

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

**Systémový přístup a simulace podnikových procesů ve
vybrané restauraci**

Anastasija Taraskina

© 2016 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Anastasiya Taraskina

Provoz a ekonomika

Název práce

Systémový přístup a simulace podnikových procesů ve vybrané restauraci

Název anglicky

System approach and simulation of business processes in the chosen restaurant

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je pomocí systémové dynamiky navrhnout simulační model na základě reálné restaurace se zaměřením na dodání a následné spotřebování zeleniny, dále zjistit chování podniku v krizových situacích a analyzovat v modelu scénáře reálného chování.

Metodika

- nastudování odborné literatury
- školení a konzultace od společnosti Proverbs, a. s.
- konzultace s vedením restaurace
- získání reálných dat od vedení restaurace
- sestavení příčinně smyčkového diagramu
- zpracování modelu v programu Vensim PLE
- porovnání řešení v modelu a v praxi
- analýza a interpretace výsledků

Doporučený rozsah práce

30-40 stránek

Klíčová slova

systemová dynamika, simulace, diagram stavů a toků, distribuce, scénáře

Doporučené zdroje informací

FORRESTER, J. W. 1987a. 14 "obvious truths". System Dynamics Review, vol. 3, no. 2, s. 156-159. ISSN 1099-1727.

FORRESTER, J. W. 1987b. Lessons from system dynamics modelling. System Dynamics Review, vol. 3, no. 2, s. 136-149. ISSN 1099-1727.

KREJČÍ, I., KVASNIČKA, R. 2014. Systemová dynamika I. Praha: ČZU. 67 s. ISBN 978-80-213-2478-7.

ŠUSTA, M. 2015. Průvodce systémovým myšlením. První vydání. Praha: Proverbs. 136 s. ISBN 978-80-260-7602-5.

VOJTKO, V., MILDEOVÁ, S. 2007. Dynamika trhu: jak pochopit síly, které mění trhy, konkurenci a podnikání. Praha: Profess Consulting, 124 s. ISBN 978-80-7259-052-0.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 ZS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Igor Krejčí, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 25. 9. 2015

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 11. 2015

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 29. 11. 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Systémový přístup a simulace podnikových procesů ve vybrané restauraci" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30. 11. 2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce Ing. Igoru Krejčímu za trpělivost, užitečné rady a pomoc při sestavování modelu systémové dynamiky. Dále bych ráda poděkovala firmě Proverbs a.s., Ing. Marku Šustovi a Ing. Janu Čánovi za poskytnuté školení, jež bylo velice přínosným pro sepsání této práce.

Systémový přístup a simulace podnikových procesů ve vybrané restauraci

Souhrn

Bakalářská práce se soustředí na aplikaci systémové dynamiky v reálné restauraci, přesněji na objednávkový systém zeleniny, aby se minimalizovalo její vyhazování. V teoretické části je zmíněná historie a vývoj systémové dynamiky, dále její různé aplikace ve světě i v České republice. Následně jsou vysvětleny důležité pojmy, jež souvisí se systémovou dynamikou. Je zde uveden vztah systémové dynamiky a systémového myšlení. Též se tu vyskytují nástroje pro popis struktury systému a nejčastější systémové archetypy. Praktická část následně obecně popisuje restauraci a jsou stanoveny cíle, o něž bude model usilovat. Jsou zde popsány dva diagramy, příčinně smyčkový diagram a diagram stavů a toků, díky kterým šla provést optimalizace ke zjištění potřebných údajů a tím i naplnění cílů této práce.

Klíčová slova: Systémová dynamika, systémové myšlení, systém, příčinně smyčkový diagram, diagram stavů a toků, politika, zpětnovazební smyčka, sebeposilující smyčka, vyvažující smyčka, stavová proměnná, toková proměnná, pomocná proměnná

System approach and simulation of business processes in the chosen restaurant

Summary

The bachelor thesis is concentrating on application of system dynamics in the real restaurant, to be more specific on ordering system of vegetables to minimize its throwing out. In theoretic part there is mentioned the history of system dynamics, its many applications in the world and in the Czech Republic. Next there are explained important terms that are connected to system dynamics. There is mentioned the relation between system dynamics and system thinking. Also there are tools used to describe structure of the system and the most recent system's archetypes. The practical part describes the restaurant and there are set goals that the model is trying to achieve. There are described two diagrams, one is causal loop diagram and the other is stock and flow diagram. Thanks to these diagrams it was possible to receive optimization for needed data and to achieve set goals.

Keywords: System dynamics, system thinking, system, causal loop diagram, stock and flow diagram, policy, feedback loop, reinforcing loop, balancing loop, stock, flow

Obsah

1 Úvod.....	11
2 Cíl práce a metodika	12
2.1 Cíl práce	12
2.2 Metodika	12
3 Teoretická východiska	14
3.1 Historie systémové dynamiky	14
3.1.1 Vznik a vývoj SD.....	14
3.1.2 Aplikace SD	15
Použití systémové dynamiky v České republice.....	16
3.2 Systémová dynamika	18
3.2.1 Systém.....	18
3.2.2 Politika.....	18
3.2.3 Komplexnost a dynamická komplexnost.....	18
3.2.4 Vztah systémové dynamiky a systémového myšlení.....	20
3.3 Nástroje pro popis struktury systému.....	21
3.3.1 Zpětná vazba	21
Pozitivní zpětná vazba	22
Negativní zpětná vazba.....	22
Kombinace více zpětných vazeb.....	22
3.3.2 Příčinně smyčkový diagram.....	23
Sebeposilující smyčka.....	23
Vyvažující smyčka.....	23
3.3.3 Diagramy stavů a toků	23
3.4 Systémové archetypy	25
3.4.1 Systémové archetypy pro management	25
3.4.2 Archetyp Sebeposilující chování	25
3.4.3 Archetyp Cílové chování	26
3.4.4 Archetyp Meze růstu.....	26
3.4.5 Archetyp Eskalace	27
3.4.6 Archetyp Přesun břemene	28
3.4.7 Archetyp Nápravy, které se vymstí.....	29
3.4.8 Archetyp Eroze cílů	30
3.4.9 Archetyp Růst a nedostatečné investice.....	31
3.4.10 Archetyp Náhodní protivníci	32

3.4.11	Archetyp Úspěch úspěšným.....	33
3.4.12	Archetyp Tragédie společného	34
4	Vlastní práce	35
4.1	Úvod.....	35
4.2	Vytváření modelu systémové dynamiky	36
4.2.1	Stanovení cíle budoucího modelu.....	36
4.2.2	Příčinně smyčkový diagram.....	36
4.2.3	Diagram stavů a toků	40
4.2.4	Zhodnocení výsledků modelu a doporučení	46
5	Závěr.....	49
6	Seznam použitých zdrojů	50

Seznam obrázků

Obrázek 1	Vztah systémové dynamiky a systémového myšlení	20
Obrázek 2	PSD pro model populace	23
Obrázek 3	Prvky diagramu stavů a toků	24
Obrázek 4	Čtyři ekvivalentní zobrazení diagramu stavů a toků	24
Obrázek 5	Archetyp Sebeposilující chování.....	25
Obrázek 6	Archetyp Cílové chování.....	26
Obrázek 7	Archetyp Meze růstu	26
Obrázek 8	Archetyp Eskalace	27
Obrázek 9	Archetyp Eskalace	27
Obrázek 10	Archetyp Přesun břemene	28
Obrázek 11	Archetyp Náprav, které se vymstí	29
Obrázek 12	Archetyp Eroze cílů.....	30
Obrázek 13	Archetyp Růst a nedostatečné investice	31
Obrázek 14	Archetyp Náhodní protivníci.....	32
Obrázek 15	Archetyp Úspěch úspěšným	33
Obrázek 16	Archetyp Úspěch úspěšným	33
Obrázek 17	Archetyp Tragédie společného.....	34
Obrázek 18	Příčinně smyčkový diagram modelu restaurace.....	37
Obrázek 19	Diagram stavů a toků pro okurky (x_i , kde $i=1$).....	41
Obrázek 20	Graf Ztráty při reálných hodnotách objednávané zeleniny.	47
Obrázek 21	Graf Ztráty při optimálních hodnotách objednávané zeleniny.....	48

Odkazovaný seznam obrázků

Seznam tabulek

Tabulka 1 Obecné vlastnosti systému způsobující dynamickou komplexnost.....	19
Tabulka 2 Operativní definice systémového myšlení.....	21
Tabulka 3 Struktura zpětnovazebních cyklů - kombinace více zpětných vazeb	22
Tabulka 4 Kompletní seznam všech proměnných a jejich vzorců, jež se vyskytují v modelu, kde x_1 =okurky, x_2 =rajčata, x_3 =salát.....	42
Tabulka 5 Graf a tabulka proměnné Reálných objednávek zeleniny	43
Tabulka 6 Graf proměnné Zákazníci.	44
Tabulka 7 Graf a tabulka proměnné Vyhozené okurky.....	46
Tabulka 8 Graf a tabulka proměnné Vyhozená rajčata.....	46
Tabulka 9 Graf a tabulka proměnné Aktuálně neobloužení zákazníci salát.....	47
Tabulka 10 Optimální množství objednávané zeleniny v kg.....	48

1 Úvod

Systemová dynamika je poměrně mladá vědní disciplína, první zmínky byly z 50. let 20. století od amerického profesora J. W. Forrestera, který nejdříve upřednostňoval spíše termín průmyslová dynamika. Tato práce ve své teoretické části popisuje historii systémové dynamiky, její vznik a vývoj. Dále zde budou uvedeny různé aplikace systémové dynamiky ve světě i v České republice. Nebude ani opomenuté vysvětlení základních pojmů, se kterými se v systémové dynamice dá běžně setkat, dále popsán vztah mezi systémovou dynamikou a systémovým myšlením. V další části budou představeny nástroje, jež se využívají pro popis struktury systému, příčinně smyčkový diagram a diagram stavů a toků. V poslední části teorie se vyskytnou nejčastější systémové archetypy.

V praktické části se popisuje restaurace, na základě které byla získána potřebná data pro vytvoření modelu. Bude zde zobrazen a popsán příčinně smyčkový diagram, jež je takovým základem nebo spíše náčrtem pro diagram stavů a toků, ohledně kterého se soustředí celá tato práce. Tento model bude důkladně popsán, jeho proměnné i vztahy mezi nimi, celková funkčnost. Na závěr proběhne interpretace výsledků a vznikne jisté doporučení pro vedení restaurace, jak zamezit nadměrnému vyhazování zeleniny a snížit ztráty.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je pomocí systémové dynamiky navrhnout simulační model, který bude založen na fungování reálné restaurace a zaměřen na dodání a spotřebu zeleniny. Dílčím cílem je zjistit, jak se podnik chová v krizových situacích, mezi kterou se považuje například to, že zákazník nedostane potřebnou porci zeleniny, která mu má být přidělena a provézt v modelu analýzu scénářů reálného chování.

2.2 Metodika

1. Nastudování odborné literatury

Nastudování odborné literatury je důležitým krokem k pochopení problematiky systémové dynamiky. Systémové dynamika je poměrně mladou vědní disciplínou, a proto je mnoho materiálů k tomuto tématu dostupných online. Jedná se o knihy, odborné články a internetové stránky. Většina těchto zdrojů je v anglickém jazyce, proto je pro jejich nastudování nutná znalost angličtiny.

2. Školení se společností Proverbs, a.s.

Společnost Proverbs, a. s. umožňuje proškolení v oblasti systémové dynamiky. Jedná se o dvoudenní intenzivní školení, které vedou zástupci společnosti. Jsou zde vysvětleny základy systémové dynamiky a práce v softwaru Vensim. Dále zde probíhá tvorba modelů a jejich interpretace.

3. Konzultace s vedením restaurace, získávání reálných dat

Dalším krokem bylo konzultování s vedením restaurace, ze které byly získávány potřebné údaje, týkající se objednávání zeleniny, skladování a trvanlivosti zeleniny, spotřeby a odepisování zeleniny. Dále byly poskytnuty reálné údaje objednávek zeleniny a reálné prodeje pokrmů, v nichž se tato zelenina vyskytovala.

4. Sestavení příčinně smyčkového diagramu

K lepší a přehlednější orientaci v modelu systémové dynamiky, bylo potřeba nejdříve sestavit příčinně smyčkový diagram, který nastínil další postup modelování.

5. Sestavení diagramů stavů a toků v programu Vensim PLE¹

Dále byl v programu Vensim PLE sestaven diagram stavů a toků, ve kterém se vyskytuje reálná i fiktivní složka v objednávkách a spotřebě zeleniny.

6. Porovnání výsledků v modelu a v praxi

Díky sestavenému diagramu stavů a toků v programu Vensim PLE bylo umožněno porovnávání reality a uměle vytvořených situací. Dále zde bylo možné vyzkoušet různé scénáře toho, jaký by byl následek, pokud by se měnily hodnoty proměnných. Následně pomocí modifikovaného Powellova algoritmu byla provedena optimalizace, která určila, jaké optimální množství zeleniny by se mělo objednávat, aby bylo zajištěno uspokojení poptávky a ztráty byly minimální.

7. Analýza a interpretace výsledků

Na závěr proběhla analýza a interpretace výsledků, na základě kterých vznikla jistá doporučení pro vedení restaurace.

¹ Jedná se o základní verzi volně stahovatelného softwaru, jehož základní funkce postačí ke tvoření jednoduchých modelů.

3 Teoretická východiska

3.1 Historie systémové dynamiky

3.1.1 Vznik a vývoj SD

Pojem systémová dynamika (dříve „průmyslová dynamika“) vznikl v 50. letech 20. století. Jejím zakladatelem byl americký profesor Jay W. Forrester, který vystudoval elektrotechnické inženýrství na Massachusetts Institute of Technology. V tomto institutu se později stal profesorem. Jeho první článek týkající se systémové dynamiky vyšel v roce 1958 v Harvard Business Review pod názvem „Industrial Dynamics – A Major Breakthrough for Decision Makers.“ Tento článek byl později použit ve 2. kapitole knihy „Industrial dynamics“ (Mildeová, Vojtko, 2011).

Forresterův pohled na management byl ovlivněn jeho vzděláním v oboru elektrotechnického inženýrství. Při spolupráci s americkou společností General Electric, která se zabývá dopravními technologiemi, finančnictvím, energetikou a dalšími obory, zjistil, že management musí neustále řešit jeden a ten samý problém ve svých výrobních závodech v Kentucky. Nejjednodušším vysvětlením byla nepravidelnost v objednávkách způsobená ekonomickými cykly. Poté Forrester pomocí počítačových simulací zjistil, že vztah mezi objednávkami, skladovými zásobami a zaměstnaností spočívá ve vnitřních rozhodujících politikách podniku. To bylo prvním impulzem k vytvoření prvotních simulací a softwaru SIMPLE („Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations“). Jednalo se o první kompilátor, který uměl zpracovávat diferenciální rovnice, pomocí kterých byl simulační model popsán. Od tohoto okamžiku se systémová dynamika začala rozvíjet rychleji (Mildeová, Vojtko, 2011).

Vznikaly další systémové prototypy, jako například model limitů růstu („Limits to Growth), který bral v úvahu vztah mezi kapacitou, cenou, kvalitou a dodacími lhůtami. Tím poukazoval na některé opomíjené faktory omezující růst podniku. Na konci 60. let pracoval J. W. Forrester na tzv. „dynamice města“ („Urban Dynamics“), která se zabývala otázkou vzniku oblastí s rozsáhlou kriminalitou, ghet a slumů ve městech. Na základě tohoto modelu začaly vznikat a rozvíjet se další modely, jejichž snahou bylo pochopení složitých dynamických sociálních systémů - „národní dynamika“ („System Dynamics National Model“), „světová dynamika“ („World Dynamics“). Tyto modely byly vytvářeny

na základě nových přístupů, zejména tzv. diagramů stavů a toků („stock-and-flow diagrams“) a příčinně smyčkových diagramů („casual-loop“),(Mildeová, Vojtko, 2011).

3.1.2 Aplikace SD

Světové aplikace

„Průmyslová dynamika je metoda systémové analýzy zabývající se časovými proměnnými, které jsou součástí systému řízení. Každý úspěšný manažer může rozumět nebo dokonce pomáhat při vytváření vztahů, které jsou popisovány rovnicemi. Tato skutečnost poukazuje na to, že potřebné matematické znalosti jsou dosažitelné téměř pro kohokoliv, kdo dokáže řídit moderní korporaci.“(Forrester, 1961, s. 9)

S postupným rozvojem v počítačové oblasti se začaly objevovat i nové nástroje k modelování dynamických systémů, patří sem například simulační jazyk DYNAMO², software pro simulaci Vensim³, STELLA⁴ či Powersim. Výhodou těchto nástrojů byla nepotřebnost znalostí složitých diferenciálních rovnic a po krátkém školení byl uživatel schopný využívat tyto modely jak v praxi, tak i v teoretickém výzkumu. Systémové dynamické modelování bylo rozšířené především v USA v 70. letech 20. století, modely se používaly při řešení nejen jednoduchých problémů, ale i problémů velmi rozsáhlých a složitých (Vojtko, Mildeová, 2007).

Zde jsou uvedeny konkrétní příklady rozsáhlejších modelů, které se úspěšně použily ve světě:

- Testování strategií a politik rozhodování v organizacích, modely technicko-personálně-ekonomických charakteristik firemních procesů a jejich vzájemných vazeb podporujících strategické řízení,
- Risk management,

² DYNAmic MOdels je programovací jazyk, byl původně vyvinut pod vedením J. W. Forrester v 50. letech 20. století Dr. Phyllisem Foxem, Alexanderem L. Pughem III., Grace Durenovou a Davidem J. Howardem. (Forrester, 1961, s. 369)

³ Vensim byl založen v 90. letech 20. století americkou společností Ventana Systems. Nejdříve se jednalo o programovací jazyk, následně ale byl vytvořený software pro vytváření a použití systémové dynamických modelů. (Dostupné z <http://vensim.com/vensim-history/>)

⁴ “STELLA” vizuální programovací jazyk pro systémovou dynamiku, z anglického „Structural Thinking, Experimental Learning Laboratory with Animation“ založen B. M. Richmond (1985). (Richmond, 1994)

- Měkká optimalizace, která spočívá v nalezení speciálního nastavení modelu a dále reálného systému tak, aby byla splněna daná cílová kritéria,
- Pochopení a zredukování „mezí růstu“ společností a jejich vnitřních příčin,
- Podpora a zrychlení procesů plánování, jež se nacházejí na různých úrovních,
- Behaviorální modely trhu, modely, které v sobě zahrnují širší okolí firmy,
- V projektovém řízení slouží jako základ k pochopení dynamické složitosti řízení projektů, změnového řízení, nebo vlivu multiprojektového prostředí,
- Likvidací problému, které vyplývají z rozdílných mentálních modelů, jež odpovídají různým rolím v organizacích (Vojtko, Mildeová, 2007).

Využití modelů systémové dynamiky je obzvlášť důležité pro komunikaci a vytváření znalostí v organizacích, porozumět rozdílům v mentálních modelech a z nich vycházejících politik a pravidel rozhodování, které dost často způsobují pochybné celkové chování systému. V reálných modelech systémové dynamiky mnohdy dochází k propojení vlastností technologických procesů, nákupu, prodeje, návazných ekonomických charakteristik mezi něž patří i cash-flow, dále parametrů zahrnujících v sobě chování lidí (informační a řídicí systém, produktivitu práce). To umožňuje manažerům poznat lépe vzájemné vztahy, ověřit si scénáře různě nastavených cílů, parametry informačního a řídicího systému, strategie, změny politiky rozhodování i jednotlivých rozhodnutí při změně výstupů (Vojtko, Mildeová, 2007).

Zde je uveden konkrétní příklad většího modelu, který byl úspěšně použit ve světě:

- Model leasingové strategie automobilů pro General Motors zobrazující dlouhodobé dopady agresivních leasingových podmínek na trh s novými auty, kdy se nejdříve úspěšná strategie jeví jako problematická, jelikož oproti minulosti poněkud starší automobily se po skončení leasingu stávají překvapivě významným konkurentem zcela novým automobilům (Mildeová, Vojtko, 2011).

Použití systémové dynamiky v České republice

Celkově používání systémově dynamických modelů v České republice není moc běžné. Přibližně od 70. let se dají nalézt některé pokusy o použití systémové dynamiky na univerzitách a ve výzkumných ústavech, ale nedopadlo to nejlépe. Mezi důvody neúspěchu patřila především technologická zaostalost a nedostatek podstatných informací a znalostí. Až do roku 1995 zažívala systémová dynamika spíše útlum, pak se situace obrátila,

protože se firma Proverbs a.s. v té době stala výhradním distributorem software pro výrobu modelů systémové dynamiky, jako je například Powersim, Vensim, Stella, iThink. Poté, co byl software Powersim Constructor přeložen do češtiny, zakoupily si ho všechny významné univerzity (Mildeová, Vojtko, 2011).

V akademickém prostředí jsou dnes modely systémové dynamiky využívány pro zlepšení kvality učení studentů, kdy se jedná o interaktivnost výukového prostředí, jež umožňují různé experimentování s modely firem, společností a sjednocení s poznatky, které získali v různých specializovaných předmětech (Mildeová, Vojtko, 2011).

Během této doby byly modely systémové dynamiky použity prakticky ve státní správě i ve firmách, zde je uvedeno několik příkladů:

- Pro Armádu ČR byl vytvořen personalistický model „Libuše“, jež obsahuje demografii, vojenské střední i vysoké školství, trh pracovních sil. Dále na něj navazuje model mobility pracovních sil (Mildeová, Vojtko, 2011).
- Pro podporu marketingu byla ve společnosti T-mobile vytvořena série modelů.
- Pro mnohé významné české firmy byly vytvořeny modely zabývající se risk managementem, testováním strategií, finančním řízením a plánováním, rozvojem distribučních řetězců, projektovým řízením, použitím metody BSC⁵ (Vojtko, Mildeová, 2007).

V těchto výše uvedených příkladech byly modely systémové dynamiky v první fázi použity k získání vhledu do problematiky, čímž je poznání vnitřní smyčkové zpětnovazební struktury příčin a následků, která způsobuje problémové chování. Následně byly pomocí těchto modelů zkoušeny nové politiky a změny, jež vedly k odstranění tohoto problémového chování. Na základě těchto simulací si každý může sám pro sebe zkontrolovat logické důsledky a velmi rychle získat potřebný vhled (Mildeová, Vojtko, 2007).

⁵ Metoda BSC neboli Balanced Scorecard (česky systém vyvážených ukazatelů výkonnosti podniku) je souborem měřítek, jež umožňují manažerům rychlý a i obsáhlý náhled do podniku. Zahrnuje v sobě finanční měřítko, která vypovídají o výsledcích činů, jež už byly provedeny. Zároveň je doplňována provozními měřítky ohledně zákaznické spokojenosti, interních procesů, inovací podniku a různých zlepšujících aktivit. Autory této metody jsou Robert S. Kaplan a David P. Norton (1992).

3.2 Systémová dynamika

Systémová dynamika patří do vědních disciplín, které zkoumají chování komplexních⁶ systémů v čase. Klade důraz na strukturu systému, zpětné vazby a jejich zpoždění, nelineární vztahy, jež se vyskytují v systému. Díky počítačové simulaci napomáhá porozumět chování systému, pochopit, z jakého důvodu vznikl problém a kde jsou jeho příčiny, důvody nefunkčnosti aplikovaných politik a návrhy účinnějších politik a struktur (Krejčí, Kvasnička, 2014).

3.2.1 Systém

„Systém je množinou prvků, které jsou účelně organizovány a propojeny do struktury. Tato struktura je zdrojem charakteristického chování, které směřuje k dosažení nějakého cíle nebo naplnění funkce.“ (Krejčí, Kvasnička, 2014, s.4)

Systém není tvořen pouze výčtem prvků, ale jsou pro něj velmi podstatné i vazby mezi těmito prvky. Nejtypičtějším znakem systému je, že vykazuje určité chování, které nemá žádný jeho prvek. Tato vlastnost se nazývá emergence. (Krejčí, Kvasnička, 2014). Kupříkladu, pokud se rozebere zbraň, tak žádná její část nedokáže vystřelit sama o sobě. Pokud se ale složí dohromady, tak je schopná vystřelit.

Systém lze tedy definovat pomocí prvků, jejich vazbami, cílem a chováním v čase (Meadows, 2009).

3.2.2 Politika

Politika je pravidlo pro převod informačních zdrojů do nepřetržitého toku rozhodnutí (Forrester, 1987a), přičemž je důležité si uvědomit, že ne všechny politiky s touto definicí jsou součástí psaných dokumentů a ne všechna psaná pravidla jsou politikami. Tudíž, pravidlo je politikou, jen pokud jeho produktem je tok rozhodnutí (Hines, House, 2001, Krejčí, Kvasnička, 2014).

3.2.3 Komplexnost a dynamická komplexnost

Komplexnost určuje, jak složitě jsou propojeny prvky systému (Meadows, 2009, Sterman, 1994). Patří sem hlavně složitost vazeb v systému, kdy je vše propojeno se vším, takže i nepatrná změna bude mít vliv na další prvky (Krejčí, Kvasnička, 2014).

⁶ Slovo „komplex“ je odvozeno z latinského complexus což znamená „provázaný celek“.

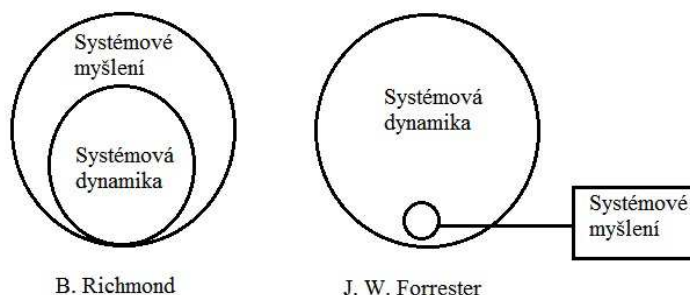
Pojem dynamická komplexnost klade důraz na více smyčkový, nelineární charakter systémů, obsahující řadu zpoždění mezi příčinou a důsledkem. Příčinou je v čase probíhající interakce mezi aktéry a dalšími prvky v systému (Sterman, 2000).

Níže v tabulce č. 1 je typickým úhlem pohledu systémové dynamiky na chování systému, který ji tímto odlišuje od jiných směrů a ostatních systémových teorií.

Systémy jsou:	
Dynamické	dynamičnost systémů vyjadřuje změnu a vývoj chování v čase. Vývoj a změny mohou probíhat v odlišných časových měřítkách (vývoj v letech, zatímco změny ve vteřinách).
Úzce propojené	vzájemná propojenost aktérů a prvků vede v důsledku k nemožnosti udělat pouze jednu věc, bez vlivu na další aktéry či prvky.
Řízené zpětnou vazbou	úzká propojenost prvků systémů vede k tomu, že každá akce vyvolá reakci, která má vliv na podmínky, které vyvolaly původní akci. Tato zpětná vazba však může být vzdálená v čase.
Nelineární	reakce obvykle nebývá proporcionální k akci.
Závislé na historii	rozhodnutí v určitém bodě na časové ose má vliv na možnosti volby v budoucnosti.
Sebe organizující	dynamické chování systému vychází z jeho struktury, je výsledkem vazeb mezi prvky a aktéry v systému.
Adaptivní	rozhodovací schopnosti a pravidla se v čase mění. Adaptace je dána evolucí a učením prvků systému.
Proti intuitivní	akce a reakce jsou vzdáleny v čase i prostoru. Pozornost se běžně více věnuje událostem blízkým vysvětlované problémové situaci a symptomům, než skutečné, často skryté příčině. Účinné politiky obvykle nejsou jednoduše identifikovatelné.
Resistentní vůči politikám	složitost systému často přesahuje schopnosti mu porozumět. Proto mnoho zřejmých, očividných řešení selhává nebo situaci dokonce zhoršuje.
Charakteristické substituční vztahy	zpoždění ve zpětných vazbách je obvykle spojeno s rozdílnými dopady politik v krátkém a dlouhém období. Politiky se silným pákovým efektem často způsobují nejdříve zhoršení, zlepšení přichází až v delším období. Naopak politiky s výrazným okamžitým zlepšením běžně vedou k následnému zhoršení.

Tabulka 1 Obecné vlastnosti systému způsobující dynamickou komplexnost podle J. D. Sterman (2000, s. 22), převzato od (Krejčí, Kvasnička, 2014, s. 6).

3.2.4 Vztah systémové dynamiky a systémového myšlení



Obrázek 1 Vztah systémové dynamiky a systémového myšlení dle B. Richmond (1994, s. 137), tvorba vlastní.

Systémové myšlení z anglického „systems thinking“ se dá přeložit jako jisté myšlení v systémech nebo myšlení o systémech. Nedá se považovat za teorii o měkkých systémech⁷, systémovou analýzu⁸ či obecnou teorii systémů⁹ i přesto, že má s těmito vědními disciplínami mnoho podobných znaků (Richmond, 1994).

Dle Obrázku 1 výše je vidět, že definice systémového myšlení se mohou od sebe lišit v závislosti na autorovi. Například J. W. Forrester vnímá systémové myšlení jako malou podmnožinu systémové dynamiky, kdy naráží na to, že právě systémová dynamika nabídne systémovému myšlení pochopení a pomůže zlepšit fungování světa (Richmond, 1994).

„Podle Forrestera systémové myšlení přinese méně než 5% ke skutečnému porozumění systémů. Ostatních 95% se nachází ve velice pečlivé systémové dynamice, jež řídí strukturování modelů a simulací na bázi těchto modelů,“ (Richmond, 1994).

Naopak je tomu u vnímání systémového myšlení B. M. Richmondem. Rozdíly mezi těmito dvěma vnímáními vyplývají hlavně z rozdílných předpokladů, které položky by měly být zahrnuty do systémového myšlení, a které do systémové dynamiky. Podle Richmonda v sobě systémové myšlení zahrnuje vše, co si Forrester myslí o systémové dynamice plus

⁷ Jedno z rozdělení systémů, kdy měkké systémy se orientují na učení, studium, používají se v případě potřeby dosáhnout zlepšení v systému a tvrdé systémy se soustředí na dosahování cílů, používají se v případě potřeby řešit dobře a jasně definovaný problém (Checkland, 1981, Krejčí, 2013).

⁸ Systémová analýza zkoumá systémy s cílem je pochopit, vysvětlit, zvládnout, zlepšit a zdokonalit je, odhalení jejich struktury a objevení kritických míst. *Dokumentace Oddělení infrastruktury IT útvaru CIT: Systémová analýza - Vymezení okruhu systémové analýzy* [online].

⁹ Z anglického General System Theory, jedním ze zakladatelů je Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), rakouský biolog a filosof (International Society for the Systems Sciences, 2015)

něco navíc. To něco navíc pojmenovává „aurou“, kdy jádrem je systémová dynamika a „aurou“ je právě systémové myšlení (Richmond, 1994).

„Systémové myšlení je uměním a vědou o tom, jak formulovat spolehlivé závěry o chování systému, a to na základě hlubokého pochopení jeho základní struktury,“¹⁰ (Richmond, 1994), překlad dle (Exnarová, 2007).

<p>Systémové myšlení je...</p> <ul style="list-style-type: none">• Paradigma<ul style="list-style-type: none">- Vhodnost postavení- Dovednosti systémového myšlení• Výukové metody<ul style="list-style-type: none">- Proces- Jazyk- Terminologie

Tabulka 2 Operativní definice systémového myšlení dle (Richmond, 1994, s. 139).

Umění a věda je zakomponována v Tabulce č. 2, systémové myšlení je paradigmatem a zároveň výukovou metodou, kdy první složka (paradigma) podmiňuje druhou složku (výukové metody) a druhá podporuje první. Obě složky tvoří spolu synergický¹¹ celek (Richmond, 1994).

3.3 Nástroje pro popis struktury systému

Existují dva přístupy popisování struktury systému, jedná se o příčinně smyčkový diagram a diagram stavů a toků. Důležitým poznatkem ke konstrukci těchto dvou diagramů je pochopení pojmu zpětná vazba, popřípadě pozitivní a negativní zpětné vazby (Mildeová, Vojtko, 2011).

3.3.1 Zpětná vazba

Zpětná vazba je jedním ze základních konceptů systémové dynamiky. I přesto naše mentální modely často selhávají v zahrnutí kritické zpětné vazby, jež determinuje dynamiku našich systémů. V systémové dynamice se používá několik diagramových

¹⁰ „System thinking is the art and science of making reliable inferences about behavior by developing an increasingly deep understanding of underlying structure,“ (Richmond, 1994).

¹¹ Synergický znamená společně působící, součinnostní.

nástrojů k zachycení struktury systémů, do toho se zahrnuje příčinně smyčkový diagram a diagram stavů a toků (Sterman, 2000).

Zpětná vazba je proces, při němž je část výstupu systému zároveň i vstupem pro další činnost tohoto systému. Zpětnovazební cyklus je uzavřený cyklus příčin a následků, kdy příčiny v jedné části systému způsobují následky, které způsobují změny v původních příčinách (Pelánek, 2008).

Pozitivní zpětná vazba

Pozitivní zpětná vazba¹² způsobuje, že změna v jedné složce zpětnovazebního cyklu za konečný následek zvětšení této změny. Má deregulační charakter, vyvádí systém z rovnováhy a může vést ke vzniku nových struktur (Pelánek, 2008).

Negativní zpětná vazba

Negativní zpětná vazba¹³ způsobuje, že změna v jedné složce zpětnovazebního cyklu má za konečný důsledek zmenšení této změny. Má regulační charakter a udržuje systém v rovnováze (Pelánek, 2008).

Kombinace více zpětných vazeb

Šipka	Vztah příčina	Následek
Pozitivní vztah (+)	Nárůst příčiny	Nárůst následku
Negativní vztah (-)	Nárůst příčiny	Pokles následku
Pozitivní zpětná vazba (+)	Obsahuje SUDÝ počet mínus (-) šipek	
Negativní zpětná vazba (-)	Obsahuje LICHÝ počet mínus (-) šipek	

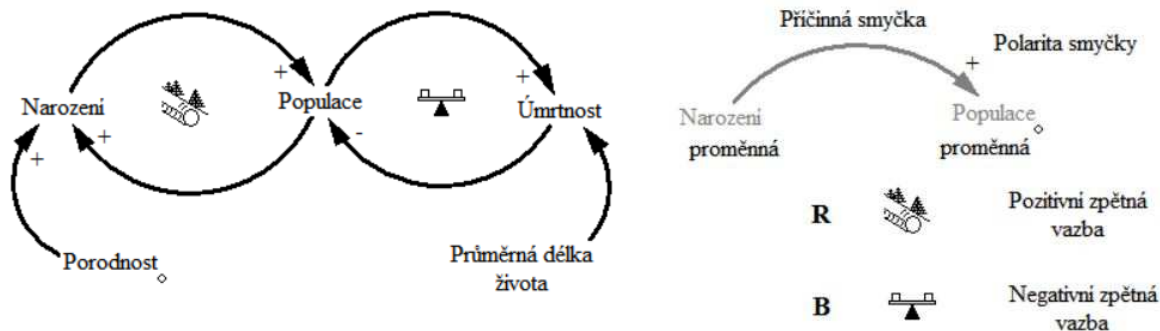
Tabulka 3 Struktura zpětnovazebních cyklů - kombinace více zpětných vazeb (Pelánek, 2008, s. 12), úprava vlastní.

¹² Anglicky „Positive feedback“ nebo „Reinforcing feedback“.

¹³ Anglicky „Negative feedback“ nebo „Balancing feedback“, „Counteracting feedback“.

3.3.2 Příčinně smyčkový diagram

Příčinně smyčkový diagram (PSD) zobrazuje proměnné, jež jsou propojené šipkami takovým způsobem, aby jasně daly najevo, jak jedna proměnná ovlivňuje tu druhou. Primární výhodou tohoto diagramu je přehlednost a jednoduchost vyjádření zpětnovazebních smyček (Krejčí, Kvasnička, 2014).



Obrázek 2 PSD pro model populace, (Sterman, 2000, s. 138), překlad vlastní.

Sebeposilující smyčka

Sebeposilující smyčka, také známá pod pojmem pozitivní smyčka, se značí symbolem „+“ nebo „R“, z anglického „Reinforcing“ (posílit, zesílit), způsobuje, že původní hodnota proměnné má posilující charakter na sebe samu (Sterman, 2000, Krejčí, Kvasnička, 2014). Čím více bude narozených dětí, o to větší bude populace, a čím větší bude populace, o to víc bude narozených dětí.

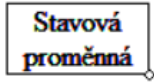
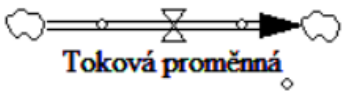

Vyvažující smyčka

Vyvažující smyčka, také známá pod pojmem negativní smyčka, se značí symbolem „-“ nebo „B“, z anglického „Balancing“ (zrovnovážit), způsobuje, že původní hodnota proměnné má klesající charakter na sebe samu (Sterman, 2000, Krejčí, Kvasnička, 2014). Čím větší bude populace, tím větší bude úmrtost, a čím větší bude úmrtost, tím bude populace menší.

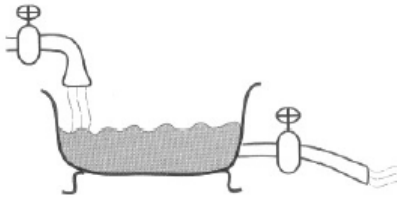
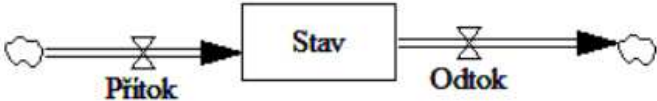
3.3.3 Diagramy stavů a toků

Diagram stavů a toků je zaměřen na rozlišení stavových a tokových proměnných. Tyto diagramy dovolují preciznější vyjádření systému a jednodušeji se převedou do matematického modelu, ale na rozdíl od příčinně smyčkového diagramu jsou zde méně zjevné zpětnovazební smyčky. Další rozdílnou vlastností od PSD je význam znaků, které jsou sice stejné, ale v tomto diagramu obyčejné šipky vyznačují příčinnou/informační

vazbu, toky a stavové proměnné se vyznačují speciálními symboly (Krejčí, Kvasnička, 2014).

Symbol	Interpretace
	Hladina, úroveň, stav, akumulace, zásoba. Jako velmi častý příklad se uvádí napouštění vany vodou. Z matematického hlediska se jedná o určitý integrál.
	Tok je přítok z a do akumulace. Jako příklad se uvádí přitékající voda z kohoutku.
	Mrak, jistá hranice v modelu. Nedefinovaný odtok či přítok, jež může téct z i do akumulace.

Obrázek 3 Prvky diagramu stavů a toků podle (Sterman, 2000, s. 193) a (Meadows, 2009, s. 17-18) převzato od (Krejčí, Kvasnička, 2014, s. 14), úprava vlastní.

Grafické zobrazení:	
Diagram stavů a toků:	
Integrální rovnice	$Přítok (s)$ představuje hodnotu přítoku v čase s , jež se nachází mezi počátečním časem T_0 a aktuálním časem T .
	$Stav (t) = \int_{T_0}^T [Přítok(s) - Odtok(s)] ds + Stav(t_0)$
Diferenciální rovnice	$\frac{d(Stav)}{dt} = \text{čistá změna stavu} = Přítok(t) - Odtok(t)$

Obrázek 4 Čtyři ekvivalentní zobrazení diagramu stavů a toků. Každé zobrazení představuje totožnou informaci. Převzato a upraveno z (Sterman, 2000, s. 194, Velehradský, 2008, s. 32).

3.4 Systémové archetypy

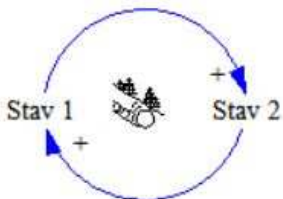
Pojem archetyp vyjadřuje soubor vztahů a vazeb mezi jednotlivými prvky, které jsou charakterizovány určitou strukturou. Klíčovou myšlenkou systémových archetypů je to, že většina problémů a konkrétních struktur, včetně vzorců chování, se vyskytují opakovaně. Podstatou archetypů je existence dvou rozdílných typů procesů zpětné vazby. Mezi tyto procesy patří stupňování a vyvažování. Konstrukce archetypů vždy vychází z určité jednodušší struktury (Mildeová, Vojtko, 2011).

3.4.1 Systémové archetypy pro management

Na teoretické úrovni lze nalézt nekonečné množství archetypů. V minulosti byla definována přibližně desítka archetypů, avšak jejich přesný počet se různí na základě několika faktorů. Tyto faktory představují rozhodnutí, zda budou složitější struktury přijaty jako samostatné archetypy, nebo budou vyjadřovat strukturu složenou z elementárních archetypů (Mildeová, Vojtko, 2011).

3.4.2 Archetyp Sebeposilující chování

Tento typ archetypu vytváří růst nebo pokles na základě pozitivní zpětné vazby.

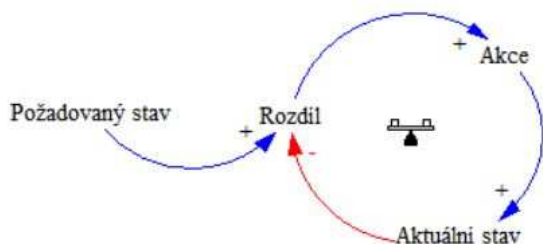


Obrázek 5 Archetyp Sebeposilující chování, z anglického "Reinforcing Loop" (Bellinger, 2004), překlad a úprava vlastní.

Růst či pokles Stavů 1 vytvoří stejný efekt u Stavů 2. Tento druhý stav následně působí na Stav 1 ve stejné míře, což způsobuje cyklický růst či úpadek. V grafickém znázornění představuje tento stav kladnou nebo zápornou exponenciálu (Bellinger, 2004).

3.4.3 Archetyp Cílové chování

Princip tohoto archetypu je založen na působení záporné zpětné vazby, která má funkci stabilizátoru a přibližuje skutečný stav stavu požadovanému. Systémy se snaží přirozeně dosahovat rovnováhy. Zpětná vazba se vyskytuje ve všech případech a je podstatou každé činnosti zaměřující se na dosahování cílů. Tento archetyp se snaží změnit stávající stav v požadovaný, díky určité akci (Bellinger, 2004).

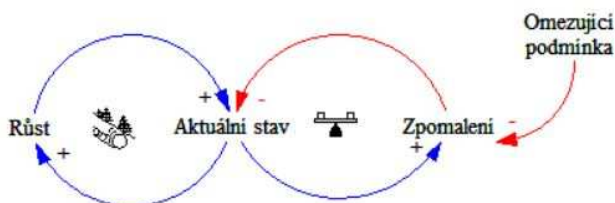


Obrázek 6 Archetyp Cílové chování, z anglického "Balancing Loop" (Bellinger, 2004), překlad a úprava vlastní.

Požadovaný stav vzájemně působí s Aktuálním stavem, načež vzniká Rozdíl. Čím je tento Rozdíl znatelnější, o to větší je snaha provést nějakou Akci. Tato Akce potom posouvá Aktuální stav směrem k Požadovanému a tím zmenšuje Rozdíl. Když se Aktuální stav rovná Požadovanému stavu, Rozdíl je redukovaný na nulu a žádná Akce již není třeba (Bellinger, 2004).

3.4.4 Archetyp Meze růstu

Struktura tohoto archetypu je tvořena pozitivní zpětnou vazbou, jejíž růst je kompenzován interakcí vyrovnávací smyčky.

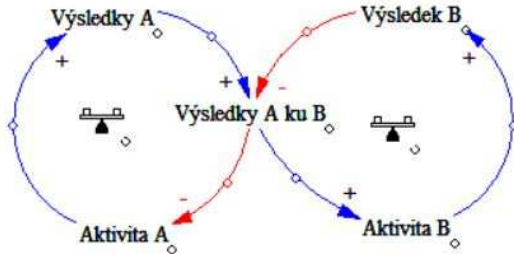


Obrázek 7 Archetyp Meze růstu, z anglického "Limits to Success" (Bellinger, 2004), překlad (Vojtko, Mildeová, 2007), úprava vlastní.

Aktuální stav s Růstem se vzájemně ovlivňují, a to ve stejné míře. Se zvyšujícím se Aktuálním stavem a současným působením na Omezující podmínku produkuje Zpomalení, které ovlivňuje Aktuální stav tak, aby omezil rozvoj způsobený Růstem (Bellinger, 2004).

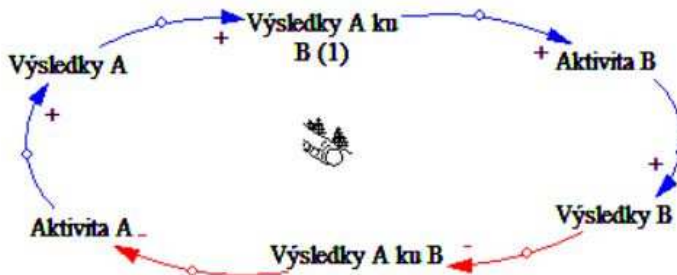
3.4.5 Archetyp Eskalace

Podstatou archetypu Eskalace je složenina dvou záporných zpětných vazeb, které dohromady působí tak, že vzniká jediná kladná vazba.



Obrázek 8 Archetyp Eskalace, z anglického "Escalation" (Bellinger, 2004), překlad a úprava vlastní.

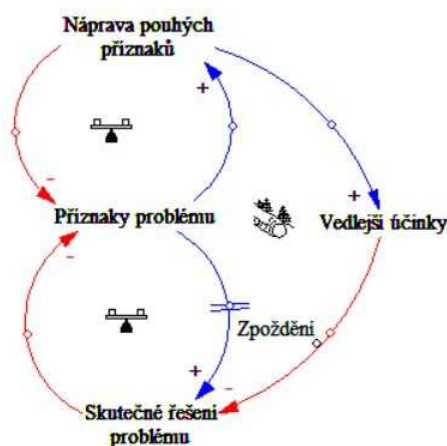
Při zvyšování Výsledků A ku B má větší vliv Aktivita B, při jejímž růstu se zlepšují Výsledky B a to má vliv na snížení Výsledků A ku B. Tato redukce má větší dopad na Aktivitu A a dodatečně zvyšuje Výsledky A, což zároveň způsobuje růst Výsledků A ku B. Celý tento cyklus se nadále opakuje. Obrázek č. 9 lépe zobrazuje přetvoření na kladnou vazbu (Bellinger, 2004).



Obrázek 9 Archetyp Eskalace, z anglického "Escalation" (Bellinger, 2004), překlad a úprava vlastní.

3.4.6 Archetyp Přesun břemene

Přesun břemene je archetyp složený ze dvou záporných a jedné kladné smyčky. Jedná se o velmi nepříjemný model, protože dvě záporné smyčky se chovají jako jedna kladná smyčka a ubírají se stejným směrem jako kladná smyčka. Obě struktury se nakonec pohybují ve směru opačném, než potřebuje ta druhá (Bellinger, 2004).



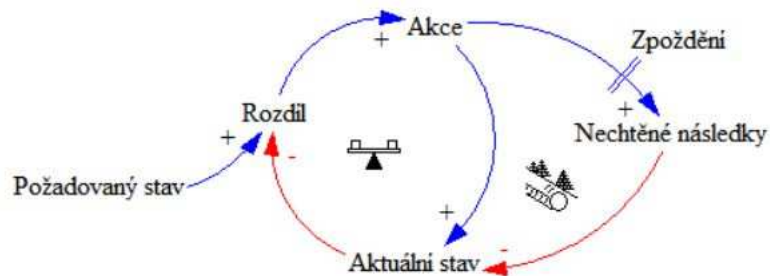
Obrázek 10 Archetyp Přesun břemene, z anglického "Shifting the Burden" (Bellinger, 2004), překlad (Vojtko, Mildeová, 2007), úprava vlastní.

Příznaky problému jsou vnímány z několika možných pohledů. Jedním z nich je Náprava pouhých příznaků, která má zjevnou výhodu v časovém rámci na rozdíl od Skutečného řešení problému, jež je asociovaný se zpožděním. Použití Nápravy pouhých příznaků snižuje Příznaky problému, což nakonec eliminuje potřebu aplikace Skutečného řešení problému. Neúspěšná implementace Skutečného řešení problému způsobí návrat Příznaků problému (Bellinger, 2004).

Jako by to nebylo dostatečně nepříjemné, implementace Nápravy pouhých příznaků má často vliv na vývoj nechtěných Vedlejších účinků, které jsou obvykle brány jako určitá závislost. Tyto Vedlejší účinky nadále znehodnocují potřebu použít Skutečné řešení problému. Vzájemné působení Příznaků problému, Nápravy pouhých příznaků, Vedlejších účinků a Skutečných řešení problému způsobuje vznik kladné smyčky. Tato skutečnost činí tuto strukturu ještě složitěji řešitelnou (Bellinger, 2004).

3.4.7 Archetyp Nápravy, které se vymstí

Tato struktura obsahuje zápornou i kladnou smyčku, které působí takovým způsobem, že Požadovaný stav je zpočátku tvořen zápornou smyčkou a po určitém Zpoždění je kompenzován aktivitou kladné smyčky. Vnitřní záporná smyčka běží v klasickém záporném smyčkovém stylu (Bellinger, 2004).

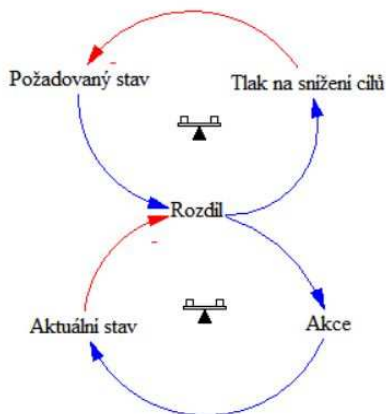


Obrázek 11 Archetyp Náprav, které se vymstí, z anglického "Fixes that Fail" (Bellinger, 2004), překlad a úprava vlastní.

Akce, jež má vliv na pohyb směrem do Aktuálního stavu, má také s určitým Zpožděním vliv na Nechtěné následky. Tyto následky později brání pohybu Aktuálního stavu plánovaným směrem (Bellinger, 2004).

3.4.8 Archetyp Eroze cílů

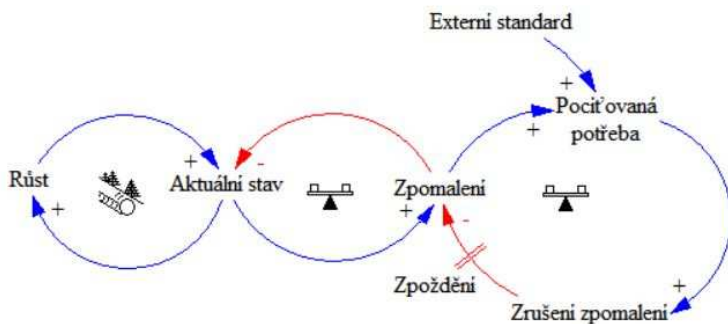
Tento archetyp se skládá ze dvou záporných smyček, které jsou spolu v interakci. Tato interakce způsobuje, že aktivita jedné smyčky postupně oslabuje rovnováhu druhé, přičemž tato druhá smyčka o tuto rovnováhu usiluje (Bellinger, 2004).



Obrázek 12 Archetyp Eroze cílů, z anglického "Drifting Goals" (Bellinger, 2004), překlad (Vojtko, Mildeová, 2007), úprava vlastní.

Požadovaný stav je ve vztahu s Aktuálním stavem takový, že spolu vytváří Rozdíl. Tento Rozdíl ovlivňuje Akci s úmyslem posunout Aktuální stav směrem ke stavu Požadovanému a současně vytváří Tlak na snížení cílů, který se v podstatě chová jako manipulátor při redukci Požadovaného stavu. Jak je postupně Požadovaný stav oslabován, způsobuje zmenšení Rozdílu, jež ovlivňuje Akci. Ve výsledku této struktury dochází k jiné vyváženosti, než bylo původní iniciativou Požadovaného stavu (Bellinger, 2004).

3.4.9 Archetyp Růst a nedostatečné investice

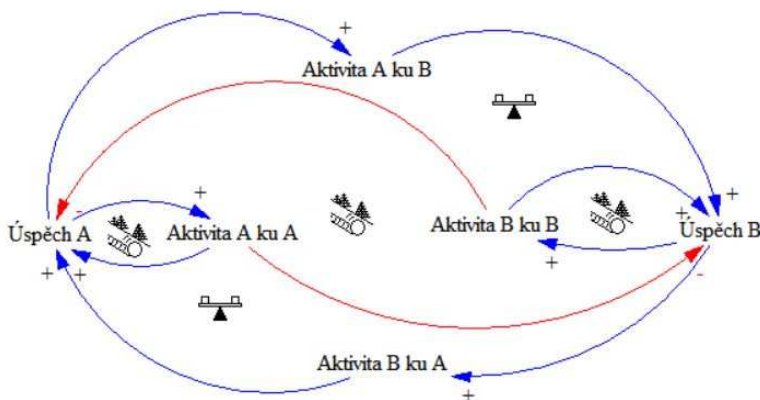


Obrázek 13 Archetyp Růst a nedostatečné investice, z anglického "Growth and Underinvestment" (Bellinger, 2004), překlad (Vojtko, Mildeová, 2007), úprava vlastní.

Tato struktura se dá považovat za rozvinutější verzi struktury Mezí růstu, kde Zpomalení je součástí jiné záporné smyčky s vnějšími standardy a určitým Zpožděním. Růst, jež má hlavní iniciativu v této struktuře, má vliv na stoupající Aktuální stav. Toto stoupání více ovlivňuje Růst, a tím posiluje určité charakteristiky. Posunem Aktuálního stavu žádoucím směrem, který má zároveň vliv na růst Zpomalení, které následně brání pohybu Aktuálního stavu požadovaným směrem. Tento systém by se mohl více rozrůstat v případě redukce Zpomalení. Kvůli interakci Zpomalení s Externím standardem, je zde utvořena Pocitovaná potřeba, která ovlivňuje rozvoj něčeho, co se chová jako Zrušení zpomalení a po určitém Zpoždění se redukuje Zpomalení. Nepříjemnou částí této struktury je Zpoždění asociované se zrušením zpomalení v interakci se Zpomalením. Stává se, že Zpomalení pracuje v kratším časovém rámci, a tím zmenšuje Aktuální stav, tudíž redukuje Zpomalení a eliminuje Pocitovanou potřebu. Tímto je systém omezen ve svém růstu, protože Pocitovaná potřeba je ve skutečnosti oslabená akcemi vlastního systému (Bellinger, 2004).

3.4.10 Archetyp Náhodní protivníci

Daný archetyp ani zdaleka nepatří mezi ty jednoduché struktury k pochopení. Skládá se celkem z pěti smyček, tři z toho jsou smyčky kladné a dvě záporné. Ve výsledku je růst systému řízený kladnou smyčkou. Dvě lokální posilující smyčky vytvoří smyčku rovnovážnou, která následně omezuje růst celého systému. Tato struktura vytýká, jak nechtěná opatrnost s nejlepšími úmysly vede nejen k celkovému omezení globálního vývoje systému, ale zároveň i ke snížení lokálního rozvoje (Bellinger, 2004).



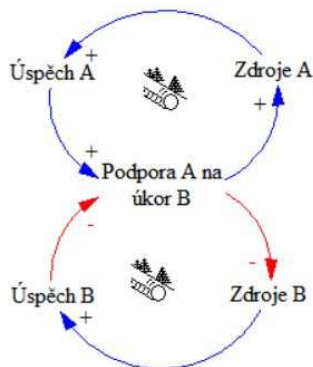
Obrázek 14 Archetyp Náhodní protivníci, z anglického "Accidental Adversaries" (Bellinger, 2004), překlad a úprava vlastní.

Smyčka, obsahující Aktivitu A ku B, Úspěch B, Aktivitu B ku A a Úspěch A, představuje kooperativní kladnou smyčku mezi A a B, které se současně snaží vylepšit svůj vzájemný vztah a zvýšit úspěch sebe samých. Tato aktivita je vyjádřena dvěma vnitřními kladnými strukturami reprezentujícími Aktivitou A ku A, jež nejen ovlivňuje Úspěch A, ale zpětně i sebe, a Aktivitou B ku B, která má vliv na Úspěch B a opět zpětně na Aktivitu B ku B.

Toto lokální sebezlepšující chování by bylo v pořádku, až na to, že tato aktivita usměrněná k A a B má nechtěné následky. Aktivita A ku A zabraňuje Úspěchu B. Ten na oplátku snižuje Aktivitu B ku A a zmenšuje tím Úspěch A, jež nese za následek pokles Aktivitu A ku B. To představuje zápornou smyčku, která celkově omezuje zamýšlenou spolupráci mezi A a B. Tato smyčka je zrcadlová v jednání u B, kde Aktivita B ku B zabraňuje Úspěchu A. Ten s sebou následně nese pokles u Aktivitu A ku B zabraňující Úspěchu B, jež následně vede ke snížení Aktivitu B ku A (Bellinger, 2004).

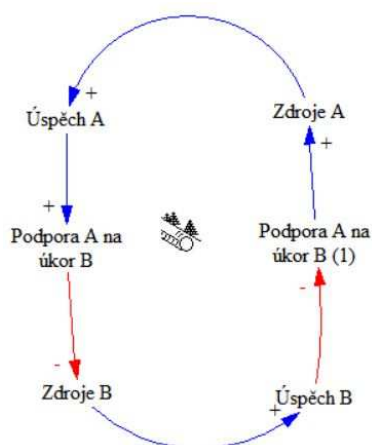
3.4.11 Archetyp Úspěch úspěšným

Archetyp Úspěch úspěšným obsahuje dvě kladné smyčky, které spolu fungují jako jedna kladná smyčka.



Obrázek 15 Archetyp Úspěch úspěšným, z anglického "Success to the Successful" (Bellinger, 2004), překlad a úprava vlastní.

Podpora A na úkor B ve výsledku způsobuje více Zdrojů pro A, což zvýrazňuje Úspěch A a zároveň zvyšuje Podporu A na úkor B. Tím se snižují Zdroje pro B a zabraňuje se Úspěchu B, které dále posilují pohled na nutnost Podpory A na úkor B (Bellinger, 2004).

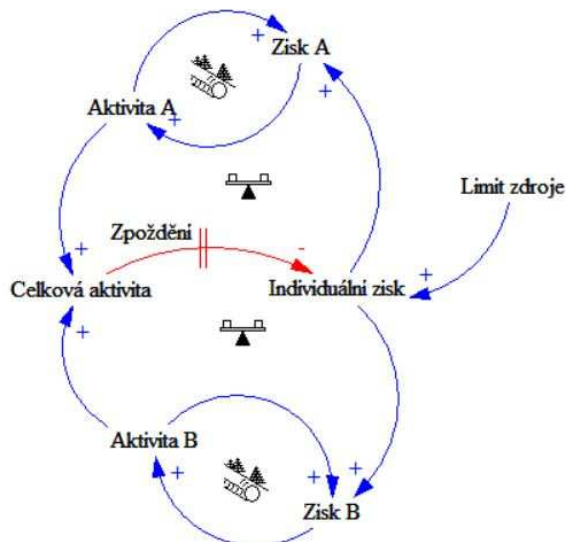


Obrázek 16 Archetyp Úspěch úspěšným, z anglického "Success to the Successful" (Bellinger, 2004), překlad a úprava vlastní.

Tento další obrázek struktury Úspěchu úspěšným zobrazuje kladnou smyčku mnohem jasněji. Poukazuje na to, že tento archetyp je základním stavebním kamenem mnoha sebenaplnujících předpovědí, jež jsou výsledkem našeho neúmyslného vlivu (Bellinger, 2004).

3.4.12 Archetyp Tragédie společného

Tato struktura reprezentuje situaci, ve které jsou dvě nebo více posilujících struktur závislých na určitém omezeném běžném zdroji.



Obrázek 17 Archetyp Tragédie společného, z anglického "Tragedy of the Commons" (Bellinger, 2004), překlad a úprava vlastní.

Nejdříve použití zdrojů přispívá k výsledkům obou kladných smyček, ale po uplynutí určité doby celková aktivita posilující struktury převyšuje kapacitu zdrojů. To způsobuje redukcí rostoucí akce pro každou kladnou smyčku. Jak se Celková aktivita přibližuje k Limitu zdroje, omezuje tím Individuální zisk. V zásadě se tím zabraňuje nárůstu obou posilujících struktur (Bellinger, 2004).

4 Vlastní práce

4.1 Úvod

Restaurace, ze které byly čerpány veškeré potřebné údaje k vytvoření této práce, se nachází na okraji Prahy v jednom obchodím domě. Otevírací doba je od 10:00 do 19:30, kuchyně vaří od 11:00 do 19:00. Její provoz v týdnu spočívá v silné obědové frekvenci, kdy se naplní kapacita restaurace, jež obsahuje celkem 96 míst, která se dají rozšířit o salónek, kde je dalších 64 míst, ale to spíše ve výjimečných případech, jako například velké obědové skupiny. Salónek se využívá od pondělí do pátku jako oddělená zóna pro zaměstnance obchodního domu a pro různá školení, kam chodí od 5 do 25 lidí na oběd. Nejsilnější frekvence v restauraci je hlavně o víkendu, kdy při vyšším očekávání zákazníků je salónek otevřený nejen pro zaměstnance. Kapacita restaurace se tím pádem rozšíří na celkových 160 míst, je plná až do odpoledních hodin, kdy se začíná postupně vyprazdňovat a zavře se salón, obvykle to bývá kolem 16. hodiny. Od 18. hodiny se restaurace (mimo salónku) opět naplní a zákazníci přicházejí na večere. K vysoké tržbě mimo víkendů dobře přispívají i různé státní svátky, dále se nesmí zapomínat i na různé akční nabídky pro zákazníky, které jim chodí domů poštou, nebo reklamní nabídky.

Autorka práce pracuje v této restauraci již 6 let na různých pozicích a rozhodla se uplatnit systémovou dynamiku na spotřebu zeleniny. Dlouholetá spolupráce s managementem restaurace umožnila autorce získat mnoho potřebných údajů, jež by za jiných podmínek byly obtížně sehnatelné. Systém fungování, vztahy a vazby vychází z opakovaných rozhovorů o tom, jak přesně objednávací systém funguje, jaká je spotřeba, jaké jsou odpisy, zda už byly prováděny nějaké změny ke snížení množství vyhozené zeleniny.

Vzhledem k faktu, že použitá data mohou obsahovat citlivé údaje, bylo s managementem dohodnuto, že restaurace zůstane anonymní.

4.2 Vytváření modelu systémové dynamiky

4.2.1 Stanovení cíle budoucího modelu

Pro vznik modelu systémové dynamiky je především důležité stanovit si cíl modelu, nebo spíše problém, který má daný model řešit. To je základem pro jakékoliv modelování v systémové dynamice.

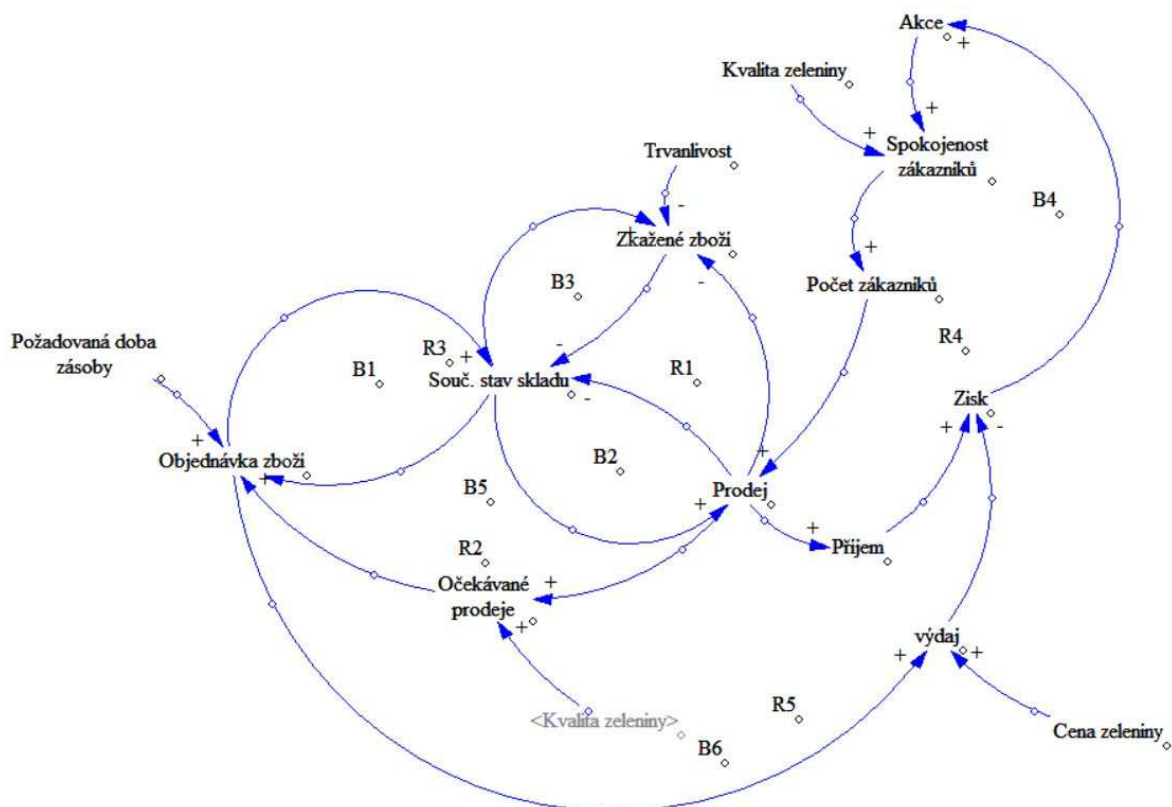
Po konzultaci s managementem firmy byl jako problém zvolen časté vyhazování zeleniny v restauraci, z důvodu jejich větších objednávek, než bylo zapotřebí. Tento problém byl zvolen jako základ pro vytvoření příčinně smyčkového diagramu a diagramu stavů a toků. Dále byl použit Powellův algoritmus pro určení optimálního množství objednávek zeleniny.

4.2.2 Příčinně smyčkový diagram

Příčinně smyčkový diagram, z anglického „Causal Loop Diagrams“, je jedním z důležitých nástrojů pro vytváření modelů systémové dynamiky. Dokáže nejen lépe zobrazit strukturu systému, ale dává i jasnější přehled o vazbách, které jsou mezi jednotlivými prvky systému.

Příčinně smyčkový diagram zobrazený na Obrázku č. 18 byl vytvořen v programu Vensim PLE. Příčinně smyčkový diagram zachycuje základní rozhodování ve sledovaném systému a elementární vazby mezi jednotlivými prvky. K samotné počítačové simulaci pak byla detailně rozpracována část zachycená především smyčkami B1-3 a R1.

Dále jsou popsány vyvažující a sebeposilující smyčky v modelu.



Obrázek 18 Příčinně smyčkový diagram modelu restaurace.

Vyvažující smyčky

B1

Objednávka zboží → *Souč. stav. Skladu* → *

- Čím více se toho objedná, tím je větší současný stav. Čím je současný stav vyšší, tím méně se toho musí objednat.

B2

Souč. stav skladu → *Prodej* → *

- Čím je větší (menší) souč. stav skladu, tím více (méně) se toho může prodat. Čím je větší prodej, tím více se zmenšuje souč. stav skladu.

B3

Souč. stav skladu → *Zkažené zboží* → *

- Čím je větší současný stav, tím je více (větší pravděpodobnost) zkaženého zboží. Čím je více zkaženého zboží, tím je současný stav menší.

B4

*Zisk → Akce → Spokojenost zákazníků → Počet zákazníků → Prodej → Souč. stav skladu → Objednávka zboží → Výdaj → **

- Čím je větší zisk, tím více si můžou dovolit dělat více akcí, které zvyšují spokojenost zákazníků. Čím je více spokojených zákazníků, o to je větší jejich počet a tím se zvyšuje prodej. Čím je větší prodej, tím více se zmenšuje souč. stav skladu. Čím je současný stav menší, tím více se toho musí objednat. Čím více se toho objedná, tím je to větší výdaj, který snižuje zisk.

B5

*Očekávané prodeje → Objednávka zboží → Souč. stav skladu → Zkažené zboží → Souč. stav skladu → Prodej → **

- Čím jsou očekávané prodeje větší, tím více se toho objedná, to zvýší souč. stav a je větší pravděpodobnost, že bude více zkaženého zboží, tím se současný stav sníží. Čím je současný stav nižší, tím méně se toho může prodat. Čím méně se toho prodá, tím jsou očekávané prodeje nižší (pro budoucí prodej).

B6

*Zisk → Akce → Spokojenost zákazníků → Počet zákazníků → Prodej → Očekávané prodeje → Objednávka zboží → Výdaj → **

- Čím je větší zisk, tím více si můžou dovolit dělat více akcí, které zvyšují spokojenost zákazníků. Čím je více spokojených zákazníků, o to je větší jejich počet a tím se zvyšuje prodej. Čím je větší prodej, tím, více se toho musí objednat, to vytvoří vyšší výdaj, který zmenší zisk.

Sebeposilující smyčky

R1

*Prodej → Zkažené zboží → Souč. stav skladu → **

- Čím více se toho prodá, tím je méně zkaženého zboží. Čím je zkaženého zboží méně, tím je souč. stav vyšší a tím více se toho může prodat.

R2

*Očekávané prodeje → Objednávka zboží → Souč. stav skladu → Prodej → **

- Čím jsou očekávané prodeje větší, tím více se toho objedná, to zvýší souč. stav a je možnost toho více prodat. Čím je prodej vyšší, tím jsou očekávané prodeje vyšší (pro budoucí prodej).

R3

*Objednávka zboží → Souč. stav skladu → Zkažené zboží → Souč. stav skladu → **

- Čím více se toho objedná, tím se zvýší souč. stav a je větší pravděpodobnost, že bude více zkaženého zboží, tím se současný stav sníží a musí se toho více objednat.

R4

*Zisk → Akce → Spokojenost zákazníků → Počet zákazníků → Prodej → Příjem → **

- Čím je větší zisk, tím více si můžou dovolit dělat více akcí, které zvyšují spokojenost zákazníků. Čím je více spokojených zákazníků, o to je větší jejich počet a tím se zvyšuje prodej. Čím je větší prodej, tím je větší zisk.

R5

*Zisk → Akce → Spokojenost zákazníků → Počet zákazníků → Prodej → Zkažené zboží → Souč. stav skladu → Objednávka zboží → Výdaj → **

- Čím je větší zisk, tím více si můžou dovolit dělat více akcí, které zvyšují spokojenost zákazníků. Čím je více spokojených zákazníků, o to je větší jejich počet a tím se zvyšuje prodej. Čím je větší prodej, tím méně je zkaženého zboží (prodá se rychleji, než se zkazí), tím je souč. stav skladu větší, objednávka zboží menší a to je menší výdaj. Čím je výdaj menší, tím je větší zisk.

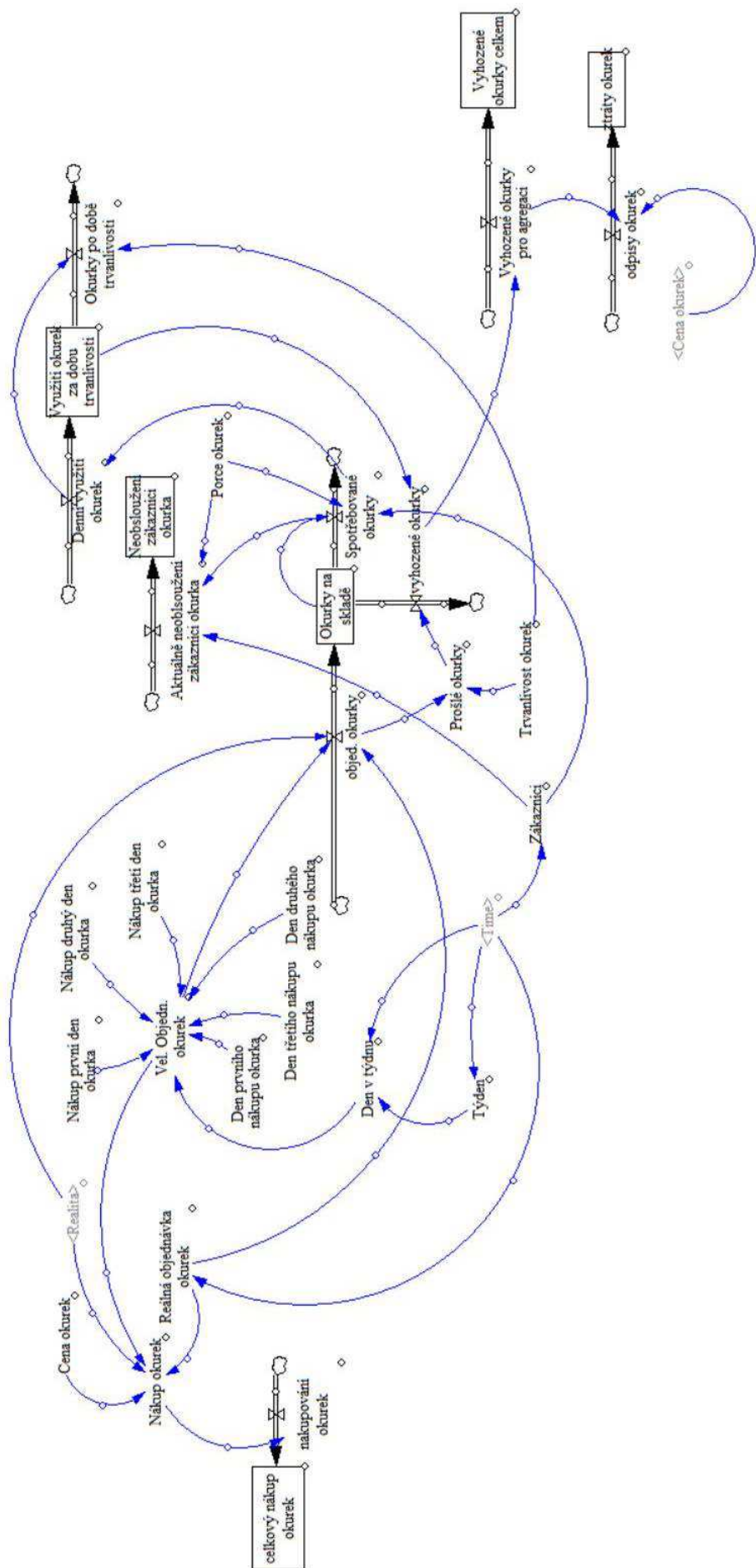
4.2.3 Diagram stavů a toků

V diagramu stavů a toků se nacházejí tři struktury, jelikož se řeší případ tří druhů zeleniny, kterými jsou okurky (x_1), rajčata (x_2) a listový salát (x_3). Tyto struktury se na první pohled zdají zcela identické, avšak liší se v různých hodnotách parametrů. Pro přiblížení bude podrobně vysvětlena pouze jedna struktura, k ostatním strukturám se popíše jenom rozdílně hodnoty konstant.

Na Obrázku č. 19 je zobrazen celý model vytvořený s pomocí programu Vensim PLE. Dále bylo zapotřebí pro zjištění přesného množství objednávání zeleniny využití Powellového optimalizačního algoritmu¹⁴, který simulační software Vensim PLE neumožňuje, a proto byly optimalizace prováděny v programu Vensim DSS. Jedná se o modifikovaný algoritmus, proto pro kalibraci modelu software využívá účelovou funkci (ve Vensimu je použit název payoff). Při každém časovém kroku se vypočítá rozdíl mezi daty, jež popisují reálný systém, a hodnotou odpovídající proměnné, kdy je následně tato hodnota vynásobena vahou a umocněna na druhou. Výsledek se odečítá od funkce payoff. Funkce payoff je ve své podstatě záporná, její maximalizace tedy představuje přibližování se k nule. (Ventana Systems, 2010, Krejčí, 2013). Tudíž účelová funkce minimalizovala množství neobsložených zákazníků, jež se zvolilo jako primární kritérium s vahou -10000, a ztráty vyhozené zeleniny, což se zvolilo jako sekundární kritérium s vahou -1.

¹⁴ Vensim používá modifikovaný algoritmus z Press et al. (2002, s. 412-420). Dále je ukázáno, jakým způsobem algoritmus postupuje (dle Press et al., 2002, s. 417):

1. Pro n proměnných jsou stanoveny počáteční vektory směru optimalizace jako jednotkové vektory $u_i = e_i, i = 1, \dots, n$.
Počáteční hodnoty proměnných jsou stanoveny jako p_0 .
Je stanovena ε minimální hodnota změny $f(p)$.
2. For $j = 1$ až n :
 Vektor p_i je stanoven podle $p_i = p_{i-1} + u_i \alpha_i$, kde α_i je takové, že $f(p_{i-1} + u_i \alpha_i)$ je minimální.
 Next j
 For $j = 1$ až $(n-1)$:
 $u_i = u_{i+1}$
 Next j
 $u_n = p_n - p_0$
 Nový vektor p_0 je stanoven podle $p_0 = p_n + u_n \alpha_n$, kde α_n je takové, že $f(p_n + u_n \alpha_n)$ je minimální.
 Krok 2 se opakuje dokud $\Delta f(p) > \varepsilon$.
(Převzato z Krejčí, 2013, s. 38-39)

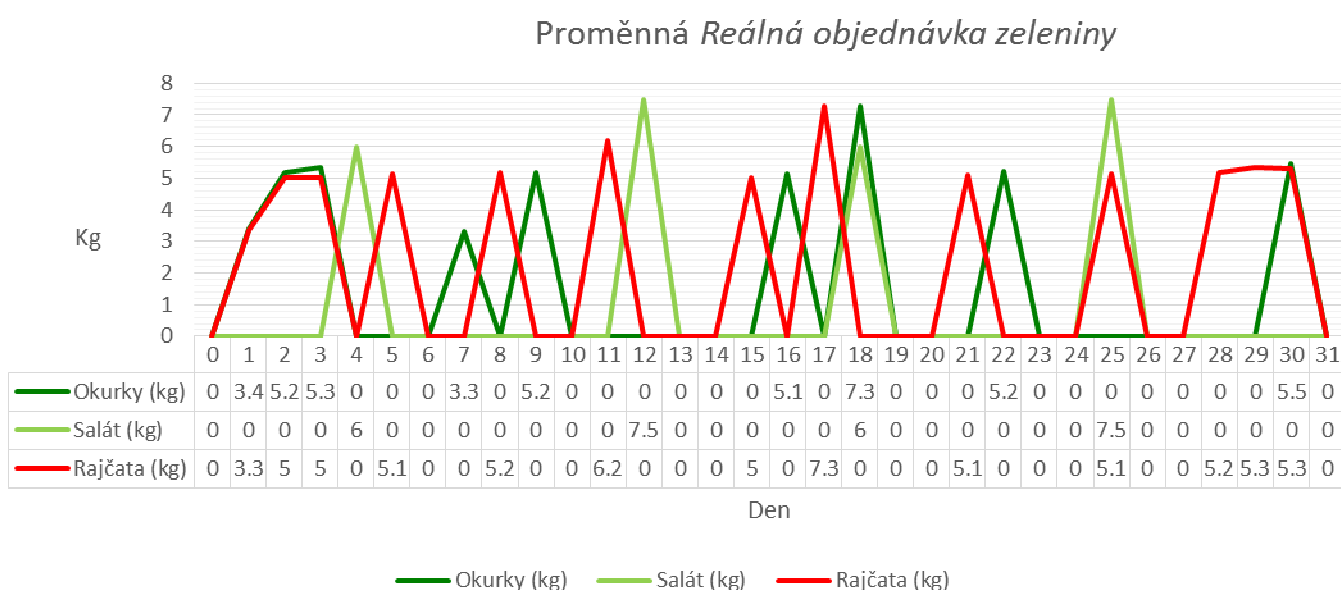


Obrázek 19 Diagram stavů a toků pro okurky (x_i , kde $i=1$).

	Proměnná	Druh proměnné	Vzorec
1	Celkový nákup xi	Endogenní	$\int_{T_0}^T (\text{Nakupování } xi) dt + \text{Celkový nákup } xi$
2	Nakupování xi	endogenní	Nákup xi
3	Nákup xi	endogenní	IF THEN ELSE(Realita=0, Cena xi* Vel. Objedn. Xi, Cena xi* Reálná objednávka xi)
4	Cena xi	parametr	37,3 / 53,3 / 184
5	Reálná objednávka xi	Exogenní	Viz. Tabulka č. 5 Graf a tabulka proměnné Reálných objednávek zeleniny.
6	Realita	parametr	0
7	Nákup první den xi	parametr	x1 = 0,995308 / x2 = 3,55653 / x3 = 9,39003
8	Nákup druhý den xi	parametr	x1 = 0,912862 / x2 = 2,54164
9	Nákup třetí den xi	parametr	x1 = 0,799282 / x2 = 3,33764
10	Den prvního nákupu xi	parametr	x1 = x2 = x3 = 1
11	Den druhého nákupu xi	parametr	x1 = x2 = 3
12	Den třetího nákupu xi	parametr	x1 = x2 = 5
13	Vel. Objedn. xi	endogenní	IF THEN ELSE(Den v týdnu=integer(Den prvního nákupu xi),Nákup první den xi,IF THEN ELSE(Den v týdnu=integer(Den druhého nákupu xi), Nákup druhý den xi, IF THEN ELSE(Den v týdnu=integer(Den třetího nákupu xi), Nákup třetí den xi, 0)))
14	Den v týdnu	endogenní	Time – Týden
15	Týden	endogenní	Time – MODULO (Time, 7)
16	Aktuálně neobsloužení zákazníci xi	endogenní	(Zákazníci1*Porce okurek-Spotřebované okurky)/Porce okurek
17	Neobsloužení zákazníci xi	endogenní	$\int_{T_0}^T (\text{Aktuálně neobsloužení zákazníci } xi) dt + \text{Neobsloužení zákazníci } xi$
18	Objed. Xi	endogenní	IF THEN ELSE(Realita=0, "Vel. Objedn. xi" , Reálná objednávka xi)
19	Prošlá xi	endogenní	DELAY FIXED("objed. xi", Trvanlivost xi, 0)
20	Trvanlivost xi	parametr	3/ 3 / 7
21	Zákazníci	Exogenní	Viz. Tabulka č. 6 Graf a tabulka proměnné Zákazníci
22	Xi na skladě	endogenní	$\int_{T_0}^T (\text{Objed. } xi - \text{Spotřebovaná } xi - \text{vyhozená } xi) dt + xi \text{ na skladě}$
23	Vyhozená xi	endogenní	MAX(Prošlá xi-Využití xi za dobu trvanlivosti-Spotřebovaná xi,0)
24	Spotřebovaná xi	endogenní	MIN(Zákazníci*Porce xi,MAX(xi na skladě,0))
25	Porce xi	parametr	0,012 / 0,04 / 0,04
26	Denní využití xi	endogenní	Spotřebovaná xi
27	Využití xi za dobu trvanlivosti	endogenní	$\int_{T_0}^T (\text{Denní využití } xi - xi \text{ po době trvanlivosti}) dt + \text{Využití } xi \text{ za dobu trvanlivosti}$
28	Xi po době trvanlivosti	endogenní	DELAY FIXED(Denní využití xi, Trvanlivost xi, 0)
29	Vyhozené xi pro agregaci	endogenní	Vyhozená xi
30	Vyhozené xi celkem	endogenní	$\int_{T_0}^T (\text{Vyhozené } xi \text{ pro agregaci}) dt + \text{Vyhozené } xi \text{ celkem}$
31	Odpisy xi	endogenní	Cena xi * Vyhozené xi pro agregaci
32	Ztráty xi	endogenní	$\int_{T_0}^T (\text{Odpisy } xi) dt + \text{Ztráty } xi$

Tabulka 4 Kompletní seznam všech proměnných a jejich vzorců, jež se vyskytují v modelu, kde x1=okurky, x2 =rajčata, x3=salát.

Popořadě dle Tabulky č. 4 zde bude vysvětleno, jak daný model funguje. Stavová proměnná *Celkový nákup okurek* vyjadřuje, za kolik celkem Kč se za ten daný měsíc nakoupilo okurek. Kumuluje do něj přítok *Nakupování okurek*, jež se skládá z *Nákupu okurek*, jehož vzorec říká, že pokud *Realita* = 0 (neboli je vypnutá), pak se *Náкуп okurek* rovná hodnotě *Cena okurek*Vel. Objedn. Okurek*, v opačném případě *Cena okurek*reálná objednávka okurek*. *Cena okurky* vyjadřuje reálnou cenu okurek, která činí 37,3 Kč/ kg. Cena rajčat je 53,3 Kč/kg, cena salátu 184 Kč/750 g. Níže je zobrazen graf s tabulkou *Reálných objednávek zeleniny*, kdy ve struktuře okurek se vyskytují pouze hodnoty, jež jsou u okurek.



Tabulka 5 Graf a tabulka proměnné Reálných objednávek zeleniny

Proměnná *Realita* představuje jistý přepínač, její hodnoty jsou 0 a 1, kdy 0 znamená, že realita je vypnutá, a tudíž se berou údaje optimalizační, a 1 znamená, že realita je zapnutá a model pracuje s reálnými daty, které byly poskytnuty vedením restaurace.

Náкуп první / druhý / třetí den vyjadřuje, jaké množství zeleniny se objednalo. V Tabulce č.9 jsou uvedeny hodnoty optimalizovaného množství jednotlivých druhů, kdy okurek by se mělo *Náкуп první den* objednat 0,995 kg a rajčat 3,557 kg. Salát se objednává jenom jednou týdně a to 9,39 kg, proto se v nákupech dalších dnů neuvádí. *Náкуп druhý den* by se mělo objednat 0,913 kg okurek a 2,542 kg rajčat. *Náкуп třetí den* obsahuje v sobě 0,799 kg okurek a 3,338 kg rajčat. K těmto přesným údajům se došlo díky Powellově algoritmu, jež

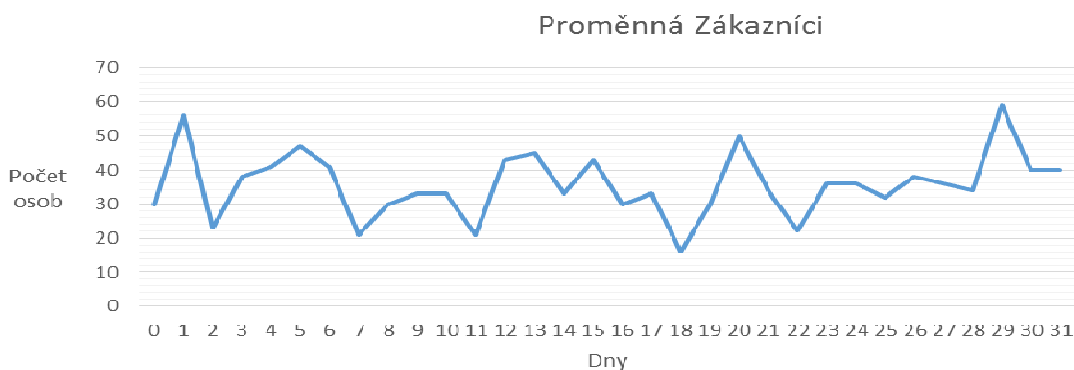
pro optimalizaci okurek provedl celkem 16 287 simulací, pro rajčata 21 093 simulací a pro salát celkem 2331 simulací.

Den prvního / druhého / třetího nákupu určuje, který den se objednává. U salátu se jedná pouze o objednání *Velikost nákupu* každé pondělí, proto v jeho struktuře se už nevyskytuje další den. Rajčata a okurky se objednávají v pondělí, středu a pátek, proto hodnoty těchto proměnných jsou 1 pro pondělí, 3 pro středu, 5 pro pátek.

Vel. Objedn. Okurek / rajčat / salátu je přesné množství v kilogramech, které objednáváme. Určuje se podle toho, jaký je zrovna *Den v týdnu*, jež se určí za pomoci proměnných *Týden* a *Time*.

Aktuálně neobsloužení zákazníci okurka / rajče / salát je toková proměnná, která určuje, kolik zákazníků v jednom dni nedostali ve svém pokrmu příslušnou zeleninu, z důvodu vypotřebenosti dané zeleniny. Je potřeba tuto proměnnou minimalizovat, aby každý zákazník dostal tu porci dané zeleniny, kterou si objednal. *Neobsloužení zákazníci okurka / rajče / salát* je akumulací toku *Aktuálně neobsloužení zákazníci okurka / rajče / salát*. Zobrazuje, kolik zákazníků celkem za ten daný měsíc nedostalo požadovanou porci zeleniny.

Objed. Okurky / rajčata / salát je další toková proměnná, která závisí na přepínači *Realita*, jež určí podle toho, zda počítáme s realitou nebo s optimalizací, množství v kilogramech objednaných okurek, rajčat nebo salátu. Tento tok přitéká do stavové proměnné *Okurky / rajčata / salát na skladě*, jež vyjadřuje celkový stav zeleniny. Z něj nadále vytéká dvěma odtoky *Spotřebované okurky / rajčata / salát* a *Vyhozené okurky / rajčata / salát*. *Spotřebované okurky / rajčata / salát* vyjadřuje skutečnou spotřebu okurek za daný den. Započítává v sobě *Porci okurek / rajčat / salátu*, která říká, jak velká je porce dané zeleniny v pokrmu, a proměnnou *Zákazníci*, jež vyjadřuje kolik pokrmů se zeleninou objednáno za daný měsíc v příslušné dny.



Tabulka 6 Graf proměnné Zákazníci.

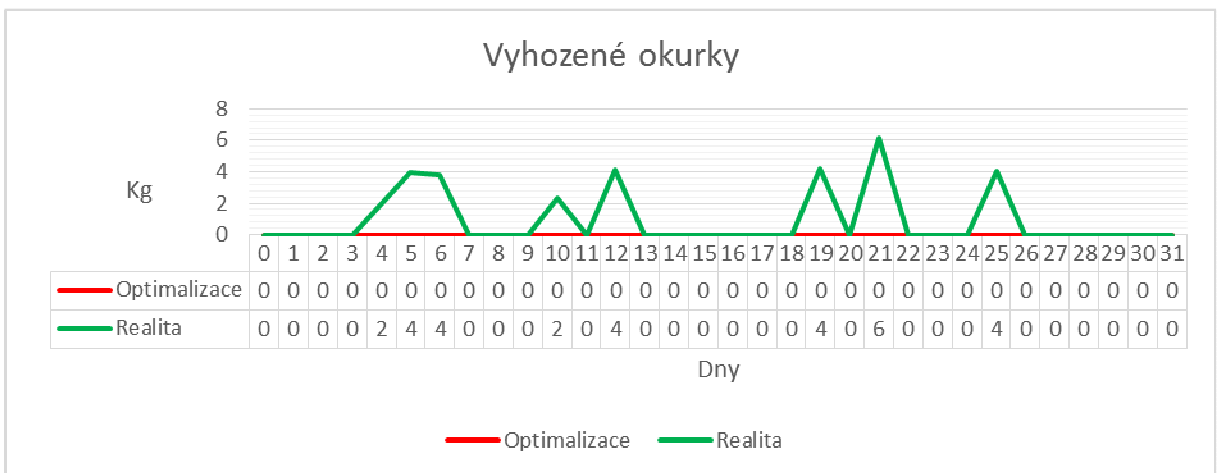
Prošlé okurky / rajčata / salát vznikají z *Objed. Okurek/ rajčat / salátu* po době *Trvanlivosti okurek / rajčat / salátu*. Trvanlivost jednotlivých druhů zeleniny je u okurek a rajčat 3 dny, salátu 7 dní, jelikož stačí ho objednat jednou týdně. *Vyhozené okurky / rajčata / salát* je tokovou proměnnou, jež vybírá větší hodnotu z rozdílu *Prošlých okurek / rajčat / salátu* a *Využití okurek / rajčat / salátu za dobu trvanlivosti* nebo nuly. *Využití okurek / rajčat / salátu za dobu trvanlivosti* je stavovou proměnnou, do níž přitéká tok *Denní využití okurek / rajčat / salátu*, který sebou vyjadřuje denně spotřebovanou zeleninu, a odtéká tok *Okurky / rajčata / salát po době trvanlivosti*, jež představuje sebou hodnotu *Denního využití okurek / rajčat/ salátu*, ale posunutou o dobu *Trvanlivosti*. Například první tři dny (*Trvanlivost okurek = 3*) se ve *Využití okurek za dobu trvanlivosti* nejdříve nasčítají hodnoty *Denního využití okurek* pro první až čtvrtý den a potom odečítají *Okurky po době trvanlivosti*, které jsou první až třetí den nulové a až čtvrtý den mají hodnotu prvního dne *Denního využití okurek*.

Vyhozené okurky / rajčata / salát pro agregaci je další tokovou proměnnou, jež v sobě nese hodnotu *Vyhozených okurek / rajčat / salátu* a přitéká do stavové proměnné *Vyhozené okurky / rajčata / salát celkem*, který vyjadřuje celkovou akumulaci vyhozené zeleniny za daný měsíc v kilogramech. Poslední tokovou proměnnou jsou *Odpisy okurek / rajčat / salátu* představující sebou násobkem *Vyhozené okurky / rajčata / salát pro agregaci* a *Cenou okurek / rajčat / salátu*, přitékající do stavové proměnné *Ztráty okurek / rajčat / salátu*. Tato proměnná vyjadřuje celkovou ztrátu zeleniny za daný měsíc v korunách.

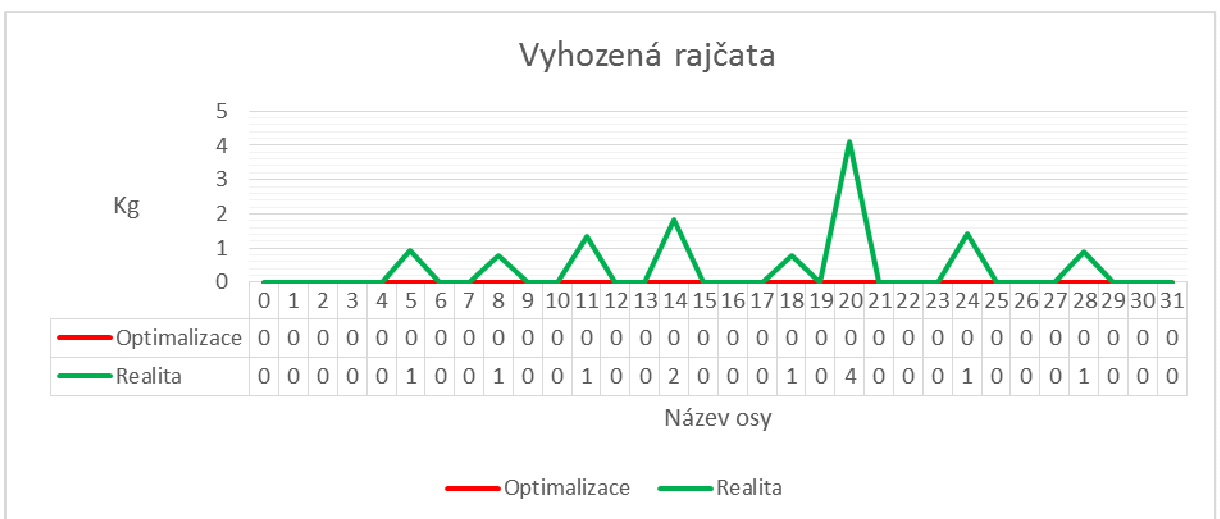
4.2.4 Zhodnocení výsledků modelu a doporučení

Tento model systémové dynamiky byl vytvořen s cílem snížení vyhazování zeleniny. Jak model ukázal při zapnuté realitě (proměnná *Realita* = 1), vyhazování okurek a vyhazování rajčat je zobrazeno níže v grafech a tabulkách č. 9 a č. 10. V těchto grafech je vidět množství vyhazované zeleniny linií *Realita* (zelená), pokud se objednává podle *Reálných objednávek*. Za celý měsíc činila ztráta u okurek 1628,85 Kč a u rajčat 449,838 Kč.

Díky Powellově optimalizaci se dokázalo určit přesné množství objednávaných okurek a rajčat. Po provedení 16287 simulací se zjistilo, že optimální objednávání okurek první den je 0,995308 kg, druhý den 0,912862 kg a třetí den 0,799282 kg. Po provedení 21093 simulací se zjistilo, že optimální objednávání rajčat první den je 3,55653 kg, druhý den 2,54164 kg a třetí den 3,33764 kg. Tyto optimální hodnoty se v tabulce č. 9 a č. 10 projevují linií *Optimalizace* (červená), která je po celý měsíc nulová.

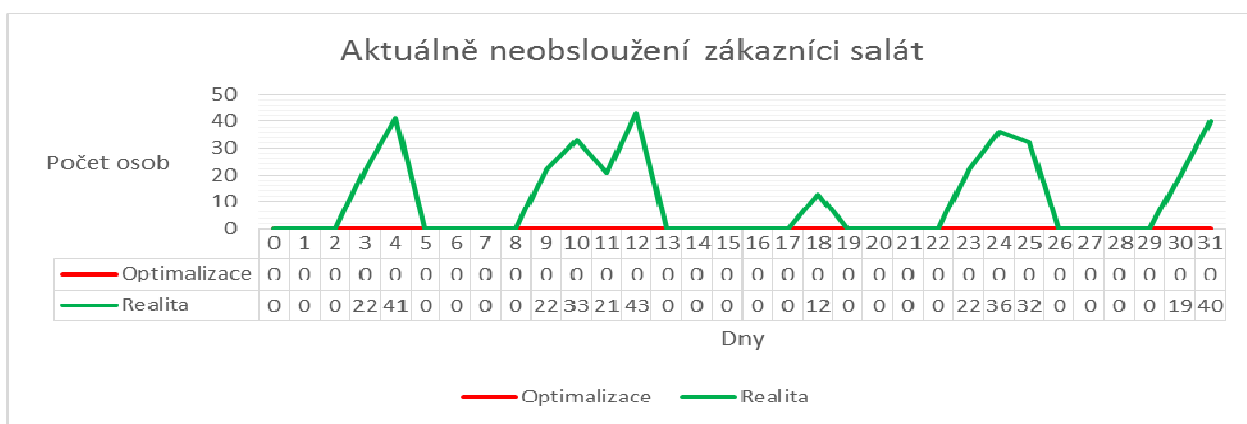


Tabulka 7 Graf a tabulka proměnné Vyhozené okurky.



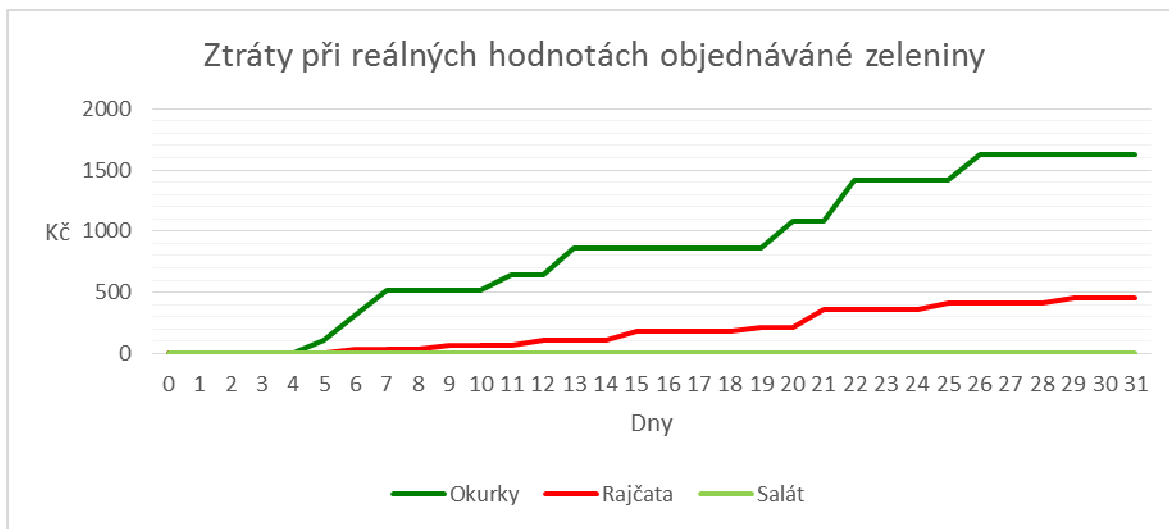
Tabulka 8 Graf a tabulka proměnné Vyhozená rajčata.

Salát, jelikož se objednává jednou týdně 6-7,5 kg, se za celý měsíc ani jednou nevyhodil, čehož se model snaží docílit, aby vyhazování bylo minimální. Ale toto množství se výrazně projevuje nedostatkem na proměnné *Aktuálně neobsloužení zákazníci salát*, jež se dá považovat za krizovou situaci, ale jakmile se Realita přepne na hodnotu nula (vypnutá) a tím pádem se objednává podle *Velikost nákupu* (množství objednaného salátu dle optimalizace), tak počet neobsloužených zákazníků za celý měsíc je nulový viz Tabulka č.8. Optimalizace pro salát po provedení 2331 simulací vyhodnotila, že optimální množství salátu je 9,39 kg. Toto množství způsobí, že se vyhodí jednou měsíčně 0,03 kg salátu a v korunách to činí celkovou částku 5,53 Kč, což je velice zanedbatelná ztráta.

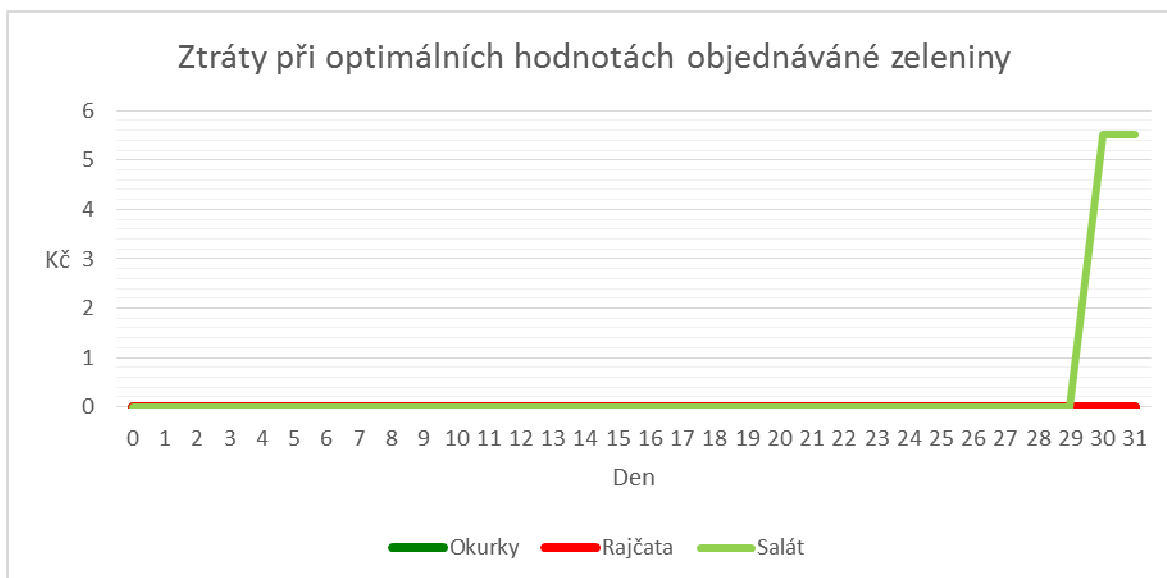


Tabulka 9 Graf a tabulka proměnné *Aktuálně neobsloužení zákazníci salát*.

V následujících dvou grafech (obrázek č. 20 a 21) jsou vidět ztráty zeleniny při reálných objednávkách zeleniny a při optimalizovaném objednávání, kdy pro první případ se ztráty za měsíc nasčítají na celkovou částku 2078,69 Kč, zatímco pro druhý případ je ztráta pouze 5,53 Kč a to se vyhazuje pouze malá část salátu.



Obrázek 20 Graf *Ztráty při reálných hodnotách objednané zeleniny*.



Obrázek 21 Graf Ztráty při optimálních hodnotách objednávané zeleniny.

Jelikož se v tomto modelu použil Powellův optimalizační algoritmus, který po provedení simulací pro jednotlivý druh zeleniny byl schopen vyjádřit přesné množství zeleniny v kilogramech, jež je potřeba objednat. Tudíž na doporučení autorky této práce by se mělo provádět objednávání takových hodnot, jaký navrhl sám algoritmus viz. Tabulka č 9. Je samozřejmé, že se v realitě nepodaří objednat přesné množství, ale je dobré se mu co nejvíce přiblížit a zamezit tím zbytečné vyhazování. Tyto výpočty nepočítají s váhou přirozeného odpadu, proto je dobré stanovit s managementem určitou procentuální rezervu. Nesmí se dále zapomínat objednat takové množství, kdy každý zákazník dostane patřičnou porci zeleniny v pokrmu, což tyto optimalizační hodnoty též splňují.

Zelenina	Nákup první den (kg)	Nákup druhý den (kg)	Nákup třetí den (kg)
Okurky	0,995308	0,912862	0,799282
Rajčata	3,55653	2,54164	3,33764
Salát	9,39003		

Tabulka 10 Optimální množství objednávané zeleniny v kg.

5 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá simulací objednávkového systému zeleniny v restauraci. V teoretické části se práce soustředí na historii, vznik a vývoj systémové dynamiky. Další kapitola popisuje různé světové aplikace systémové dynamiky i tuzemské aplikace.

V následující kapitole se práce soustředí na vysvětlení systémové dynamiky jako takové, co to vlastně je, popisují se významy různých podstatných pojmů. Další důležitou kapitolou je rozlišení systémové dynamiky a systémového myšlení, jež se u různých autorů liší. Následuje kapitola řešící nástroje pro popis struktury systému a zpětné vazby, které se vyskytují v modelování. Dále jsou vysvětleny diagramy, jež se v systémové dynamice používají nejčastěji pro vyjádření modelu, těmi jsou příčinně smyčkový diagram a diagram stavů a toků. V poslední kapitole je vybráno a popsáno 11 archetypů, pro něž je typické standardní chování v systémech.

V praktické části jsou popsány obecné znaky restaurace, ze které se čerpala všechna potřebná data k tomuto modelu. Dále jsou stanoveny cíle, o které celý model bude usilovat, což se jedná hlavně o minimalizování vyhazování zeleniny. V další kapitole je popsán příčinně smyčkový diagram, který slouží převážně jako náčrt budoucího diagramu stavů a toků, na rozdíl od kterého je mnohem rozšířenější, čehož se dá využít v dalším rozšíření modelu a možnosti řešit jiné problémy. Nejdůležitější částí této práce je dále diagram stavů a toků modelovaný za pomoci programů Vensim PLE a k určení optimálních hodnot Vensim DSS. Jsou popsány veškeré proměnné, jež se vykytují v modelu a později i vysvětleny vztahy a fungování celého modelu. Poslední kapitolou v praktické části jsou zhodnoceny výsledky v modelu, kdy díky Powellově optimalizaci byly zjištěny optimální hodnoty objednávek zeleniny, kdy výše vyhazování zeleniny je nulová a každý zákazník dostal tu porci zeleniny, kterou si objednal v pokrmu.

Práce je chápána jako první, základní krok komplexní analýzy podniku, kdy byla otestována vhodnost metodiky, komunikace s managementem a dostupnost dat. Budoucí práce se zaměří na ostatní materiální a finanční toky, personální strukturu i získávání zákazníků a formování poptávky.

6 Seznam použitých zdrojů

1. BELLINGER, Gene. 2004. *Archetypes: Interaction Structures of the Universe* [online]. [cit. 2016-08-27] Dostupné z: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#archtc>
2. CHECKLAND, P. and M. HAYNES. 1994. *Varieties of systém thinking: the case of soft systém methodology*. System dynamics Review, vol. 17, no. 1. ISSN 1099-1727.
3. Dokumentace Oddělení infrastruktury IT útvaru CIT: Systémová analýza - Vymezení okruhu systémové analýzy [online] [cit. 2016-06-12]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/~let08/systemova_analyza/01_Vymezeni_okruhu_systemove_analyzy.pdf
4. EXNAROVÁ, A. 2007. *Systémové myšlení v rámci edukacního procesu: diplomová práce*. Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta Informatiky a statistiky. Vedoucí diplomové práce Ing. Stanislava Mildeová, CSc.
5. FORRESTER, Jay Wright. 1961. *Industrial dynamics*. Waltham: Pegasus Communications, 464 s.
6. FORRESTER, Jay Wright. 1987a. *14 „obvious truths“*. System Dynamics Review, vol. 3, no. 2. ISSN 1099-1727.
7. HINES, Jim and Jody HOUSE. 2001. *The source of poor policy: controlling learning drift and premature concensus in human organizations*. System Dynamics Review, vol. 17, no. 1. ISSN 1099-1727.
8. INTERNATIONAL SOCIETY FOR THE SYSTEMS SCIENCES, 2015. *Ludwig von Bertalanffy [ProjectsISSS]* [online]. ISSS. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: http://iss.org/projects/doku.php?id=ludwig_von_bertalanffy
9. KAPLAN, Robert and David NORTON. 1992. *The Balanced Scorecard-Measures That Drive Performance*. Harvard Business Review, vol. 70, no. 1. ISSN 0017-8012.

10. KREJČÍ, Igor. 2013. *Dynamika fixního kapitálu: disertační práce*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta.
11. KREJČÍ, Igor a Roman KVASNIČKA. 2014. *Systémová dynamika I*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta. ISBN 978-80-213-2478-7.
12. MEADOWS, Donella H. 2009. *Thinking in systems: a primer*. London: Earthscan. ISBN 978-1-84407-725-0.
13. MILDEOVÁ, Stanislava a Viktor VOJTKO. 2011. *Systémová dynamika*. Vyd. 2. V Praze: Oeconomica. ISBN 978-80-245-1448-2.
14. PELÁNEK, Radek. 2008. *Zpětná vazba* [online]. 2008-02-26. [cit. 2016-08-13] Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/~xpelane/IV109/slidy/zpetna-vazba.pdf>
15. PRESS, William H., TEUKOLSKY Saul A., VETTERLING William T., FLANNERY Brian P. 1992. *Numerical recipes in C: the art of scientific computing*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 05-214-3108-5.
16. RICHMOND, Barry. 1994. *System Dynamics/Systems Thinking: Let's Just Get On With It*. System Dynamics Review, vol. 10, no. 2-3. ISSN 1099-1727.
17. STERMAN, John. 2000. *Business dynamics: systems thinking and modelling for a complex world*. Boston: McGraw-Hill. ISBN 00-723-1135-5.
18. VELEHRADSKÝ, P. 2008. *Simulace politik komunikace z pozice Informačního manažera: diplomová práce*. Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta Informatiky a statistiky. Vedoucí diplomové práce Ing. Stanislava Mildeová, CSc.
19. VENTANA SYSTEMS. 2010. *Vensim Reference Manual* [online] Harvard: Ventana Systems [cit. 2016-08-21] Dostupné z: <http://www.vensim.com/documentation.html>
20. VOJTKO, Viktor a Stanislava MILDEOVÁ. 2007. *Dynamika trhu: jak pochopit síly, které mění trhy, konkurenci a podnikání*. Dotisk 1. českého vyd. Zeleneč: Profess Consulting. ISBN 978-80-7259-052-0.