Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra informačních technologií

Vybrané problémy modelování systémů pomocí příčinných smyčkových diagramů

Diplomová práce

Autor: Miloš, Řezníček
Studijní obor: Informační management

Vedoucí práce: Doc. Ing. Vladimír Bureš, MBA, Ph.D.

Hradec Králové srpen 2016

Prohlášení:

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

V Hradci Králové dne 21.8.2016 Miloš Řezníček

Poděkování: Děkuji vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Vladimíru Burešovi, MBA, Ph.D. za odborné vedení práce, za podnětné připomínky a cenné rady, které mi velmi pomohly v průběhu tvorby celé práce.

Anotace

Tato práce se zabývá představením nástrojů systémového myšlení a to hlavně příčinných smyčkových diagramů. V první teoretické části je popsána samotná oblast systémového myšlení, příčinné smyčkové diagramy a také nástroje, které souvisejí s příčinnými smyčkovými diagramy, také zde pár ukázek z praxe, které kombinují využití příčinných smyčkových diagramů a systémových archetypů, které rovněž spadají do oblasti systémové dynamiky. V praktické části práce jsou uvedeny pravidla a principy, podle kterých jsou příčinné smyčkové diagramy tvořeny. Možné způsoby tvorby těchto diagramů a jejich využití v praxi je ukázáno na několika praktických příkladech. Dále je testována vlastní schopnost tvorby příčinných smyčkových diagramů na vybraném vzorku osob, kdy každá z těchto osob musela vytvořit příčinný smyčkový diagram na stejné předem zadané téma a to podle prvotních instrukcí bez předchozí znalosti těchto diagramů. V následující části jsou všechny tyto diagramy shromážděny a je z nich vytvořen jeden skupinový diagram, který obsahuje prvky ze všech individuálních diagramů a zachycuje tak komplexní pohled na řešenou problematiku. Závěrem jsou diskutovány získané výsledky a poznatky o příčinných smyčkových diagramech a jejich přínos pro současný svět.

Annotation

Title: Selected problems of system dynamics modeling using causal loop diagrams

This thesis presents tools of system thinking, especially casual loop diagrams. In the first part, the area of system thinking, casual loop diagrams and tools related to casual loop diagrams are described. Moreover, there are practical examples that combine the use of casual loop diagrams and system archetypes, which also fall within the scope of system dynamics. In the practical part, there are the rules and principles by which casual loop diagrams are formed. Possible ways of making these diagrams and their use in the practice are depicted with the help of several practical examples. The ability to develop group casual loop

diagrams on a selected sample of people is tested. This development was based on the specific condition where each person had to create a casual loop diagram on the same given topic according to the initial instructions without prior knowledge of these diagrams. All created diagrams are collected in the following part, in which a group casual loop diagram is formed. It contains elements of all the individual casual loop diagrams and captures a comprehensive view of the addressed issue. Finally, results are discussed and findings about casual loops diagrams and their contribution to the contemporary world are outlined.

Obsah

1 Úvod 1

1.1 Systémové myšlení 2

1.2 Mentální modely 3

1.3 Nástroje systémového myšlení 4

1.3.1 Pojmové mapy 4

1.3.2 Slučování map a diagramů 5

1.3.3 Příčinné smyčkové diagramy 8

1.3.4 Systémové archetypy 11

1.4 Ilustrace systémového myšlení a použití CLD 21

1.4.1 Ukázka propojenosti CLD a systémových archetypů 22

2 Cíl a metodika zpracování 27

3 Interpretace výsledků 28

3.1 Obecná pravidla tvorby příčinných smyčkových diagramů 28

3.1.1 Principy navrhování příčinných smyčkových diagramů 32

3.2 Vytváření příčinného smyčkového diagramu z dat získaných při interview 34

3.3 Vytváření příčinných smyčkových diagramů na základě metody Group model building 35

3.3.1 Případová studie s aplikací metody GMB 37

3.4 Klasický způsob tvorby příčinných smyčkových diagramů 40

3.4.1 Definice problému 41

3.4.2 Identifikace klíčových proměnných 41

3.4.3 Tvorba referenčního módu 42

3.4.4 Tvorba příčinného smyčkového diagramu 44

3.5 Ukázky aplikací různých přístupů tvorby CLD na praktických příkladech 49

3.5.1 Popis působení Transportních systémů na Socio-ekonomické systémy za pomoci CLD 49
3.5.2 Použití CLD pro řešení problému zasolování půdy ze zemědělských povodí v rozvojových zemích 52
3.6 Testování tvorby příčinného smyčkového diagramu 58
3.6.1 Výběr vzorku osob 59
3.6.2 Zadání instrukcí 59
3.6.3 Popis řešeného problému 61
3.6.4 Získané výsledky 62
3.6.5 Vytvoření skupinového diagramu 65
3.6.6 Shrnutí 74
4 Závěry a doporučení 76
5 Seznam použité literatury 78

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Porovnání slučovacích metod [Narayanan, 2005] 7
Tabulka 2 - Komponenty metody Group model building [Bérard, 2010] 37
Tabulka 3 - Možné řešení konfliktů [Inam et. al., 2015] 67

Seznam obrázků

Obr. 1 - Pohled na svět pomocí kauzalit [Sterman, 2000] 2
Obr. 2 - Ukázka pojmové mapy dle [Cañas & Novak, 2009] 5
Obr. 3 - Jednoduchý příklad CLD [Morecroft, 2010] 9
Obr. 4 - Meze růstu [Braun, 2002] 11
Obr. 5 - Přesun břemene [Braun, 2002] 12
Obr. 6 - Eroze cílů [Braun, 2002] 13
Obr. 7 - Eskalace [Braun, 2002] 14
Obr. 8 - Úspěch úspěšným [Braun, 2002] 15
Obr. 9 - Tragédie společného [Braun, 2002] 16
Obr. 10 - Nápravy, které selžou [Braun, 2002] 17
Obr. 11 - Růst a nedostatečné investice [Braun, 2002] 18
Obr. 12 - Náhodní protivníci [Braun, 2002] 19
Obr. 13 - Princip přitažlivosti [Braun, 2002] 20
Obr. 14 - Přehled propojení archetypů [Braun, 2002] 20
Obr. 15 - Problém přeplněnosti silnic [Sterman, 2000] 21
Obr. 16 - CLD pro studii požáru v Bellevue [Goh et. al., 2010] 24
Obr. 17 - Kauzální spojení [Sterman, 2000] 31
Obr. 18 - Správné značení proměnných [Sterman, 2000] 32
Obr. 19 - Tvoření mezikroků [Sterman, 2000] 33
Obr. 20 - Tvorba negativních smyček [Sterman, 2000] 33
Obr. 21 - Příčinný smyčkový diagram vytvořený na základě ..... skupinových setkání [Bassi et. al., 2015] 39
Obr. 22 - Referenční módy pro mravenčí (vpravo) a nárazovou ..... strategii (vlevo) [Sterman, 2000] 43
Obr. 23 - První verze diagramu [Sterman, 2000] 44
Obr. 24 - Druhá verze diagramu [Sterman, 2000] 46

Obr. 25 - Třetí verze diagramu [Sterman, 2000] 47
Obr. 26 - Čvrtá verze diagramu [Sterman, 2000] 48
Obr. 27 - Příčinný smyčkový diagram [Emberger, 2000] 50
Obr. 28 - Příčinný smyčkový diagram vytvořený podle interview .....
s vybranými osobami [Inam et al., 2015] 54
Obr. 29 - Slučování diagramů [Inam et. al., 2015] 56
Obr. 30 - Celkový diagram zasolování půdy [Inam et. al., 2015] 57
Obr. 31 - Seznamovací CLD zachycují problém s obezitou [Newell et. al., 2007] 59
Obr. 32 - Individuální diagramy 1 63
Obr. 33 - Individuální diagramy 2 64
Obr. 34 - Individuální CLD zachycující problém přelidnění 68
Obr. 35 - Sloučení diagramů z modelu 2 a 1 69
Obr. 36 - Skupinový diagram zachycující problematiku přelidnění 70
Obr. 37 - Skupinový diagram dynamiky rodinného života 72

1 Úvod

Tato práce se zabývá představením příčinných smyčkových diagramů a způsobů jejich tvorby a také jejich využití v praxi. Tyto diagramy patří mezi nástroje používané v oblasti systémového myšlení či systémové dynamiky.

Práce je rozdělena do čtyř hlavních kapitol. První kapitola je teoretická část práce, kde je představena vlastní oblast systémového myšlení a možnosti aplikace systémového přístupu na vybrané problémy z různých aplikačních oblastí. Z nástrojů systémového myšlení jsou představeny pojmové mapy a příčinné smyčkové diagramy. Také je popsána problematika slučování diagramů a možnosti tvorby skupinových diagramů. Následně je vysvětlena problematika systémových archetypů, kde jednotlivé archetypy jsou ve stručnosti ukázány a následně jsou uvedeny příklady aplikace systémového přístupu v praxi.

Ve druhé kapitole je představena metodika práce, tedy postupy tvorby práce a jaké byly používány databáze pro hledání zdrojů prezentovaných dat.

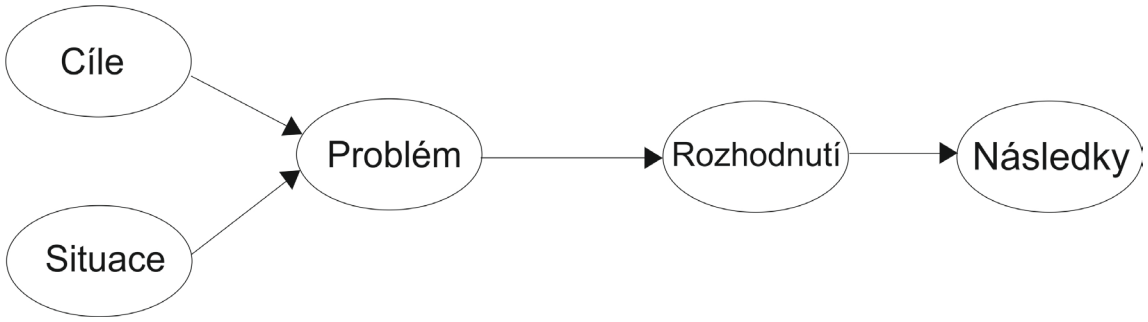
Třetí kapitola je vlastní praktická část, která se zaobírá vlastní analýzou příčinných smyčkových diagramů. Jsou představeny jednotlivé možné způsoby tvorby těchto diagramů a také pravidla, která by se při jejich tvorbě měla dodržovat. Dále jsou prezentovány různé praktické příklady aplikací příčinných smyčkových diagramů. Následně je testována vlastní schopnost tvorby těchto diagramů na zvolený problém z vybrané aplikační oblasti, kdy budou zkoumány jednotlivé diagramy, které byly vytvořeny vybraným vzorkem osob po seznámení s principy tvorby těchto diagramů. Z takto individuálně vytvořených diagramů bude následovně vytvořen skupinový příčinný smyčkový diagram, který byl sestaven za pomoci vhodně zvolené slučovací metody. Nakonec je tento skupinový diagram prezentován a blíže popsán.

Ve čtvrté závěrečné části jsou shromážděné výsledky a poznatky o příčinných smyčkových diagramech diskutovány.

Obsah teoretické části práce je částečně převzat z bakalářské práce a doplněn o nové informace.

1.1 Systémové myšlení

Již od raného věku se každý učí, že jakákoli událost či problém má svou příčinu, která opět vznikla vlivem nějaké dřívější události. Tento pohled na svět, tedy pohled ve smyslu vztahu „*příčina-následek*“ tzv. kauzalit, vede k tomu, že je často aplikován i na řešení problémů. Použití tohoto způsobu pro řešení vzniklých událostí může vést ke vzniku nekonečného tzv. *Aristotelova řetězu příčin a následků*, dokud se nedojde k úplně první příčině nebo v průběhu hledání neopadne zájem [Sterman, 2000].



Obr. 1 - Pohled na svět pomocí kauzalit [Sterman, 2000]

Obrázek 1 ukazuje způsob, který je často používán k řešení problémů. Princip spočívá v porovnání stavu nastalých událostí se stanovenými cíly. Rozdíl mezi vzniklou situací a požadovanou situací reprezentuje problém [Sterman, 2000].

Systémové myšlení je od výše představeného způsobu velice odlišné, protože usiluje o komplexní řešení problémů, které bude respektovat organizační a sociální prostředí. Problémy nevznikají z náhodných událostí a vlastní řešení těchto problémů se nevznáší ve vakuu, naopak problémy a jejich řešení jsou vzájemně provázány. Tyto myšlenky jsou už dlouhodobě známé, byly přehledně uvedeny v Sengeově knize „*The Fifth Discipline*“ vydané roku 1990. Senge představil čtyři hlavní „*disciplíny*“ a to týmové vzdělávání, společnou vizi, správné personální obsazení a mentální modely, které jsou základem úspěšné organizace. Pátou disciplínou bylo systémové myšlení, která propojuje čtyři zbylé, poskytuje pojmy a nástroje pro znázornění komplexnosti [Morecroft 2010].

Systémové myšlení lze obecně popsat jako skupinu disciplín, které podporují tezi „*vidět celek*“. Tyto disciplíny umožňují široký i úzký pohled na výkonnost sys-

tému a tak napomáhají lepšímu porozumění a tím lepšímu rozhodování pro efektivní management změn. Další definice systémového myšlení říká, že proces změn v komplexních systémech není lineární a je charakteristický různým počtem zpětných vazeb na odlišných úrovních systému. Tyto zpětné vazby vznikají díky příčinným vztahům mezi elementy systému a jsou výsledkem zamýšleného i nezamýšleného chování daného systému [McDermott, 2015].

Lidé často zmiňují tzv. vedlejší účinky, mluví o nich jako by to byla vlastnost či rys reálného světa, ale není to tak. Ve skutečnosti nejsou žádné vedlejší účinky, ale jen „*účinky*" neboli vlivy, které působí na realitu. Účinky, o kterých předem víme a jenž nám přinášejí nějaký užitek, nazýváme hlavní či zamýšlené. Účinky, které předem nezamýšlíme a které vznikají pod vlivem našeho chování ve formě zpětné vazby, která poškozuje systém, nazýváme vedlejší. Čili vedlejší účinky nejsou žádný rys či vlastnost reálného světa, ale známkou toho, že lidské chápání systémů je nedostatečné a omezené. Nezamýšlené vedlejší účinky vznikají, protože lidé často jednají neuváženě, jelikož si myslí, že příčina a její následek musí být blízce spojeny v čase a prostoru. Nicméně ve velkých a komplexních systémech (např. městská centra, společnost, ekosystém atd.) jsou často příčina a následek od sebe časově i prostorově velmi vzdáleny [Sterman, 2000].

Třetí definice systémového myšlení poznamenává, že proces změny v systémech je proces učení. Začíná s velkým množstvím nejistoty a pokračuje k cíli, kterým je jasně definovaná struktura systému s jeho atributy a dlouhodobými cíli. Porozumění potřeb systému a následné efektivní plánování si vyžaduje zvážení jak známých tak i neznámých věcí ohledně daného systému. Plánování chování uvnitř systému je tak většinou podloženo vytvořeným modelem daného systému, který informuje o stavu systému a jaký možný vývoj může vzniknout po lidském zásahu do chování systému [McDermott, 2015].

1.2 Mentální modely

V procesu systémového myšlení se používá jak analýza (dekompozice systému) tak i syntéza (skládání částí do celku). Těmto úkolům často předchází různé dialogy a diskuze o požadovaném výstupu, protože různí lidé mají odlišný pohled

na potřeby a chování daného systému. Právě spolupráce více lidí zajišťuje rozmanitost myšlení a následné skupinově vybrané metody pro analýzu a syntézu [Mc Dermott, 2015].

Tato odlišnost chápání reality je známá pod pojmem „*Mentální model*“. Každý člověk má tento model jiný, a proto i jinak nahlíží třeba na vzniklé problémy. Jay Wright Forester, jeden z průkopníků oblasti systémové dynamiky, definoval mentální model člověka následovně: „*Obrázek okolního světa, který si každý z nás nese v hlavě je pouhý model. Nikdo si ve své hlavě nepředstavuje celý svět, všechny vlády či země. Každý má pouze vybrané prvky a vazby mezi nimi a ty používá pro reprezentaci skutečného systému.“*

1.3 Nástroje systémového myšlení

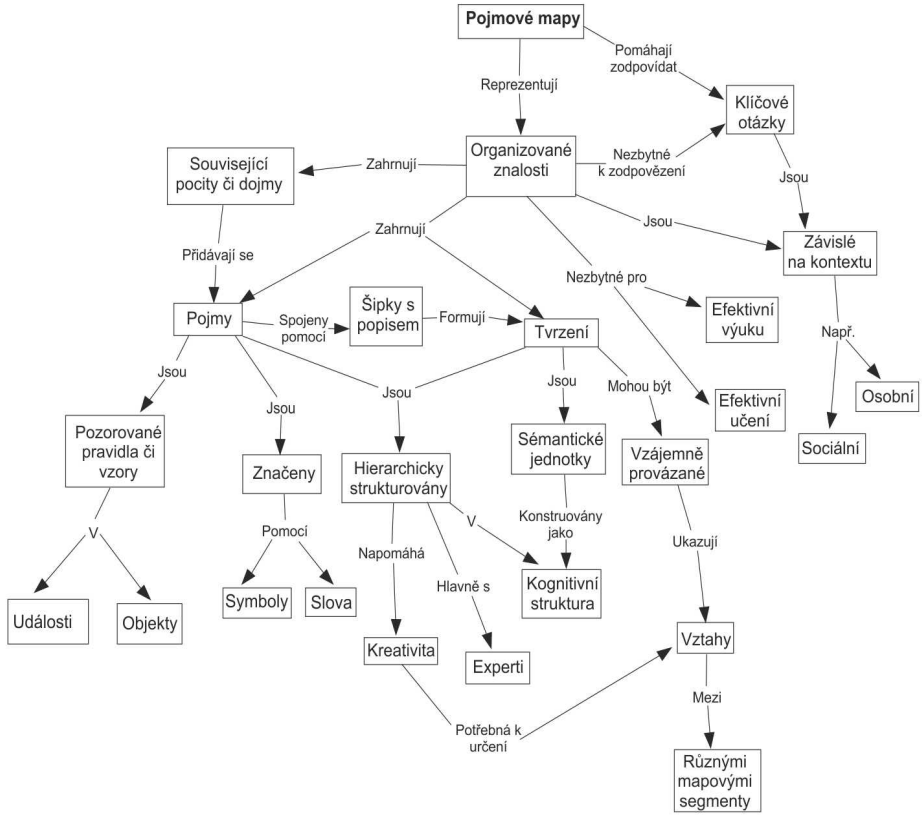
Disciplína systémového myšlení s sebou přináší řadu nástrojů pro usnadnění pochopení chování daného systému a lepší rozhodování. Tyto nástroje lze rozdělit do několika hlavních kategorií jako například nástroje pro podporu myšlení, analýzu, strategické plánování, plánování provádění akcí atd. Mnoho z těchto nástrojů je zahrnuto v metodě Brainstormingu a cvičeních na strategické plánování [McDermott, 2015].

1.3.1 Pojmové mapy

Pojmové mapy jsou grafickým nástrojem pro organizování a reprezentování vědomostí. Obsahují pojmy, které jsou většinou v kruzích či obdélníkách, a vztahy mezi nimi vyznačené šipkami. Pojem lze definovat jako vnímané pravidlo či vzor, který souvisí s určitým předmětem či událostí, k jejichž řešení se použila pojmová mapa. Většina pojmů je značena slovem či souslovím a někdy lze použít i symboly (např. +,%). Mezi každou dvojící vzájemně propojených pojmů je popsán jejich vztah. Takovéto dvojice se někdy nazývají jako *sémantické jednotky* [Cañas & Novak, 2009].

S nástrojem pojmových map úzce souvisí i myšlenkové mapy. Myšlenkové mapy se dají připodobnit k mapám měst, střed pojmové mapy je jako centrum města a reprezentuje nejdůležitější myšlenku, hlavní cesty, které se rozbíhají od ústřední

myšlenky, reprezentují hlavní nápady a ty jsou dále podpořeny sekundárními myšlenkami atd. Tento nástroj pomáhá utřídit velké množství pojmů například při řešení nějakého rozsáhlého problému. Umožňuje uložit velké množství dat na jedno místo a tím podpořit plánování k dosažení požadovaného cíle. Často také díky vizualizaci řešeného problému lze objevit nové cesty k řešení, které byly dosud skryty [Buzan, 2006].



Obr. 2 - Ukázka pojmové mapy dle [Cañas & Novak, 2009]

1.3.2 Slučování map a diagramů

Při řešení různých druhů problémů nemusí pohled jednotlivce stačit a je třeba na problém nahlížet ze širší perspektivy. V takovýchto situacích nemusí stačit pojmová mapa či jiný diagram vytvořený jednotlivcem, ale je třeba sloučit více takovýchto diagramů do jednoho komplexnějšího, který bude pokrývat daný problém z různých úhlů pohledu.

Vývoj a vytváření skupinových kauzálních map bylo předmětem několika informačních studií. Autoři těchto studií prohlašovali, že vytvoření takovéto skupi-

nové kauzální mapy napomůže vidět řešení problému ze široké perspektivy. Jejich pohledem mohou být skupinové kauzální mapy viděny jako přístup k řešení problému z perspektivy všech zúčastněných osob, což dává mnohem větší prostor k výběru nejlepšího řešení. Odlišné perspektivy předpokládají i odlišné modely, které musí být mezi sebou konfrontovány a vzájemně kombinovány. Existuje více různých způsobů, jak lze individuální mapy mezi sebou kombinovat a tyto způsoby se mohou lišit v měřítkách jako například komplexnost vzniklé mapy, hustota prvků, přehlednost, správná reprezentace problému atd. [Narayanan, 2005].

Jak bylo řečeno, pojmové mapy obsahují pojmy, pocity, názory vztažené k určité situaci. Tyto uzly mapy či diagramy jsou propojeny šipkami, které reprezentují vztahy. Jestliže tyto vztahy reprezentují vazby typu „*příčina-následek*“ pak se jedná o kauzální mapy. Kauzální mapy byly původně vymyšleny pro zjišťování mentálních modelů jednotlivců. Později však byla jejich aplikace několika výzkumníky vyzkoušena i na skupinové bázi. V literatuře lze nalézt tři obvyklé způsoby, jakým může slučování individuálních diagramů probíhat, mezi ně patří *souhrnné mapování*, *mapování shody* a *skupinové mapování* [Narayanan, 2005].

Souhrnné mapování

Tento přístup ke slučování individuálních diagramů si zakládá na zachování úplnosti individuálních diagramů ve skupinovém diagramu, jak jen to je možné. Všechny prvky a vazby z individuálních diagramů se přenáší do sloučeného diagramu. Výsledek tak bývá značně komplexní. Tento přístup neklade důraz na zdůraznění nějaké centrální zpětné smyčky, která by byla obsažena ve většině individuálních diagramů. Z tohoto důvodu nemusí vždy poskytnout plnou reprezentaci sociálního systému, jelikož sociální systémy jsou charakteristické velkým množstvím aktérů, které mohou mít značně různorodý pohled na věc. Tento způsob mapování je často označován také jako „*slučování*“ nebo „*překrytí*“ [Narayanan, 2005].

Mapování shody

Tento způsob slučování digramů cílí na zdůraznění společné myšlenky individuálních diagramů a identifikaci centrálních zpětných vazeb, které pohánějí celý systém. Právě na identifikaci těchto vazeb je často kladena největší důležitost, jeli-

kož zpětné vazby jsou základním prvkem každého systému a jsou zodpovědné za jeho chování. Při tvorbě skupinového diagramu tímto způsobem se z individuálních diagramů berou na vědomí pouze ty prvky a spoje, které přispívají k tvorbě těchto zpětných vazeb. Výsledná podoba kolektivního digramu tak může být značně stručnější a srozumitelnější než je součet diagramů individuálních [Narayanan, 2005].

	Souhrnné mapování	Mapování shody	Skupinové mapování
Práce používající daný přístup	Lee et. al. (1992), Kwahk and Kim (1999), Eden, et al. (1981) a Eden(1989)	Bougon (1992), Massey a Wallace (1996), Vennix (1996)	Langfield-Smith (1992), Massey and Wallace (1996), Vennix (1996)
Kořenové procesy	Spojování, slučování individuálních map prostřednictvím společných pojmů.	Pátrání po ucelujících pojmech formující zpětné vazby.	Skupinová setkání, mapování a diskuze. Založeno na kompromisu a shodě, řízení skupiny.
Procedury	Jedinečné pojmy jsou přímo zahrnuty ve skupinovém diagramu. Pojmy společné ve více diagramech jsou do skupinového převedeny tak, aby nedošlo ke konfliktu. Vždy se vezmou dva digramy a ty se sloučí, takto se pokračuje, dokud není skupina individuálních diagramů vyčerpána. Společné pojmy se používají jako výchozí bod spojování dvou diagramů.	Individuální diagramy jsou propojeny formou zpětných vazeb prostřednictvím „zajímavých" elementů opakovaně použitých v individuálních diagramech. Tyto individuální diagramy zůstávají nadále odděleny, neporušené ve výsledném skupinovém diagramu.	Členové skupiny přidávají pojmy, koncepty a vztahy mezi nimi. Následně jsou vedeny diskuze, zda by určité pojmy měly být zahrnuty ve výsledné diagramu či nikoli. Tvorba skupinové diagramu je řízené modelovacím expertem.
Aplikace	Organization memory (Lee et. al., 1992), Business Process Reengineering (BPR) (Kwahk a Kim, 1999). Distributed decision making (Zhang et. al., 1994).	Strategic planning, organizational identity analysis (Bougon, 1992) Understanding the dynamics of organizations (Hall, 1984).	Group decision support systems (GDSS) (Eden, 1989), solving messy problems (Vennix, 1996).
Výhody	Slučování je jednoduché a jasné. Lze použít algoritmus. Je zde detekce konfliktů.	Centrální zpětné smyčky napomáhají pochopení dynamiky systému. Lepší zachycení různých úhlů pohledu na řešenou problémovou oblast.	Může být vyprodukováno více názorů než při slučování individuálních map. Zkreslený názor jednotlivců může být změněn skupinovou interakcí.
Nevýhody	Jednoduché sloučení všech individuálních map nemusí ve výsledku znamenat sdílenou vizi diagramu. Není zde šance eliminovat případná zkreslení.	Těžká identifikace pojmů tvořící centrální smyčky. Komplexní a těžké na automatizaci. Těžko aplikovatelné pokud jsou požadovány perspektivy všech zúčastněných osob.	Předčasný konsenzus. Skupinové myšlení a přejímání dominantních názorů. Nevyřešitelné konflikty zabraňují slučování individuálních diagramů.

Tabulka 1 - Porovnání slučovacích metod [Narayanan, 2005]

Skupinové mapování

Při aplikaci tohoto způsobu je požadováno dosažení určitého stupně shody mezi tvůrci individuálních diagramů. Je potřeba organizovat skupinová setkání, kdy si jednotliví tvůrci vyměňují svoje návrhy kvůli podpoře dosažení konsenzu. Cílem těchto setkání, které vede výzkumný pracovník, je určení, které elementy by měl obsahovat konečný skupinový diagram. O cílové podobě tohoto diagramu se vedou diskuze a sestavování probíhá přímo na těchto skupinových setkáních. Pro hodnocení výsledných skupinových modelů lze použít různá měřítka. Jedním z nejjednodušších je měření komplexnosti výsledné mapy dle počtu uzlů. Tato metoda předpokládá, že čím víc uzlů model má, tak tím je komplexnější. Nicméně toto měřítko nemusí být vždy rozhodující, jelikož počet uzlů vytvořených zúčastněnými osobami v jejich individuálních diagramech nemusí vždy být tím nejdůležitějším. Někdy více záleží na počtu vztahů mezi elementy modelu, a proto bylo zavedeno měřítko hustoty modelu. Toto měřítko hodnotí modely právě podle úrovně vzájemného propojení elementů. Výpočet probíhá jako počet existujících vztahů děleno počet všech možných vztahů. Vytvoření modelu pomocí souhrnného mapování zahrnuje kombinaci všech prvků z individuálních diagramů, a proto se očekává, že výsledný diagram bude značně komplexní dle měřítka komplexnosti. Oproti tomu model vytvořený pomocí mapování shody zahrnuje do výsledného diagramu jen vybrané elementy a vztahy identifikované jako klíčové smyčky v jednom nebo více individuálních diagramech. Výsledný diagram tak dle měřítka komplexnosti nebude tak komplexní jako v prvním případě a i případě nárůstu počtu individuálních diagramů poroste toto měřítko pomalým tempem. Metoda skupinového mapování předpokládá též tvorbu značně méně komplexního skupinového modelu než při použití první metody, jelikož se zde diskutuje o jednotlivých elementech a jejich vazbách a do výsledného modelu se dostanou jen ty, u kterých bude panovat shoda většiny zúčastněných, že by měly být ve výsledném modelu [Narayanan, 2005].

1.3.3 Příčinné smyčkové diagramy

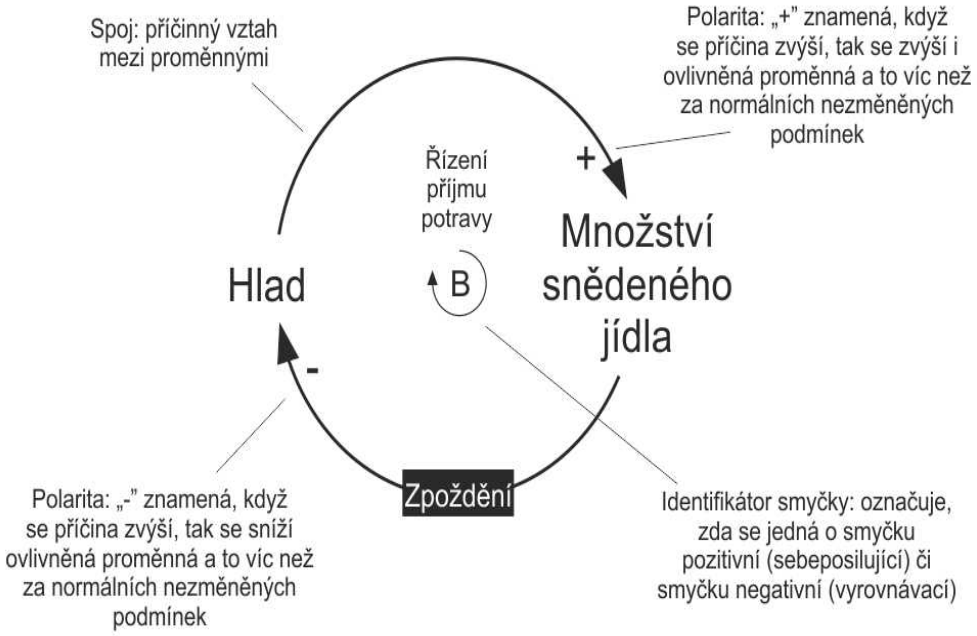
Zpětná vazba patří mezi základní stavební kameny systémové dynamiky. Doposud mentální modely lidí často selhávaly v zachycování důležitých zpětných vazeb určující chování uvnitř systému. V systémové dynamice se používá několik di-

agramových nástrojů sloužících pro zachycení struktury systému, mezi ně patří příčinné smyčkové diagramy [Sterman, 2000].

Jsou to vizuální nástroje systémového myšlení pro zachycení zpětných vazeb. Tyto diagramy ukazují vztahy typy „*příčina-následek*" a zpětnovazební smyčky nacházející se uvnitř systému. Všechny příčinné smyčkové diagramy se skládají ze stejných základních elementů: slova, fráze, spoje, smyčky a mají dána jednoduchá pravidla pro pojmenování proměnných a zobrazování polarity vazeb smyček [Morecroft, 2010].

Tyto diagramy se již dlouho používají v pracích pro akademické účely, ale v dnešní době se stále více využívají i v podnicích. Mezi jejich hlavní přednosti patří [Sterman, 2000]:

1. Rychlé zachycení hypotéz o příčinách dynamiky
2. Zjišťování a zachycování mentálních modelů jednotlivců či týmů
3. Komunikace zásadních zpětných vazeb identifikovaných jako hlavní příčiny řešeného problému



Obr. 3 - Jednoduchý příklad CLD [Morecroft, 2010]

Na obrázku 3 je vidět jednoduchá ukázka příčinného smyčkové diagramu (zkr. CLD). Jednoduchá smyčka spojující proměnné *hlad* a *množství snědeného jídla*. Tento příklad zachycuje jednoduchou situaci, když má člověk hlad, tak se nají. Jak jde však regulovat množství jídla, které člověk sní, když má hlad? Selským rozumem lze vydedukovat, že musí existovat vztah mezi hladem a množstvím snědeného jídla a toto znázorňuje diagram pomocí 2 kauzálních vztahů. Vrchním vztahem hlad ovlivňuje množstvím snědeného jídla a spodní vztah naopak ukazuje zpětné působení na hlad. Každá vazba má svou polaritu, která může být negativní či pozitivní. Pozitivní polarita „+" značí, že když příčina zesílí, tak její následek též. Tedy v modelovém případě nárůst proměnné hlad znamená nárůst snědeného jídla. Negativní polarita „-" značí, že pokud se příčina zvýší, tak se její následek naopak sníží, čili nárůst množství snědeného jídla znamená snížení proměnné hlad. Tyto dvě proměnné jsou na sobě vzájemně závislé a tvoří uzavřenou zpětnovazební smyčku pojmenovanou *Řízení příjmu potravy* [Morecroft, 2010].

Na ukázkovém příkladu z obrázku 3 jde vypozorovat i další charakteristiky CLD. Spodní vazba nese označení *Zpoždění*, což znamená, že efekt na ovlivňovanou proměnnou není bezprostřední, ale existuje určité časové zpoždění, než se dostaví. Tedy čím více člověk jí, tím má menší hlad, nicméně trvá nějakou dobu, než si to tělo uvědomí. Toto zpoždění má za následek, že v některých případech dělá vztah mezi příčinou a následkem méně viditelný. Ve středu zpětnovazební smyčky se nachází její identifikátor, který značí typ smyčky, ten může být sebeposilující nebo vyrovnávací, také se používá označení pozitivní a negativní. V případě vyrovnávací smyčky každá změna dané proměnné vyvolá protipůsobící efekt, který se přenáší v celé smyčce a vyrovnává tak nastalou odchylku. Kupříkladu v modelové situaci, člověk se po dlouhé procházce vrací hladový domů. Jak se hlad zvětšuje, tak popsaná smyčka začíná působit. Roste tak množství snědeného jídla a nakonec se hlad zmenší. Zpětnovazební efekt smyčky působí proti nárůstu hladu a vytváří tak vyrovnávací proces. Pro porovnání sebeposilují efekt smyčky naopak celý proces zdůrazňuje či umocňuje. V realistických multi-smyčkových systémech chování v průběhu času vyvstává právě ze souhry mezi těmito pozitivními a negativními smyčkami [Morecroft, 2010].

1.3.4 Systémové archetypy

Systémové archetypy byly přehledně představeny v knize „*The Fifth Discipline*“ od Petera Senge vydané roku 1990. Byly označeny jako komponenty systémové dynamiky neboli vzory chování a interakce uvnitř systémů. Nabízejí nejen teoretické využití, ale i uplatnění pro konkrétní situace [Heaslip et al., 2012].

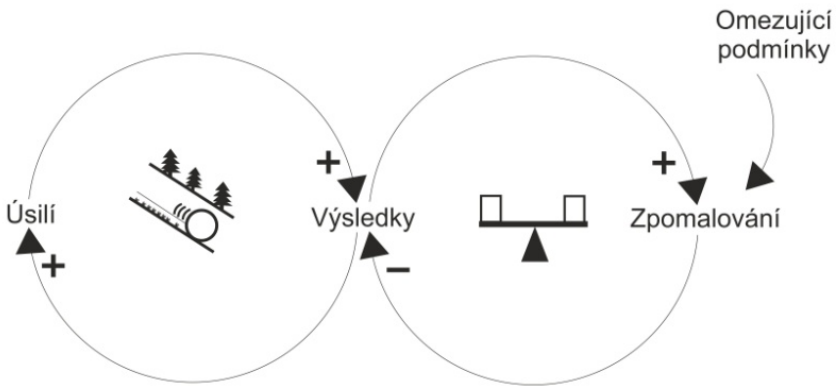
Systémové archetypy jsou tedy vysoce efektivními nástroji pro pochopení vzorů chování různých systémů. Oni samy odrážejí vnitřní strukturu zkoumaných systémů. Jejich použití je dobrý začátek pro získání odpovědi na otázku „*Proč se v průběhu času opakovaně vyskytují stejné problémy?*“ [Braun, 2002].

Pro zachycení struktur systémových archetypů se používají právě příčinné smyčkové diagramy.

Existuje deset základních systémových archetypů, které definují rozmanité druhy systémového chování a pokrývají velké spektrum sociálních, organizačních, politických či ekonomických situací [Heaslip et al., 2012].

Meze růstu

Archetyp *Meze růstu* byl poprvé představen ve stejnojmenné knize od autorů Donella Meadowse, Dennise Meadowse, Jorgena Randerse a Williama Behrense vydané roku 1972. Teorie tohoto archetypu říká, že žádný růst nemůže pokračovat nekonečně dlouhou dobu. Jelikož se vždycky najde nějaký faktor, který bude působit proti [Braun, 2002].

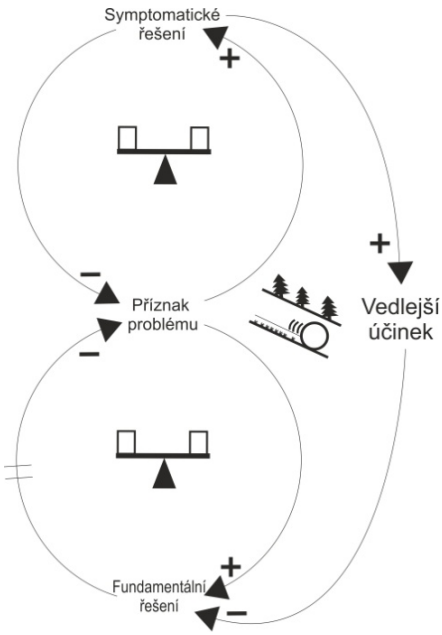


Obr. 4 - Meze růstu [Braun, 2002]

Přesun břemene

Archetyp *Přesun břemene* je prvním z několika archetypů, které ilustrují napětí mezi atraktivitou (relativní jednoduchostí a nízkými náklady) symptomatických řešení problémů a dlouhodobého účinku fundamentálních řešení, která působí na vnitřní strukturu systému, která na prvním místě vytváří vzorce chování. Napětí mezi těmito faktory je pochopitelné. Dlouhodobá řešení mají tu vlastnost, že zaberou více času, jelikož je potřeba pochopit vzniklý problém, vyžadují relativně mnoho zdrojů či prostředků a také testují trpělivost manažerů. Navíc v takové situaci na manažery působí mnoho tlaků z okolí na to, aby co nejrychleji vyřešili vzniklý problém a posunuli se dál. Podstata archetypu *Přesun břemene* spočívá v tom, že jakmile se jednou použije symptomatické řešení problému, které proti fundamentálnímu řešení nevyžaduje pochopení problému, snadněji se formuluje, je také z krátkodobého hlediska výrazně levnější a navíc poskytuje uspokojení, tak už není vnímána žádná potřeba pro zaměření pozornosti na skutečné vyřešení problému [Braun, 2002].

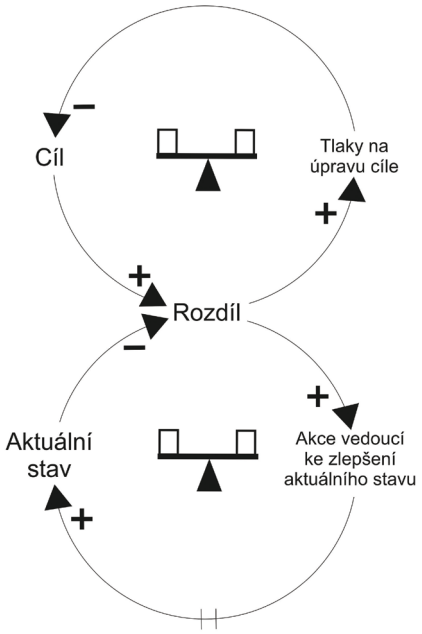
Tento archetyp se běžně objevuje jak v podnikovém prostředí, tak i v běžném životě. Touha použít symptomatické řešení přichází vždy, když na člověka dopadne tíha vlastního problému a ve spojení se stresem, který vzniká z řešení ostatních každodenních záležitostí, se k jeho použití často rád uchýlí [Senge, 1990].



Obr. 5 - Přesun břemene [Braun, 2002]

Eroze cílů

Archetyp *Eroze cílů* se základem podobá archetypu *Přesun břemene*. Opět je zde zachycena dynamika napětí mezi řešením symptomatickým a fundamentálním. V případě archetypu *Eroze cílů* se manažeři potýkají s výkonem, který nestačí pro naplnění stanovených cílů. Kvůli tomu pak raději hledají důvody pro snížení svých cílů na dosažitelnou úroveň, než aby pečlivě zjistili, co brání organizaci ve výkonu, který by stačil pro splnění původních cílů. Na rozdíl od ostatních archetypů *Eroze cílů* zkoumá dynamické chování v přítomnosti, která je výsledkem předpovědí vývoje budoucnosti, které byly učiněny v minulosti. Argumenty pro úpravu cílů tedy nemusí být neopodstatněné, budoucnost se nikdy nedá předpovědět s jistotou, čili pokud se předpověď ukáže jako špatná, tak co je špatného na tom, udělat úpravy, které reflektují stávající znalosti o realitě? Ale bez stanovených objektivních ukazatelů pro posouzení výkonu (např. benchmark) je velmi těžké odolat pokušení snižování cílů, protože když není s čím porovnávat, tak nejsou žádná data, čili snížení cílů nepředstavuje problém [Braun, 2002].

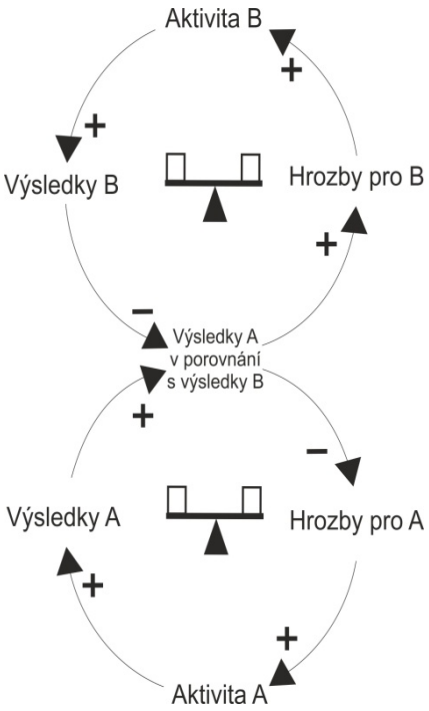


Obr. 6 - Eroze cílů [Braun, 2002]

Eskalace

Archetyp *Eskalace* ukazuje jistou ironii managementu. Ve jménu ochrany a prosazování nejlepších zájmů organizace manažeři zvyšují své úsilí až do bodu,

kdy začínají ubližovat své vlastní organizaci a snižovat hodnotu pro zákazníky, akcionáře a další zúčastněné osoby. Popis archetypu *Eskalace* dává manažerům šanci přemýšlet více zeširoka, protože chování popsané v tomto archetypu je alespoň částečně výsledkem redukcionistického způsobu myšlení. Rozšířením úhlu pohledu mohou manažeři najít způsoby, kterými mohou stanovit všechny cíle, což jim dává možnost omezení potřeby ubírat se k eskalaci jako hlavnímu prostředku konkurenčního boje [Braun, 2002].



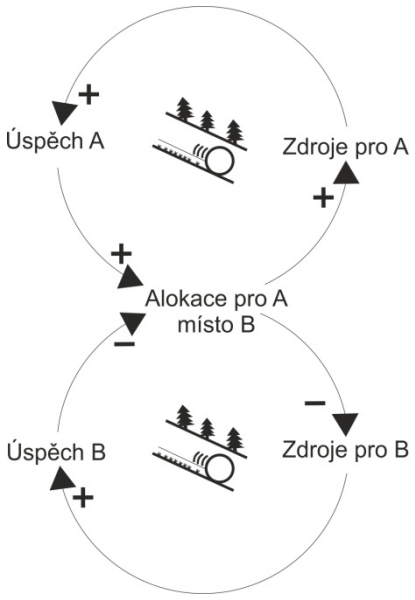
Obr. 7 - Eskalace [Braun, 2002]

Úspěch úspěšným

Dobře známé pravidlo říká, že by se neměly vyhazovat peníze za špatné věci. V manažerské praxi tento archetyp tvoří základ pro pravidlo 80/20 tzv. Paretovo pravidlo. Archetyp *Úspěch úspěšným* popisuje běžnou praxi odměňování dobrých výkonů kvůli očekávání, že tyto výkony budou ještě narůstat. Panuje zde přesvědčení, že úspěšní (lidé, oddělení, produkty atd.) si navýšení svých zdrojů zasloužili svými předchozími výkony. Potencionální nevýhodou tohoto předpokladu je neustálé podhodnocování lidí, oddělení nebo produktů, kteří fungují na své stávající úrovni, aniž by jim scházely dovednosti či schopnosti. Jinými slovy, aktuální výkon

může být odrazem lepších počátečních podmínek než skutečné schopnosti dosahovat skvělých výkonů. Jestliže lze rozdíl ve výkonnosti přičíst opravdu lepšímu výkonu nějakého subjektu, kterého dosáhl svými zásluhami, tak manažer může učinit operační či strategické rozhodnutí s plným vědomím, že je o dlouhodobé zájmy firmy dobře postaráno. Na druhou stranu, manažeři mohou zjistit, že lepší výkon je spíše zásluhou lepších počátečních podmínek, pečlivým plánováním a dobrým přerozdělením zdrojů v tom případě je možné podhodnocované subjekty transformovat na vysoce úspěšné, čímž se opět zajistí blaho firmy [Braun, 2002].

V managementu by měly být zdroje rozdělovány rovnoměrně, protože to omezuje snahu různých stran získat pro sebe co nejvíce z omezených zdrojů, což je nežádoucí, protože to podporuje nekalou soutěž o tyto zdroje [Senge, 1990].

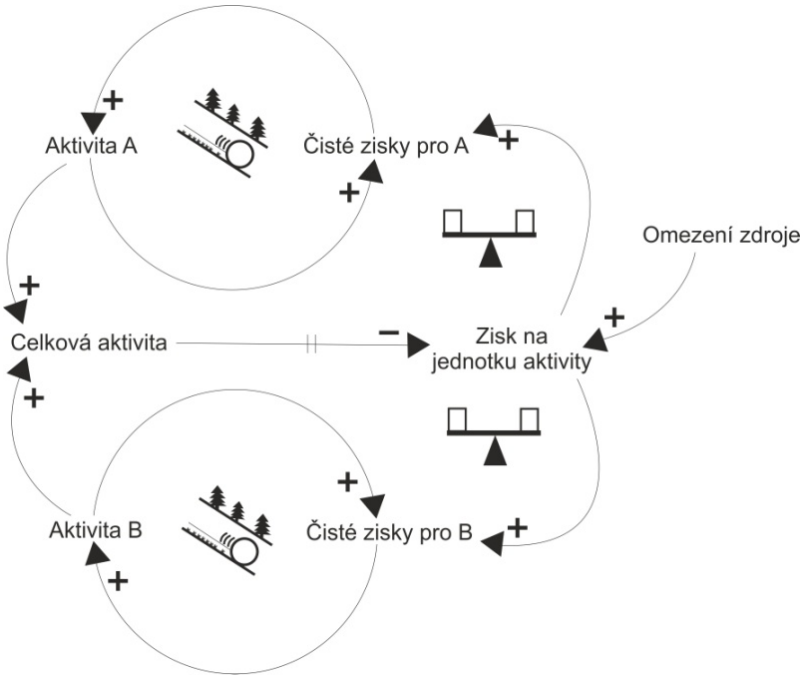


Obr. 8 - Úspěch úspěšným [Braun, 2002]

Tragédie společného

Archetyp *Tragédie společného* poskytuje unikátní pohled na to, jaký vliv na celkový dlouhodobý výkon má nesystémový přístup ve struktuře organizace. Společné jsou v organizaci ty zdroje (lidé, materiál, prostor, nástroje atd.), které jsou dostupné zároveň více lidem či týmům. Typickým rozumovým důvodem pro vytváření společných zdrojů jsou úspory z rozsahu. Každý člověk nebo tým v organizaci

chce používat sdílené zdroje pro vlastní účely, pro naplnění svých stanovených cílů a chovají se k těmto zdrojům, jako by tu byly pouze pro jejich účely. Ačkoli jejich nedostatečná informovanost o poptávce na společné zdroje od jiných subjektů není výsledkem bezohlednosti či lhostejnosti, dopad na společné zdroje je identický. Jak každá osoba či tým zvyšuje svoji poptávku a očekávání od sdílených zdrojů v zájmu svých cílů, tak se vlastní společné zdroje nacházejí pod stále se zvětšujícím tlakem a cítí, že se postupně blíží ke kolapsu [Braun, 2002].



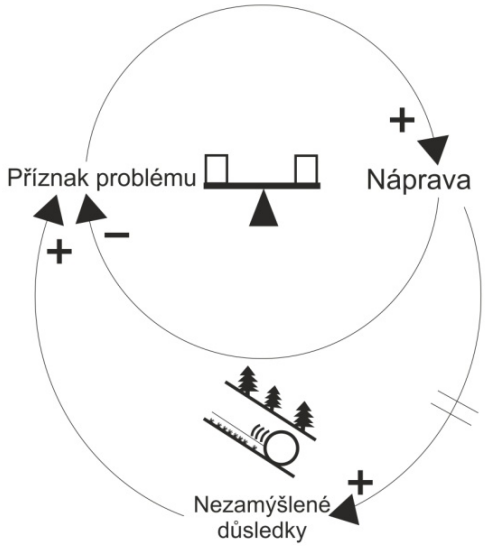
Obr. 9 - Tragédie společného [Braun, 2002]

Nápravy, které selžou

Archetyp *Nápravy, které selžou* může být přítomen v organizaci, jestliže si manažeři pokládají otázky typu „*Myslel jsem, že jsme to vyřešili. Proč je to horší než dříve?*“. Tento archetyp dobře odráží nebezpečí redukcionistického přístupu. Navzdory nejvyššímu úsilí se manažeři budou potýkat se stále stejnými symptomy problému stále a stále dokola. Jestliže jsou symptomy problému brány jako jedinečný set okolností, které existují v relativně malém a izolovaném subsystému, nemající vliv na symptomy jiných problémů nebo na další části celého velkého systému, tak je rozumné předpokládat, že zaměření se na řešení symptomu problému by bylo vhodnou volbou pro efektivní vyřešení problému. Archetyp *Nápravy, které*

selžou ukazuje neustále se zhoršující scénář, kde každá náprava symptomů problému má za následek zhoršení původního problému. Sebeposilující vazba, která funguje s časovým zpožděním, přispívá k neustále se zhoršujícím příznakům problému, nikoli navzdory nápravám, ale právě kvůli nim [Braun, 2002].

Pravidlo, kterým by se měl management každé organizace řídit, říká, že vždy by se mělo uvažovat v dlouhodobém hledisku, aby se zamezilo možnosti vzniku tohoto archetypu v organizaci [Senge, 1990].

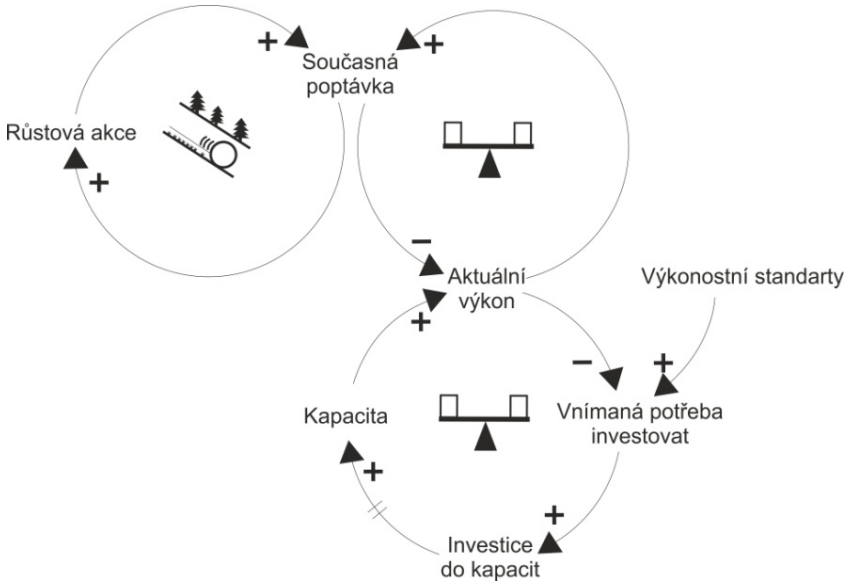


Obr. 10 - Nápravy, které selžou [Braun, 2002]

Růst a nedostatečné investice

Archetyp *Růst a nedostatečné investice* je postaven na archetypu *Meze růstu* a je jednoznačně zaměřen na potřebu organizace investovat do vlastních zdrojů, schopností a klíčových kompetencí. Růstová akce stimuluje a posiluje poptávku, zatímco aktuální firemní úroveň výkonu může představovat limit růstu. Podobně jako u archetypu *Meze růstu*, jestliže aktuální výkon negativně ovlivňuje poptávku, tak žádné množství rostoucích akcí nepřekoná neochotu zákazníků zvýšit odbyt organizace. Unikátní vlastností archetypu Růst *a nedostatečné investice* je stálý požadavek na zachování dlouhodobých schopností a kompetencí na úrovni, která bude zajišťovat konkurenční výhodu. Existuje zde několik charakteristik investičních vyrovnávacích smyček, které jsou důležité pro rozhodování manažerů. I když

jsou výkonnostní standardy prezentovány jako neměnné (nepůsobí na ně žádné důsledky příčin), tak se samy mohou stát předmětem archetypu *Eroze cílů* [Braun, 2002].

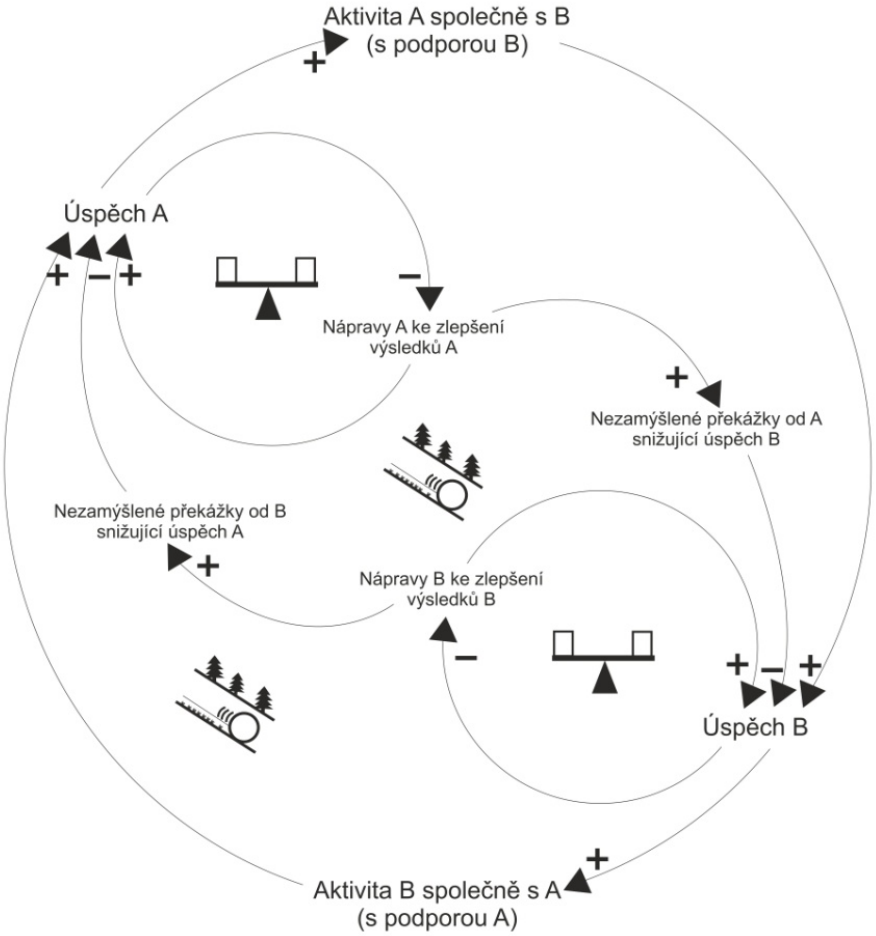


Obr. 11 - Růst a nedostatečné investice [Braun, 2002]

Náhodní protivníci

Archetyp *Náhodní protivníci* je podobný archetypu *Eskalace* ve smyslu vzoru chování, který se postupem času objeví. Rozdíl spočívá ve vztahu, ve kterém se zúčastněné strany nacházejí. Náhodní protivníci začínají svůj vztah jako spojenci. Mají v myslích „*win-win*" strategii pro minimalizaci svých slabých stránek a zdůraznění svých silných stránek, aby společně dosáhli toho, co by se jim samostatně nepodařilo. Většinou náhodně a neúmyslně jedna strana provede nějakou akci, kterou bude druhá strana vnímat jako něco, co nebylo součástí dohody. Ublížená strana může v lepším případě akci první strany brát jako něco, co zlepšuje postavení první strany v partnerství, ale v horším případě to může brát jako něco, co jí může ublížit. Z původních partnerů se tak postupně začínají stávat spíše protivníci, typicky kvůli rozdílům v mentálních modelech obou stran. Místo komunikace a zahájení dialogu mezi oběma stranami se ublížená strana domnívá, že ví všechno, co potřebuje o provedené akci (včetně toho, že byla jistě úmyslná a nepřátelská), že tedy není o čem diskutovat a jediným východiskem je odvetná akce. Ve skutečnosti první strana vůbec nemusela mít v úmyslu poškodit či ublížit druhé straně, proto

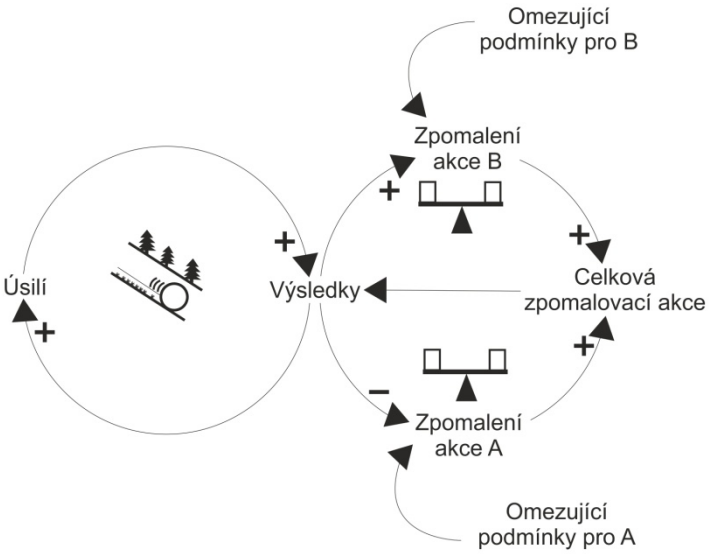
se pak po odvetné akci druhé strany cítí stejně ublíženě, jako předtím strana druhá [Braun, 2002].



Obr. 12 - Náhodní protivníci [Braun, 2002]

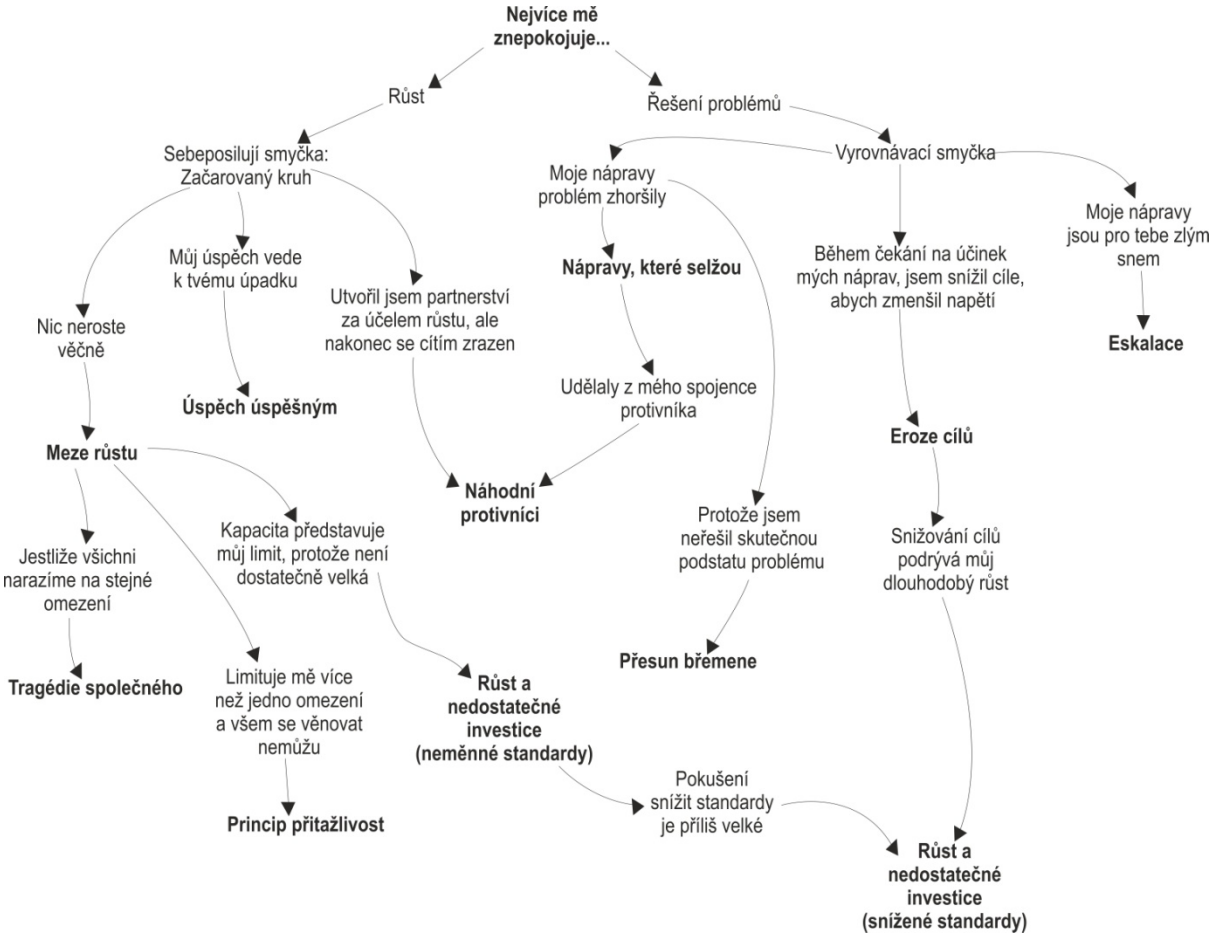
Princip přitažlivosti

Archetyp Princip *přitažlivosti* je méně známý archetyp v porovnání s výše zmíněnými. Nese silnou podobnost s archetypem *Meze růstu*, avšak s důrazem na více zpomalovacích akcí. Každá zpomalovací akce představuje výzvu pro organizaci, která musí být zvládnuta pro překonání mezí růstu. Tento archetyp byl pojmenován podle dilematu, který z limitů by organizace měla řešit jako první, co jim přinese největší užitek z pohledu požadovaného cíle. S omezenými zdroji a mnoha limity, které omezují růst, jsou manažeři nuceni čelit problému, jaké mají jednotlivé limity vliv na potencionální budoucí přírůstky firmy. Špatné rozhodnutí se projeví menšími přírůstky, které může firma v budoucnu očekávat [Braun, 2002].



Obr. 13 - Princip přitažlivosti [Braun, 2002]

Závěrečný přehled



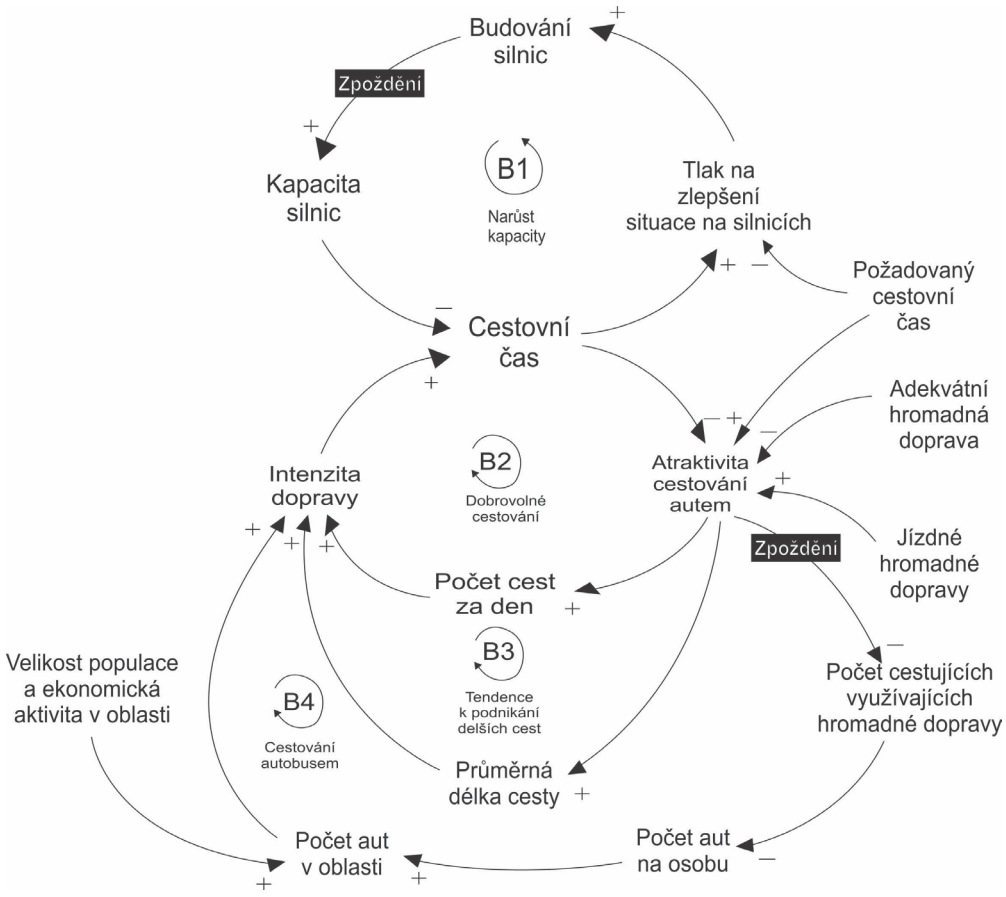
Obr. 14 - Přehled propojení archetypů [Braun, 2002]

Je mnoho způsobů, jak mohou archetypy spolu interagovat. Michael Goodman a Art Klien zmapovali archetypy a jejich vzájemné propojení v článku *The Systems Thinker*. Jejich práce byla následně publikována v knize *Fifth Discipline Fieldbook* od Petera Senge. Toto propojení lze vidět na obrázku 14 [Braun, 2002].

1.4 Ilustrace systémového myšlení a použití CLD

Jako příklad pro ilustraci systémového myšlení lze použít nastíněnou situaci s problémem přeplněnosti silnic, kterou představil ve své knize „*Systems Thinking and Modeling for a Complex World*" John D. Sterman [Morecroft 2010].

Na obrázku 15 jsou vidět čtyři zpětnovazební smyčky. Vrchní smyčka znázorňuje budování silnic, které má na starosti Ministerstvo dopravy. Když motoristé zaznamenají narůst času, který stráví na cestách, vzhledem k času, který jsou ochotni strávit na cestách, tak zvyšují tlak na projektanty, kteří mají za úkol zlepšit dopravní situaci [Morecroft 2010].



Obr. 15 - Problém přeplněnosti silnic [Sterman, 2000]

Tento zvyšující se tlak vede k budování nových silnic a s jistým časovým zpožděním také k navýšení kapacity silnic. Díky větší kapacitě silnic se motoristům sníží doba strávená na cestách, protože na prázdnějších silnicích se budou schopni dostat do požadovaného místa rychleji [Morecroft 2010].

Velice důležitý vedlejší efekt je znázorněn v prostřední smyčce, která je označená jako „*dobrovolné cestování*“. V ní vede zkrácený čas na cestách k nárůstu chuti řidičů cestovat autem. Samotná atraktivita závisí na více faktorech, jako jsou požadovaný čas na cestách, adekvátní náhrada v podobě hromadné dopravy a také ceny jízdného. Větší atraktivita řízení pak vede k více cestám podniknutým za den, většímu času strávenému na cestách a větší intenzitě dopravy, kde se smyčka uzavírá. Toto už může být důležitý vedlejší efekt, který ve střednědobém až dlouhodobém období může podkopávat snahu projektantů snížit hustotu dopravy, protože větší a modernější silnice budou svádět řidiče k většímu cestování. Spodní smyčka označená jako tendence k podnikání delších cest znázorňuje, že další faktor, který bude zpětně působit na hustotu dopravy, je ten, že řidiči díky lepším silnicím budou nejenom cestovat více, ale budou i ochotni strávit více času na silnicích. Poslední smyčka označená jako „*cestování autobusem*“ ukazuje vliv dalšího potencionálního dlouhodobého efektu ze strany hromadné dopravy. Když roste cestování pomocí osobních aut, tak se snižuje využívání hromadné dopravy a potažmo se tak zvyšuje počet aut na osobu. Tím se zvyšuje počet aut v oblasti a to opět působí na intenzitu dopravy, čímž se smyčka uzavírá. Při pohledu na obrázek jako na celek je vidět, že vysoce sofistikovaným způsobem zachycuje složitost problému s narůstající dopravou. Celkem zachycuje 15 pojmů, které jsou spojeny 19 vazbami [Morecroft 2010].

1.4.1 Ukázka propojenosti CLD a systémových archetypů

Problematika systémových archetypů a příčinných smyčkových diagramů spolu velmi souvisí, často se při řešení nějakého problému objeví po zachycení struktury systému pomocí příčinného smyčkového diagramu nějaký vzor chování, který je právě výsledkem přítomnosti určitého archetypu uvnitř systému. Jako příklad lze uvést případovou studii požáru, který vznikl roku 2001 v Bellevue. V této studii byly všechny příčiny a faktory mající vliv na tento požár analyzovány a byl vytvo-

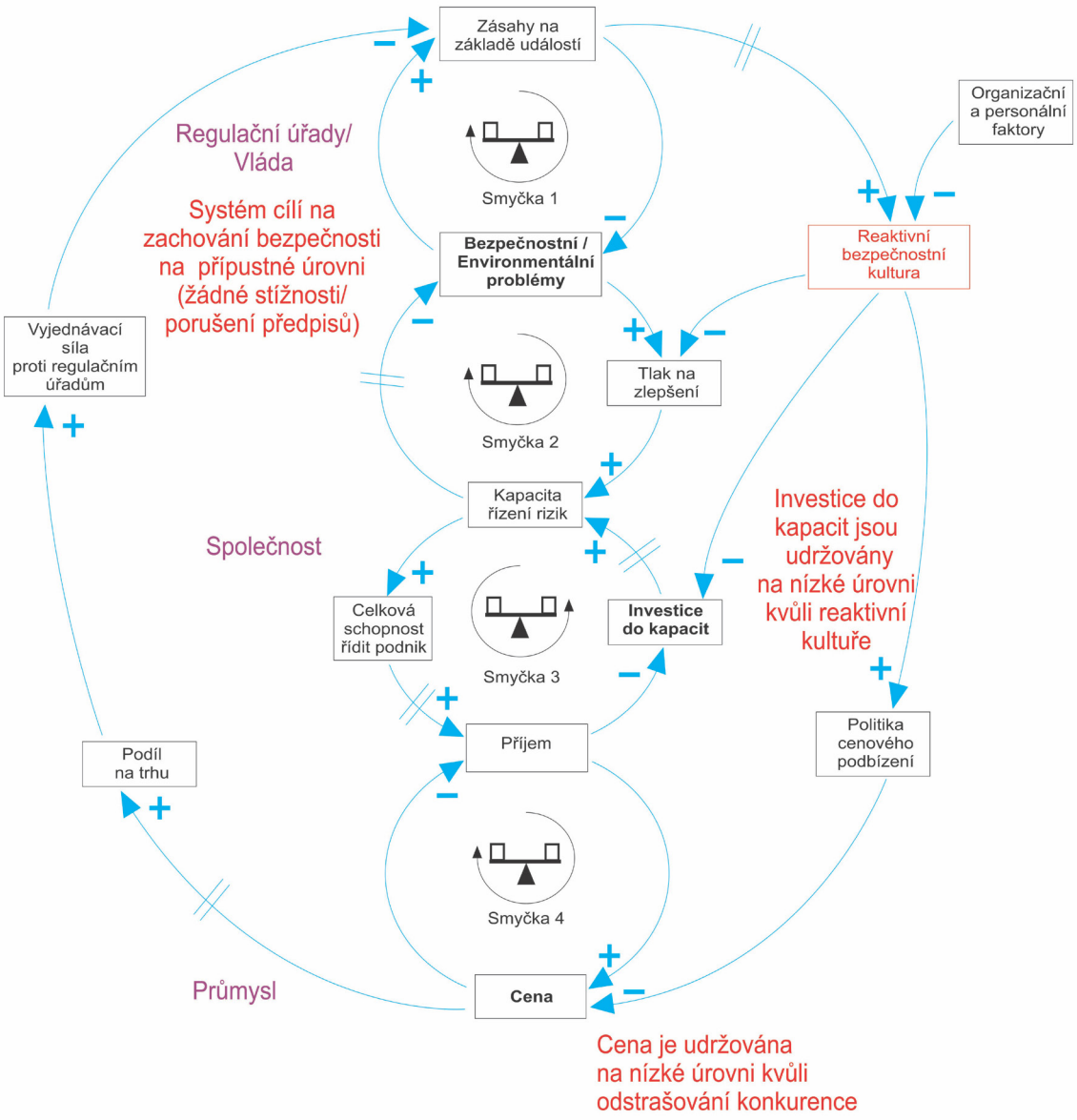
řen příčinný smyčkový diagram, který názorně zachytil, jak se právě přítomnost systémových archetypů podílela na vzniku požáru.

Požár se odehrál ve skladových prostorách společnosti Waste Control Pty Ltd. Společnost Waste Control Pty Ltd. operovala v Bellevue v oblasti západní Austrálie za účelem sběru průmyslových odpadů a provádění recyklace od roku 1989 až do roku 2001, kdy vypukl požár. Společnost shromažďovala rozpouštědla odpadů z různých průmyslových odvětví (např. chemické čištění, tisk, opravy motorových vozidel), ale také některé nebezpečné odpady, v jejich skladech se nacházelo až 2000 barelů odpadu, což značně převyšovalo mezní hranici danou licencí. Skladovací oblast se nacházela asi 500m od základní školy, 200m od obytných domů a 100m od hlavní silnice. V podmínkách licence bylo uvedeno, že společnost musí udržovat aktuální seznam skladovaných látek, nicméně příslušné orgány neobdržely žádný takový seznam ani informace o množství skladovaných látek. Společnost nebyla schopná dodržovat podmínky licence, protože měla nízký kapitál a velmi nízkou provozní marži. Odpovědné úřady se snažily za pomoci finančních půjček pomoci společnosti s jejími problémy, avšak společnost stále neplnila podmínky licence a nedokázala splácet finanční prostředky, které jí poskytla vláda na odstranění určité části uskladněného odpadu [Goh et. al., 2010].

Počátkem roku 2001 byl jednou pozdě v noci hlášen požár a výbuchy z místa, kde byl společností skladován nebezpečný odpad. Vlastník společnosti byl přítomen a sdělil, že na daném místě bylo skladováno asi 300 000l rozpouštědel, barev a smíšených kapalin, a také 30 000l tetrachlorethylenu. Kvůli nedostatečným záznamům společnosti o uskladněných látkách byly jen omezené možnosti, jak se s ohněm vypořádat. V oblasti areálu bylo značné množství škod a vzduch byl kontaminován spalinami [Goh et. al., 2010].

Z chování společnosti Waste Control je patrné, že se moc nezabývali kulturou bezpečnosti. Avšak co způsobilo vznik této nedostatečné bezpečnostní kultury a proč přetrvávala po dlouhý čas? Pro získání většího pochopení pro kulturu bezpečnosti je důležité pochopit systémové struktury, které řídí a udržují tuto kulturu. Prováděné nápravné akce ze strany vlády a regulačních úřadů vždy řešily pouze symptomy, ale nenapravovaly základní chyby společnosti. Tyto zásahy byly prová-

děny, přestože si regulační úřady byly vědomy, že jsou neefektivní pro prosazování změn vedoucích ke zlepšení managementu společnosti. Kapacita řízení rizik těmito zásahy nebyla nikdy zlepšena, naopak se zdá, že se tato kapacita zabývající se rizikem, které představují nebezpečné odpady, postupem času zhoršila [Goh et al., 2010].



Obr. 16 - CLD pro studii požáru v Bellevue [Goh et. al., 2010]

Za použití pojmů systémového myšlení může být na situaci požáru v Bellevue nahlíženo, jako na kombinaci dvou struktur archetypu Přesun břemene (Obr. 16).

Smyčka 1 a 2 zobrazují strukturu archetypu Přesun břemene na úrovni vlády a regulačních úřadů. Symptomy vzniklých problémů tvoří bezpečnostní/environmentální problémy společnosti Waste Control. Symptomatická řešení jsou představována zásahy vlády a regulačních úřadů a fundamentálním řešením by bylo, kdyby společnost Waste Control pracovala na vybudování větších kapacit pro řízení rizik. Obě smyčky 1 i 2 se pokouší udržet bezpečnost a environmentální problémy na přípustné úrovni (žádné stížnosti/porušení předpisů) [Goh et. al., 2010].

Prostřednictvím zachycení struktury systému je možné vidět celou řadu problémů, kdy byl pokus o nápravu pouze za pomoci aplikace symptomatického řešení a ani regulační úřady či vláda se nepokoušely aplikovat řešení fundamentální. Kupříkladu půjčení společnosti 100 000$ na odstranění 1000 barelů bylo jedním z nejhorších rozhodnutí vlády. Žádný takový zásah nezlepšuje kapacitu pro řízení rizik, která potřebuje k vybudování čas (zpoždění ve smyčce 2 na obr. 16), ale mohou být vnímány jako druh schválení pro aktuální způsob vedení firmy. Mezi fundamentální řešení by patřilo zlepšení kapacity pro řízení rizik (obr. 16 smyčka 2) nebo možnost přilákání alternativního poskytovatele stejných služeb, které poskytuje společnosti Waste Control. V průběhu vyšetřování ředitel společnosti prohlásil, že nastavený regulační rámec učinil jeho společnost neschopnou plnit si své povinnosti. Problémem bylo, že nastavený systém, kdy bylo chování společnosti regulováno pouze za pomoci inspekcí, žalob a instrukcí od regulačních úřadů, přispíval pouze ke vzniku reaktivní kultury ve společnosti (neúmyslný přínos smyčky 1). Jak se vypořádat s tímto problémem je možné vyčíst z obrázku, například za pomoci investic do kapacit pro řízení rizik, díky kterým by se časem nezlepšily pouze bezpečnostní a environmentální problémy společnosti, ale také celková schopnost řídit celý podnik, což by vedlo také k lepší finanční životaschopnosti společnosti. Avšak díky působení reaktivní kultury není moc pravděpodobné, že bude společnost vyčleňovat moc zdrojů na zvýšení této kapacity. Toto je ještě zhoršeno faktem, že úroveň příjmu je limitována díky politice cenového podbízení (obr. 16 smyčka 4). Společnost si neuvědomila, jak přetrvávající politika cenového podbízení usnadňuje její vlastní pád. Vlastnění monopolu na trhu navíc vyvíjelo

tlak na regulační úřady, které se nemohly uchylovat k tvrdým opatřením proti společnosti z důvodu obav z možnosti tvorby nelegální skládek [Goh et. al., 2010].

Studie názorně ukázala, jak se aktéři v případě existence struktury archetypu Přesun břemene v systému, mohou stát závislými na symptomatických řešeních (obr. 16 smyčka 1 a 4), hlavně pokud jednají pod tlakem. Pro posílení fundamentálních řešení se musí na situaci nahlížet disciplinovaně se zaměřením na dlouhodobé hledisko a udržitelnost. Čím dříve se začne fundamentálnímu řešení věnovat pozornost, tím rychleji se sníží tlak na použití řešení symptomatického. V případě požáru v Bellevue je pro rozvoj kapacit řízení rizik nutný dlouhodobý pohled ze strany Waste Control, ale i ze strany regulačního úřadu. Regulační zásahy by měly být navrženy tak, aby podporovaly správné způsoby řízení rizik ve společnosti. Ve většině případů je bezpečnostní kultura vytvořena jako produkt systémové struktury zavedený nevědomě společnými akcemi různých stran, které jsou součástí jednoho systému. Toto bylo demonstrováno ve studii případu požáru v Bellevue, kde spojení reakcí různých stran čelící tlaku nakonec resultovalo v požár [Goh et al., 2010].

Jak lze vidět na vybrané studii, tak aplikace systémové myšlení a použití příčinných smyčkových diagramů, může odhalit řadu příčin a souvislostí, které jinak nejsou na první pohled patrné. Objevení přítomnosti systémového archetypu je pak možným vyústěním při analýze chování daného systému za pomoci nástroje systémové dynamiky, což je zásadním krokem na cestě k vyřešení objevených problémů uvnitř systému. Zde uvedená případová studie není ojedinělá a existuje řada dalších, například studie od autorů Prusty a kol., která zmapovala za pomoci CLD vliv systémových archetypů na historický vývoj v indickém krevetovém průmyslu. I tyto studie potvrzují přínos systémového myšlení, které se tak používá stále více v různých odvětvích lidské činnosti.

2 Cíl a metodika zpracování

Cílem práce bylo zachytit pravidla a principy příčinných systémových diagramů a přístupy k jejich tvorbě v praktických příkladech. Následně provést na vybraném vzorku populace testování tvorby těchto diagramů, kdy vybraní lidé po krátkém seznámení s danými principy tvorby měli za úkol sestavit příčinný smyčkový diagram na vybrané téma. Nezávisle vzniklé diagramy byly následně analyzovány a byly prezentovány odlišnosti a správnost jejich provedení. Dle předem stanovených měřítek byla poté vybrána vhodná metoda pro slučování diagramů a ze získaných výsledků byl touto metodou následně vytvořen skupinový diagram.

Nejprve byla provedena literární rešerše. Mimo použití odborné literatury z oblasti systémových věd byly hlavní informace vyhledávány hlavně v databázích odborných článků jako jsou Springer, ScienceDirect, Scopus, Google Scholar, Sage Journals nebo Web of Science.

V těchto databázích bylo provedeno vyhledávání za účelem nalezení praktických příkladů použití těchto diagramů. V nalezených studiích byl za pomoci následného rozboru zjištěn postup, který autoři daného zdroje použili pro sestavení svého diagramu, tyto studie byly následně klasifikovány dle použitého postupu pro zajištění výběru vhodných článků pro potřeby práce.

Po zmapování různých způsobů aplikace příčinných smyčkových diagramů byla navržena vlastní modelová situace, na které byla testována tvorba těchto diagramů vybranými osobami.

Každý z vybraného vzorku osob byl seznámen s principy tvorby příčinných smyčkových diagramů a byla mu představena modelová situace, která zachycovala určitou problematikou, na kterou měl každý jedinec nastínit svůj pohled pomocí vytvoření příčinného smyčkového diagramu.

Výsledkem tohoto modelování jsou shromážděné příčinné smyčkové diagramy, které byly zanalyzovány a také vzájemně porovnány. Tyto výsledky byly s tvůrci ještě diskutovány a následně byl vhodně zvolenou metodou vytvořen skupinový příčinný smyčkový diagram.

3 Interpretace výsledků

V první části praktické části budou nejprve představeny vlastní zásady pro tvorbu příčinných smyčkových diagramů a různé postupy jejich možné tvorby.

3.1 Obecná pravidla tvorby příčinných smyčkových diagramů

Volba problémové domény

Vlastní tvorba příčinných smyčkových diagramů není sama o sobě uzavřená oblast, ale je to část procesu, který slouží pro lepší pochopení komplexních problémů. Není tedy smysluplné začít tvořit příčinný smyčkový diagram bez stanovení tématu nebo problému, kterému je třeba více porozumět. Téma by proto nemělo být moc obecné, ale měl by se stanovit konkrétní cíl, jako příklad lze uvést následující: „*Použití diagramu pro pochopení důsledků změny strategie z technologicky orientované na marketingově orientovanou.*“ je mnohem lepší pro vlastní tvorbu diagramu než „*Použití diagramu pro lepší pochopení našeho strategického plánování.*“ [Kim, 1992].

Stanovení časového horizontu

Je také užitečné si stanovit vhodný časový horizont vybraného problému, který by měl být adekvátně dlouhý pro zachycení dynamického procesu. Kupříkladu změna ve firemní strategii může mít dopad, který může firmu ovlivňovat několik let, naproti tomu vliv změny reklamní kampaně se většinou ukáže už v řádu měsíců a není tedy třeba sledovat dynamiku v příliš dlouhém časovém období.Avšak čas samotný by neměl nikdy hrát roli původce problému, například po vydatném dešti lze postupem času pozorovat pravidelný nárůst hladin řek, ale tento trend nelze přisuzovat, že je to vlastnost plynutí času. Ve výrobě kupříkladu náklady na nový produkt postupem času mohou klesat, nicméně by bylo chybou naznačovat příčinné spojení mezi časem a náklady na jednotku, místo toho často jsou proces zlepšování výroby a křivka učení se hlavními faktory kauzálních sil [Kim, 1992

Grafy chování v průběhu času

Identifikace a zakreslení vývoje klíčových proměnných v čase je prvním krokem ve formulaci chování vybraného systému pro jeho správné pochopení. Zakres-

lení odhadu budoucího chování vybrané proměnné s sebou nese i riziko toho, že odhad nebude správný, ale faktem je, že jakákoli předpověď budoucnosti bývá málo kdy úplně přesná, nicméně tím, že tento odhad je jednoznačně vyjádřen, tak lze tyto předpoklady testovat a odhalit možné nekonzistence, které by jinak nikdy nemusely vylézt na povrch. Graf chování v čase také často ukáže klíčové proměnné, které by měly být v diagramu zachyceny, příčinný smyčkový diagram by právě měl zachytit strukturu, která vysvětluje navrhované budoucí chování [Kim, 1992].

Stanovení hranic

Je důležité najít správnou hranici, která omezí nekonečné přidávání dalších a dalších prvků do diagramu, čímž by se daný diagram stal nečitelným a nepoužitelným. Proto je důležité se soustředit na stanovený problém a vhodně posoudit, co je k danému problému ještě relevantní a co už není. Vždy když je těžké stanovit, jestli danou proměnnou zahrnout či ne, tak je nutné si položit otázku „*Pokud by se vliv dané proměnné zdvojnásobil nebo naopak zmizel, mělo by to nějaký zásadní vliv na zkoumanou část systému?*“, jestliže odpověď je záporná, tak pravděpodobně lze danou proměnnou opomenout [Kim, 1992].

Úroveň agregace

Jak složitý by měl příčinný smyčkový diagram být? To je zásadní otázka, kterou si je potřeba položit před řešením každého problému, jelikož neexistuje univerzální odpověď a záleží právě na komplexnosti řešeného problému. V určení míry detailnosti jednotlivých proměnných by měl být nápomocný stanovený časový horizont. Pokud jsou pro řešení problému klíčové týdny, tak proměnné, které se v čase mění velmi pomalu lze v definovaném časovém horizontu pokládat za konstanty. Obecné pravidlo zní, že by proměnné neměly popisovat specifickou událost (např. rozbití čerpadla), ale měly by reprezentovat vzory chování (např. selhávání čerpadel v celé továrně) [Kim, 1992].

Výrazná zpoždění

Pokud v diagramu existují části, které mají výrazná zpoždění v působení na ostatní části diagramu, je nutné tato zpoždění zachytit. Tato zpoždění jsou zásadní, protože jsou často zdrojem nerovnováhy, která se akumuluje v systému. Pozoro-

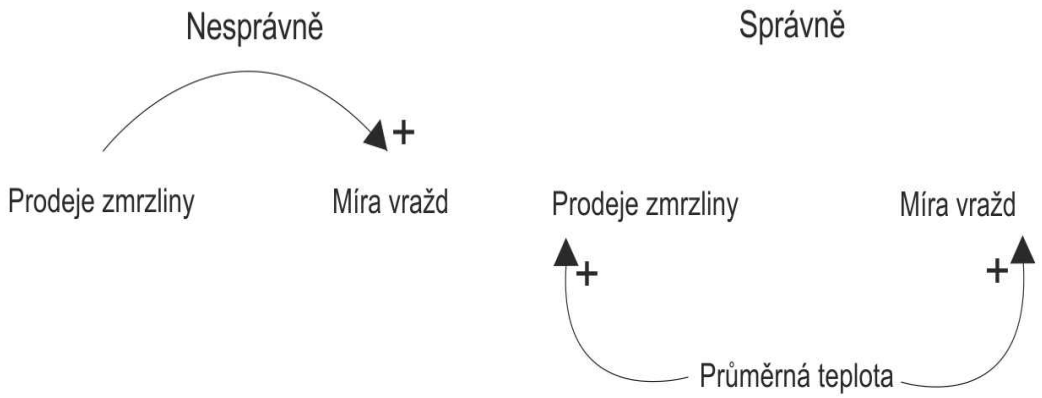
vání těchto vazeb zpoždění může pomoci zachytit a znázornit tlaky, které se hromadí v systému jako pojistný ventil, který se buď pomalu otevírá, jak tlak v systému roste nebo se náhle otevře, když tlak narazí na kritickou hodnotu. Příkladem může být zpoždění mezi dlouhou pracovní dobou a syndromem vyhoření, po neustálém pracovním vypětí (více než 60 hodin práce týdně) se může vyskytnout náhlý kolaps v podobě syndromu vyhoření [Kim, 1992].

Příčinné souvislosti oproti korelaci

Každý spoj v diagramu musí představovat příčinnou souvislost mezi proměnnými a je třeba se vyvarovat zachycení pouhé korelace mezi různými proměnnými, jelikož korelace zachycuje pouze minulá chování daného systému a nemá vliv na strukturu systému a jeho možné budoucí chování, které je třeba v diagramu zachytit. Pokud se změní určitá podmínka v systému nebo některá ze smyček přestane být dominantní, tak daná korelace může za systému úplně zmizet a příčinný smyčkový diagram by měl zachycovat pouze strukturu, která stojí za celým fungováním daného systému a je tedy stále platná [Sterman, 2000].

Tato problematika je pěkně vysvětlena na příkladu, který uvedl Sterman ve své knize *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World.* Tento příklad se týká zmrzliny a počtu vražd, kdy byla prokázána pozitivní korelace mezi množstvím prodané zmrzliny a mírou vražd. Vytvoření spoje mezi těmito proměnnými by bylo ovšem chybou, jelikož by byla zachycena pouze korelace a ne příčinná souvislost. V tomto případě je očividné, že příčina leží někde jinde a tou je horké počasí, které má vliv na obě výše zmíněné proměnné, kdy vyšší průměrná teplota zvyšuje hodnoty obou proměnných. V některých případech to však nemusí být tak zřejmé a proto je třeba pečlivě zkoumat strukturu zkoumaného systému a vyvarovat se zachycení pouhé korelace a tím stanovení nesmyslných závěrů, jako by v tomto případě bylo, že omezení prodeje zmrzliny sníží míru vražd.

Tato modelová situace je zachycena na obrázku č. 17., který zachycuje prostřednictvím příčinného smyčkového grafu obě varianty, správné i nesprávné zachycení dané situace.



Obr. 17 - Kauzální spojení [Sterman, 2000]

Značení polarity spojů

Je důležité nezapomenout označit polaritu každého spoje, který se nachází v diagramu. Správné značení polarity vazeb je důležité pro správné určení, jestli je zpětnovazební smyčka pozitivní nebo negativní. Pozitivní smyčky se také nazývají *sebeposilující* a označují se buď symbolem + nebo písmenem **R**, zatímco negativní smyčky se také nazývají *vyrovnávající* a značí se buď symbolem – nebo písmenem **B** [Sterman, 2000].

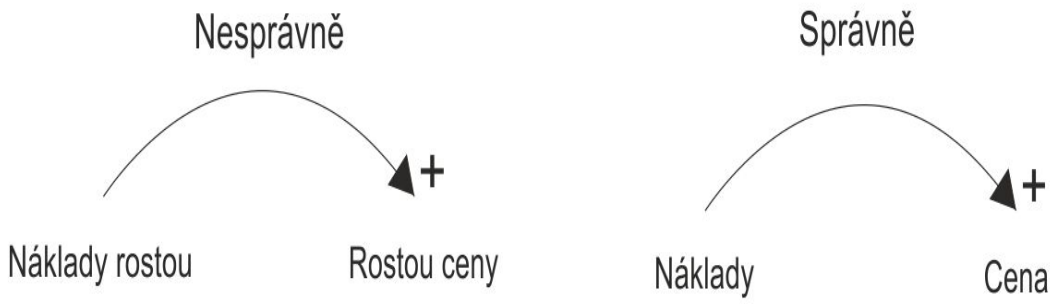
Pojmenovávání smyček

Často při použití příčinných smyčkových diagramů pro zachycení mentálních modelů klientů nebo při pokusu o zachycení struktury nějakého systému se může vyskytnout veliké množství smyček, což má vliv na správné vysledování spojů a na přehlednost diagramu. Pro lepší orientaci v diagramu, aby byl srozumitelný i ostatním mimo tvůrce, se doporučuje všechny smyčky v diagramu označovat jménem a číslem např. **R1**, **B2**, atd. Tato pojmenování pomohou následně lépe vysvětlit funkčnost jednotlivých smyček a slouží i pro odkazování se v textu či rozhovoru [Sterman, 2000].

Jména proměnných

Označení proměnných by vždy měla být podstatná jména popřípadě slovní spojení, jelikož slovesa jsou reprezentována za pomocí spojů mezi proměnnými.

Příčinné smyčkové diagramy zachycují strukturu systému a ne jeho minulé chování, nezachycují tedy, co se skutečně stalo, ale co by se mohlo stát, pokud se vliv nějaké proměnné změní [Sterman, 2000].



Obr. 18 - Správné značení proměnných [Sterman, 2000]

3.1.1 Principy navrhování příčinných smyčkových diagramů

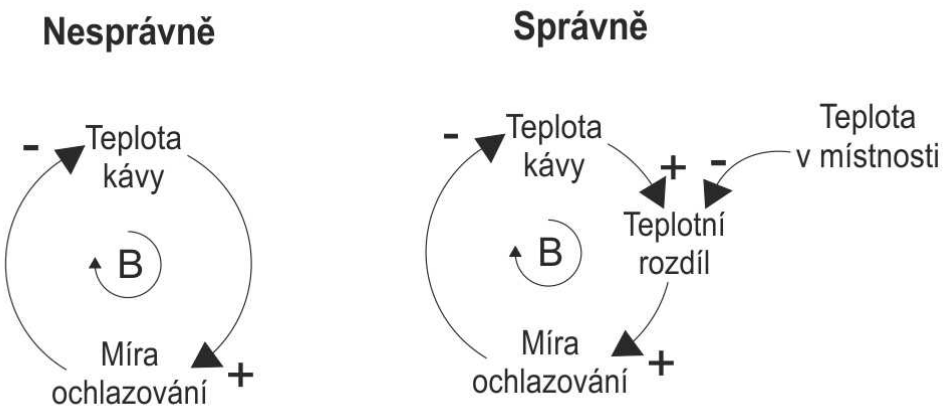
Pro zachování, co největší přehlednosti a co nejlepšího účinku použití těchto diagramů, je třeba dodržovat jisté principy jejich návrhu [Sterman, 2000]:

1. Pro zachycení zpětné vazby používat zakřivené křivky, které umožňují dobré názorné zobrazení těchto smyček.
2. Nechat důležité smyčky diagramu následovat kruhové či oválné dráhy.
3. Uspořádat diagram tak, aby neobsahoval překřížené spoje.
4. Nepoužívat čtverce, obdélníky, ovály či jiné tvary k ohraničování proměnných. Tyto tvary nemají v diagramu žádný význam, pokud vysloveně neslouží k většímu zpřehlednění určitého diagramu. V některých diagramech totiž spíš pozornost rozptylují a způsobují zmatek.
5. Postupně zlepšovat diagram. Vzhledem k tomu, že často na začátku procesu vytváření nelze určit všechny proměnné a smyčky, je třeba postupně překreslovat diagram, než se nalezne jeho nejlepší úprava.

Na obrázku 19 je zachycena situace, kdy vytvoření prosté kauzální vazby nemusí být vždy zřejmé, pokud se týká třeba oblasti, o které je nutné mít nějaké vědomosti, v takovém případě je lepší udělat víc mezikroků, aby i člověk neznalý dané problematiky, pochopil význam této vazby.

Obr. 19 - Tvoření mezikroků [Sterman, 2000]

Dalším pravidlem pro vytváření diagramů je omezení počtu smyček v jednom diagramu, jelikož krátkodobá paměť je schopna si vybavit maximálně asi 7 druhů informací najednou, což klade jistá omezení pro vytvoření komplexní kauzální mapy. Pokud by taková mapa byla příliš složitá, tak bude problém všímat si všech důležitých smyček a jejich chování, které generují. Jestliže je potřeba zachytit opravdu velký a komplexní problém bez přílišného zjednodušování, tak je lepší vytvořit více diagramů, kde každý zachytí část problémové oblasti [Sterman, 2000].



Obr. 20 - Tvorba negativních smyček [Sterman, 2000]

Na obrázku č. 20 je zachycen postup, jak správně vytvářet vyrovnávající zpětnovazební smyčky. Každá taková smyčka má určitý cíl, tímto cílem je požadovaný stav systému. Následně tyto smyčky porovnávají současný stav systému s tímto cílem a v případě nesouladu provedou přiměřenou akci pro korekci odchylek. Cíle těchto smyček by měly být v diagramu jasně vyjádřeny. Příklad na obrázku ukazuje, jak správně zachytit pomocí negativní smyčky přizpůsobování se hrnku s kávou pokojové teplotě. Míra ochlazování, tedy míra, kterou se rozptyluje teplo z horké kávy do okolního vzduchu, je zhruba proporcionální k rozdílu mezi teplotou kávy a teplotou v místnosti a proces ochlazování se zastaví, pokud se tento rozdíl teplot vyrovná [Sterman, 2000].

3.2 Vytváření příčinného smyčkového diagramu z dat získaných při interview

Získávání dat o problémové doméně v dané organizaci pomocí interview je mnohem efektivnější než například pomocí průzkumů nebo pozorováním a proto je to experty často využívaná metoda, která umožňuje zisk dostatečně bohatých dat pro vytváření dynamických systémů. Nicméně samotná interview často nestačí a je potřeba je doplnit i nějakými jinými empirickými daty, protože lidé často nemají úplné znalosti o zkoumaném systému a mohou znát třeba pouze jeho část. Tvůrce modelu musí používat triangulaci, tedy kombinovat různé přístupy a to z co největšího počtu zdrojů dat, aby získal správný vhled do struktury zkoumaného systému a na rozhodovací procesy, které tam probíhají [Sterman, 2000].

Po takto získaných a upravených datech z interview musí být tvůrce schopen extrahovat kauzální strukturu systému, pojmenovat vhodně proměnné a vytvořit spoje mezi nimi. Lidé v interview často nepopíší všechny vazby, které by pak cílový diagram měl obsahovat, a které mohou být pak tvůrci diagramu při tvoření jasné, otázkou je, zda vazby, které si subjekt neuvědomuje, doplnit do diagramu. To závisí na tom, jestli je třeba zachytit pouze mentální model systému dané osoby, pak by se neměly vazby doplňovat, ale je možné ukázat dané osobě prvotní diagram a pokusit se spolupracovat na případném doplnění dalších vazeb [Sterman, 2000].

Jestliže jde ale tvůrci o vytvoření co nejlepšího modelu, který bude vhodně zachycovat strukturu zkoumaného systému, tak je vhodné chybějící spoje či proměnné doplnit, ať už na základě vlastního pozorování nebo na základě jiných zdrojů dat. Tvůrce by tak měl využít všech svých znalostí daného systému pro vytvoření kompletního diagramu, který bude obsahovat všechny důležité prvky [Sterman, 2000].

3.3 Vytváření příčinných smyčkových diagramů na základě metody Group model building

Metoda Group model building, která by se dala volně přeložit jako skupinové vytváření modelu, byla původně vyvinuta roku 1980, kdy hlavní představitelé oblasti systémové dynamiky (např. Richardson a Andersen 1995, Richmond 1997, Vennix 1996) rozpoznali potenciál vytváření modelů a simulace s přímým zapojením účastníků modelovaného systému. Oblast systémové dynamiky má bohatou zkušenost se zapojováním lidí pro získání znalostí o struktuře zkoumaného systému, kdy se například za pomoci vhodně vedených interview zkoumají různé parametry a omezení, které se v systému nacházejí a jejichž správné určení je důležité pro vytvoření následné simulace. Metoda Group model building (GMB) počítá s přímým zapojováním lidí, kteří mají aktivní znalost zkoumaného systému, do vlastní tvorby modelu systému [Hovmand, 2014].

Podle Vennixe (1996) je metoda GMB postavena na čtyřech hlavních dimenzích. První dimenzi je možné vhodně vystihnout otázkou „*Kdo identifikoval prvotní problém?*“. Zpočátku ve společnostech, kde bylo velmi málo znalostí o problematice systémové dynamiky nebo hromadné tvorby modelu, řešení této otázky většinou začínalo u člověka, který už měl nějaké zkušenosti se systémovou dynamikou. Postupem času se však v některých společnostech začala problematika systémové dynamiky více dostávat do podvědomí a tak jsou členové těchto společností schopnější při správném definování objeveného problému. Za druhou dimenzi je považováno, že projekty se mohou rozdělit do dvou skupin podle toho, zda jsou vypracovávány strukturovaně nebo nestrukturovaně. Tedy jestli je skupinová tvorba modelu prováděná podle jasně definovaných pravidel, často ve spojení

s klientem či sponzorem projektu, nebo jestli je ponechán spíše volný průběh a je spoléháno na improvizované skupinové aktivity, což vyžaduje hlubší znalost systémové dynamiky než první strukturovaný postup. Třetí dimenzí je cíl tvořeného modelu, jestli je cílem vytvořit jen kauzální mapu (pozn. příčinný smyčkový diagram) nebo formální model pro počítačovou simulaci. Kauzální mapy jsou často používány v počáteční fázi řešení projektu pro zachycení částí struktury systému a pro správné definování problému a také ve finální fázi jako nástroj pro ilustraci výsledků simulace. Čtvrtou dimenzí je počáteční stav, tedy jestli se začíná od nuly nebo jestli už je možné na začátku pracovat již s dříve vytvořenou strukturou systému. Kupříkladu pokud je možné již na začátku pracovat s již vytvořeným diagramem hladiny toku, tak je pro osoby zapojené do procesu modelování snadnější určení klíčových proměnných a spojů, které vzájemně dané toky ovlivňují. Výhodou už existující počáteční struktury je i to, že lze lépe ostatním představit nástroje a jazyk systémové dynamiky. Mezi nevýhody použití již existující počáteční struktury patří, že může ovlivnit úvahy zúčastněných osob a proto je dobré její použití dobře zvážit [Hovmand, 2014].

Komponenty	Popis
Prvotní konzultace s klienty	- Kdo zahájil kontakt, tvůrce modelu či klient? - Jaké problémy si mají řešit a jaké jsou cíle projektu?
Zúčastněné osoby	- Velikost a skladba týmu - Stupeň podpory top managementu
Kontakt se zúčastněnými osobami	- Jsou naplánována prvotní interview? - Jak velké představení principů systémové dynamiky je poskytnuto?
Schůzka a účastníci	- Účastníci (kolik a kdo) na každé schůzce - Schůzky: počet a průměrná délka - Procento práce udělané mimo schůzky a ve skupině - Spokojenost pracovníků se vznikajícím výstupem

Komponenty	Popis
Postup tvorby modelu	- Jaký typ modelu a jaký postup tvorby byl použit? - Podpora: podpůrné techniky použité při tvorbě - Existovala výchozí struktura nebo se začínalo od nuly? - Byly použity dotazníky/pracovní záznamy?
Aspekty řízení diskuze	- Počet moderátorů a jejich role - Stupeň jakým způsobem ovlivňují diskuzi
Organizace schůzek	- Jsou schůzky organizovány mimo kancelář - Rozložení a vzhled místnosti

Tabulka 2 - Komponenty metody Group model building [Bérard, 2010]

Hlavním rozdílem mezi klasickým přístupem pro tvorbu modelů za pomoci nástrojů systémové dynamiky a tímto skupinovým je ten, že v prvním případě se na vývoji modelu podílí pouze jeden či dva experti, kteří provádějí expertízy a sami získávají data z rozličných zdrojů a v druhém případě nejsou experti na daný systém jediným zdrojem informací pro tvořený model, ale model se vyvíjí spoluprací s jinými lidmi či experty nebo expertními týmy [Bérard, 2010].

3.3.1 Případová studie s aplikací metody GMB

Pro ukázku použití této metody pro tvorbu příčinných smyčkových diagramů byla vybrána případová studie, která se zabývá aplikací systémového přístupu k vyřešení dlouhotrvajícího problému, který se týká vodních zásob a vodního hospodářství na ostrově Maui, který je součástí Hawajských ostrovů.

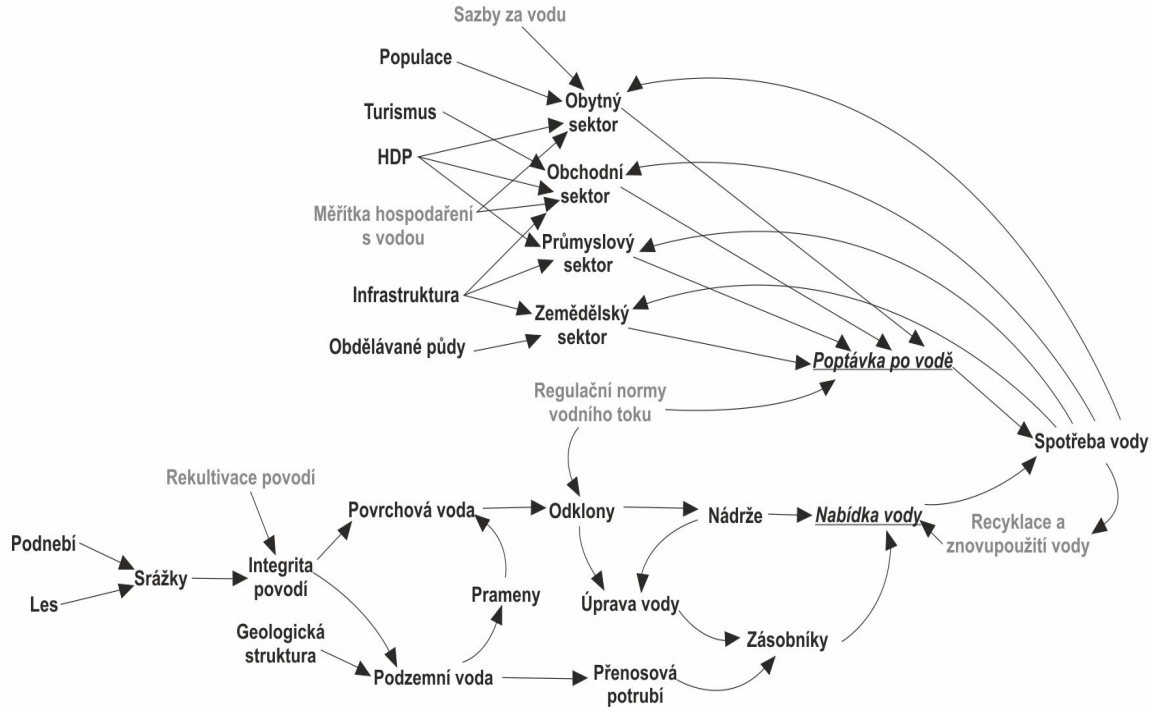
Udržitelný management vodního hospodářství je prioritou hospodářské politiky na ostrově Maui a to hlavně kvůli očekávání, že voda na ostrově bude stále vzácnější na základě rostoucí poptávky, tenčících se zásob podzemních vod a také kvůli poklesu srážek a možnému snížení dostupnosti povrchových vod. V posledních letech různé společnosti působící na ostrově, provozovatelé cestovního ruchu a místní úřady ukázaly touhu postavit se danému problému a ukázaly svoje per-

spektivy a plány regulačním orgánům. Na základě toho v roce 2010 spustilo MEDB (Maui Development Board) projekt s názvem *WaterStory,* který cílí na správné využívání zdrojů vody osob a organizací sídlících na ostrově pro zachování udržitelnosti vodních zdrojů. V této studii jsou popsány metody a nástroje použité pro usnadnění komunikace mezi působícími organizacemi a vládními orgány. Pro zobrazení důležitých vztahů a proměnných bude použit model systémové dynamiky [Bassi et al., 2015].

Ostrov Maui na Hawaji patří mezi velmi oblíbené turistické destinace, kam jezdí turisté z celého světa, skoro 300 000 návštěvníků si vybere tento ostrov pro svou dovolenou. Současně jak roste obliba této destinace, tak se v budoucích letech očekává postupně narůstající pokles zásob vody, které velmi pravděpodobně nebudou stačit krýt rostoucí poptávku po vodě. Tento vážný problém se stává stále podstatnějším pro místní společnost a je předmětem mnoha diskuzí místních vládních orgánů. Navzdory tomu, že dříve vytvořené konstrukční řešení na dlouhou dobu vyřešilo problémy s distribucí vody, tak současné trendy a předpovědi dodaly řešením problémů s vodním hospodářstvím opět vysokou prioritu. Mezi příčiny, proč opět vyvstávají problémy s nedostatkem vody na ostrově, patří nárůst místní populace, která se zvětšila od roku 2000 do roku 2010 o více než 20% a očekává se další růst, dále také spotřebu vody velmi ovlivňuje i turismus. Počítá se, že v následujících letech se bude počet turistů stále zvyšovat a s tím je spojen nárůst spotřeby vody na uspokojení nároků resortů, hotelů či golfových hřišť [Bassi et al., 2015].

Skupina expertů s označením *The Water Working group* na zasedáních dokázala zlepšit vývoj modelu systémové dynamiky, který reprezentuje interakce mezi ekonomickými, sociálními a ekologickými proměnnými, které mají vliv na zásoby a spotřebu vody na ostrově. Mimoto skupinová setkání a společné vytváření modelu výrazně přispělo k identifikaci klíčových proměnných, stejně dobře jako k určení priorit možných intervencí. Proces vývoje modelu je postaven na principech GMB a zahrnuje zapojení velké škály různých techniků, expertů a účastníků. Nejprve vybraný tým shromáždil potřebná statistická data pro vytváření modelu a provedl jejich analýzu, pro zajištění spolehlivosti získaných dat bylo pro jejich sběr využito

velkého množství různých zdrojů. Po shromáždění dat následovalo skupinové vytváření modelu, na němž se podílela velká skupina osob, která zahrnovala experty na systémové myšlení, specialisty na vodní hospodářství, zástupce místních orgánů a organizací a osoby, kterých se problémy s vodou přímo týkají (např. farmáři). Výsledkem těchto skupinových setkání byla konfrontace různých pohledů na věc, následná analýza získaných názorů a diskuze vedená expertem na vytváření modelů. Jednotlivá setkání účastníků probíhala následovně, každý účastník se nejprve představil a pak sdělil svůj pohled na problém týkající se zásob vody na ostrově a možného řešení tohoto problému. Tento postup vedl k identifikaci hlavních obav, které znepokojují zúčastněné vzhledem k jejich vztahu k problému [Bassi et al., 2015].



Obr. 21 - Příčinný smyčkový diagram vytvořený na základě skupinových setkání [Bassi et. al., 2015]

Na obrázku 21 je zachycen příčinný smyčkový diagram, který byl vytvořen společným zapojením všech účastníků. Tento diagram se zaměřuje na zobrazení dynamických vztahů, které existují uvnitř vodního systému na ostrově Maui. Zúčastnění identifikovali, že klimatické změny a zalesněné plochy mají hlavní vliv na množství srážek, které pak dále ovlivňují dostupnost povrchové vody a množství

vody podzemní. Dále také identifikovali klíčové faktory, které nejvíce ovlivňují spotřebu vody např. populace, turismus, infrastruktura a zemědělské půdy [Bassi et al., 2015].

Tvorba příčinného smyčkového diagramu byla provedena na základě určení vnitřní struktury a pochopení chování vodního systému. Zúčastnění rozpoznali, že vodní systém je hlavně ovlivňován vyrovnávajícími smyčkami. Zejména nárůst nabídky vody, který je poháněn rostoucí poptávkou po vodě, což vede k poklesu vodních zásob a to časem vede k poklesu nabídky vody. Dále byly také identifikovány dvě sebeposilující smyčky. První sebeposilující smyčka vysvětluje vztah mezi poptávkou po vodě, spotřebou vody a produkcí v hlavních sektorech (obytný, obchodní, průmyslový a zemědělský). Nárůst poptávky po vodě vede k růstu spotřeby vody, což naopak přispívá k růstu uvnitř sektorů (např. větší spotřeba vody v zemědělském sektoru vede ke zlepšení zemědělské produkce). Postupem času růst uvnitř sektorů vede k dodatečné poptávce po vodě pro udržení růstu ekonomiky. Druhá sebeposilující smyčka popisuje vztah mezi nabídkou vody, spotřebou vody a recyklací vody. Nárůst nabídky vody způsobuje nárůst spotřeby vody, který zase zvyšuje množství recyklované vody, která je připravena pro znovupoužití. Důležité je, že příčinný smyčkový diagram znázorněný na obrázku byl vytvořen na výzkumných seminářích, ke kterým bylo přizváno větší množství různých účastníků, kteří mají přehled o situaci na ostrově Maui [Bassi et al., 2015].

Diagram systémové dynamiky, který byl následně vytvořen podle tohoto příčinného smyčkového diagramu, zahrnuje další přidané smyčky a vazby, které reprezentují komplexnost vodního systému na Maui ve větších detailech [Bassi et al., 2015].

3.4 Klasický způsob tvorby příčinných smyčkových diagramů

Tento způsob se od předchozího liší hlavně individuálním charakterem, kdy se nepočítá se zapojením většího množství osob přímo do tvorby vlastního diagramu. Postup tvorby bude vysvětlen přímo na příkladu, který ve své knize *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World* uvedl John Sterman. Příklad se týká zachycení popisu problému, kterým je zvládání pracovní zátěže.

Vlastní proces tvorby se skládá z několika fází, kdy každá z nich bude stručně představena právě na zvoleném problému.

3.4.1 Definice problému

Řešeným problémem bude zvládání pracovní zátěže studenta. Každý student musí najít způsob jak vhodně skloubit studium, ostatní volnočasové aktivity, osobní život a spánek. V průběhu semestru je třeba pracovat na různých úkolech či projektech a učit se kvůli různým testům. Předpokládá se zvýšení aktivity studenta, jestliže nevykazuje takové výsledky, jaké požaduje a snížení této aktivity, pokud je student unavený nebo trpí nedostatkem energie. Existují dvě základní strategie, podle kterých mohou studenti pracovat, tzv. strategie mravenčí a nárazová. Mravenčí strategie spočívá v postupné práci na úkolech, kdy jsou úkoly zpracovávány hned, jak přichází a nepředpokládá se větší množství rozpracovaných úkolů. Díky tomu na konci semestru není potřeba zvyšovat množství pracovního úsilí, pro zvládnutí všech úkolů. Tato strategie zaručuje vysokou produktivitu a díky tomu má student dost energie a i času na ostatní aktivity. Většinou tato strategie zaručuje i dobré hodnocení ve škole. Naproti tomu nárazová strategie předpokládá, že hned jsou řešeny jen nezbytně nutné věci. Všechna ostatní práce se řeší, až těsně před konečným termínem. Na začátku období tak student díky malému pracovnímu vytížení má hodně energie a i dost času na své ostatní aktivity. Nicméně jak se krátí čas, tak je potřeba zvýšit pracovní úsilí a díky většinou velkému množství nedokončených úkolů je třeba pracovat hodně přesčas. Tím samozřejmě klesá energie studenta a tím i jeho produktivita a kvalita odvedené práce. Každá z těchto strategií může být za jistých podmínek tou správnou [Bureš, 2011].

3.4.2 Identifikace klíčových proměnných

Z popisu problému lze navrhnout několik proměnných, které jsou důležité pro model zvládání zátěže studenta. Těmito klíčovými proměnnými jsou:

- **Míra zadávání úkolů** – rychlost jakou profesoři zadávají úkoly v průběhu semestru (úkoly/týden)**.**

- **Míra dokončení práce** – rychlost jakou jsou úkoly plněny (úkoly/týden).
- **Počet nezpracovaných úkolů** – počet úkolů, které byly zadány, ale ještě nebyly vypracovány.
- **Hodnocení** – obdržené hodnocení za odvedenou práci (škála 0-100).
- **Pracovní týden** – počet hodin strávených nad úkoly zadanými ve škole, včetně školní docházky, četby, domácích úkolů, projektů atd. (hodiny/týden).
- **Množství energie** – Ukazatel udává, kolik energie studentovi zbývá, respektive jak odpočinutý se cítí (škála 0-100% kde 100% = plně odpočinutý a 0% = kóma).

Je možné, že v průběhu tvorby modelu budou identifikovány ještě další proměnné, ale tyto hlavní proměnné stačí pro zachycení dynamiky chování uvnitř zkoumaného systému [Sterman, 2000].

3.4.3 Tvorba referenčního módu

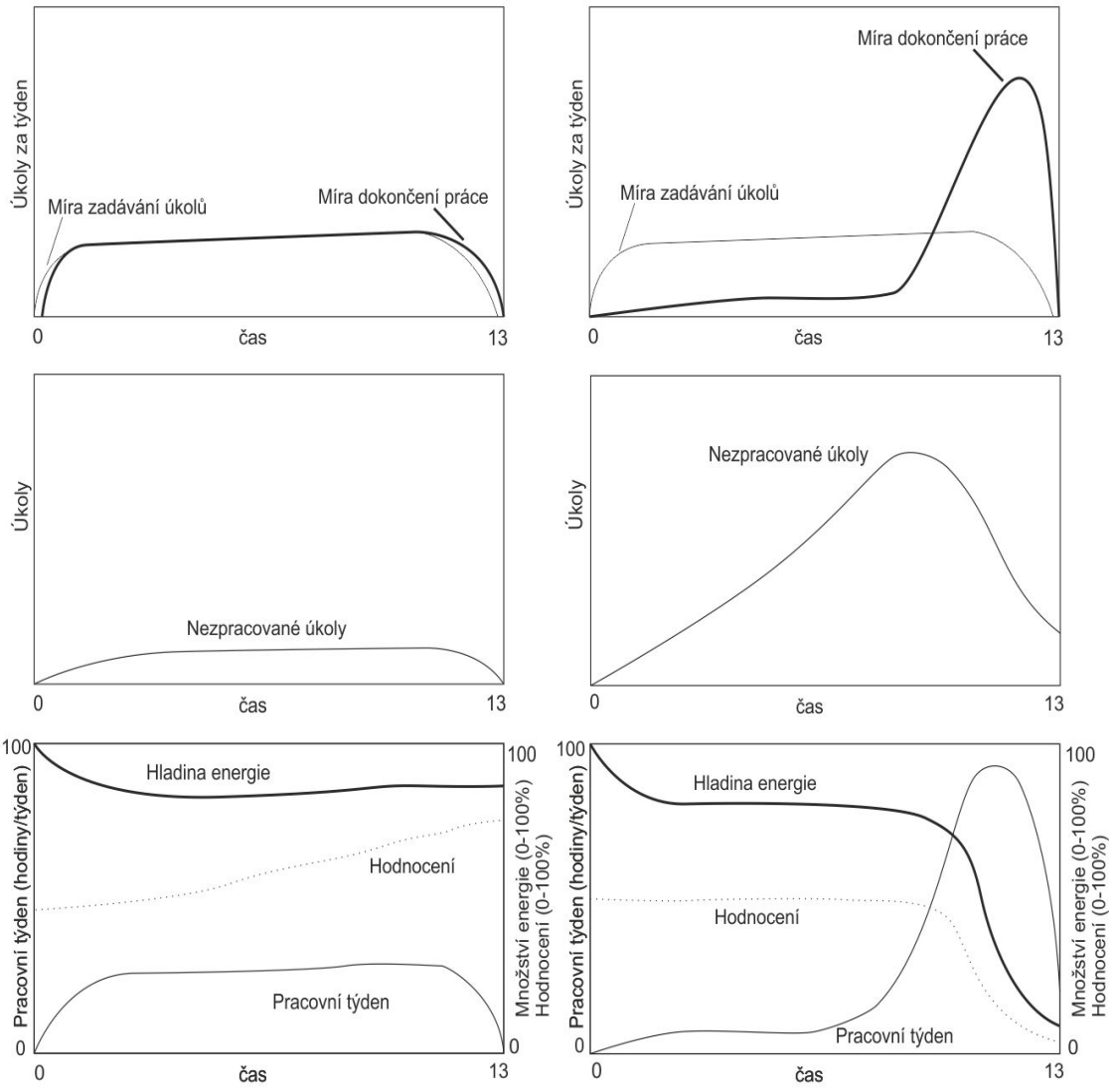
Referenční mód byl zobrazen za pomocí grafů BOT (Behaviour Over Time), jenž sleduje změny hodnoty proměnné v čase. Referenční módy byly vytvořeny pro obě stanovené strategie (pozn. mravenčí a nárazová). Míra zadávání úkolů je tzv. exogenní proměnná, to znamená, že se nemění, jelikož ji vlastní systém neovlivňuje [Bureš, 2011].

Referenční módy pro obě strategie jsou zobrazené na obrázku 22, zde je uvedeno ještě pár důležitých informací, pro konstrukci těchto módů [Sterman, 2000]:

- Musí být stanoven přesný časový horizont – zde 13 týdnů.
- Proměnné se stejnými jednotkami jsou vyneseny na stejných osách.
- Pro zachycení dynamiky v referenčním módu nejsou nutně zapotřebí číselná data. Stačí zachytit předpokládané chování proměnných podle textového popisu.
- Chování a časování proměnných musí být konzistentní a odpovídat znalostem o daném systému. Například v tomto případě u nárazové strate-

gie míra dokončování úkolů záleží na množství pracovních hodin, takže tyto proměnné se musí pohybovat společně. Nicméně jelikož energie a produktivita ke konci období klesají, tak míra dokončování neroste na konci semestru tak rychle jak se zvyšují odpracované hodiny.

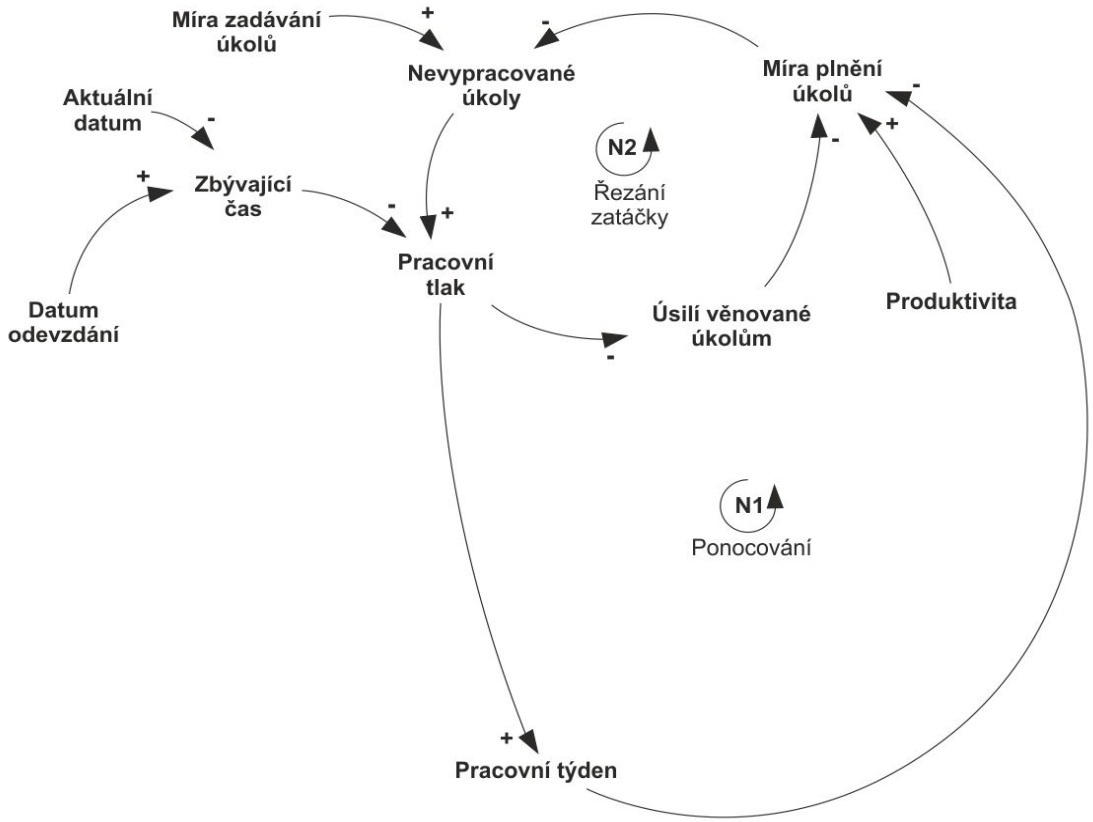
- Je třeba se ujistit, že graf respektuje všechny tokové vztahy, které se mezi proměnnými nacházejí. Například jakmile je množství zpracovaných úkolů menší, než počet úkolů, které jsou zadávány, tak musí růst veličina *Nezpracované úkoly* a naopak.



Obr. 22 - Referenční módy pro mravenčí (vpravo) a nárazovou strategii (vlevo) [Sterman, 2000]

3.4.4 Tvorba příčinného smyčkového diagramu

Dalším krokem po popisu problému a vytvoření referenčního módu je vlastní návrh příčinného smyčkového diagramu. V tomto diagramu je třeba zachytit všechny kauzální vztahy, které by měly vysvětlovat chování daného systému [Sterman, 2000].

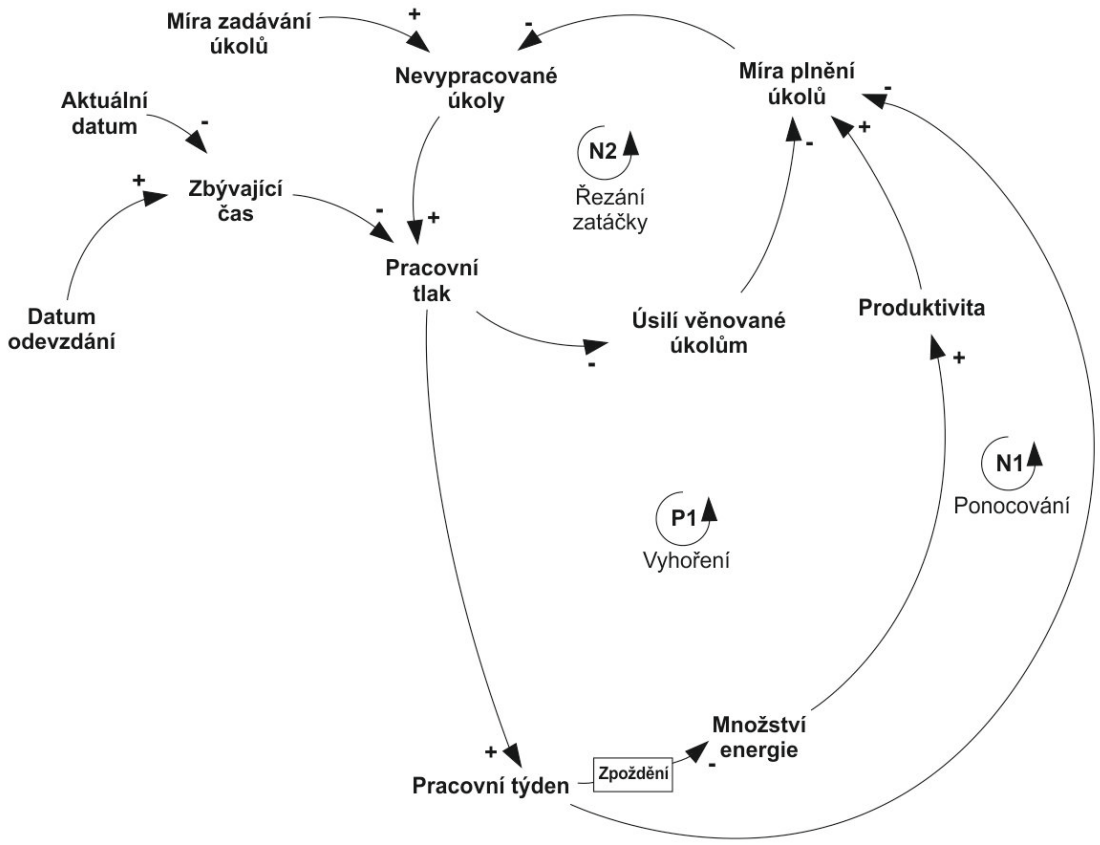


Obr. 23 - První verze diagramu [Sterman, 2000]

Na obrázku 23 je vidět první verze diagramu. Míra zadávání úkolů se zde uvažuje jako exogenní proměnná, jakmile začne semestr, tak student má tuto míru danou tím, kolik předmětů potřebuje dokončit. Proměnná *Nezpracované úkoly* se zvyšuje právě podle míry zadávání úkolů a naopak jí snižuje *Míra dokončené práce*. Například pokud v průměru student pracuje 50 hodin týdně a dokáže splnit jeden úkol ve vysoké kvalitě zpracování za jednu hodinu a udělá pouze polovinu těchto úkolů v požadované kvalitě, tak tato míra bude 50*1*0,5 = 25 dokončených úkolů za týden (za předpokladu, že jednotlivé zadané úkoly se dají považovat za podobné

z hlediska obtížnosti). Tato proměnná je tedy ovlivňována délkou pracovního týdne, produktivitou studenta a jeho úsilí věnované úkolům. *Úsilí věnované úkolům* je snaha studenta věnovat se danému předmětu porovnaná s úsilím nutným pro absolvování daného předmětu s vysokým výsledným hodnocením. Jakmile je na studenta zvětšován pracovní tlak, tak se zde objevují dvě vyrovnávací zpětné vazby (N1 a N2), kterými se student může vydat. Negativní vazbou N1 s označením *Řezání zatáčky* se rozumí, že student bude snižovat úsilí věnované úkolům tím, že například omezí četbu nebo vynechá nějaké předměty, což se samozřejmě pak ale negativně projeví i na hodnocení. Druhou vazbou N2 s označením *Ponocování* se naopak rozumí, že student se vyrovná se zvyšující se pracovní zátěží tím, že zvýší počet pracovních hodin v týdnu třeba na úkor spánku. Vlastní proměnná *Pracovní zátěž* ovlivňuje kromě míry zadávání úkolů také ještě čas, který zbývá pro dokončení daného úkolu. Proměnná *Zbývající čas* se jednoduše určí jako rozdíl mezi aktuálním kalendářním datem a termínem odevzdání [Sterman, 2000].

Dle zobrazeného diagramu je patrné, že student má v podstatě dvě možnosti, kudy se může vydat, když se pracovní tlak zvedne nad únosnou hranici. Může buď snižovat úsilí věnované jednotlivým úkolům a tím jich dokončit více za méně času na úkor kvality nebo může zvýšit počet pracovních hodin. Obě tyto popsané smyčky jsou negativní s cílem snížit pracovní tlak. Nicméně každá z těchto negativních smyček zachycených na předchozím diagramu má své vedlejší efekty, které je třeba zahrnout v dalším rozpracování daného diagramu. Tím, že student zachovává vysoké pracovní tempo na úkor spánku a jiných potřeb, tak se s jistým zpožděním začíná snižovat jeho energie. S rostoucí únavou studentovi klesá jeho koncentrovanost na práci a tím dělá více chyb a klesá jeho produktivita a i míra dokončené práce. Tato míra klesá a množství nevypracovaných úkolů je tak stále velké, čímž je zachován stále velký pracovní tlak a tedy i dlouhý pracovní týden a nízká energie a potažmo i produktivita, toto je zohledněno v druhé verzi diagramu, která je zobrazena na obrázku 24 [Sterman, 2000].

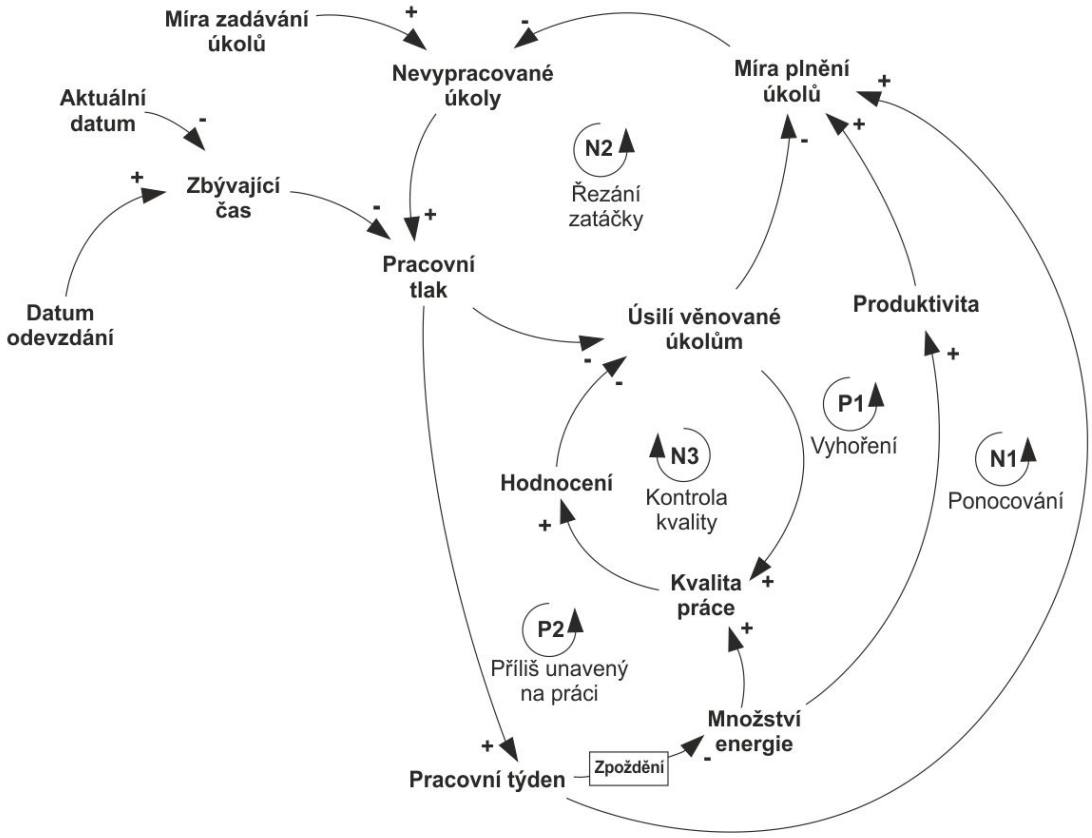


Obr. 24 - Druhá verze diagramu [Sterman, 2000]

Popsané chování je zachyceno prostřednictvím sebeposilující smyčky P1 s označením *Vyhoření*. Je to ukázka typického příkladu přepracování, kdy pracovník nemůže donekonečna zvyšovat své pracovní úsilí a brát přesčasy, jít tedy cestou vazby N1, postupem času totiž začne převažovat právě vliv vazby P1 a tak nárůst pracovních hodin nebude mít vytoužený účinek [Sterman, 2000].

I následné snížení úsilí věnované úkolům má svoje vedlejší efekty. Jakmile je věnováno méně času jednotlivým úkolům, aby student stihl všechny úkoly dokončit, tak se samozřejmě snižuje kvalita odvedené práce a tím i hodnocení studenta. Pokud toto hodnocení klesne pod úroveň, jakou si student představuje, tak začne zvyšovat úsilí věnované jednotlivým úkolům, aby si hodnocení zlepšil. Ve třetí verzi diagramu se tímto zabývá negativní zpětná vazba N3 s označením *Kontrola kvality.* Nicméně tato snaha o zachování určité kvality odvedené práce vytváří pozitivní zpětnou vazbu P2 *Příliš unavený na práci*, jak se student snaží věnovat více času jednotlivým úkolům, aby si zlepšil hodnocení, tak klesá míra plnění úkolů, čímž se

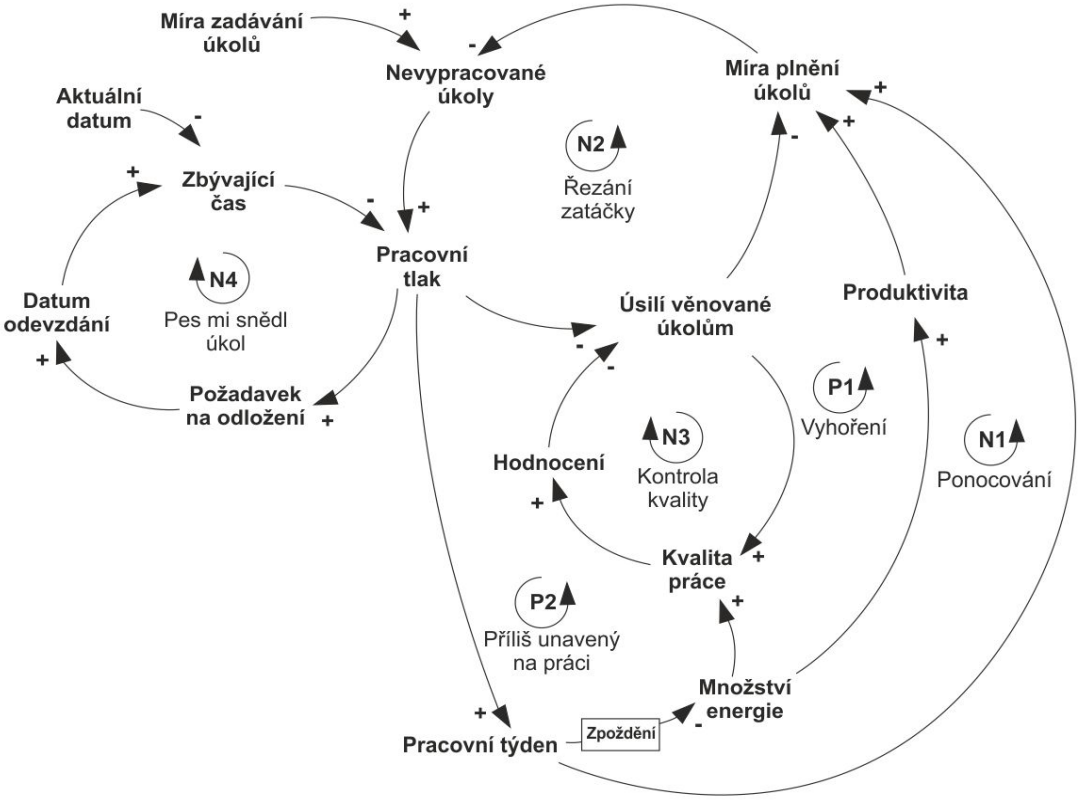
zvyšuje množství nevypracovaných úkolů, tedy opět student musí zvyšovat počet odpracovaných hodin, což se zpožděním vede k poklesu energie, větší chybovosti a opětovného snížení hodnocení. Příliš unavený student si proto nedokáže zlepšit hodnocení a nárůst úsilí tak vede jen k více odpracovaným hodinám a dalšímu snížení energie [Sterman, 2000].



Obr. 25 - Třetí verze diagramu [Sterman, 2000]

Lidé si většinou v těchto případech neuvědomují, že jejich snaha o zlepšení může být kontraproduktivní, proto zde dochází k situaci, že stále pracují, i když jejich snaha není odměněna zlepšenými výsledky, někdy navíc může docházet i k dalšímu poklesu hodnocení odvedené práce. Pokud tedy vše selže a student stále nedokáže zvládnout dokončení všech úkolů, tak je třeba zachytit možné únikové řešení, jak ho znázorňuje finální verze diagramu. Student může požádat o posunutí termínu odevzdání daného úkolu, čímž je vytvořena negativní zpětná vazba N4 s pracovním označením *Pes mi snědl úkol*, jelikož je většinou tato žádost o odložení

doprovázena nějakou výmluvou či historkou. Pokud se univerzita rozhodne vyjít studentovi vstříc, tak se sníží pracovní tlak vyvíjený na studenta a on bude mít více času na to, aby odvedl dobrou práci. Tato vazba je však spíše slabá, jelikož termíny odevzdání jdou málokdy odložit, bez skutečně vážných důvodů. Navíc se zde skrývá i nebezpečí toho, že pokles pracovního tlaku nepovede ke zkvalitnění práce, ale jen ke snížení odpracovaných hodin, což povede opět ke snížení úsilí věnovaným jednotlivým úkolům, čímž se sníží míra plnění úkolů a pracovní tlak opět poroste [Sterman, 2000].



Obr. 26 - Čvrtá verze diagramu [Sterman, 2000]

Tímto způsobem by se dalo pokračovat stále dál, jelikož nikdy nelze říct, že vytvořený model je finální, protože příčinné smyčkové diagramy nikdy neobsahují vše a ani by neměly z toho důvodu, že modelování spočívá ve zjednodušování daného systému. Vytvořené diagramy se vyvíjí, jak se prohlubuje chápání daného systému nebo jak se mění cíl modelování. Zde použitý příklad pro ilustraci daného postupu pro vytváření příčinných smyčkových diagramů má také daleko k dokona-

losti a dalo by se v něm zohlednit další faktory. Například smyčka *Kontrola kvality* by šla udělat detailněji, kdyby se explicitně vyjádřil studentův cíl třeba za pomoci proměnné *Požadovaný stupeň hodnocení*, místo předpokladu, že si student zlepší hodnocení, když jeho známky poklesnou pod jeho očekávání, která nejsou blíže specifikována [Sterman, 2000].

3.5 Ukázky aplikací různých přístupů tvorby CLD na praktických příkladech

Vytváření příčinných smyčkových diagramů je založeno na určité abstrakci reality a vytvoření zjednodušeného modelu reality, proto je vlastní tvorba kreativní činnost, která se ne vždy řídí přesnými postupy, zde bude uvedeno několik případových studií, kde bude ukázáno, jak autoři řešili tvorbu daného diagramu.

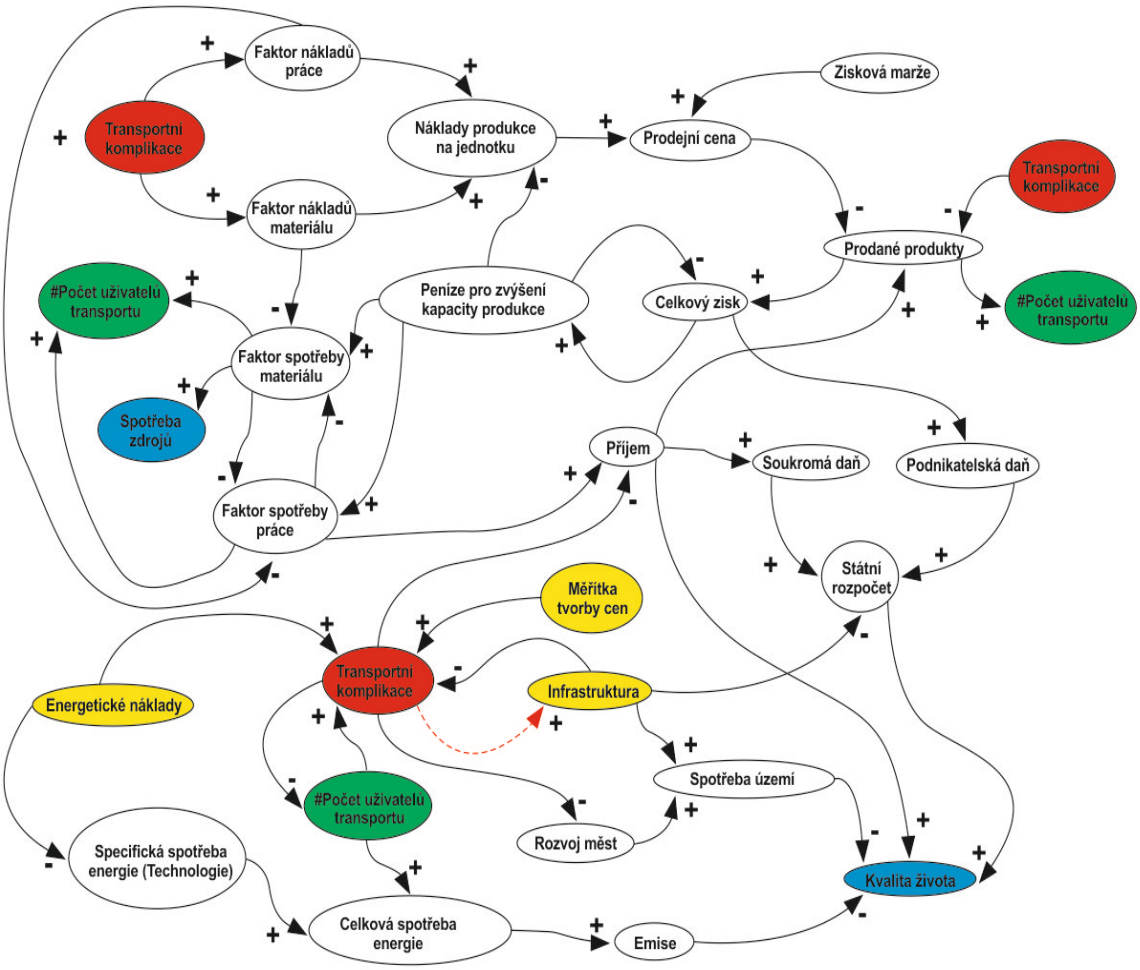
3.5.1 Popis působení Transportních systémů na Socio-ekonomické systémy za pomoci CLD

Vše kolem nás je součástí nějakého systému a všechny elementy jsou s něčím propojeny. Dohromady tyto elementy a jejich spoje tvoří systém jako Ekonomika, Ekologie, Kultura apod. Je zřejmé, že přeprava zboží či lidí se považuje za základní část, kterou je potřeba zajistit pro fungování společnosti. Je na místě zdůraznit, že doprava či transportní systém nemůže růst donekonečna a je nutné mít jisté stabilizační mechanismy, které by pokusům o tento růst zabránily [Emberger, 2000].

Hlavním cílem této studie je identifikovat strukturu současného západně orientovaného životního stylu za pomoci příčinného smyčkového diagramu a zjištění tak, chování daného systému v průběhu času. Před vlastní tvorbou je důležité stanovení hranic systému, pro zde tvořený model byla stanovena následující pravidla [Emberger, 2000]:

1. Model by měl být platný pro rozličné prostorové oblasti (vesnice, města, státy, světadíly či svět). Tedy oblasti pro bydlení, produkci jídla, transportní zařízení atd. jsou omezené (uzavřený systém).
2. Je předpokládaný západně orientovaný („*hodnotový*“) životní styl. Takzvaná konzumní společnost, víra v nekonečný růst HNP atd.

Na následujícím obrázku 27 je vidět vytvořený model zahrnující hlavní příčinné vazby identifikované ve výše deklarovaném kontextu.



Obr. 27 - Příčinný smyčkový diagram [Emberger, 2000]

Pro komplexnost řešeného problému byly autorem nejprve identifikovány základní elementy a jejich vzájemné vztahy. Do příčinného smyčkového diagramu byly převedeny klíčové vlastnosti několika disciplín, mezi které patří [Emberger, 2000]:

1. **Transportní plánování** – V diagramu je zobrazeno prostřednictvím proměnných *Počet uživatelů transportu, Transportní komplikace, Energetické náklady, Měřítka tvorby cen a Infrastruktura.* Nutno zdůraznit, že proměnné *Počet uživatelů transportu* a *Transportní komplikace* reprezentují vždy pou-

ze jednu proměnnou a každá z nich je v diagramu vícekrát pouze z důvodu lepší přehlednosti a eliminace nadbytečných vazeb.

2. **Územní plánování** – Je vyobrazeno pomocí proměnných, které se nacházejí v pravém spodním rohu diagramu,
3. **Podniková ekonomika (produkce)** – proměnné v levém horním rohu diagramu,
4. **Podniková ekonomika (obchod)** – proměnné v pravém horním rohu,
5. **Ekonomika** – zobrazená pomocí proměnných v pravé prostřední části diagramu.

Proces vytváření modelu byl založen na správné abstrakci reality, je nutné, aby se jednotlivé elementy nacházely zhruba na stejném hierarchickém stupni. Další podmínkou, která byla při vytváření zohledněna, je nutnost určení polarity vazeb, tedy jestli se jedná o pozitivní nebo negativní zpětnou vazbu. Počet proměnných v diagramu by neměl překročit únosnou mez, aby šlo jasně pochopit chování zkoumaného systému, zde vytvořený diagram obsahuje 26 proměnných [Emberger, 2000].

V této studii vytvořený diagram obsahuje různé druhy proměnných, které se podle autora dělí následovně:

1. **Autonomní proměnné** – Tyto proměnné řídí a ovlivňují chování celého systému. Do této skupiny spadají jen proměnné, které se týkají vlastního transportu: *Měřítka tvorby cen, Energetické náklady* a *Infrastruktura.*
2. **Indikátorové proměnné** – Tyto proměnné reprezentují výstup chování daného systému, tedy jak změny autonomních proměnných ovlivňují celý systém. Patří sem *Kvalita života* a *Spotřeba zdroj.*
3. **Ovlivňované proměnné** – Do této kategorie patří všechny zbývající proměnné, tedy takové, které jsou ovlivňovány působením zpětných vazeb uvnitř systému.

Na diagramu vytvořeném podle výše definovaných pravidel můžeme pozorovat několik užitečných charakteristik. Například je možné odvodit kvantitativní výsledky z kvalitativního modelu. Za použití algoritmu „*Prohledávání do hloubky*“

na vytvořený diagram je možné odvodit, jak moc určitá negativní či pozitivní vazba, ovlivňuje danou indikátorovou proměnnou a jakou cestou to dělá. Takovouto informaci je možné vypočítat pro všechny existující cesty mezi autonomními a indikátorovými proměnnými. Jako příklad lze uvést, že ve zde vytvořeném diagramu existuje 3658! různých cest od proměnné *Energetické náklady* k proměnné *Kvalita života*. Mezi další informace, které lze vypočítat patří například, kolik proměnných bylo navštíveno v průběhu cesty modelem nebo jaké bylo největší a nejmenší časové zpoždění [Emberger, 2000].

Všechny tyto informace, které mohou být získány z vytvořeného příčinného smyčkového diagramu, pomáhají vytvořit představu o tom, jak se vyvíjí chování zkoumaného systému v průběhu času. Zkoumání a testování vytvořeného diagramu může pomoci vysvětlit jak krátkodobé chování systému, které ovlivňuje lidské rozhodovací procesy, tak i dlouhodobé chování, čímž může pomoct zajistit stabilitu daného systému. Identifikace tzv. *„bludných kruhů“* v dynamických systémech by mělo být hlavním cílem společnosti [Emberger, 2000].

3.5.2 Použití CLD pro řešení problému zasolování půdy ze zemědělských povodí v rozvojových zemích

Tato studie se zabývá zapojením zainteresovaných osob do vývoje kvalitativního modelu systémové dynamiky (příčinný smyčkový diagram). Tento navržený postup má pomoci překonat překážky, mezi něž patří nedostatečná expertíza, nedostatek času a finančních zdrojů, které znesnadňují modelování a identifikaci systému v rozvojových zemích. Navržený metodologický framework byl aplikován na problém zasolování půdy v Rechna Doab, který patří mezi regiony Pákistánu, kdy se cílí na zapojení místních osob do kvalitativního modelování pomocí tvoření příčinných smyčkových diagramů pro zjištění příčin řešeného problému. Cílem bylo vytvořit s každou zúčastněnou osobou příčinný smyčkový diagram, jako obraz jeho mentálního modelu a z všech těchto diagramů byl následně vytvořen skupinový digram zachycující celý systém. Studie demonstruje užitečnost zapojení osob, kterých se řešený problém týká přímo do modelování daného systému. Navržený postup tvorby diagramu je tedy založen na spolupráci odborníků na modelování s obyčejnými lidmi, kteří žijí v oblasti, kde se nachází řešený problém. Tyto lidé

jsou tak zapojeny přímo do procesu modelování i přes jejich nedostatečné odborné znalosti, navíc jsou často limitováni i časově či finančně, což je obvyklé v oblastech jako je Pákistán. Autory této studie byly stanoveny dva hlavní cíle a to ukázat krok po kroku, jak lze zapojit zúčastněné strany do procesu modelování a seznámení s problémem zasolování půdy v rozvojových zemích, následně také daný postup uplatnit v praxi v regionu Rechna Doab v Pákistánu. Navržený postup modelování lze rozdělit do následujících fází [Inam et al., 2015]:

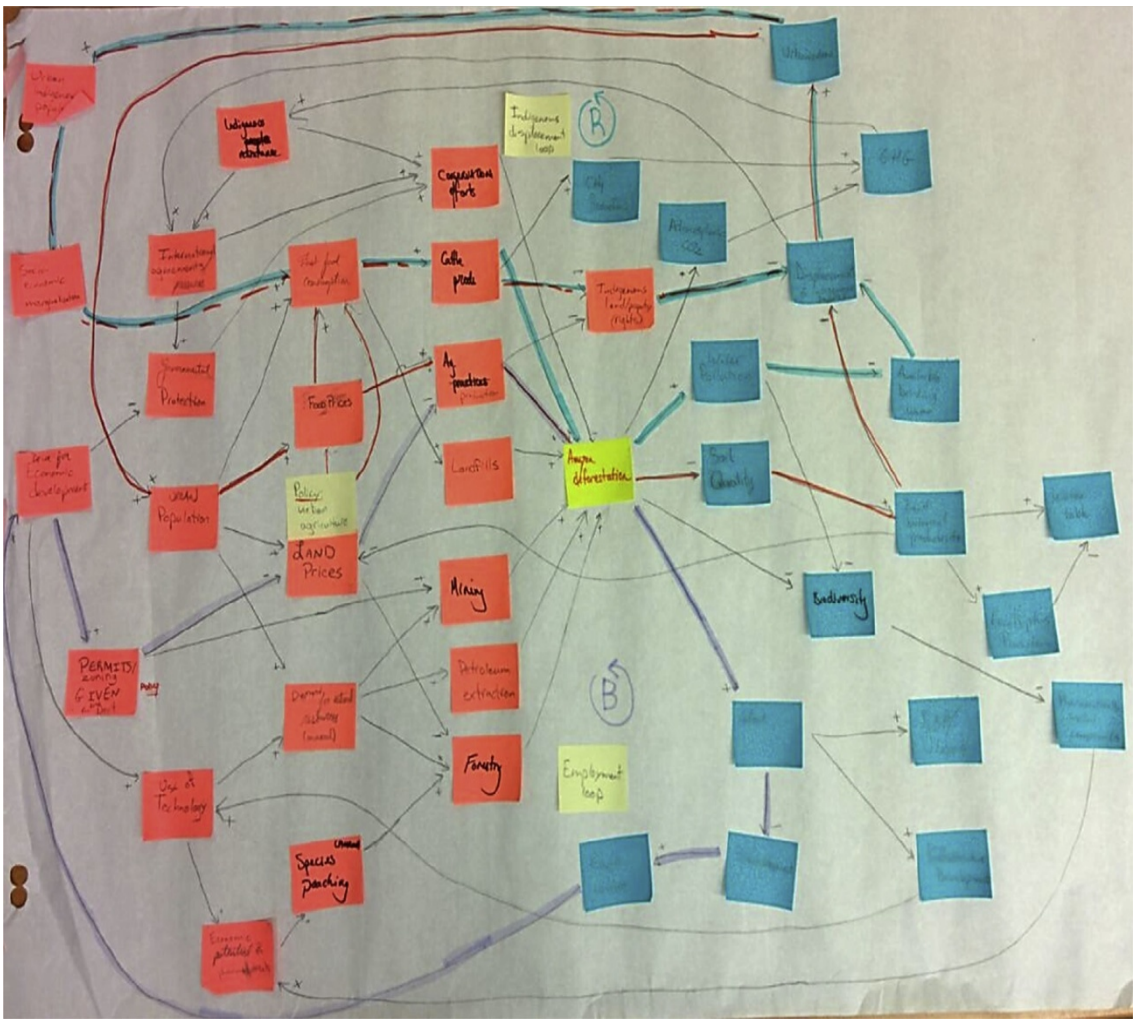
1. Definování a shrnutí problému
2. Analýza místních lidí pro vhodný výběr osob podílejících se na modelování
3. Vedení interview s vybranými lidmi
4. Individuální vytváření příčinných smyčkových diagramů
5. Konstrukce skupinového diagramu (zahrnující prvky ze všech individuálních diagramů)

Jelikož se tato studie zabývá problémem v rozvojových zemích, kde existuje pro místní lidi celá řada finančních či časových omezení, tak byl zvolen postup, kdy modelovací experti jezdí individuálně za jednotlivými osobami, které byly vybrány do modelovacího procesu namísto skupinových sezení. Tento individuální přístup může mít i další výhody, jelikož lidé mají tendenci ve skupině podat méně informací než při individuálním přístupu [Inam et al., 2015].

Vhodné definování problému je zásadním úkolem modelovacího experta pro všechny následující fáze, je potřeba shromáždit co nejvíce informací o problému a následně je vhodně shrnout pro následující použití při komunikaci se zúčastněnými osobami. Celý průběh této fáze se dá popsat v následujících bodech [Inam et al., 2015]:

1. Výběr problému a klíčových proměnných
2. Stanovení časového horizontu
3. Stanovení hranic modelu
4. Vývoj referenčního modelu (grafické znázornění vývoje problému v čase)
5. Identifikace skupin pro výběr osob zapojených do modelování

Po této fázi následuje výběr vhodných osob, které se budou podílet na tvorbě modelu, zde je možné použít různé metody v závislosti na řešeném problému, je možné použít analýzu podpořenou brainstormingem, rozdělení lidí do skupin, přiřazení jejich rolí a atributů atd. Osoby, které byly takto vybrány, byly následně kontaktovány a následovalo vedení individuálních interview pro zachycení znalostí osob o problému pomocí příčinných smyčkových diagramů. Modelovací experti mající na starost celý proces modelování seznámili zúčastněné osoby s postupem tvorby diagramu. Osobou v takovéto situaci může být třeba místní farmář, proto je nutné nejprve představit stručná pravidla, jak vytvořit cílový diagram [Inam et al., 2015].



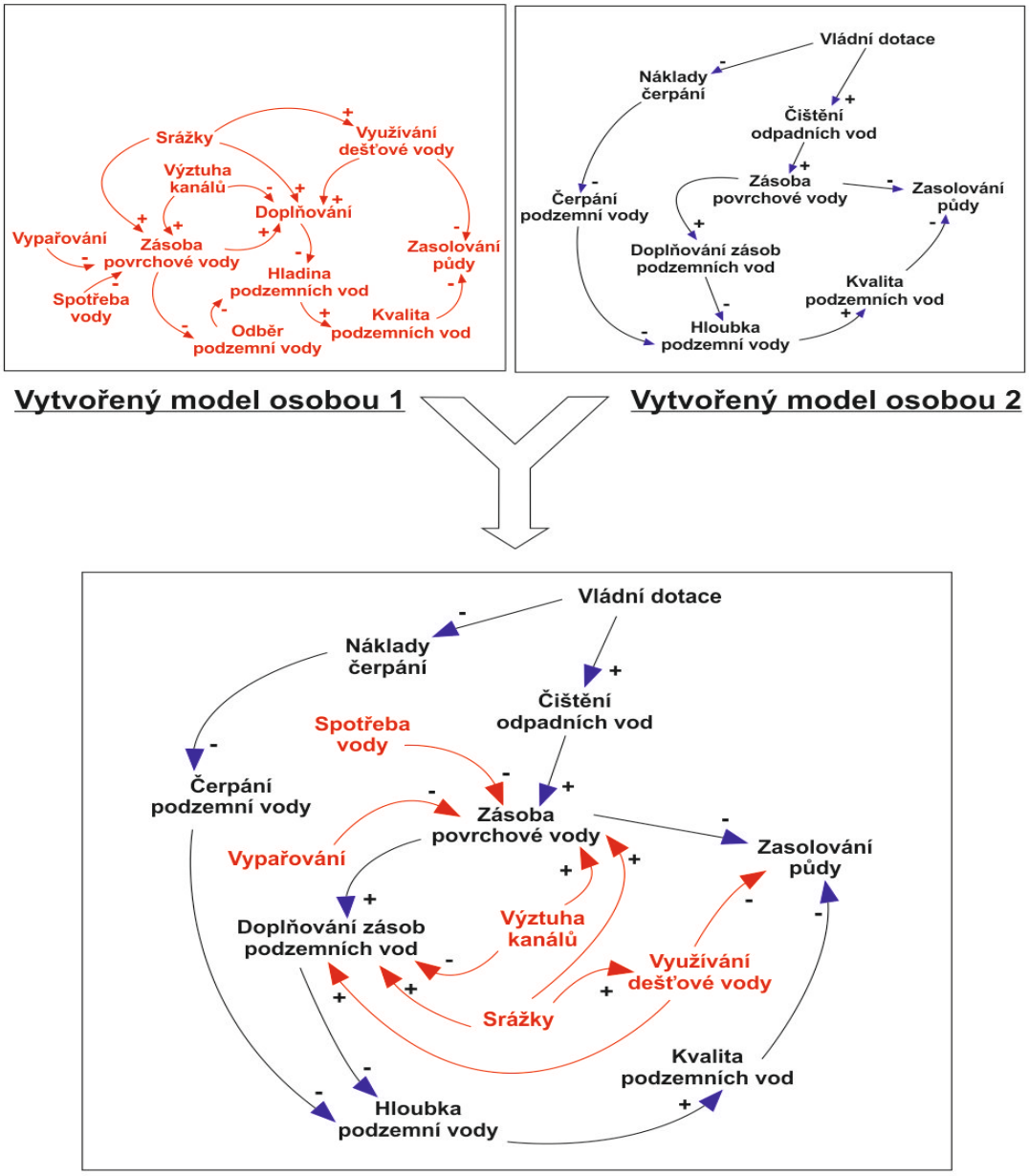
Obr. 28 - Příčinný smyčkový diagram vytvořený podle interview s vybranými osobami [Inam et al., 2015]

Na obrázku 28 je zachycen digram, který vznikl jako výsledek interview s vybranými osobami. Svítivě žlutý papírek znázorňuje proměnnou problému, růžové papírky reprezentují možné příčiny problému, modré papírky označují důsledky vzniklého problému a světle žluté papírky ukazují možné strategie řešení problému. Dále byly tužkou doplněny vazby mezi jednotlivými elementy modelu s příslušnou polaritou. Pro získání vhodných informací byly během interview pokládány následující typy otázek [Inam et al., 2015]:

1. Jak se problém vyvíjí postupem času?
2. Jaké jsou přímé a nepřímé příčiny problému a jaká je jejich případná polarita?
3. Jaké jsou následky vzniklého problému?
4. Jaké hlavní zpětné vazby problém vyvolává?
5. Jaké krátkodobé (pozn. symptomatické) řešení by mohlo být vhodné k vyřešení problému?
6. Jaké dlouhodobé (pozn. fundamentální) řešení by šlo použít k vyřešení daného problému?
7. Jaké jsou hlavní překážky v aplikaci výše zmíněných řešeních?

Po proběhnutí jednotlivých interview byly vzniklé individuálně vytvořené diagramy výzkumníky analyzovány, porovnávány a slučovány do jednoho společného diagramu. Následně po vytvoření prvotní verze skupinového diagramu byl tento model ještě následně diskutován se všemi zúčastněnými osobami a upravován do finální podoby. Tento finální diagram tedy obsahuje veškeré mentální modely všech zainteresovaným osob, jejich pohledy na řešený problém, všechny objevené příčiny a následky problému a také návrhy, jak daný problém řešit [Inam et al., 2015].

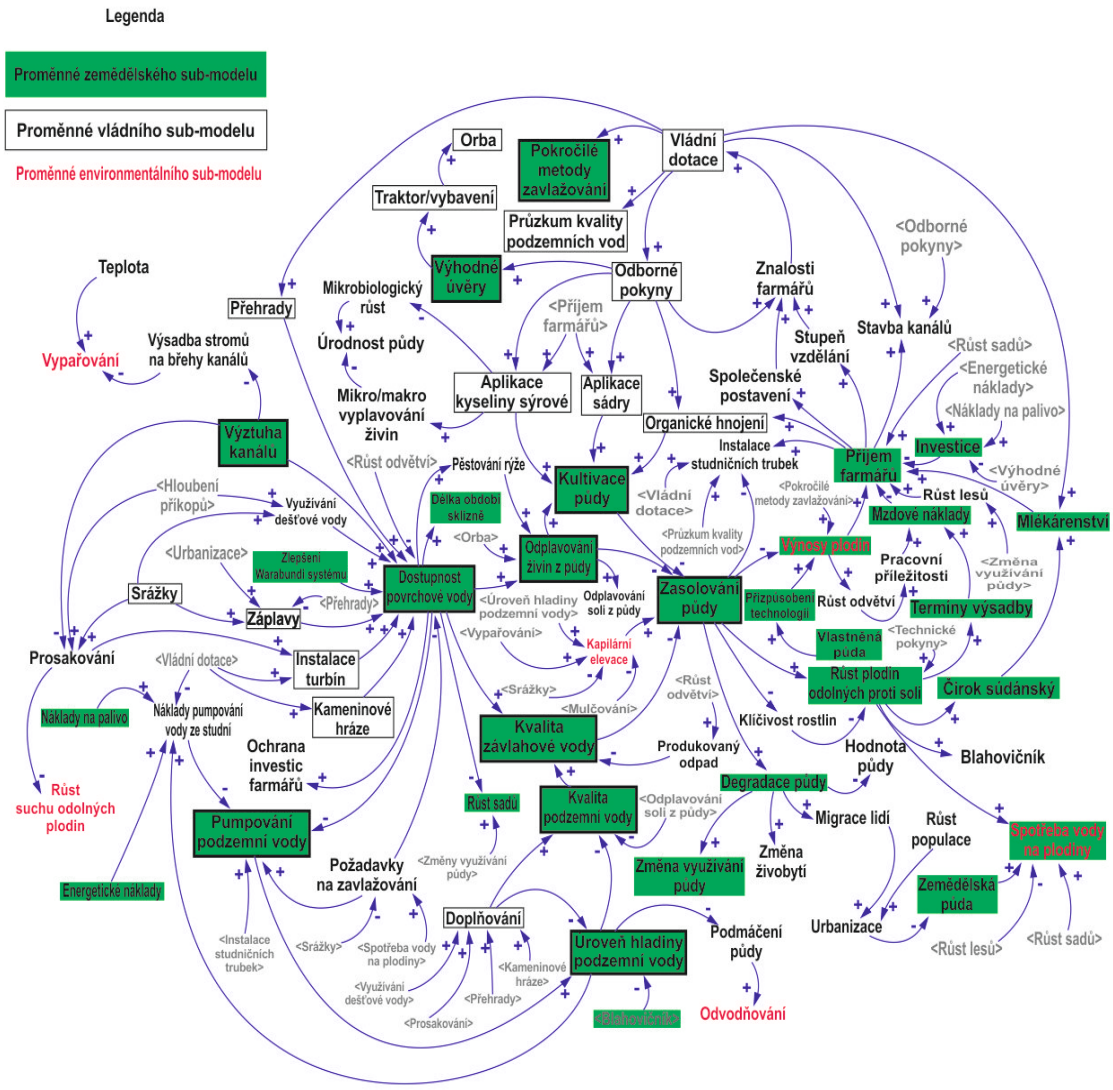
Vlastní proces slučování diagramů probíhal v několika fázích a příklad, jak slučování probíhalo je znázorněn na obrázku 29 [Inam et al., 2015].



Obr. 29 - Slučování diagramů [Inam et. al., 2015]

Již po 30 minutové přípravě vedené modelovacím expertem byly vybrané osoby schopny vytvořit vlastní diagram, jak lze pozorovat v horní části obrázku. Účastníci byli spokojení s tím, jak je zachycen jejich mentální model pomocí kauzálních vazeb. Všichni účastníci se shodli, že daný problém bude vyřešen, jestliže bude k dispozici dostatečné množství kvalitní vody. Jako hlavní zdroj zasolování půdy byly určeny studniční trubky určené k zavlažování s nedostatečně kvalitní pozemní vodou, a v některých oblastech i zvětrávání hornin, které jsou bohaté na obsah soli. Následovně byly identifikovány hlavní následky, které vznikají

v důsledku zasolování půdy. Mezi ně patří snížený výnos pěstovaných plodin, degradace půdy nebo růst plodin odolných proti soli. Nakonec byl vytvořený model ještě následovně analyzován pro zjištění zpětných vazeb mezi příčiny a následky provázející zasolování půdy [Inam et al., 2015].



Obr. 30 - Celkový diagram zasolování půdy [Inam et. al., 2015]

Na obrázku výše je vidět výsledek po sloučení všech individuálních diagramů. Tento celkový diagram zachycuje holistický pohled na celou problematiku. Diagram byl představen všem zúčastněným osobám kvůli případným připomínkám, všichni zúčastnění byli překvapeni transparentností celého procesu a byli spokojeni s tím, jak je možné zachytit celou problematiku srozumitelným způsobem. Ná-

sledovně byly komponenty celkového diagramu ještě rozděleny modelovacím expertem na sub-modely dle oblasti, do které patří, na zemědělské, sociální, environmentální a ekonomické. Mezi hlavními cíli citované studie bylo ukázání relativně snadného a finančně nenáročného způsobu (založeného na CLD) zapojení osob do modelování a zkoumání problémů s vodními zdroji v zemědělství v rozvojových zemích. V budoucnu by mohl být vytvořený příčinný smyčkový diagram dále rozpracováván a kvantifikován. Budoucí kvantifikovaný model bude moci plně sloužit jako podklad pro podporu rozhodování v managementu zasolování půdy a bude brát zřetel i na názory zainteresovaných osob, stejně jako na sociální, environmentální a ekonomické faktory daného problému [Inam et al., 2015].

3.6 Testování tvorby příčinného smyčkového diagramu

V této části bude představena vlastní tvorba CLD, kdy vybraný vzorek osob bude dle zadání a po seznámení s problematikou tvorby vytvářet vlastní příčinný smyčkový diagram. Každá z vybraných osob bude daný diagram vytvářet samostatně bez znalosti výsledných diagramů ostatních. Výsledné diagramy poté budou analyzovány a porovnávány mezi sebou. Následně bude z individuálně vytvořených diagramů sestaven jeden skupinový diagram, který bude nabízet komplexní pohled na řešený problém.

Nepředpokládá se, že by se mohly objevit dva stejně vytvořené diagramy, jelikož se mentální model každého z nás, tedy jak vidíme svět okolo nás, liší.

Naše mentální modely se odlišně vyvíjejí dle zkušeností, které nabíráme v průběhu života, jednoduchým příkladem může být akce a reakce „*Když se dotknu ohně, tak se spálím*.“. I toto lze považovat za část mentálního modelu, kterou se v některé části života naučí každý z nás. Následně už nepotřebujeme rovnice na to, abychom zjistili, že oheň je žhavý a žhavé věci hoří, stačí nám získaná zkušenost a díky ní se začínají v mysli formovat vzory, jak daný systém funguje [McDermott, 2015].

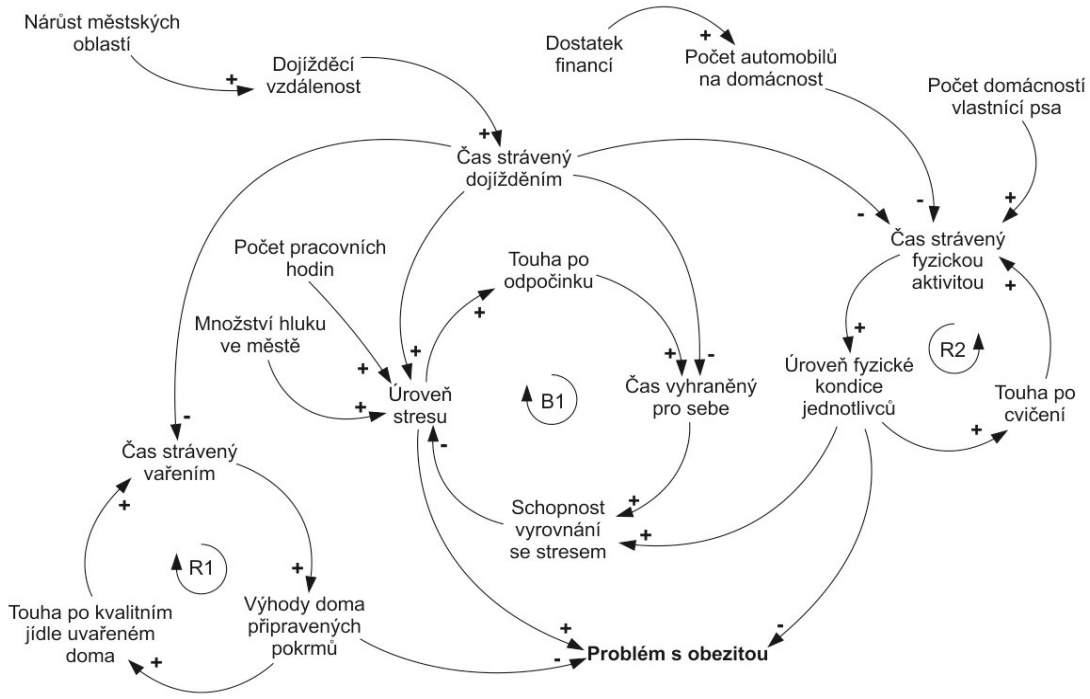
Z tohoto důvodu bude zajímavým srovnáním, jak budou vybrané osoby nahlížet na problém z běžného života a následně jak moc komplexní pohled na danou věc nabídne skupinový diagram vytvořený sloučením individuálních diagramů za pomoci vybrané metody slučování.

3.6.1 Výběr vzorku osob

Tvorba příčinných smyčkových diagramů bude testována na vzorku, který bude čítat 10 osob. Při výběru těchto osob nebyly kladeny žádné nároky na dosažené vzdělání či věkovou kategorii nebo pohlaví, jelikož je kladen velký důraz na variabilitu, tedy na co největší odlišnost mentálních modelů jednotlivých osob. Právě tato variabilita vybraných osob by měla napomoci získání co nejširšího pohledu na řešený problém.

3.6.2 Zadání instrukcí

Cílem vybraných osob je tvorba příčinného smyčkového diagramu. Předpokládá se neznalost systémových principů u zúčastněných osob, proto na začátku je každá osoba stručně seznámena s principy modelování a pro tuto potřebu je ukázán příklad vytvořeného diagramu. Pro tyto účely byl vybrán diagram zabývající se problémem obezity, který byl převzat z anglického online věstníku *NSW Public Health Bulletin*. Diagram byl vybrán dle kritérií, aby nepřekročil určitou míru složitosti a zároveň zpracovával téma, které bude všem lidem srozumitelné, což napomůže k lepšímu pochopení principů tvorby těchto diagramů.



Obr. 31 - Seznamovací CLD zachycují problém s obezitou [Newell et. al., 2007]

Podle ukázkového diagramu, který se nachází na obrázku výše, byly vybraným osobám vysvětleny základní pravidla pro tvorbu diagramů týkající se problematiky zpětných vazeb, polarity, výběru proměnných atd.

Úroveň složitosti vytvářeného diagramu nebyla vybraným osobám nijak specifikována, jelikož je kladen důraz na variabilitu tvořených diagramů, tak by bylo nežádoucí dávat v tomto směru nějaká omezení.

Jako pomůcka pro zjišťování domnělých příčin a následků potřebných pro řešení definovaného problému a tedy pro tvorbu vlastního diagramu byla představena metodika tzv. *5 Whys,* kterou představil Tajichi Ohno ve své knize *Toyota production system: Beyond Large-scale Production.* Tato metodika si zakládá na jednoduchosti a přitom je velmi užitečná. Podstata se skrývá v jednoduchém opakování otázky „*Proč*?“ na řešený problém. Položení této otázky několikrát po sobě dokáže pomoct odhalit pravou podstatu problému, která se někdy skrývá pod mnohem zřejmějšími symptomy problému.

Zde je příklad této metodiky dle (Ohno,1988):

1. Proč výrobní stroj přestal fungovat?
   Protože byl stroj přetížený a praskly pojistky.
2. Proč byl stroj přetížený?
   Protože ložisko nebylo pořádně namazané.
3. Proč nebyl stroj pořádně namazán?
   Protože mazací čerpadlo nemaže dostatečně.
4. Proč mazací čerpadlo nemaže dostatečně?
   Protože je hřídel čerpadla opotřebovaná.
5. Proč je hřídel čerpadla opotřebovaná?
   Protože nemá připojený filtr a dostal se do ní kovový odpad.

Dále byly také vybraným osobám doporučeny otázky následujícího druhu:

1. Jak se problém může měnit v čase a co ho přímo či nepřímo ovlivňuje?
2. Jaký způsob by byl možný pro zmenšení nežádoucího vlivu proměnných?
3. Jaké jsou následky vzniklých problémů?

4. Jaké jsou překážky v realizaci možných řešeních?
5. Jaké proměnné jsou spíše symptomy daného problému a jaké jsou skutečné příčiny?

Všechny tyto otázky slouží pro vytvoření lepší představy o chování systému a napomáhají k zachycení co nejvíce myšlenek daných osob o problémové situaci.

3.6.3 Popis řešeného problému

Problémová oblast pro tvorbu příčinného smyčkového diagramu byla stanovena jako *Zachycení dynamiky rodinného života.* Dané téma bylo vybráno, jelikož dobře poslouží danému účelu, tedy testu rozmanitosti tvorby CLD a následnému slučování. Je to dosti obšírné téma, se kterým každý ve svém životě musel přijít do styku, a proto se předpokládá, že každý ho bude vidět odlišně, ze svého úhlu pohledu, což je dobrým předpokladem pro vytvoření co nejkomplexnějšího skupinového diagramu daného problému.

Níže je prezentován text zadání, jaký byl prezentován zúčastněným osobám pro podnícení uvažování o dané problematice a pro získání bližších informací o řešeném problému.

Převzato ze stránek Ministerstva Vnitra. „*Průzkum ukázal, že občané států východní a jižní Evropy jsou s rodinným životem spokojeni méně než občané severských států a střední Evropy. Vyšší míru spokojenosti s rodinným životem projevovali mladší občané a rovněž lidé s vyšším dosaženým vzděláním. Podle očekávání vyjádřili větší spokojenost také lidé žijící v páru - oficiálně oddaní manželé nebo dvojice sdílející společnou domácnost. I když nebyly nijak dramatické rozdíly ve spokojenosti mezi rodinami s dětmi a bezdětnými páry, přesto lze vidět větší spokojenost u rodin s více dětmi. Důležitým faktorem pro rodinnou spokojenost je též dostatečné finanční zabezpečení. Občané s vyššími příjmy prezentovali větší spokojenost s rodinným životem než občané, kteří jen těžko vycházejí s financemi. Část otázek se týkala způsobu, jak vhodně skloubit pracovní a rodinný život. Více než polovina respondentů to považuje buď za poměrně obtížné (37 %), nebo za velice nesnadné (14 %). Na druhé straně se desetina občanů domnívá, že je to velmi snadné a podle tří z deseti dotázaných docela snadné. Podstatně více problémů činí slaďování pracovního a osobního života*

ženám než mužům. Je také logické, že problémy se týkají podstatně méně občanů bezdětných než občanů s rodinami, které vychovávají děti. Řada dotazů směřovala na obtíže, se kterými se občané setkávají v běžném rodinném životě. Průzkum potvrdil, že více problémů musí řešit rodiny, které vychovávají děti. Rodinná soudržnost nabývá na významu zvláště teď, kdy celý svět zasáhla globální a ekonomická krize. Většina lidí pocítila její důsledky osobně a kvalitní rodinné zázemí často napomáhá řešit a překonávat problémy, které jsou s ekonomickou krizí spjaty.“

Řešeným problémem tedy bude kvalita rodinného či partnerského života. Existuje mnoho faktorů uvnitř systému tvořící dynamiku rodinného života, které život ovlivňují a mají vliv na jeho kvalitu a vývoj systému v čase. Každý člověk musí skloubit své povinnosti spojené ať už s prací či studiem s rodinným životem a odpočinkem. Problémy, které je třeba řešit, se mění také dle fáze života člověka a pod vlivem dalších proměnných, jako je třeba narození potomka či změna zaměstnání nebo onemocnění rodinného příslušníka. Nemalou roli může hrát také finanční zajištění rodiny či životní prostředí. Tyto a mnoha dalších faktorů se uvnitř systém vzájemně ovlivňují a každá změna daného faktoru může mít zásadní vliv na kvalita rodinného života a potažmo úroveň stresu a pohodu uvnitř domácnosti.

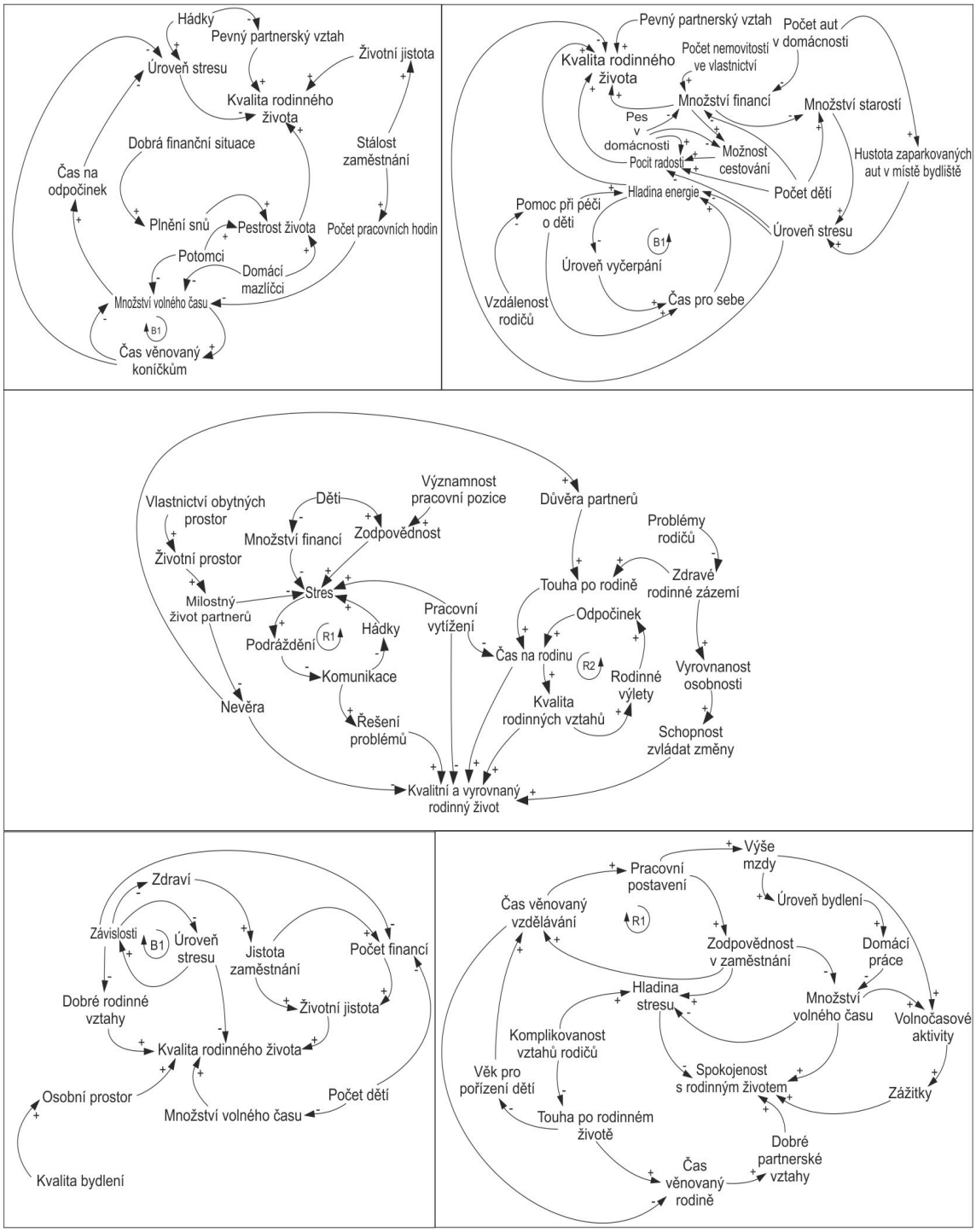
Tento problém lze uchopit z velkého množství různých úhlů pohledu, bude se jistě lišit pohled na věc vdané ženy s dětmi oproti studentovi, který ještě nezaložil vlastní rodinu, proto se dá očekávat vyšší rozmanitost získaných individuálních diagramů a tím komplexnější bude následně vytvořený skupinový diagram.

3.6.4 Získané výsledky

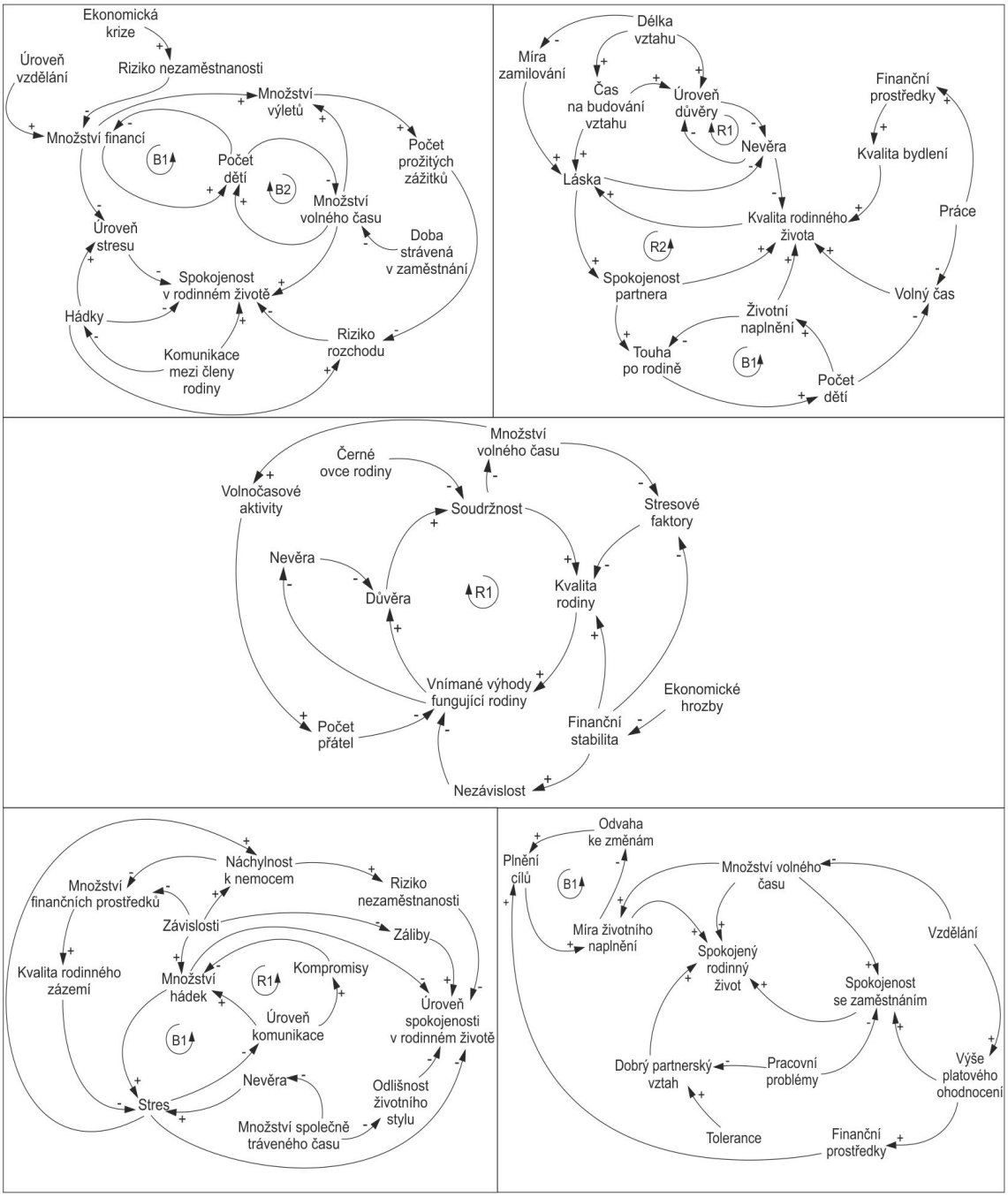
V této části budou prezentovány výsledné individuální diagramy shromážděné od vybraného vzorku osob. Vlastní seznámení vybraných osob s problematikou tvorby příčinných smyčkových diagramů zabralo v průměru 15 minut. Poté již byly osoby schopny vytvořit vlastní diagram zcela individuálně a jen v některých případech byly v průběhu tvorby kladeny doplňující otázky. Každý mohl vytvořit diagram zcela libovolným způsobem, aby to pro danou osobu bylo co nejsnazší a mohla se plně soustředit na tvorbu diagramu bez nutnosti znalosti například určitého softwaru. Následně byly všechny shromážděné diagramy zkonzultovány vždy

s tvůrcem za cílem odhalení případných nesrovnalostí či doplnění dalších možných proměnných. Takto zkontrolované diagramy pak byly překresleny do počítače za účelem vzhledového sjednocení všech získaných diagramů.

Tyto překreslené individuální digramy jsou zachyceny na obrázcích níže.



Obr. 32 - Individuální diagramy 1



Obr. 33 - Individuální diagramy 2

Při bližším pohledu lze u všech deseti shromážděných diagramů pozorovat, jak podobné proměnné, tak i proměnné unikátní. Dle předpokladu se u mnoha zainteresovaných lišil pohled na daný problém. Někdo se zaměřil vysloveně na život vlastní rodiny a radosti či strasti s tím spojené a někdo zase řešil spíše partnerské či pracovní problémy. Jako společné body společné pro skoro všechny shromážděné

ných diagramů lze vypíchnout proměnné jako *stres*, *volný čas*, *finanční prostředky* či *spokojenost s partnerem*. Dále se proměnné jednotlivých diagramů již většinou různí a jako zajímavé proměnné mající dle vybraných osob vliv na kvalitu života lze jmenovat *počet dětí, kvalita bydlení, pracovní pozice* či *vztahy s rodiči.* Důležité je, že všechny tyto problémy souvisí s dynamikou rodinného života a proto jsou všechny proměnné relevantní a záleželo jen na prioritách jednotlivce, co je pro jeho život důležité a co ne, z toho plynou odlišnosti jednotlivých individuálních diagramů.

Přestože nebyl zadán rozsah tvořených diagramů, tak se neobjevili žádné velké velikostní odchylky jednotlivých diagramů, v průměru vytvořené diagramy obsahují okolo 15 prvků. Zadaná problematika byla velmi dobře vybranými osobami pochopena a nebyly tak nalezeny ve vytvořených diagramech žádné výrazné chyby, které by bylo nutné opravovat. Všechny osoby byly při následné diskuzi o jejich diagramu s výsledkem spokojeny. Tento fakt přispívá ke zdůraznění snadnosti aplikace příčinných smyčkových diagramů na řešení daných problémů, jelikož tento nástroj patří mezi ty, jejichž principy snadno pochopí i lidé bez předchozích zkušeností se systémovou dynamikou, jak bylo v tomto případě dokázáno.

3.6.5 Vytvoření skupinového diagramu

Před vlastní tvorbou skupinového diagramu propojením všech získaných individuálně vytvořených diagramů byla vybraná vhodná metoda slučování, která je použitelná na příčinné smyčkové diagramy a zajistí komplexnost vytvořeného diagramu. Princip vybrané metody bude nejprve ilustrován na jednoduchém příkladu sloučení několika diagramů, aby byl srozumitelně představen postup, jakým vznikl hlavní skupinový diagram sestavený ze shromážděných individuálních diagramů. Na tomto modelovém příkladu budou popsány veškeré principy a pravidla slučování zvolené metody s postupnými kroky vedoucími k vytvoření skupinového diagramu.

Popis metody a modelový příklad

Výběr metody probíhal dle předem definovaných kritérií. Mezi tato kritéria patřila komplexnost, variabilita a aplikovatelnost na CLD. Jelikož cílem skupinového

diagramu je zachycení komplexního pohledu na daný problém prostřednictvím mentálních modelů zúčastněných osob, tak bylo třeba vybrat metodu, která zbytečně neeliminuje moc proměnných z individuálních diagramů. Zároveň ale je nutné respektovat dominantní zpětné vazby, jelikož zde jde o aplikaci na příčinné smyčkové diagramy a zpětné vazby jsou jejich podstatou. Z těchto důvodů bude vybrána jistá kombinace slučovacích metod, jejichž popis byl uveden v teoretické části práce.

Základem pro slučování CLD bude metoda *souhrnného mapování*, kdy bude snaha o převzetí všech proměnných a vazeb z individuálních diagramů a jejich spojení do skupinového diagramu plně pokrývajícího pohledy všech zúčastněných osob. Zároveň však nebudou ignorovány tzv. dominantní zpětné vazby, tedy takové vazby, které budou obsaženy ve většině diagramů, tyto vazby budou ve skupinovém diagramu vždy sledovány a jejich tvorbě bude diagram přizpůsobován. Jak lze tedy vidět, bude metoda *souhrnného mapování* kombinována s metodou *mapování shody*. Souhrnem lze říci, že bude pátráno po ucelujících pojmech tvořící dominantní zpětné vazby systému, nicméně stále budou do skupinového diagramu přidávány i všechny ostatní proměnné, pokud nebudou přímo odporovat těmto dominantních smyčkám. Vlastní slučování bude probíhat způsobem, který byl i částečně popsán ve výše zmíněné studii o řešení problému se zasolováním půdy. Začne se tedy výběrem jednoho individuálního diagramu, tento diagram bude vybrán podle jasného klíče, vezme se ten nejkomplexnější. Kritéria pro posuzování komplexnosti jsou počet prvků a vazeb mezi nimi. Do tohoto diagramu se budou později přidávat proměnné z ostatních diagramů. Vždy se pak k tomuto počátečnímu diagramu vezme jeden do dvojice a dojde ke sloučení, takto se pokračuje, dokud nevznikne jeden skupinový diagram obsahující všechny chtěné komponenty.

Při slučování je nutno věnovat pozornost následujícím otázkám:

1. **Synonyma** – Vždy je třeba náležitě posoudit, zda se pod proměnnými s různým jménem neskrývají totožné pojmy pouze s jiným označením.
2. **Redundance** – Dále je nutno zabránit tvorbě redundantních vazeb, aby diagram zbytečně neztratil na přehlednosti kvůli přítomnosti vazeb, které již byly vyjádřeny jiným způsobem.

3. **Konflikty** – Při tvorbě skupinového diagramu je určitě možné narazit na tzv. konfliktní elementy. Mohou to být proměnné či vazby, které jsou zachyceny v různých individuálních diagramech, ale ne stejným způsobem, ale například mohou v každém diagramu znázorňovat opačné působení. S těmito konflikty se jde vypořádat několika způsoby. Je možné danou konfliktní situaci porovnat s ostatními individuálními diagramy, které se později stanou součástí sloučeného diagramu a pokud v některém z nich bude daný element z konfliktní situace, tak se rozhodnout na základě většinového názoru na danou situaci. Pokud se nejde rozhodnout na základě popsaného klíče, tak buď se může tvůrce skupinového modelu přiklonit na základě svého názoru k jedné alternativě, nebo je možné zachytit obě, ale označit kontroverzní situaci například za pomoci vykřičníku u dané vazby nebo otazníčku (dle Inam et. al., viz. tabulka níže).

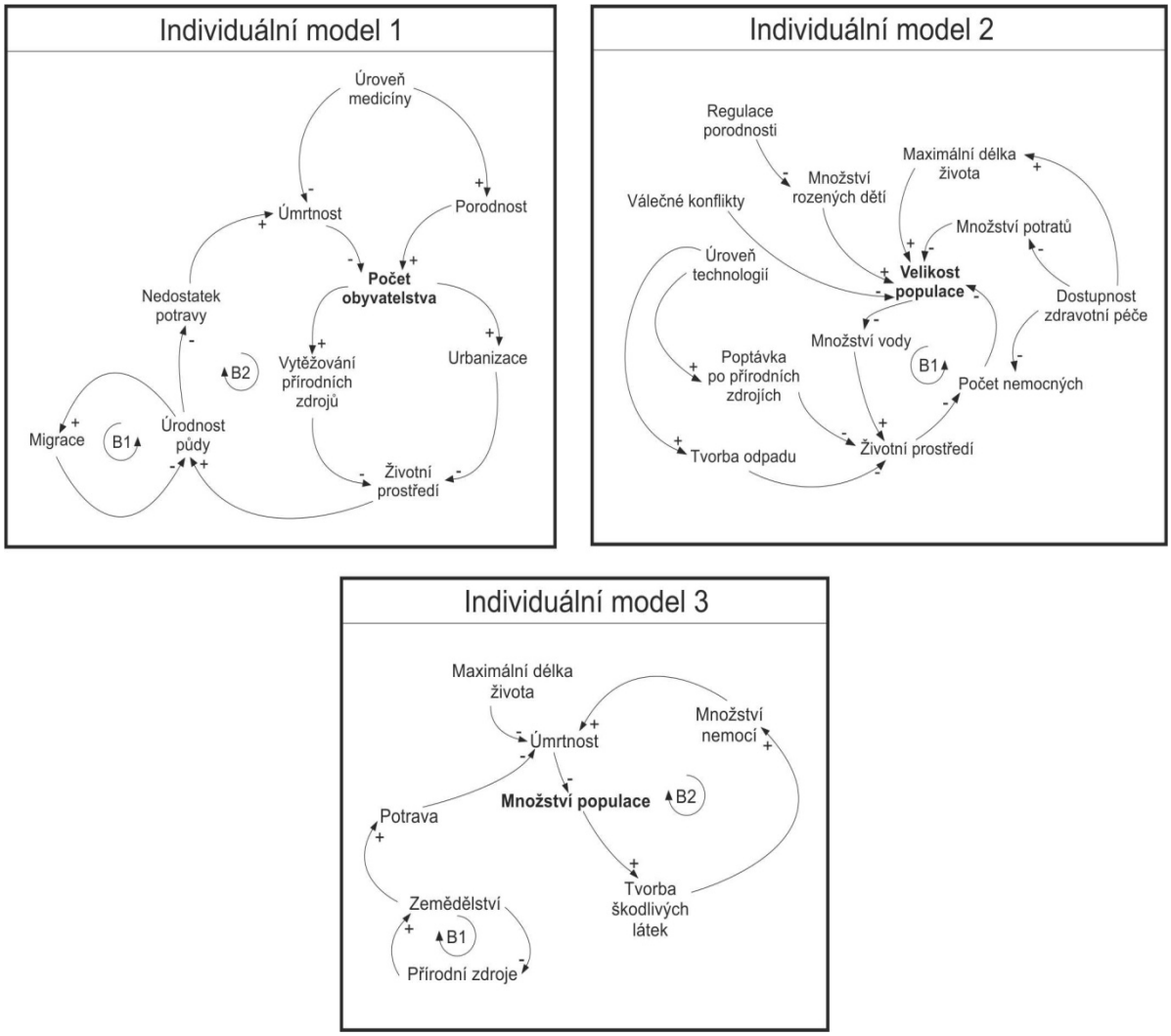
Případ / Název	1 Tvrzení	2 Kontroverzní typ I	3 Kontroverzní typ II
Model 1	A → B	A → B	A → B, A → C
Model 2	A → B	B → A	A → B, A → C
Skupinový model	A → B	A ↔ B (!)	A → B, A → C (?)

Tabulka 3 - Možné řešení konfliktů [Inam et. al., 2015]

Modelová situace

Pro potřebu ukázky procesu slučování byla vybrána modelová situace, která se týká řešení problému přelidnění, hlavně v rozvojových zemích, za pomoci vytvoření příčinných smyčkových diagramů. Byly vytvořeny tři různé diagramy zachycující tuto problematiku z různých stran a následně budou tyto tři diagramy sloučeny za pomoci výše definované metody do jediného skupinového diagramu.

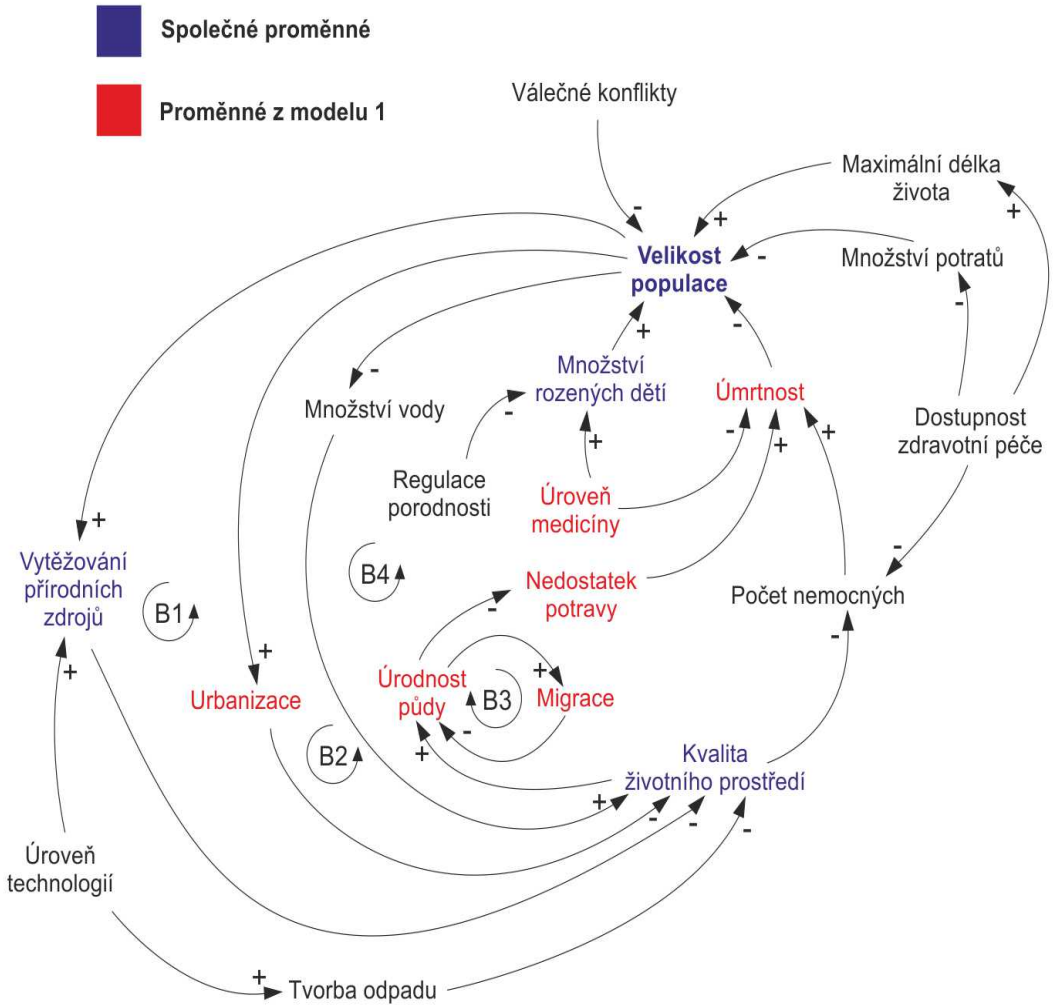
Na obrázku níže jsou zachyceny individuální diagramy zachycující problematiku přelidnění, ze kterých bude vytvořen skupinový diagram pomocí výše popsané metody.



Obr. 34 - Individuální CLD zachycující problém přelidnění

Nejprve je třeba určit nejkomplexnější model, který tak bude plnit funkci výchozího modelu. První model má 10 prvků a je propojen 13 vazbami, druhý model má 13 prvků a je propojen 16 vazbami, třetí model má 8 prvků a je propojen 9 vazbami. Nejkomplexnější je tedy model číslo 2, a proto bude použit jako výchozí. Pořadí, jakým budou do slučování zařazovány další modely, již není pevně určeno, v tomto případě se s modelem 2 nejprve sloučí model 1 a pak s výsledným modelem diagram číslo 3.

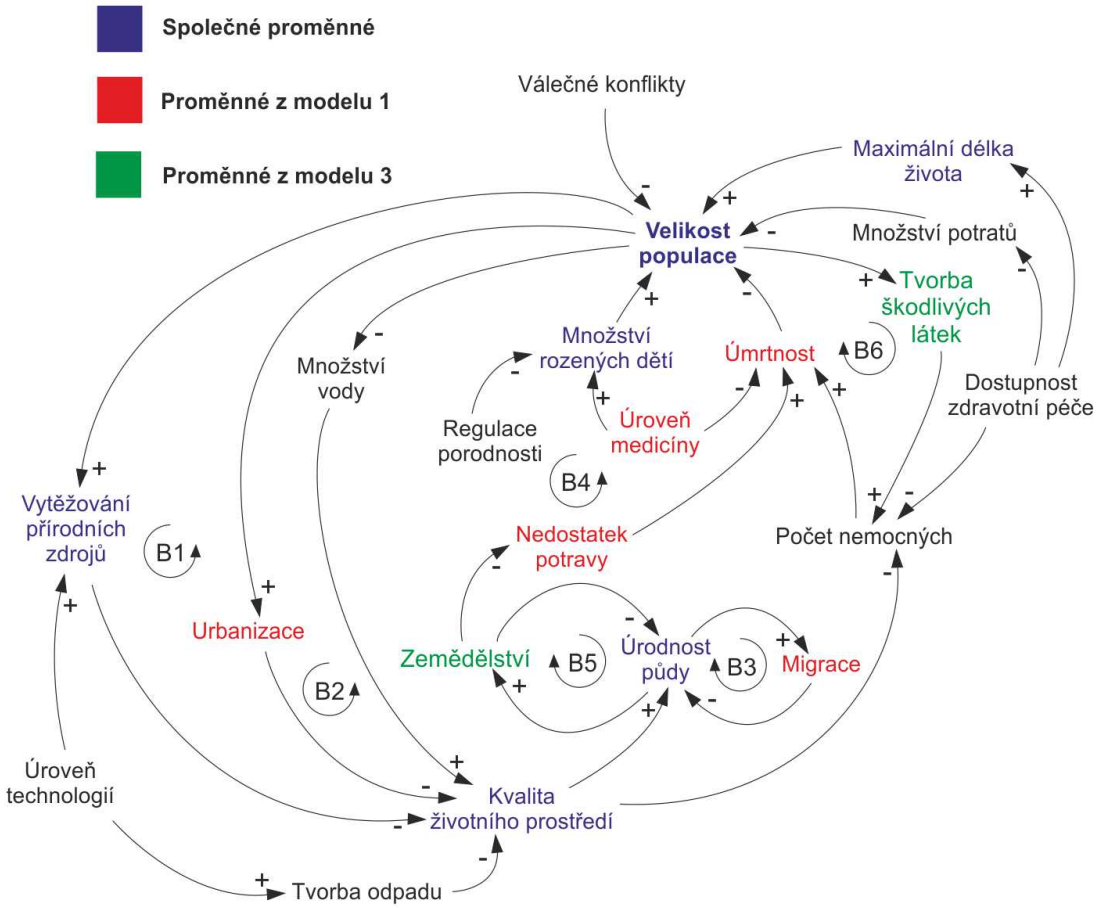
První dva diagramy ke sloučení jsou tedy model 2 a model 1. Pro přehlednost budou prvky z obou modelů ve výsledném diagramu barevně odlišeny. Proces tvorby probíhal přesně dle popsané metody, nejprve byly určeny shody v obou diagramech, synonyma i podobné vazby, také byly identifikovány případné konflikty, poté již proběhlo vlastní sloučení, kdy byly následovány dominantní smyčky obou diagramů. Výsledek je zobrazen na obrázku níže.



Obr. 35 - Sloučení diagramů z modelu 2 a 1

Ve sloučeném modelu lze pozorovat, že byly identifikovány čtyři proměnné jako synonyma. Zbylé proměnné z modelu 1 byly postupně zakomponovány do výchozího diagramu z modelu 2, při slučování byly následovány logické smyčky a nebylo potřeba se zabývat řešením konfliktů.

Následujícím krokem je začlenění zbývajícího diagramu do skupinového modelu. Postupuje se stejným způsobem jako při předchozím slučování. Vezme se skupinový diagram vytvořený z diagramů modelu 1 a 2 a do tohoto diagramu se postupně zakomponují prvky z modelu 3. Celkový skupinový diagram je vyobrazen na obrázku níže.



Obr. 36 - Skupinový diagram zachycující problematiku přelidnění

Jak lze vypozorovat pouze dvě proměnné z modelu 3 byly klasifikovány jako jedinečné a takto byly zařazeny do skupinového diagramu (jsou označeny zelenou barvou). Zbylé proměnné nebylo třeba znovu do diagramu zakreslit, jelikož diagram již obsahoval buď přímo stejné proměnné, nebo byly identifikovány díky zpětným vazbám proměnné se stejným významem a jedinečné proměnné šlo pouze logicky napojit. Žádné nové spoje nebyly v rozporu s již vytvořenými vazbami z diagramů modelů 1 a 2.

Při bližším zkoumání je zřejmé, že tento skupinový diagram je daleko od zachycení vybrané problematiky ze všech pohledů, nicméně i tento modelový příklad pro ukázku aplikace slučovací metody demonstruje, o kolik může být skupinově vytvořený diagram komplexnější oproti jednotlivým individuálním modelům.

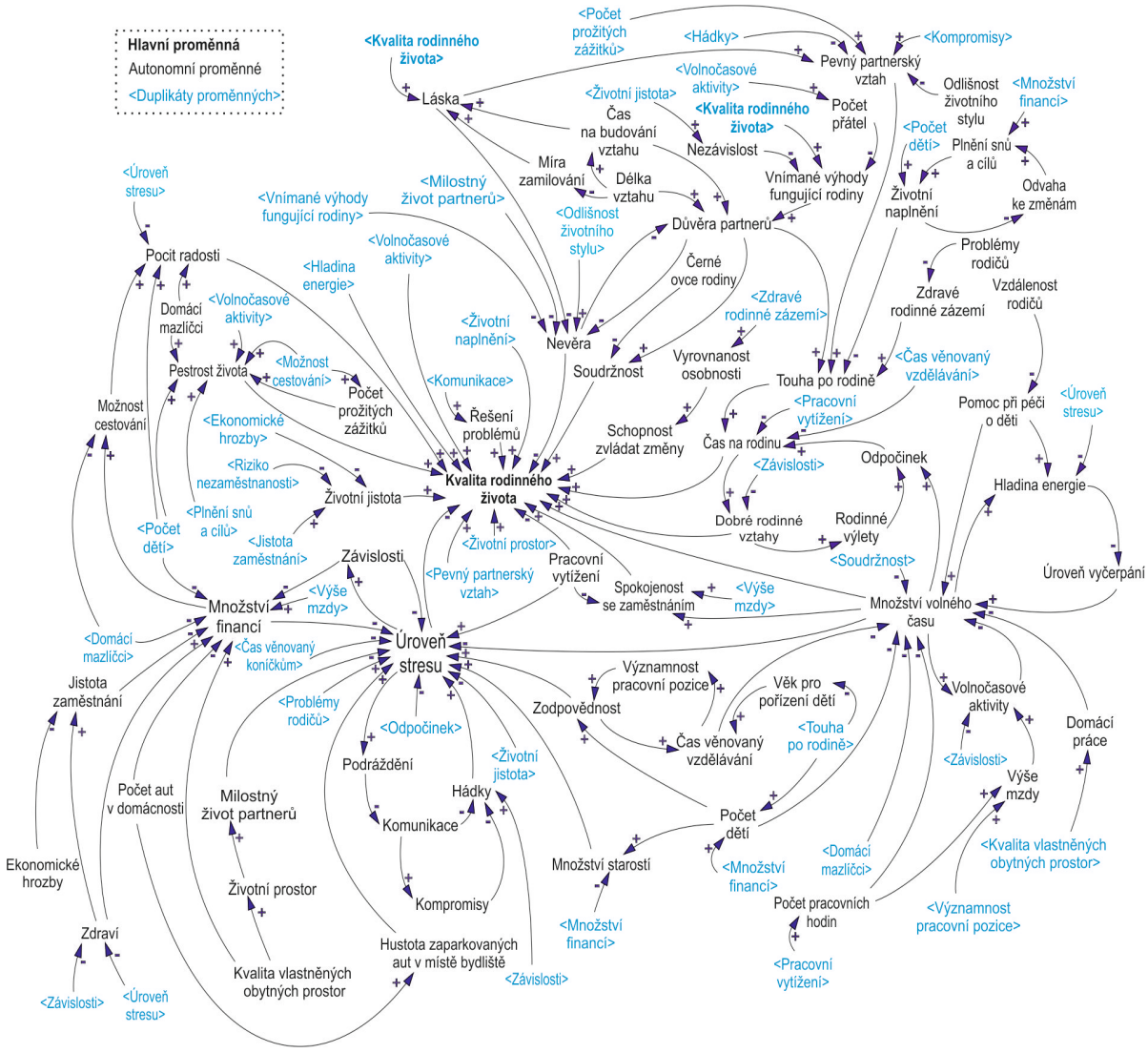
Krátkým popisem lze říci, že skupinový diagram obsahuje 6 uzavřených smyček a všechny jsou vyrovnávající. Smyčka B1 popisuje vztah, jak zvyšující se počet lidí ovlivňuje těžbu přírodních zdrojů, což má dopad na životní prostředí a potažmo i na počet nemocných a tím na míru umírání. Je zachycen také vnější vliv technologií, kdy čím více lidstvo dokáže vytvářet a využívat pokročilé technologie, tím více se vyrábí a musí se více hledat suroviny a také se tvoří více odpadu, což samozřejmě opět může znečišťovat životní prostředí. Smyčka B2 zachycuje jaký má vliv na životní prostředí a další již zmíněné aspekty urbanizace, kdy velký počet lidí znamená nárůst budování měst a s tím spojené ničení přírodních oblastí a zeleně. Smyčky B3 a B5 zase ilustrují vzájemné vyrovnávání mezi úrodností půdy, migrací a zemědělstvím, kdy velká úrodnost půdy láká lidi z jiných neúrodných oblastí k migraci do pro zemědělství příznivější krajiny, pokud je ale tato půda přetěžována, tak ztrácí na své úrodnosti a zpětně způsobuje odliv lidí a pokles zemědělství v dané oblasti. Zemědělství také pozitivně působí na zabránění hladomoru v chudších oblastech, kdy hlavně v rozvojových zemích lidem reálně může hrozit smrt hladem. Smyčka B4 dokresluje vliv množství vody a zásob podzemních vod na životní prostředí, kdy opět pokud jsou zdroje přetěžovány velkým množstvím lidí, tak může docházet ke snižování úrovně životního prostředí a s tím souvisejícím problémům. Smyčka B6 pak zachycuje vlastní vztah přímé úměrnosti, kdy čím větší je počet osob, tím víc škodlivin je do okolí vypouštěno, ať už se jedná o znečišťování krajiny či ovzduší.

Zbylé proměnné zachycují další externí vlivy, které jsou součástí modelovaného systému. Například regulace porodnosti v zemích jako je Čína, slouží právě k omezení počtu rozených dětí. Také proměnné jako válečné konflikty nebo úroveň medicíny mohou značně ovlivnit množství populace, jelikož díky pokročilé medicíně lidstvo dokáže například zvyšovat počty rozených dětí díky umělým oplodněním apod. Kvalitní a blízká lékařská pomoc zase dokáže díky včasnému zásahu čas-

to zabránit smrti a prodloužit tak lidský život a také zabránit možnému potratu, který by jinak bez lékařského zásahu přirozeně nastal.

Skupinový diagram zachycující Dynamiku rodinného života

Úplně stejnou slučovací metodou, která je popsána výše na modelovém příkladu probíhalo i vlastní slučování shromážděných individuálních diagramů týkající se dynamiky rodinného života. Opět se začalo nejprve od nejkomplexnějšího diagramu, ke kterému byl jeden z ostatních vybrán do dvojice, když došlo k jejich sloučení, tak se přidaly prvky z dalšího diagramu a takto se postupovalo dále, dokud výsledný diagram neobsahoval prvky všech individuálních diagramů. Výsledný skupinový diagram lze vidět níže na obrázku 37.



Obr. 37 - Skupinový diagram dynamiky rodinného života

Jak lze vidět, tak při tvorbě skupinového diagramu bylo použito takzvaných duplikovaných proměnných, v diagramu označeny modrou barvou, které slouží pro větší zpřehlednění výsledného diagramu. Jelikož se jedná o dosti komplexní diagram s velkým množstvím prvků a vazeb mezi nimi, tak bylo třeba některé proměnné zkopírovat a tyto duplikáty použít pro znázornění vnějšího vlivu na danou proměnou místo proměnné původní, aby nedocházelo ke křížení vazeb a zachovala se přehledná forma diagramu.

Při přiblížení problematiky vlastní tvorby tohoto diagramu lze zmínit, že mezi hlavní problémy patřila správná identifikace synonym. Byla nutná konzultace s tvůrci individuálních diagramů, jelikož často i proměnné s na první pohled odlišnými názvy obsahovaly významově velice podobnou věc nebo se lišily opravdu jen okrajově, což bylo posouzeno jako nedostačující pro zavedení další proměnné. Při vlastním slučování vazeb nebylo nutné výrazně řešit nějaké konflikty, kdy by si dvě skupiny diagramů výrazně protiřečily, proto se postupovalo prakticky bez problémů za dodržování výše zmíněných pravidel vybrané slučovací metody.

Při pohledu na vlastní obsahovou stránku je vidět, že je mnoho proměnných, které ovlivňují hlavní proměnnou přímo, nicméně na tyto proměnné působí velké množství dalších faktorů, které tak mají vliv nepřímý. Proměnné působící přímo na hlavní proměnnou jsou převážně kladné, čili se zúčastněné osoby v tomto ohledu více zaměřovali na věci pozitivní ovlivňující jejich život. Toto již neplatí z pohledu fungování systému jako celku, jelikož zde je již řada dalších proměnných, které naopak negativně působí na ostatní prvky systému. Model systému jako celek tak solidně zachycuje jak kladné, tak i záporné stránky rodinného či partnerského života.

Mezi aspekty rodinného života, které diagram zachycuje, patří věci související s vývojem partnerského vztahu či manželství a založení rodiny, lze vidět v pravém horním sektoru diagramu, dále také pracovní stránku života a její vliv na ostatní stránky života, viz pravý dolní sektor diagramu, a v neposlední řadě také vliv osobnosti člověka a jeho cílů a potřeb, které se musí skloubit s ostatními součástmi dynamiky rodinného života, zachyceno převážně v levém horním sektoru diagramu. V levém spodním sektoru diagramu je zachycen převážně vliv dobré komuni-

kace na partnerský vztah a dále také věci související s financemi či zdravím člověka. Jako dominantní by se daly označit proměnné *Úroveň stresu, Množství financí a Množství volného času*, jelikož jsou součástí velkého množství smyček a souvisí tak s mnoha dalšími prvky celého systému, čili mají velký vliv na fungování celého systému, změna v těchto proměnných bude vždy zásadně ovlivňovat chování tohoto systému.

I přes velkou komplexnost skupinového diagramu, která je zřejmá při porovnání s jednotlivými individuálními diagramy, nelze tvrdit, že takovýto diagram je finální. Existuje celá řada dalších proměnných, které by šly do modelu zakomponovat a tak by se model rozšířil. Tento model obsahuje pouze mentální modely vybraných 10 lidí, které se podíleli na tvorbě individuálních diagramů, s každým dalším člověkem zapojeným do modelování by výsledný diagram více či méně narůstal. Záleží tak pouze na účelu a požadavcích tvůrce modelu, jak moc podrobný či komplexní diagram je zapotřebí, jelikož každý příčinný smyčkový diagram lze libovolně rozšiřovat dle stanoveného stupně abstrakce a hranic modelu systému, čili se nedá předpokládat, že v případě tvorby CLD bude vždy platit, čím více prvků a vazeb tím lépe, v případě velmi komplexních systémů by se tak vznikaly velmi rozsáhlé a nepřehledné diagramy a tím by použití těchto diagramů ztratilo význam.

3.6.6 Shrnutí

V předchozí části, kdy byla testována schopnost tvorby příčinných smyčkových diagramů, byla použita kombinace dvou metod pro vytvoření požadovaných diagramů, nejprve klasický přístup (viz kapitola 3.4), kdy jednotlivci tvořili své individuální CLD a následně při procesu slučování byly aplikovány principy metody GMB (viz kapitola 3.3), což zajistilo demonstraci užitečnosti tvorby tzv. skupinových diagramů. Nejčastěji v případě, kdy je třeba o problému shromáždit velké množství různých názorů, a to od více osob, kterých se řešený problém přímo týká. V takové situaci bude vždy výsledný skupinový diagram komplexnější a tím i užitečnější pro co nejlepší modelování daného systému. Dále bylo zjištěno, že neznalost principů systémového modelování není nejmenší problém a mohou tak být do procesu modelování zapojeny osoby, které sice nemají znalosti modelování, ale naopak mohou mít mnohem více zkušeností s řešeným problémem. Vlastní seznámení dané osoby

bez nejmenší znalosti modelování v případě použití nástroje, jako jsou příčinné smyčkové diagramy, nezabere v průměru déle než 30 minut, jelikož principy tvorby těchto diagramů jsou velmi intuitivní a je možné tvořit jakýmkoli způsobem bez znalosti různých programů apod. Pro vlastní slučování a tvorbu skupinového diagramu byl představen jeden z možných způsobů, který vychází z kombinace metod pro slučování pojmových či kognitivních map, které byly vhodnou úpravou transformovány pro efektivní použití na příčinné smyčkové diagramy. Principy vzniklé metody byly vysvětleny na ukázkovém příkladu a poté již byla tato metoda úspěšně aplikována na shromážděné diagramy a výsledkem byl představený skupinový diagram. Tento diagram splnil účel, pro který byl vytvořen, tedy demonstroval způsob, jakým lze efektivně třídit znalosti shromážděné o zkoumaném systému a získat tak širší pohled na řešený problém. V případě zde daného problému bylo sloučení diagramů 10 osob dostačující pro značný nárůst komplexnosti výsledného skupinového diagramu oproti individuálním. Zároveň byla zachována vlastní integrita všech individuálních diagramů, jelikož nebylo třeba řešit výrazné konflikty, při kterých by si jednotlivé diagramy výslovně protiřečily. Výsledný skupinový diagram byl diskutován i s tvůrci individuálních diagramů, kteří vyjádřili spokojenost s výsledkem a zároveň vyjádřili pozitivní názor na použití příčinných smyčkových diagramů obecně k vytvoření modelu jakéhokoli požadovaného systému.

4 Závěry a doporučení

V této práci byly představeny vybrané principy systémové dynamiky, zejména se jednalo o bližší představení příčinných smyčkových diagramů. Díky představeným principům a pravidlům jejich tvorby je zřejmé, že existuje více různých způsobů, jak tyto diagramy tvořit, neexistuje striktní postup, kterého se tvůrce musí držet, naopak lze tvořit volně dle vlastních potřeb a logických úvah, což je jedna z věcí, která činí tento nástroj systémové dynamiky dostupný širokému spektru osob a tak zvyšuje jeho použitelnost v praxi, což bylo i dokázáno na zmapovaných praktických příkladech.

Další velkou předností těchto diagramů, která také byla díky uvedeným praktických příkladům demonstrována, je univerzálnost použití z hlediska výběru problémové domény. Příčinné smyčkové diagramy lze použít na velmi různorodé problémy, ať už se jedná o sociální systémy nebo řešení problémů v systému technického rázu. Právě díky této univerzálnosti jsou tyto diagramy dobrým řešením, jak postupovat v počáteční fázi při řešení daného problému, pokud je třeba blíže pochopit, jak daný systém funguje a co vše řešený problém ovlivňuje, často se tímto postupem dá zabránit tomu, aby nebyly řešeny pouze symptomy problému místo skutečných příčin.

Zmíněné vlastnosti příčinných smyčkových diagramů byly úspěšně testovány na vybraném vzorku osob. Všechny osoby bez nejmenší předchozí znalosti příčinných smyčkových diagramů byly schopny po úvodních instrukcí a krátkém seznámení s danou problematikou vytvořit vlastní diagram na zadané téma. Shromážděné diagramy splňovaly dané náležitosti a byly naprosto použitelné pro účel slučování. Vybraná doména pro tvorbu těchto diagramů se týkala kvality rodinného či partnerského života, což je sociální systém s velkým množstvím možných proměnných a příčinné smyčkové diagramy tak posloužili jako užitečný nástroj pro zachycení mentálních modelů vybraných jedinců na tuto problematiku, což potvrzuje jejich užitečnost při shromaždování informací o daném systému. Informace získané od více osob v podobě těchto diagramů, tak lze přehledně vizuálně porovnávat a hledat případné styčné body, což může být užitečné při hledání příčin vzniklých problémů ve zkoumaném systému.

S výše zmíněným souvisí tvorba skupinových příčinných smyčkových diagramů. Pokud je potřeba tvořit diagram více či méně špatně exaktně popsanému systému, tak je vhodným způsobem tvorby shromáždění informací o daném systému od co nejvíce osob, které s ním mají zkušenosti. Získané informace v podobě individuálních smyčkových diagramů jdou následně sjednotit do jednoho diagramu a tím lze získat relativně komplexní pohled na daný systém. Jak lze vidět na příkladu dynamiky rodinného života, tak skupinový smyčkový diagram může být o hodně komplexnější než jakýkoli individuálně vytvořený diagram. Což potvrzuje i následná konzultace s tvůrci individuálních diagramů, kdy většina potvrdila, že ve skupinovém diagramu našla věci, které by je samotné k danému problému nenapadly a že souhlasí s tím, že mají v daném systému své důležité postavení. I skupinové příčinné smyčkové diagram najdou samozřejmě uplatnění v různorodých systémech, což ukazuje i vybraný příklad s problematikou zasolování půdy, kde byl skupinový diagram také použit pro úspěšné zmapování daného problému.

Závěrečným doporučením lze říci, že v současném stále pokrokovějším světě, ve kterém se vyskytuje mnoho druhů více či méně komplexních systémů, hrají principy oblasti systémového myšlení svou důležitou roli pro správnou orientaci v těchto systémech. Příčinné smyčkové diagramy a potažmo i ostatní nástroje systémového myšlení, jako jsou systémové archetypy či diagramy hladiny toku, patří mezi důležité pomůcky při řešení vzniklých problémů či jen pro zmapování fungování daných systémů, což může být velmi prospěšné, jelikož správné pochopení fungujících systémů může často zabránit špatným krokům, které mohou celý systém narušit, což může znamenat v lepším případě jen ztrátu peněz, ale v nějakých případech mohou být i ohroženy lidské životy. O většině těchto nástrojů lze navíc říci, že byly navrženy tak, aby práci s nimi po větším či menším seznámení dle druhu nástroje zvládl i člověk bez předchozích zkušeností a i díky tomu mají stejně jako celá oblast systémového myšlení své uplatnění ve většině odvětví a mají rozhodně svůj potenciál, díky kterému se více dostávají do podvědomí stále většího počtu osob.

5 Seznam použité literatury

BASSI, A. M., F. DE REGO, J. HARRISSON a N. LOMBARDI. WATERSTORY ILE: A Systemic Approach to Solve a Long-Lasting and Far-Reaching Problem. *Simulation & Gaming* [online]. 2015, **46**(3-4), 404-429 [cit. 2016-05-25]. DOI: 10.1177/1046878115580412. ISSN 1046-8781. Dostupné z: http://sag.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/1046878115580412

BÉRARD, Céline. Group Model Building Using System Dynamics: An Analysis of Methodological Frameworks. *Journal of Business Research* [online]. 2010, **8**(1), 35-45 [cit. 2016-05-11]. ISSN 1477-7029. Dostupné z: www.ejbrm.com

BRAUN, W. *System Archetypes, The Systems Modeling Workbook, 2002* [online]. [cit. 2016-02-22] Dostupné z: http://wwwu.uni-klu.ac.at/gossimit/pap/sd/wb_sysarch.pdf

BUREŠ, Vladimír. *Systémové myšlení pro manažery*. Praha: Professional Publishing, 2011. ISBN 978-80-7431-037-9.

BUZAN, Tony. *The ultimate book of mind maps: unlock your creativity, boost your memory, change your life*. 4. printing. London: Thorsons, 2006. ISBN 978-000-7212-910.

CAÑAS, Alberto J. a Joseph D. NOVAK. Cmap | Cmap Software. *Home - Cmap* [online]. Florida, 2009 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: http://cmap.ihmc.us/docs/conceptmap.php

EMBERGER, Guenter. Causal Loop Model to Describe Transport System's Effects on Socio-Economic Systems. *Developing freight policy: proceedings of Seminar G held at the European Transport Conference, Homerton College, Cambridge, 11 - 13 September 2000* [online]. "Final version.". London: PTRC Education and Research Services Ltd, 2000, 12 p. [cit. 2016-06-09]. ISBN 0860503399. Dostupné z: http://www.systemdynamics.org/conferences/2000/PDFs/emberger.pdf

GOH Yang Miang, Helen BROWN, Jeffery SPICKETT, *Applying systems thinking concepts in the analysis of major incidents and safety culture*, Safety Science, Volume 48, Issue 3, March 2010, Pages 302-309, [cit. 2016-03-20], ISSN 0925-7535, http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2009.11.006. Dostupné z: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753509002069

HEASLIP, Graham, Amir M. SHARIF a Abrahim ALTHONAYAN. *Employing a systems-based perspective to the identification of inter-relationships within humanitarian logistics. International journal of production economics* [online]. United Kingdom: ELSEVIER, 2012, Volume 139, Issue 2, Pages 377–392 [cit. 2016-04-23]. ISSN 0925-5273. Dostupné z: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527312002149.

HOVMAND, Peter S. *Group Model Building and Community-Based System Dynamics Process. Community Based System Dynamics* [online]. New York, NY: Springer New York, 2014, s. 17 [cit. 2016-06-18]. DOI: 10.1007/978-1-4614-8763-0_2. ISBN 978-1-4614-8762-3. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-8763-0_2

INAM, Azhar, Jan ADAMOWSKI, Johannes HALBE a Shiv PRASHER. Using causal loop diagrams for the initialization of stakeholder engagement in soil salinity management in agricultural watersheds in developing countries: A case study in the Rechna Doab watershed, Pakistan. *Journal of Environmental Management* [online]. 2015, **152**, 251-267 [cit. 2016-07-20]. DOI: 10.1016/j.jenvman.2015.01.052. ISSN 03014797. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479715000687

KIM, Daniel H. *Guidelines for Drawing Causal Loop Diagrams*. The Systems Thinker [online]. 1992, 3(1), 5-6 [cit. 2016-07-11]. Dostupné z: http://www.cs.toronto.edu/~sme/SystemsThinking/2014/GuidelinesforDrawingCausalLoopDiagrams.pdf

MCDERMOTT, Tom. Systems Thinking. *Modeling and Simulation in the Systems Engineering Life Cycle* [online]. 2015, , 273-297 [cit. 2016-06-01]. DOI: 10.1007/978-1-4471-5634-5_22. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-5634-5_22

MORECROFT, John. Systems *approaches to managing change: a practical guide* [online]. New York: Springer, 2010, pp 25-85 [cit. 2016-01-24]. ISBN 9781848828094-. Dostupné z: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84882-809-4_2.

NARAYANAN, V.K. *Causal mapping for research in information technology* [online]. Ilustrované vydání. Hershey PA: Idea Group Publishing, 2005, s. 143-147 [cit. 2016-03-17]. ISBN 1591403987. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=-E0MzZvh3YEC&dq=collective+cognitive+map+guideline&hl=cs

NEWELL, Barry, Katrina PROUST, Robert DYBALL a Phil MCMANUS. Seeing obesity as a systems problem. *New South Wales Public Health Bulletin* [online]. 2007, **18**(12), 214- [cit. 2016-08-19]. DOI: 10.1071/NB07028. ISSN 1034-7674. Dostupné z: http://phrp.com.au/issues/volume-18-issue-11-12/seeing-obesity-as-a-systems-problem/

OHNO, Taiichi. *Toyota production system: beyond large-scale production* [online]. Cambridge, Mass.: Productivity Press, c1988, s. 17-18 [cit. 2016-06-13]. ISBN 0915299143. Dostupné z: https://books.google.co.uk/books?id=7_-67SshOy8C&hl=cs&source=gbs_navlinks_s

PRUSTY, Santosh Kumar, Pratap K. J. MOHAPATRA a C. K. MUKHERJEE. *System Archetype to Understand Unintended Behavior in Indian Shrimp Industry and to Aid in Strategy Development*. *Systemic Practice and Action Research* [online]. [cit. 2016-02-08]. DOI: 10.1007/s11213-013-9288-6. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/s11213-013-9288-6

SENGE, Peter M. *The fifth discipline: the art and practice of the learning organization*. 1st ed. New York: Doubleday/Currency, c1990, viii, 423 p. ISBN 03-852-6095-4.

STERMAN, John D. Business dynamics systems thinking and modeling for a complex world. [Nachdr.]. Boston: Irwin/McGraw-Hill, 2000. ISBN 00-723-8915-X.

ZUKAL, Jiří. Rodinný život Evropanů - Ministerstvo vnitra České republiky. *Úvodní strana - Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. Praha, 2009 [cit. 2016-06-19]. Dostupné z: http://www.mvcr.cz/clanek/rodinny-zivot-evropanu.aspx

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Akademický rok: 2015/2016

Studijní program: Systémové inženýrství a informatika
Forma: Prezenční
Obor/komb.: Informační management (im2-p)

Podklad pro zadání DIPLOMOVÉ práce studenta

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
Řezníček Miloš	Střelova 291, Přelouč	I1445

TÉMA ČESKY:

Vybrané problémy modelování systémů pomocí příčinných smyčkových diagramů

TÉMA ANGLICKY:

Selected problems of system dynamics modeling using causal loop diagrams

VEDOUCÍ PRÁCE:

doc. Ing. Vladimír Bureš, Ph.D., MBA - KIT

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cíl: Analyzovat a porovnat postupy tvorby CLD a ukázat aplikaci na praktických příkladech.

Osnova:
1) Teoretická část
   - příčinné smyčkové diagramy
   - systémové archetypy
   - použití v praxi
2)Metodika práce
3)Praktická část
   - interpretace výsledků
   - doporučení
4)Závěr

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

Bureš, V.: Systémové myšlení pro manažery. Professional Publishing, 2011

Podpis studenta: ..... Datum: 15. 8. 2016

Podpis vedoucího práce: ..... Datum: .....

(c) IS/STAG , Portál - Podklad kvalifikační práce , I1445 , 15.08.2016 14:50