obyvatel. V tomto pomyslném žebříčku ČR předstihlo pouze Polsko, Lotyšsko, Dánsko a Maďarsko (OECD, 2012).

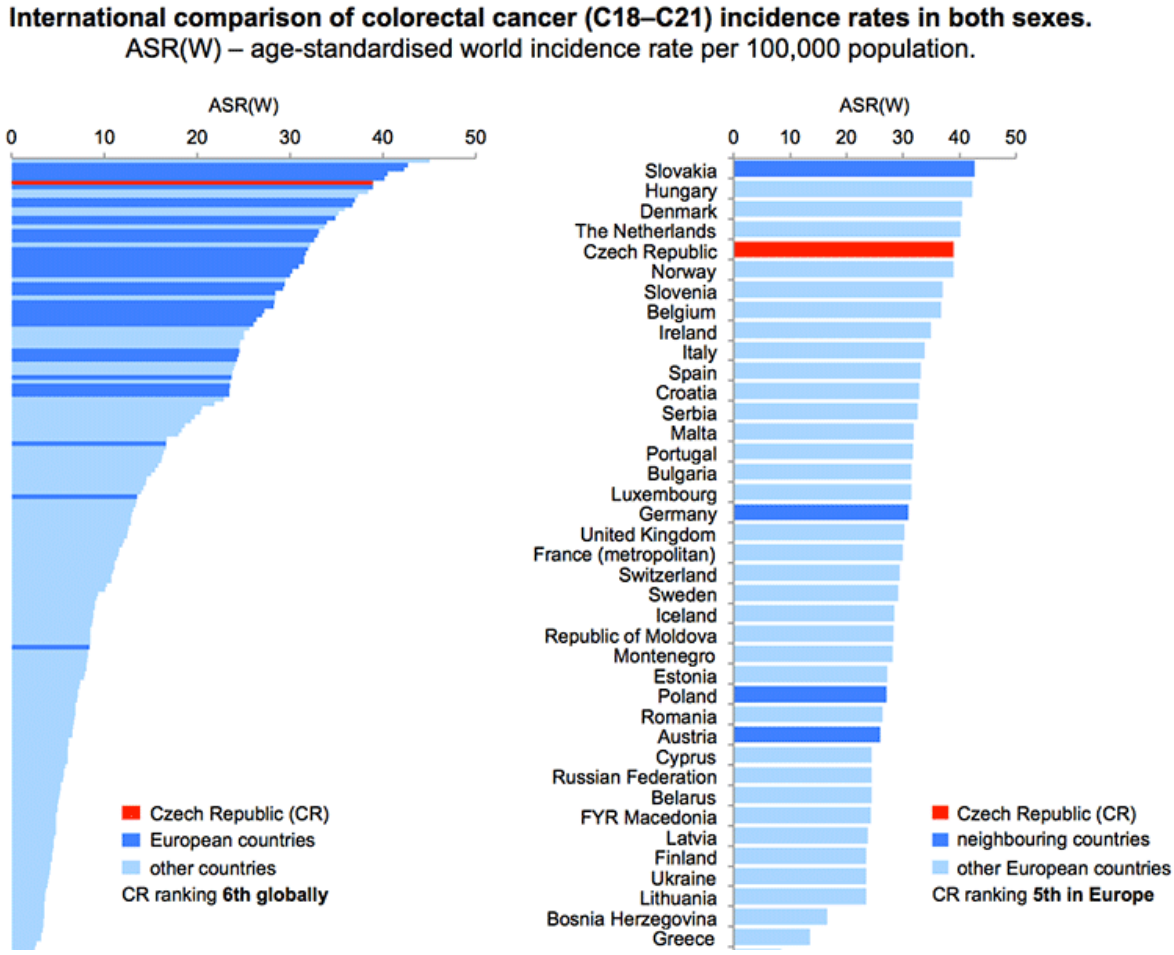
Včasná diagnóza onemocnění zhoubným nádorem je jednou z neúčinnějších metod, jak proti nemoci bojovat a velmi tím zvyšuje šanci na úspěch léčby. Jedná se zejména o rakovinu prsu, rakovinu tlustého střeva a konečníku a rakovinu děložního hrdla. Z tohoto důvodu bylo v roce 2003 schváleno doporučení Rady Evropské Unie ohledně screeningových opatření pro členské státy právě pro tyto 3 typy rakoviny. Díky screeningových programům by měla být nemoc diagnostikována v raném, nikoliv pokročilém stadiu, čímž by mělo být umožněno dosažení efektivnější léčby nádorových onemocnění.

Ročně je celosvětově diagnostikováno přes 1 300 000 nových případů rakoviny tlustého střeva a konečníku a jedná se o třetí nejrozšířenější typ rakoviny vůbec. V Evropě se jedná dokonce o druhý nejrozšířenější typ rakoviny (v roce 2012 přibylo v Evropě přes 440 000 nových pacientů s touto diagnózou). Podle odhadů databází GLOBOCAN pak v poslední letech umírá každý rok necelých 700 000 lidí s diagnózou kolorektálního karcinomu, z toho přes 200 000 lidí v Evropě (opět je kolorektální karcinom na druhém místě v počtu úmrtí mezi jednotlivými typy rakoviny v Evropě). Dlouhodobě také můžeme pozorovat, že rakovinou tlustého střeva a konečníku trpí více muži než ženy. V roce 2012 bylo 21 nových případů kolorektálního karcinomu na 100 000 osob u mužů a zhruba 17,5 u žen (Dušek, Mužík, Malúšková, Šnajdrová, 2015).

Co se kolorektálního karcinomu týče, patří česká populace k nejohroženějším národnostem na světě. Nejvýznamnější příčiny častého výskytu tohoto onemocnění v ČR nelze určit se stoprocentní jistotou, nejčastěji se ovšem mluví o špatných stravovacích návycích (těžká a mastná jídla), genetických predispozicích k této chorobě, ale také o nezdravém životním stylu v čele s hojnou konzumací alkoholu.

Podle dostupných statistik byli Češi v roce 2012 na pomyslném šestém místě v celosvětovém žebříčku, a na místě pátém co se Evropy týče. Z evropských zemí jsou před námi jen Slovensko, Maďarsko, Dánsko a Nizozemsko, nejvyšší výskyt kolorektálního karcinomu pak můžeme nalézt v Jižní Koreji. Zajímavé je, že podle stejných statistik jsou na tom čeští muži výrazně hůře než české ženy. Čeští muži se „umístili“ na nelichotivém čtvrtém místě globálně, a na třetím místě v rámci Evropy, kdy je předstihli jen Maďaři a Slováci. Na druhou stranu, českým ženám patří „až“ globální šestnáctá, potažmo desátá evropská pozice. Statistiky úmrtnosti z důvodu rakoviny tlustého střeva a konečníku jsou pro českou populaci také o něco přijatelnější. Celosvětově figurujeme na jedenáctém, v Evropě pak na devátém místě. Mužská část populace je na tom opět hůře než ženská, kdy ji v evropském i celosvětovém měřítku shodně patří šestá pozice. Naproti tomu se úmrtnost českých žen z důvodu kolorektálního karcinomu pohybuje na přijatelném jedenatřicátém místě celosvětově, potažmo na dvacátém v rámci Evropy (Dušek, Mužík, Malúšková, Šnajdrová, 2015).

Graf 1 – Mezinárodní srovnání incidence CRC pro obě pohlaví



Zdroj: Epidemiology of colorectal cancer: international comparison, 2015

1.5.1. Faktory ovlivňující výskyt kolorektálního karcinomu

Faktory, jež mají vliv na vznik kolorektálního karcinomu, se dělí na vnitřní a vnější rizikové faktory. Mezi vnitřní faktory patří věk (s rostoucím věkem roste pravděpodobnost výskytu onemocnění), výskyt kolorektálního karcinomu nebo adenomových polypů u nejbližších příbuzných a onemocnění střevními nemocemi (Crohnova choroba, střevní záněty). Obecně platí, že vnitřní rizikové faktory nelze eliminovat primárními preventivními opatřeními. Lze jim ovšem věnovat zvýšenou pozornost při sekundární prevenci, která v těchto případech může vést ke včasnému zachycení choroby. Naopak vnější rizikové faktory jedinec ovlivnit může. Patří mezi ně

stravovací návyky, kouření a alkohol, nedostatek pohybu, ale i vliv životního prostředí (škodliviny, radiace) či sluneční záření. Vnější faktory se dají eliminovat zdravým životním stylem, byť karcinom kolorekta je jedním z mála druhů rakoviny, u kterého se pouze eliminací vnějších faktorů onemocnění zabránit nedá, protože právě zde nezanedbatelnou roli hraje dědičnost (Bischofová, 2012).

I tak je ale možné správným stravováním kolorektálnímu karcinomu předcházet. Bylo potvrzeno, že jídlo obsahující vlákninu prokazatelně snižuje možnost onemocnění. Naopak červené maso, uzeniny a alkohol (u mužské části populace) prokazatelně zvyšují riziko onemocnění. Mezi potraviny, které velmi pravděpodobně snižují riziko nádorového onemocnění tlustého střeva a konečníku, patří česnek, mléko a kalcium. Pravděpodobné zvýšení rizika pak způsobuje alkohol u ženské části populace. Mezi potraviny, které snižují možnost onemocnění, ale jejichž vliv byl prokázán jen částečně, patří neškrobová zelenina, ovoce a potraviny obsahující vitamín D. Naopak potraviny zvyšující možnost onemocnění s jen částečně průkazným účinkem jsou sýry, potraviny obsahující železo, živočišné tuky a cukry.

Fyzická aktivita je dalším faktorem prokazatelně snižujícím riziko onemocnění kolorektálním karcinomem. Na druhou stranu bylo prokázáno, že obezita a zvýšené množství tělesného tuku riziko onemocnění zvyšují. Je zajímavé, že prokazatelné zvýšení rizika můžeme pozorovat i s rostoucí výškou dospělých jedinců. Zvýšení pravděpodobnosti výskytu kolorektálního karcinomu vyvolává také kouření. (World Cancer Research Fund, 2011).

1.5.2. Screeningové programy v ČR

Jak bylo zmíněno výše, v současné době běží v České republice programy screeningu karcinomu prsu, děložního hrdla a kolorektálního karcinomu. Samotný screening je definován jako „*dobrovolné testování jedinců bez příznaků onemocnění za účelem jejich rozdělení na osoby s nízkou a vysokou pravděpodobností, že trpí daným onemocněním*“ (Kramer, Gohagan, Prorok, 1999). Screeningové programy jsou v doporučení Rady Evropské unie z 3. listopadu 2003, která si od nich slibuje včasnější záchyt těchto nemocí nebo dokonce předcházení jejich vzniku. Tato opatření potažmo povedou k úspoře finančních prostředků za léčbu těchto nádorových onemocnění.

Od roku 2002 v ČR probíhá screening rakoviny prsu technikou mamografie. Původní cílová skupina (dle vyhlášky 372/2002 Sb.) byla stanovená jako ženy ve věku 45 až 69 let, vyhláška 3/2010 Sb. jí pak upravuje na všechny ženy starší 45 let. V roce 2012 byla původní skupina pokryta 56,6 %, u žen nad 45 let to pak bylo 46,1 %. Z uvedeného vyplývá, že hlavně nejstarší část populace žen je screeningem pokrytá méně a představuje zde tedy prostor pro možný budoucí růst. Celkový počet vyšetření za 10 let existence mamografického screeningového programu (2002 – 2012) činí 4 213 986 vyšetření, ve kterých bylo detekováno 21 315 případů zhoubného nádoru (Daneš, Bartoňková, Skovajsová, 2012).

Organizovaný program screeningu rakoviny děložního hrdla byl v České republice zahájen v roce 2009, neorganizovaně byl screening prováděn již od roku 2001. Provádí se cytologickým vyšetřením stěru z děložního hrdla. Podle doporučení Rady Evropské unie jsou cílovou skupinu všechny ženy od 15 let. V roce 2009 bylo díky tomuto screeningovému programu pokryto 50,1 % populace žen ve věku 25-59 let.

Konečně screening kolorektálního karcinomu se v České Republice provádí od roku 2000. Testem pro detekci rakoviny tlustého střeva a konečníku je test na okultní krvácení do stolice TOSK[4]. Pokud je výsledek tohoto testu pozitivní, následuje vyšetření screeningovou kolonoskopií. (Májek, Dušek, Zavoral, Suchánek, Seifert, Daneš, Dvořák, Kožený, 2011). Od roku 2009 má screeningový program následující podobu: od 50 let je prováděn test TOKS praktickými lékaři a gynekology a v případě pozitivního testu je proveden test TOKS+ (screeningová kolonoskopie). Od 55 let mají pak lidé na vybranou, zda budou ve dvouletých intervalech pokračovat v testech TOKS, nebo zda zvolí primární screeningovou kolonoskopii. Screeningová kolonoskopie je pak při negativním nálezu opakována každých deset let.

V roce 2012 pokrýval test TOKS 25,5 % cílové skupiny, tedy české populace nad 50 let. V absolutním vyjádření bylo v roce 2012 v ČR provedeno 553 141 TOKS testů (Seifert, Májek, Zavoral, Král, Suchánek, Ngo, Dušek, 2014). Screeningových kolonoskopií (TOKS+) bylo v roce 2012 v ČR provedeno 21 137, z toho v 7 802 případech byl nalezeny adenomové polypy a 778 případů vedlo k nálezu karcinomu. 4 495 Primárních screeningových kolonoskopií pak detekovalo 1 145 adenomových polypů a 35 karcinomů (opět pro rok 2012). Podíl nálezu adenomových polypů při screeningových kolonoskopiích stoupl z 29,6 % z roku 2006 na 36,9 % v roce 2012, podíl

[4] Starší guajakový test na krvácení do stolice gTOSK a novější imunochemický test na okultní krvácení iTOSK

nalezení karcinomu naopak klesl z 6,3 % na 3,7 % pro rok 2012. U primární screeningové kolonoskopie je v čase poměrně stabilní podíl nálezu adenomových polypů, v roce 2009 to bylo 25,3 %, v roce 2012 pak 25,5 %. Podíl karcinomů pak klesl z 1,8 % v roce 2009 na 0,8 % v roce 2012 (Suchánek, Májek, Zavoral, Seifert, Ngo, Dušek, 2014).

V lednu 2014 byl pro ČR zahájen populační program screeningu zhoubných nádorů, a sice adresné zvaní pojištěnců. Program se týká všech třech výše zmiňovaných typů rakovinových onemocnění – karcinomu prsu a děložního hrdla u žen a kolorektálního karcinomu u mužů a u žen. Hlavní cíl programu je prostý, zvýšit počet jedinců z cílové populace zapojených do screeningového procesu. Zvýšení počtu lidí pravidelně se účastnících screeningových programů by mělo vést zejména ke včasnějšímu zachycení zmíněných nemocí, to znamená v jejich dřívějších stadiích[5]. V současné chvíli je bohužel stále vysoká část karcinomů odhalená až ve stadiu pokročilém. Odhalení nemoci v dřívějších stadiích je jednak méně nákladné pro zdravotní systém, zároveň pak přináší vyšší šance na uzdravení pacienta.

Jedním z hlavních bodů pro zavedení populačního screeningu je metodika adresného zvaní. V mezinárodním měřítku se přístupy velice liší z legislativních důvodů a různých metod sběru a vyhodnocování dat. V ČR mají adresné zvaní na starosti zdravotní pojišťovny za pomoci jejich informačních systémů a dat. Výhodou realizace skrze zdravotní pojišťovny je i fakt, že mohou i snáze vyhodnocovat úspěšnost adresného zvaní, jelikož se informace o účasti/neúčasti (potažmo o výsledku vyšetření) opět promítá do informačního systému. Celý proces se tedy skládá z výběru pojištěnců pro screening, tvorby obsahu zvacího dopisu, zpětné kontroly účinku zvaní, stanovení podmínek pro opakované zvaní jedince do screeningového programu a vyhodnocení výsledků populačního screeningu.

Kritéria, podle kterých byli občané vybíráni do programu, jsou následující: pojištěnec odpovídá cílové skupině dle věku a pohlaví, a zároveň je pojištěncem dané zdravotní pojišťovny alespoň po dobu čtyř let. Dále je pojištěnec z programu vyřazen, pokud:

[5] Stadia kolorektálního karcinomu - 0-IV:

Stadium 0	Nádor rostoucí jen ve sliznici, bez infiltrace do uzlin, bez metastáz.
Stadium I	Nádor roste do podslizničního vaziva, bez infiltrace do uzlin, bez metastáz.
Stadium II	Nádor roste až do povrchové vrstvy stěny TS, bez infiltrace do uzlin, bez metastáz.
Stadium III	Nádor prorůstá střevní stěnu TS a postihuje regionální mízní uzliny, bez metastáz.
Stadium IV	Nádor postihující stěnu TS, přítomnost nádoru v mízních uzlinách, přítomnost vzdálených metastáz.

(Lukáš, Žák, 2007)

- je cizinec (výpomocně pojištěn v ČR – turista kategorie T);
- je občan ČR dlouhodobě pobývající v cizině;
- nemá úplnou adresu v databázi pojišťovny, např. PSČ 000 00, má adresu na P. O. Box, případně pojištěnci, u kterých je evidována nedoručitelnost zásilek;
- byl již pozván na konkrétní screeningový program před 11 a méně měsíci; nutno zvažovat separátně jednotlivé screeningové programy a přizpůsobit tomu variantu dopisu;
- má již vykázané výkony/diagnózy související s vybranými typy rakoviny;
- má vykázané náklady na léčbu během posledních 365 dní nad 1 mil. Kč (náklady se rozumí suma všech vykázaných nákladů na ambulantních, hospitalizačních dokladech, na žádankách a receptech) (Dušek, Májek, Blaha, Daneš, Zavoral, Seifert, Dvořák, Skovajsová, Suchánek, Jung, Brzková, Klika, Klimeš, Koptíková, Gregor, 2014).

Za rok 2014 bylo populačním screeningovým programem osloveno 1,9 milionu obyvatel ČR. Z toho bylo pozváno 596 386 žen na screening karcinomu děložního hrdla, 521 187 žen na mamografický screening a 1 500 897 mužů a žen bylo pozváno do programu screeningu kolorektálního karcinomu[6]. V současné chvíli jsou k dispozici statistiky o účasti pouze za první kvartál roku 2014. Nejnižší míra účasti, pouze 8,1 % byla zaznamenána u žen pozvaných do programu cervikálního screeningu, 12,6 % pozvaných žen se zúčastnilo programu mamografického screeningu a 14,2 % mužů a žen se zapojilo do screingového programu kolorekta (Májek, Dušek, Blaha, Daneš, Zavoral, Seifert, Dvořák, Skovajsová, Suchánek, Jung, Brzková, Klika, Klimeš, Koptíková, Šnajdrová, Gregor, 2015).

1.5.3. Metodika hodnocení efektivity screeningových programů

Screeningové programy bezesporu pomáhají k včasnějšímu zachycení nádorových onemocnění a tím usnadňují jejich léčbu, na druhou stranu jsou ovšem značně finančně nákladné (zejména populační screening). Zároveň také ovlivňují, ať už časově či psychicky, značné procento zdravé populace. Na jedné straně tedy stojí úspory ve zdravotním systému při léčbě rakovinových

[6] Někteří jedinci byli pozváni do více screeningových programů najednou, proto součet pozvaných do jednotlivých programů nekoresponduje s celkovým počtem oslovených občanů.

onemocnění, jelikož léčba raných stádií nemoci je značně levnější nežli léčba pokročilých stadií. Dalším přínosem jsou samozřejmě zachráněné lidské životy, z nichž se část může opět zapojit do pracovního procesu. Na druhé straně je screening finančně velmi náročný, což je v dnešní době omezených finančních prostředků ve zdravotnictví určitá komplikace. Důležité jsou tedy výsledky analýz efektivnosti jednotlivých programů.

Jedním z možných metodických přístupů je analýza nákladové efektivity, která bere v úvahu vztah nákladů k danému zdravotnímu programu nebo opatření. Autoři v článku Nákladová efektivita screeningu kolorektálního karcinomu: edukační přehled a modelování účinku programu v České republice rozebírají tyto hlavní metodické přístupy: „*Analýza minimalizace nákladů (Cost-Minimalization Analysis, CMA), analýza nákladové efektivity (Cost-Effectiveness Analysis, CEA), analýza nákladové užitečnosti (Cost-Utility Analysis, CUA), analýza nákladové prospěšnosti (Cost-Benefit Analysis, CBA)*“, přičemž dále uvádí analýzu nákladové efektivity jako nejpoužívanější (Májek, Dušek, Suchánek, Demlová, Kožený, Suchý, Zavoral, 2011).

Nákladová efektivita screeningových programů byla již v minulosti prokázána v řadě evropských, amerických i asijských států. Článek Cost-effectiveness of Colorectal Cancer screening analyzoval celkem 55 různých studií napříč kontinenty, ve kterých bylo použito 32 unikátních modelů nákladové efektivity. Všech pětapadesát studií prokázalo screening kolorektálního karcinomu jako nákladově efektivní, nebo alespoň nákladově-úsporné, oproti situaci bez screeningového programu. Toto shrnutí poskytuje nesporný vědecký důkaz o přínosnosti screeningu pro zdravotnický systém, zároveň pak analyzuje jednotlivé screeningové metody z hlediska nákladové efektivnosti. Zde autoři shledali, že v současné chvíli nelze s jistotou určit, který ze screeningových programů je nejvíce nákladově efektivní. Studie na druhou stranu prokazují, že nové moderní screeningové metody jako DNA testování stolice, CT kolonografie (tzv. virtuální kolonoskopie) a kapslová endoskopie nejsou v současné době méně nákladově efektivní, než je tomu u tradičních zavedených screeningových metod, jako je test na okultní krvácení do studie nebo kolonoskopie (Lansdorp-Vogelaar, Knudsen, Brenner, 2011).

Jelikož již řada studií nákladovou efektivitu screeningu potvrdila, analytická část této práce se bude zabývat analýzou celkových nákladů na léčbu kolorektálního karcinomu v České republice v závislosti na demografickém vývoji. Tento přístup v ČR doposud nebyl aplikován, takže přidaná hodnota této práce bude rovněž v jedinečnosti těchto výsledků.

2. Analytická část

Analytická část této diplomové práce je koncipována následujícím způsobem: na základě historických dat jsou sestaveny predikční modely pro incidenci a mortalitu kolorektálního karcinomu dle jednotlivých stádií (I – IV). Následně je dle projekce obyvatelstva České republiky do roku 2100 (ČSÚ, 2013a) identifikována kritická skupina a období, kdy se početná skupina obyvatelstva baby boomu narozená mezi lety 1973 – 1978 (tzv. „Husákovy děti“) dostává do kritického věku nejvíce ohroženého vznikem kolorektálního karcinomu.

Pomocí nákladů na léčbu onemocnění kolorektálním karcinomem je pak pro jednotlivá stadia ukázáno, o kolik se zvýší nákladovost léčby CRC pro jednotlivá stadia u mužů a žen v době, kdy silné ročníky 70. let přichází do věku, v němž začnou být ohroženi incidencí a mortalitou rakoviny tlustého střeva. Časové období je nastaveno na roky 2024 a 2028, tedy roky, kdy „Husákovy děti“ do kritického věku vstupují, respektive kdy jsou již všichni v ohrožené věkové skupině.

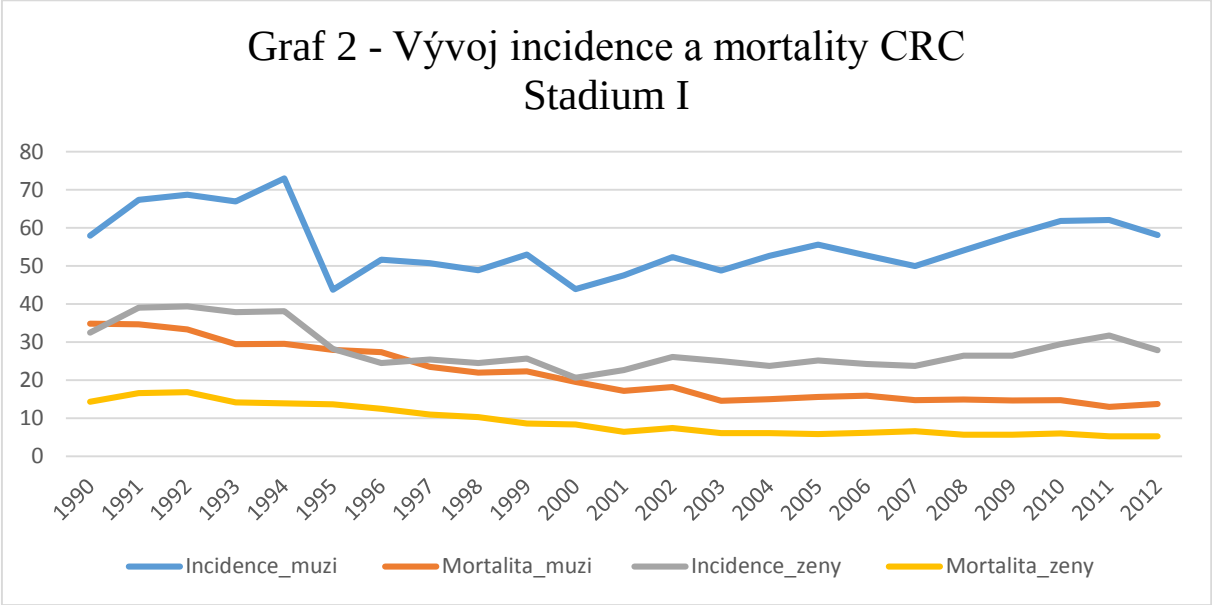
2.1. Data

Data použitá v této práci pochází pro predikci incidence a mortality kolorektálního karcinomu pochází z webového portálu www.svod.cz, vytvořený v rámci projektu Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice[7]. Software SVOD přebírá data z Národního onkologického registru NOR (Dušek, Mužík, Kubásek, Koptíková, Žaloudík, Vyzula, 2005). Konkrétně se jedná o data incidence a mortality v kategorii II. Nádory trávicí trubice a zažívacích orgánů, Diagnóza C18-C21 – Zhoubný nádor tlustého střeva a konečníku. Data byla roztříděna podle pohlaví zvlášť na mužskou a ženskou část populace, dále pak dle stádií nemoci zvlášť pro I, II, III a IV stadium. Věková skupina obyvatelstva byla zvolena jako 50 let a výše v souladu s výše zmiňovanými screeningovými programy v ČR. Přesto, že SVOD nabízí onkologická data již od roku 1977, bylo pro predikční analýzu zvoleno období 1990 – 2012 s ohledem na změnu politického režimu v ČR a možným zkreslením statistik před tímto rokem. Jedná se tedy o časové řady s jedním ročním pozorováním. Konečná data o incidenci a mortalitě jsou ve formátu přepočteného světového

[7] SVOD – Systém pro Vizualizaci Onkologických Dat

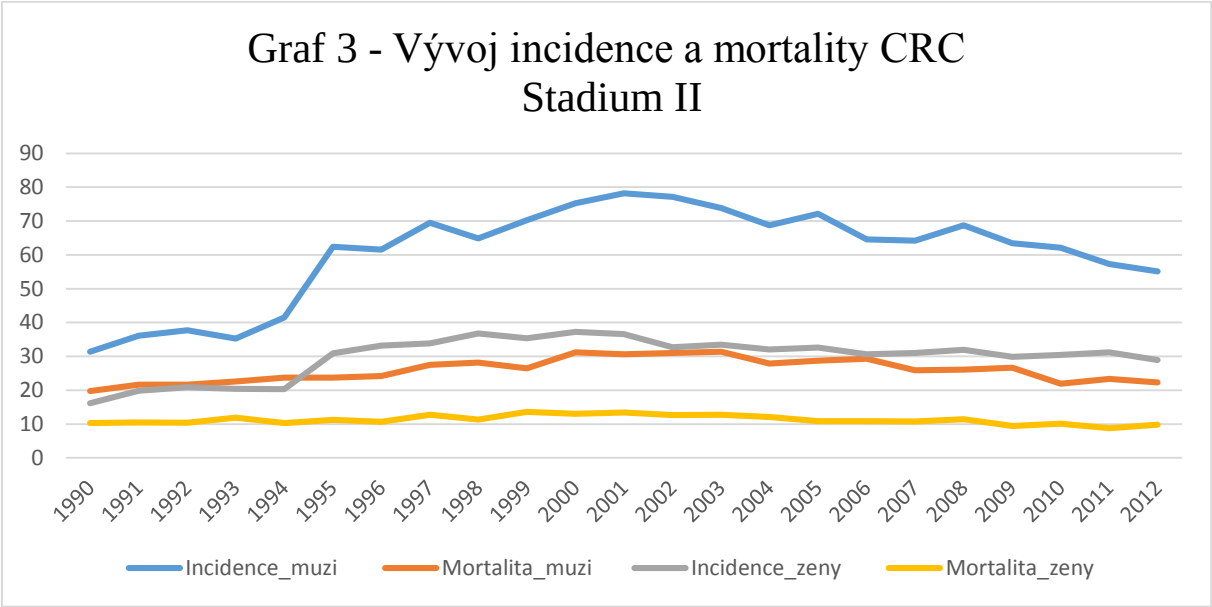
standardu ASR-W – věkově standardizovaná incidence a mortalita, která „…*je váženým průměrem hrubých incidencí ve věkových kategoriích (tedy věkově specifických incidencí), kde váhy hrubých incidencí ve věkových kategoriích jsou úměrné počtu osob v populačním standardu. Vyjadřuje, jaký by byl počet případů na 100 000 osob, kdyby zkoumaná populace měla stejnou věkovou strukturu jako populace standardu*“ (SVOD, 2005). Deskriptivní statistiky pro jednotlivá stadia jsou uvedeny v přílohách této práce v Tabulkách 10 - 13.

Následující grafy zobrazují vývoj incidence a mortality mužů a žen při onemocnění kolorektálním karcinomem. První graf nám ukazuje poměrně nízkou mortalitu jak mužů, tak žen v porovnání s ostatními stadii. Není překvapující, že incidence i mortalita u mužů je vyšší nežli u žen.



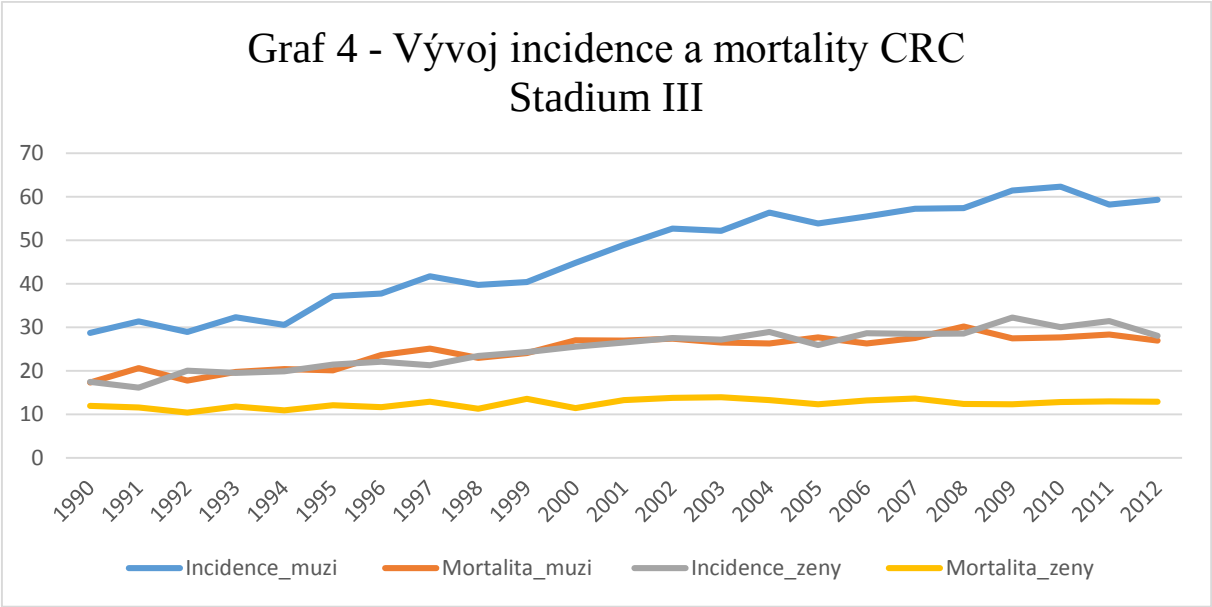
Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Graf zobrazující vývoj incidence a mortality pro CRC ve druhém stadiu v ČR ukazuje zajímavý fakt ohledně incidence mužů. Ta v průběhu první dekády výrazně vzrostla, a dosáhla svého vrcholu téměř 79 případů na 100 000 obyvatel, následně pak trend začal klesat až na 55,11 v posledním pozorovaném roce 2012. Tento fakt je patrně možné přičíst právě výše diskutovaným screeningovým programům. Vývoj ostatních veličin nenaznačuje žádné mimořádné chování.



Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

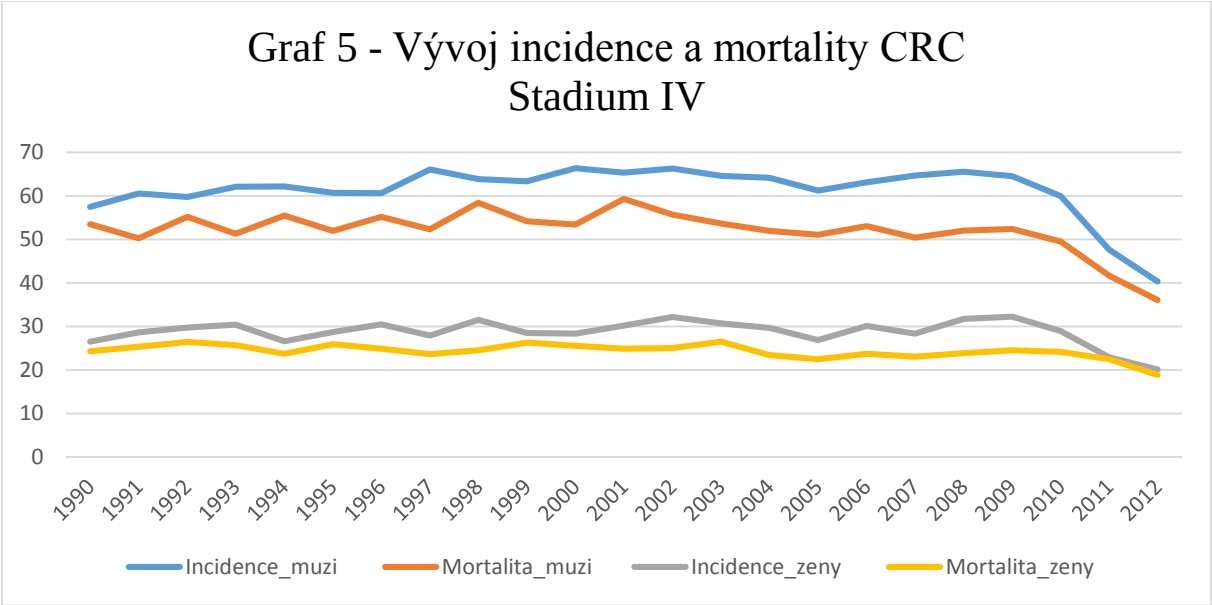
Graf pro třetí stadium kolorektálního karcinomu ukazuje vyšší mortalitu mužů i žen v porovnání s předchozími stadii. Překvapující je pak stále rostoucí trend incidence mužů v průběhu času, který se v průběhu času „neláme“ tak, jako to můžeme pozorovat u incidence ve druhém stadiu.



Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Z grafu posledního stadia onemocnění rakoviny tlustého střeva a konečníku můžeme vyčíst velmi významně snižující se trend jak incidence, tak mortality u mužů i žen v posledních letech. Tato

informace by pro českou populaci byla bezpochyby pozitivní, je ovšem otázkou, co za tento klesající trend může a zda v reálu vydrží i do budoucna. Je pochopitelné, že mortalita je v tomto stadiu nejvyšší jak u mužů, tak u žen.



Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Další důležitá část dat pro účely této práce je populační projekce pro Českou republiku a věková struktura obyvatelstva. Populační projekce pochází z Českého statistického úřadu, z dat Projekce obyvatelstva České republiky do roku 2100. Byla zvolena střední varianta v prognóze podle věkových skupin pro muže a ženy. Projekce začíná k 1. 1. 2013 (zde jsou ještě brány reálné údaje) a končí 1. 1. 2101. Pro potřebu analýzy této práce nicméně postačí populační predikce do roku 2035 (ČSÚ, 2013a).

Data nákladů na léčbu kolorektálního karcinomu jsou vyčíslena na základě údajů z českých zdravotních pojišťoven. Jedná se o odhady komplexních nákladů na zdravotní péči pro jednotlivá stadia, která berou v potaz širokou škálu všech souvisejících nákladů s onemocněním kolorektálním karcinomem v jednotlivých stadiích. Náklady na první stadium léčby tvoří převážně samotná diagnóza nemoci a chirurgický zákrok, v pozdějších stadiích se přidávají náklady na chemoterapeutickou léčbu, ale i další speciální léčiva apod. Jelikož v současném zdravotním systému ČR není instituce, která by tato komplexní data sbírala a shromažďovala na jednom místě,

bylo údaje nutné doplnit a konfrontovat s výzkumným zabývajícím se problematikou léčby kolorektálního karcinomu v USA - Lifetime and Treatment-Phase Costs Associated With Colorectal Cancer: Evidence from SEER - Medicare Data (Lang, Lines, Lee, Korn, Earle, Menzin, 2009). Náklady na léčbu kolorektálního karcinomu použité pro účely této práce zaokrouhlené na tisíce Kč vypadají následovně:

Tabulka 1 – Náklady na léčbu kolorektálního karcinomu, stadium I-IV

Stadium	Náklady na léčbu
Stadium I	101 000 Kč
Stadium II	1 165 000 Kč
Stadium III	1 350 000 Kč
Stadium IV	1 095 000 Kč

Zdroj: Data zdravotních pojišťoven ČR; Lang, Lines, Lee, Korn, Earle, Menzin, 2009, vlastní zpracování

Z uvedených dat je patrný velký skok mezi náklady v raném prvním stadiu a stadii pokročilými. Už jen z těchto dat je patrné, že zachycení nemoci v tomto stadiu bude pravděpodobně ekonomicky přínosné pro výdajovou stránku zdravotnického systému. Na první pohled by se mohlo zdát nesmyslné, že náklady II. a III. stadia jsou vyšší než náklady na léčbu stadia čtvrtého. Toto je způsobeno smutným faktem, kdy stadium IV bývá stadiem terminálním s velmi nízkými nadějemi na přežití více než jednoho roku.

2.2. Predikce vývoje incidence a mortality kolorektálního karcinomu v ČR - modely

Vývoj incidence a mortality kolorektálního karcinomu v budoucích letech byl odhadnut ARIMA modely[8]. Pro účely této práce bylo sestrojeno celkem 16 modelů. Modely byly sestrojeny zvlášť pro každé stadium onemocnění rakovinou (I-IV), zvlášť pro incidenci a mortalitu, a byl oddělen vývoj u mužů a u žen. Predikce byla provedena pro 23 nových pozorování, tedy od roku 2013 po rok 2035, takže hodnoty bude dále možné použít pro odhad budoucích nákladů na léčbu CRC pro silné populační ročníky.

Jak název ARIMA, tak i odhad modelu, je tvořen třemi částmi. AR je označení Autoregresního modelu (Autoregressive models). Ten spočívá v předpovědi vysvětlující proměnné pomocí lineární kombinace minulých hodnot této proměnné. Obecně lze AR model zavést až do *p* řádu AR(p) a zapsat ve tvaru:

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \ldots + \phi_p y_{t-p} + c + e_t,$$

kde c je konstanta, e_t je bílý šum a ϕ parametry (OTexts, 2015). V této práci budeme pracovat pouze s autoregresním procesem prvního nebo druhého řádu – AR(1) nebo AR(2).

MA v modelu značí Model klouzavých průměrů (Moving Average models). MA modely jsou založeny na použití chyb minulých předpovědí v regresních modelech. Obecný tvar rovnice AR modelu *q* řádu je:

$$y_t = \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 e_{t-2} + \ldots + \theta_q e_{t-q} + c + e_t,$$

kde c je opět konstanta a e_t je bílý šum, θ jsou parametry (OTexts, 2015). Pro účely této práce opět postačí použití modelu klouzavých průměrů prvního a druhého řádu.

Prostřední část modelu, čili I, značí stupeň diference vysvětlované proměnné v modelu. Pokud složíme tyto tři části dohromady, dostáváme model ve tvaru:

$$y'_t = \phi_1 y'_{t-1} + \phi_2 y'_{t-2} + \ldots + \phi_p y'_{t-p} + \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 e_{t-2} + \ldots + \theta_q e_{t-q} + c + e_t,$$

[8] ARIMA – Autoregressive integrated moving average – Autoregresivní integrovaný klouzavý průměr

kde y'_t je diferencovaná časová řada, která může být diferencovaná více než jednou. Stejně jako v předchozích případech, ani zde nepřekročíme v rámci této diplomové práce diferenci druhého řádu. Takto zkonstruovaný model se značí **ARIMA (p,d,q)** model, kde **p** značí řád autoregresní části modelu, **d** zobrazuje stupeň diference a **q** označuje řád MA části modelu (OTexts, 2015). Pokud model obsahuje konstantu, označuje se dále jako **ARIMA (p,d,q)c**, zatím co model bez konstanty jako **ARIMA (p,d,q)¢**. V další části této práce, kde jsou provedeny odhady jednotlivých modelů, jsou pak použity vždy konkrétní tvary ARIMA modelů.

U každé použité časové řady byla nejdřív zjišťována jejich stacionarita. V případě stacionárních časových řad docházelo k sestrojení modelů přímo, pokud se prokázala jejich nestacionárnost, byly časové řady logaritmovány či diferencovány (případně obojí) dle jejich vývoje, dokud nesplňovaly podmínky stacionarity. Stacionarita časových řad byla testována pomocí Dickey-Fullerova testu jednotkového kořene[9]. U všech odhadnutých modelů byly dále provedeny testy normality reziduí, autokorelace prvního a druhého řádu, a ARCH test indikující přítomnost heteroskedasticity.

2.2.1. Stadium I

Model incidence mužů

Pro odhad budoucího vývoje incidence rakoviny tlustého střeva a konečníku u mužů byl zkonstruován model ARIMA (1,0,0)c. Časová řada incidence kolorektálního karcinomu u mužů ve věku 50+ byla Dickey-Fullerovým testem označena za stacionární, nebylo tedy jí logaritmovat ani diferencovat.

[9] Augmented Dickey-Fuller unit root test

Výsledky Modelu 1 – predikce incidence mužů, stadium I
Model 1: ARIMA, using observations 1990-2012 (T = 23)
Dependent variable: *Incidence_muzi*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
const	55.8618	2.67551	20.8789	<0.0001	***
phi_1	0.507476	0.172065	2.9493	0.0032	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Test normality reziduí jejich normalitu nepotvrdil, je tedy faktem, že rezidua tohoto modelu nemají normální rozdělení. Pro další analýzu toto všem nepředstavuje vážný problém, neboť je zde přítomen tzv. „bílý šum" a nikoliv „Gaussovský bílý šum", nicméně i „bílý šum" je z pohledu modelu postačující. Test autokorelace prvního i druhého řádu vyšel negativně, autokorelace v modelu přítomná není. ARCH test přítomnosti heteroskedasticity v modelu vyšel opět negativně, v modelu je přítomná homoskedasticita. Model 1 je tedy vhodný pro predikci.

Model incidence žen

Časová řada incidence nemoci v prvním stadiu u žen vykazovala trendové chování, z toho důvodu byla pro účely modelu logaritmována. Dickey-Fullerův test i přesto indikoval nestacionaritu časové řady, proto byla následně přidána první diference. Ani ta ovšem stacionaritu nesplňovala, a tak byla přidána i druhá diference. Výsledná závislá proměnná ve tvaru *d_d_l_Incidence_zeny* již podmínku stacionarity splňuje. Výsledný model je ve tvaru ARIMA (0,2,1)¢.

Výsledky Modelu 2 – predikce incidence žen, stadium I
Model 2: ARIMA, using observations 1992-2012 (T = 21)
Dependent variable: *(1-L)^2 l_Incidence_zeny*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
theta_1	−1	0.21138	−4.7308	<0.0001	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Test normality reziduí opět indikuje nenormální rezidua, je tedy opět nutné spokojit se pouze s nenormálními rezidui a „bílým šumem". Autokorelace 1. ani 2. řádu v modelu přítomna není.

Heteroskedasticita pomocí ARCH testu nebyla prokázána, je homoskedastický a tím pádem i vhodný pro predikci.

Model mortality mužů

V Dickey-Fullerově testu jednotkového kořene vyšla pro tuto časovou řadu α < p-value, což znamená, že i tato časová řada je nestacionární. Byla tedy přidána první (stále nepostačující) druhá diference. Závislá proměnná má tedy tvar *d_d_Mortalita_muzi* a je stacionární, což bylo potvrzeno dalším D-F testem. Výsledný model má tvar ARIMA (1,2,1)c.

Výsledky Modelu 3 - Predikce mortality mužů, stadium I
Model 3: ARIMA, using observations 1992-2012 (T = 21)
Dependent variable: *(1-L)^2 Mortalita_muzi*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
const	0.0846144	0.0331164	2.5551	0.0106	**
phi_1	−0.395405	0.202523	−1.9524	0.0509	*
theta_1	−1	0.140038	−7.1409	<0.0001	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Stejně jako v předchozích dvou případech, i pro tento odhad indikuje nenormalitu reziduí otestovanou testem normality. I nyní budeme s tímto modelem nadále pracovat. Test autokorelace jak prvního, tak druhé řádu dopadl negativně, autokorelace tedy přítomná není. Stejně tak heteroskedasticita, kdy v ARCH testu vyšla hodnota α < p-value, takže přijímáme nulovou hypotézu H_0, která tvrdí, že v modelu je homoskedasticita. Jelikož i zde vyšly testy správně, model bude použit k predikci mortality mužů ve stadiu I onemocnění kolorektálního karcinomu pro roky 2013-2035.

Model mortality žen

Predikce mortality žen je posledním predikčním model pro první stadium onemocnění. Test jednotkového kořene i zde odhalil nestacionaritu časové řady. Tu nezlepšila ani první diference časové řady, stejně jako v předchozím případě ovšem podmínku stacionarity splnila diference

druhá. Tvar vysvětlované proměnné je tedy *d_d_Mortalita_zeny*, výsledný model je pak ve tvaru ARIMA (1,2,0)¢.

Výsledky Modelu 4 – Predikce mortality žen, stadium I
Model 4: ARIMA, using observations 1992-2012 (T = 21)
Dependent variable: *(1-L)^2 Mortalita_zeny*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
phi_1	−0.511533	0.190148	−2.6902	0.0071	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Test normality reziduí zde ukázal, že v tomto predikčním ARIMA model jsou normální rezidua, takže v tomto modelu je přítomný tzv. „Gaussovský bílý šum“. Autokorelace 1. ani 2. řádu není v modelu přítomna, stejně jako heteroskedasticita. Model je tedy ideální k predikčnímu použití.

2.2.2. Stadium II

Model incidence mužů

Časovou řadu pro predikční model incidence kolorektálního karcinomu ve druhém stadiu u mužů bylo z důvodu nestacionarity nutné zlogaritmovat, D-F test nicméně ani po první diferenci stacionaritu nepotvrdil. Ovšem po druhé diferenci časová řada prvky stacionarity splňuje, výsledná vysvětlující proměnná je tedy ve tvaru *d_d_l_Incidence_muzi.* Nejlépe se poté jevil model ARIMA (0,2,1)c, který byl pro predikci následně vybrán a použit.

Výsledky Modelu 5 – Predikce incidence mužů, stadium II
Model 5: ARIMA, using observations 1992-2012 (T = 21)
Dependent variable: *(1-L)^2 l_Incidence_muzi*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
const	−0.0088861	0.00333659	−2.6632	0.0077	***
theta_1	−1	0.127298	−7.8556	<0.0001	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Stejně jako u modelu incidence mužů v prvním stadiu, ani zde test reziduí neprokázal jejich normalitu, a tak se i zde budeme muset spokojit s nenormálními rezidui a „obyčejným bílým šumem“. Test autokorelace prvního a druhého řádu dopadl dobře, p-value testů vyšla v obou případech vyšší než α, což znamená odmítnutí hypotézy o autokorelaci v modelu. V modelu je zároveň přítomná homoskedasticita, takže je možné jej použít.

Model incidence žen

Také pozorování v časové řadě incidence žen bylo z důvodu možného trendu nutné nejprve zlogaritmovat, Dickey-Fullerův test jednotkového kořene nicméně ani pak, ani po přidání první diference stacionaritu nepotvrdil. Opět tak bylo nutné provést druhou diferenci, díky níž byla časová řada stacionární. Tvar vysvětlované proměnné pak byl *d_d_l_incidence_zeny*, tvar výsledného modelu pak ARIMA (0,2,1)c. Výsledky odhadu jsou následující:

Výsledky Modelu 6 – Predikce incidence žen – stadium II
Model 6: ARIMA, using observations 1992-2012 (T = 21)
Dependent variable: *(1-L)^2 l_Incidence_zeny*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
const	−0.00776581	0.00327183	−2.3735	0.0176	**
theta_1	−0.999999	0.140729	−7.1059	<0.0001	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Test normality reziduí v tomto případě vychází na hraně, ovšem mírně převažuje jejich nenormalita, což jako v ostatních případech budeme akceptovat. 1. ani 2. stupeň autokorelace nebyl

v modelu prokázán. ARCH test zde nezamítá hypotézu H_0 o homoskedasticitě, heteroskedasticita zde tedy také přítomná není a model lze pro predikční účely použít.

Model mortality mužů

I ve třetím případě časové řady pro druhé stadium onemocnění bylo nutné zlogaritmovat a následně přidat první a druhou diferenci, než D-F test jednotkového kořene potvrdil stacionaritu, a tak má proměnná tvar *d_d_l_Mortalita_muzi*. Ve výsledném modelu je řád AR2 a MA0 a je bez konstanty, takže model má výsledný tvar ARIMA (2,2,0)¢.

Výsledky Modelu 7 – Predikce mortality mužů – stadium II
Model 7: ARIMA, using observations 1992-2012 (T = 21)
Dependent variable: *(1-L)^2 l_Mortalita_muzi*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
phi_1	−1.05724	0.114388	−9.2426	<0.0001	***
phi_2	−0.844481	0.105975	−7.9687	<0.0001	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Test normality reziduí v tomto modelu potvrdil fakt, že rezidua mají normální rozdělení, čili i „Gaussovský bílý šum“. Autokorelace v modelu přítomná není, a to jak prvního, tak druhého řádu. Dle ARCH testu v modelu není přítomná ani heteroskedasticita, a tak je pro predikci vhodný.

Model mortality žen

Model mortality žen je posledním pro II stadium onemocnění. Stejně jako u všech předchozích dat ve druhém stadiu, i zde byla časová řada nejprve zlogaritmována a následně provedena první a druhá diference, než bylo dosaženo stacionarity. Tvar výsledného modelu je ARIMA (1,2,0)¢, výsledná vysvětlující proměnná má tvar *d_d_l_Mortalita_zeny* a výsledky jsou následující:

Výsledky Modelu 8 – Predikce mortality žen, stadium II
Model 8: ARIMA, using observations 1992-2012 (T = 21)
Dependent variable: *(1-L)^2 l_Mortalita_zeny*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
phi_1	−0.893201	0.0852869	−10.4729	<0.0001	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Testy zde prokázaly normalitu reziduí, 1. ani 2. řád autokorelace v modelu přítomen není, stejně tak heteroskedasticita ne. Model je tedy vyhovující k predikci pro období 2013-2035.

2.2.3. Stadium III

Model incidence mužů

Data časové řady incidence mužů onemocnění třetím stadiem vykazovala nestacionaritu, proto bylo nutné přidat první a následně i druhou diferenci, než test jednotkového kořene stacionaritu potvrdil. Vysvětlovaná proměnná má tedy tvar *d_d_Incidence_muzi*. Výsledný model je pak ve tvaru ARIMA (1,2,0)¢.

Výsledky Modelu 9 – Predikce incidence mužů, stadium III
Model 9: ARIMA, using observations 1992-2012 (T = 21)
Dependent variable: *(1-L)^2 Incidence_muzi*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
phi_1	−0.743421	0.144985	−5.1276	<0.0001	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Test normality reziduí v tomto modelu prokázal jejich normální rozdělení. Autokorelace prvního ani druhého řádu není v modelu přítomna. ARCH test rovněž vyloučil přítomnost podmíněné heteroskedasticity. Model tedy bude použit pro predikci incidence mužů onemocněním třetího stadia kolorektálního karcinomu.

Model incidence žen

Podobně jako u incidence mužů ve třetím stadiu, i zde se jednalo o nestacionární časovou řadu, a tak byla přidána první a posléze i druhá diference, než test jednotkového kořene potvrdil stacionaritu dané časové řady. Vysvětlovaná proměnná tohoto modelu je tedy *d_d_Incidence_zeny*. Konečný model má tvar ARIMA (1,2,1)¢.

Výsledky Modelu 10 – Predikce incidence žen, stadium III
Model 10: ARIMA, using observations 1992-2012 (T = 21)
Dependent variable: *(1-L)^2 Incidence_zeny*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
phi_1	−0.691651	0.178678	−3.8709	0.0001	***
theta_1	−0.858336	0.158952	−5.4000	<0.0001	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Také v tomto modelu test potvrdil normalitu reziduí a přítomnost „Gaussovského bílého šumu". Test autokorelace zamítl hypotézu o přítomnosti jejího prvního i druhého řádu, stejně tak heteroskedasticita v modelu není přítomná. Model tedy bude použit pro predikci incidence kolorektálního karcinomu u žen pro roky 2013-2035.

Model mortality mužů

Časovou řadu pro mortalitu mužů ve třetím stadiu bylo nutné nejprve zlogaritmovat. I tak ale stacionarita nebyla testem prokázána, takže přišla na řadu první a druhá diference, než bylo možné časovou řadu prohlásit za stacionární. Vysvětlovaná proměnná je zde ve tvaru *d_d_l_Mortalita_muzi*. Vysvětlovaný model ARIMA (2,2,1)¢ má následující odhady koeficientů:

Výsledky Modelu 11 – Predikce mortality mužů, stadium III
Model 11: ARIMA, using observations 1992-2012 (T = 21)
Dependent variable: *(1-L)^2 l_Mortalita_muzi*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
phi_1	−0.677877	0.196146	−3.4560	0.0005	***
phi_2	−0.584553	0.211606	−2.7625	0.0057	***
theta_1	−0.735973	0.168366	−4.3713	<0.0001	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Normalita reziduí v modelu bohužel prokázána nebyla, i přesto tento model pro predikci bude použit. Test autokorelace 1. ani 2. řádu pozitivně nevyšel, takže autokorelace přítomná není. Nezamítáme ani nulovou hypotézu ARCH testu o přítomnosti homoskedasticity, čímž je vyloučena přítomnost heteroskedasticity.

Model mortality žen

Taktéž vstupní data mortality žen ve třetím stadiu onemocnění bylo nutné nejprve zlogaritmovat a poté přidat první a druhou diferenci, aby bylo možné časovou řadu prohlásit za stacionární. *D_d_l_Mortalita_zeny* je tedy konečný tvar vysvětlující proměnné. V modelu je řád AR1 a je bez konstanty, jeho tvar je ARIMA (1,2,0)¢.

Výsledky Modelu 12 – Predikce mortality žen – stadium III
Model 12: ARIMA, using observations 1992-2012 (T = 21)
Dependent variable: *(1-L)^2 l_Mortalita_zeny*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
phi_1	−0.808299	0.119532	−6.7622	<0.0001	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

V tomto modelu mají rezidua normální rezidua. P-value autokorelačního testu byla vyšší, nežli α, a to jak v případě autokorelace 1., tak i 2. řádu. Autokorelaci tedy také zde můžeme vyloučit. Stejně tak můžeme díky výsledku ARCH testu vyloučit i heteroskedasticitu a prohlásit model za způsobilý

k predikci mortality žen s onemocněním třetím stadiem kolorektálního karcinomu pro období 2013-2035.

2.2.4. Stadium IV

Model incidence mužů

Odhad modelu incidence mužů ve čtvrtém stadiu onemocnění kolorektálním karcinomem s sebou přinesl první větší obtíže. Časová řada nebyla stacionární ani po logaritmické úpravě a přidání první a druhé diference. Bylo tedy nutné snížit počet pozorování o dva roky (2012 a 2011), čímž zbylo 20 ročních dat z období 1990-2010. Po zlogaritmování této upravené časové řady již test jednotkového kořene stacionaritu prokázal. Vysvětlující proměnná je tedy ve tvaru *l_Incidence_muzi*. Model byl odhadován metodou nejmenších čtverců (OLS) s trendem a byl proveden robustní odhad:

$$Y_t = Y_{t-1} + t + c$$

Výsledky Modelu 13 – Predikce incidence mužů, stadium IV
Model 13: OLS, using observations 1991-2010 (T = 20)
Dependent variable: *l_Incidence_muzi*

	Coefficient	*Std. Error*	*t-ratio*	*p-value*	
Rok_	0.00134833	0.000260434	5.1773	<0.0001	***
l_Incidence_muzi	0.349643	0.126032	2.7742	0.0125	**

Mean dependent var	4.146317	S.D. dependent var	0.034988
Sum squared resid	0.017600	S.E. of regression	0.031270
R-squared	0.999949	Adjusted R-squared	0.999946
F(2, 18)	218298.5	P-value(F)	3.44e-40
Log-likelihood	41.97699	Akaike criterion	−79.95398
Schwarz criterion	−77.96251	Hannan-Quinn	−79.56522
rho	0.017779	Durbin's h	0.096254

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Také pro tento model byly provedeny testy normality reziduí, test na přítomnost autokorelace a ARCH test na detekci heteroskedasticity. Testy ukázaly normalitu reziduí v modelu, nepřítomnost

autokorelace i heteroskedasticity. Tento model bude dále použit pro predikci, přičemž bude nutné predikovat o dvě období více z důvodu vyřazení let 2012 a 2011.

Model incidence žen

Pro udržení větší konzistentnosti modelů byl i u časové řady incidence žen (a také u mortality mužů a žen ve čtvrtém stadiu) stadia IV onemocnění kolorektálním karcinomem snížen počet pozorování o 2, takže rok posledního pozorování je 2010. Časová řada nebyla stacionární, takže bylo nutné provést první a druhou diferenci, po níž již stacionární byla. Tvar vysvětlované proměnné zde je tedy *d_d_Incidence_zeny*. Pro predikci byl zkonstruován model ARIMA (1,2,1)¢.

Výsledky modelu 14 – predikce incidence žen, stadium IV
Model 14: ARIMA, using observations 1992-2010 (T = 19)
Dependent variable: *(1-L)^2 Incidence_zeny*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
phi_1	−0.406169	0.218143	−1.8619	0.0626	*
theta_1	−1	0.152247	−6.5683	<0.0001	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Test v tomto modelu prokázal normalitu reziduí. Hypotéza o autokorelaci prvního i druhého řádu byla zamítnuta. Heteroskedasticita v modelu přítomná není, model je tedy pro predikci do roku 2035 vhodný a bude použit.

Model mortality mužů

Jelikož byl model incidence mužů ve IV. stadiu onemocnění odhadnut jinak než zbylé modely, a sice robustním odhadem OLS namísto ARIMA modelem, rovněž model mortality mužů byl odhadnut metodou nejmenších čtverců s časovým trendem. I v tomto případě byla časová řada zkrácena o dvě pozorování na konečných 20 (1990-2010), kdy zkrácená i nezkrácená verze vykazovaly stacionaritu. Na rozdíl od modelu incidence mužů zde však byl proveden odhad ze dvou zpožděných proměnných, bez konstanty, a model pak ve tvaru:

$$Y_t = Y_{t-1} + Y_{t-2}$$

Výsledky Modelu 15 – Predikce mortality mužů, stadium IV
Model 17: OLS, using observations 1992-2010 (T = 19)
Dependent variable: *Mortalita_muzi*

	Coefficient	*Std. Error*	*t-ratio*	*p-value*	
Mortalita_muzi_1	0.31784	0.141613	2.2444	0.0384	**
Mortalita_muzi_2	0.680164	0.148019	4.5951	0.0003	***

Mean dependent var	53.48526	S.D. dependent var	2.559070
Sum squared resid	117.2093	S.E. of regression	2.625769
R-squared	0.997848	Adjusted R-squared	0.997722
F(2, 17)	13662.93	P-value(F)	5.57e-28
Log-likelihood	−44.24529	Akaike criterion	92.49059
Schwarz criterion	94.37947	Hannan-Quinn	92.81026
rho	−0.135658	Durbin's h	−0.751599

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Taktéž tento model byl otestován na normalitu reziduí, autokorelaci a heteroskedasticitu. Test prokázal normální rezidua, nepřítomnost autokorelace a homoskedasticitu.

Model mortality žen

Posledním z odhadovaných predikčních modelů je model pro mortalitu žen 50+ ve IV. stadiu onemocnění kolorektálním karcinomem. Časovou řadu (opět jen do roku 2010) bylo nutné dvakrát diferencovat, než Dickey-Fullerův test jednotkového kořene stacionaritu potvrdil. Vysvětlovanou proměnnou tak je *d_d_Mortalita_zeny*. Model byl odhadnut ve tvaru ARIMA (0,2,1)¢ s následujícími výsledky:

Výsledky Modelu 16 – Predikce mortality žen, stadium IV
Model 16: ARIMA, using observations 1992-2010 (T = 19)
Dependent variable: *(1-L)^2 Mortalita_zeny*

	Coefficient	*Std. Error*	*z*	*p-value*	
theta_1	−1	0.140923	−7.0961	<0.0001	***

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Odhadnutý model vykazuje normalitu reziduí. Autokorelace prvního ani druhého řádu nebyla prokázána. ARCH test heteroskedasticitu nepotvrdil, takže tento model bude použit pro predikci.

Následující tabulka pro přehlednost ještě shrnuje všech 16 výše uvedených modelů. Je v ní vždy uveden tvar modelu pro jednotlivá stadia, incidenci/mortalitu u mužů a u žen zvlášť. Dále shrnuje výsledky testů normality reziduí, autokorelace a ARCH testu na přítomnost heteroskedasticity:

Tabulka 2 – Shrnutí modelů použitých pro predikci vývoje incidence a mortality CRC

Model	**Tvar modelu**	**Normalita reziduí**	**Autokorelace**	**Heteroskedasticita**
Incidence mužů, stadium I	ARIMA (1,0,0)c	Nenormální	NE	NE
Incidence žen, stadium I	ARIMA (0,2,1)¢	Nenormální	NE	NE
Mortalita mužů, stadium I	ARIMA (1,2,1)c	Nenormální	NE	NE
Mortalita žen, stadium I	ARIMA (1,2,0)¢	Normální	NE	NE
Incidence mužů, stadium II	ARIMA (0,2,1)c	Nenormální	NE	NE
Incidence žen, stadium II	ARIMA (0,2,1)c	Nenormální	NE	NE
Mortalita mužů, stadium II	ARIMA (2,2,0)¢	Normální	NE	NE
Mortalita žen, stadium II	ARIMA (1,2,0)¢	Normální	NE	NE
Incidence mužů, stadium III	ARIMA (1,2,0)¢	Normální	NE	NE
Incidence žen, stadium III	ARIMA (1,2,1)¢	Nenormální	NE	NE

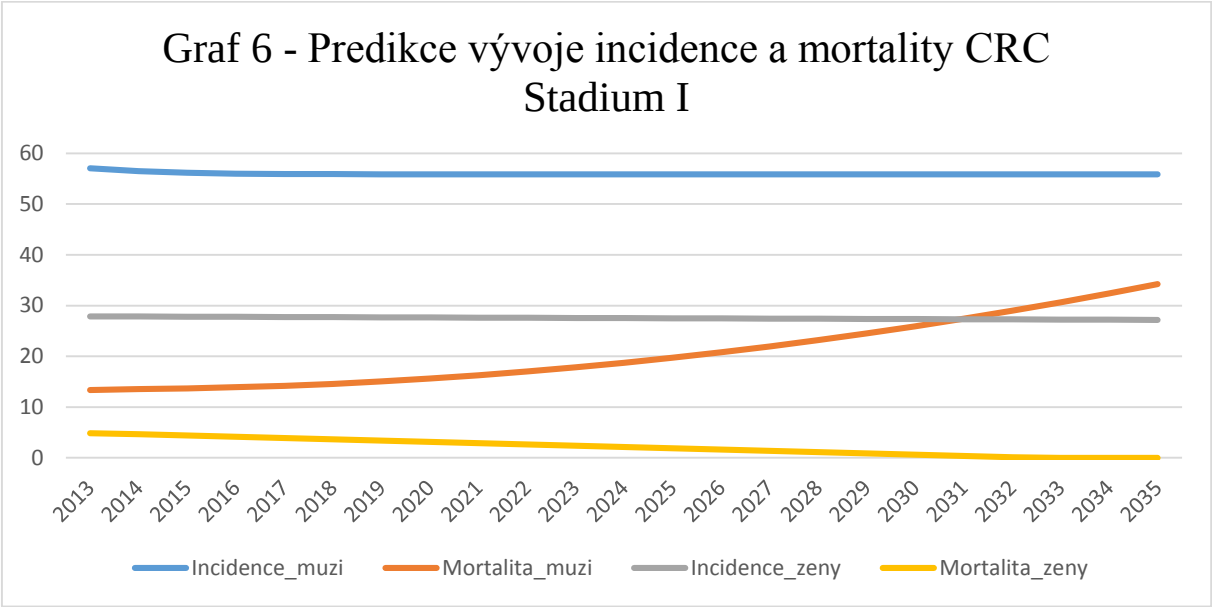
Mortalita mužů, stadium III	ARIMA (2,2,1)¢	Nenormální	NE	NE
Mortalita žen, stadium III	ARIMA (1,2,0)¢	Normální	NE	NE
Incidence mužů, stadium IV	OLS $Y_t = Y_{t-1} + t + c$	Normální	NE	NE
Incidence žen, stadium IV	ARIMA (1,2,1)¢	Normální	NE	NE
Mortalita mužů, stadium IV	OLS $Y_t = Y_{t-1} + Y_{t-2}$	Normální	NE	NE
Mortalita žen, stadium IV	ARIMA (0,2,1)¢	Normální	NE	NE

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

2.3. Projekce vývoje incidence a mortality

Za pomoci výše popsaných a sestrojených modelů byla provedena predikce vývoje onemocnění kolorektálního karcinomu (diagnóza C18 – C21) pro jednotlivá stadia do roku 2035. Níže uvedené grafy zobrazují výsledky modelování vývoje na základě analýzy časových řad. Pro větší přehlednost je vývojová projekce opět rozdělena do 4 grafů dle jednotlivých stadií.

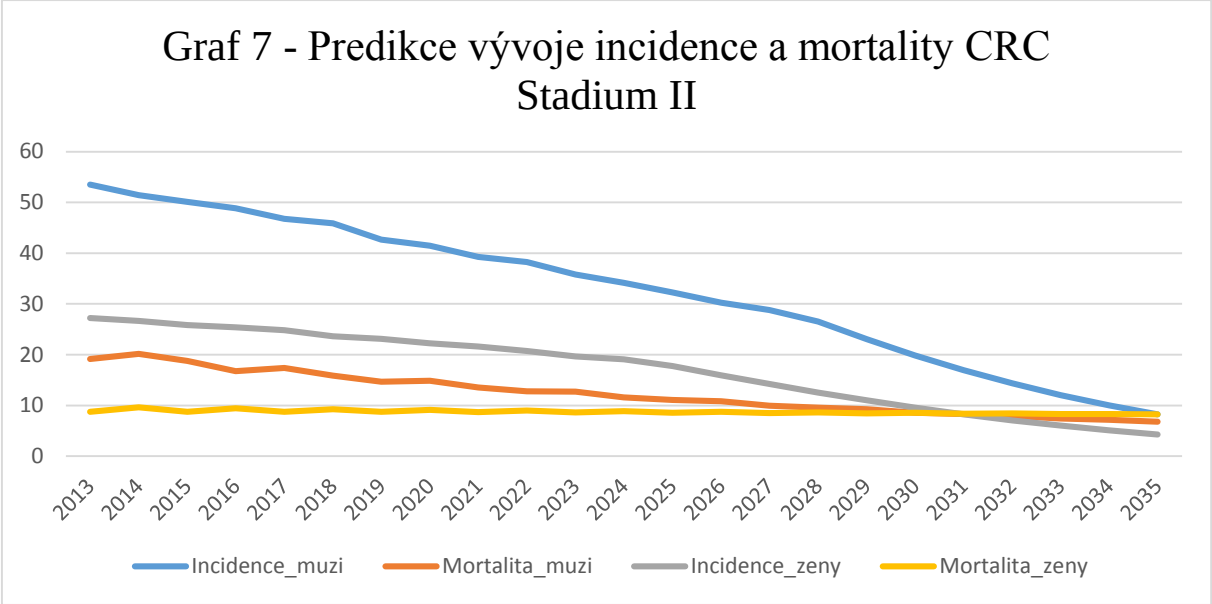
Predikce vývoje onemocnění ve stadiu I počítá se stabilním vývojem incidence mužů v čase, mírně rostoucí trend můžeme pozorovat u jejich mortality. Na druhou stranu nám predikce udává klesající trend jak u incidence, tak u mortality u žen v prvním stadiu. Můžeme zde pozorovat částečně nereálný trend u mortality žen, která se v posledních třech letech odhadu dostává na nulovou hodnotu. Tento fakt je nutné akceptovat jako důsledek použití ARIMA modelů. Incidence mužů pak končí na hodnotě 55,86.



Zdroj: Vlastní zpracování

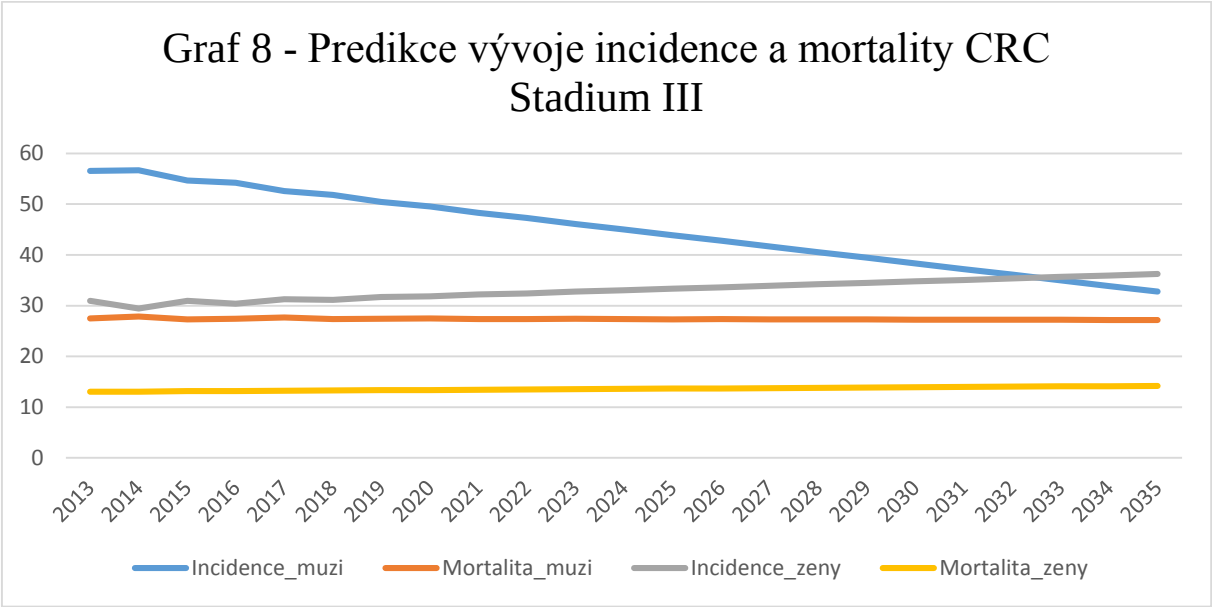
U predikce incidence i mortality ve stadiu II dochází k významnému klesajícímu trendu, který je založen na reálném klesajícím trendu v časových řadách použitých pro predikci. Je diskutabilní, zda i reálný budoucí vývoj bude takto významně klesající (až k hodnotám 8,24 u mužů, respektive

4,23 u žen), nebo zda se klesání zastaví na určité hodnotě, pod kterou již nebude možné dále klesat (ať už z medicínských, genetických nebo životosprávných faktorů).



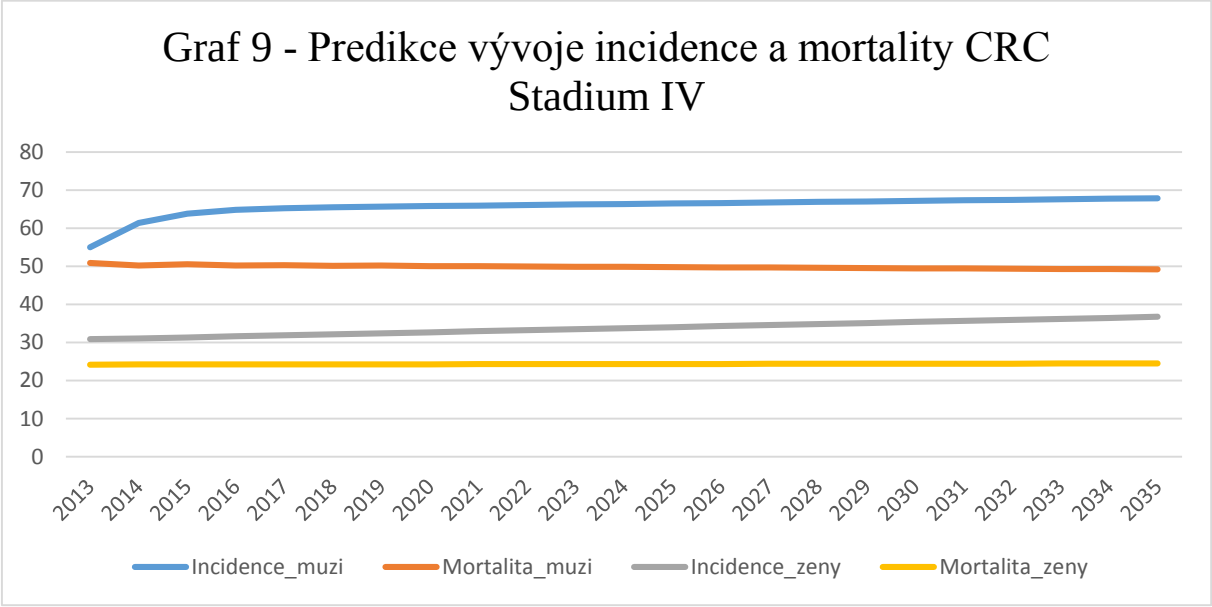
Zdroj: Vlastní zpracování

V predikcích pro třetí stadium opět můžeme pozorovat klesající vývoj incidence mužů, na rozdíl od mírně stoupajícího vývoje u žen. Mortalita u obou pohlaví v predikovaných hodnotách vychází víceméně stabilní.



Zdroj: Vlastní zpracování

S výjimkou prvních predikovaných let u incidence mužů, kde můžeme pozorovat mírný nárůst, jsou všechny čtyři odhadované veličiny v čase poměrně stabilní. Zde je nutné připomenout, že pro IV. stadium byla predikce provedena rovněž pro roky 2011 a 2012, které bylo kvůli nestacionaritě časových řad nutné vyřadit. Koncová incidence u mužů v roce 2035 činí 67,889, u žen pak 36,72.



Zdroj: Vlastní zpracování

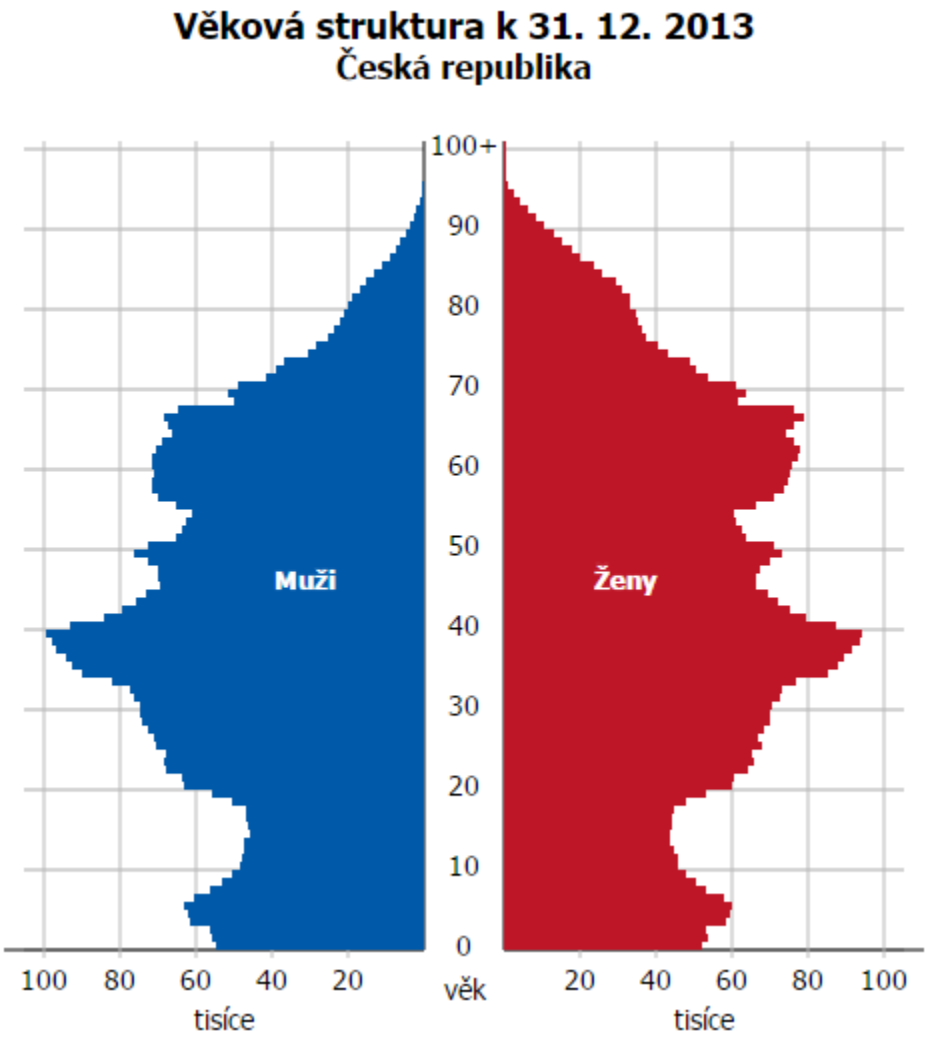
2.4. Populační predikce obyvatelstva ČR

Populační predikce je nutným dalším krokem v analýze této práce. Prvně bylo nutné charakterizovat kritickou věkovou skupinu ohroženou kolorektálním karcinomem. Budeme vycházet z preventivního adresného zvaní obyvatel ČR do screeningového programu, kde věková hranice byla stanovena na 50 let.

Zaměřme se nyní na věkovou strukturu obyvatelstva ČR. Silné poválečné ročníky[10] vstoupily a vstupují do důchodového věku a jsou tedy již v období, kdy jim onemocnění kolorektálním karcinomem hrozí nejvíce. Následné méně početné populační ročníky (1959 a dále) jsou ve věku, při němž se začíná onemocnění projevovat ve větší míře a na které je zaměřena prevence. Nás ovšem zajímají výše uvedené „Husákovy děti“, tedy ročníky narození 1974 – 1978. Jak je vidět z populačního stromu, toto je zdaleka nejpočetnější věková kategorie české populace.

[10] Lidé s rokem narození 1946 a dále

Graf 10 – Populační strom pro ČR



Zdroj: ČSÚ, věková struktura k 31. 12. 2013

Nejpočetnější zastoupení zde má rok 1974 se 192 702 lidmi, z čehož 51,4 % tvoří muži. Je zároveň prvním ročníkem, se kterým budeme v rámci analýzy pracovat. Posledním je pak ročník 1978 s 180 264 lidmi (rovněž zde tvoří muži 51,4 %). Celkem do této pětileté periody spadá zhruba tři čtvrtě milionu obyvatel ČR, což je 7,2 % naší celkové populace. 48,7 % zde pak tvoří ženy, zbylých 51,3 % muži (ČSÚ, 2013b).

Důležitější částí pro naší analýzu je pak samotná predikce vývoje obyvatelstva převzatá z Českého Statistického Úřadu a jejich Projekce obyvatelstva České republiky do roku 2100 (ČSÚ, 2013a). Jak bylo řečeno v kapitole popisu dat, byla zvolena střední varianta odhadu, která dle autorova názoru nejblíže vystihuje populační vývoj. Za kritický zde označíme rok 2024, kdy se věku padesáti

let dožijí lidé narození v roce 1974, tedy v prvním roce ze zvoleného intervalu. Jedná se o první vlnu „Husákových dětí“, která dosáhne kritického věku. Věková hranice je zde brána za „kritickou“ z důvodu stanovení tohoto věku jako počátek screeningových programů kolorektálního karcinomu. Pro kontrolu se dále budeme zabývat ještě rokem 2028, tedy rokem, kdy narození v posledním roce zvoleného intervalu 1974 – 1978 dosahují 50 let.

Následující tabulka zobrazuje výsledek populační projekce pro roky 2024 a 2028 pro věkovou skupinu 50+. Podrobná populační projekce se nachází mezi přílohami této práce.

Tabulka 3 - Výsledky populační predikce pro ČR, 2024, 2028

Rok/Kategorie	2013	2024	2028
Muži 50+	1 752 821	2 014 915	2 172 816
Ženy 50+	2 115 144	2 343 441	2 497 564
Celkem	3 867 965	4 358 356	4 670 380

Zdroj: Data ČSÚ, vlastní zpracování

Populační predikce poukazuje na obecně známý trend stárnutí populace, kdy v roce 2024 bude v české populaci o 490 tisíc více obyvatel ve věku 50+ než v roce 2013. O téměř 263 tisíc přibude mužů a o 228 000 žen. V roce 2028 to pak bude již o 800 tisíc lidí ve věku 50+ více v porovnání s rokem 2013, z toho o 420 000 mužů a 382 000 žen. Predikovaný nárůst mezi lety 2024 a 2028 bude činit celkem 312 tisíc obyvatel, se 157 900 muži a 154 100 ženami. Z uvedených čísel je patrné, že z hlediska kolorektálního karcinomu bude velmi důležité včasně zachytit silné populační ročníky do screeningových programů a snížit tím náklady léčby onemocnění kolorektálním karcinomem.

2.5. Predikce vývoje incidence a mortality kolorektálního karcinomu v ČR – absolutní čísla

Následující část je jedna z vůbec nejdůležitějších v celé této práci. Jedná se o vyčíslení počtu incidencí a úmrtí v důsledku kolorektálního karcinomu v ČR na základě výše sestavených predikčních modelů a populační predikce ČSÚ. Jelikož modelovaná incidence i mortalita jsou ve tvaru klasicky udávaném, což znamená přepočteném na 100 000 obyvatel, je nutné tyto údaje pronásobit koeficientem odvozeným z populační predikce, abychom se dopracovali konečným absolutním číslům.

2.5.1. Stadium I

Následující tabulka shrnuje vyčíslené hodnoty incidence a mortality onemocnění kolorektálním karcinomem pro muže a ženy zvlášť. Vidíme zde značný nárůst incidence mezi lety 2013 a 2024, nových pacientů by mělo být zhruba o 125 více. O dalších 90 by pak měla incidence narůst během následujících 4 let, kdy se do věku 50+ dostávají všechny silné ročníky 70. let. Rovněž případy incidence žen v čase vzrůstá, byť mírnějším tempem nežli u mužů. Dle predikovaných dat by měla významně růst mortalita u mužů, což se vzhledem k mírnějším projevům stadia I nezdá příliš pravděpodobné, stejně jako významný pokles u mortality žen. Ten je způsoben již diskutovaným klesajícím trendem časové řady.

Tabulka 4 – Predikce incidence mortality mužů a žen, stadium I, absolutní údaje

	Celkový počet, 2013	Celkový počet, 2024	Celkový počet, 2028
Incidence_muzi	999,634	1125,532	1213,735
Mortalita_muzi	234,352	377,394	503,659
Incidence_zeny	589,672	645,267	684,612
Mortalita_zeny	102,584	49,915	28,222

Zdroj: Data SVOD, ČSÚ, vlastní zpracování

2.5.2. Stadium II

Tabulka 5 níže shrnuje absolutní údaje incidence a mortality onemocnění ve druhém stadiu. Na těchto hodnotách se projevuje již výše zmiňovaný klesající trend incidence reálné časové řady, která je základem predikčního modelu. I přes populační růst zde tedy můžeme sledovat pokles v hodnotách incidence mužů i žen, a dokonce i v mortalitě mužů. Jediná mortalita žen zde v průběhu času roste. Incidence mužů zde klesá o 250 případů v roce 2024 oproti roku 2013, a dokonce o 362 v roce 2028 oproti základnímu roku 2013. Incidence žen pak poklesla v porovnání s rokem 2013 o 128 v roce 2024, respektive o 262 v roce 2028.

Tabulka 5 – Predikce incidence mortality mužů a žen, stadium II, absolutní údaje

	Celkový počet, 2013	Celkový počet, 2024	Celkový počet, 2028
Incidence_muzi	938,240	688,143	575,848
Mortalita_muzi	336,145	245,446	208,309
Incidence_zeny	575,799	447,037	313,396
Mortalita_zeny	185,403	207,588	215,548

Zdroj: Data SVOD, ČSÚ, vlastní zpracování

2.5.3. Stadium III

Stejně jako u stadia II, i zde můžeme sledovat klesající trend incidence mužů CRC navzdory populačnímu růstu, byť ne tak významný, ale spíše pozvolný. V roce 2024 můžeme pozorovat o 83 případů incidence méně, v roce 2028 pak o 110. Opět je to způsobeno klesajícím modelem předpovědi v závislosti na trendu základní časové řady. U všech ostatních veličin zde však můžeme pozorovat růst. Incidence žen zde roste o 120, respektive 200 případů oproti základnímu roku 2013. Rovněž mortalita mužů i žen ve třetím stadiu roste.

Tabulka 6 – Predikce incidence mortality mužů a žen, stadium III, absolutní údaje

	Celkový počet, 2013	Celkový počet, 2024	Celkový počet, 2028
Incidence_muzi	991,045	907,518	881,294
Mortalita_muzi	481,938	551,055	592,806
Incidence_zeny	654,003	774,039	854,167
Mortalita_zeny	276,163	318,661	345,027

Zdroj: Data SVOD, ČSÚ, vlastní zpracování

2.5.4. Stadium IV

Jako poslední je zde uvedena tabulka s vývojem počtu pacientů ve čtvrtém stadiu onemocnění kolorektálním karcinomem. Dle predikovaného modelu společně s populační predikcí zde poměrně významně stoupají všechny čtyři pozorované kategorie. Velmi významný nárůst můžeme pozorovat u incidence mužů, kdy v roce 2024 má být o 373 případů incidence více, v roce 2028 pak dokonce o 490 ve srovnání se základním rokem 2013. Incidence žen stoupá o 138, respektive 217 případů. Z hlediska zdravotního stavu populace a závažnosti IV. stadia onemocnění je toto velice pesimistický scénář pro vývoj onemocnění v ČR. Stejně tak zvýšená mortalita (v roce 2028 o 186 u mužů a o 97 u žen) nepředstavuje dobré vyhlídky pro českou populaci i zdravotnický systém.

Tabulka 7 – Predikce incidence mortality mužů a žen, stadium IV, absolutní údaje

	Celkový počet, 2013	Celkový počet, 2024	Celkový počet, 2028
Incidence_muzi	963,671	1337,067	1453,856
Mortalita_muzi	891,309	1004,032	1077,717
Incidence_zeny	652,522	790,911	869,902
Mortalita_zeny	511,442	569,925	608,906

Zdroj: Data SVOD, ČSÚ, vlastní zpracování

2.6. Vyčíslení nákladů na budoucí léčbu CRC

Tato kapitola je stěžejní částí této diplomové práce. Na základě výše uvedených predikcí zde bude vyčísleno zvýšení nákladů pro zdravotní systém v České republice v době, kdy se silné ročníky 70. let dostanou do kritické fáze pro incidenci a mortalitu onemocnění kolorektálním karcinomem. Použitím vyčíslených nákladů na léčbu kolorektálního karcinomu pro jednotlivá stadia pak dostáváme rozdíl mezi náklady mezi základním rokem 2013 a zkoumanými kritickými lety 2024 a 2028. Pro zjednodušení zde opustíme od modelování predikce inflace, ceny tedy budou základního roku 2013.

Data nákladů pochází z vyčíslených údajů českých zdravotních pojišťoven. Jedná se o vyčíslené odhady na komplexní náklady na léčbu kolorektálního karcinomu jednotlivých stadií a porovnaná s vyčíslenými náklady na léčbu v USA. Byla snaha o zahrnutí všech nákladů souvisejících s léčbou tohoto onemocnění. Kvůli rozsahu léčby, vyšetření, předepisovaných léků apod. je však velmi obtížné s jistotou říci, co vše do nákladů na léčbu jednotlivých stadií patří. Tento odhad je nicméně velmi komplexní a pochází z kvalifikovaných zdrojů, takže pro účely této práce bude použit.

Jelikož mezi náklady na léčbu mužů a žen v jednotlivých stadiích prakticky není rozdíl (nebo je jen zanedbatelný), uvádí se tyto náklady jako jednotné pro obě pohlaví. Následující tabulka pak shrnuje náklady na léčbu v jednotlivých stadiích v letech 2013 (základní rok), 2024 a 2028 (predikované roky):

Tabulka 8: Současné a budoucí náklady na léčbu CRC, stadium I-IV

2013	Incidence muži	Incidence ženy	Jednotkové náklady	Náklady celkem muži	Náklady celkem ženy
Stadium I	999,634	589,672	101 000 Kč	100 963 015 Kč	59 556 844 Kč
Stadium II	938,240	575,799	1 165 000 Kč	1 093 049 564 Kč	670 806 067 Kč
Stadium III	991,045	654,003	1 350 000 Kč	1 337 910 741 Kč	882 903 408 Kč
Stadium IV	963,671	652,522	1 095 000 Kč	1 055 220 136 Kč	714 511 506 Kč
2024	**Incidence muži**	**Incidence ženy**	**Jednotkové náklady**	**Náklady celkem muži**	**Náklady celkem ženy**
Stadium I	1125,532	645,267	101 000 Kč	113 678 683 Kč	65 171 984 Kč
Stadium II	688,143	447,037	1 165 000 Kč	801 686 946 Kč	520 797 692 Kč
Stadium III	907,518	774,039	1 350 000 Kč	1 225 148 916 Kč	1 044 952 059 Kč
Stadium IV	1337,067	790,911	1 095 000 Kč	1 464 088 000 Kč	866 047 914 Kč
2028	**Incidence muži**	**Incidence ženy**	**Jednotkové náklady**	**Náklady celkem muži**	**Náklady celkem ženy**
Stadium I	1213,735	684,612	101 000 Kč	122 587 236 Kč	69 145 790 Kč
Stadium II	575,848	313,396	1 165 000 Kč	670 862 502 Kč	365 106 845 Kč
Stadium III	881,294	854,167	1 350 000 Kč	1 189 747 128 Kč	1 153 125 298 Kč
Stadium IV	1453,856	869,902	1 095 000 Kč	1 591 972 717 Kč	952 542 187 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Z Tabulky 8 je patrný očekávaný růst nákladů na léčbu kolorektálního karcinomu v České republice. Náklady ve stadiu I u mužů i žen rostou, byť ne nějak dramaticky. V roce 2024 bude zapotřebí o zhruba 13 milionů korun více, v roce 2028 pak o 22 milionů více, než v základním roce 2013. U žen v tomto stadiu bude nárůst nižší, „pouze“ 6 a 10 milionů. Díky klesajícímu trendu projekce pro druhé stadium jak u mužů, tak u žen můžeme sledovat klesající trend nákladů v čase. Náklady na léčbu nemoci ve třetím stadiu klesají pro mužskou část populace o 112 milionů v roce 2024, respektive o 148 milionů v roce 2028. Naopak náklady u žen v tomto stadiu rostou o 162 milionů v roce 2024 a o dalších 109 milionů mezi lety 2024 a 2028. Největší nárůst ovšem můžeme pozorovat ve IV. stadiu, a to i přes to, že náklady na léčbu v tomto stadiu nejsou nejvyšší. Do roku 2024 se zvýší náklady o 409 milionů u mužů a o 152 milionů u žen.

V tabulce 9 je ještě uvedeno shrnutí celkových nákladů pro obě pohlaví dohromady v jednotlivých stadiích pro predikované roky:

Tabulka 9: Celkové náklady na léčbu CRC, stadium I-IV

	2013	2024	2028
Náklady - Stadium I	160 519 860 Kč	178 850 668 Kč	191 733 028 Kč
Náklady - Stadium II	1 763 855 632 Kč	1 322 484 639 Kč	1 035 969 348 Kč
Náklady - Stadium III	2 220 814 150 Kč	2 270 100 976 Kč	2 342 872 428 Kč
Náklady - Stadium IV	1 769 731 643 Kč	2 330 135 915 Kč	2 544 514 905 Kč
Celkové náklady	**5 914 921 285 Kč**	**6 101 572 197 Kč**	**6 115 089 708 Kč**

Zdroj: Vlastní zpracování

Kromě stadia II můžeme pozorovat nárůst nákladů pro roky 2024 i 2028 (při nezměněných cenách roku 2013). Nejvyšší nárůst nákladů pak vykazuje IV. stadium. Celkově lze pozorovat zvýšení nákladů o téměř 200 milionů korun, v roce 2028 pak o dalších 15 milionů.

2.7. Diskuze

V této kapitole bych chtěl rozebrat implikace výsledků této diplomové práce pro zdravotnickou politiku a zdravotní systém ČR jako takový, dále pak limity této práce a podněty pro její možné budoucí rozšíření.

V první řadě je nutné podotknout, že predikční modely prokázaly růst nákladů na léčbu rakoviny tlustého střeva a konečníku hlavně v prvním a čtvrtém stadiu této nemoci. Jelikož první stadium nemoci se ještě dá označit za včasný záchyt, a rovněž náklady na léčbu v tomto stadiu dle predikcí nestoupají nijak dramaticky, zaměřme se nyní hlavně na čtvrté stadium onemocnění. Výsledky této práce pro IV. stadium onemocnění CRC lze označit za znepokojující, možná až alarmující, a to z několika důvodů.

Prvním z nich je predikovaný vysoký nárůst jak incidence, tak mortality CRC ve IV. stadiu, a to jak v relativních, tak v absolutních číslech. Toto může znamenat jednak populační problém, kdy naděje na vyléčení nemoci v tomto stadiu jsou velmi nízké, ba naopak drtivá většina pacientů umírá do jednoho roka od diagnostikování tohoto onemocnění. Zároveň je léčba nádorového onemocnění v tomto stadiu velice nákladná, což při vysokém nárůstu pacientů může způsobit problém při omezených zdrojích ve financování veřejného zdravotnictví v ČR.

Vyjdeme-li z nákladů a dat použitých v této práci, je možné na nich jednoduše demonstrovat, jak by preventivní péče mohla ušetřit jak náklady za léčbu onemocnění ve IV. stadiu, tak pravděpodobně i řadu lidských životů. Uvažujme, že preventivní screeningový program by byl schopen do roku 2024 včasně detekovat onemocnění a omezit tak výskyt incidencí o 250 ve IV. stadiu, což by odpovídalo záchytu poloviny nejvyššího náporu první vlny přechodu „Husákových dětí“ do kritického věku pro onemocnění CRC. Tento fakt by pak vedl k přímé úspoře 273 milionů korun pro český zdravotnický systém. Toto jsou tedy finance, které by bylo díky preventivním programům možné přímo použít a jednalo by se o dobře vynaložené prostředky, neboť by tyto finanční prostředky stejně musely být vynaloženy jako náklady na léčbu. Navíc by tato forma prevence vedla k nižší úmrtnosti obyvatelstva, a díky snížené incidenci by také řada z nich mohla dále vést svůj standardní pracovní život a přispívat tím ekonomice země.

Výsledné modely naopak vedou k pozitivním závěrům ohledně druhého a třetího stadia onemocnění, kde incidence i náklady na léčbu nemoci klesají (s výjimkou onemocnění u žen ve

III. stadiu). Tento fakt je velmi pozitivní zejména pro ekonomickou stránku zdravotního systému, neboť náklady na léčbu těchto stadií jsou velmi vysoké. Rovněž pro občany postižené tímto onemocnění platí, že včasnější detekce nemoci je pozitivní, protože naděje na vyléčení nemoci jsou vyšší a šance na začlenění do normálního pracovního života také.

Touto metodou by se dalo dále pokračovat, až budou k dispozici data z adresného zvaní občanů do screeningových programů kolorektálního karcinomu z roku 2014. Až budou k dispozici data, z nichž bude možné vyhodnotit nákladovou efektivitu tohoto preventivního programu, pak bude možné je použít a na základě výsledků této práce detailněji vyčíslit, kolik finančních prostředků by mělo být optimálně vynaloženo na preventivní screeningový program adresného zvaní, který by zachytil vlnu silných ročníků ze 70. let.

Jelikož kolorektální karcinom je jedním ze třech nádorových onemocnění, u kterého je v ČR prováděn populační screening, tak by dle mého názoru mohlo být přínosné vytvoření podobných predikčních modelů, které jsou použity v této práci, i pro další dva typy onemocnění (rakovina prsu, rakovina děložního hrdla). Rovněž by mohlo být zajímavé rozšíření analýzy i na další druhy onemocnění, jako je například diabetes či nemoci oběhové soustavy. Na základě těchto predikcí by pak bylo možné stanovit efektivní politiku preventivní péče v ČR s pádnými a obhajitelnými důkazy na čerpání finančních zdrojů.

Závěr

Prevence a podpora zdraví každého jednotlivce je důležitá nejen pro něj samotného, ale i pro ekonomiku zdravotnického sytému a společnost jako takovou. V této diplomové práci bylo na příkladu konkrétního onemocnění v České republice, za využití predikčních ARIMA modelů časových řad, a s použitím populační předpovědi Českého statistického úřadu ukázáno, o kolik se zvýší výdaje v České republice na léčbu kolorektálního karcinomu v závislosti na stárnutí české populace. Od roku 2024 dospějí do kritických let pro onemocnění rakovinou tlustého střeva a konečníku silné ročníky 70. let 20. století, tzv. „Husákovy děti“.

Pro budoucí vývoj incidence a mortality v důsledku onemocnění kolorektálním karcinomem byly využity výše zmiňované ARIMA modely. Incidence a mortalita byla odhadnuta až do roku 2035. Tato data byla pronásobena populační predikcí ČSÚ, aby bylo možné sledovat absolutní údaje o onemocnění. Na základě této prognózy a sumy nákladů na léčbu onemocnění jednotlivých stadií byly vyčísleny současné a budoucí celkové náklady na léčbu CRC. V důsledku stárnutí silných ročníků bude v roce 2024 nutné vynaložit na léčbu tohoto onemocnění o téměř 200 000 000 Kč více, než v roce 2013, a to i přesto, že incidence onemocnění ve II. a III. stadiu bude dle predikce výrazně klesat. Znepokojivé jsou pak výsledky ohledně nárůstu jak incidence, tak mortality pro IV. stadium onemocnění, a to nejen z pohledu nákladového. Dle použitých modelů by v ČR měl být nárůst incidence CRC o 373 u mužů a o 138 u žen, což jsou, z hlediska závažnosti tohoto terminálního stadia, velice negativní prognózy. Ta bohužel také poukazuje na zvyšující se mortalitu pro toto stadium o 112 případů u mužů, respektive 58 u žen.

Tyto výsledky pak ukazují na to, že správně nastavené efektivní screeningové programy, které by byly schopné zachytit zmiňovanou přicházející vlnu silných ročníků, povedou k výrazným úsporám pro český zdravotnický systém. Vynaložené prostředky pak nejenže povedou k nižší incidenci a mortalitě onemocnění ve společnosti, zároveň také zvýší kvalitu života obyvatelstva, které bude méně postižené tímto onemocněním a jeho následky. V neposlední řadě je zde třeba zmínit fakt, že tyto finanční prostředky by stejně musely být v budoucnu vynaloženy na léčbu.

Pokud se populační screening započatý v roce 2014 v České republice ukáže jako nákladově efektivní, a se schopností snížit incidenci i mortalitu v požadovaném rozsahu, pak by na základě vyčíslených nákladů měly být tyto finanční prostředky do systému prevence rakoviny tlustého

střeva a konečníku investovány. Dokonce je možné tvrdit, že v případě nutnosti zvýšení účasti v programech populačního screeningu by bylo možné část z těchto finančních prostředků použít na zvýšení povědomí a informovanosti o tomto onemocnění.

Zdroje

BECKER, Gary S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education. The University of Chicago Press. 1964. ISBN 978- 0-226-04120-9.

BECKER, Gary S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education. Third Edition, The University of Chicago Press. 1993. ISBN: 0-226-04120-4

BECKER, Gary S. Teorie preferencí. 1.vyd. Praha: Grada Publishing. 1997. ISBN 80-716-9463-0.

BECKER, Gary S. MURPHY, Kevin. A Theory of Rational Addiction. Journal of Political Economy, 1988, vol. 96, no. 4. 1988. Dostupný z: http://www.jstor.org/stable/1830469

BISCHOFOVÁ, Svatava. Vybrané rizikové faktory životního stylu ve vztahu k nádorovému onemocnění tlustého střeva a konečníku. Diplomová práce, LF MUNI. 2012.

Centre For Bhutan Studies & GNH Research. The Second Gross National Happiness Survey Questionnaire, April 2010. 2010. Dostupné z: http://www.grossnationalhappiness.com/docs/2010_Results/PDF/Questionnaire2010.pdf

Český Statistický Úřad. Projekce obyvatelstva České republiky do roku 2100. Věkové složení obyvatelstva podle věkových skupin, muži a ženy, střední varianta. 2013a. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/projekce-obyvatelstva-ceske-republiky-do-roku-2100-n-fu4s64b8h4

Český Statistický Úřad. Věková struktura k 31. 12. 2013. 2013b. Dostupné z: https://www.czso.cz/staticke/animgraf/cz/

DANEŠ, Jan, BARTOŇKOVÁ, Helena, SKOVAJSOVÁ, Miroslava. Oficiální výsledky Národního programu mamografického screeingu. 2012. Dostupné z: http://www.mamo.cz/res/file/vysledky/vysledky-2013-11.pdf

DRBAL, Ctibor. Politika pro zdraví. 2.vyd. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví. 2001.

DUŠEK, Ladislav, MÁJEK, Ondřej, BLAHA, Milan, DANEŠ, Jan, ZAVORAL, Miroslav, SEIFERT, Bohumil, DVOŘÁK, Vladimír, SKOVAJSOVÁ, Miroslava, SUCHÁNEK, Štěpán,

JUNG, Tomáš, BRZKOVÁ, Martina, KLIKA, Petr, KLIMEŠ, Daniel, KOPTÍKOVÁ, Jana, GREGOR, Jakub. Koncepce populačního screeningu v České republice, metodika a první výsledky adresného zvaní občanů do preventivních onkologických programů. Klinická onkologie. 2014. Dostupné z: http://www.linkos.cz/files/klinicka-onkologie/190/4606.pdf

DUŠEK Ladislav, MUŽÍK Jan, KUBÁSEK Miroslav, KOPTÍKOVÁ Jana, ŽALOUDÍK Jan, VYZULA Rostislav. Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice. Masarykova univerzita. 2005. Dostupný z: http://www.svod.cz. Verze 7.0 [2007], ISSN 1802 – 8861.

DUŠEK, Ladislav, MUŽÍK, Jan, MALÚŠKOVÁ, Denisa, ŠNAJDROVÁ Lenka. Epidomiology of colorectal cacer: international comparison. 2015. Dostupné z: http://www.crcprevention.eu/index.php?pg=colorectal-cancer-epidemiology

Eurostat. Statistika příčin úmrtí. 2010. Dostupné z: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Causes_of_death_statistics/cs

GROSSMAN, Michael. On the Concept of Health Capital and the Demand for Health. Journal of Political Economy. 1972, roč. 80, č. 2. ISSN 0022-3808. DOI: 10.1086/259880. Dostupné z: http://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/259880

CHYTIL, Zdeněk, KLESLA, Arnošt, KOSIČKA, Tomáš. Economic interpretation of human behaviour in terms of health promotion. Working Paper. 2015

KLESLA, Arnošt. Alternativní přístupy k podpoře zdraví. Disertační práce, NF VŠE. 2013.

KRAMER, Barnett S., GOHAGAN, John K., PROROK, Philip C. Cancer Screening – Theory and Practise. New York: Marcel Dekker. 1999.

LANG, Kathleen, LINES, Lisa M., LEE, David W., KORN, Jonathan R., EARLE, Craig C., MENZIN, Joseph. Lifetime and Treatment-Phase Costs Associated With Colorectal Cancer: Evidence from SEER - Medicare Data. Clinical Gastroenterology and Hepatology. February 2009, Volume 7. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.cgh.2008.08.034

LANSDORP-VOGELAAR, I., KNUDSEN, AB., BRENNER, H. Cost-effectiveness of Colorectal Cancer Screening. Oxford Journals - Epidemiologic Reviews, 2011, 33, p. 88–100. Dostupné z: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3132805/

LUCAS, Robert E. On the mechanics of economic development. Journal of Monetary Economics 22, str. 3–42. 1988.

LUKÁŠ, Karel, ŽÁK, Aleš a kol. Gastroenterologie a hepatologie: učebnice. Praha: Grada. 2007. ISBN 978-80-247-1787-6

MÁJEK, Ondřej, DUŠEK, Ladislav, BLAHA, Milan, DANEŠ, Jan, ZAVORAL, Miroslav, SEIFERT, Bohumil, DVOŘÁK, Vladimír, SKOVAJSOVÁ, Miroslava, SUCHÁNEK, Štěpán, JUNG, Tomáš, BRZKOVÁ, Martina, KLIKA, Petr, KLIMEŠ, Daniel, KOPTÍKOVÁ, Jana, ŠNAJDROVÁ, Lenka, GREGOR, Jakub. Výsledky adresného zvaní českých občanů do programů screeningu zhoubných nádorů. 2015. Dostupné z: http://www.kolorektum.cz/index.php?pg=pro-odborniky--vysledky--vysledky-adresneho-zvani

MÁJEK, Ondřej, DUŠEK, Ladislav, ZAVORAL, Miroslav, SUCHÁNEK, Štěpán, SEIFERT, Bohumil, DANEŠ, Jan, DVOŘÁK, Vladimír, KOŽENÝ, Pavel. Dosavadní průběh screeningu onkologických onemocnění v ČR a jeho význam pro dostupnost léčby. Medicína po promoci. 2011. Dostupné z: http://www.tribune.cz/clanek/23863

MZČR. Rámcový souhrn opatření Zdraví 2020. 2013. ISBN: 978-80-85047-45-5. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/Verejne/dokumenty/ramcovy-souhrn-opatreni-zdravi-2020_8526_3016_5.html

MZČR. Usnesení vlády a popis cílů programu Zdraví pro všechny v 21. století. 2008. Dostupný z: http://www.mzcr.cz/dokumenty/zdravi-pro-vsechny-v-stoleti_2461_1101_5.html

OECD Data. Health Status, Deaths from cancer. 2012. Dostupné z: https://data.oecd.org/healthstat/deaths-from-cancer.htm

OText. Forecasting: Principle and Practice. ARIMA models. 2015. Dostupné z: https://www.otexts.org/fpp/8

SEIFERT, Bohumil, MÁJEK, Ondřej, ZAVORAL, Miroslav, KRÁL, Norbert, SUCHÁNEK, Štěpán, NGO, Ondřej, DUŠEK, Ladislav. Výsledky Národního programu screeningu kolorektálního karcinomu v České republice – testy na okultní krvácení do stolice. Klinická onkologie 2014. Dostupné z: http://www.linkos.cz/files/klinicka-onkologie/190/4612.pdf

SUCHÁNEK, Štěpán, MÁJEK, Ondřej, ZAVORAL, Miroslav, SEIFERT, Bohumil, NGO, Ondřej, DUŠEK, Ladislav. Výsledky Národního programu screeningu kolorektálního karcinomu v České republice – kolonoskopická vyšetření. Klinická onkologie 2014. Dostupné z: http://www.linkos.cz/files/klinicka-onkologie/190/4614.pdf

SVOD. Slovník odborných pojmů. 2005. Dostupné z: http://www.svod.cz/help/4-00-0.php

The World Bank. Data – Health expenditure, total (% of GDP). 2014. Dostupné z: http://data.worldbank.org/indicator/SH.XPD.TOTL.ZS/countries/EU?display=default

Ústav preventivního lékařství, Lékařská fakulta MU v Brně. PREVENCE NEMOCÍ A PODPORA ZDRAVÍ. Příčiny rakoviny. 2004. Dostupné z: http://www.cba.muni.cz/prevencenemoci/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=4

WHO. Bulletin of the World Health Organization. 2011. Doi:10.2471/BLT.11.020411. Dostupné z: http://www.who.int/bulletin/volumes/89/4/11-020411/en/

WHO. Jakarta Declaration. 1997. Dostupné z: http://www.who.int/healthpromotion/conferences/previous/jakarta/declaration/en/index1.html

WHO. Health 2020 – National Strategy for Health Protection and Promotion and Disesase Prevention, Published by the Ministry of Health of the Czech Republic. Prague 2014. ISBN: 978-80-85047-50-9

WHO. Health in All Policies. 2013. Dostupné z: http://www.healthpromotion2013.org/health-promotion/health-in-all-policies

WHO. Health Promotion Glossary. 1998. Vyd. Geneva. Dostupné z: http://whqlibdoc.who.int/hq/1998/WHO_HPR_HEP_98.1.pdf

WHO. Otawa Charter for Health Promotion. 1986. Vyd. Geneva, 1986. Dostupné z: http://www.who.int/healthpromotion/conferences/previous/ottawa/en/

WHO. Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19-22 June, 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 April 1948.

World Cancer Research Fund / American Institute for Cancer Research. Continuous Update Project Report. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Colorectal Cancer. 2011. Dostupné z: http://www.dietandcancerreport.org/cancer_resource_center/downloads/cu/Colorectal-Cancer-2011-Report.pdf

ZON, Adriaan van, MUYSKEN, Joan**.** Health and endogenous growth. Journal of Health Economics 20. 2001. Str. 169 – 185, ISSN: 18791646

Přílohy

Tabulka 10: Deskriptivní statistiky, Mortalita a Incidence kolorektálního karcinomu u mužů a žen, Stadium I, 1990 - 2012

Variable	Mean	Median	Minimum	Maximum
Incidence_muzi	55.6639	53.0500	43.7800	73.0000
Mortalita_muzi	21.1661	18.2300	12.9600	34.8700
Incidence_zeny	28.2070	26.1500	20.6600	39.4000
Mortalita_zeny	9.25435	7.42000	5.22000	16.8900
Variable	Std. Dev.	C.V.	Skewness	Ex. kurtosis
Incidence_muzi	7.92409	0.142356	0.570112	-0.493034
Mortalita_muzi	7.38999	0.349143	0.648538	-1.03540
Incidence_zeny	5.56041	0.197129	0.978334	-0.303684
Mortalita_zeny	3.96617	0.428574	0.659879	-1.06925

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Tabulka 11: Deskriptivní statistiky, Mortalita a Incidence kolorektálního karcinomu u mužů a žen, Stadium II, 1990 - 2012

Variable	Mean	Median	Minimum	Maximum
Incidence_muzi	60.5013	64.2000	31.3800	78.1700
Mortalita_muzi	25.9022	26.0800	19.8000	31.3700
Incidence_zeny	29.8430	31.1600	16.1400	37.2300
Mortalita_zeny	11.2622	10.9100	8.74000	13.6500
Variable	Std. Dev.	C.V.	Skewness	Ex. kurtosis
Incidence_muzi	14.3023	0.236397	-0.855180	-0.525950
Mortalita_muzi	3.51899	0.135857	0.0708478	-1.18435
Incidence_zeny	6.01299	0.201487	-0.968676	-0.220656
Mortalita_zeny	1.31775	0.117007	0.174771	-0.826140

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

Tabulka 12: Deskriptivní statistiky, Mortalita a Incidence kolorektálního karcinomu u mužů a žen, Stadium III, 1990 - 2012

Variable	Mean	Median	Minimum	Maximum
Incidence_muzi	46.4991	48.9800	28.7100	62.3200
Mortalita_muzi	24.7174	26.3200	17.3600	30.2100
Incidence_zeny	25.0048	25.9000	16.1700	32.2800
Mortalita_zeny	12.4643	12.4100	10.3900	13.9300
Variable	Std. Dev.	C.V.	Skewness	Ex. kurtosis
Incidence_muzi	11.4774	0.246830	-0.223716	-1.42135
Mortalita_muzi	3.66194	0.148152	-0.683232	-0.778235
Incidence_zeny	4.52883	0.181119	-0.307240	-0.966982
Mortalita_zeny	0.966229	0.0775194	-0.314983	-0.767340

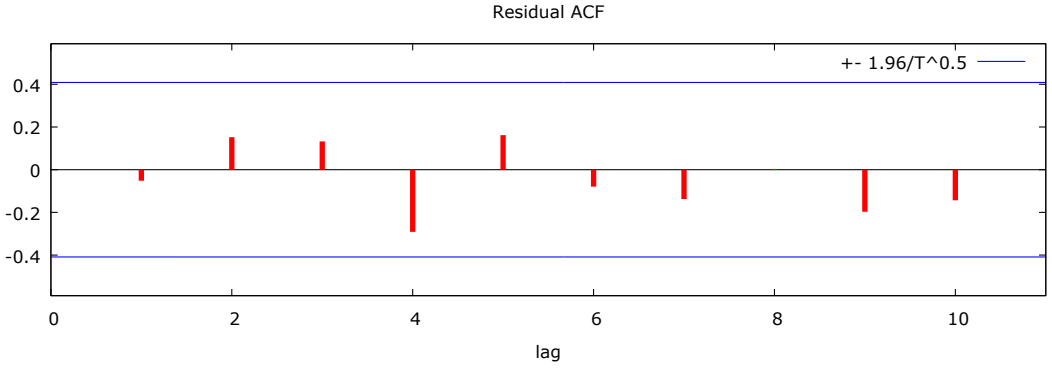
Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

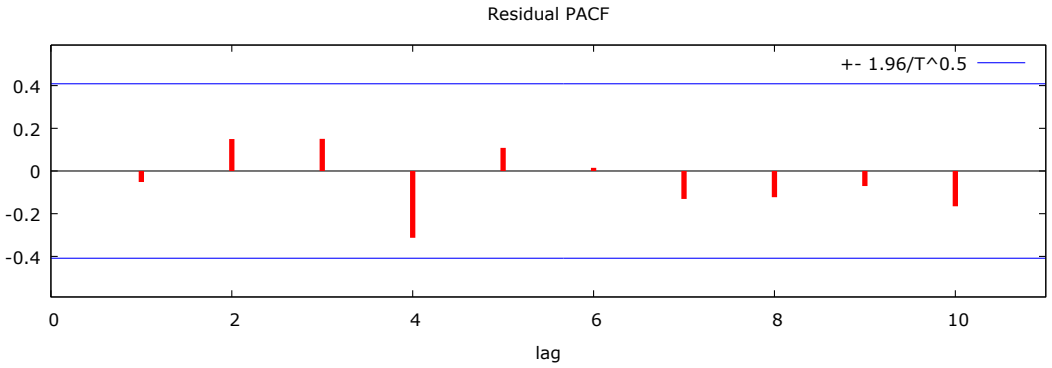
Tabulka 13: Deskriptivní statistiky, Mortalita a Incidence kolorektálního karcinomu u mužů a žen, Stadium IV, 1990 - 2012

Variable	Mean	Median	Minimum	Maximum
Incidence_muzi	62.9605	63.3700	57.4200	66.3400
Mortalita_muzi	53.3310	53.0600	49.5300	59.2800
Incidence_zeny	29.4190	29.6800	26.5000	32.2400
Mortalita_zeny	24.6348	24.5000	22.4600	26.4900
Variable	Std. Dev.	C.V.	Skewness	Ex. kurtosis
Incidence_muzi	2.49593	0.0396428	-0.413261	-0.752046
Mortalita_muzi	2.52894	0.0474197	0.748921	0.0907721
Incidence_zeny	1.72665	0.0586916	-0.0609282	-0.885003
Mortalita_zeny	1.14013	0.0462812	0.0163404	-0.910744

Zdroj: Data SVOD, vlastní zpracování

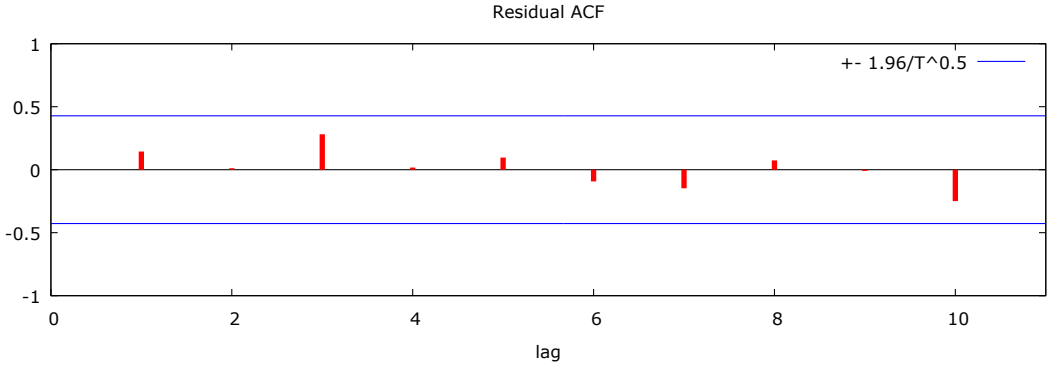
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 1 - Incidence muži, stadium I:

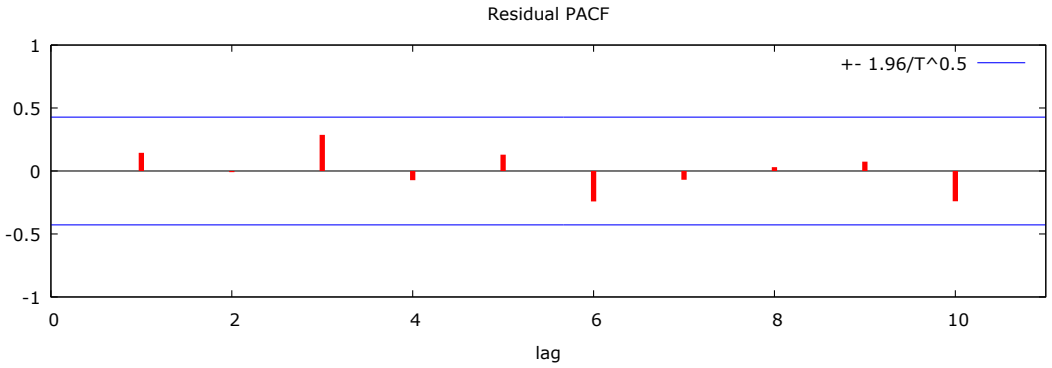






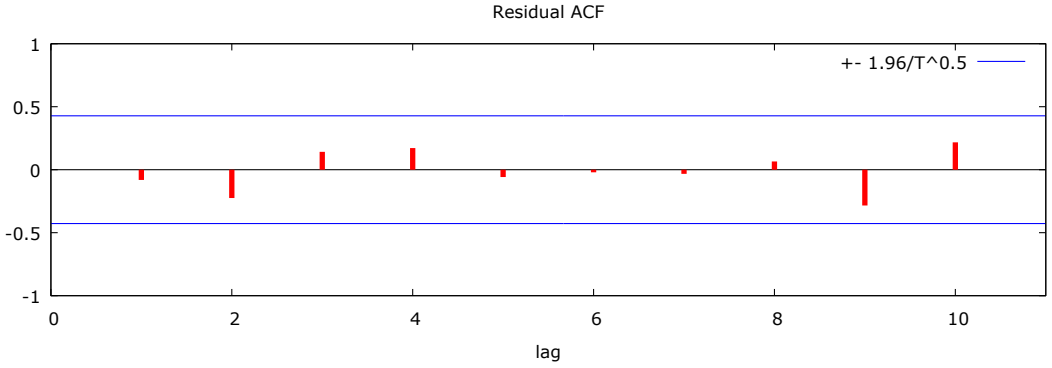
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 2 - Incidence ženy, stadium I:

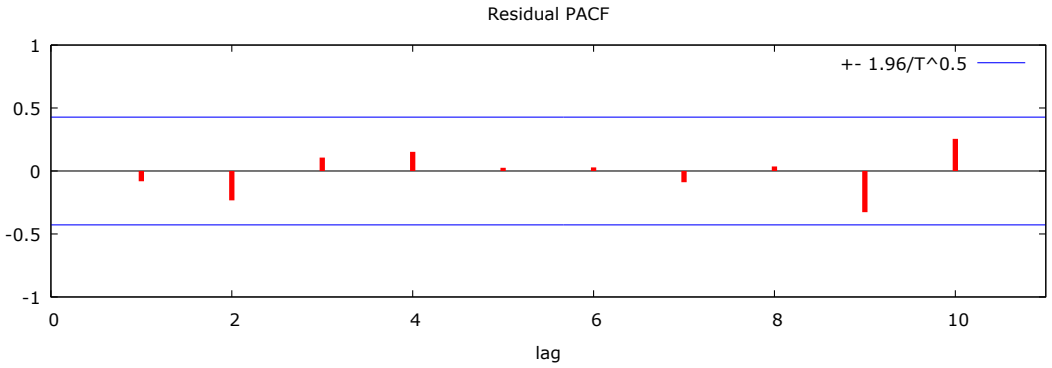






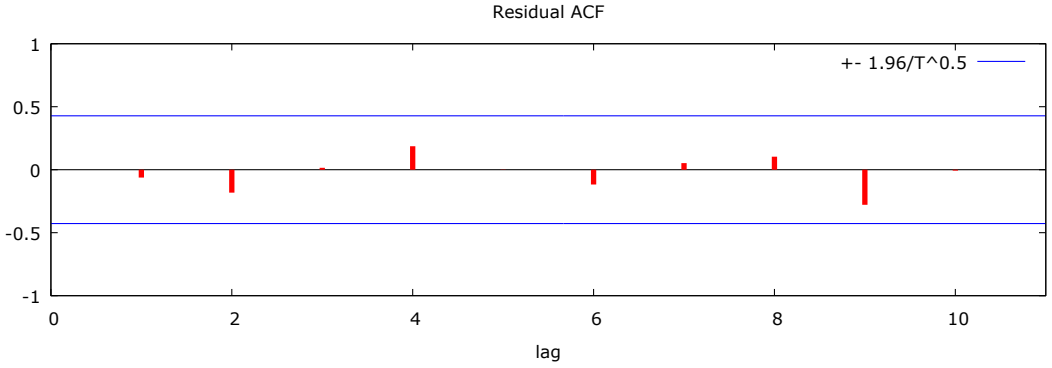
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 3 – Mortalita muži, stadium I:

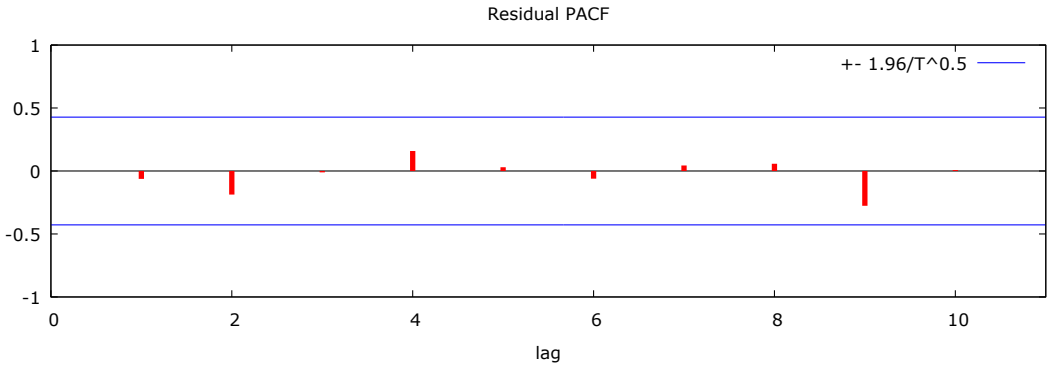






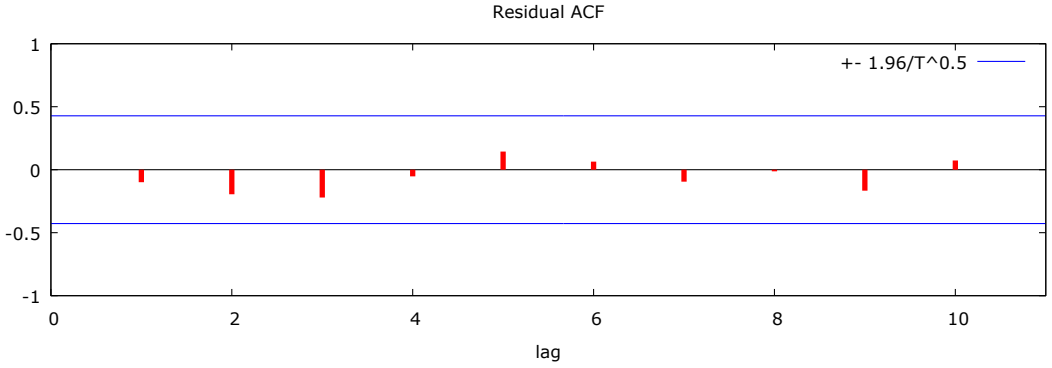
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 4 – Mortalita ženy, stadium I:

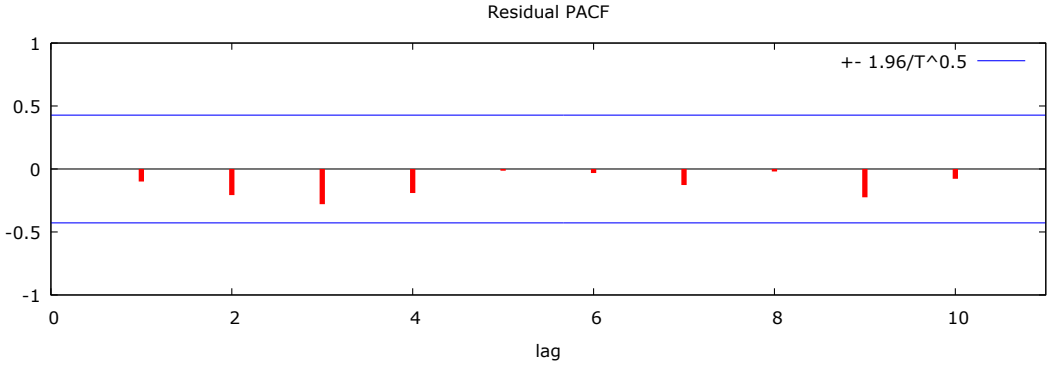






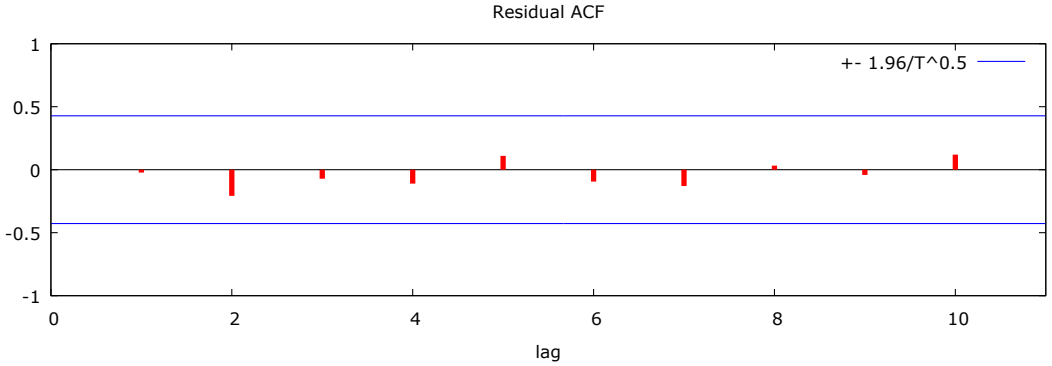
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 5 – Incidence muži, stadium II:

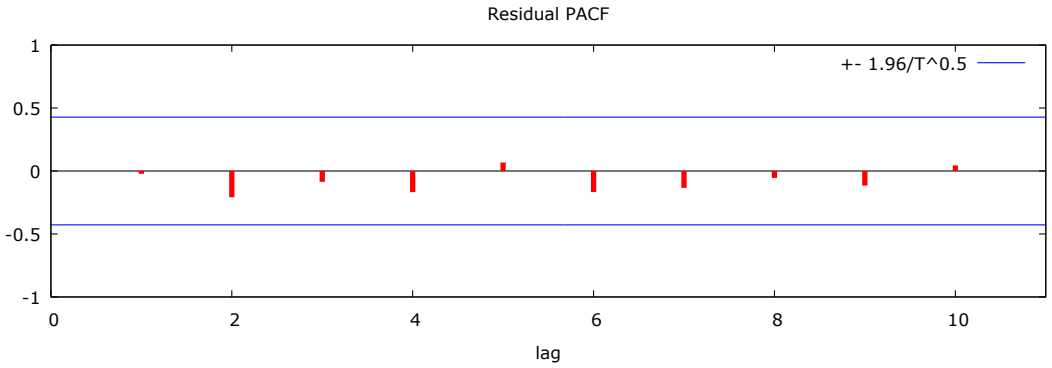


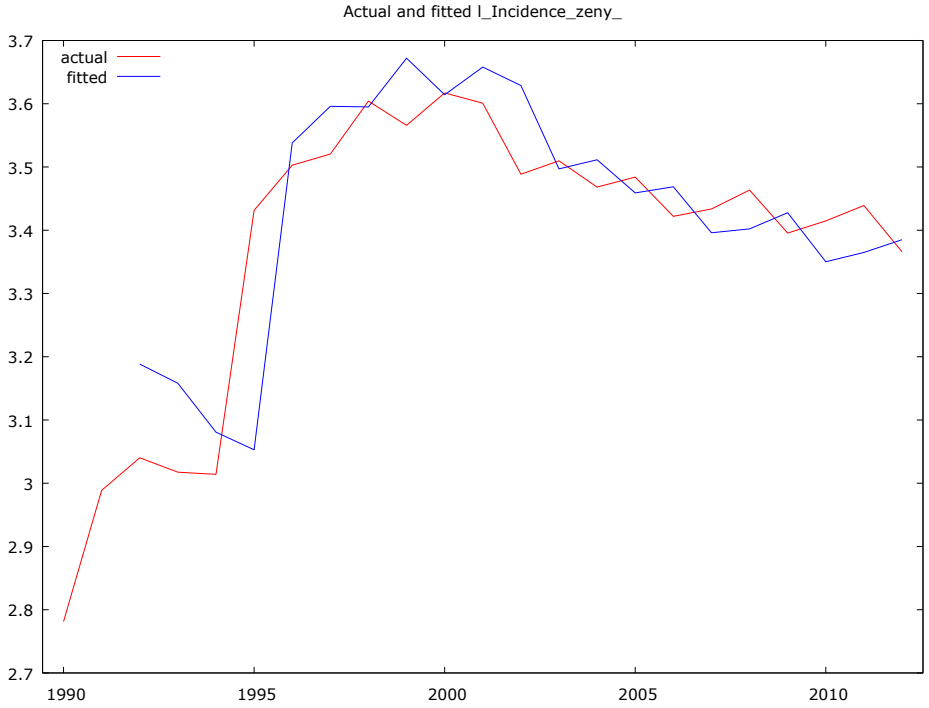




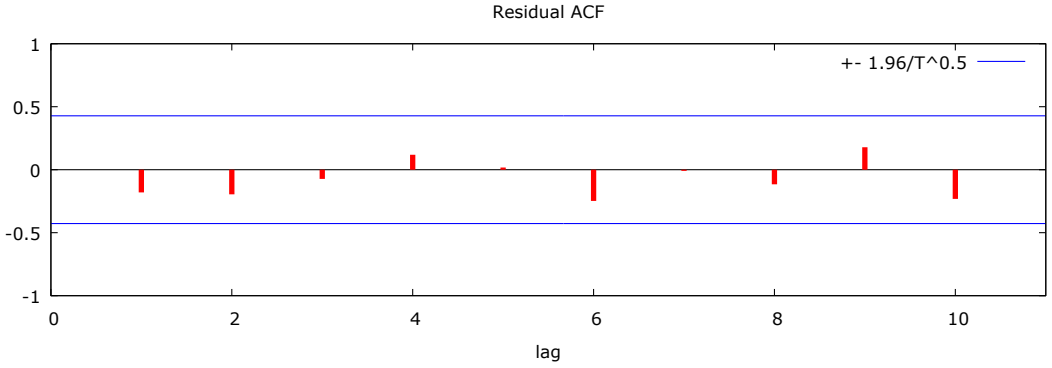
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 6 – Incidence ženy, stadium II:

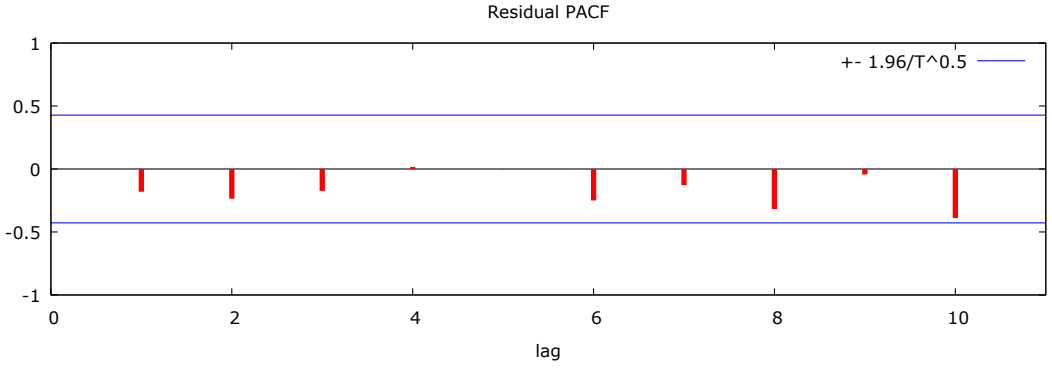






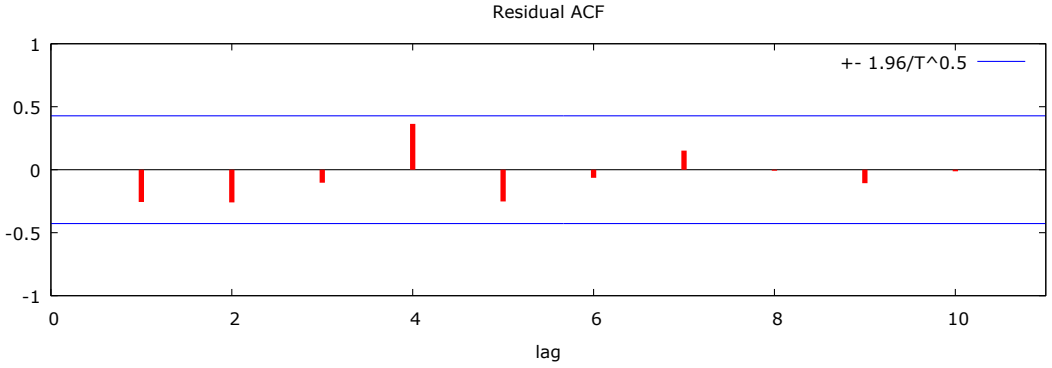
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 7 – Mortalita muži, stadium II:

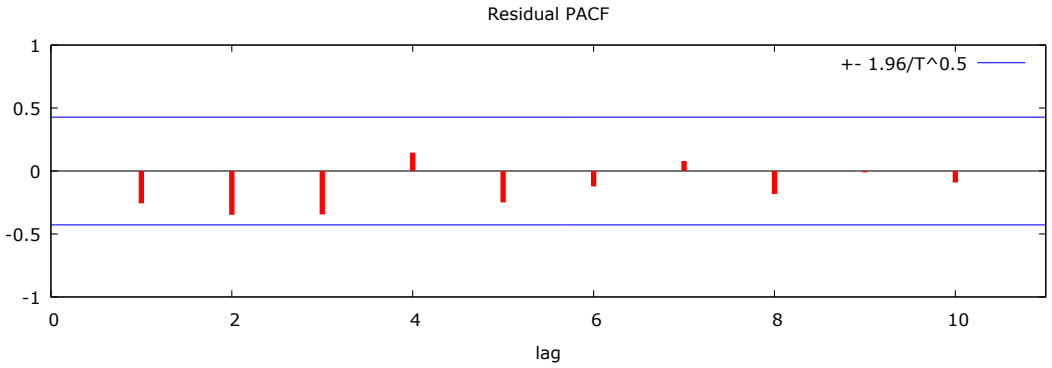


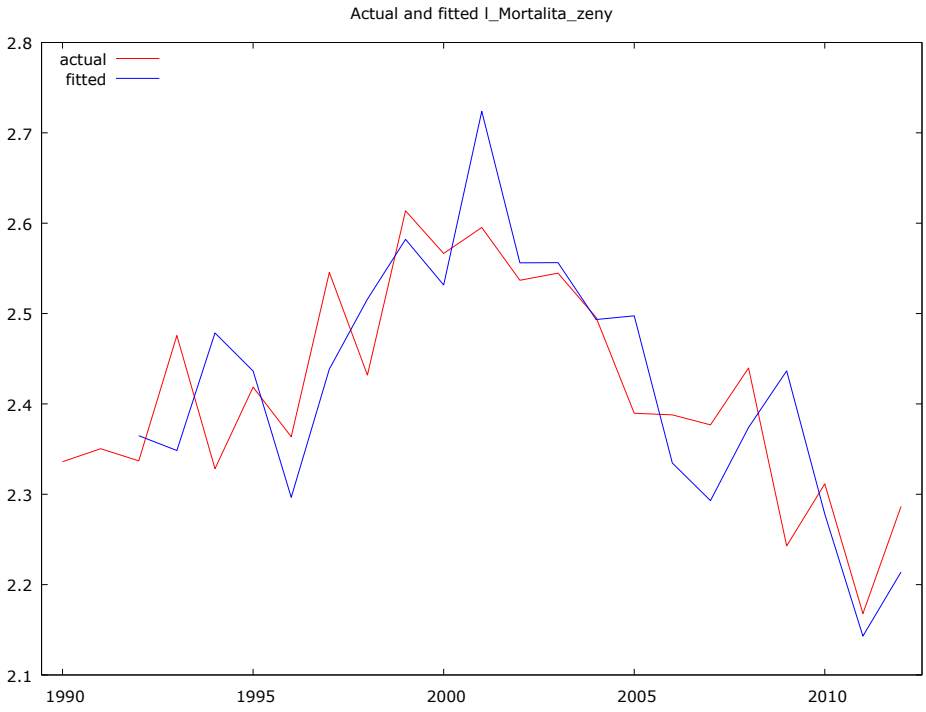




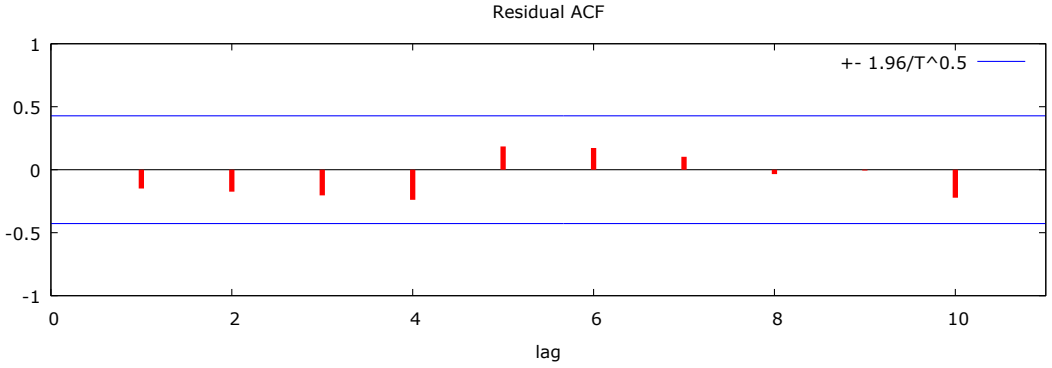
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 8 – Mortalita ženy, stadium II:

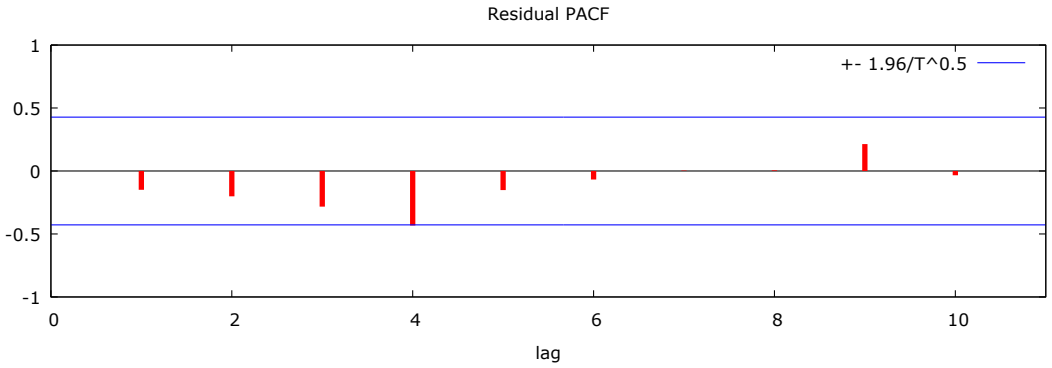






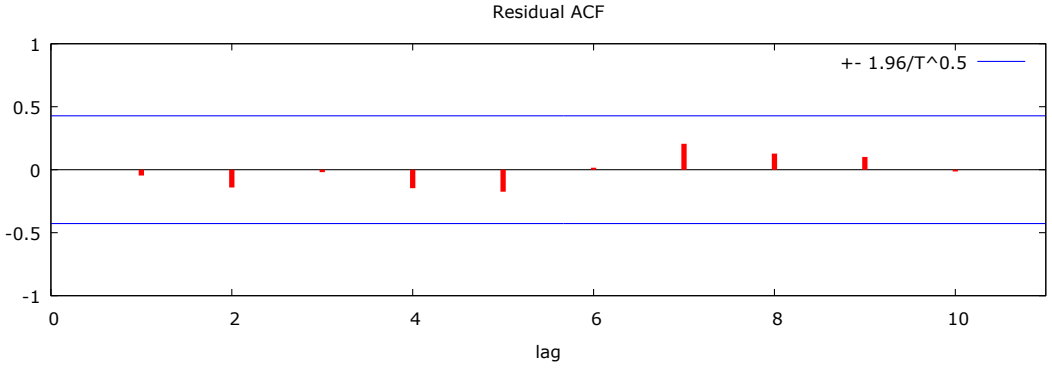
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 9 – Incidence muži, stadium III:

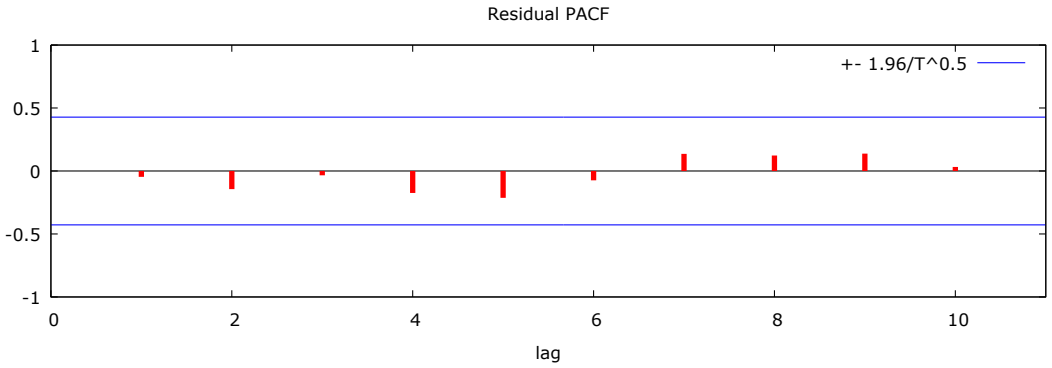






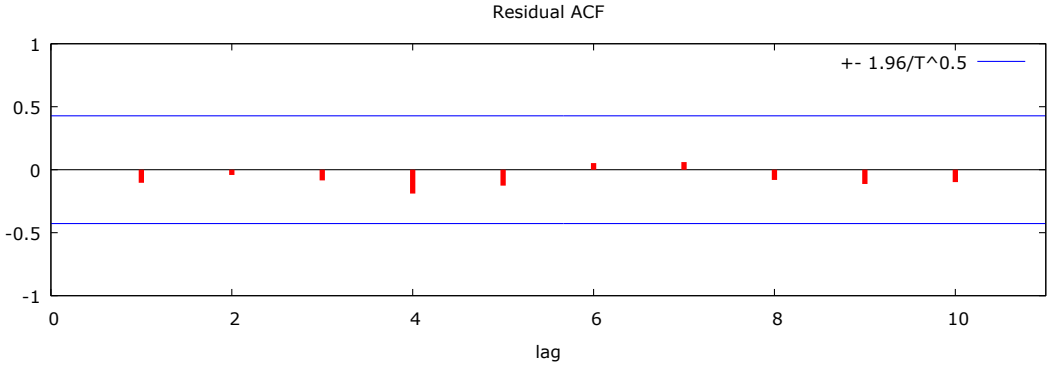
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 10 – Incidence ženy, stadium III:

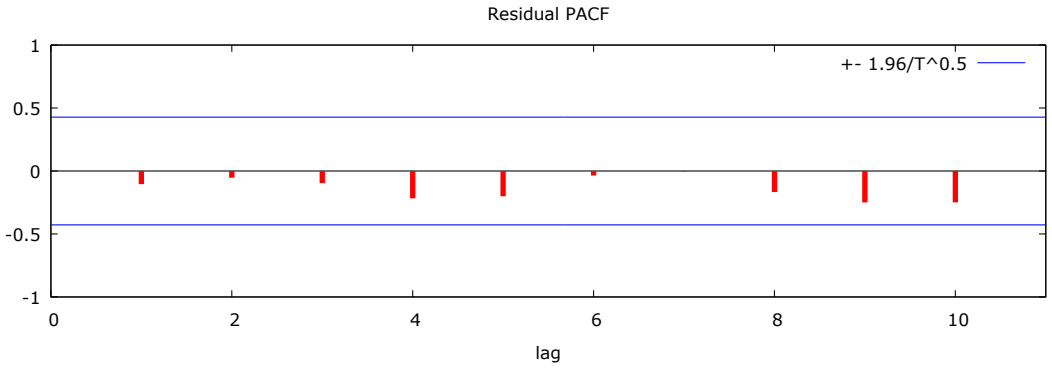


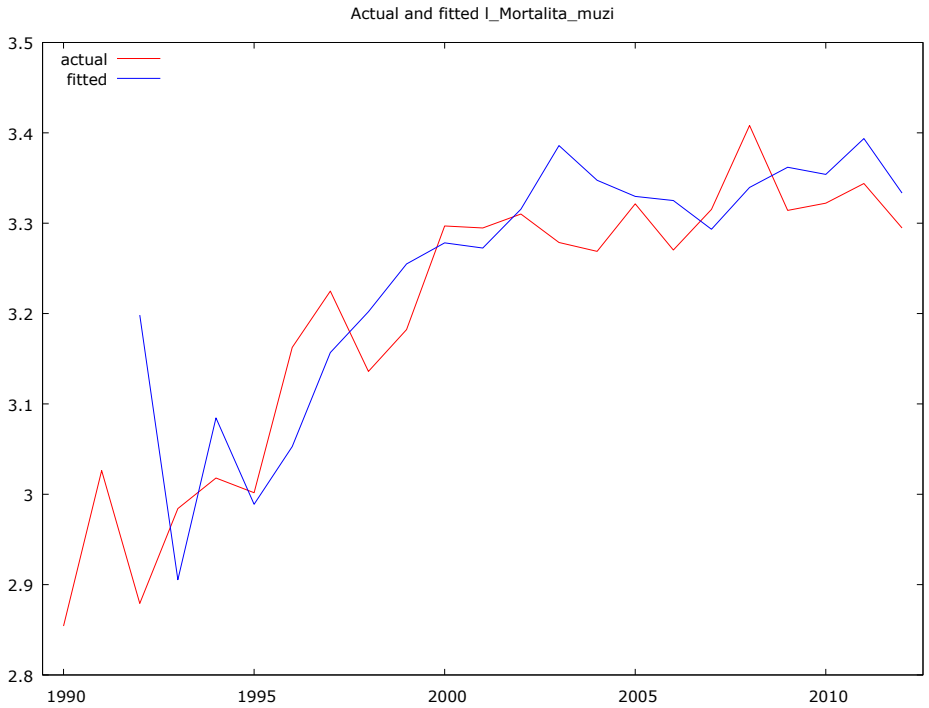




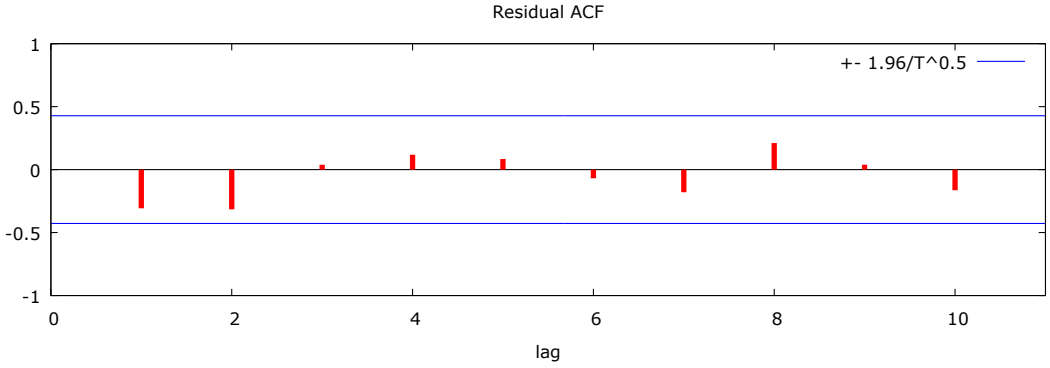
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 11 – Mortalita muži, stadium III:

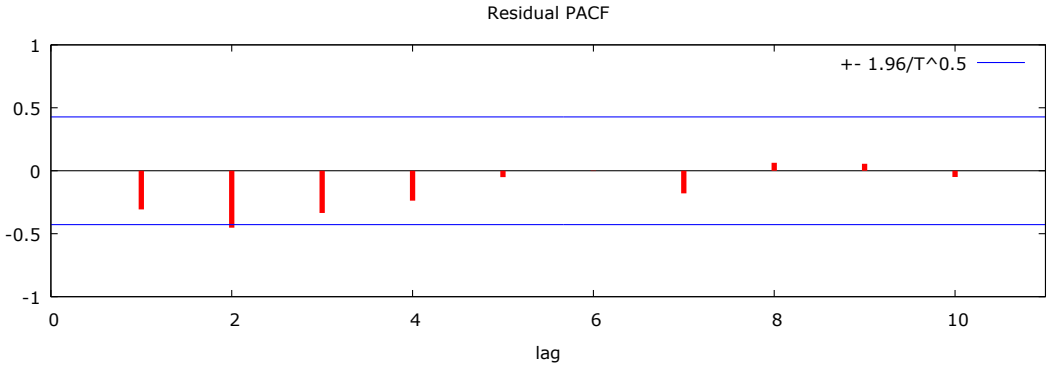


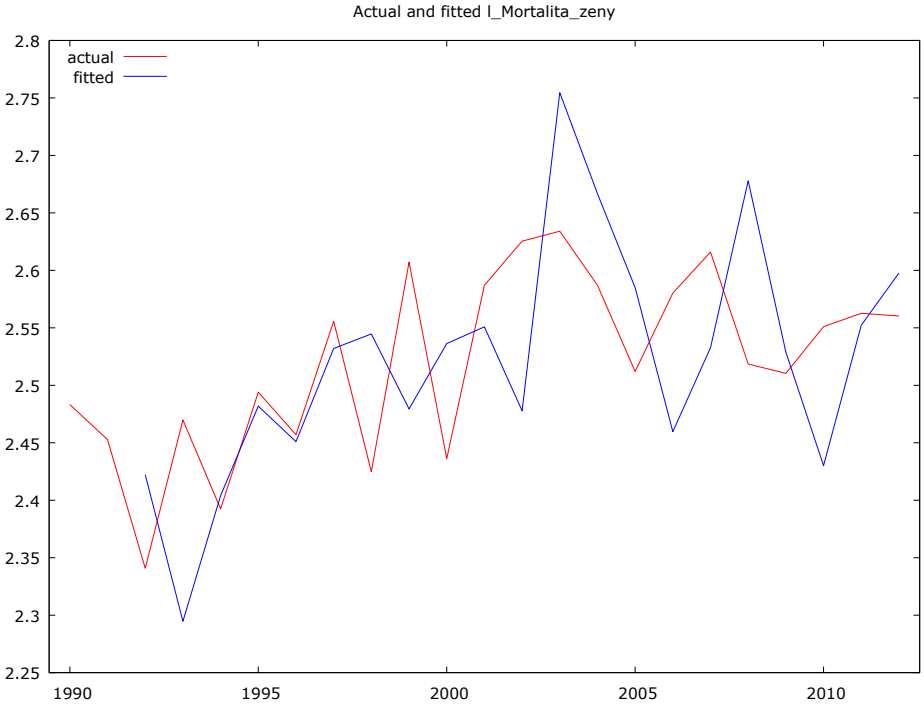




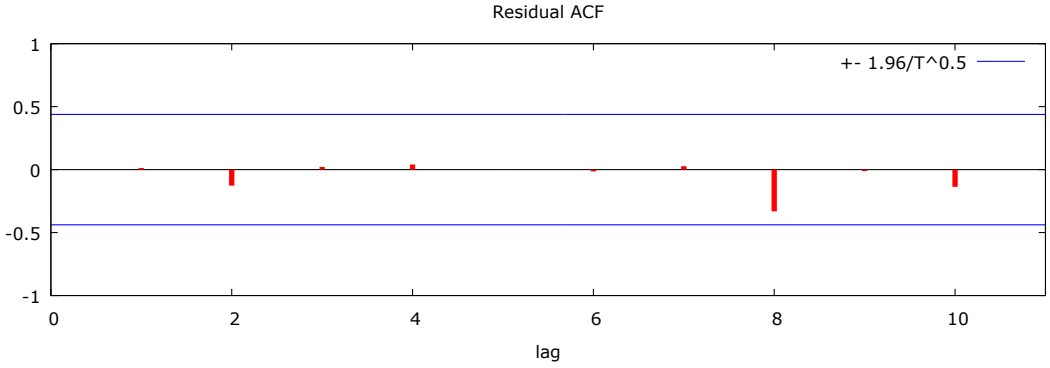
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 12 – Mortalita ženy, stadium III:

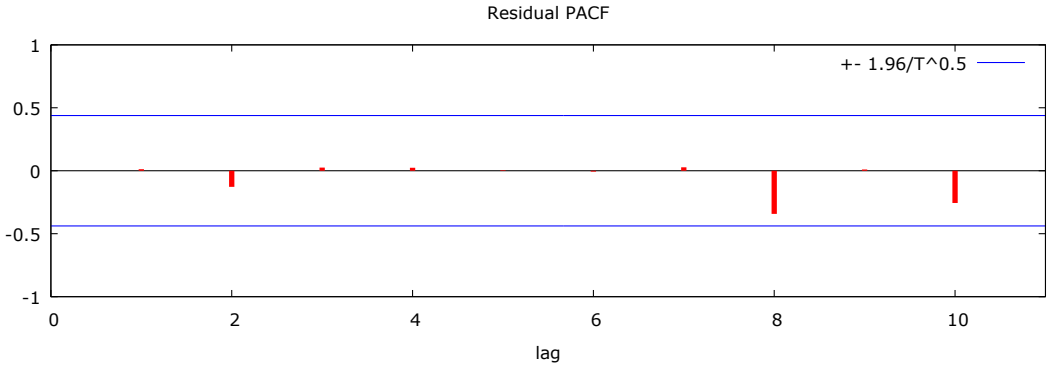






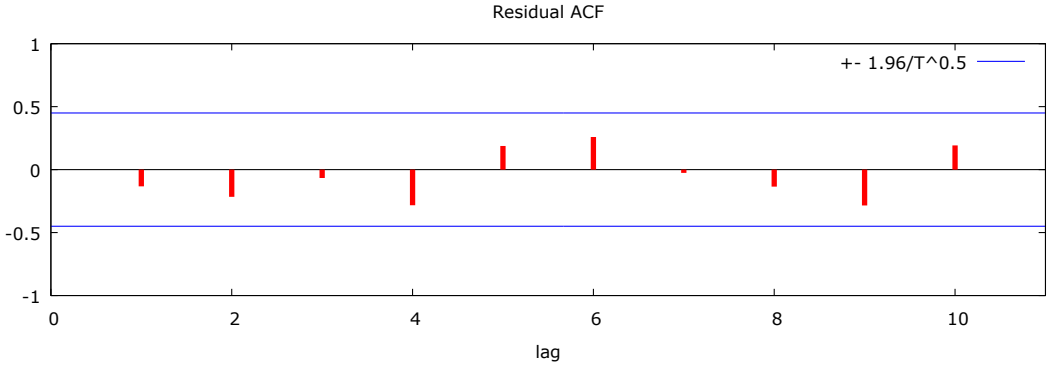
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 13 – Incidence muži, stadium IV:

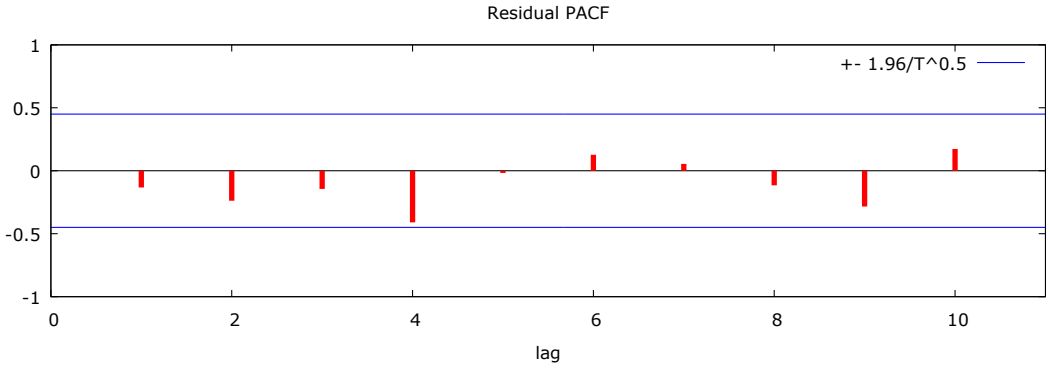


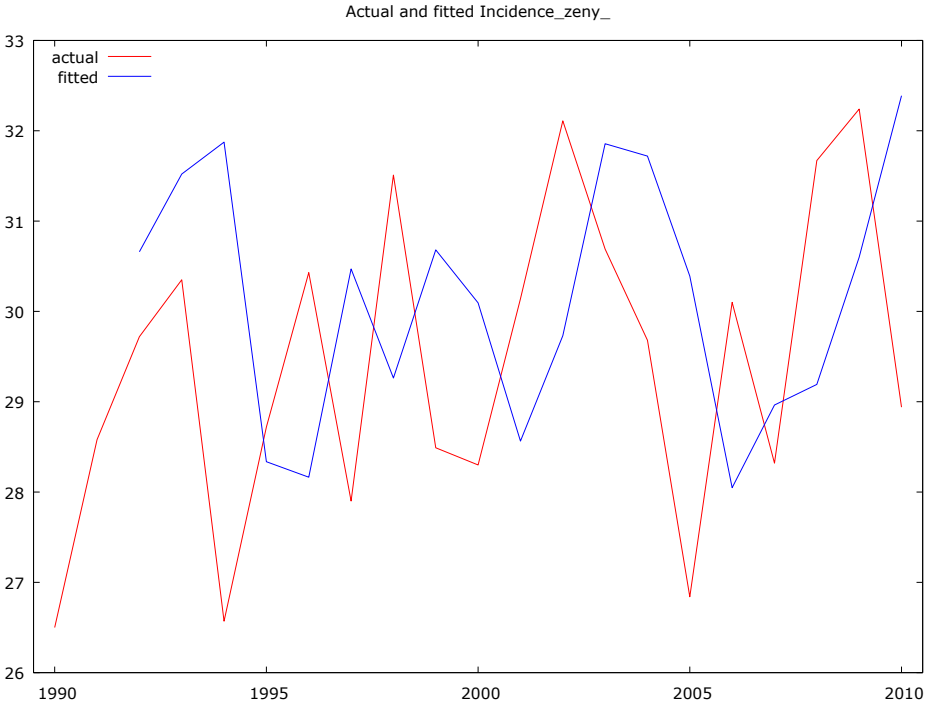




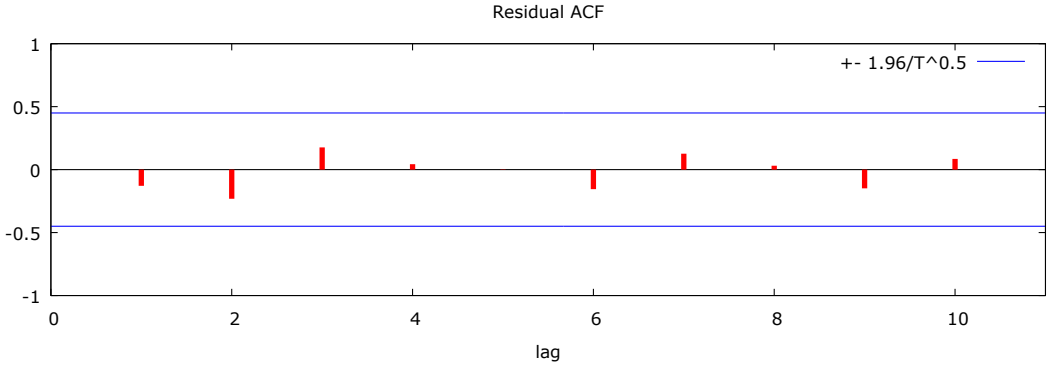
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 14 – Incidence ženy, stadium IV:

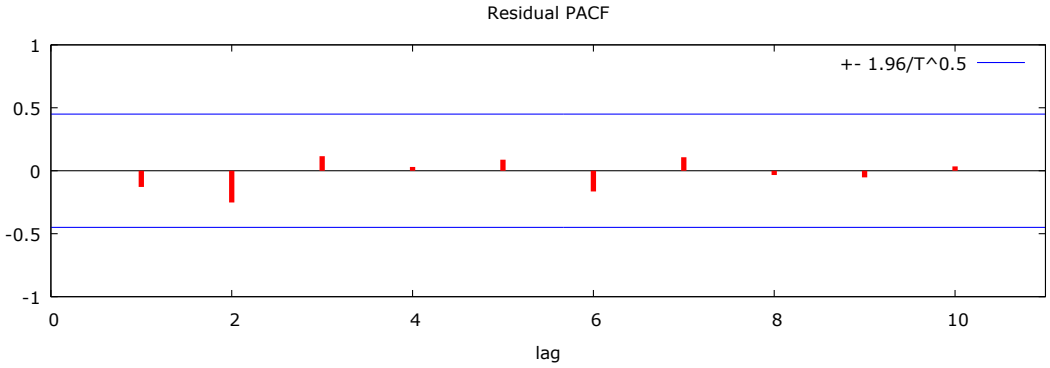


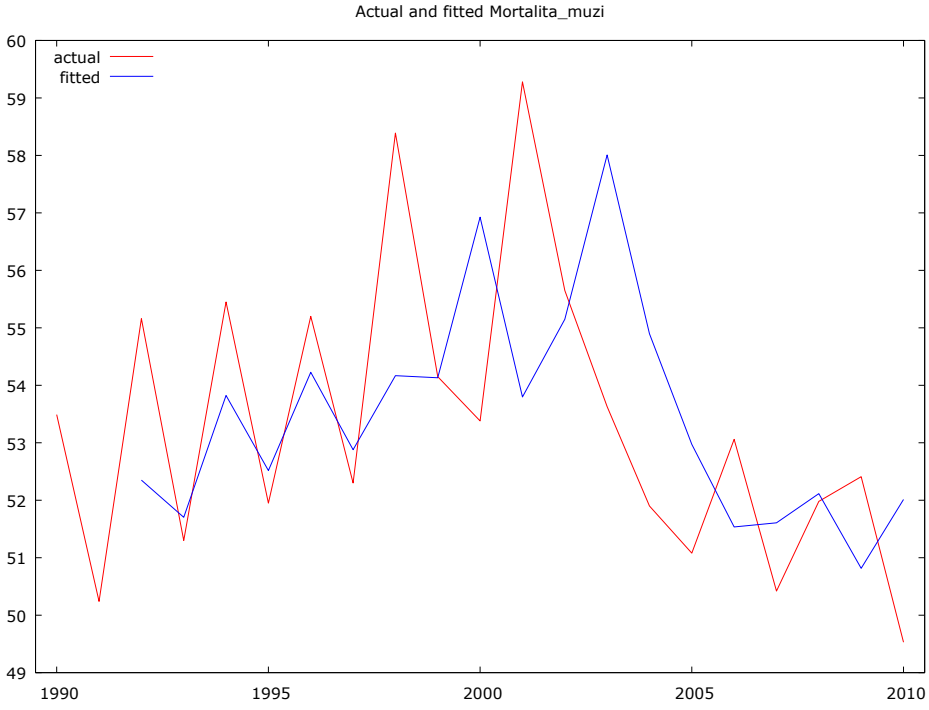




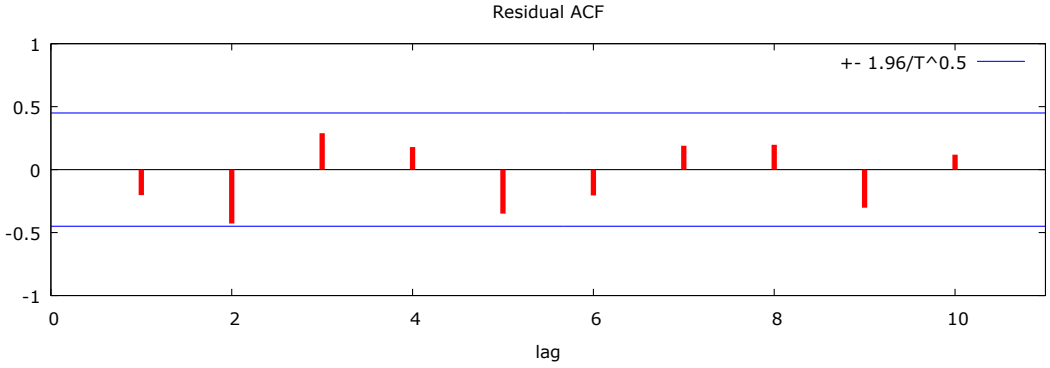
Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 15 – Mortalita muži, stadium IV:

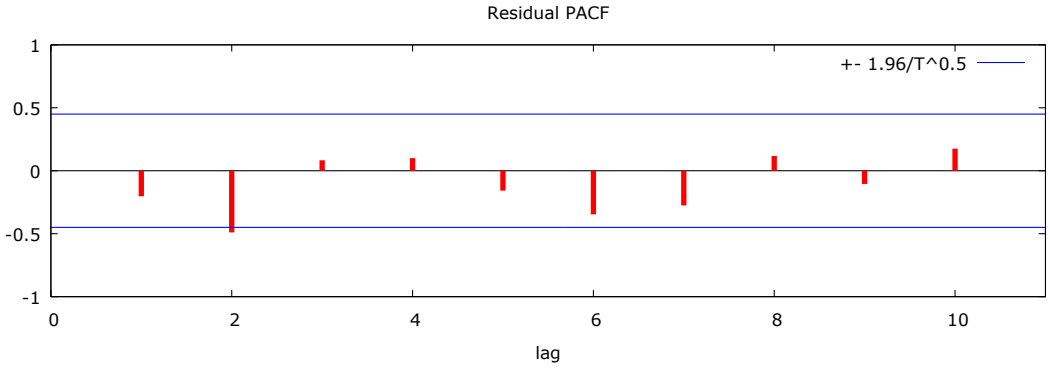






Kolerogram reziduí a graf skutečné a vyrovnané hodnoty v závislosti na čase, Model 16 – Mortalita ženy, stadium IV:







Tabulka XX – Podrobná populační projekce ČR

Muži				Ženy			
Věk	**2013**	**2024**	**2028**	**Věk**	**2013**	**2024**	**2028**
0-4	297 824	235 474	216 767	0-4	283 876	221 848	204 190
5-9	268 298	260 411	241 568	5-9	254 530	245 412	227 611
10-14	234 407	291 912	266 475	10-14	221 361	277 732	251 141
15-19	261 554	285 938	301 712	15-19	248 711	271 705	287 708
20-24	337 096	246 029	277 958	20-24	322 990	232 377	263 699
25-29	366 360	260 533	252 102	25-29	345 133	246 310	237 111
30-34	418 632	340 098	281 261	30-34	394 481	324 976	265 552
35-39	481 286	366 413	347 112	35-39	455 538	347 612	332 755
40-44	383 187	396 363	366 836	40-44	362 606	377 581	349 108
45-49	362 884	464 134	405 640	45-49	347 406	451 118	392 308
50-54	319 634	388 054	452 767	50-54	314 690	378 291	447 081
55-59	359 007	335 571	354 062	55-59	371 869	334 235	353 088
60-64	350 625	295 195	323 085	60-64	384 522	306 107	331 703
65-69	290 217	301 365	269 593	65-69	345 652	337 560	291 686
70-74	182 877	280 954	277 921	70-74	240 725	342 201	327 946
75-79	119 173	218 619	238 259	75-79	182 793	296 889	311 972
80-84	83 879	118 146	159 604	80-84	154 154	184 218	239 596
85-89	37 253	51 821	68 869	85-89	88 829	97 724	121 696
90-94	9 102	20 707	22 618	90-94	27 836	50 251	52 282
95-99	904	4 108	5 489	95-99	3 493	14 155	17 824
100+	150	375	549	100+	581	1 810	2 690

Zdroj: Data ČSÚ