

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

Lukáš Koleňák



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

studijní program: Stavební inženýrství
studijní obor: Management a ekonomika ve stavebnictví
akademický rok: 2014/2015

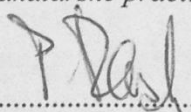
Jméno a příjmení studenta: Lukáš Kolečák
Zadávací katedra: Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví
Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Petr Dlask Ph.D.
Název bakalářské práce: Moderní metody porovnání časových řad
Název bakalářské práce
v anglickém jazyce: Modern methods of time series comparison

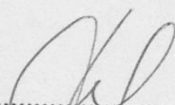
Rámcový obsah bakalářské práce: Problematika porovnání časových řad doznává v průběhu historie metodického vývoje. Práce se zabývá sledováním možných způsobů aplikace s vazbou na obor stavebnictví. Jako výsledek bude zpracován nástroj aplikující různé postupy porovnání s případnými modifikacemi.

Datum zadání bakalářské práce: 26.2.2015 Termín odevzdání: 15.5.2015
(vyplňte poslední den výuky příslušného semestru)

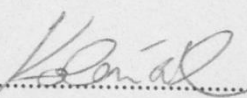
Pokud student neodevzdal bakalářskou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu bakalářskou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č. 111/1998. (SZŘ ČVUT čl. 21, odst. 4)

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.


.....
vedoucí bakalářské práce


.....
vedoucí katedry

Zadání bakalářské práce převzal dne: 26.2.2015


.....
student

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x student, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Nejpozději do konce 2. týdne výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání BP na studijní oddělení a provede zápis údajů týkajících se BP do databáze KOS.

BP zadává katedra nejpozději 1. týden semestru, v němž má student BP zapsanou.

(Směrnice děkana pro realizaci studijních programů a SZZ na FSv ČVUT čl. 5, odst. 7)

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího bakalářské práce Doc. Ing. Petra Dlaska Ph.D.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze 15.5.2015

.....

Lukáš Koleňák

Poděkování

Rád bych touto cestou vyjádřil poděkování doc. Ing. Petru Dlaskovi, Ph.D. za jeho cenné rady a trpělivost při vedení mé bakalářské práce.

Moderní metody porovnání časových řad

Anotace

Práce se zabývá moderními přístupy zkoumání závislostí časových řad. Tyto přístupy budou aplikovány na vybranou dvojici časových řad a výsledky budou vyhodnoceny s cílem určení odlišností jednotlivých metod. Práce zároveň nabízí metodiku eliminace predikce veličin, které spolu nesouvisí. Správnou predikcí veličin, které mezi sebou vykazují závislost, je možné předcházet zmařeným investičním pokusům. Dále pak bude posouzena vzájemná závislost vybrané dvojice časových řad v kontrastu s očekáváním.

Klíčová slova: časové řady, PRIBOR, stavební práce, divergence, difference, distance

Abstract

The thesis deals with modern approaches of analyzing time series. These approaches will be applied on the two chosen time series and the results will be analyzed to find differences between the approaches. The thesis offers a methodology for eliminating predictions of variables that are not related. Correct prediction of variables which are related helps to avoid wrong investment decisions. The thesis will also evaluate correlation between the two time series in contrast with the expectations.

Key words: time series, PRIBOR, construction works, divergence, difference, distance

Obsah

Anotace	6
Abstract	6
Slovník použitých pojmů	9
Slovník použitých zkratek	9
1 Úvodní část	10
1.1 Úvod	10
1.1.1 Historie práce	10
1.1.2 Cíle a otázky práce	10
1.2 Data	11
1.2.1 Terminologie	11
2 Obsahová část.....	12
2.1 Analyzované časové řady	12
2.2 Metodika	13
2.2.1 Základní přístupy	13
3 Aplikace.....	17
3.1 Úpravy vstupních dat	17
3.2 Výsledky	19
3.2.1 Divergence.....	19
3.2.2 Diference	20
3.2.3 Distance.....	21
3.2.4 Otevírání oken	21
3.2.5 Pozměnění dat.....	22
4 Vyhodnocení	24
4.1 První série simulací.....	25
4.1.1 Simulace 1A.....	25
4.1.2 Simulace 2A.....	26
4.1.3 Simulace 3A.....	27
4.1.4 Simulace 4A.....	27
4.1.5 Simulace 5A.....	28
4.1.6 Simulace 6	29
4.2 Druhá série simulací	30
4.2.1 Simulace 1B.....	30
4.2.2 Simulace 2B.....	31
4.2.3 Simulace 3B.....	32
4.3 Hodnocení	33
4.3.1 Hodnocení omezeného intervalu	34
4.3.2 Porovnání	35
5 Závěrečná část.....	36
5.1 Odpovědi na otázky a cíle práce.....	36
5.2 Závěr.....	37
Literatura	39

Popis dílčích úkolů.....	41
Popis projektu.....	41
Definice, založení a volba struktury podnikatelského subjektu (TERI)	41
Kontrolní harmonogram investora (PRRS)	42
Položkový rozpočet stavby (KNPR).....	42
Vyhodnocení efektivnosti investice (RVP1)	43
Nabídková příprava zhotovitele (PJPR).....	43

Slovník použitých pojmů

<i>Nealgoritmizovatelnost</i>	- nemožnost vyjádřit vývoj prvku exaktně pomocí algoritmu
<i>Numerizovatelnost</i>	- převoditelnost na číslo respektive množinu čísel
<i>Obhajitelnost hodnot</i>	- zpětná dohledatelnost zdrojových dat
<i>Nezkreslenost hodnot</i>	- hodnoty neobsahující statistické chyby
<i>Relevantnost hodnot</i>	- vhodnost a použitelnost hodnot
<i>Nesoudržnost řad</i>	- výrazné nesouvislé změny vzdáleností křivek
<i>Vzdálenost křivek</i>	- nejkratší spojnice dvou bodů křivek v totožném čase
<i>Lokální divergence</i>	- divergence vztažena na interval menší než je počet pozorování
<i>Centrální banka (v ČR)</i>	- jedná se o synonymum k ČNB

Slovník použitých zkratk

<i>ČSÚ</i>	- Český statistický úřad
<i>ČNB</i>	- Česká národní banka
<i>ČŘ</i>	- Časová řada
<i>PRIBOR</i>	- Prague Interbank Offered Rate
<i>D(x)</i>	- definiční obor prvku x

1 Úvodní část

1.1 Úvod

Snaha o predikce budoucího vývoje nealgoritmizovatelných časových řad je všude kolem nás. Odborníci se snaží predikovat pohyby jak na kapitálových trzích respektive devizových trzích s vidinou zisku ze spekulace nebo investice tak na trhu samotném, který nás obklopuje. Jedná se o předpovídání pohybů, jež jsou z podstatné části tvořeny lidskou psychikou, tudíž jsou hůře uchopitelné a nesnadno převeditelné na čísla. Nejedná se však vždy a výhradně pouze o lidskou psychiku, významnou roli mohou hrát i další matematicky nesnadno numerizovatelné prvky jako je například počasí, politika nebo objevy průlomových vynálezů. Přesto všechno historický vývoj časových řad vykazuje, alespoň v jistých časových intervalech, na první pohled závislosti matematicky definovatelné při určité akceptovatelné míře nejistoty.

V rámci práce se budeme zabývat několika hlavními přístupy k této problematice v podobě porovnání dvou rozdílných sérií hodnot. Při zpracování bude použito několik přístupů a následně budou metody aplikovány na vybranou dvojici časových řad s cílem určení vhodného instrumentu pro jejich budoucí analyzování s možností metodicky predikovat budoucí vývoj jedné časové řady v závislosti na druhé.

Matematicky podložený předpokládaný budoucí vývoj libovolného ukazatele je nezbytným vodítkem pro následné plánování, přičemž čím použitelnější a relevantní analýza je, tím efektivnější může být i následné plánování.

1.1.1 Historie práce

Práce byla v roce 2015 prezentována ve fakultním kole Studentské vědecké odborné činnosti (SVOČ) a na základě umístění byla nominována na mezinárodní kolo této soutěže do Bratislavy, kde ji odborná komise složená ze zástupců 6 vysokých škol ocenila prvním místem.

1.1.2 Cíle a otázky práce

1. Vědecká otázka: Je mezi základními přístupy zkoumání ČŘ nějaký výrazně vhodnější oproti ostatním?
2. Vědecká otázka: Je možné řešit nedefinovatelné divergence pomocí prostého přičtení respektive odečtení konstanty od všech ČŘ?

3. Vědecká otázka: Má výše PRIBORu pozorovatelný vliv na stavební práce?

Cíl: Popsání a aplikace matematických analýz na vybrané časové řady s určením jejich odlišností a popsání vlivu PRIBORu na vývoj stavebních prací.

1.2 Data

Požadavky na kvalitní vstupní data jsou prvním předpokladem k dosažení objektivních výsledků. Kvalitou zde rozumíme nezkreslenost, relevantnost a obhajitelnost hodnot. Zdrojem vstupních dat v této práci budou Česká národní banka (ČNB) a Český statistický úřad (ČSÚ). Tyto zdroje jsou primárními veřejnými emitenty použitých dat a tudíž je lze považovat za uplatnitelné a vhodné pro další zpracování.

1.2.1 Terminologie

V práci bude opakovaně používáno několik termínů matematického a makroekonomického charakteru. Aby nedošlo k záměně významů, budou tyto pojmy definovány.

Časové řady

ČŘ je množina časově uspořádaných číselných informací zaznamenaných v průběhu času, jejichž vývoj nemusí být vyjádřitelný matematickou funkcí [1]. Obecně ji lze definovat podle (1).

$$y_t, t = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

kde y_t reprezentuje analyzovaný ukazatel a t představuje časovou proměnou během n pozorování.

ČŘ se dělí na tři základní skupiny. První je *intervalová časová řada*. Velikost hodnoty tohoto ukazatele závisí na délce časového intervalu sledování [2]. Další je pak *okamžiková časová řada*. Okamžikovým ukazatelem je ukazatel vztahující se k jistému okamžiku. Hodnota takového ukazatele nezávisí na délce časového intervalu sledování [2]. Třetí skupinu pak tvoří *časové řady odvozené charakteristiky*. Tento typ časových řad se získá z intervalových nebo okamžikových časových řad [2]. V práci budeme pracovat s druhými ČŘ, tj. okamžikovými.

PRIBOR

Je zkratkou pro Prague Interbank Offered Rate, která reprezentuje referenční hodnotu úrokových sazeb na trhu mezibankovních depozit, kterou počítá (fixuje) kalkulační agent pro Czech Forex Club z kotací referenčních bank pro prodej depozit (offer) podle algoritmu [3].

Stavební práce

Jedná se o statistiku z Českého statistického úřadu vyjadřující celkovou hodnotu vlastních výkonů ze stavební činnosti vykazující jednotky (včetně zabudovaných materiálů) provedenou na základě smlouvy o dodávce pro konečného uživatele (stavebníka) včetně hodnoty eventuálních poddodávek stavebních prací přijatých od jiných dodavatelských organizací pro splnění dané smlouvy o dodávce pro konečného uživatele [4]. Hodnota je zde vyjádřena v českých korunách běžných cen.

2 Obsahová část

2.1 Analyzované časové řady

Zvolené časové řady jsou PRIBOR a vývoj stavebních prací v ČR. Metodika analýzy použitá v této práci je teoreticky aplikovatelná na libovolnou n -tici časových řad, avšak nemusí být vždy zcela vhodná. Při použití jiné dvojice časových řad je nutné, jak si ukážeme v kapitole 2.2.1, některé vstupní hodnoty upravit, případně zanedbat.

První zvolenou časovou řadou je pražská mezibankovní úroková míra PRIBOR. Jedná se, jak bylo uvedeno, o cenu kapitálu na peněžním mezibankovním trhu. Výše těchto úrokových měr pak přímo ovlivňuje výši úroků na trhu úvěrovém, jehož součástí je i sektor hypotečních půjček [5]. Domníváme se tak, že PRIBOR ovlivňuje cenu hypotečních půjček a tak i *de facto* poptávku po hypotečních půjčkách neboli přeneseně i poptávku soukromého sektoru po stavební produkci v oblasti bytových novostaveb. Tento vztah je schematicky znázorněn na obrázku 1. Hypotéza je taková, že s klesající výší PRIBORu rostou stavební práce a naopak. Míra tohoto ovlivnění, například výpočtem korelačního koeficientu, není náplní této práce a je možným tématem pro další zpracování. Výše PRIBORu je zveřejňována Českou národní bankou v několika intervalech. Intervaly představují délku období konkrétní úrokové míry a v této práci bude použit nejdelší interval PRIBOR 12M neboli roční. Tato časová řada bude použita jako referenční, jelikož v praxi je jejím vývoji

věnována vysoká pozornost a její budoucí vývoj je tak v blízké budoucnosti (tj. 1 až 2 roky) snáze předpověditelný.

Druhou časovou řadou je zvolen vývoj stavebních prací v ČR, který bude vyjádřen jako suma prostavěných (nikoli nezbytně vyfakturovaných) českých korun v běžných cenách v jednotlivých intervalech, které v této práci budou roční. Díky ročním intervalům nemusíme tato data již očišťovat. Zároveň oblast bytové výstavby je z většiny tvořena soukromým sektorem [4], proto tato časová řada, na rozdíl od vývoje objemu veřejných zakázek, reflektuje skutečný stav ekonomiky a nikoliv momentální fiskální politiku v této oblasti a je tak vhodnější pro analýzu.



Zdroj: vlastní

Obr. 1: Předpokládané schéma závislosti

2.2 Metodika

Porovnávání popsaných časových řad bude provedeno pomocí několika přístupů. Všechny tyto přístupy budou níže definovány, včetně jejich možných omezení, a následně budou aplikovány a vyhodnoceny.

2.2.1 Základní přístupy

Přístupů k porovnávání časových řad je mnoho. My se zde budeme zabývat těmi nejzákladnějšími a nejužívanějšími.

Divergence

Je jedním ze základních způsobů vyjadřujících vzdálenost bodů. Tato vzdálenost je vyjádřena logaritmem vzájemného poměru hodnot v identickém čase, viz (2).

$$DivY_t = \sum_{i=1}^n a_t \ln \frac{a_t}{b_t}, t = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Ve vzorci (2) n značí počet časových jednotek (intervalů); a_t představuje hodnotu referenční časové řady v čase t a dělitel b_t reprezentuje hodnotu druhé časové řady v čase t .

S tímto přístupem je spojeno několik problémů. Jsou jimi hodnoty, které nejsou matematicky definovány, konkrétně se jedná o případy záporného a nulového logaritmu a nulového jmenovatele. Vstupní data proto musí splňovat podmínku $b_t \neq 0$ (neboť v oboru reálných čísel formulovat funkci $Y(t) = \frac{t}{0}$ nelze). Nelze ani uvažovat přístup $\lim_{b_t \rightarrow 0} \frac{a_t}{b_t} = \infty$, jelikož tento vztah zanedbává hodnotu a_t . Výsledná divergence by pak zákonitě musela být zcela irrelevantní a nemá proto ani význam dále uvažovat následné výpočty limit pro přirozený logaritmus jdoucí k nekonečnu.

Další podmínkou je kladný (a nenulový) přirozený logaritmus neboli $\frac{a_t}{b_t} > 0$. Z toho plyne, že $a_t \neq 0$, dále $a_t < 0 \wedge b_t < 0$ respektive $a_t > 0 \wedge b_t > 0$. Avšak v případě zkoumání časových řad pomocí divergence lze jeden případ matematické nedefinovatelnosti obejít. Jedná se o situaci $a_t = 0 \wedge b_t = 0$, při které budeme uvažovat, matematicky chybně, $0 \times \ln \frac{0}{0} = 0$. Toto tvrzení je v naprostém pořádku pro případ našeho zkoumání, jelikož nabývají-li obě proměnné nulových hodnot, časové řady jsou tak identické a lokální divergence je z logiky věci opravdu nulová.

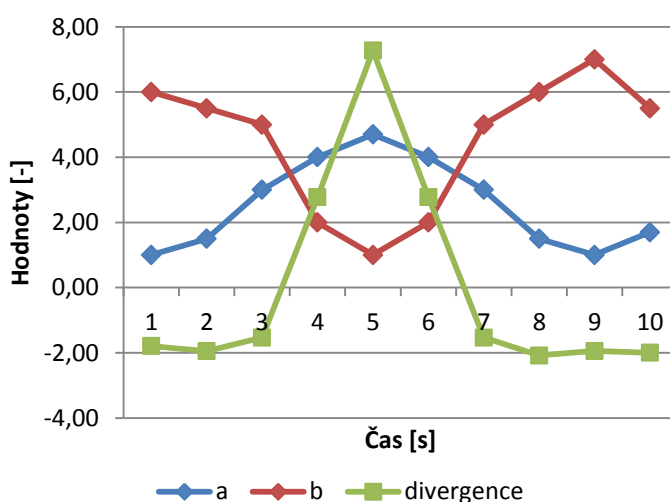
Je také na místě podotknout, že výsledná divergence (suma) může nabývat jak záporných, tak kladných hodnot, a proto nelze všeobecně tvrdit, že nulová nebo nízká divergence nutně znamená vysokou podobnost časových řad. Jako testovací příklad uvádíme obrázek číslo 2, který na první pohled vykazuje zápornou korelaci, přičemž divergence je zde nulová.

Z obrázku 2 i vzorce (2) je patrné, že divergence nabývá kladných respektive záporných hodnot v definovatelných situacích. Všeobecně mohou nastat dvě situace a to zaprvé že obě ČŘ jsou v konkrétním čase respektive intervalu kladné nebo zadruhé jsou obě záporné. Divergence, ať už lokální nebo sumární je kladná tehdy, když se referenční řada nachází nad druhou ČŘ a zároveň jsou porovnávány hodnoty kladné nebo když jsou tyto hodnoty záporné a jejich logaritmus poměru dle (2) je také záporný. V praxi to znamená, že pokud máme definovatelnou divergenci a je kladná, tak referenční křivka se nachází nad druhou křivkou a naopak. Matematicky to lze vyjádřit takto (3). V ostatních případech jsou divergence záporné nebo v případě $a_t = b_t$ nulové.

$$DivY_t > 0 \Leftrightarrow a_t > b_t > 0 \vee \frac{a_t}{b_t} < 1 \forall a_t, b_t < 0 \quad (3)$$

V rámci práce (viz kapitola 3.2.5) také ověříme možnosti řešení situace $\frac{a_t}{b_t} < 0$ pomocí přičtení konstanty k časovým řadám respektive její odečtení, aby výsledný zlomek byl vždy kladný po celé délce zkoumaného intervalu. Tento způsob pochopitelně pozmění výsledky, jelikož zlomek $\frac{a_t}{b_t}$ se bude po přičtení respektive odečtení vždy přibližovat v kontrastu s původním poměrem k 1 a výsledný logaritmus se tak bude blížit 0. Avšak předpoklad je takový, že změna bude zanedbatelná a v práci bude vyčíslena i v případě, že nebude nutné tento proces s konstantou aplikovat.

t	a_t	b_t	$a_t \ln \frac{a_t}{b_t}$
1	1.00	6.00	-1.79
2	1.50	5.50	-1.95
3	3.00	5.00	-1.53
4	4.00	2.00	2.77
5	4.70	1.00	7.27
6	4.01	2.00	2.78
7	3.00	5.00	-1.53
8	1.50	6.00	-2.08
9	1.00	7.00	-1.95
10	1.70	5.50	-2.00
Suma			0.00



Zdroj: vlastní

Obr. 2: Testovací příklad

Diference

Dalším z přístupů zkoumání závislosti dvou řad je diference [6]. Tento přístup, jak z názvu vyplývá, vychází z rozdílu hodnot. První diference je v případě analýzy závislosti dvou časových řad prostým rozdílem hodnot v totožném čase respektive časovém intervalu a vyjadřuje tak jejich vzdálenost. Tím dostaneme novou časovou řadu, řadu diferencí. Nově vzniklá časová řada respektive její určitý úsek vyjadřuje vzájemný pohyb původních hodnot. Zvětšující se diference prvního řádu v absolutní hodnotě znamená oddalování hodnot původní časové řady tj. graficky vzdalování křivek, a naopak. Vztah je matematicky definován následovně (4).

$$DifY_t = a_t - b_t, t = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Menšelec a_t opětovně představuje hodnotu referenční časové řady v čase t a menšitel b_t reprezentuje hodnotu druhé časové řady v čase t . Diference nabývá nulové hodnoty jen v případě, že obě hodnoty v daném čase jsou totožné neboli $a_t = b_t$. Definiční obor funkce difference je neomezený tj. $D(DifY) = (-\infty; +\infty)$. Na rozdíl od divergence i definiční obor vstupních dat je neomezen, tedy $D(a_t, b_t) = (-\infty; +\infty)$.

Tuto novou řadu diferencí lze opětovně diferencovat a tím dostat druhou diferenci [6]. Nově vzniklá řada vyjadřuje vývoj dvou po sobě jdoucích rozdílů dle (5),(6). Čím vyšší číslo v absolutní hodnotě, tím větší rozkolísanost a nesoudržnost původní dvojice řad.

$$DifY_t' = DifY_t - DifY_{t-1}, t = 2, 3, 4, \dots, n \quad (5)$$

Neboli

$$DifY_t' = -a_t + b_t + a_{t+1} - b_{t+1}, t = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Hodnoty ve vzorci druhé difference odpovídají definici použité v první diferenci. V práci se budeme zabývat pouze diferencí prvního řádu podle (4).

Distance

Konkrétně budeme používat Eukleidovskou distanci, jejíž vztah je vyjádřen (7) a jedná se tak o geometrické vyjádření vzdálenosti [7].

$$DisY = \sqrt{|a_t - b_t|^2 + |a_{t+1} - b_{t+1}|^2 + |a_{t+2} - b_{t+2}|^2 + \dots + |a_{t+n} - b_{t+n}|^2} \quad (7)$$

Příčemž hodnoty a_t a b_t odpovídají předchozím definicím.

Díky mocninám vždy dostaneme pod odmocninou kladné číslo nebo nulu, tedy $D(DisY) = (0; +\infty)$. Obdobě jako u difference je tak definiční obor časových řad neomezen a odpovídá intervalu $D(a_t, b_t) = (-\infty; +\infty)$. Distance v tomto pojetí bude nabývat nulové hodnoty tehdy a jen tehdy, když časové řady budou zcela identické, neboli $a_t = b_t$ pro všechna t .

Odlišnost oproti diferencím spočívá v přístupu ke vzdálenostem. Zatímco difference tuto vzdálenost jednoduše uvažuje jako nejkratší (tedy kolmou) vzdálenost dvou bodů v identickém čase, distance tuto vzdálenost umocní, tedy z ní udělá

z geometrického hlediska čtverec. Výsledná distance je pak odmocnina ze sumy ploch všech čtverců. Neboli výsledek vychází z plochy a nikoli přímo ze vzdálenosti.

Entropie

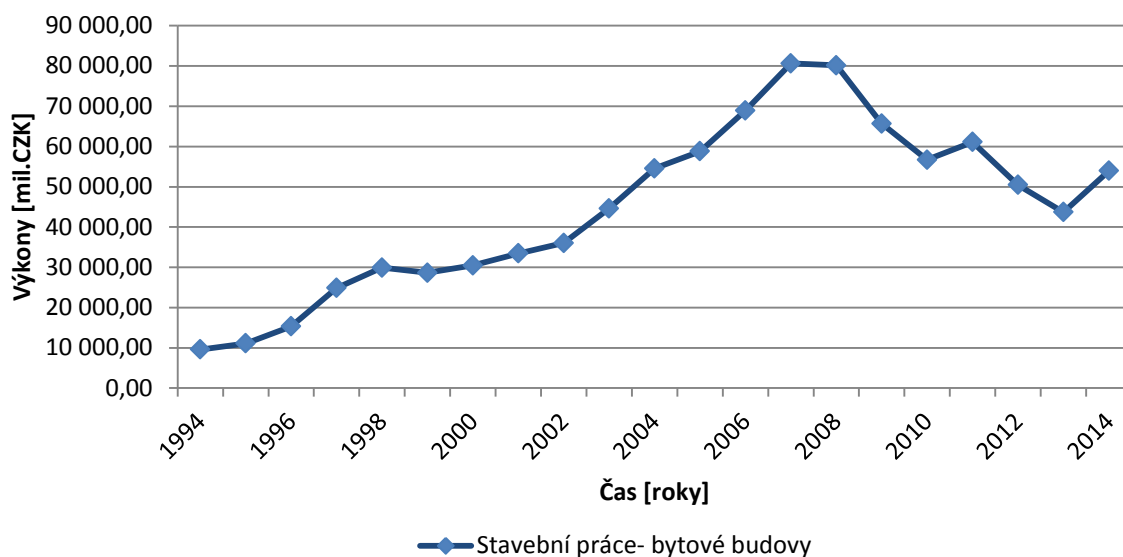
Entropie ve všeobecném pojetí znamená nahodilost nebo míra organizovanosti systému [8]. Tento termín byl primárně používán v termodynamice, kdy druhá termodynamická věta, jež je často považována za nejdůležitější myšlenku v historii vědy, je právě tvrzením o entropii [9]. Následně se pojem začal uplatňovat v kvantové fyzice a poslední dobou se objevuje i v jiných oblastech jako je například analýza časových řad. Entropických modelů časových řad je nepřeberné množství, avšak všechny entropické modely pracují s distribuční funkcí. Jako příklad uvádíme entropii Kullback–Leibler podle (8) [10], který je značně podobný (2). Vzhledem k omezenému množství vstupních dat není možný jejich převod na pravděpodobnost výskytu tak, aby takto vzniklá distribuční funkce byla relevantní. Tento přístup tedy v našem případě aplikovat a zkoumat nelze.

$$E(X, Y)_{t, \tau} = \sum p(x_t, y_{t-\tau}) \log_2 \frac{p(x_t, y_{t-\tau})}{p(x_t)q(y_t)} \quad (8)$$

3 Aplikace

3.1 Úpravy vstupních dat

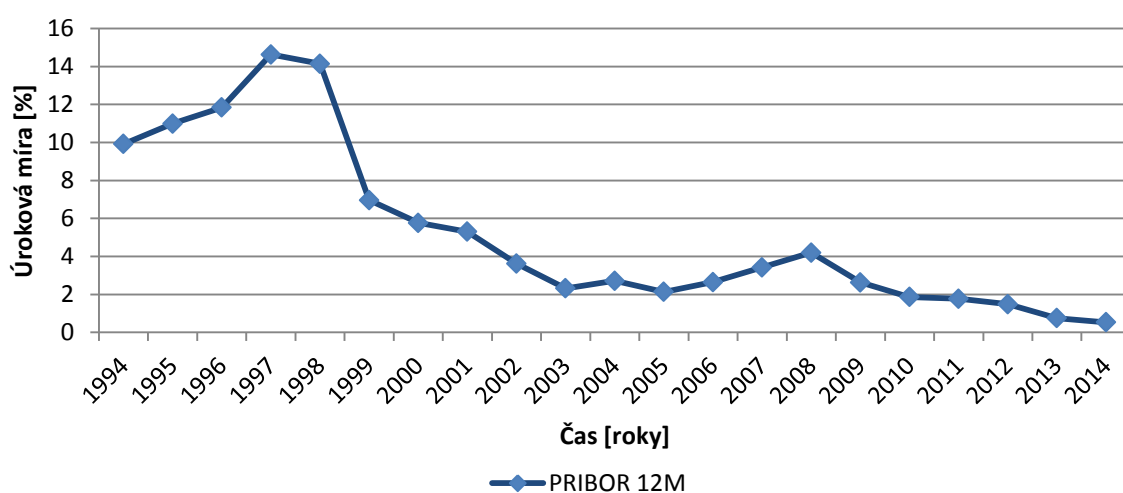
Ještě než popsané metody aplikujeme na naše hodnoty, musíme je upravit na vzájemně porovnatelné. Vstupní časové řady vidíme na obrázku 3 a 4. Data pro stavební práce dle námi používané definice jsou dostupná do roku 2013 včetně. Data pro rok 2014 dopočítáme pomocí indexu stavební produkce, jehož velikost pro rok 2014 známe a který vychází z hodnoty roku 2010, kterou také známe. Výše indexu v pozemním stavitelství pro rok 2014 se rovnala 89,6% [4]. Od výsledného čísla pak odečteme průměrnou odchylku mezi indexem a časovou řadou stavebních prací, která vznikla nerozdělením indexu na bytovou a nebytovou výstavbu pozemních staveb.



Zdroj: [4]

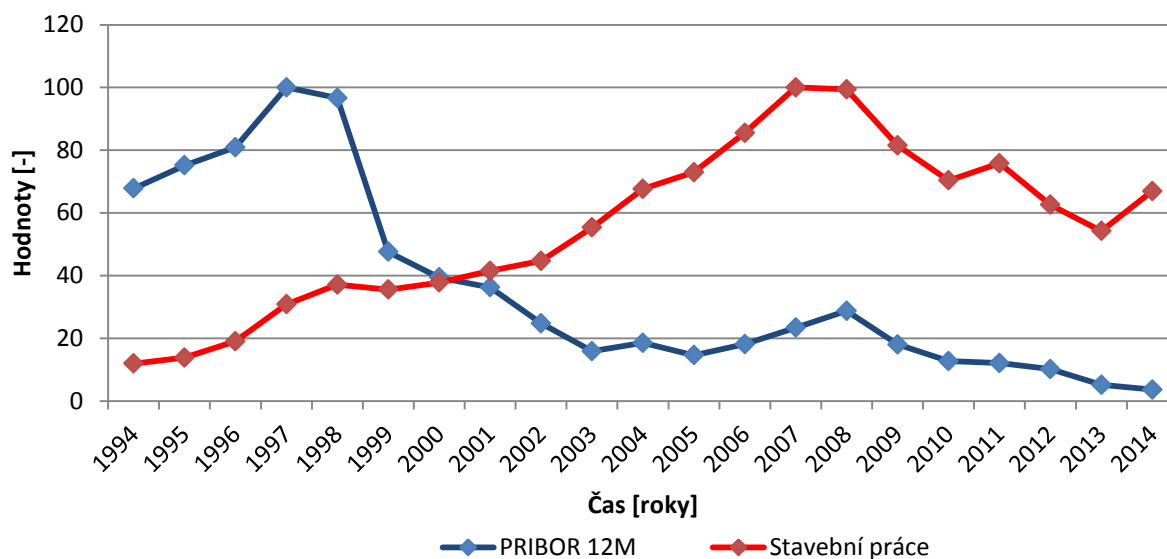
Obr. 3: Stavební práce v mil. CZK

Nejprve je nutné převést tato data na totožné jednotky, neboť referenční časová řada je udávána v procentech a řada stavební práce v českých korunách. Přepočítání bude provedeno pomocí nového, bezrozměrného měřítka a interpolace. Výsledná stupnice bude v intervalu od 0 do 100, kde maximum z původní časové řady bude nově vyjádřeno jako 100 a nula bude zachována. Zachování nuly je, vzhledem k faktu, že veškeré hodnoty jsou kladné, přijatelné a nebude třeba vypořádávat se s problematikou popsanou v kapitole 2.2.1. část Divergence. Výsledek již můžeme zobrazit ve společném grafu, který vidíme na obrázku 5.



Zdroj:[3]

Obr. 4: Vývoj roční úrokové míry PRIBOR



Zdroj: vlastní

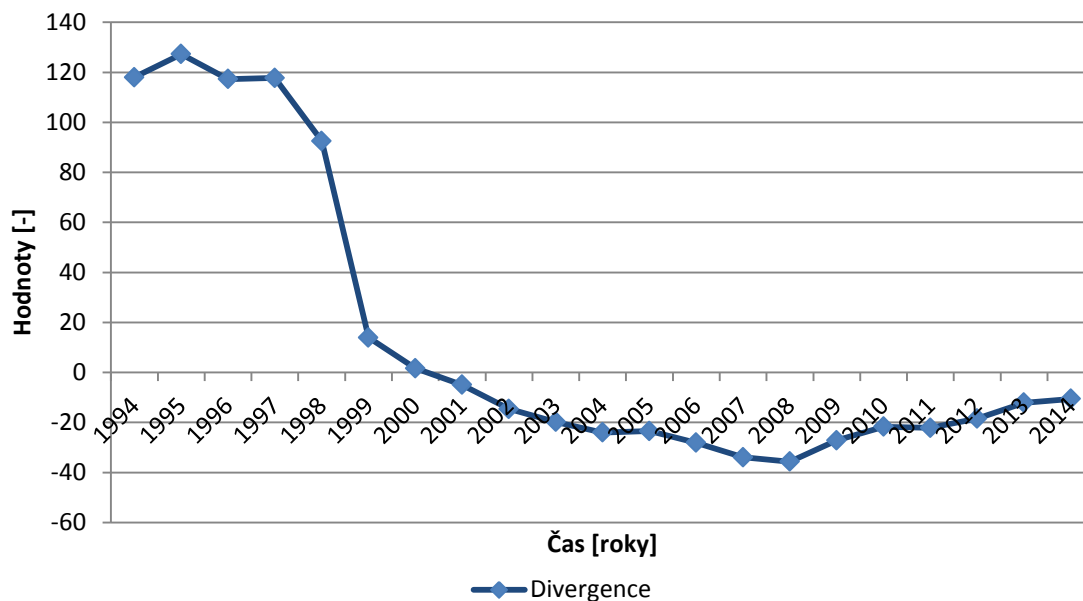
Obr. 5: Vývoj PRIBORu a stavebních prací

Při pohledu na grafy je namístě vyzdvihnout makroekonomickou skutečnost, že i přes sílící vývoj stavebních prací mezi lety 1999 až 2007 centrální banka držela úrokové míry na velice nízké úrovni, respektive je stále snižovala. Z grafu je patrné, že posléze, kdy došlo k vypuknutí globální ekonomické krize v roce 2008, byl prostor pro manipulaci s úrokovými mírami, jenž je jedním z hlavních nástrojů boje proti krizi [11], značně omezen. Vývoj časové řady PRIBORu je tak zde výrazně ovlivněn v úvodu zmiňovanými matematicky těžko definovatelnými skutečnostmi, kdy lze objektivně tvrdit, že pokud by úrokové míry před krizí byly vyšší, jejich pokrizový vývoj by byl značně strmější.

3.2 Výsledky

3.2.1 Divergence

Při aplikaci divergence na ČŘ upravené dle kapitoly 3.1, jsme dostali výsledky viditelné na obrázku 6. Výsledná divergence, tj. suma lokálních divergencí, se rovná 291,66.



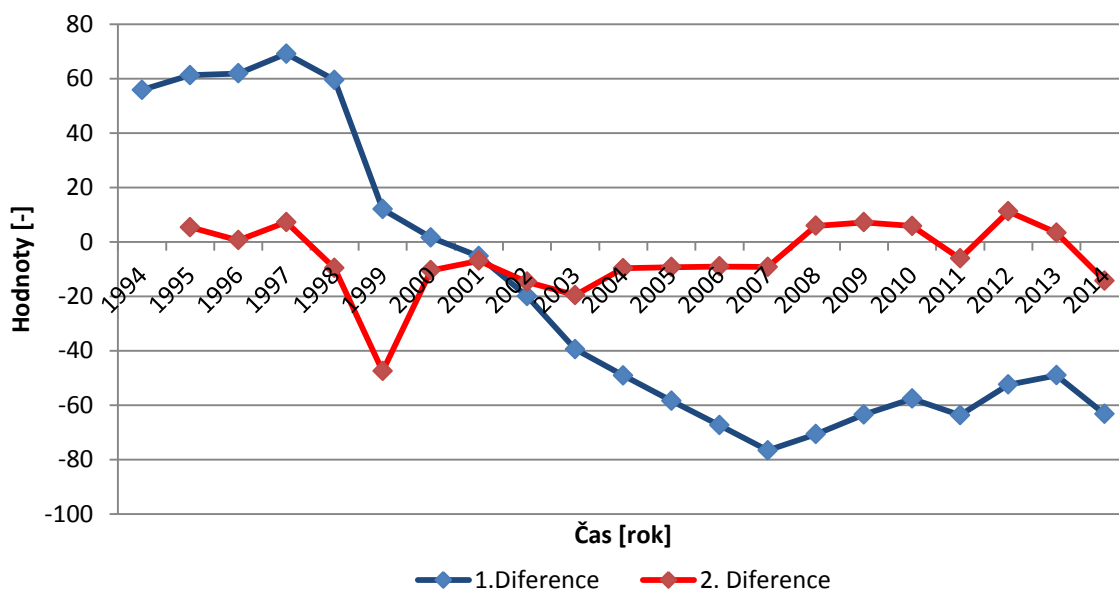
Zdroj: vlastní

Obr. 6: Vývoj lokálních divergencí

3.2.2 Diference

Hodnoty první i druhé diference jsou zobrazeny na obrázku 7. Součet hodnot prvních diferencí vychází -414,96 a součet druhých diferencí, který uvádíme pouze informačně, se rovná -119,21.

Diference prvního řádu protíná na obrázku 7 vodorovnou osu mezi lety 2000 a 2001, což odpovídá překřížení původní dvojice časových řad a dále již diference nabývá pouze záporných hodnot, neboli referenční křivka je poté vždy pod druhou křivkou. Z definice funkce druhé diference vyplývá, že hodnota pro první interval (tj. rok 1994) není definovaná.

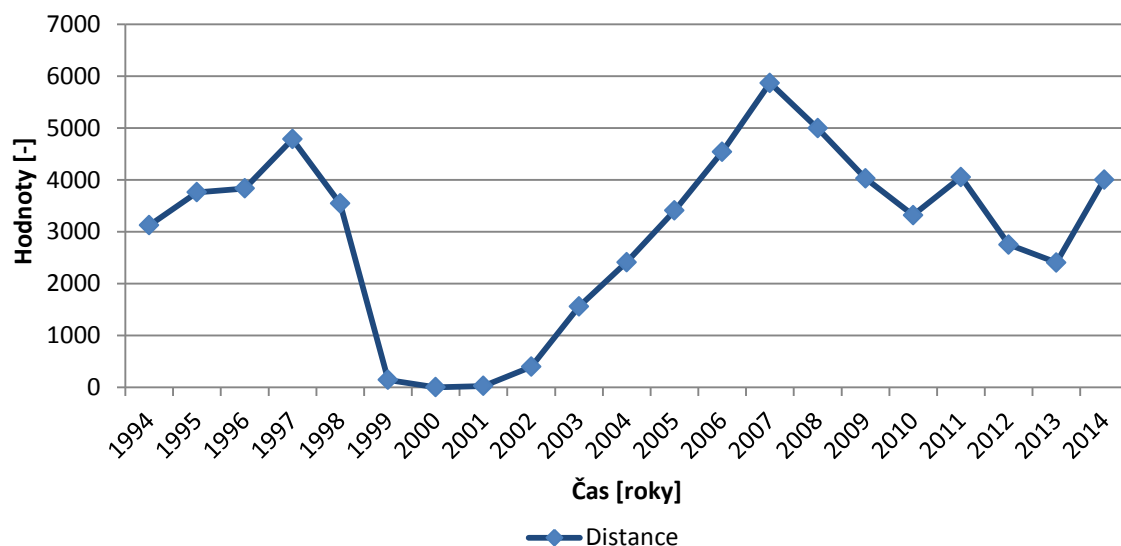


Zdroj: vlastní

Obr. 7: První a druhé diference

3.2.3 Distance

Výsledky druhých mocnin rozdílů, jejichž odmocnina součtu je distancí, jsou na obrázku 8. Výsledná distance se rovná 250,99.



Zdroj: vlastní

Obr. 8: Druhé mocniny diferencí

Za zmínku stojí, že obrázek 8 je tvarem velice podobný vývoji prvních diferencí v absolutní hodnotě, tj. obrázek 7 v absolutní hodnotě. Metoda distance tak úzce souvisí s metodou difference, což plyne i ze vzorců (4) a (7).

3.2.4 Otevírání oken

Na grafech divergence a diferencí můžeme pozorovat jisté trendy v určitých intervalech. V případě divergence se jedná o interval od roku 1999 až 2014, kdy lokální divergence vykazují takřka nulový trend a od roku 2001 jsou navíc lokální divergence pouze záporné a blízké hodnotě oscilující okolo -20. U difference pak pozorujeme takřka lineární vývoj mezi lety 1999 až 2008. V tabulce 1 tak uvádíme hodnoty jednotlivých přístupů pro tyto intervaly. Tomuto přístupu se říká otevírání oken. Spočívá ve výběru dat z intervalu menšího než je sada pozorování. Umístění a velikost intervalu je libovolná. Vybraný interval se pak nazývá *oknem*.

Tab. 1: Divergence v intervalu ⟨1999; 2014⟩ a diference v intervalu ⟨1999; 2008⟩

Rok	Divergence	Diference
1999	13,91	12,05961
2000	1,65	1,612476
2001	-4,92	-5,270658
2002	-14,61	-19,91819
2003	-19,81	-39,45626
2004	-23,99	-49,13118
2005	-23,46	-58,38884
2006	-28,11	-67,41187
2007	-33,98	-76,62338
2008	-35,66	-70,69541
2009	-27,17	-
2010	-21,75	-
2011	-22,20	-
2012	-18,43	-
2013	-12,09	-
2014	-10,57	-
Celkem	-281,19	-373,2237

Zdroj: vlastní

3.2.5 Pozměnění dat

Výsledky jsou vzhledem k výhradně kladným vstupním hodnotám exaktní. Nelze očekávat záporné hodnoty u stavebních prací, nicméně v případě úrokových měr je situace odlišná. Přestože současný stav vykazoval pouze kladné hodnoty, tak úrokové míry centrálních bank nemusí být vždy kladné, ale mohou nabývat nulových i záporných hodnot. Tato možnost je vzhledem k nízké inflaci, která v posledním roce (tj. 2014) v průměru představovala v ČR 0,4 % [4], zcela reálná. Jako příklad možnosti zavedení záporných úrokových měr můžeme uvést Evropskou centrální banku [12]. V takovém případě by náš model při použití divergence nebyl definován, jelikož by nastala situace $\frac{a_t}{b_t} < 0$. V zásadě existují dva přístupy, jak tuto situaci řešit. Prvním je odmyšlení si nedefinovatelných hodnot. Tato metoda je podmíněna přijatelným poměrem počtu těchto hodnot k celkovému množství dat a v rámci práce nebude tento přístup dále zkoumán. Druhou metodou je přičtení respektive odečtení konstanty popsané v kapitole 2.2.1. Právě tuto druhou metodu aplikujeme na naše data s cílem zjištění rozdílu výsledných hodnot oproti výsledkům původním. Výsledná divergence pak bude (9).

$$DivY' = \sum_{i=1}^n (a_t + k) \ln \frac{(a_t+k)}{(b_t+k)} \quad (9)$$

Kdy $k = konstanta$, přičemž definiční obor volené konstanty je $D(k) = (-\infty; +\infty)$. Zbývající hodnoty jsou totožné dle vzorce (2).

Abychom dostali konkrétnější představu o chování změny výsledné difference při přičítání konstanty, přepočteme divergenci pro 5 různých rovnoměrně rozdělených konstant. Konstantu je nutno volit s ohledem na její účel, tedy aby $\frac{(a_t+k)}{(b_t+k)} > 0$ pro všechna t .

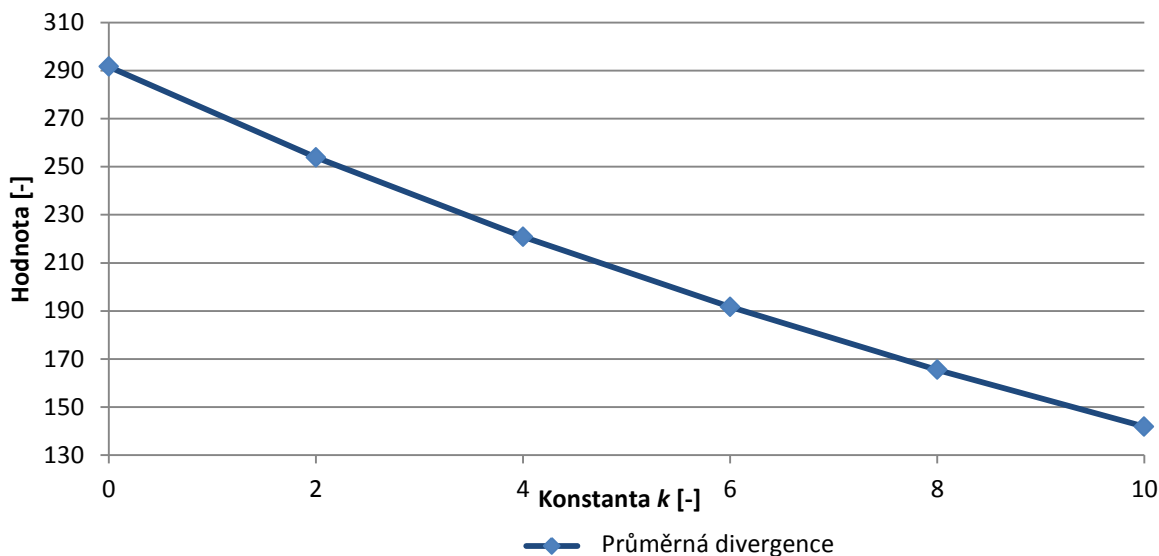
Tab. 2: Divergence po změně o konstantu

Volba konstanty	Divergence
k=0	291,66
k=2	253,85
k=4	220,86
k=6	191,65
k=8	165,48
k=10	141,82

Zdroj: vlastní

Zvolené konstanty budou 2, 4, 6, 8 a 10. V případě konstanty $k = 2$, výsledky jejíž aplikace budou nejméně vzdáleny předchozím výpočtům, se jedná o 2 % nárůst maximální hodnoty, o 16,8 % zvýšení minima u stavebních prací a výrazný 55,2 % nárůst minimální hodnoty u řady PRIBOR. Navýšení průměrných hodnot odpovídá 5,61 % u PRIBORu a 3,61 % u stavební produkce. Výsledky pro všechny konstanty jsou znázorněny v tabulce 2 a grafický vývoj divergencí je na obrázku 9.

S rostoucí konstantou došlo k poklesu výsledné divergence. Tento pokles je nelineární a limitně se přibližuje k hodnotě -414,95 respektive nule. Tento paradox je způsoben tím, že ve vzorci $DivY_t = \sum_{i=1}^n a_t \ln \frac{a_t}{b_t}$ se a_t i b_t blíží k nekonečnu a jejich vzájemný poměr se blíží k 1.



Zdroj: vlastní Obr. 9: Vývoj průměrných divergencí podle přičtené konstanty

V případě přičtení konstanty $k=2$ došlo k 12,96 % poklesu divergence vůči nule. Přesněji však došlo, vzhledem k možnosti záporných hodnot, k poklesu 5,35 %. Tento menší pokles je vztažen k intervalu $(-414,95; 291,66)$. V našem konkrétním případě je možnost změny časové řady o tuto konstantu zcela reálná a výsledný 5,35 % rozdíl je tak značný. Proto se domníváme, že divergence v případě zkoumání časových řad PRIBORu a stavebních prací není pro případ záporných hodnot časové řady vhodná. Všeobecné používání tohoto vypořádání se se zápornými čísly pomocí konstanty nemusí být vždy nevhodné, avšak je podmíněno analýzou dopadů na výsledky.

4 Vyhodnocení

Abychom mohli zvolit nejvhodnější způsob přístupu k analýze našich dvou časových řad, musíme výsledné hodnoty uchopitelně interpretovat. Výsledky jsou bezrozměrné hodnoty a jejich význam určíme porovnáním s ekvivalentně určenými hodnotami.

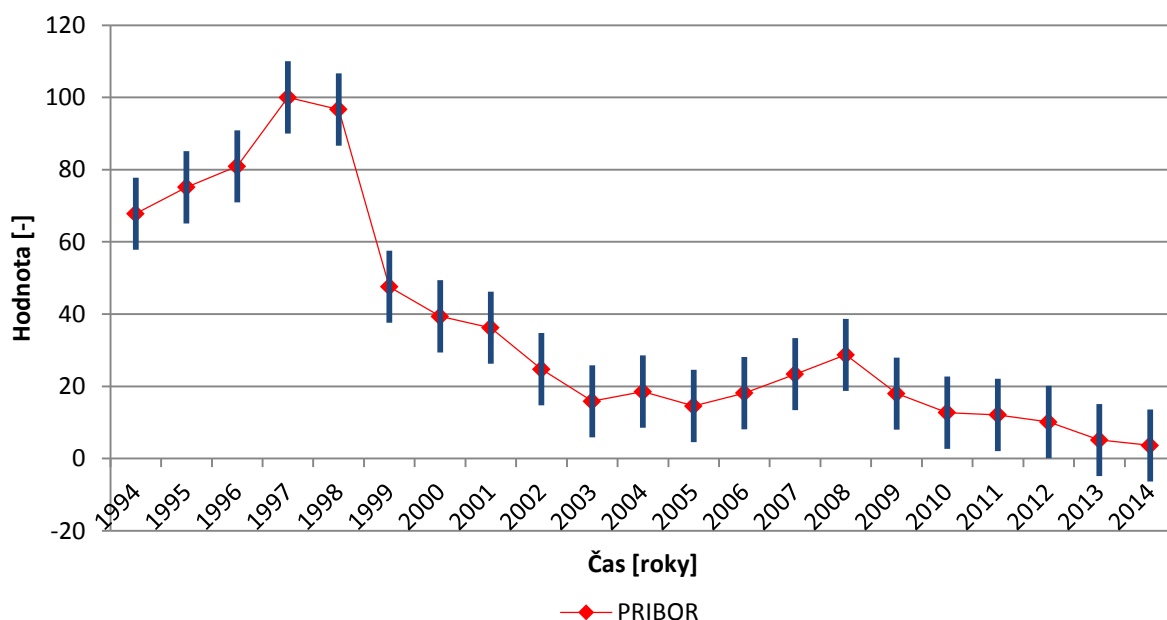
Hodnoty, s nimiž budeme výsledky porovnávat, budou určeny pomocí dvou sérií simulací, jimiž vytvoříme nové pomocné časové řady vycházející z PRIBORu. Počet pomocných časových řad v první sérii bude roven 6ti. V druhé sérii budou vytvořeny 4 typy pomocných ČŘ. Pro každou řadu z obou sérií bude provedeno 2 000 simulací. Hodnoty pro porovnávání budou průměrem hodnot jednotlivých přístupů každé simulace. V případě, že výsledek jakékoliv simulace nemohl být definován dle kapitoly 2.2.1, byla použita nejbližší definovatelná hodnota.

4.1 První série simulací

V rámci první série simulací budeme vytvářet nové časové řady, které výrazně kopírují různými způsoby referenční křivku. Hodnoty vycházející z první série budou hodnoty vyjadřující přímou úměru, což v našem případě lze zjednodušeně popsat tak, že s rostoucí referenční řadou bude většinou růst i nová odvozená řada a naopak. Veškeré simulace budou v této sérii značeny písmenem A za číslem simulace.

4.1.1 Simulace 1A

První simulací v rámci první série vytvoříme novou časovou řadu, která se bude pohybovat v intervalu $(-10; +10)$ od referenčního PRIBORu. Výsledné hodnoty se tak budou pohybovat v oblasti, jež je zobrazená na obrázku 10.



Zdroj: vlastní

Obr. 10: Množina simulace $(-10; +10)$

Na všech 2 000 simulací byly aplikovány metody divergence, difference a distance a vypočteny jejich průměry a mediány. Výsledky této simulace jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 3: Výsledky simulace $(-10; +10)$

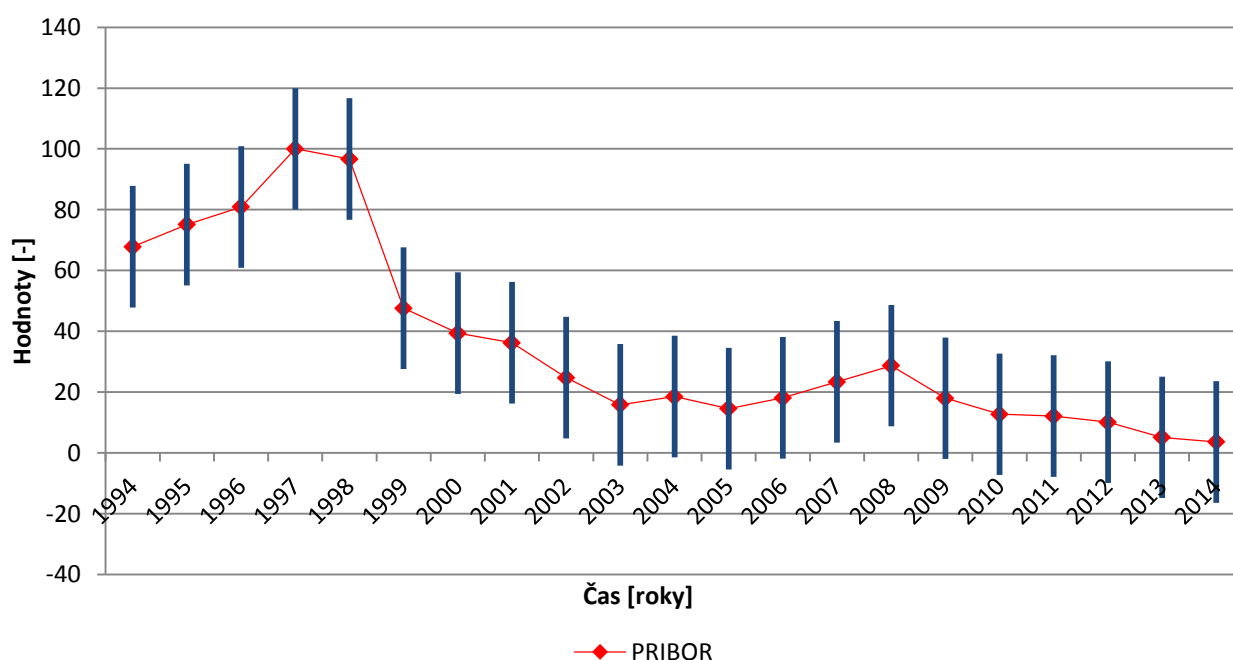
Metody	Průměr	Medián
Divergence	15.31	14.41
Diference	-0.14	-0.02
Distance	26.35	26.35

Zdroj: vlastní

Výsledná divergence je nízká protože logaritmovaný poměr nabývá maximální respektive minimální hodnoty $\frac{a_t}{a_{t\pm 10}}$ a výsledný logaritmus se tak pohybuje v blízkosti 0. Diference se pochopitelně pohybuje okolo nuly, jelikož jsme k původním hodnotám náhodně přičítali a odčítali číslo z totožné množiny hodnot. Zároveň nenulová hodnota průměrné distance dokazuje, že se nejednalo výhradně o identické ČR.

4.1.2 Simulace 2A

Druhá simulace bude provedena na identickém principu jako předchozí simulace, akorát s rozšířeným intervalem. Oblast výskytu simulovaných dat je zobrazena na obrázku 11.



Zdroj: vlastní

Obr. 11: Množina simulace (-20; +20)

Obdobně jako u předchozí simulace jsme výsledky zprůměrovali a výsledné hodnoty lze vidět v tabulce 4. Průměr divergence se zvýšila z důvodu zvýšení poměru vzdáleností, stejně tak jako distance. Diference zůstává stále blízka nule kvůli symetrii viditelné na obrázku 11.

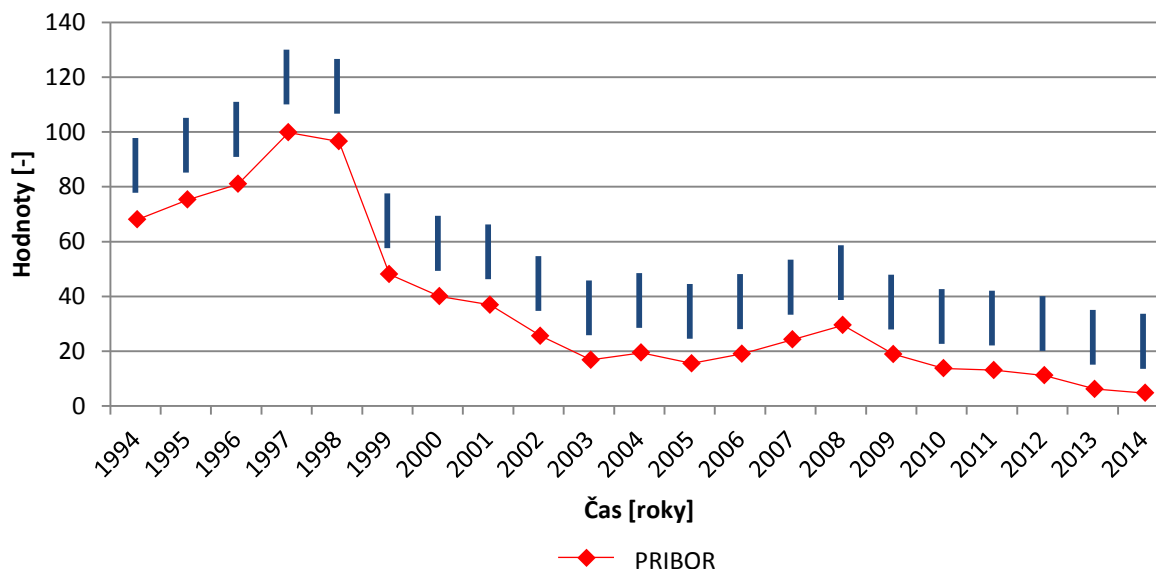
Tab. 4: Výsledky simulace (-20; +20)

Metody	Průměr	Medián
Divergence	35.92	32.62
Diference	1.17	-0.39
Distance	52.56	52.73

Zdroj: vlastní

4.1.3 Simulace 3A

Hodnoty v další simulaci budou nabývat hodnot v intervalu viditelném na obrázku 12. K původním hodnotám PRIBORu budou náhodně přičítány hodnoty v rozmezí $\langle +10; +30 \rangle$.



Zdroj: vlastní

Obr. 12: Množina simulace $\langle +10; +30 \rangle$

Průměry simulace vidíme v tabulce 5. Oproti předchozím dvou simulacím došlo k výrazné změně diferencí, které již neoscilují okolo nulové hodnoty. To je způsobeno nesymetrií přičítaných čísel vůči referenční ČŘ. Ze stejného důvodu došlo k navýšení i hodnoty distance. Průměrná hodnota divergence vyšla záporná, jelikož i všechny lokální i sumární divergence napříč všemi simulacemi nabývají záporných hodnot.

Tab. 5: Výsledky simulace $\langle +10; +30 \rangle$

Metody	Průměr	Medián
Divergence	-294.86	-295.20
Diference	-420.12	-419.98
Distance	95.25	95.39

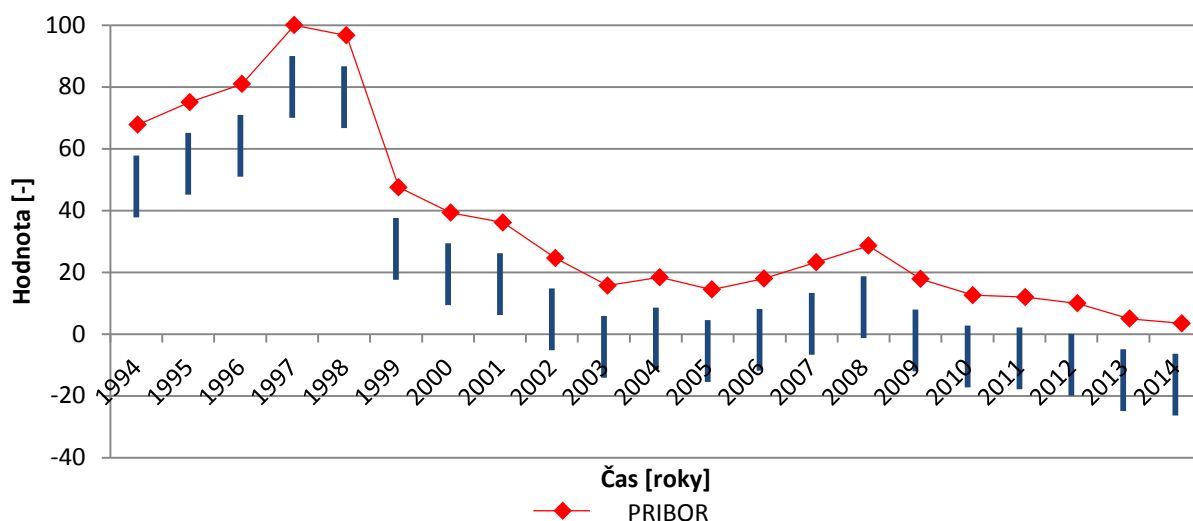
Zdroj: vlastní

4.1.4 Simulace 4A

Přičítané hodnoty v této simulaci budou obráceny vůči předchozí simulaci podle osy, z níž vycházejí. Interval přičítaných hodnot je tak $\langle -30; -10 \rangle$. Množina z toho plynoucí je graficky znázorněna na obrázku 13.

Výsledné hodnoty průměrů simulace jsou v tabulce 5. Hodnoty pro divergence jsou však značně zkreslené. Konkrétně došlo při simulaci k výskytu 17 228 případů

(z 42 000 hodnot) nedefinovatelnosti lokální divergence. Výsledný průměr má však vypovídací schopnost, jelikož všechny definovatelné lokální diference nabyly výhradně kladných hodnot, zatímco u simulace 7.3 tomu bylo přesně naopak. Je tak experimentálně dokázáno tvrzení z kapitoly 2.2.1 část Divergence. Reálná divergence bez nedefinovatelných hodnot by tak měla být vyšší.



Zdroj: vlastní

Obr. 13: Množina simulace (-30; -10)

Průměrná diference respektive medián v absolutních hodnotách odpovídají hodnotám z tabulky 4, neboť se jedná o zrcadlovou kopii. Stejně tak distance je prakticky identická, jelikož vzdálenost je v obou případech simulací totožná.

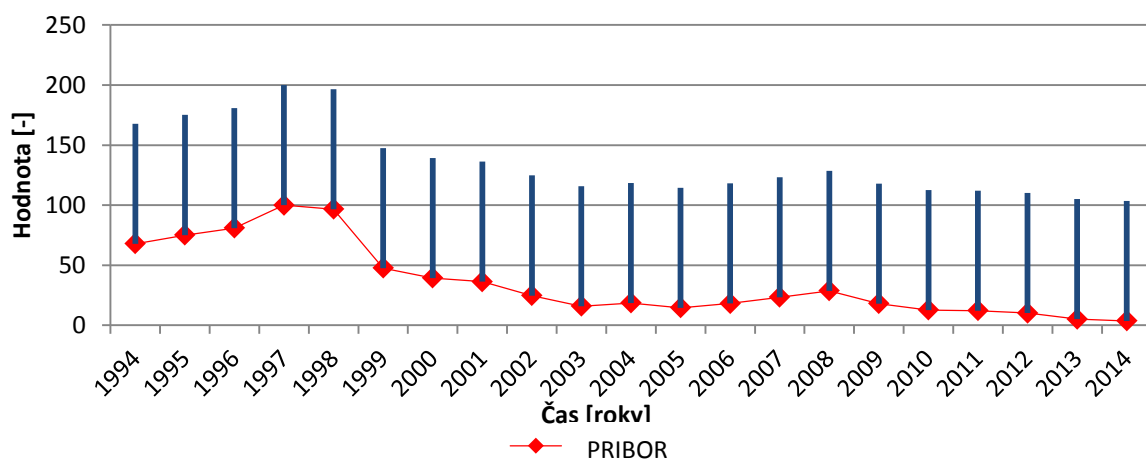
Tab. 5: Simulace (-30; -10)

Metody	Průměr	Medián
Divergence	359.40	353.03
Diference	420.39	420.23
Distance	95.33	95.46

Zdroj: vlastní

4.1.5 Simulace 5A

Pro naše zkoumání ještě provedeme analýzu s výrazným zvyšováním původních hodnot. Nová simulovaná časová řada bude oproti referenční navyšována náhodně o hodnoty 0 až 100. Množina náhodných hodnot je na obrázku 14 a průměrné výsledky z 2000 simulací vidíme v tabulce 6. Výsledky jsou již velice vzdálené přímé úměře.



Zdroj: vlastní

Obr. 14: Množina simulace <0; +100>

Tab. 6: Simulace <0; +100>

Metody	Průměr	Medián
Divergence	-531,84	-533,17
Diference	-1 048,55	-1 047,96
Distance	263,34	264,08

Zdroj: vlastní

4.1.6 Simulace 6

Poslední řadu simulací provedeme s hodnotami zcela nezávislými na referenční ČŘ. Hodnoty v simulaci budou nabývat mezi lety 1994 až 2014 zcela náhodných hodnot v rozmezí 0 až 100. Proto nepožíváme označení 6A, ale pouze 6. Průměrné hodnoty z aplikovaných analýz z takto vygenerovaných čísel nebudou mít žádnou spojitost s PRIBOREM. Hodnoty průměrů jednotlivých přístupů vycházejících z dvou nesouvisejících ČŘ jsou v tabulce 7.

Tab. 7: Simulace nesouvisejících řad

Číslo simulace	Metody	Průměr	Medián
1	Divergence	177,21	158,12
1	Diference	-310,60	-309,56
1	Distance	198,62	199,34
2	Divergence	200,70	177,87
2	Diference	-302,40	-301,47
2	Distance	198,79	199,38
3	Divergence	175,78	155,56
3	Diference	-217,44	-315,36
3	Distance	199,76	200,88

Zdroj: vlastní

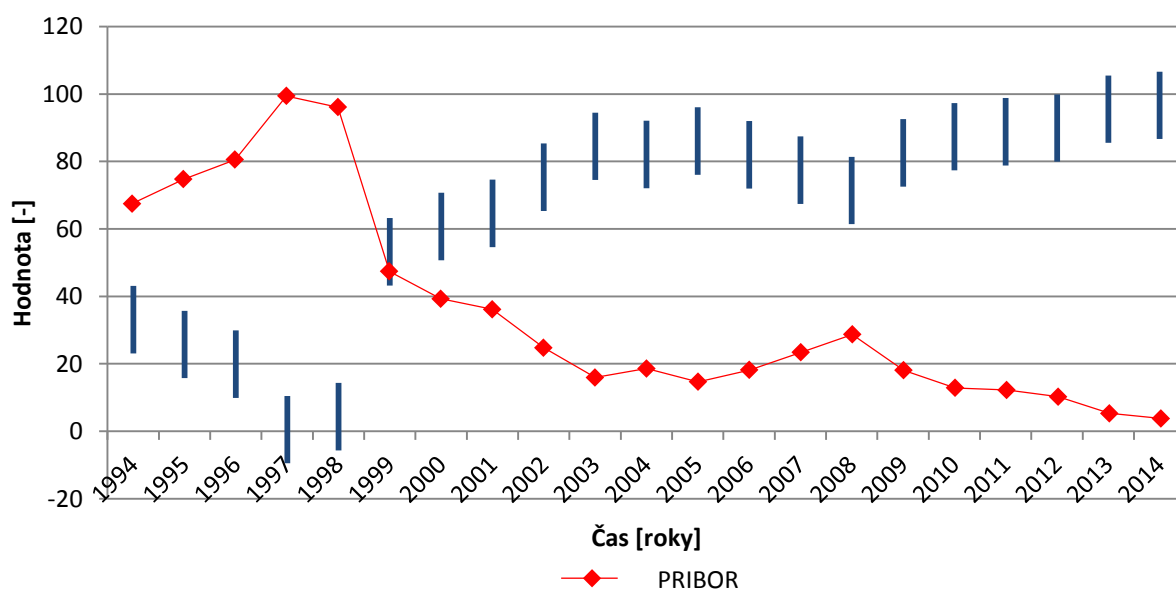
Simulace v tomto případě byla spuštěna 3x, abychom zjistili, zda průměrné hodnoty jsou relevantní. Ukázalo se, že výkyvy mezi třemi simulacemi jsou malé a lze je tak považovat za vypovídající.

4.2 Druhá série simulací

Druhý typ simulací bude proveden obdobným způsobem jako první série, s tím rozdílem, že nově nasimulované ČŘ budou generovány jako opačné k řadě referenční. Prakticky bude zkoumáno chování divergencí, diferencí a distancí v případě, že korelace dvou analyzovaných ČŘ bude blízká -1. Graficky to lze vyjádřit jako zrcadlení referenční ČŘ s určenými odchylkami podle osy odpovídající hodnotě 50 na svislé ose. Výsledné hodnoty tak budou vyjadřovat závislost nepřímé úměry. Pro přehlednost budou všechny nové ČŘ z druhé série označeny písmenem B za číslem simulace.

4.2.1 Simulace 1B

První simulace z druhé série bude odpovídat porovnání referenční ČŘ s nově vzniklými ČŘ, jejichž množina hodnot je zobrazena na obrázku 15. Jedná se o nejpřesnější zrcadlový odraz referenční ČŘ, jelikož maximální odchylky jsou na obě strany stejně veliké, tj. -10 a +10.



Zdroj: vlastní

Obr. 15: Množina simulace (-10; +10)

Číselné výsledky vidíme v tabulce 8. V případě distance vidíme nejvyšší doposud pozorovanou hodnotu, která je však relativně blízká distanci původních hodnot (tj. 250,99). Hodnota divergence je zde také nejvyšší z doposud provedených simulací. Hodnoty by měly být podle očekávání blízké výsledkům porovnávání původní analyzované dvojice ČŘ dle hypotézy v kapitole 2.1. Pokud by byly identické, nebo jen s minimální odchylkou, znamenalo by to naprostou závislost PRIBORU a stavebních prací v podobě nepřímé úměry.

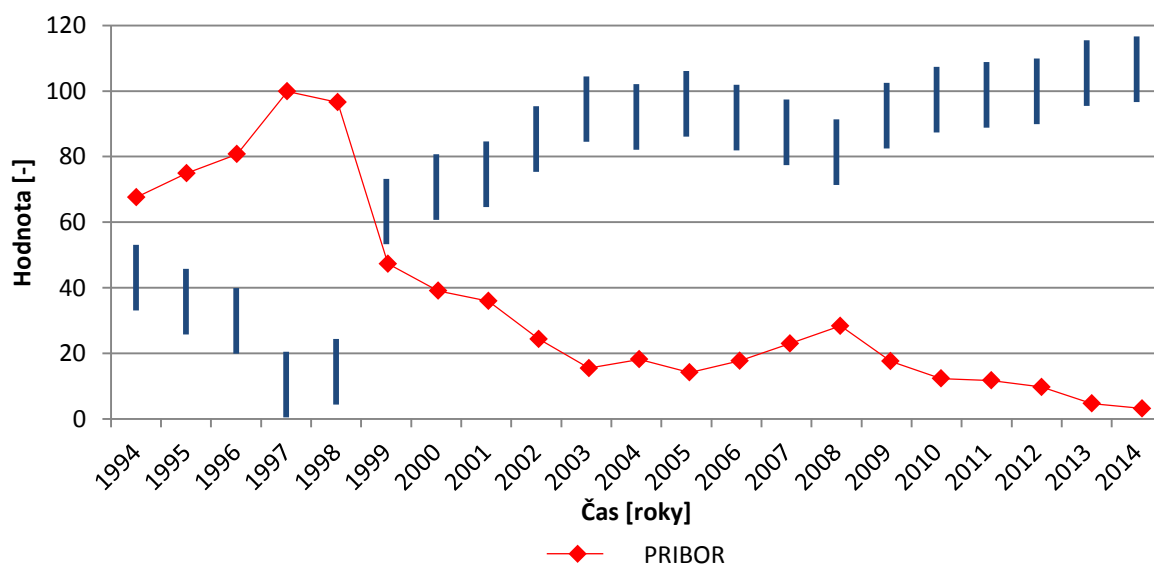
Tab. 8: Simulace $\langle -10; +10 \rangle$

Metody	Průměr	Medián
Divergence	829,38	837,49
Diference	-601,00	-600,67
Distance	302,51	302,49

Zdroj: vlastní

4.2.2 Simulace 2B

Simulace číslo 2 zkoumá závislost referenční časové řady vůči nové ČŘ z intervalu podle obrázku 16. Jedná se o zrcadlovou kopii referenční řady navyšovanou o hodnoty 0 až 20.



Zdroj: vlastní

Obr. 16: Množina simulace $\langle 0; +20 \rangle$

Výsledné hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 9. Oproti přechodí simulaci došlo k výraznému poklesu divergencí a nárůstu absolutní hodnoty diferencí. Hodnota distance se změnila minimálně.

Tab. 9: Simulace (0; +20)

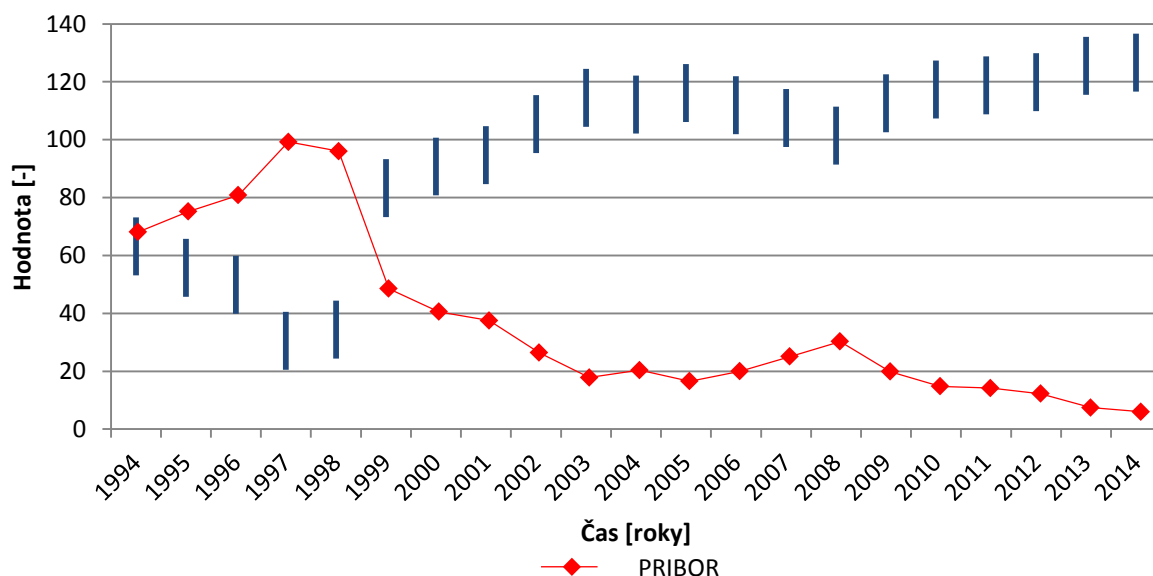
Metody	Průměr	Medián
Divergence	241,70	220,41
Diference	-812,84	-812,63
Distance	325,11	325,25

Zdroj: vlastní

4.2.3 Simulace 3B

Další simulace v rámci druhé série bude stejná jako předchozí, akorát přičítaný interval bude nyní větší, tj. 20 až 40. Grafické znázornění z toho plynoucí množiny ukazuje obrázek 17.

V tabulce 10 jsou výsledky, z nichž vidíme opětovný pokles divergence, která je již záporná. Stejně tak propad diferencí je opětovně výrazný, čímž pádem i distance zaznamenala přírůstek. Je zde tak patrný trend. Pokud obrácenou ČŘ navyšujeme, neboli jí celou posunujeme na grafu směrem vzhůru, dochází k poklesu divergencí i diferencí a nárůstu distancí.



Zdroj: vlastní

Obr. 17: Množina simulace (+20; +40)

Tab. 10: Simulace (0; +20)

Metody	Průměr	Medián
Divergence	-173,64	-174,39
Diference	-1 231,71	-1 231,02
Distance	382,70	382,77

Zdroj: vlastní

Není proto třeba dále tuto křivku posunovat a simulace například s přičítáním záporných hodnot, které by křivku posunovali směrem dolů tak nebudou dále popisovány. V tabulce 11 pro úplnost uvádíme výsledky simulace, při které byly přičítány právě záporné hodnoty v intervalu $(-20; 0)$. Tabulka potvrzuje tvrzení s jasným trendem. Tuto simulaci budeme nazývat „*Simulace 4B*“.

Tab. 11: Simulace $(-20; 0)$

Metody	Průměr	Medián
Divergence	1 399,70	1 409,99
Diference	-402,02	-402,45
Distance	286,47	286,50

Zdroj: vlastní

4.3 Hodnocení

Výsledky potřebné k vyhodnocení jsou zobrazeny v tabulce 12. Jelikož vzorek dat pro každou simulací čítal 2 000 hodnot, nemusíme se obávat přílišného vlivu odlehlých měření a dále proto budeme používat pouze průměry. V případě Simulace 6 jsme hodnoty určili jako průměr ze tří simulací z kapitoly 4.1.6.

Tab. 12 Hodnoty jednotlivých metod pro různé dvojice ČŘ

Časové řady	Divergence	Diference	Distance
Původní dvojice ČŘ	291,66	-414,96	250,99
Simulace 1A	15,31	-0,14	26,35
Simulace 2A	35,92	1,17	52,56
Simulace 3A	-294,86	-420,12	95,25
Simulace 4A	359,40	420,39	95,33
Simulace 5A	-531,84	-1 048,55	263,34
Simulace 6	188,24	-276,81	199,06
Simulace 1B	829,38	-601,00	302,51
Simulace 2B	241,70	-812,84	325,11
Simulace 3B	-173,64	-1 231,71	382,70
Simulace 4B	1 399,70	-402,02	286,47

Zdroj: vlastní

V případě divergence vidíme nejbližší čísla k původní dvojici ČŘ u simulace číslo 4A a 2B. Nicméně kvůli vysokému výskytu nedefinovatelných hodnot zmíněných v kapitole 4.1.4 je podobnost se simulací 4A irelevantní.

U difERENCE vidíme výraznou podobnost mezi původní dvojicí a simulací číslo 3A a 4B. Odchyly jsou v těchto případech zcela minimální v obou případech i přesto, že simulace jsou zcela odlišné.

Při zkoumání závislostí pomocí distance byla největší podobnost vůči původní dvojici zaznamenána u simulace číslo 5A. Pátá simulace byla výrazně odlišná od referenční ČŘ a výsledná hodnota distance je nejvyšší ze všech měření v první sérii. V rámci druhé série simulací je největší podobnost u simulace 4B.

Celkově zároveň vidíme, že kromě divergence u Simulace 3B, v rámci druhé série simulací vždy odpovídají znaménka výsledků původním hodnotám, respektive že divergence jsou vždy kladné a difERENCE záporné. Distance jsou pochopitelně kladné nebo nulové naprosto vždy. Je tedy zjevné, že vztah mezi PRIBORem a stavebními pracemi více odpovídá druhé sérii simulací tj. nepřímé úměře. Navíc je i zjevné, že závislost není zcela nulová, neboť hodnoty ze série 6 nejsou natolik podobné, jako některé hodnoty z druhé série.

4.3.1 Hodnocení omezeného intervalu

Obdobně jako v případě porovnání simulací s hodnotami původních ČŘ přes celý pozorovaný interval nyní prozkoumáme vzájemné spojitosti mezi výsledky simulací a původní dvojicí na omezeném intervalu. Omezíme se pouze na metody divergence a difERENCE, jelikož distance podle (7) nenabývá záporných hodnot a tudíž výsledná hodnota je vždy přímo úměrná počtu pozorování.

Interval divergencí i diferencí volíme podle kapitoly 3.2.4 tj. období 1999 až 2014 pro divergenci a 1999 až 2008 pro difERENCE. Jejich hodnoty a hodnoty simulací v téže intervalech jsou zobrazeny v tabulce 13.

Z tabulky 13 je patrné, že největší podobnost zaznamenáváme u simulace 4B. Zároveň z tabulky vidíme výrazné přiblížení hodnot divergencí z druhé série k hodnotám původní dvojice ČŘ. Dále došlo i u simulace 3B k otočení znaménka a veškeré simulace z druhé série nyní svou zápornou hodnotou odpovídají původní dvojici ČŘ. U první série k tomuto ztotožnění znamének nedošlo.

Tab. 13: Divergence a diference s metodou otevírání oken

Časové řady	Divergence	Diference
Původní dvojice ČŘ	-281,19	-373,22
Simulace 1A	14,18	0,55
Simulace 2A	30,69	0,04
Simulace 3A	-205,91	-200,11
Simulace 4A	243,03	200,96
Simulace 5A	-347,39	-502,11
Simulace 6	-146,54	-237,39
Simulace 1B	-353,82	-465,41
Simulace 2B	-398,41	-566,92
Simulace 3B	-471,04	-766,20
Simulace 4B	-305,68	-402,02

Zdroj: vlastní

4.3.2 Porovnání

K výslednému porovnání jsme zvolili hodnocení pomocí bodování. V tabulce 14 jsou zobrazeny výsledky. Přidělování bodů vycházelo z podobnosti hodnot simulací s výsledky původní dvojice ČŘ. Nejvíce podobný výsledek byl ohodnocen 3 body, druhý nejlepší 2 body a třetí bodem jedním. Tabulka 14 je jednotná pro porovnání napříč celým úsekem i pro výsledky při aplikaci metody otevírání oken, neboli vstupní data vycházejí z tabulek 12 a 13.

Tab. 14: Bodové hodnocení simulací

Časové řady	Divergence	Diference	Distance	Celkem
Simulace 1A	0	0	0	0
Simulace 2A	0	0	0	0
Simulace 3A	1	3	0	4
Simulace 4A	0	0	0	0
Simulace 5A	0	1	3	4
Simulace 6	2	2	0	4
Simulace 1B	2	3	1	6
Simulace 2B	3	0	0	3
Simulace 3B	0	0	0	0
Simulace 4B	3	6	2	11

Zdroj: vlastní

U diference jsme udělili tři body v rámci hodnocení tabulky 12 dvěma hodnotám (Simulace 3A a Simulace 4B), jelikož jejich podobnost s porovnávanou hodnotou diference byla v obou případech velice blízká. V případě divergence nebyl udělen 1 bod za třetí nejbližší hodnotu, jelikož rozdílnost hodnot byla příliš vysoká.

Z tabulky 14 je patrné, že naprosto nejrelevantnější simulací je simulace 4B. Zároveň celá druhá série simulací získala celkem 20 bodů, zatímco první série bez simulace 6, která byla zcela náhodná, získala ani ne polovinu bodů, tj. 8. Navíc první dvě simulace z první série neobdrželi ani jeden bod. Je tak patrné, že závislost původní dvojice ČŘ odpovídá více nepřímé úměře neboli záporné korelaci. V praxi to znamená potvrzení předpokladu uvedeného v kapitole 2.1. Je proto výraznější šance, že při poklesu PRIBORu dojde k navýšení stavebních prací a nikoliv k jejich poklesu. Bodové ohodnocení Simulace 6 a Simulace 5A poukazuje na jistou míru vzájemné nesouvislosti PRIBORu a stavebních prací, jelikož výsledky těchto simulací vychází z minimální nebo nulové závislosti dvojice ČŘ. Za naprostou závislost bychom mohli považovat případ, kdy by napříč celou tabulkou konkrétní simulace obdržela vždy maximální počet bodů. Díky tomu například vidíme, že i když simulace 4B dostala nejvíce bodů, neznamená to, že jsou řady absolutně závislé, respektive v jejich vzájemných pohybech existuje určitá nahodilost.

5 Závěrečná část

5.1 Odpovědi na otázky a cíle práce

Vědecká otázka: Je mezi základními přístupy zkoumání ČŘ nějaký výrazně vhodnější oproti ostatním?

Není, pokud lze všechny hodnoty daného přístupu definovat. Pokud jsou některé hodnoty mimo definiční obor, je nutné vyčíslit odchylku reálného výsledku od výsledku s odmyšlením nedefinovatelných hodnot a na jejím základě rozhodnout o dalším použití respektive nepoužití daného přístupu.

Vědecká otázka: Je možné řešit nedefinovatelné divergence pomocí prostého přičtení respektive odečtení konstanty od všech ČŘ?

V případě dvojice ČŘ PRIBOR a stavební práce to nelze. Všeobecně však existují případy, kdy lze tento přístup řešení nedefinovatelnosti použít a zachovat relevantnost výsledných hodnot. Je však nutné vždy předem vyčíslit míru ovlivnění tohoto posunu na výsledek.

Vědecká otázka: Má výše PRIBORu pozorovatelný vliv na stavební práce?

Ano má. Jedná se o formu nepřímé úměry s vlivem nahodilosti.

Cíl: Popsání a aplikace matematických analýz na vybrané časové řady s určením jejich odlišností a popsání vlivu PRIBORu na vývoj stavebních prací.

Cíl byl splněn. Na dvojici ČŘ byly aplikovány metody divergence, difference a distance a pomocí srovnávacího etalonu vytvořeného z řady deseti simulací byly výsledné hodnoty interpretovány. Byla tak nalezena matematická vazba mezi PRIBORem a stavebními pracemi.

5.2 Závěr

Metody aplikované v práci jsou všeobecně použitelné na libovolné ČŘ, avšak je zřejmé, že v jistých případech může docházet k nedefinovatelnosti hodnot. Pokud jsou hodnoty obou křivek po celé délce pozorovaného období výhradně kladné respektive záporné, mezi jednotlivými přístupy není pozorovatelný výraznější rozdíl co do relevantnosti a nelze tak mezi divergencí, diferencí nebo distancí vybrat vhodnější přístup. V případě, že některé hodnoty jedné ČŘ nabývají kladných hodnot, zatímco hodnoty druhé ČŘ v identickém čase jsou záporné nebo naopak, tak aplikace divergence je ve většině takových případů nevhodná. Domníváme se, že pro použití divergence a difference je prakticky nezbytné před jejich aplikací sledované období rozdělit na několik menších intervalů tj. použít metodu otevírání oken. Abychom dostali co nejrelevantnější výstupy, volíme hranice těchto intervalů v místech protínání analyzovaných ČŘ neboli oblast $a_t = b_t$, respektive přechod z $a_t > b_t$ na $a_{t+k} < b_{t+k}$ a naopak, kde k reprezentuje nejmenší možnou konstantu splňující popsanou nerovnost. Velikost výsledných divergencí respektive sumy diferencí z jednotlivých intervalů tak vždy s rostoucím množstvím pozorování v absolutní hodnotě roste a jejich velikost a tempo růstu tak vypovídá o soudržnosti ČŘ. V takovém případě platí, že čím blíže je výsledná divergence nebo difference k nule, tím jsou i ČŘ podobnější. V případě distancí je otevírání oken také možné, nicméně volba umístění a velikosti intervalu otevřeného okna je pouze na zvážení analytika a nelze všeobecně určit nejvhodnější volbu.

Dále se ukázalo, že závislost stavebních prací a PRIBORu je při jejich porovnávání pomocí divergence, difference a distance znatelná. Pomocí analýz byla zjištěna závislost v podobě nepřímé úměry, tedy dle očekávání. Tato prakticky záporná korelace však není absolutní, tzn. čistě -1 a jistou roli tak hraje i nahodilost. Lze tak například tvrdit, že zásahy centrální banky v České republice v oblasti ceny

kapitálu mají nenulový přímý vliv na poptávku po nových bytech potažmo hypotečních půjčkách na nově budované byty. Hypotéza uvedená v kapitole 2.1 je tak správná. To, že stavební práce zaznamenávaly po roce 2008 výrazný pokles i přes snižování úrokových měr respektive jejich držení na minimálních hodnotách nelze hodnotit jako nulovou vazbu mezi těmito ČŘ. Podle analýzy divergence, difference a distance došlo díky snížení PRIBORu na rekordní minima k jistému zpomalení tempa propadu vývoje stavebních prací. Pokud by ČNB nepřistoupila k těmto krokům, propad stavebních prací by byl nejspíše prudší. Pochopitelně vzhledem k nízkým hodnotám PRIBORu již před krizí byl následný manipulační prostor ČNB značně omezen a touto formou nebylo možné výrazněji přibrzdit propad od roku 2008.

Literatura

- [1] Mgr. Sebera Ph.D., M. *Časové řady v kinantropologickém výzkumu*. Masarykova univerzita, Brno. 2012.
- [2] Doc. Ing.Arlt, CSc., J., Ing. Arltová, Ph.D., M., Doc. RNDr. Rublíková, CSc., E., *Analýza ekonomických časových řad s příklady*. Vysoká škola ekonomická v Praze, Praha. 2002.
- [3] Česká národní banka- sazby PRIBOR [online]. Cit. 20.4.2015. Dostupné na World Wide Web: https://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/penezni_trh/pribor/
- [4] Český statistický úřad- stavebnictví [online]. Cit. 20.4.2015. Dostupné na World Wide Web: https://www.czso.cz/csu/czso/sta_cr
- [5] Revenda, J., Mandel, M., Kodera, J., Musílek, P., Dvořák, P. *Peněžní ekonomie a bankovníctví*. Management Press. 5. Aktualizované vydání, 2012. 423 s. ISBN 978-80-7261-240-6
- [6] Prof. Newton, H.J. *Statistics 626 – Transforming time series*. Texas A&M University, Texas. 1999.
- [7] Ying Li, Hongduo Cao, Yong Tan, *A comparison of two methods for modeling large-scale data from time series as complex networks*. Sun Yat-set University, Guanzhou. 2011.
- [8] Bc. Mrázek, T. *Využití Holt-Wintersovy metody v síťové bezpečnosti*. Masarykova univerzita, Brno. 2012.
- [9] Al-Khalili, J. *Paradox*. LEDA. 2014. 280 s. ISBN 978-80-7335-348-3
- [10] Jizba, P., Kleinert, H., Shefaat, M. *Rényi's information transfer between financial time series*. Freie Universität Berlin, Berlin; ČVUT, Praha; ICRANeT, Pescara; Quirin Bank AG, Berlin. 2012.
- [11] Krugman, P. *Skoncovat s krizí*. Vyšehrad 2012. 193 s. ISBN 978-80-7429-294-1

[12] *Hospodářské noviny- sekce byznys* [online]. Cit. 20.4.2015. Dostupné na World Wide Web: <http://byznys.ihned.cz/c1-62745170-evropska-centralni-banka-necekane-snizila-urokove-sazby-na-nova-rekordni-minima>

Popis dílčích úkolů

Popis projektu

V průběhu třetího a čtvrtého ročníku byly zpracovávány různé dílčí úkoly vycházející z projektové dokumentace projektu „Panorama Kyje 3“. Projektová dokumentace, z níž se vycházelo, byla v podrobnosti prováděcí dokumentace.

Projekt je alokovan v Praze, konkrétně v části Praha 14 severně od ulice Sicherova a jeho hlavní stavební objekt představuje bytový dům.

Hlavní stavební objekt (bytový dům) je umístěn na pozemku o ploše cca 8 100 m², zastavěná plocha je 922 m² a obestavěný prostor se rovná 10 971 m³. Účel objektu je čistě obytný a čítá 35 bytových jednotek o dispozicích 1+KK až 5+kk. Plocha bytů včetně balkónů a teras je 2 323,7 m².

Hlavní stavební objekt má 1 podzemní podlaží a čtyři nadzemní, které částečně uskakují a tvoří tak kaskádovitě terasy. V podzemním podlaží se nacházejí technické prostory a místa pro parkování včetně speciálních stání pro automobily na plyn. Spodní stavba je řešena technologií bílé vany a je tak včetně stropů celá z ŽB, který tvoří nosný systém PP společně se sloupy. První nadzemní podlaží oproti spodní stavbě uskakuje a vytváří terasy pro byty. Nosnou konstrukci ve všech NP tvoří tvárnice POROTHERM různých tloušťek. Stropy jsou ŽB monolitické. V druhém a třetím NP jsou vykonzolovány balkóny. Vertikální doprava v objektu je zajištěna dvouramenným schodištěm a výtahem. Střecha objektu je plochá s atikou po obvodu.

V rámci projektu byly dále řešeny jednotlivé přípojky, veřejné osvětlení, komunikace (chodníky, parkoviště a napojení na stávající komunikace), oplocení a sadové úpravy.

Definice, založení a volba struktury podnikatelského subjektu (TERI)

Hlavní náplní předmětu Teorie řízení bylo vytvoření fiktivní stavební společnosti, která by teoreticky měla být schopna realizovat náš projekt (Panorama Kyje 3) a to jak po stránce ekonomické, tak technologické. Výstupem byla společnost s ručením omezeným DreamBuilders s.r.o.

V rámci založení této společnosti bylo zpracováno několik dílčích úkolů. Mezi stěžejní patřilo vypracování podnikatelského záměru a sepsání společenské smlouvy. Společnost byla založena k dubnu 2014 dvěma společníky a její základní

kapitál činil 500 000 Kč. Dále následovalo vyplnění formulářů typu Žádost o výpis z rejstříku trestů, Ohlášení živnosti, Přihláška k registraci DPH pro právnické osoby a další.

Dalším bodem bylo vytvoření logické organizační struktury. Následně bylo nutné určit počty zaměstnanců včetně jejich kvalifikací a mezd. Poté byly vypočteny provozní náklady a nasimulovány potenciální výnosy a z nich určen bod zvratu. Mezi tím byla stanovena i výše investičních nákladů a posléze i potřebná výše úvěru.

Kontrolní harmonogram investora (PRRS)

Hlavním cílem předmětu Příprava a řízení staveb bylo sestavení kontrolního harmonogramu investora, kde byly zohledněny a naznačeny všechny fáze projektu (předinvestiční, investiční a začátek provozní fáze). Byla zde naznačena i prostavěnost v jednotlivých měsících podle odhadnutého počtu nasazených zdrojů při výstavbě.

Jako doplňující dokument byla zpracována průvodní zprava, kde byly zmíněny informace o stavbě, zadavateli, zpracovateli či údaje o území a pozemcích určených pro výstavbový projekt. Následně byly simulovány žádosti - oznámení o zakázce (Směrnice 2004/18/ES), žádost o vydání rozhodnutí o umístění stavby a žádost o stavební povolení, kde jako přílohy byly dodány výpisy stavebních pozemků z katastrálního úřadu a seznam dotčených orgánů.

Položkový rozpočet stavby (KNPR)

V sedmém semestru byl vypracován položkový rozpočet na hlavní stavební objekt (budovu bytového domu). Rozpočet byl zpracováván v programu KROS Plus.

Před samotným zpracováním rozpočtu bylo nutné zpracovat kompletní výkaz výměr celého objektu. Součástí VV byly tabulky podlah, stěn a další (zemní práce, zakládání, omítky, obklady, kontaktní zateplovací systém, stropy, střechy, malby, lešení a mnoho dalších).

Vygenerovaný rozpočet obsahoval krycí list, rekapitulaci a oceněné položky včetně procentního určení NUS a byl odevzdán v tištěné i elektronické podobě. Dále pak byla z programu vygenerována výrobní kalkulace, která sloužila jako jeden z hlavních podkladů pro předmět PJPR.

Výsledná cena byla porovnána v kontrastu s cenou z propočtu a vyhodnocena. Cenový rozdíl činil méně jak 5 %. V neposlední řadě byla celá práce (zpracování VV a rozpočtu- dle stupně PD) ohodnocena pomocí ceníku Callida.

Vyhodnocení efektivity investice (RVP1)

V rámci předmětu Řízení výstavbových projektů byla zpracovávána studie proveditelnosti (feasibility study). Tato studie ověřuje v rámci předinvestiční fáze realizovatelnost projektu.

V první fázi byl zhodnocen stávající stav a popsán stav navrhovaný, tj. popis požadovaného výsledku. Posléze byla stanovena kritéria úspěšnosti projektu, jako je například doba výstavby, plánované náklady investora, počet prodaných jednotek apod. Dále byla provedena analýza okolí jak úzkého, tak širokého. V rámci širšího okolí byla zanalyzována makroekonomická situace s předpokládaným vývojem. V rámci užšího okolí byla zhodnocena lokalita projektu, konkurence v relevantním okolí a lukrativnost projektu pro potenciální zákazníky (kupce).

Poté byla analyzována a simulována finanční stránka projektu a to konkrétně formou budoucího cash-flow, které bylo diskontováno. Byly tak získány hodnoty Net present value, Internal rate of return apod. Z hodnot byla také odvozena výše potřebného cizího kapitálu.

Závěr studie proveditelnosti vyjadřuje objektivní posouzení, zda investor má nebo nemá projekt zahájit, respektive posunout do investiční fáze nebo ukončit.

Nabídková příprava zhotovitele (PJPR)

V posledním semestru bakalářského studia byl zpracováván projekt PŘS. Úkol byl rozdělen na několik dílčích a vzájemně souvisejících částí. Cílem bylo zpracování přípravných dokumentů z pohledu dodavatele stavby.

První část vycházela z VK získané v předmětu KNPR, kdy byly jednotlivé položky z VK logicky uspořádávány a shlukovány do menších logických celků (agregace). Vzniklo tak menší množství položek, které byly následně exportovány do MS Project. V MSP byla položkám přidělena časová informace, neboli byl vytvořen harmonogram, jenž vycházel z kontrolního harmonogramu z předmětu PRRS. Do softwaru byly alokovány navíc NUS, jenž byly podrobně zpracovány a spočítány, namísto předchozích odhadů vycházejících z procent.

V rámci NUS byla zpracována technická zpráva, výkres zařízení staveniště a vyčíslena finanční náročnost. Výsledná cena byla porovnána s odhady z rozpočtu a propočtu.

Výstupem byl harmonogram, z kterého bylo patrné datum zahájení i ukončení, kritické cesty, potřeby zdrojů a průběh nákladů v čase. Toto vše bylo následně podrobena analýzám.