

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra informačních technologií

**Dynamické modelování populace České republiky se
zaměřením na neurodegenerativní choroby**
Bakalářská práce

Autor: Adam Pávek
Studijní obor: Aplikovaná informatika

Vedoucí práce: doc. Ing. PhD. Hana Tomášková

Hradec Králové

Květen 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 27.4.2017

.....

Adam Pávek

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. PhD. Haně Tomáškové za metodické vedení práce a pomoc při inspiraci a získání potřebných materiálů. Dále děkuji Ing. Ondřejovi Doležalovi za odbornou konzultaci a podporu při zpracování.

Anotace

Tato bakalářská práce je zaměřena na modelování populace České republiky se zaměřením na pacienty trpící Alzheimerovou chorobou. Jako nástroj pro modelaci tohoto jevu byla zvolena systémová dynamika. Práce popisuje Alzheimerovu chorobu a její příčiny, očekávaný vývoj populace do roku 2100, vývoj pacientů trpících Alzheimerovou chorobou a v neposlední řadě teorií systémového myšlení. Zaměřuje se na popis základních prvků a zásad nezbytných k modelování dynamického systému. Výstupem je na základě analýzy statistických dat vytvořený dynamický model, který dokáže simulovat vývoj populace České republiky a počet jedinců trpících Alzheimerovou chorobou. Dále je cílem práce porovnat výsledky simulace se známými odhady a teoriemi o rostoucím počtu pacientů s Alzheimerovou chorobou.

Annotation

Title: Dynamic modeling of the Czech population with a focus on neurodegenerative diseases

This bachelor thesis is focused on modeling the population of the Czech Republic with a focus on patients suffering from Alzheimer's disease. As a tool for modeling this phenomenon, system dynamics was chosen. The thesis describes Alzheimer's disease and its causes, the expected population development by 2100, the development of patients suffering from Alzheimer's disease and the theory of systemic thinking. It focuses on a description of the basic elements and principles necessary to model the dynamic system. The output is based on the analysis of statistical data created by a dynamic model that can simulate the development of the population of the Czech Republic and the number of individuals suffering from Alzheimer's disease. Furthermore, the aim of the thesis is to compare the results of simulation with known estimates and theories on the increasing number of patients with Alzheimer's disease.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Metodika zpracování.....	2
4	Alzheimerova choroba.....	3
4.1	Vznik a ovlivnění choroby.....	3
4.2	Diagnóza.....	4
4.3	Ovlivňující faktory.....	5
5	Analýza statistických dat.....	7
5.1	Populace České republiky.....	9
6	Shrnutí podstatných informací z vědeckých článků.....	12
7	Systémové myšlení.....	13
7.1	Systémová dynamika.....	13
7.2	Historie.....	16
7.2.1	Historie systémového myšlení.....	16
7.2.2	Historie systémové dynamiky.....	16
7.3	Metodologie systémové dynamiky.....	17
7.3.1	Definice problému.....	18
7.3.2	Definice systémových prvků.....	18
7.3.3	Mentální model.....	18
7.3.4	Formalizace modelu.....	20
7.3.5	Simulační model.....	20
7.4	Principy systémové dynamiky.....	21
7.4.1	Šablony modelování dynamiky systémů.....	22
7.5	Systém.....	25
7.5.1	Znaky systému.....	27

7.5.2	Typy systému.....	27
8	Popis dynamického modelu populace České republiky	27
8.1	Významné entity.....	28
8.1.1	Populační model	28
8.1.2	Model onemocnění	29
9	Shrnutí výsledků	32
10	Závěry a doporučení.....	35
11	Seznam použité literatury	36
12	Přílohy.....	38
12.1	Náhled modelu	38
12.2	Seznam obrázků	38
12.3	Seznam grafů	39
12.4	Seznam tabulek.....	39

1 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá dynamickou modelací populace České republiky, konkrétně však na jedince trpící Alzheimerovou chorobou (dále AD). Je patrné, že v posledních desetiletích se počet onemocnění zvyšuje a již dávno se nejedná o nemoc postihující pouze nejstarší lidi. Věková hranice a počet onemocnění se každý rok pohybuje. Autor sám se setkal s AD při péči o nemocné prarodiče. Na základě dostupných údajů a prevalenčních studií se autor rozhodl pomocí dynamického modelování navrhnout model, který by dokázal odhadnout počet pacientů s AD napříč věkovými skupinami do roku 2100. Cílem je výsledky porovnat s dostupnými teoriemi a studiemi o vývoji AD a populace ČR. K vytvoření modelu budou použity principy systémového modelování a dynamiky. Mladá vědní disciplína, jako systémová dynamika, je ideální pro popsání a předpověď vývoje populace v čase.

V první části se autor bude zabývat popisem AD, příčinami a rizikovými faktory. V části druhé bude představen teoretický úvod do systémového myšlení a dynamiky a v poslední praktické části bude popsán model samotný a jeho řešení.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je pomocí dynamického myšlení a systémového přístupu navrhnout model populace České republiky, který na základě relevantních koeficientů ovlivňujících nemocného jedince dokáže odhadnout aktuální počet nemocných na území České republiky napříč věkovými skupinami. Výsledkem je vytvořit životní cyklus nemocného. Základem je vytvoření funkčního dynamického modelu populace ČR, který dále bude sloužit jako základní kámen pro další navázání jednotlivých ovlivňujících faktorů. Dalším dílčím cílem je důkladná analýza statistických dat a evropských výzkumů na dané téma a následné sestavení výpočetních vzorců pro celý model.

3 Metodika zpracování

Hlavními podklady pro zpracování bakalářské práce jsou analýzy odborných publikací o systémové dynamice, a především dat z internetových zdrojů, zejména z oblasti zdravotnictví, populačního vývoje a systémových přístupů. Byly prostudovány odborné publikace o systémovém myšlení, demenci, AD, ale také elektronické publikace asociací a spolků zabývajících se problematikou Alzheimerova onemocnění v praxi, jeho příznaky, ovlivňujícími faktory a šancemi na onemocnění.

V teoretické části bakalářské práce bylo primárně čerpáno ze statistických zdrojů o populaci České republiky a pacientech s demencí. V neposlední řadě také z odborných článků vědeckých databází a elektronických publikací o Alzheimerově chorobě. Z části se jednalo o zdroje zahraniční, neboť česká literatura se do hloubky problematikou pacientů s AD příliš nezabývá. V dalších kapitolách autor čerpal zejména z odborných publikací o Systémové dynamice a jejím použití.

V části praktické bylo nutné všechna statistická a lékařská data protřídit a analyzovat tak, aby bylo možné najít odpovídající souvislosti, které by mohly ovlivnit samotný model.

4 Alzheimerova choroba

Jak uvádí Česká alzheimerovská společnost (dále ČALS) [3] Alzheimerova nemoc narušuje část mozku a způsobuje pokles takzvaných kognitivních funkcí – myšlení, paměti, úsudku. Bývá nejčastější příčinou demence, která vede postupně k závislosti nemocného na každodenní pomoci jiného člověka.

Alzheimerovu nemoc poprvé popsal německý lékař Alois Alzheimer v roce 1907. V té době se považovala za nemoc vzácnou. Nyní se nějaká forma demence vyskytuje u více než sedmi miliónů obyvatel Evropy.

Alzheimerova nemoc začíná pozvolna. Nejdříve se u nemocného zhoršuje krátkodobá paměť a není schopen se postarat o některé věci v domácnosti. Rychlost, kterou Alzheimerova nemoc postupuje, se u každého postiženého liší. Nemocný má však čím dál větší problémy s vyjadřováním, rozhodováním, nedokončuje myšlenky, je zmatenější. Mění se celá jeho osobnost. V posledních stádiích nemoci už vůbec není schopen se sám o sebe postarat.

Nevšímalová a kolektiv [21] uvádí, že AN je časté onemocnění s prevalencí 1 % populace, je příčinou nejméně 60 % demencí a čtvrtou nebo pátou nejčastější příčinou smrti.

4.1 Vznik a ovlivnění choroby

Holmerová a Veleta [13] uvádí, že pro vznik a ovlivnění Alzheimerovy choroby mají největší význam zejména: zhoršení metabolismu mozkových buněk a jejich degenerace, nedostatek acetylcholinu, oxidační stres, tvorba a ukládání amyloidu či např. pokles estrogenu u žen po menopauze. U žen však hraje významnou roli také to, že se dožívají vyššího věku. Koběřská [16] k popisu choroby dodává: Alzheimerova choroba je nemoc, která těžce narušuje mozek a ovlivňuje tak především myšlení, paměť a jazykové schopnosti. Začátek této nemoci je většinou velmi pozvolný, nerovnoměrně se zhoršující, ireverzibilní. Mezi dnes známé rizikové faktory přispívající k onemocnění patří: věk, zejména nad 65 let (Age Dependent Disease – choroba na věku přímo závislá), dědičnost, cévní onemocnění, poranění hlavy, deprese. Höschl [15] dále přidává další faktory jako nedostatek vitamínu B12, Downův syndrom, nízkou úroveň vzdělání a malou duševní aktivitu.

Zgola [28] stručně popisuje nemoc jako bariéru, která deformuje veškeré přijímané, i vyjadřované informace. Dle statistik Holmerové [12] též vyplývá, že více jsou nemocí postiženy ženy. Celkem Alzheimerovou chorobou na počátku nového tisíciletí trpělo až 25 miliónů lidí na světě a přibližně 70–90 tis. v České republice. Tyto počty se však, jak udává Zgola [28] bohužel, i v souvislosti se stárnutím populace zvyšují.

	2010	2011	2012
Muži	6760	7607	8100
Ženy	15924	17901	19378
Celkem	22702	25508	27478

Tabulka 1: Počet pacientů s Alzheimerovou nemocí-VZP.

Zdroj: dostupné na [www: <https://www.vzp.cz/o-nas/aktuality/za-klienty-s-alzheimerem-da-vzp-rocne-600-milionu>](https://www.vzp.cz/o-nas/aktuality/za-klienty-s-alzheimerem-da-vzp-rocne-600-milionu)

4.2 Diagnóza

Nevšimalová a kolektiv [21] uvádějí, že diagnóza Alzheimerovy nemoci zahrnuje splnění kritérií demence a současně vyloučení jiných příčin demence (diagnosis per exclusionem).

Diagnostická kritéria demence podle Nevšimalové [21] jsou tato:

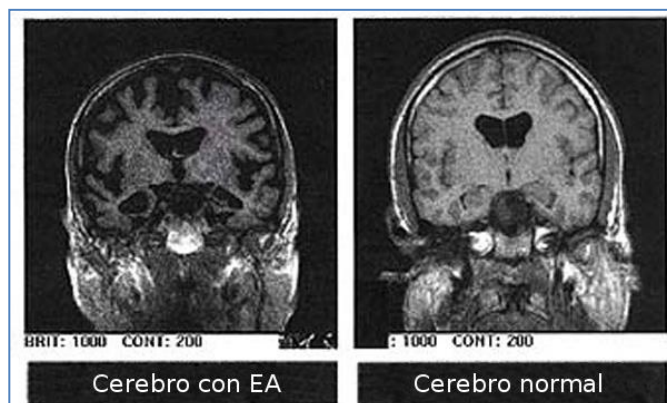
- porucha paměti,
- alespoň jedno z následujících:
 - a. porucha abstraktního myšlení (např. schopnost definovat pojmy),
 - b. porucha úsudku a plánovité činnosti,
 - c. afázie, apraxie, agnózie, porucha orientace v prostoru,
 - d. změna osobnosti,
- závažný kognitivní úbytek, který narušuje denní aktivitu nemocného,
- pokles schopností oproti minulosti

Alzheimer centrum (dále AC) [1] uvádí, že neexistuje žádný test, který by přinesl jasný a stoprocentně jednoznačný výsledek. Je potřeba vyvrátit všechny ostatní možnosti, které by ukazovaly na jinou nemoc způsobující demenci. Diagnózu

Alzheimerovy choroby může učinit lékař, který je s touto problematikou obeznámen a má s ní zkušenosti. Co k tomuto závěru potřebuje:

- pečlivé a podrobné zhodnocení osobní i rodinné anamnézy pacienta a zejména podrobné vyhodnocení změn kognitivních funkcí, paměti a chování pacienta během posledních měsíců či let
- kontrola kognitivních funkcí pomocí baterie testů
- pečlivé klinické vyšetření doplněné laboratorními testy – to vše je zaměřeno zejména na odhalení jiné příčiny kognitivní poruchy
- v případě jakýchkoli pochybností také vyšetření neurologické včetně CT a magnetické rezonance mozku

Z toho vyplývá, že je nutné počítat se skutečností, že mnoho diagnostikovaných pacientů chybí a ve statistikách nejsou vedeni.



Obrázek 1: Mozek ovlivněný Alzheimerovou chorobou pod mag. rezonancí
Zdroj: ANONYM. Alzheimer na MRI. [online][cit. 2017-01-26]. Dostupné na [www:
< http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alzheimer's_disease_-_MRI-es.jpg >](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alzheimer's_disease_-_MRI-es.jpg)

4.3 Ovlivňující faktory

ČALS a AC [2] shromáždily faktory ovlivňující riziko onemocnění Alzheimerovou chorobou. Jedním z nejzásadnějších faktorů je bezpochyby věk. Je tu mnoho dalších kritérií, které mohou ovlivnit vznik a vývoj choroby.

Věk a pohlaví

Věk je jeden ze základních faktorů. U lidí před 60. rokem se s nemocí setkáváme spíše vzácně. U lidí nad 85 let trpí chorobou každý pátý. V tomto ohledu jsou ženy

ohroženy o trochu více než muži, toto tvrzení podporuje i Nevšímalová [21], která dodává, že ještě více jsou ohroženy ženy s nízkým vzděláním.

Genetické předpoklady

Ovlivňují významně výskyt AD. Genetickým rizikům se věnuje Šípek [24] podle něj je u blízkých příbuzných (rodiče, děti, sourozenci) je výskyt 3–4× větší. Podle Nevšímalové [21] je podstatným faktorem zejména Downův syndrom v rodině.

Vzdělání

Podle Kumara a kolektivu [18] člověk, který je ve vzdělávacím procesu více než 10 let, má 4× nižší pravděpodobnost výskytu AD. Neví se však, zda to má za následek vzdělání jako takové (a s ním spojené „trénování“ mozku), fluidní (přirozená) inteligence, či socioekonomické postavení rodiny. Lidé úspěšní ve vzdělávacím procesu mohou mít také vyšší hladinu některých hormonů ovlivňujících rozvoj onemocnění (např. testosteronu). Faktem také je, že mnoho lidí s nízkým vzděláním onemocní.

Kouření

Kumarovy studie prokazují, že kouření přináší vyšší riziko vzniku demence zejména kvůli nedostatku živin a antioxidantů v těle kuřáka.

Alkohol

Dále jeho studie říkají, že dlouhodobá konzumace většího množství alkoholu s sebou přináší větší riziko onemocnění. Na druhou stranu se vedou spory o tom, zda konzumace malého množství nemá protektivní účinky. Jelikož např. víno roztahuje cévy, mohlo by pozitivně přispět k tomu, že působí proti kardio-vaskulárním chorobám.

Poranění hlavy

V anamnéze pacientů s AD se poranění hlavy vyskytuje 2× častěji. Za poranění hlavy se považuje takové zranění, při kterém dojde ke ztrátě paměti nad 15 minut. Tímto trpí například boxeři.

Deprese

Holmerová [14] potvrzuje, že starší lidé s depresí mají 3-4× větší riziko propuknutí demence. Deprese narušuje duševní zdraví jedince a důsledkem toho je vyšší riziko onemocnění duševními chorobami.

Zdraví

Především civilizační choroby jako vysoký krevní tlak, vysoká hladina cholesterolu, vysoké hladiny lipidů a cukrovka do jisté míry mohou ovlivnit náchylnost k onemocnění.

Nízká hladina antioxidantů v krvi

Příkladem jsou alkoholici s narušenými játry a osoby konzumující málo ovoce a zeleniny.

Nedostatek živin v dětství

Nedostatek může zvýšit náchylnost k AD různými cestami, např. narušením imunity. Jde zejména o příjem důležitých vitamínů, minerálů, aminokyselin a omega-3 mastných kyselin (rybí tuk), zaručujících optimální rozvoj mozku.

Nedostatek živin v dospělosti

Goetz [10] uvádí, že nedostatek živin může urychlit nástup a vývoj onemocnění. Také hodnotné aminokyseliny mají u AD a stařecké demence preventivní účinek. Z tohoto hlediska jsou cenné zejména aminokyseliny hovězího a telecího masa, průmyslově vyráběné aminokyseliny (většinou štěpením mléčných bílkovin), vitamíny B-komplexu, ale také kyselina listová a vitamín B12; omega-3-mastné kyseliny, fytoosteroly, vitamíny A, C, E, koenzym Q10 a mnohé jiné antioxidanty, mezi přírodními rostlinnými antioxidanty i různé (bio)flavonoidy, třísloviny, polyfenoly apod., lecitin aj. Nedostatek živin může způsobit třeba i porucha trávení, funkce střeva a asimilace živin vůbec.

5 Analýza statistických dat

Autor vychází zejména z dat ČALS a jiných českých institucí jako jsou například zdravotní pojišťovny.

Ve výroční zprávě ČALS [29] z roku 2015 je uvedeno, že správnou diagnózu má v ČR zhruba 20-30 % lidí s demencí. Počty lidí s různými typy demence proto můžeme pouze odhadovat. Pro výpočet používá tato asociace výsledek prevalenční studie Alzheimer Europe z roku 2009. Na základě této studie je možné odhadnout počet lidí s demencí v roce 2014 (31. prosince) na 152,7 tisíc.

Při pohledu na historický vývoj výskytu demence v České republice, můžeme konstatovat, že jak v absolutním, tak v relativním vyjádření počet lidí trpících

demencí neustále narůstá. Nově zpracované prevalenční studie navíc ukazují, že počty lidí s demencí jsou vyšší, než se dříve předpokládalo. Z výroční zprávy ČALS [29]: *„Prevalence demence byla pro 60. léta odhadována v poloviční výši, než je tomu v současnosti. Zatímco v 60. letech žilo v České republice podle odhadů zhruba 49 až 55 tisíc lidí trpících demencí, při změně režimu v roce 1989 to bylo 73 až 81 tisíc lidí, na přelomu tisíciletí v roce 2000 už pak 89 až 98 tisíc a v roce 2014 dokonce téměř 153 tisíc lidí. Pokud použijeme projekci obyvatelstva a aplikujeme na ni poslední prevalenční studie Alzheimer Europe, můžeme říci, že v roce 2020 u nás bude žít téměř 183 tisíc lidí s tímto onemocněním, v roce 2050 pak 383 tisíc lidí.“*

Všeobecná zdravotní pojišťovna (dále jen VZP) [26] uvádí, že za rok 2015 evidovala přes 27 tisíc pacientů, číslo stále přibývá. Jak už bylo řečeno, zdaleka ne všechny nemocné se daří včas diagnostikovat.

Z článku VZP *„Odhadujeme, že celkem v České republice trpí Alzheimerovou nemocí 135 tisíc lidí. Do poloviny století se tento počet téměř zdvojnásobí. Ti, kteří se neobjevují v oficiální statistice léčených pacientů, nejsou včas diagnostikováni a nemají adekvátní péči, a to ani v sociálních zařízeních,“* uvedla předsedkyně České alzheimerovské společnosti docentka Iva Holmerová. *Společnost vznikla v roce 1996 a jejím cílem je pomoc a podpora lidem s demencí.“*

Rizikovým faktorem pro vznik Alzheimerovy choroby je především vysoký věk, většina pacientů je starších 65 let. S tím, jak stárne společnost, přibývá i nemocných. Dokazují to i data VZP, kde se za tři roky počet evidovaných klientů s Alzheimerem zvýšil o bezmála 5 tisíc (více než 20 %). Údaje pojišťovny potvrzují i obecně uznávaný fakt, že Alzheimer postihuje víc ženy než muže. Tento fakt potvrzuje i výsledek prevalenční studie Alzheimer Europe, který zveřejnila ČALS, udávající riziko onemocnění věkové skupiny v procentech.

Věková skupina	Prevalence ženy (%)	Prevalence muži (%)
60-64	0.9	0.2
65-69	1.4	1.8
70-74	3.8	3.2
75-79	7.6	7
80-84	16.4	14.5
85-90	28.5	20.9
90-94	44.4	29.2
>95	48.8	32.4

Tabulka 2: Prevalence AD podle studie Alzheimer Europe
Zdroj: Vlastní zpracování podle prevalenční studie Alzheimer Europe

5.1 Populace České republiky

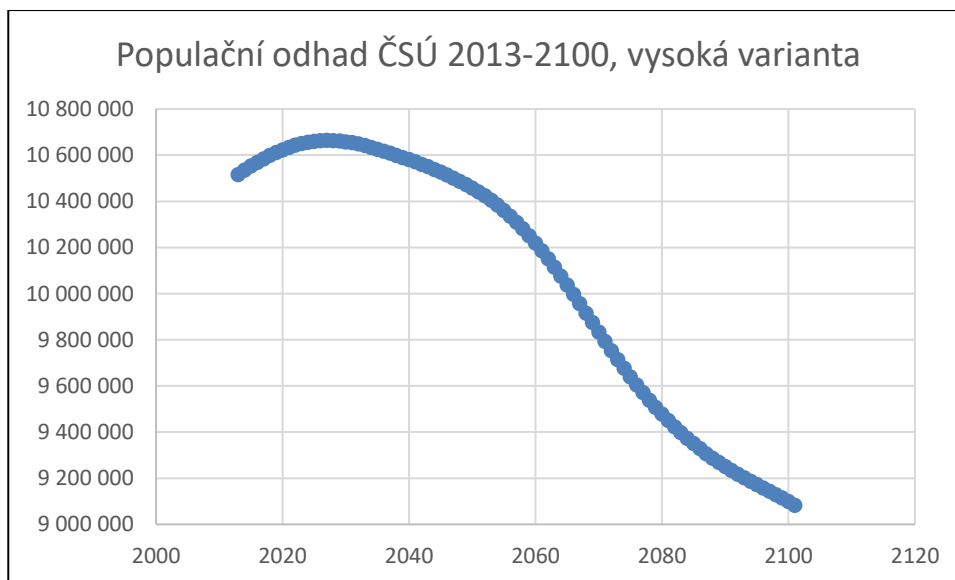
Dále je nutné počítat s demografickou projekcí a předpoklady statistického úřadu o vývoji české populace jako celku. Na základě těchto informací je možné sestavit základní podklad pro tvorbu modelu. Důležitým faktem, ze kterého je nutné vycházet bude také samozřejmě aktuální počet obyvatel ČR a jeho další vývoj, jako například porodnost a úmrtnost, uvedený v projekci Českého statistického úřadu (dále ČSÚ).

Podle prognózy ČSÚ [7] do r. 2050 se počet obyvatel ČR mírně sníží v důsledku snížené porodnosti. ČSÚ dále předpokládá, že ČR zůstane imigrační zemí. Populace tedy bude ovlivněna světovými migracemi. Díky technologickým pokrokům na poli vědy se předpokládá vyšší naděje dožití mužů a žen, bude tedy ovlivněn i průměrný věk obyvatelstva. Velmi důležitou informací je předpoklad, že obyvatelstvo výrazně zestárne, zejména díky předchozím uvedeným faktům je tedy podle ČSÚ nutné počítat s tím, že podíl osob ve věku nad 65 let by se měl přiblížit k jedné třetině, což je dvojnásobek současného stavu. Největší růst je předpokládán u osob nejvyššího věku, počet osob nad 85 let by se měl do roku 2050 až zpětinásobit. Je tedy možné s velkou pravděpodobností odhadovat, že tento předpoklad ovlivní konečnou fázi modelu, tedy počet lidí trpících Alzheimerovou chorobou, jejíž klíčovým faktorem, jak už autor uvedl, je právě věk.

Podle projekce populace ČR do roku 2100 [6] ČSÚ předpokládá celkový pokles populace ČR, a to téměř o milion a půl i při vysoké variantě projekce. Obě projekce

se ale shodují v prognóze počtu starších obyvatel, konkrétně počet obyvatel nad 70 let by měl stoupat několikanásobně.

Na následujícím grafu 1 je patrný očekávaný populační vývoj od roku 2013 do roku 2100 vydaný ČSÚ.



Graf 1: Populační odhad ČSÚ 2013-2100

Zdroj: Vlastní zpracování podle ČSÚ

Úmrtnost a porodnost populace ČR uvádí ČSÚ ve své projekci do roku 2050 budoucího vývoje v následujících tabulkách.

Rok	Úhrnná plodnost			Průměrný věk matek při porodu		
	nízká	střední	vysoká	nízká	střední	vysoká
2002	x	1,17	x	x	27,8	x
2005	1,19	1,23	1,28	28,2	28,2	28,4
2010	1,23	1,30	1,36	28,3	28,3	28,7
2015	1,27	1,38	1,46	28,5	28,6	29,0
2020	1,31	1,45	1,55	28,7	28,9	29,3
2025	1,34	1,53	1,65	28,8	29,2	29,6
2030	1,38	1,60	1,75	29,0	29,4	29,9
2035	1,39	1,61	1,75	29,0	29,4	29,9
2040	1,40	1,61	1,76	29,0	29,4	30,0
2045	1,41	1,62	1,76	29,0	29,4	30,0
2050	1,42	1,62	1,77	29,1	29,5	30,1

Tabulka 3: Očekávaný vývoj plodnosti, všechny varianty, 2002-2050

Zdroj: Vlastní zpracování podle ČSÚ

Důležitý je zejména fakt, že ČSÚ očekává postupné zvětšování úhrnné plodnosti, autor se bude brát v úvahu pouze střední variantu odhadů, ať už v případě

porodnosti, tak i v ostatních prvcích projekce populace. Průměrný věk matek při porodu bude zajímavý zejména ve chvíli, kdy bude třeba řešit záležitost dědičnosti choroby.

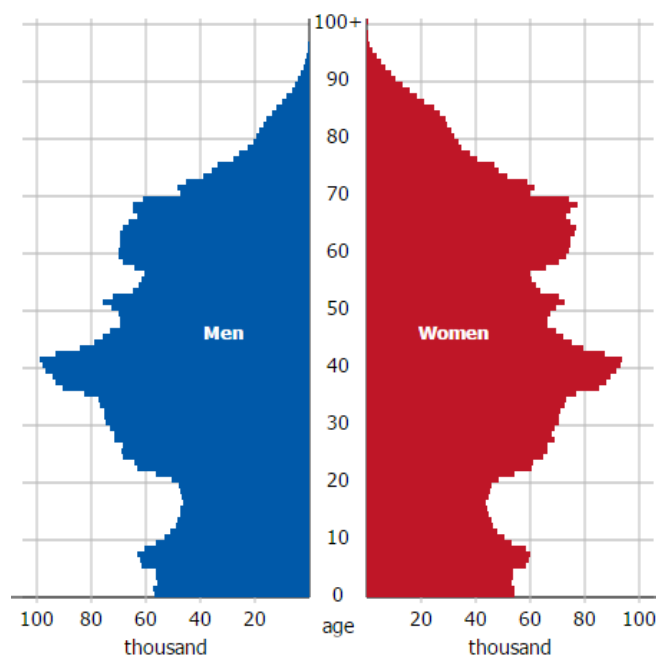
Rok	Muži			Ženy			Rozdíl ženy-muži		
	nízká	střední	vysoká	nízká	střední	vysoká	nízká	střední	vysoká
2002	x	72,1	x	x	78,5	x	x	6,4	x
2005	72,3	72,4	72,4	78,8	78,8	78,9	6,4	6,4	6,4
2010	72,9	73,1	73,3	79,3	79,4	79,7	6,3	6,3	6,3
2015	73,5	73,8	74,2	79,8	80,1	80,4	6,2	6,2	6,3
2020	74,2	74,5	75,1	80,3	80,7	81,2	6,1	6,1	6,2
2025	74,8	75,3	76,0	80,8	81,3	82,0	6,0	6,0	6,1
2030	75,4	76,0	76,8	81,3	81,9	82,8	5,9	5,9	6,0
2035	76,0	76,7	77,7	81,8	82,6	83,6	5,8	5,8	5,9
2040	76,6	77,5	78,6	82,3	83,2	84,4	5,7	5,8	5,8
2045	77,2	78,2	79,5	82,8	83,8	85,2	5,6	5,6	5,7
2050	77,8	78,9	80,3	83,3	84,5	86,0	5,5	5,6	5,7

Tabulka 4: Očekávaný vývoj naděje dožití při narození, všechny varianty, 2002-2050

Zdroj: Vlastní zpracování podle ČSÚ

I v případě vývoje naděje na dožití je patrné, že se u mužů i u žen jemně zvyšuje, naopak však rozdíl mezi průměrným věkem mužů a žen se snižuje.

Pro řešení problému bude stěžejní také věková skladba obyvatel, která se bude měnit, zejména potom skupina nejstarších obyvatel. Současnou skladbu je možné detailně prozkoumat opět z hlášení ČSÚ.



Obrázek 2: Věková struktura obyvatel ČR ze 31. prosince 2016

Zdroj: ČSÚ

6 Shrnutí podstatných informací z vědeckých článků

V následující kapitole se autor pokusil shrnout takové informace, které největší měrou ovlivní model a na které se při modelování zaměřil. Jednou z nejpodstatnějších věcí jsou rizikové faktory onemocnění, ty budou velkou měrou ovlivňovat příbytek nemocných.

Rizikových faktorů je mnoho. Prostudovaná literatura se ve velké míře shoduje v možných rizikových faktorech. Někteří specialisté však uvádějí ještě některé rizikové faktory navíc.

Autor se zaměřuje na ty, které jsou zmiňovány nejčastěji a je jim v odborných zdrojích přikládána největší důležitost.

Největším rizikovým faktorem je na základě analýzy vědeckých článků bezesporu věk. Jak už bylo řečeno AD postihuje především obyvatele starších 60 let. Koukolík s Jirákem [17] dokonce uvádí, že nejstarší věkové skupině nad 90 let trpí Alzheimerovou chorobou polovina populace. Dalším významným faktorem je genetická predispozice. Geny však hrají hlavní roli zejména u časně, familiárně, vzniklé formy AD.

Literatura také uvádí, že Alzheimerovou chorobou jsou častěji postiženy ženy. Důvodem je fakt, že se ženy dožívají vyššího věku než muži. Na základě dat ČSÚ [7] víme, že muži se průměrně v roce 2016 dožívají 76 let, kdežto ženy zhruba 82 let a dochází k postupnému prodlužování. To potvrzuje předpoklad ČALS, že se počet pacientů s AD v dalších letech zvýší zejména u žen. Dle Koukolíka a Jiráka [17] je riziko výskytu jakékoli demence u žen až 1,9krát vyšší než u mužů, riziko výskytu Alzheimerovy nemoci je u žen 3,1krát vyšší než u mužů.

Další velmi důležitým zdrojem při tvorbě modelu je Výroční zpráva ČALS, zejména prognóza o vývoji onemocnění a aktuální počet pacientů. Klíčové jsou zmíněné výsledky prevalenční studie Alzheimer Europe na základě kterých, je možné předvídat vývoj.

7 Systémové myšlení

Pro dosažení primárního cíle bakalářské práce, tedy vytvoření dynamického modelu, bylo nutné použít systémový přístup. Dle Vodáčka a Rosického [27] se systémovým přístupem myslí účelový způsob myšlení či řešení problémů, přičemž jsou zkoumané jevy a procesy chápány komplexně v jejich vnitřních a vnějších souvislostech. Metodickým cílem jeho aplikace je především pochopit, vhodně formulovat a pomoci řešit zkoumaný problém, resp. jeho části, a to v kontextu organizace, vnějšího prostředí, popř. odpovídajících procesů. Jedním z klíčových pojmů systémového přístupu je pojem systém. Systémem rozumíme účelově definovanou množinu prvků a vazeb mezi nimi, jež vykazují jako celek určité vlastnosti, resp. chování.

Burianová [5] ve svém příspěvku vnímá systémové myšlení jako změnu paradigmat způsobu, jak funguje svět, jak fungují společnosti a lidské role v nich. Jako nejznámějšího obhájce uvádí Petera Sengeho [], cílem Sengeho a jeho kolegů je naučit manažery hledat vztahy mezi prvky systému. Hlavním úkolem je se zaměřit na klíčové prvky, místa, kde bude mít malá změna obrovský dopad na systém jako celek. Tímto postupem je možné se vyvarovat řešení, které ošetřuje pouze symptomy vlastního problému.

7.1 Systémová dynamika

Existuje několik směrů systémového myšlení, kterými je možné se ubírat, jedním z nich je systémová dynamika. Podle Bureše [4] je vztah systémového myšlení a systémové dynamiky je pojímán různými autory odlišně. Zatímco zakladatel této disciplíny J. W. Forrester vidí systémové myšlení jako součást systémové dynamiky, B. Richmond ze společnosti High Performance Systems, Inc, je celkem opačného názoru, tzn. systémové myšlení je širším pojmem než systémová dynamika.

Bureš [4] dále uvádí „Podle některých autorů se systémová dynamika snaží překonat omezení našich vlastních mentálních modelů. Na základě našich mentálních modelů totiž běžně odhadujeme, co se může asi ve vnějším světě stát a jaké strategie a činy povedou ke kýženým cílům. Bohužel, často se mýlíme a nepředpokládané důsledky naše úmysly znehodnocují. Systémové myšlení a systémová dynamika jsou disciplíny, které

by nám měly pomáhat konstruovat s realitou lépe sladěné mentální modely a simulovat je přesněji. Zvyšují tak pravděpodobnost, že opravdu vyprodukujeme naším jednáním a rozhodnutími důsledky, které jsme předem zamýšleli. Podstata systémové dynamiky spočívá v tom, že se zabývá systémy a jejich chováním v čase. Jak již bylo uvedeno, byla založena Prof. Jay W. Forresterem z MIT přibližně v 50. letech 20. století a od té doby se velice rychle rozvíjí. Je to prakticky orientovaná, disciplína, která napomáhá našemu kvalitnějšímu poznávání okolních systému, zejména těch, ve kterých se vyskytuje vysoká míra detailní a dynamické komplexity, mezi něž lze zařadit jakékoliv sociální systémy od rodiny, Přes různé formy organizací (firmy, státní instituce), až po populační celky.“

Toto tvrzení lze zkráceně shrnout tak, že systémová dynamika je vědní disciplína, patřící mezi systémové vědy, která zkoumá systémy a jejich vývoj a chování v čase. Snaží se vydedukovat tendence, závislosti, vazby a vzorce chování mezi jednotlivými veličinami systému, z nichž se analyticky snaží nacházet mechanismy, jak tyto veličiny nebo jejich děje ovlivňovat nebo řídit.

Podle Mildeové [19] je systémová dynamika aplikovatelná na libovolně velký systém, od několika jedinců, přes firmy, státy až po dynamiku v rámci celé planety. Důraz je kladen na strukturu a její vztah s dynamickým chováním systému, které lze modelovat pomocí zpětnovazebních smyček.

Systémová dynamika využívá do jisté míry přístup formalizace, tedy uceleného a jednotného jazyka, kterým je daný výstup popsán.

Jak uvádí Bureš [4] „*Jazyk systémového myšlení a systémové dynamiky využívá obecně srozumitelné univerzální grafické symboly, díky nimž lze popsat strukturu vytvářející chování jakéhokoliv systému v čase. Používané jsou například šestiúhelníky, příčinné smyčkové diagramy (causal loop diagram) nebo diagramy hladin a toků (stoeks and flows) příklady obou diagramů jsou na obrázcích 9 a 10. Jsou-li jednotlivé prvky správně definovány, je možné na počítači v příslušném software (Powersim Studio, iThink/Stella, Vensim) model simulovat a interpretovat výsledky (např. formou grafů). Výhodou tohoto univerzálního jazyka je jeho univerzalita, srozumitelnost a jednoznačnost oproti běžnému jazyku. Pokud se například zeptáme manažera IT a finančního manažera na kvalitu informačního systému firmy, každý bude mít pod stejným pojmem na mysli něco odlišného, Toto je přitom častým problémem při*

komunikaci ve firmě a implementaci strategií, jelikož mentální modely jednotlivých aktérů se překrývají pouze velmi málo.“

Systemová dynamika je založena na myšlence zpětné vazby, která je znázorněna pomocí počítačových modelů. Tvorba modelů je jednou z nejdůležitějších částí systémové dynamiky. Díky speciálním softwarovým prostředkům, ve kterých je dynamický model vytvořen, je počítač schopen simulovat chování reálného systému.

Vztah mezi obory systémového myšlení a dynamiky lze znázornit pomocí Vennova diagramu.



Obrázek 3: Vztah systémového myšlení a systémové dynamiky

Zdroj: Vlastní zpracování

Dodává, že obě odvětví mají mnoho společného, ovšem jeden není podmnožinou druhého. Cílem systémové dynamiky je poskytnout nástroj k porozumění komplexních systémů. Metodologie systémové dynamiky používá počítačové simulace modelů vytvořených podle vztahu struktury systému a jeho chování v čase. Podle Forrestera [8] je lidské myšlení nejbrilantnější existující paměť, avšak člověk má problém přiřazovat důsledek k příčinám, zvláště pokud nejsou v kratším časovém intervalu, a nejsme schopni spolehlivě předvídat výsledek jakékoliv situace.

Lidský mozek není dynamický simulátor, což je pochopitelné, uvážíme-li, že simulace výsledku nejkompexnějších problémů můžeme obtížností přirovnat k řešení soustavy sta diferenciálních rovnic.

7.2 Historie

7.2.1 Historie systémového myšlení

Bureš [4] stručně popisuje historický vývoj systémového myšlení tak, že *„jsou patrné holistické začátky ve starém antickém Řecku, potlačení systémového přístupu redukcionismem a analytickým výkladem reality a opětovný vzrůst systémových principů jak v klasických oborech, jakými jsou třeba biologie a fyzika, tak i v oborech nově vzniklých (např. ekologie).“* Jeho popis tedy sledoval chronologickou linii. Ačkoliv by se dalo pokusit popsat historický vývoj v rámci jednotlivých oborů a jejich přístupů, to však podle něj není nutné, ani možné. Dále Bureš uvádí *„Změna od atomistického a mechanistického paradigmatu k holistickému a systémovému se tedy v průběhu historie projevovala v rozličných vědeckých disciplínách různým způsobem a různou rychlostí. Zahrnovala vědecké revoluce i reakce na ně jako výkyvy kyvadla tam a zpět. Nejvhodněji je tento vývoj možné popsat za pomoci sinusoidy, která průběžně v čase mění svou amplitudu a rovinovou délku, a i když se znovu v čase objeví podobný fragment sinusoidy, jedná se pouze o podobnost, jelikož se tento fragment nachází v jiném čase, v jiném prostředí nebo jsou na jeho pozadí v porovnání s minulostí odlišné znalosti. Pohyb domnělé sinusoidy probíhal nadále i ve dvacátém a jednadvacátém století, a to jak v čase, tak i v rámci jednotlivých vědních disciplín. To přineslo vznik nových technik, metod nebo také vědních oborů (např. kybernetika, systémové inženýrství apod.)“*

7.2.2 Historie systémové dynamiky

Mildeová [19] píše, že první, kdo napsal článek zabývající systémovou dynamikou byl Jay W. Forrester, v té době se jednalo o dynamiku průmyslovou. Tento článek s názvem „Industrial dynamics – A Major Breakthrough for Decision Makers“ byl vydán časopisem Harvard Business Review v roce 1958. Za základní pilíř systémové dynamiky je ale považováno až další Forresterovo dílo s názvem „Industrial Dynamics“, kniha vydaná roku 1961.

První Forresterovy simulační modely byly popsány diferenciálními rovnicemi a zpracovány byly kompilátorem navrženým na principu Forrestrovy první simulace vytvořené na kusu papíru zobrazením vztahů proměnných.

Postupem času se systémová dynamika začíná používat i v dalších vědeckých disciplínách jako například ekologie. V 60. letech začíná Forrester pracovat na dynamice „městské“, nastiňuje důvody vzniku měst s vysokou kriminalitou a ghett. Jeho výzkumy dokazují nedostatky státního řízení měst zavedeného v USA. Urban Dynamics se stává základem pro vytváření dalších sociálních systémů jako například národní a světové dynamiky.

S rozvojem dynamiky jako takové se začínají rozvíjet také nástroje pro dynamické modelování, ke kterým patří například simulační jazyk Dynamo a software Stella nebo Vensim umožňující tvorbu modelů bez znalosti a nutnosti modifikace složitých diferenciálních rovnic.

7.3 Metodologie systémové dynamiky

Burianová [5] uvádí několik kroků ke tvorbě modelu pomocí systémové dynamiky. Jednotlivé kroky jsou detailněji popsány v následujících podkapitolách.

1. definování problémů k řešení
2. definování systémových prvků modelu – v tomto bodě probíhá identifikace klíčových pojmů a složek systému.
3. vytvoření mentálního modelu – model vytvořený na základě našich smyslů a vjemů, často je nekompletní a liší se u každého člověka. Pohled na problematiku je subjektivní.
4. formalizace modelu – určení souvislosti proměnných, vytváření rovnic modelu. Často se v této části objeví protiklady, které je nutné odbourat.
5. vytvoření simulačního modelu za pomoci některého softwarového programu, který je založen na principech systémové dynamiky.

7.3.1 Definice problému

Modelování problému by mělo začít samotnou definicí daného problému. Modelovaný problém je základním kamenem celé aktivity. Touto definicí v podstatě určíme také účel modelu.

Nedílnou součástí je také definování hranic modelu pomocí diagramu hranic, který nám pomůže rozhodnout které proměnné zahrneme do modelu a zda budou vnitřní nebo vnější. Tímto krokem tedy zajistíme že známe hranice, základní vazby systému a konečný účel, cíl, kterého chceme dosáhnout.

7.3.2 Definice systémových prvků

Definicí systémových prvků se rozumí identifikace klíčových pojmů a složek modelu které do něj budou zahrnuty. Všechny prvky je nutné pojmenovat a promyslet míry a jednotky pro každou proměnou, kterou bude model obsahovat. Tím se vyhýbáme pozdější nekonzistenci modelu a vytěsňujeme nepotřebné prvky, které nemají podstatný vliv na řešený problém.

7.3.3 Mentální model

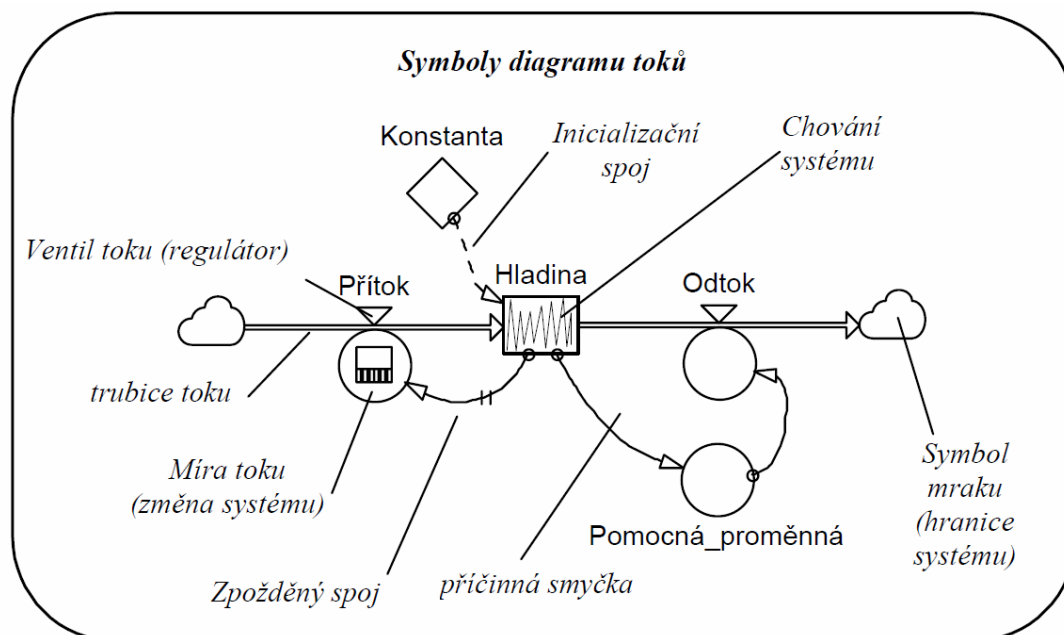
K mentálnímu vyjádření systému se používají v systémové dynamice především dva nástroje: příčinné smyčkové diagramy a diagramy toků. Někdy se můžeme setkat i s reprezentací v podobě soustavy navzájem přilehlých šestiúhelníků, tato soustava však nepopisuje například polaritu jednotlivých prvků.

Příčinný smyčkový diagram

Příčinný smyčkový diagram popisuje zejména příčinné vazby mezi jednotlivými prvky systému a prvky samotné. Ke smyčkovým diagramům je potřeba přistupovat opatrně z důvodu odlišného charakteru prvků systému, některé mají charakter hladin (akumulací) a některé charakter toků. V těchto diagramech odlišujeme tento charakter tak, že hladiny jsou opatřeny rámečkem.

Diagram toků

Diagram toků obsahuje prvky systému tak, že jsou navzájem propojené a díky tomu jsou patrné vazby mezi jednotlivými prvky. Ukázka symbolů diagramu toků je znázorněna na následujícím obrázku 4.



Obrázek 4: Diagram toků s popsanými symboly

Zdroj: Burianová, Simulace dynamických modelů

Hladina je akumulací změn za časový okamžik. Uchovává v sobě informaci a má paměť. Jeden z hlavních přínosů ve využívání hladin to, že oddělují úrovně toku a vytváří nerovnovážnou dynamiku. Protože se výpočty provádí každý časový okamžik – hodnota hladiny se rovná své předcházející hodnotě plus všechny přítoky minus všechny odtoky v daném časovém okamžiku.

Konstanta je proměnná se stálou (konstantní) hodnotou. Konstanty se často používají k modelování počátečních hodnot nebo časových faktorů.

Proměnná je definována algebraickými výrazy (vzorci) a nemá počáteční hodnotu. Součástí vzorce, kterým definujeme proměnnou, může být jakákoliv jiná proměnná.

Mrak symbolizuje hranice modelu a má nekonečnou kapacitu.

Tok je proces, který vypouští, nebo napouští hladinu. Reprezentuje přenos do hladin a z hladin, je nestálý.

Ventil (regulátor) slouží k řízení množství toku, může na něj být napojena proměnná.

Informační spoj (smyčka) slouží k propojení proměnných, přenáší mezi nimi informace. Takto spojené proměnné se mění okamžitě

Inicializační spoj je spoj, který se používá k nastavení počáteční hodnoty hladin.

Zpožděný spoj se používá k reprezentaci přenosu informací, které jsou zpožděné. Dobu prodlevy a její vlastnosti lze regulovat pomocí příslušných zpožďovacích funkcí proměnné na kterou spoj je napojen.

7.3.4 Formalizace modelu

Stupeň formalizace je důležitý zejména z matematického hlediska. V této fázi jsou navrhovány rovnice modelu a určena vzájemná závislost proměnných. Současně s tím zahrnuje toto stádium také výběr hodnot parametrů. Parametrem rozumíme konstantu, počáteční hodnotu hladin, či grafickou funkci.

7.3.5 Simulační model

Na základě vytvořeného formalizovaného mentálního modelu můžeme v dalším kroku přistoupit k vytvoření modelu simulačního. K tomu to účelu slouží softwarové simulační nástroje. Za předpokladu, že známe všechny rovnice a potřebné koeficienty modelu, se můžeme zaměřit na sledování chování modelu v čase.

Při tvorbě počítačového simulačního modelu je vhodné si definovat tři základní kroky.

V první řadě časový horizont, tedy časový úsek, ve kterém chceme model simulovat. Tento horizont se samozřejmě liší v závislosti na účelu modelu, například v případě této bakalářské práce autor zvolil širší časový horizont v řádu desetiletí.

Zadruhé časový krok, který měří v jak častých intervalech bude aplikace své výpočty vykonávat, rychlost modelu je touto hodnotou velmi ovlivněna, čím menší tento krok bude, tím častěji budou prováděny matematické výpočty.

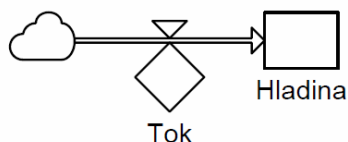
Třetím krokem je integrační metoda.

V případě, že model dostatečně reprezentuje opravdový problém, je možné ho použít k experimentování a k předvídání chování při změně určitých hodnot.

7.4 Principy systémové dynamiky

Jay W. Forrester [9] stanovil čtyři základní principy systémové dynamiky:

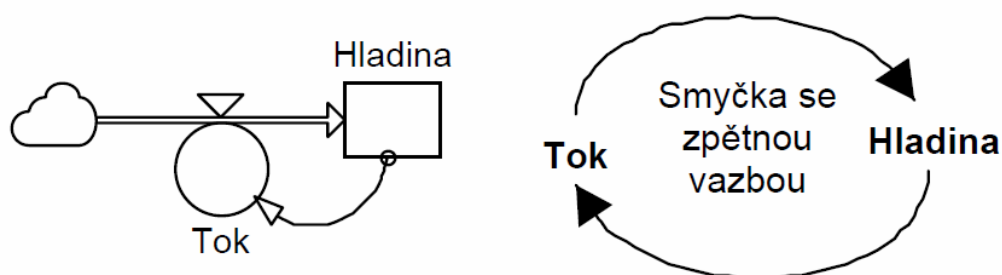
První princip spočívá ve tvrzení, že akumulují-li se toky v hladinách poté nastává dynamické chování v daném prostředí.



Obrázek 5: Diagram tok-hladina

Zdroj: Vlastní zpracování

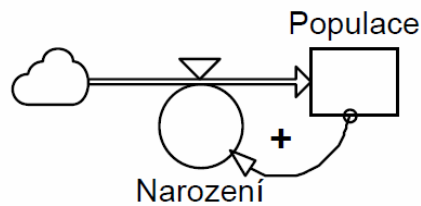
Za druhý princip je považován fakt, že hladiny a toky daného systému vzájemně vytváří zpětnovazební smyčky. Zpětná vazba přenáší informace. Definuje situaci, kdy výstup určitého systému ovlivňuje zpětně jeho vstup.



Obrázek 6: Diagram zpětnovazební smyčky

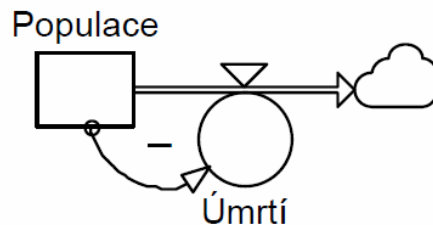
Zdroj: Vlastní zpracování

Mildeová [19] popisuje dva druhy zpětnovazebních smyček – pozitivní a negativní. Pozitivní smyčka zesiluje chování sebe sama a negativní smyčka stabilizuje chování. Příkladem pozitivní smyčky je například vztah mezi šancí nakažení a populací nakažených v určité oblasti. Pokud roste počet nakažených, roste i šance na nakažení dalších jedinců a čím více lidí se nakazí se narodí každý časový úsek, tím více se nárůst nakažených zvětší.



Obrázek 7: Diagram pozitivní smyčky
Zdroj: Vlastní zpracování

Jako demonstraci negativní smyčky lze použít podobnou situaci. Když populace nakažených narůstá, tím více jedinců umírá na infekci a čím více lidí zemře každý rok, tím více smyčka brání nakazit již nakaženým jedincům ty zdravé.



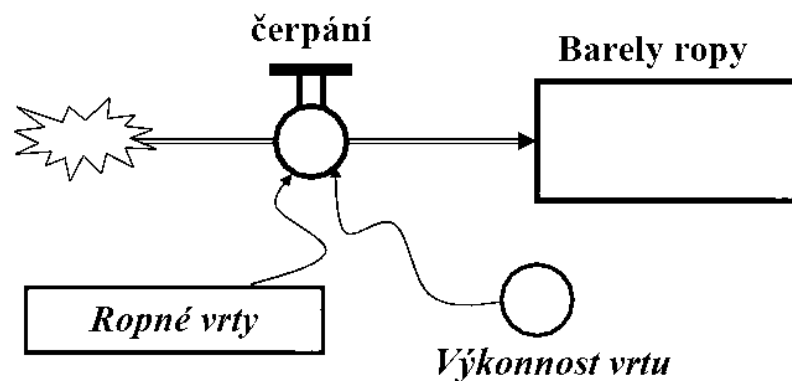
Obrázek 8: Diagram negativní smyčky
Zdroj: Vlastní zpracování

Třetím principem modelování je pravidlo, že smyčky se zpětnou vazbou jsou propojeny nelineárními vazbami.

7.4.1 Šablony modelování dynamiky systémů

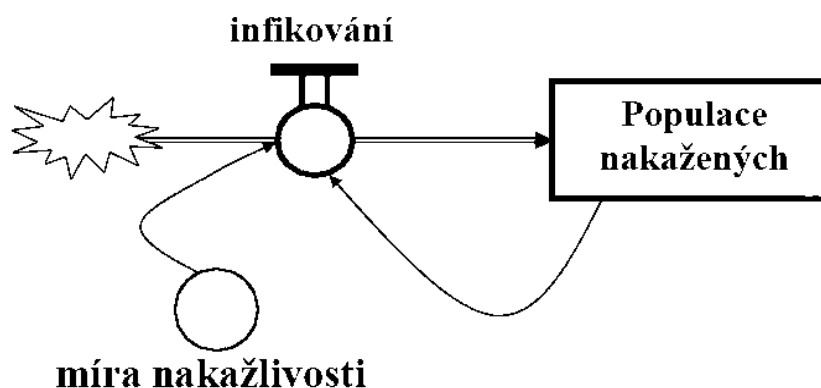
K modelování dynamiky systémů se používá několik základních šablon. O těch základních se zmiňuje Šusta a Neumaierová [25] ve svých cvičeních.

- **externí zdroj** (external resource) je šablonou, která počítá s nějakým externím (vnějším) vlivem jiné hladiny na přítok, tato hladina sama ale ovlivněna není. Následující obrázek popisuje tuto šablonu na příkladu ropných vrtů, kde externím zdrojem je počet ropných vrtů, který má rozhodně vliv na počet vytěžených barelů ropy, dalším koeficientem, je výkonnost těchto vrtů, která popisuje, do jaké míry je možné z vrtu čerpat, logicky tedy můžeme odvodit, že počet vytěžených barelů je roven počtu vrtů vynásobeného výkonností vrtu.



Obrázek 9: Diagram šablony Externí zdroj
Zdroj: BIVŠ, Systémová metodologie

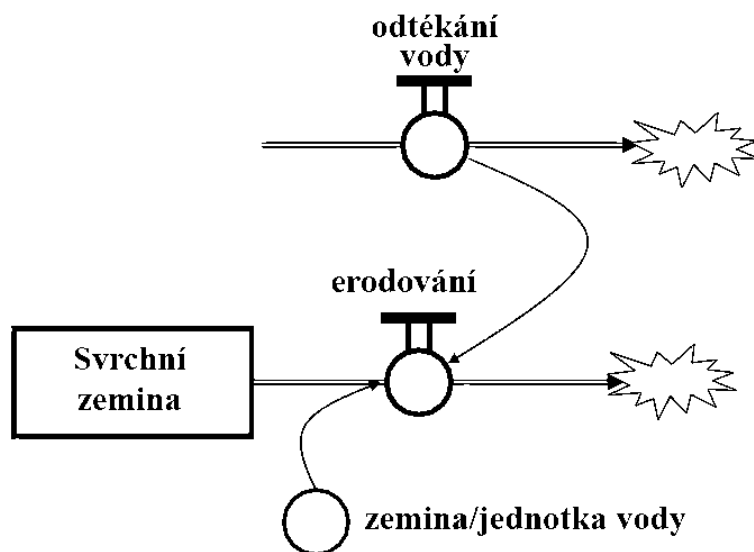
- **sloučení** (compounding) – šablona slouží k regulaci, konkrétně zvyšování, přítoku. Na následujícím obrázku 10 je tato šablona demonstrována na příkladu infekce. Čím větší bude populace nakažených, tím více bude ovlivněn počet infikovaných. Jednoduše tedy můžeme říci, že počet infikovaných je roven populaci nakažených vynásobený mírou nakažlivosti.



Obrázek 10: Diagram šablony Sloučení
Zdroj: BIVŠ, Systémová metodologie

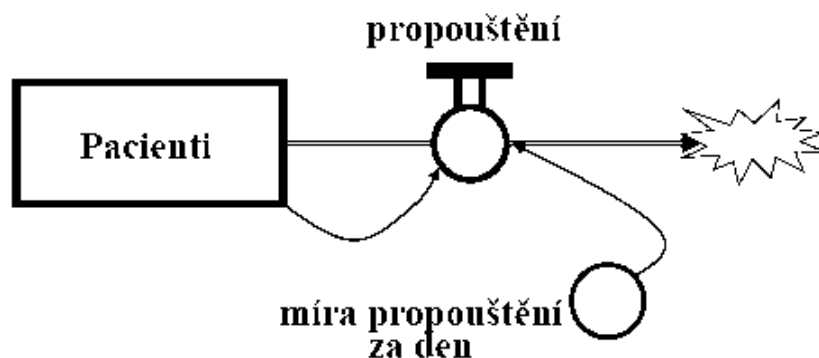
- **souběžný tok** (co-flow) je možné popsat jako předání informace jednoho ventilu do druhého, přičemž náleží oba do různých hladin. Následující ilustrace demonstruje využití na erozi a odtékání vody. Eroze je přímo ovlivněna odtokem vody v jiné hladině – odtok vody je eroze – zároveň je ale eroze ovlivněna vlastní proměnnou demonstrující druh zeminy, její

propustnost. Odtéká-li voda, eroduje, eroze je omezena zeminou, potom tedy eroze je rovna odtoku vody vynásobeného propustností.



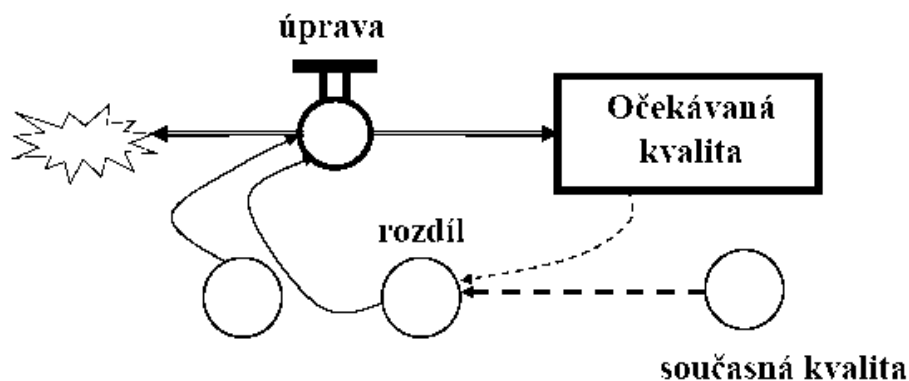
Obrázek 11: Diagram šablony Souběžný tok
Zdroj: BIVŠ, Systémová metodologie

- **odčerpání** (draining) je šablona analogická se šablonou sloučení, reguluje ale odtokový ventil hladiny. Jednoduše je popsána na následujícím obrázku 12. Čím více je v nemocnici pacientů, tím více se bude propouštět, ovšem za předpokladu určité míry propouštění za den. Propouštění je tedy rovno počtu pacientů vynásobeného mírou propouštění za den.



Obrázek 12: Diagram šablony Odčerpání
Zdroj: BIVŠ, Systémová metodologie

- **úprava hladiny** (stock-adjustment)



Obrázek 13: Diagram šablony Úprava hladiny

Zdroj: BIVŠ, Systémová metodologie

7.5 Systém

Bureš [4] zaměřuje pozornost na pojem systém, zejména na způsoby vnímání rozličných definic. V úvodu své knihy uvádí, že základem komunikace je používání vytvořených pojmů, jedním z nich je také slovo „systém“. Pojem je velmi rozšířen a neexistuje vědní obor, disciplína, či oblast lidské činnosti, kde by se alespoň příležitostně nepoužíval.

Bureš [4] tvrdí „Opravdu se jedná o jeden z nejrozšířenějších pojmů, a to nejen ve vědě. Bývá uváděno, že systémovost je všeobecnou vlastností hmoty. Pravidelně mluvíme nebo slyšíme o politickém systému, informačním systému, právním systému, volebním systému, závěsném systému u vrat atd. Tento pojem jsme se proto naučili chápat tak nějak intuitivně. Pokud bychom však měli explicitně vyjádřit, co si pod pojmem „systém“ představujeme, mnoho z nás by narazilo na vážné problémy. Obecně existuje několik přístupů k vnímání pojmu systém.“

Mezi nejrozšířenějším je podle něj tvrzení, že systém je synonymem uspořádanosti, organizovanosti nebo i složitosti. Typickým projevem tohoto přístupu je prohlášení „Je v tom systém“ nebo „To má systém“. Systém je pouze tam, kde jsme schopni ho identifikovat, vidět nebo pochopit. Pakliže „v tom není systém“, jedná se pro nás o jevy nepoznané, nepoznatelné, náhodné, mimo naše chápání, neuspořádané. Tento pohled je však stále založen na systémovém myšlení a tvrzení,

že celek je více než suma jeho částí. Jako příklad pro porovnání uvádí Bureš srovnání pojmů „systém“ a „hromada“. Pro lepší pochopení tohoto přístupu je možné dosadit si za „systém“ například automobil a za „hromadu“ kupu jablek.

- **Systém**

Vzájemně propojené části fungující jako celek. Kolekce, sbírka nahromaděných částí. Změní se, pokud odebereme části nebo přidáme jiné části. Pokud rozdělíme systém v půlce, nedostaneme dva menší systémy, ale zničený systém, který nebude patrně fungovat.

- **Hromada**

Důležité vlastnosti zůstanou zachovány, ať již přidáme nebo odebereme nějaké části. Pokud hromadu rozpůlíme, získáme tím dvě menší hromady.

Jak tvrdí Vodáček a Rosický [27], jednou z důležitých vlastností systému je jeho struktura, jinak řečeno, jak je systém složen z jednotlivých částí. Dalším významným pojmem je okolí systému. Okolí systému tvoří prvky a systémy, které nejsou součástí systému, ale mají na něj určité vazby. Vztah mezi systémem a jeho okolím je dán vstupy a výstupy. Pomocí vstupů působí okolí na systém, a naopak pomocí výstupů ovlivňuje systém své okolí. Systém bez vazeb na okolí se nazývá uzavřeným systémem. Pro management jsou však důležitější systémy otevřené, tj. systémy se vstupy a výstupy.

Mildeová a Vojtko [19] považují systém za složitý reálný nebo abstraktní objekt, u kterého rozlišujeme části, vztahy mezi nimi a vlastnosti. Vůči okolí vystupuje jako celek. Jednotlivé části jsou spolu v interakci a spolupracují také se systémem jako celkem. Tyto části nazýváme prvky systému a jejich vztahy jako systémové vazby.

Abychom považovali reálný objekt za systém o tom rozhoduje náš přístup k tomuto objektu a způsob jeho pojetí, či práce s ním. V následující podkapitole jsou obsaženy zásadní znaky systému podle Mildeové a Vojtka.

7.5.1 Znaky systému

- Systém se skládá z prvků
- Mezi prvky existují aktivní vazby neboli interakce
- Systém má vazby ke svému okolí, komunikuje s vnějším okolím
- Každý systém existuje za nějakým účelem
- V každém systému lze nalézt prvky, které samy o sobě tvoří systémy, subsystemy
- Každý systém je subsystemem jiného systému

7.5.2 Typy systému

Bureš [4] rozděluje systémy do skupin podle různých kritérií, jako jedno z nejpoužívanějších uvádí dělení podle předlohy daného systému na reálné, koncepční a obecné systémy.

Reálný systém vzniká zkoumáním reálného objektu a abstrakcí od nepodstatných znaků, jedná se tedy o účelově zjednodušený obraz objektu.

Koncepční systém vzniká na základě koncepčních představ a má vztah k subjektivní realitě. Jedná se o systémy budoucnosti, různé teorie, strategie, projekce, vývoje atd.

Obecný systém má vztah k systémovým jevům, které lze popsat pomocí abstraktních modelů, je to formální systém bez konkrétního obsahu, jako příklad uvádí Bureš soustavu lineárních rovnic.

Pomocí dalších kritérií, jako je například vazba k okolí, či chování v čase nebo původ, lze dělit systémy na mnoho dalších.

8 Popis dynamického modelu populace České republiky

Model populace České republiky a jedinců trpících Alzheimerovou chorobou bylo nutné pojmout ze širšího hlediska. Populační modely klasického typu nejsou nutně takto rozsáhlé. Hlavním důvodem je zejména to, že u onemocnění Alzheimerovou chorobou je nutné znát věk pacienta. Jak už bylo řečeno, bezpochyby nejdůležitějším rizikovým faktorem je věk, proto bylo nutné znát přesný počet lidí daného věku a to

zvláště mužů a žen z důvodu dalšího rizikového faktoru kterým je zmiňované pohlaví u kterého se taktéž liší šance na onemocnění, dalším důvodem byla skutečnost, že doba dožití a další populační faktory se u obou pohlaví liší.

Základním kamenem modelu je tedy model populace ČR, který simuluje vývoj populace do roku 2100 přičemž zaznamenává jednotlivé věkové skupiny a jejich stárnutí. Na základě těchto skupin je poté možné se soustředit na jedince v určitém věku, kteří hrají roli v druhé části modelu.

Druhá část modelu se zaměřuje na AD, je méně rozsáhlá než část první, hlavně z toho důvodu, že sleduje onemocnění u pacientů od 60 věku života, šance na onemocnění pacientů mladších je natolik malá, že je možné ji zanedbat.

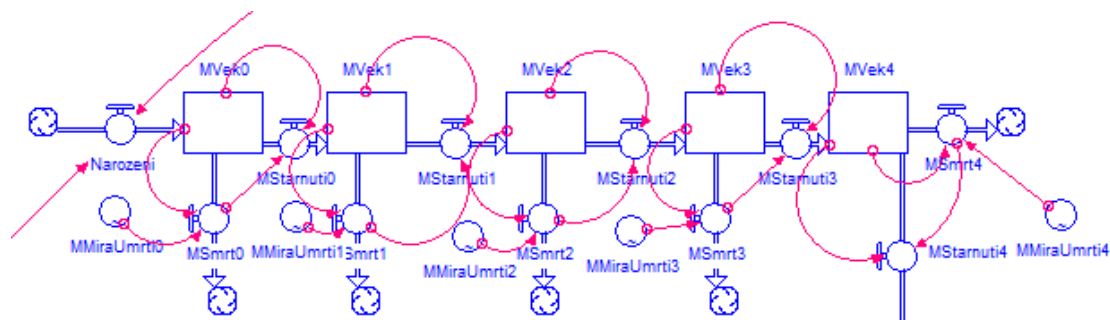
Každá hladina sleduje počet pacientů určitého věku a jejich stárnutí s onemocněním. I druhá část modelu byla rozdělena na dvě části podle pohlaví, protože jak je patrné z vědeckých textů je možné očekávat, že počet ženských pacientů bude vyšší, a to nejenom z důvodu vyšší očekávané populace žen staršího věku, ale také z důvodu podstatně vyššího rizika onemocnění u ženského pohlaví.

8.1 Významné entity

Dynamický model byl vytvořen za pomoci softwaru Stella 9.1.0, v následující části autor detailně popisuje jednotlivé prvky modelu. Rozdělení pohlaví je provedeno pomocí názvu prvků, entity zabývající se ženským pohlavím mají v názvu `_2`.

8.1.1 Populační model

Populační model se skládá ze dvou částí, části mužské a ženské. U obou částí se jedná o uskupení propojených zásobníků, každý pro jeden rok života. V následující části jsou entity popsány důkladněji.



Obrázek 14: Ukázka populační části modelu
Zdroj: Vlastní zpracování

Narozeni

Tok v podobě lineární funkce reprezentuje předpoklad vývoje plodnosti, která ovlivní počet narozených dětí.

MiraPorodnosti

Konstanta porodnosti v ČR, výpočet proveden z projekčních dat ČSÚ.

MVekX

Hladina zachycující aktuální počet obyvatel daného věku. X představuje rok života jedince.

MSmrtX

Tok ovlivňující úmrtí jedinců na dané věkové hladině. X značí věk úmrtí. Výpočet je dán mírou úmrtnosti násobeného počtem jedinců v daném věku.

MStarnutiX

Tok představující proces stárnutí jedince o jeden rok, tedy přesun do další věkové hladiny. Výpočet je proveden odečtením zemřelých v X letech od jedinců, kterým daný rok bylo X let. Spojuje jednotlivé věkové hladiny.

MMiraUmrstiX

Proměnná označující úmrtnost ve věku X let. Jedná se o grafickou funkci vycházející z populační projekce ČSÚ.

PopulaceMuži

Hladina, která je výsledkem součtu všech věkových hladin mužů, představuje tedy počet všech mužů v ČR v daném roce.

PopulaceŽeny

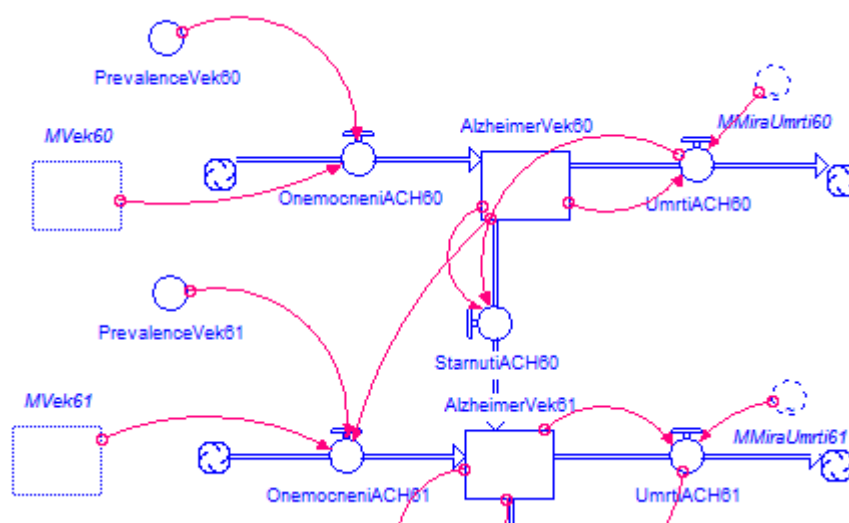
Hladina obsahující součet všech věkových hladin žen, představuje celkovou populaci žen v daném roce.

PopulaceCelkem

Součet populací žen a mužů, reprezentuje všechny obyvatele ČR.

8.1.2 Model onemocnění

Model onemocnění se skládá stejně jako populační model ze dvou částí, každá pro jedno pohlaví. Hlavním úkolem modelu je zachytit celkový počet pacientů trpících AD. Model ale také poskytuje náhled pro porovnání nemocných mužů a žen.



Obrázek 15: Ukázka prevalenční části modelu
Zdroj: Vlastní zpracování

AlzheimerVekX

Hladina zachycuje aktuální počet pacientů daného věku.

UmrtaACHX

Tok směrem z věkové hladiny simuluje úmrtí pacientů, je dán mírou úmrtnosti daného věku pacienta a celkovým počtem pacientů.

OnemocneniACHX

Tok simulující onemocnění jedince určitého věku X Alzheimerovou chorobou, onemocnění pacienta je závislé na prevalenci a počtu lidí daného věku. Dále je nutné uvažovat, že pacient, který onemocněl v minulosti znovu onemocnět nemůže, proto je z potenciálních kandidátů na onemocnění odečten počet těch, kteří onemocněli minulý rok.

StarnutiACHX

Tok simuluje přirozené stárnutí pacienta daného věku, kdo nezemře – stárne. Od Alzheimeriků X je odečten počet pacientů, kteří zemřeli tento rok.

AlzheimerCelkem

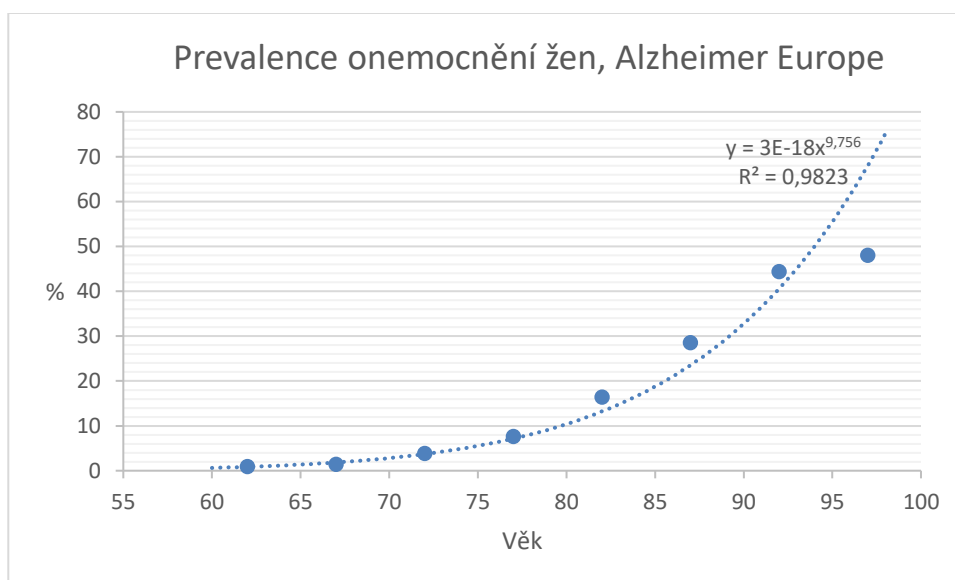
Výsledková hladina reprezentující cíl celého modelu, zachycuje celkový počet pacientů. Je součtem všech věkových hladin AlzheimerVekX.

AlzheimerMuzi a AlzheimerZeny

Hladiny demonstrující poměr pacientů mužů a žen, obě hladiny jsou součtem věkových hladin.

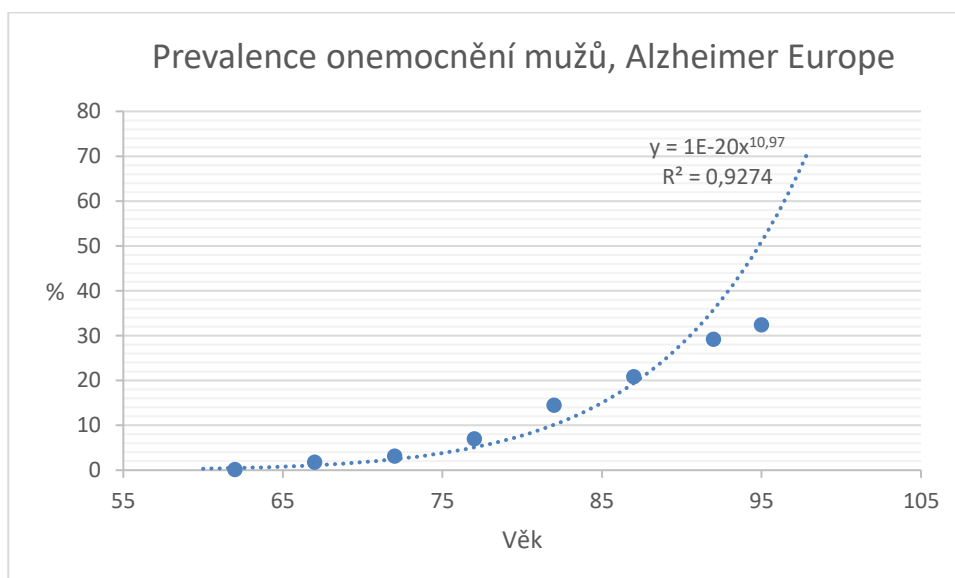
PrevalenceX

Proměnná určující riziko onemocnění jedince v daném věku, výpočetní vzorec je odvozen z prevalenční studie, vzhledem k tomu, že studie poskytuje hodnoty pro věkové skupiny, byla výsledky této studie byla proložena exponenciální funkce k aproximaci výsledků pro jednotlivé věky.



Graf 2: Prevalence onemocnění žen, Alzheimer Europe

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat Alzheimer Europe

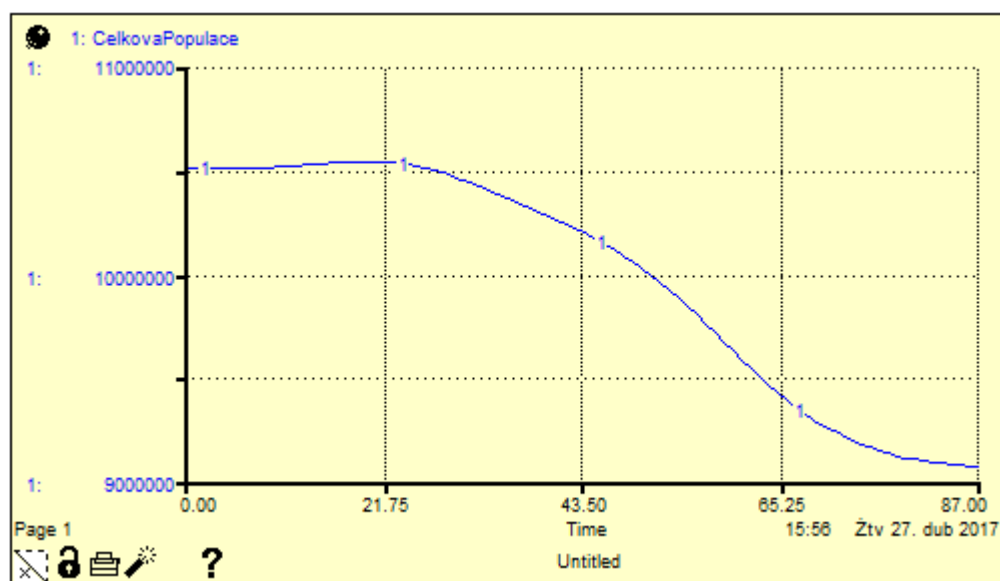


Graf 3: Prevalence onemocnění mužů, Alzheimer Europe

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat Alzheimer Europe

9 Shrnutí výsledků

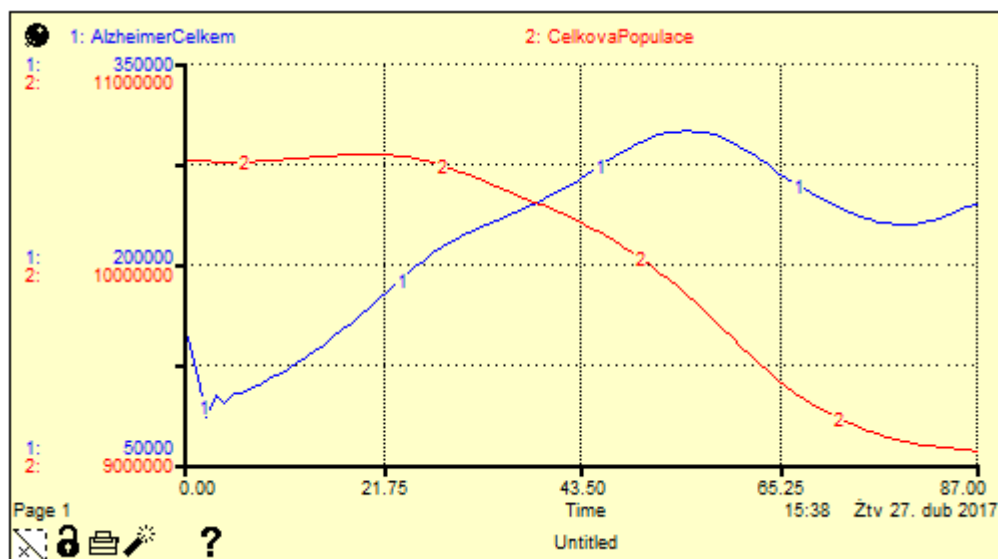
Výsledek první části modelu je vývoj populace ČR vybudovaný na základě projekce ČSÚ. Model stejně jako projekce zaznamenává populační pokles. Navzdory poklesu celkové populace ale několika násobně roste počet nejstarší skupiny obyvatel a prodlužuje se doba dožití. Celkový výsledek populačního modelu je mírně zkreslen z důvodu absence různých vnějších vlivů, které mohou populaci ovlivnit.



Graf 4: Výsledný vývoj populace ČR do r. 2100

Zdroj: Vlastní zpracování

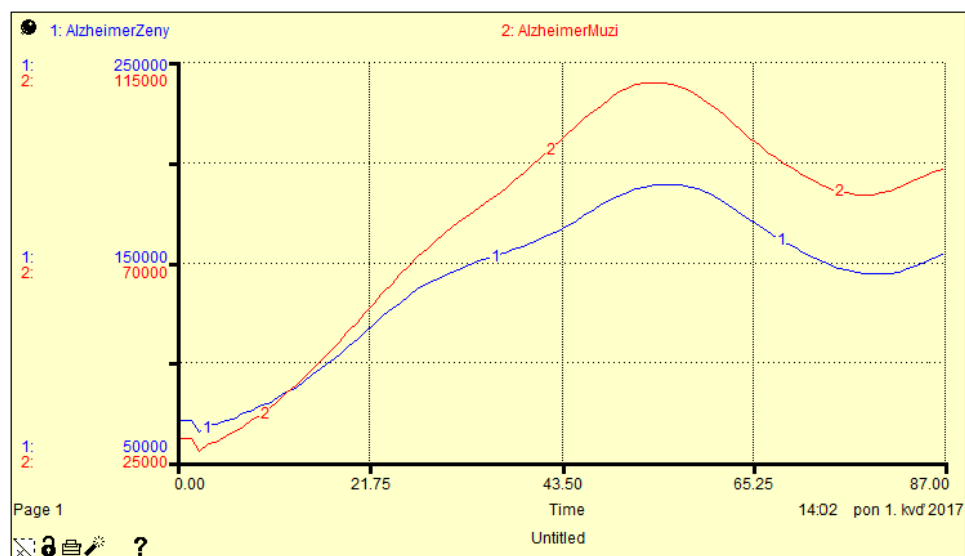
Tento výsledek ovlivňuje silně i druhou část modelu, díky početnějším skupinám starších obyvatel a nižší úmrtnosti v těchto skupinách můžeme pozorovat zajímavé výsledky, navzdory poklesu celkového počtu obyvatel počet pacientů s AD roste. Výsledek druhé části modelu potvrzuje předpoklad, že v roce 2050 se počet lidí s AD téměř ztrojnásobí. Kolem poloviny 21. století se výsledky modelu skutečně dostávají nad 300tisícovou hranici, po tomto vrcholu ale paradoxně můžeme do roku 2100 očekávat pokles nad 200tisícovou hranici. Věrohodnost tohoto předpokladu můžeme jen těžko odhadovat vzhledem k možnosti změny některých dat, protipatřením a prevenci vůči AD a dalším faktorům.



Graf 5: Porovnání vývoje AD s populačním vývojem

Zdroj: Vlastní zpracování

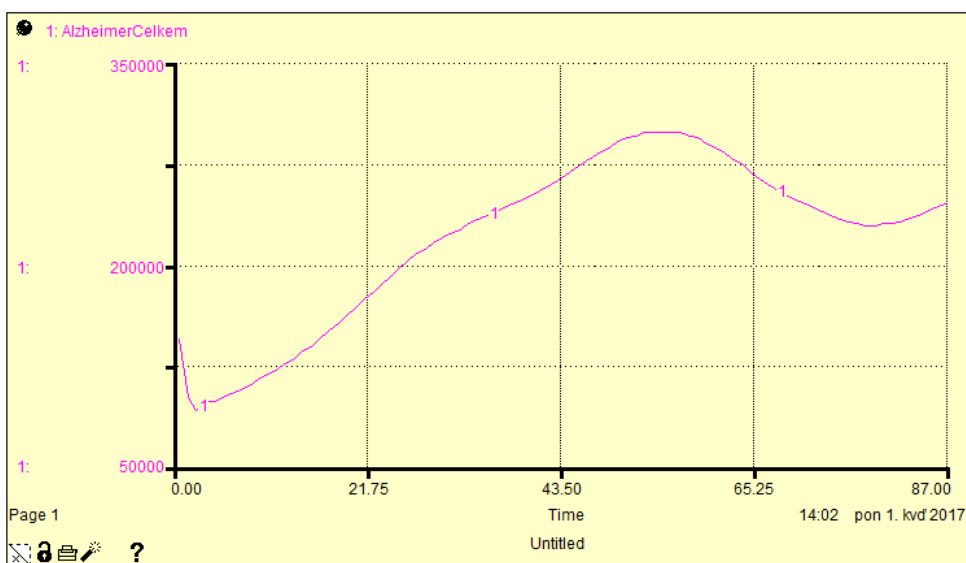
Dalším velmi zajímavým faktem, který můžeme na výsledcích druhé části modelu pozorovat je poměr nemocných mužů a žen. Jak již bylo řečeno, vědecké předpoklady udávají 1,8krát větší šanci na onemocnění ženy. Modelace naplňuje i tuto prognózu, tento poměr nemocných mužů a žen je možné pozorovat na následujícím grafu 5. Zatímco muži dosahují nejvyšší hodnoty 110000 jedinců u žen je to 180000 nemocných.



Graf 6: Porovnání vývoje Alzheimerovy choroby muži-ženy

Zdroj: Vlastní zpracování

Ke kompletnímu cíli práce a závěrečnému výsledku se dostáváme po sečtení obou dílčích částí, nemocných mužů a žen. Vrchol grafu dosahuje bezmála hranice 300000 nemocných, nutné je počítat s drobnou nepřesností, která vznikla díky zanedbání nejmladší věkové skupiny nemocných od 30 do 60, kterou autor vzhledem k nízké šanci na onemocnění zanedbal. I tak se výsledek velmi přibližuje nastíněným odhadům institucí zabývajících se Alzheimerovým onemocněním.



Graf 7: Výsledný graf vývoje AD, obě pohlaví
Zdroj: Vlastní zpracování

10 Závěry a doporučení

Dosažené výsledky bakalářské práce jsou v rámci malých odchylek v souladu s očekáváním a vědeckými předpoklady studií, které autor analyzoval. Výsledky potvrzují, že věk a pohlaví je zásadní faktor hrající největší roli při vzniku AD. Ačkoliv byly autorem opomenuty ostatní ovlivňující faktory vzniku choroby, výsledky se v porovnání s předpoklady ČALS a Alzheimer Europe příliš neliší. Práci by bylo do budoucna vhodné rozšířit právě o tyto méně důležité vlivy, například míra dědičnosti, či souvislost se vzděláním nebo alkoholem. Otevřeným problémem zůstává také možnost prevence choroby, případně budoucí možnosti léčby a vliv těchto okolností na zkoumaný problém.

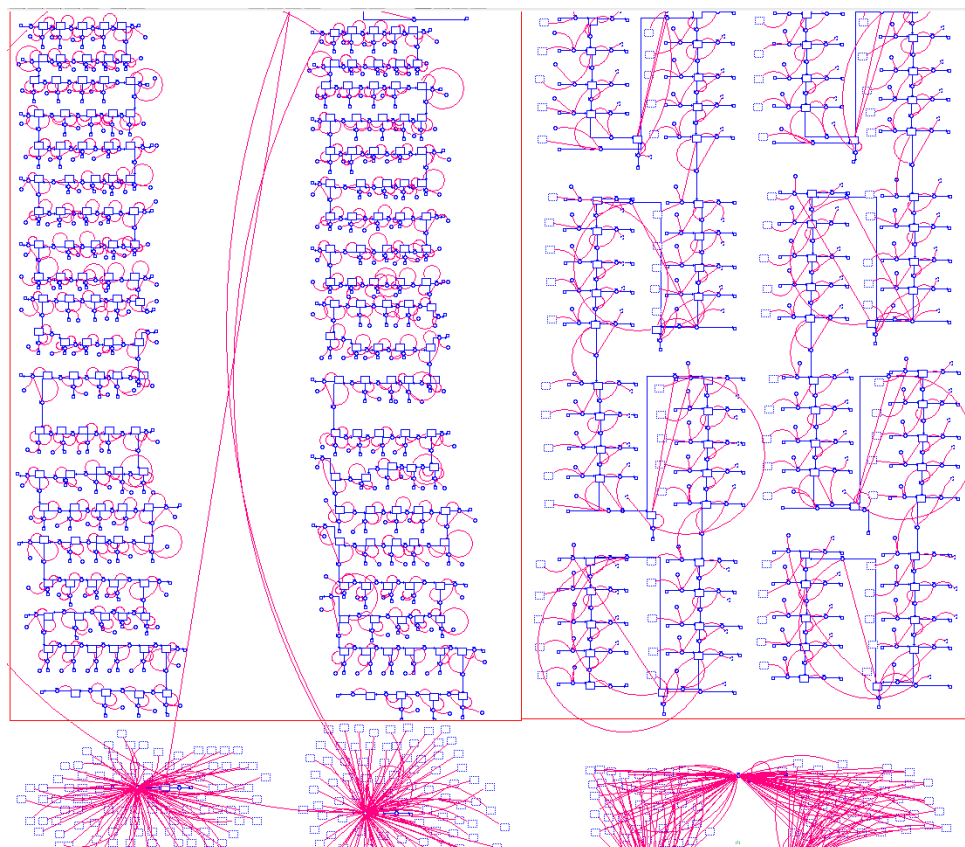
11 Seznam použité literatury

- [1] ANONYM (AC). Alzheimerova choroba. [online]. [cit. 2017-01-09] Dostupné na [www: <http://www.alzheimercentrum.cz/alzheimerovo-onemocneni/alzheimerova-choroba/>](http://www.alzheimercentrum.cz/alzheimerovo-onemocneni/alzheimerova-choroba/)
- [2] ANONYM (AC). Příčiny Alzheimerovy choroby. [online]. [cit. 2017-01-15]. Dostupné na [www: <http://www.alzheimercentrum.cz/alzheimerovo-onemocneni/priciny-alzheimerovy-choroby/>](http://www.alzheimercentrum.cz/alzheimerovo-onemocneni/priciny-alzheimerovy-choroby/)
- [3] ANONYM (ČALS). Co je to Alzheimerova Nemoc? [online]. [cit. 2017-01-01]. Dostupné na [www: < http://www.alzheimer.cz/alzheimerova-choroba/>](http://www.alzheimer.cz/alzheimerova-choroba/).
- [4] BUREŠ, Vladimír. Systémové myšlení pro manažery. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2011. ISBN 978-80-7431-037-9.
- [5] BURIANOVÁ, E. Simulace dynamických modelů s využitím metod systémové dynamiky. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě.[online].Dostupné na [www: https://www.ki.fpv.ukf.sk/projekty/kega_3_4029_06/iski2007/papers/Burianova.pdf](https://www.ki.fpv.ukf.sk/projekty/kega_3_4029_06/iski2007/papers/Burianova.pdf)
- [6] ČSÚ, Populační prognóza ČR do r. 2050-N, [online]. [cit. 2017-01-16] Dostupné na [www: <https://www.czso.cz/csu/czso/populacni-prognoza-cr-do-r2050-n-g9kah2fe2x>](https://www.czso.cz/csu/czso/populacni-prognoza-cr-do-r2050-n-g9kah2fe2x)
- [7] ČSÚ, Projekce obyvatelstva České republiky do roku 2100, [online]. [cit. 2017-01-17]. Dostupné na [www: <https://www.czso.cz/csu/czso/projekce-obyvatelstva-ceske-republiky-do-roku-2100-n-fu4s64b8h4>](https://www.czso.cz/csu/czso/projekce-obyvatelstva-ceske-republiky-do-roku-2100-n-fu4s64b8h4)
- [8] FORRESTER, J. W. 1961. Industrial Dynamics. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press
- [9] FORRESTER, J. W.: The Beginning of System Dynamics, Banquet Talk at the international meeting of the SystemDynamics Society, Studgart, 1989
- [10] GOETZ, Christopher G.. Textbook of clinical neurology. 3. vydání. Philadelphia: Saunders Elsevier, c2007. ISBN 1416036180.
- [11] HOLMEROVÁ, I. a kol. Alzheimerova choroba krok za krokem. Praha: MediMedia Information, 2003. ISBN neuvedeno.
- [12] HOLMEROVÁ, I. JURAŠKOVÁ, B. ZIKMUNDOVÁ, K. Vybrané kapitoly z gerontologie. Praha: ČALS, 2003. ISBN 80-86541-12-6.
- [13] HOLMEROVÁ, I., VELETA, P. Na pomoc pečujícím rodinám. Praha: ČALS, 2003. ISBN 80-86541-10-X.
- [14] HOLMEROVÁ, Iva. Mezinárodní konference o Alzheimerově chorobě – ICAD 2010 [online]. [cit. 2011-11-27]. <<http://www.zdn.cz/clanek/zdravotnicke-noviny/mezinarodni-konference-o-alzheimerove-chorobe-icad-2010-455894>>.

- [15] HÖSCHL, C. a kol. Alzheimerova choroba. Praha: Galén, 1999. ISBN 80-7262-025-8.
- [16] KOBĚRSKÁ, P. Společnou cestou. Praha: Portál, 2003. ISBN neuvedeno.
- [17] KOUKOLÍK, F., JIRÁK, R.: Alzheimerova nemoc a další demence. Praha: Grada Publishing 1998, ISBN 80 – 7169 – 615 – 3
- [18] KUMAR, Vinay, Abul K ABBAS a Nelson FAUSTO, et al. Robbins basic pathology. 8. vydání. Philadelphia: Saunders/Elsevier, 0000. 0 s. ISBN 978-1-4160-2973-1.
- [19] MILDEOVÁ, S., VOJTKO, V.: Systémová dynamika. Praha, Česká republika: Oeconomica, 2003. ISBN 80-245-0626-2.
- [20] NECHANSKÁ, B.. Péče o pacienty léčené pro demence v ambulantních a lůžkových zařízeních ČR v letech 2008–2012. [online]. [cit. 2017-01-18]. Dostupné na www.uzis.cz/category/tematicke-rady/zdravotnicka-statistika/demence
- [21] NEVŠÍMALOVÁ, Soňa, Evžen RŮŽIČKA a Jiří TICHÝ. Neurologie. 1. vydání. Praha: Galén, 2002. 368 s. ISBN 80-7262-160-2.
- [22] PODOPRIGORA, M.G.: Organizační chování, Taganrog, Publisher TTI UFU 2008
- [23] RACHŮNKOVÁ, Irena a Jiří FIŠER. Dynamické systémy 1. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4338-6..
- [24] ŠÍPEK, A. Genetické varianty zvyšující riziko Alzheimerovy choroby. [online].[cit. 2017-01-23]. Dostupné na [www: <http://www.gate2biotech.cz/geneticke-varianty-zvysujici-riziko-alzheimerovy-choroby/>](http://www.gate2biotech.cz/geneticke-varianty-zvysujici-riziko-alzheimerovy-choroby/)
- [25] ŠUSTA, Marek a Inka NEUMAIEROVÁ. Cvičení ze systémové dynamiky. Praha: Oeconomica, 2004. ISBN 80-245-0780-3.
- [26] TICHÝ, O. (VZP) Za klienty s Alzheimerem dá VZP ročně 600 milionů. [online].[cit. 2017-01-22]. Dostupné na [www: <https://www.vzp.cz/o-nas/aktuality/za-klienty-s-alzheimerem-da-vzp-rocne-600-milionu>](https://www.vzp.cz/o-nas/aktuality/za-klienty-s-alzheimerem-da-vzp-rocne-600-milionu)
- [27] VODÁČEK, L.; ROSICKÝ, A. Informační management: Pojetí, poslání a aplikace. 1.vyd. Praha: Management Press, 1997. 144 s. ISBN 80- 85943-35-2.
- [28] ZGOLA, J. M. Úspěšná péče o člověka s demencí. Havlíčkův Brod: Grada Publishing, 2003. ISBN 80-247-0183-9.
- [29] Zpráva o stavu demence 2015. Praha: ČALS, o. p. s. 2015. ISBN 978-80-86541-45-7. Dostupné na [www: <http://www.alzheimer.cz/res/archive/002/000331.pdf?seek=1452679851>](http://www.alzheimer.cz/res/archive/002/000331.pdf?seek=1452679851)

12 Přílohy

12.1 Náhled modelu



Obrázek 16: Náhled na celý dynamický model

Zdroj: Vlastní zpracování

12.2 Seznam obrázků

Obrázek 1: Mozek ovlivněný Alzheimerovou chorobou pod mag. rezonancí	5
Obrázek 2: Věková struktura obyvatel ČR ze 31. prosince 2016	11
Obrázek 3: Vztah systémového myšlení a systémové dynamiky	15
Obrázek 4: Diagram toků s popsányými symboly	19
Obrázek 5: Diagram tok-hladina	21
Obrázek 6: Diagram zpětnovazební smyčky	21
Obrázek 7: Diagram pozitivní smyčky	22
Obrázek 8: Diagram negativní smyčky	22
Obrázek 9: Diagram šablony Externí zdroj	23

Obrázek 10: Diagram šablony Sloučení.....	23
Obrázek 11: Diagram šablony Souběžný tok.....	24
Obrázek 12: Diagram šablony Odčerpání.....	24
Obrázek 13: Diagram šablony Úprava hladiny.....	25
Obrázek 14: Ukázka populační části modelu	28
Obrázek 15: Ukázka prevalenční části modelu	30
Obrázek 20: Náhled na celý dynamický model.....	38

12.3 Seznam grafů

Graf 1: Populační odhad ČSÚ 2013-2100.....	10
Graf 2: Prevalence onemocnění žen, Alzheimer Europe.....	31
Graf 3: Prevalence onemocnění mužů, Alzheimer Europe.....	31
Graf 4: Výsledný vývoj populace ČR do r. 2100.....	32
Graf 5: Porovnání vývoje AD s populačním vývojem.....	33
Graf 6: Porovnání vývoje Alzheimerovy choroby muži-ženy.....	33
Graf 7: Výsledný graf vývoje AD, obě pohlaví.....	34

12.4 Seznam tabulek

Tabulka 1: Počet pacientů s Alzheimerovou nemocí-VZP.....	4
Tabulka 2: Prevalence AD podle studie Alzheimer Europe.....	9
Tabulka 3: Očekávaný vývoj plodnosti, všechny varianty, 2002-2050.....	10
Tabulka 4: Očekávaný vývoj naděje dožití při narození, všechny varianty, 2002-2050	11