



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕКОНОМСКИ ФАКУЛТЕТ

ЈЕЛЕНА (ЗОРАН) СТАНКОВИЋ

**ВРЕДНОВАЊЕ ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА У
ФИНАНСИЈАМА И ОСИГУРАЊУ**

- докторска дисертација -

Ниш, 2016. година



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕКОНОМСКИ ФАКУЛТЕТ

ЈЕЛЕНА (ЗОРАН) СТАНКОВИЋ

**ВРЕДНОВАЊЕ ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА У
ФИНАНСИЈАМА И ОСИГУРАЊУ**

- докторска дисертација -

Текст ове докторске дисертације
ставља се на увид јавности,
у складу са чланом 30, ставом 8. Закона о високом образовању („Сл. гласник РС“, број
76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 44/2010, 93/2012, 89/2013, 99/2014).

НАПОМЕНА О АУТОРСКИМ ПРАВИМА

Овај текст се сматра рукописом и само се саопштава јавности (члан 7 Закона о
ауторским и сродним правима, „Сл. гласник РС“, број 104/2009, 99/2011 и 119/2012).
Ниједан део ове докторске дисертације не сме се користити ни у какве сврхе, осим за
упознавање са садржајем пре одбране.

Ниш, 2016. година



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕКОНОМСКИ ФАКУЛТЕТ

ЈЕЛЕНА (ЗОРАН) СТАНКОВИЋ

**ВРЕДНОВАЊЕ ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА У
ФИНАНСИЈАМА И ОСИГУРАЊУ**

- докторска дисертација -

Ниш, 2016. година



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF ECONOMICS

JELENA (ZORAN) STANKOVIĆ

**VALUATION OF EXTREME RISKS IN FINANCE
AND INSURANCE**

- Doctoral dissertation -

Niš, 2016

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације

Ментор:

Др Евица Петровић, редовни професор
Универзитет у Нишу, Економски факултет

Чланови комисије:

Датум одбране:

**ИЗЈАВА МЕНТОРА О САГЛАСНОСТИ ЗА ПРЕДАЈУ
УРАЂЕНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Овим изјављујем да сам сагласна да кандидат Јелена Станковић може да преда Реферату за последипломско образовање Факултета урађену докторску дисертацију под називом **Вредновање екстремних ризика у финансијама и осигурању**, ради организације њене оцене и одбране.

Ниш, 25. мај 2016. године

Е. Петровић
Др Евица Петровић, редовни професор

**THE STATEMENT OF THE MENTOR'S CONSENT FOR THE SUBMISSION
OF THE COMPLETED DOCTORAL DISSERTATION**

Hereby, I declare that I agree that the candidate Jelena Stanković, can submit the completed doctoral dissertation entitled **Valuation of Extreme Risks in Finance and Insurance** to the officer for doctoral studies at the Faculty, for the purpose of its evaluation and defense.

Niš, 25 May 2016



Dr. Evica Petrović, full professor

Подаци о докторској дисертацији

Ментор: Др Евица Петровић, редовни професор, Универзитет у Нишу, Економски факултет

Наслов: Вредновање екстремних ризика у финансијама и осигурању

Резиме: Тренд повећане учесталости појављивања екстремних ризика прерастао је у глобални проблем како у области финансија, тако и у области осигурања. У циљу ефикасног управљања ризицима у финансијском сектору, неопходно је одабрати адекватан инструментариј за процену, односно вредновање ризика. Опште прихваћен модел вредновања ризика у финансијским институцијама, предвиђен релевантним нормативним актима, модел вредности под ризиком (енгл. *Value at Risk*), није испунио очекивања инвеститора и финансијских институција током финансијске кризе 2007/2008. године. Оправданост коришћења овог модела у посткризном периоду је оштро критикована, тако да је било неопходно извршити модификације и побољшања модела како би пружао валидне резултате и у условима дејства екстремних ризика. Један од начина за побољшање модела вредности под ризиком јесте оцена параметара модела, која се базира на теорији екстремних вредности, а која омогућава обухватање дејстава екстремних ризика. У области осигурања, овакви модели су традиционално и широко примењени, док је њихова примена у финансијама релативно новијег датума. Ипак, примена оваквих модела у оцени ризика финансијских тржишта у развоју, као и осигураних ризика на неразвијеним тржиштима осигурања захтева додатне модификације и уважавање специфичности испољавања ризика. Поуздана процена екстремних ризика основ је за доношење инвестиционих одлука, али и процене адекватности капитала за одржање солвентности, и у коначном за избор метода за управљање овом врстом ризика. Стога је циљ овог рада да у изложеном контексту идентификује

значајне екстремне ризике у финансијама и осигурању у Републици Србији и оцени валидност модела за вредновање екстремних ризика у функцији оптимизације инвестиционих одлука, процене маргине солвентности у осигуравајућим компанијама и избора метода управљања конкретним ризицима.

Научна област:
Научна
дисциплина:

Пословне финансије, рачуноводство и ревизија

Пословне финансије, Управљање ризиком и осигурање

Кључне речи:

екстремни ризици, вредност под ризиком, теорија екстремних вредности

УДК:

330.131.7:336(043.3)

CERIF
класификација:

S181 Наука о финансијама

Тип лиценце
Креативне
заједнице:

CC BY-NC-ND

Data on Doctoral Dissertation

Doctoral
Supervisor:

Dr Evica Petrović, Full Professor at the University of Nis, Faculty of
Economics

Title:

Valuation of extreme risks in finance and insurance

Abstract:

The trend of increased frequency of extreme risk occurrence has grown into a global problem in the field of finance, as same as in the insurance industry. For efficient risk management in the financial sector, it is necessary to choose appropriate instruments for the assessment and evaluation of risk. The generally accepted model for risk valuation in financial institutions, the Value at Risk model, has not fulfilled the expectations of investors and financial institutions during the financial crisis in 2007/2008. The justification of the use of this model in the post-crisis period was strongly criticized, so it was necessary to make modifications and improvements in order to provide valid usage of the model even in terms of extreme risk. One way to improve the model is the estimation of the model parameters based on the extreme value theory, which allows the inclusion of effects of extreme risks. In the field of insurance, these models have been traditionally and widely applied, but their application in finance is relatively new. However, the application of such models to estimate the risk of developing financial markets, as well as the insured risks in underdeveloped insurance markets require additional modifications and recognition of specific manifestations of risk. Reliable estimates of extreme risk are the basis for investment decisions, capital adequacy assessment for maintaining solvency, and, finally, for selection of methods to manage this type of risk.

According to the exposed context, the aim of this work is to identify the extreme risks in finance and insurance in the Republic of Serbia and assess the validity of the model for evaluating extreme risks in terms of optimization of investment decisions, the assessment of the solvency margin of insurance companies and election of the method for managing specific extreme risks.

Scientific Field:	Corporate finance, accounting and auditing
Scientific Discipline:	Corporate finance, Risk management and insurance
Key Words:	extreme risks, Value at Risk, Extreme Value Theory
UDC:	330.131.7:336(043.3)
CERIF Classification:	S 181 The Science of Finance
Creative Commons License Type:	CC BY-NC-ND

Списак табела

Табела 1.1	Врсте катастрофалних ризика екосистема.....	14
Табела 1.2	Структурни ризици са потенцијалним катастрофалним последицама	15
Табела 1.3	Фактори системског ризика којима су изложени финансијски системи	21
Табела 1.4	Поређење макро и микропруденционе перспективе регулативе и надзора финансијског система.....	38
Табела 1.5	Фактори катастрофалних ризика по линијама осигурања.....	58
Табела 2.1	Густине расподеле екстремних вредности у различитим параметризацијама	93
Табела 2.2	Табела контингенције одступања VaR модела од стварних вредности	118
Табела 3.1	Индикатори развијености анализираних тржишта капитала у 2012. години	125
Табела 3.2	Дескриптивна статистика узорка дневних логаритамских приноса посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године	143
Табела 3.3	Резултати тестова нормалности спроведених на узорцима дневних логаритамских приноса посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године	144
Табела 3.4	Резултати тестова стационарности спроведених на узорцима дневних логаритамских приноса посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године	146
Табела 3.5	Резултати <i>Ljung – Box Q</i> – теста спроведеног на узорцима дневних приноса посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године	147
Табела 3.6	Резултати ARCH теста волатилности спроведеног на узорцима резидуала дневних приноса посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године	148
Табела 3.7	Резултати тестова нелинеарности спроведених на узорцима дневних приноса посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године	149
Табела 3.8	Параметри модела $ARMA(p_A, q_A)$ -GARCH(p_G, q_G) посматраних серија дневних приноса на берзанске индексе у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године.....	150
Табела 3.9	Оцена параметара репова расподела посматраних серија дневних приноса на берзанске индексе у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године	151
Табела 3.10	Матрица коефицијената корелације изабраних серија дневних приноса на берзанске индексе у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године.....	155
Табела 3.11	Матрица коваријанси изабраних серија дневних приноса на берзанске индексе у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године.....	156
Табела 3.12	Структура оптималног међународног портфолија.....	157
Табела 3.13	Дескриптивна статистика узорка дневних логаритамских приноса на оптимални портфолио посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године	159
Табела 3.14	Резултати теста валидности модела историјске симулације за вредновање ризика применом VaR и ES	164
Табела 3.15	Резултати теста валидности модела историјске симулације пондерисане временом за вредновање ризика применом VaR и ES	164
Табела 3.16	Резултати теста валидности модела историјске симулације пондерисане EWMA волатилношћу за вредновање ризика применом VaR и ES	165
Табела 3.17	Резултати теста валидности модела историјске симулације пондерисане волатилношћу моделираном применом DCC-GARCH(1,1) модела са нормалном расподелом случајне грешке за вредновање ризика применом VaR и ES	165
Табела 3.18	Резултати теста валидности параметарског модела са нормалном расподелом приноса за вредновање ризика применом VaR и ES	167
Табела 3.19	Резултати теста валидности параметарског модела са Студентовом <i>t</i> расподелом приноса за вредновање ризика применом VaR и ES	167
Табела 3.20	Резултати теста валидности параметарског модела са нормалном расподелом приноса и EWMA моделом волатилности за вредновање ризика применом VaR и ES.....	169

Табела 3.21 Резултати теста валидности параметарског модела са Студентовом t расподелом приноса и EWMA моделом волатилности за вредновање ризика применом VaR и ES.....	169
Табела 3.22 Резултати теста валидности параметарског модела са DCC-GARCH(1,1) моделом волатилности са нормалном расподелом случајне грешке за вредновање ризика применом VaR и ES ..	170
Табела 3.23 Резултати теста валидности параметарског модела са DCC-GARCH(1,1) моделом волатилности са Студентовом t расподелом случајне грешке за вредновање ризика применом VaR и ES	170
Табела 3.24 Резултати теста валидности Монте Карло модела са нормалном расподелом приноса за вредновање ризика применом VaR и ES	172
Табела 3.25 Резултати теста валидности Монте Карло модела са Студентовом t расподелом приноса за вредновање ризика применом VaR и ES	172
Табела 3.26 Резултати теста валидности модела за вредновање екстремних ризика применом DCC-GARCH(1,1) модела волатилности и копуле са нормалном расподелом	173
Табела 3.27 Резултати теста валидности модела за вредновање екстремних ризика применом DCC-GARCH(1,1) модела волатилности и копуле са Студентовом t расподелом.....	173
Табела 4.1 Реална промена БДП и укупне премије осигурања у посматраној години у односу на претходну изражена у процентима у државама света у периоду пре, за време и након светске финансијске кризе	178
Табела 4.2 Показатељи степена развијености тржишта осигурања у појединим развијеним и државама у развоју у 2014. години.....	180
Табела 4.3 Бруто премија по друштвима за осигурање у Републици Србији у 2002. и 2003. години	183
Табела 4.4 Бруто премија осигурања по врстама осигурања у Републици Србији у 2002. и 2003. години	184
Табела 4.5 Број осигурања и премија осигурања у Републици Србији у периоду пре, за време и након светске финансијске кризе	185
Табела 4.6 Осетљивост временски зависних економских сектора у Републици Србији	188
Табела 4.7 Релативно учешће осигураних ризика у насталој штети у анализираном скупу података у периоду од 2002. до 2011. године	202
Табела 4.8 Дескриптивна статистика узорка трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010. године.....	205
Табела 4.9 Резултати тестова нормалности спроведени на узорку трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010. године	205
Табела 4.10 Резултати тестова стационарности спроведени на узорку трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010. године.....	206
Табела 4.11 Коефицијенти ARMA модела трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010. године.....	207
Табела 4.12 Резултати тестова нелинеарности спроведени над резидуалима ARMA модела.....	208
Табела 4.13 Структура серије трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010. године	209
Табела 4.14 Параметри функција расподела вероватноће трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010. године.....	209
Табела 4.15 Резултати теста валидности параметарских модела са нормалном и генерализованом Парето расподелом за вредновање екстремних ризика применом VaR	210
Табела 4.16 Резултати теста валидности параметарских модела са нормалном расподелом накнада за вредновање ризика применом VaR и ES	211
Табела 4.17 Резултати теста валидности Монте Карло модела са нормалном расподелом накнада за вредновање ризика применом VaR и ES	211
Табела 4.18 Резултати теста валидности параметарског модела са нормалном расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES.....	214
Табела 4.19 Резултати теста валидности Монте Карло модела са нормалном расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES.....	214

Табела 4.20 Резултати теста валидности параметарског модела са Парето расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES.....	215
Табела 4.21 Резултати теста валидности Монте Карло модела са Парето расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES.....	215
Табела 4.22 Резултати теста валидности параметарског модела са гама расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES.....	216
Табела 4.23 Резултати теста валидности Монте Карло модела са гама расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES.....	216
Табела 4.24 Резултати теста валидности параметарског модела са Вајбуловом расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES.....	217
Табела 4.25 Резултати теста валидности Монте Карло модела са Вајбуловом расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES.....	217
Табела 5.1 Карактеристике инструмената контингентног капитала	245

Списак слика

Слика 1.1 Функција корисности конкавна (лево) и конвексна (десно)	25
Слика 1.2 Типови асиметричности расподеле финансијских временских серија.....	34
Слика 1.3 Типови облика расподеле финансијских временских серија	36
Слика 1.4 SCR осигуравајуће компаније као целине	56
Слика 2.1 Однос мера вредности под ризиком и очекивани губитак	85
Слика 2.2 Густине (лево) и функције (десно) расподела екстремних вредности у ξ - параметризацији: $\xi = 0$ (пуна линија), $\xi = 0,3$ (тачкаста линија), $\xi = -0,3$ (испрекидана линија).....	93
Слика 4.1 Поплавна подручја (лево) и потенцијална плавна подручја у будућем периоду (десно) на територији Републике Србије.....	190
Слика 4.2 Сеизмолошки ризик на територији Републике Србије	194
Слика 4.3 Висина снежног покривача (лево) и брзина ветра (десно) независно од надморске висине на територији Републике Србије.....	197
Слика 5.1 Процес креирања контингентног капитала продајним опцијама на акције у случају катастрофалних ризика	246

Списак графикана

Графикон 1.1 Број катастрофа у свету у периоду од 1970. до 2011. године (лево) и финансијске штете проузроковане катастрофалним ризицима у истом периоду (десно).....	13
Графикон 3.1 Тржишна капитализација изражена у милионима САД \$ (лево) и као % БДП (десно) у периоду од 2003. до 2012. године на посматраним тржиштима капитала	126
Графикон 3.2 Ликвидност тржишта (лево) и обим трговања (десно) у периоду од 2003. до 2012. године на посматраним тржиштима капитала.....	127
Графикон 3.3 Кретање вредности индекса (лево) и приноса на индекс BELEX 15 (десно) у периоду I од 5.10.2005. до 31.12.2012. године.....	137
Графикон 3.4 Кретање вредности индекса (лево) и приноса на индекс CROBEX 10 (десно) у периоду I од 5.10.2005. до 31.12.2012. године.....	138
Графикон 3.5 Кретање вредности индекса (лево) и логаритамског приноса (десно) на индекс ATHEX (десно) у периоду I од 5.10.2005. до 31.12.2012. године	138
Графикон 3.6 Кретање вредности индекса (лево) и логаритамског приноса (десно) на индекс DAX (десно) у периоду I од 5.10.2005. до 31.12.2012. године	139
Графикон 3.7 Хистограм приноса на BELEX 15 (лево) и QQ – графикон емпиријског приноса на BELEX 15 и очекиваног приноса при нормалној расподели (десно)	140
Графикон 3.8 Хистограм приноса на CROBEX 10 (лево) и QQ – графикон емпиријског приноса на CROBEX 10 и очекиваног приноса при нормалној расподели (десно)	141
Графикон 3.9 Хистограм приноса на ATHEX (лево) и QQ – графикон емпиријског приноса на ATHEX и очекиваног приноса при нормалној расподели (десно)	141
Графикон 3.10 Хистограм приноса на DAX (лево) и QQ – графикон емпиријског приноса на DAX и очекиваног приноса при нормалној расподели (десно)	142
Графикон 3.11 Граница ефикасног скупа (лево) и учешћа берзанских индекса у портфолију (десно).....	157
Графикон 3.12 Корелација петодневних приноса на берзанске индексе у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године	158
Графикон 3.13 Хистограм приноса на оптимални портфолио (лево) и QQ – графикон емпиријског приноса на оптимални портфолио <i>versus</i> очекиваног приноса при нормалној расподели (десно).....	160
Графикон 3.14 Предвиђена вредност VaR применом различитих модела историјске симулације и вредност VaR за екстремне ризике за ниво поверења од 95%.....	162
Графикон 3.15 Предвиђена вредност VaR применом различитих параметарских модела и вредност VaR за екстремне ризике за ниво поверења од 95%.....	163
Графикон 3.16 Предвиђена вредност VaR применом различитих Монте Карло модела и вредност VaR за екстремне ризике за ниво поверења од 95%	166
Графикон 4.1 Накнада из осигурања имовине за пријављене штете изражена по налогу (лево) и на дневном нивоу (десно)	203
Графикон 4.2 Хистограм дневне вредности накнаде из осигурања имовине (лево) и QQ – графикон емпиријске вредности накнаде <i>versus</i> очекиване вредности накнаде при нормалној расподели (десно) .	204
Графикон 4.3 Функција аутокорелације (лево) и парцијалне аутокорелације (десно) трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010.г.....	207
Графикон 4.4 Предвиђена вредност VaR применом различитих параметарских модела за ниво поверења од 95%.....	213

САДРЖАЈ

УВОД	1
ПОГЛАВЉЕ I	7
СОЛВЕНТНОСТ И АЛОКАЦИЈА КАПИТАЛА УСЛОВИМА ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА	7
1.1 ДЕТЕРМИНАНТЕ ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА.....	8
1.1.1 Детерминанте одрживости екосоцијалних система у условима екстремних глобалних промена.....	9
1.1.1.1 Рањивост екосоцијалних система као детерминанта екстремних ризика.....	9
1.1.1.2 Изложеност екосоцијалног система катастрофалном ризику.....	13
1.1.2 Детерминанте (не)стабилности финансијских система у условима глобализације.....	16
1.1.2.1 Концептуални оквир за идентификацију извора рањивости финансијског система.....	16
1.1.2.2 Изложеност финансијског система системском ризику.....	20
1.2 ИНВЕСТИЦИОНО ОДЛУЧИВАЊЕ У УСЛОВИМА ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА.....	22
1.2.1 Концепт очекиване корисности у условима екстремних ризика.....	23
1.2.2 Диверсификација инвестиционих улагања у условима екстремних ризика.....	30
1.3 НОРМАТИВНИ ОКВИР ЗА УПРАВЉАЊЕ ЕКСТРЕМНИМ РИЗИЦИМА У ФИНАНСИЈСКОМ СИСТЕМУ.....	38
1.3.1 Макропруденциони оквир финансијске регулативе и надзора као одговор на глобалну финансијску кризу.....	39
1.3.1.1 Финансијска стабилност – императив међународне регулативе.....	39
1.3.1.2 Регулисање делатности осигурања у циљу одржања финансијске стабилности.....	42
1.3.2 Микропруденциони регулаторни оквири у области управљања ризиком у финансијским и нефинансијским институцијама.....	45
1.3.2.1 Домети рачуноводствене регулативе у условима финансијске кризе.....	45
1.3.2.2 Реформа регулаторног оквира Базел у циљу регулисања системског ризика.....	48
1.3.2.3 Третман катастрофалних ризика у регулаторном оквиру Солвентност 2.....	53
1.3.2.4 Компаративна анализа Базел и Солвентност.....	59
ПОГЛАВЉЕ II	62
ТЕОРИЈСКО-МЕТОДОЛОШКИ АСПЕКТ МОДЕЛИРАЊА ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА	62
2.1 РИЗИК И ЕКСТРЕМНЕ ВРЕДНОСТИ.....	63
2.1.1 Примена теорије екстремних вредности у финансијама.....	64
2.1.2 Примена теорије екстремних вредности у осигурању.....	67
2.2 МОДЕЛИ ЗА ВРЕДНОВАЊЕ РИЗИКА У ФИНАНСИЈАМА И ОСИГУРАЊУ.....	69
2.2.1 Мерење ризика применом мере вредност под ризиком.....	70
2.2.2 Својства мере вредности под ризиком.....	74
2.2.3 Модели за процену мере вредност под ризиком.....	77
2.2.3.1 Непараметарски модели за процену вредности под ризиком.....	78
2.2.3.2 Параметарски модели за процену вредности под ризиком.....	80
2.2.3.3 Монте Карло симулација у процени вредности под ризиком.....	83
2.2.4 Мерење ризика применом мере очекивани губитак.....	83
2.3 МОДЕЛИ ЗА ВРЕДНОВАЊЕ ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА.....	86
2.3.1 Својства расподела са тешким реповима.....	87
2.3.2 Теорија екстремних вредности.....	90
2.3.3 Вредност под ризиком као мера екстремних ризика.....	97
2.4 ОЦЕНА ПАРАМЕТАРА МОДЕЛА ВРЕДНОСТИ ПОД РИЗИКОМ.....	99
2.4.1 Моделирање волатилности финансијских временских серија.....	100
2.4.2 Моделирање међузависности финансијских временских серија.....	103
2.4.3 Моделирање индекса репа расподеле.....	107
2.5 СПЕЦИФИЧНОСТИ ИСПОЉАВАЊА ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА.....	110

2.5.1 Дефиниција и основна својства копуле.....	111
2.5.2 Врсте копуле.....	112
2.6 ТЕСТИРАЊЕ МОДЕЛА ЗА ВРЕДНОВАЊЕ РИЗИКА.....	115
2.6.1 Тестирање модела вредност под ризиком.....	116
2.6.2 Тестирање модела очекиваног губитка.....	120
ПОГЛАВЉЕ III.....	122
ВРЕДНОВАЊЕ ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА У ФИНАНСИЈАМА.....	122
3.1 АНАЛИЗА РИЗИКА ТРЖИШТА КАПИТАЛА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ.....	123
3.1.1 Развој и карактеристике Београдске берзе.....	124
3.1.2 Фактори ризика Београдске берзе.....	127
3.2 СПЕЦИФИЧНОСТИ МОДЕЛА ВРЕДНОВАЊА ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА У ФИНАНСИЈАМА.....	134
3.2.1 Финансијске временске серије приноса на улагања у финансијску активу.....	135
3.2.2 Карактеристике функције расподеле приноса на финансијску активу.....	139
3.2.3 Волатилност временских серија приноса на улагања у финансијску активу.....	144
3.2.4 Реп расподеле вероватноће приноса на финансијску активу.....	151
3.3 ОПТИМИЗАЦИЈА ИНВЕСТИЦИОНИХ ОДЛУКА У УСЛОВИМА ЕКСТРЕМНОГ ТРЖИШНОГ РИЗИКА.....	152
3.3.1 Оптимизација портфолија применом различитих мера ризика.....	153
3.3.2 Својства приноса на оптимални портфолио.....	159
3.4 АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА.....	161
ПОГЛАВЉЕ IV.....	174
ВРЕДНОВАЊЕ ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА У ОСИГУРАЊУ.....	174
4.1 АНАЛИЗА ТРЖИШТА ОСИГУРАЊА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ.....	175
4.1.1 Тренд развоја светског тржишта осигурања у условима глобалних промена.....	176
4.1.2 Специфичности тржишта осигурања Републике Србије.....	182
4.2 ОСИГУРАНИ РИЗИЦИ СА КАТАСТРОФАЛНИМ ПОСЛЕДИЦАМА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ.....	188
4.2.1 Хидролошке непогоде на територији Републике Србије.....	189
4.2.2 Литосферске непогоде на територији Републике Србије.....	193
4.2.3 Атмосферске непогоде на територији Републике Србије.....	195
4.3 СПЕЦИФИЧНОСТИ МОДЕЛА ВРЕДНОВАЊА ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА У ОСИГУРАЊУ.....	200
4.3.1 Временске серије вредности накнада из осигурања имовине.....	201
4.3.2 Карактеристике функције расподеле вероватноће исплате накнаде из осигурања имовине.....	204
4.3.3 Волатилност временских серија вредности накнада из осигурања имовине.....	206
4.3.4 Реп расподеле вероватноће исплате накнаде из осигурања имовине.....	208
4.4 АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА.....	210
ПОГЛАВЉЕ V.....	218
УПРАВЉАЊЕ ЕКСТРЕМНИМ РИЗИЦИМА У ФИНАНСИЈАМА И ОСИГУРАЊУ.....	218
5.1 ПРОАКТИВНИ МЕНАџМЕНТ ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА.....	219
5.1.1 Изградња отпорности друштвене заједнице.....	220
5.1.2 Систем националне заштите и спасавања у ванредним ситуацијама у Републици Србији.....	225
5.2 ТРАДИЦИОНАЛНИ МЕХАНИЗМИ ТРАНСФЕРА РИЗИКА.....	228
5.2.1 Осигурање од катастрофалних ризика.....	229
5.2.2 Улога реосигурања у финансирању катастрофалних ризика.....	234
5.3 АЛТЕРНАТИВНИ МЕХАНИЗМИ ТРАНСФЕРА И ФИНАНСИРАЊА ГУБИТАКА НАСТАЛИХ УСЛЕД ДЕЈСТВА ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА.....	238
5.3.1 Хартије од вредности повезане са ризиком осигурања.....	239
5.3.2 Дериватни инструменти за финансирање катастрофалних штета.....	242
5.3.3 Улога контингентног капитала у финансирању осигуравајућих компанија.....	244

5.4 УЛОГА И ЗНАЧАЈ ЈАВНО-ПРИВАТНИХ ПАРТНЕРСТАВА У ФИНАНСИРАЊУ ПОСЛЕДИЦА ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА.....	247
ЗАКЉУЧАК.....	254
ЛИТЕРАТУРА	259
ПРИЛОГ 1.....	282
КОРЕЛИСАНОСТ РИЗИКА НА ГЛОБАЛНОМ НИВОУ	282
ПРИЛОГ 2.....	284
ВРЕДНОВАЊЕ ЕКСТРЕМНИХ РИЗИКА У ФИНАНСИЈАМА	284

Увод

У светлу турбулентних финансијских дешавања у свету, као и веће учесталости дејстава ризика са катастрофалним последицама, динамична научна област управљања ризиком стављена је пред нове изазове. Финансијска криза глобалних размера, која се десила 2007/2008. године, довела је у питање актуелну методологију за процену ризика и условила потребу њеног унапређења. Упркос устаљеном мишљењу научне и стручне јавности да се подручја, односно делови система који нису директно изложени дејству ризика не суочавају са последицама његовог настанка, истраживања су показала да постоји све израженија зависност различитих врста ризика, њихових узрока и последица, што се мора узети у обзир приликом процене ризика. У том контексту, значај овог научно-истраживачког рада огледа се у идентификацији, анализи и вредновању екстремних ризика на територији Републике Србије са којима су инвеститори и институције суочени у области финансија и осигурања. Рад пружа свеобухватну анализу теоријско-методолошког и нормативног оквира за управљање екстремним ризицима у наведеним областима. Посебан значај овог рада огледа се у испитивању могућности практичне примене модела за вредновање екстремних ризика. Стога се као основни циљ истиче потреба објашњавања предности и недостатака познатих модела за вредновање екстремних ризика, утврђивање њихове валидности за одлучивање у области менаџмента ризика, као и избор метода за управљање екстремним ризицима у финансијама и осигурању.

Полазећи од основног циља, постављени су следећи специфични циљеви, који уједно представљају и кораке који су били предузети да би се дошло до остварења основног циља: (1) оцена адекватности теоријско-методолошких поставки актуелних модела за вредновање ризика и екстремних ризика, (2) оцена валидност информационе основе за примену модела за вредновање екстремних ризика, (3) тестирање модела за вредновање екстремних ризика у финансијама и осигурању, (4) компаративна анализа добијених резултата у циљу предлагања модела чијом ће се имплементацијом смањити непрецизност у процени ризика, (5) оцена ефеката примене модела за вредновање екстремних ризика у оптимизацији инвестиционих одлука, и утврђивању адекватности капитала за одржање солвентности финансијских институција, (6) оцена могућности примене остварених резултата вредновања екстремних ризика у доношењу одлуке о

избору метода за управљање екстремним ризицима у финансијама и осигурању, (7) компаративна анализа постојећих начина управљања екстремним ризицима и алтернатива за финансирање губитака насталих услед дејства екстремних ризика у циљу предлагања одговарајуће алтернативе за управљање и финансирање разматраних ризика.

У складу са комплексношћу предмета истраживања и наведеним циљевима истраживања, за потребе израде докторске дисертације коришћене су различите научне методе карактеристичне за економска истраживања. За прикупљање информација релевантних за истраживање коришћен је преглед литературе из области вредновања и управљања екстремним ризицима у финансијама и осигурању, као и преглед актуелних нормативних оквира за управљање ризицима у финансијским институцијама. Подаци су прикупљани из званичних, отворених база унапред одређених тржишта капитала, као и интерних база осигуравајућих компанија. Обрада података је извршена применом статистичких метода са циљем израчунавања показатеља за откривање структуре, карактеристика и законитости дејства посматраних ризика у дефинисаном временском интервалу и узрочно-последичних веза између посматраних ризика у финансијама и осигурању. Вредности екстремних ризика у финансијама и осигурању добијене су применом различитих модела вредности под ризиком (енгл. *Value at Risk*) и очекиваног губитка (енгл. *Expected Shortfall*), и у те сврхе коришћени су следећи алати: за припрему података *Microsoft Excel 2010*, а за моделирање софтверски пакет *R studio*. Валидност модела је испитана тестирањем, а добијени резултати компарирани, како би се дошло до закључка о адекватности модела за дати сет података.

Основне хипотезе од којих се пошло у овом истраживању су следеће:

Хипотеза 1: Инвеститори се приликом улагања у хартије од вредности, којима се тргује на тржишту капитала Републике Србије, суочавају са екстремним тржишним ризиком за чије квантитативно обухватање постоји адекватна информациона основа.

Хипотеза 2: Вредновање финансијских ризика применом метода који се базирају на експлицитном моделирању екстремних вредности насталих губитака, резултује адекватном проценом очекиваних губитака у односу на стандардизоване моделе за вредновање финансијских ризика.

Хипотеза 3: Осигуравајуће компаније, које се баве неживотним осигурањем у Републици Србији, суочавају се са екстремним дејствима основних осигураних ризика за чије квантитативно обухватање постоји адекватна информациона основа.

Хипотеза 4: Вредновање ризика у осигурању применом метода који се базирају на експлицитном моделирању екстремних вредности насталих штета, резултује адекватном проценом очекиваних губитака у односу на стандардизоване моделе за вредновање осигураних ризика.

Хипотеза 5: Кључни фактор адекватне процене ризика и избора метода за управљање екстремним ризицима јесте уважавање корелисаности екстремних ризика.

У складу са постављеним циљевима истраживања рад је структуриран у пет целина.

У првом поглављу рада под насловом *Солвентност и алокација капитала у условима екстремних ризика*, разматран је утицај екстремних ризика на солвентност финансијских институција, са једне стране, и проблем алокације капитала, са друге стране, кроз анализу релевантне литературе и резултата досадашњих истраживања и нормативног оквира за третман екстремних ризика у финансијском сектору. Озбиљност утицаја екстремног ризика одређена је осетљивошћу и изложеношћу система конкретном ризику, што представља динамичне и променљиве детерминанте екстремних ризика, чији се утицај на способност система да амортизује одређени ризик може мењати у времену и простору. У овом поглављу су превасходно анализиране поменуте детерминанте екстремних ризика, као и фактори од којих оне зависе: економски, социјални, географски, демографски, културни, институционални, политички и фактори животне средине. С обзиром на то да на осетљивост система у будућности могу утицати и дејства екстремних ризика у прошлости и садашњости, избор адекватног приступа оцени осетљивости система и самих екстремних ризика је од суштинског значаја за управљање овом врстом ризика.

Повећање волатилности, као и висока међусобна корелисаност хартија од вредности доводи у питање општеприхваћене приступе доношења одлуке о инвестирању. Као резултат оваквих промена, у условима дејства екстремних ризика највећи број инвестиционих портфолија није диверсификован тако да амортизује настале губитке на појединим врстама хартија од вредности. Због тога се у оквиру овог поглавља разматра модификован приступ управљању ризиком портфолија који подразумева: примену иновираних модела за процену ризика портфолија који експлицитно укључују моделирање екстремних ризика, диверсификацију према тако процењеном ризику, а не према облику активе, активно управљање волатилношћу, улагање у алтернативе са ниским степеном корелисаности и хартије од вредности са ниским бета коефицијентом. Инвеститор који се суочава са екстремним ризицима

инвестирања овим ризицима мора управљати стратешки и тактички како смањењем изложености ризику, тако и различитим начинима хеџинга екстремних ризика.

Са аспекта одржања солвентности финансијских институција, екстремне ризике посматрамо као један од фактора одржања солвентности. У зависности од врсте ризика и сфере у којој делују, екстремне ризике можемо поделити на финансијске ризике и ризике осигурања. Финансијски ризици, односно ризици са којима се суочавају финансијске институције, обухватају се регулаторним оквиром Базел. У овом поглављу биће разматране иновације нормативног оквира Базел II, које су познате као Базел III, чија је примена у области регулисања капиталних захтева почела 1. јануара 2013. године. Са аспекта екстремних ризика, Базел III доноси ревидиране захтеве у погледу обрачуна екстремних тржишних ризика, који се огледају кроз обачун вредности под ризиком под стресним сценаријима за десетодневни временски период са интервалом поверења од 99%, уз постојећи захтев за одржањем одређеног нивоа капитала због дејства специфичних ризика. Ризици са катастрофалним последицама у осигурању, који могу бити резултат природних катастрофа и катастрофа изазваних људским фактором, се традиционално сагледавају и третирају засебно од осталих ризика. Како глобални нормативни оквир за регулисање солвентности сектора осигурања није дефинисан, упркос постојању мултинационалних и транснационалних осигуравајућих и реосигуравајућих компанија, у овом поглављу биће сагледани најзначајнији нормативни оквири за регулисање пословања у сектору осигурања и дата њихова компаративна анализа. Узевши у обзир удео на тржишту осигурања и специфичност стандарда, разматраће се нормативни оквир САД и Солвентност II – стандард Европске Уније. Иако оба регулаторна оквира прописују стандардизоване моделе за квантификацију ризика, у светлу скорашњих глобалних дешавања, регулатори закључују да је за адекватно обухватање екстремних ризика неопходно примењивати интерне моделе квантификације, како би свака институција понаособ прилагодила капиталне захтеве сопственом пословању. Унапређења актуелних нормативних оквира у банкарском и сектору осигурања све више указују на међузависност ових сектора, упркос разликама које постоје у природи њиховог пословања. С обзиром на тежњу законодаваца за одржањем стабилности целокупног финансијског сектора, у овом поглављу је указано на битне сличности и разлике нормативних оквира Базел III и Солвентност II.

У другом поглављу под насловом *Теоријско-методолошки аспект моделирања екстремних ризика* детаљно су објашњене теоријске поставке модела за

процену економских штета узрокованих дејством екстремних ризика. Ефекти дејства екстремних ризика могу се мерити људским жртвама и финансијским показатељима. Предмет овог рада су само финансијске штете настале услед дејства екстремних ризика и за њихову процену користе се модели који су прописани одговарајућим нормативним актима за одређену област пословања. Превасходно се разматра модел вредности при ризику (енгл. *Value at Risk*), а као допуна овом моделу, модел очекиваног губитка (енгл. *Expected Shortfall*). Да би се оценила ефикасност модела у условима дејства екстремних ризика, извршена је компаративна анализа претпоставки на којима је базирана оцена параметара модела применом теорије екстремних вредности и применом економетријске оцене, како би се истакле предности и недостаци разматраних приступа. Коначно, у овом поглављу су разматрани и теоријски и методолошки аспекти неких специфичних питања у вредновању екстремних ризика, као што је одређивање доњег прага екстрема на одређеном узорку економских штета изазваних екстремним ризицима, међузависност и корелисаност дејстава екстремних ризика.

У трећем делу рада под насловом *Вредновање екстремних ризика у финансијама* претходно објашњени модели имплементирани су на емпиријским подацима. Модели за вредновање ризика у финансијама примењени су у вредновању екстремног тржишног ризика европских земаља. Временске серије обухватају податке о вредности тржишних индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године. Овај временски интервал је одређен на основу доступних података о кретању индекса Београдске берзе (BELEX 15), како би се изабрани модели могли применити на идентичан начин на свим временским финансијским серијама и добили упоредиви резултати. У циљу оцене могућности оптимизације инвестиционог портфолија, формиран је портфолио берзанских индекса земаља југоисточне Европе са тржиштима капитала у развоју (Србије и Хрватске) и берзанских индекса тржишта капитала европских земаља на већем степену развоја (Немачка и Грчка) у циљу диверзификације ризика и оптимизације портфолија. Приликом обрачуна вредности под ризиком, посебна пажња је усмерена на утврђивање корелације екстремних ризика и утицај корелисаности изабраних берзанских индекса на могућност диверсификације ризика.

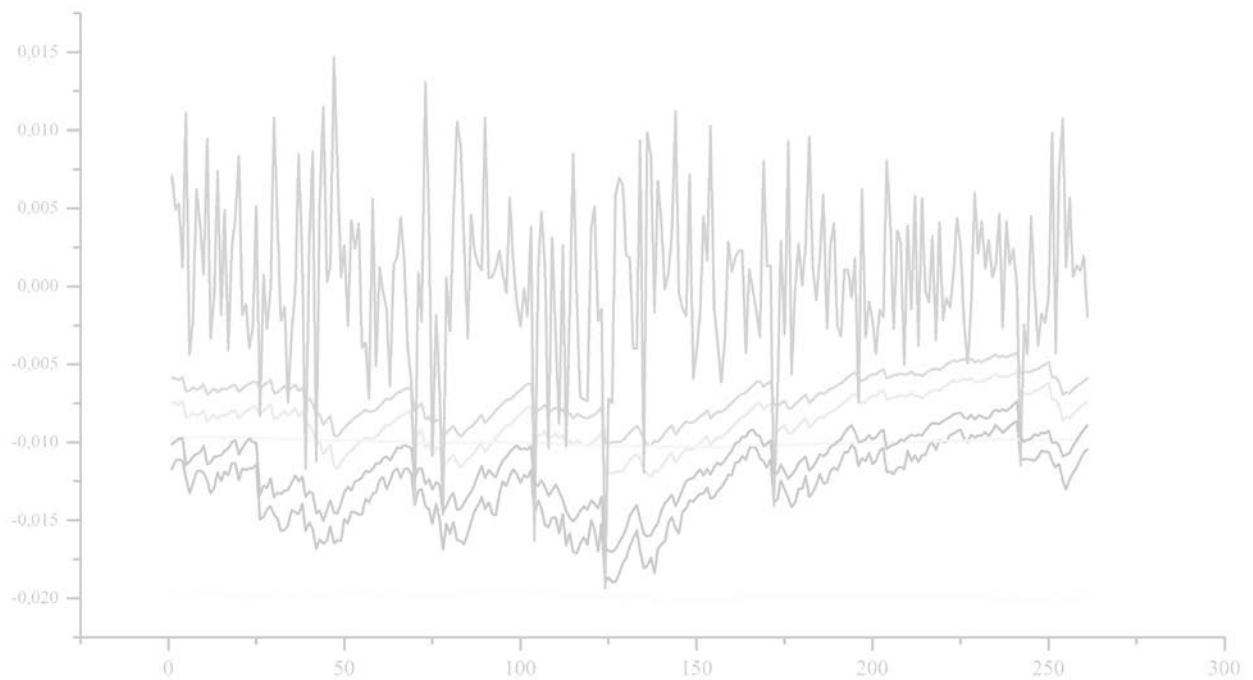
У четвртном делу рада под насловом *Вредновање екстремних ризика у осигурању* модели за вредновање ризика у осигурању тестирани су на екстремном ризику елементарних непогода – олује, удара грома, града, поплаве, бујице, високе и подземне воде, на територији Републике Србије. Сет података чине вредности

осигуране суме и исплаћене штете на грађевинским објектима и усевима у осигурању цивиља и индустрије. Временска серија обухвата податке од 2001. до 2012. године и величине је око 25.890 осигураних случајева на којима је у посматраном периоду дошло до губитка услед дејства неког од поменутих ризика и извршена је исплата надокнаде из осигурања. Методологија која ће бити примењена у вредновању изабраног ризика је основ за утврђивање захтеваног капитала за одржање солвентности у осигуравајућим компанијама, тако да је посебна пажња усмерена на детерминисање функције расподеле вероватноће настанка одштетних налога.

У петом делу рада под насловом *Управљање екстремним ризицима у финансијама и осигурању* дат је преглед различитих метода управљања екстремним ризицима и начини финансирања губитака услед настанка екстремних ризика у финансијама и осигурању. Проактивно управљање екстремним ризицима поверено је државама, а у скорије време добија и глобалну димензију подстакнуто међународним уговорима и споразумима. Традиционалне методе управљања ризиком, као што су реосигурање и саосигурање, више нису довољне да би се ефикасно управљало ризиком, тако да су у овом поглављу представљене и алтернативне методе трансфера ризика: хединг и секјуритизација ризика путем тржишта капитала. У коначном, посебан значај у управљању екстремним ризицима и финансирању катастрофалних губитака у земљама у развоју имају јавно-приватна партнерства, па су у овом поглављу она посебно представљена и анализирана.

ПОГЛАВЉЕ I

Солвентност и алокација капитала условима екстремних ризика



1.1 Детерминанте екстремних ризика

Савремени екосоцијални системи изложени су дејству великог броја међусобно корелисаних ризика, који представљају потенцијалну опасност за опстанак читавог глобалног система (слика 1.1п). Упркос чињеници да се ризици могу категорисати на различите начине, специфичност екстремних ризика се огледа у учесталости настанка и интензитету дејства. Стога се екстремним ризицима или катастрофама могу окарактерисати сви ризици чија је вероватноћа настанка врло мала, а последице дејства огромне и изненадне (Posner, 2004). С обзиром на то да је могућност предвиђања ових ризика ограничена квалитетом и обимом расположивих информација о узроцима и дејствима конкретног ризика, могућности општеприхваћених научних метода да обухвате и пројектују очекиване ефекте Црних лабудова¹ данас се озбиљно доводе у питање (Талеб, 2010). Међутим, у овом раду се претпоставља да се расположе адекватним информационим сетом за идентификацију и предвиђање ризика, чија је учесталост понављања довољна² да се може описати статистичком дистрибуцијом. Како не постоји консензус по питању прага губитка³, на основу којег се ризик може сматрати екстремним, у групацију ових ризика уврстићемо све оне ризике чије последице превазилазе нормални искуствени опсег сваког система појединачно. Интензитет дејства екстремног ризика, како на екосоцијални систем у целисти, тако и на привредни и финансијски подсистем, одређена је рањивошћу и изложеношћу система конкретном ризику, што представља динамичне и променљиве детерминанте екстремних ризика, чији се утицај на способност система да амортизује одређени ризик може мењати у времену и простору. Стога се у овом поглављу разматрају основне

¹ Црни лабуд јесте догађај који карактеришу следећа три својства: (1) то је ванредан догађај, који не спада у домен уобичајених очекивања, јер ништа што се десило у прошлости не може убедљиво указати на то да је његов настанак уопште био могућ; (2) то је догађај огромног утицаја; (3) и поред тога што је ванредан, људска природа нас нагони да смишљамо *накнадна* објашњења за његову појаву услед чега он постаје објашњив и предвидив. (Талеб, 2010, XX)

² Анализа учесталости понављања екстремних ризика може ближе одредити врсту екстремног ризика као: (1) екстремни ризици који се на једном месту никада не понављају на исти начин и са истим последицама, (2) екстремни ризици који се појављују нерегуларно на одређеном месту, (3) регуларни екстремни ризици, и (4) сезонски екстремни ризици. Учесталост настанка регуларних и сезонских екстремних ризика се може описати статистичким дистрибуцијама, док карактеристике нерегуларних и ризика који се не понављају захтевају посебне предикционе моделе (Banks, 2005, стр. 5-8).

³ Макрокатастрофама, на пример, се сматрају догађаји, који за последицу имају макар један од следећих исхода: (1) смрт више од 1.000 људи или болест/повреде више од 5.000 људи; (2) прекид уобичајених животних и радних активности на одређеној територији у периоду дужем од једне недеље; (3) физичко уништење имовине и инфраструктуре у вредности већој од 10 милијарди САД \$; (4) директни и индиректни губитак у вредности од најмање 1% БДП (Coburn et al, 2014).

детерминанте екстремних ризика и њихов утицај на функционисање глобалних екосоцијалних система и финансијских подсистема.

1.1.1 Детерминанте одрживости екосоцијалних система у условима екстремних глобалних промена

Технолошки развој савремене цивилизације дошао је до фазе укрштања различитих развојних циљева, а тенденција да се задржи традиционални модел економског раста доводи до конфликта између економских и еколошких циљева. Комбинација вишеструких притисака, као што су континуирани раст популације, промене у обрасцима потрошње и промене климе, доводи до смањења ограничених ресурса – хране, воде, енергената и материјала, испод критичне границе. Стога се концепт одрживог развоја, који полази од претпоставке да економски систем не може функционисати независно од екосфере, постепено проширује повезивањем социологије, економије и екологије. У фокус интересовања ставља се комплексан, вишедимензионални екосоцијални систем, који обезбеђује основне услуге друштву, као што су храна, пијаћа вода, енергија (Berkes & Folke, 1998), а чије су кључне компоненте еколошки и социјални подсистеми. Рањивост овог система условљена је бројним факторима својственим специфичностима природног окружења, али и дејством људи, те представља динамичну детерминанту екстремног ризика. Последњих деценија уочена је повећана учесталост дејства како природних, тако и екстремних ризика изазваних људским фактором, што је усмерило глобалну пажњу на управљање овом врстом ризика.

1.1.1.1 Рањивост екосоцијалних система као детерминанта екстремних ризика

Концепт рањивости (енгл. *vulnerability*) је аналитички алат, којим се одређује ниво осетљивости физичких и друштвених система на штету и немоћ, као и нормативни оквир за дефинисање активности којима би се повећало благостање редуцијом ризика (Adger, 2005). Рањивост се може дефинисати као вероватноћа са којом ће систем, подсистем или компонента система претрпети губитак услед изложености ризику (Turner II et al., 2003). У зависности од области истраживања, рањивост се може дефинисати на различите начине⁴, међутим, уобичајено се посматра

⁴ Преглед најважнијих дефиниција рањивости дат је у раду Cutter, S.L. (1996). Vulnerability to environmental hazards, *Progress in Human Geography*, 20, 529–539.

као функција изложености (енгл. *exposure*), осетљивости (енгл. *sensitivity*) и адаптивног капацитета (енгл. *adaptive capacity*) система, што се у сврхе квантификације може представити следећом формулом (Metzger, Leemans & Schroter, 2005, стр. 255):

$$V(es, x, s, t) = f(E(es, x, s, t), S(es, x, s, t), AC(es, x, s, t)) \quad (1.1)$$

где употребљени симболи имају следеће значење: V – рањивост, E – изложеност, S – осетљивост, AC – адаптивни капацитет. Рањивост, као и свака од компоненти рањивости утврђују се за сваки сектор или област система, а детерминишу их производи и услуге екосистема (es) које користи конкретни сектор или одређена област система (x) под датим условима (s) у посматраном временском периоду (t).

Како је потенцијални утицај (PI) неког ризика (енгл. *potential impact*) функција изложености (E) и осетљивости (S), односно важи следећа једнакост:

$$PI(es, x, s, t) = f(E(es, x, s, t), S(es, x, s, t)) \quad (1.2)$$

Рањивост (V) се може приказати као функција потенцијалног утицаја (PI) и адаптивног капацитета (AC) на следећи начин:

$$V(es, x, s, t) = f(PI(es, x, s, t), AC(es, x, s, t)) \quad (1.3)$$

Овако поједностављен приказ рањивости има за циљ приказ релација између различитих елемената концепта, али је операционализација овог концепта изузетно комплексна. Наиме, приликом процене рањивости система треба имати у виду три основна својства овог концепта (O'Brien, Sygna & Naugan, 2004, стр. 3-4): (1) како се ризици који погађају екосистем и његове подсистеме разликују, може се констатовати да је рањивост инхерентно диференцијални концепт; (2) рањивост зависи од нивоа система на којем се разматра (енгл. *scale-dependent*), тако да се на различите начине посматра и оцењује рањивост јединке, државе, региона, заједнице и социјалне групе; (3) рањивост је динамичан концепт, јер се може мењати током времена у зависности од промене структуре система и услова под којима функционише. С обзиром на то да је реч о и вишедимензионалном концепту, рањивост екосистема може се посматрати са еколошког, економског и друштвеног аспекта.

Анализа рањивости екосистема са еколошког аспекта на централно место ставља висок степен интеракције између економског и еколошког система, чија комплексност и нелинеарност чине животну средину осетљивом на екстремне догађаје. Стога се посебно истиче физичка рањивост, која се односи на рањивост материјалног света, укључујући и грађену средину, али и рањивост живог света, која је условљена

специфичношћу географске локације, нивоом развијености и типом насеља. Истраживања су указала на значајну разлику у степену изложености ризицима и рањивости између развијених привреда и привреда у развоју. Тако, на пример, упркос чињеници да је готово једнак број људи изложен ризицима у развијеним и привредама у развоју (15% и 11% редом), просечан број настрадалих се драстично разликује (1% и 53% редом) (Peduzzi, 2006). Овакво стање, међутим, не значи да су развијене привреде отпорне на екстремне ризике. Поред пажње која се посвећује директним утицајима на биофизички систем и привреду, индиректни и синергетски ефекти могу довести до рањивости невиђених размера (O'Brien et al., 2006), јер развијеност *per se* није гаранција одрживости. Посебно се истиче рањивост урбаних подручја, која су, услед велике густине насељености, изложена дејству природних, технолошких и социјалних ризика, док комплексност ових подручја праћена неадекватном инфраструктуром може само повећати изложеност катастрофалним ризицима (Mitchell, 1999).

Социјална димензија рањивости односи се на социјалне атрибуте, који повећавају осетљивост на катастрофе, и може се дефинисати као сет карактеристика појединца или група, које одређују њихове могућности предвиђања, одбране и опоравка од утицаја ризика (Blaikie et al., 2014, pp. 9). Ова димензија укључује демографске и миграционе карактеристике, као и ниво образовања, здравственог стања и богатства различитих социјалних група, али и културу, институционално и управљачко уређење друштвене заједнице. Постоји велики број истраживања у вези са овом врстом рањивости и факторима који је условљавају, али се као основни фактори⁵, у друштвеним наукама, могу навести: немогућност приступа ресурсима (укључујући информације, знање и технологију); ограничено учешће у политичкој власти; друштвени капитал, укључујући друштвене мреже и везе; веровања и обичаји; старост; учешће лица са сметњама у развоју у укупном броју становника; и врста и густина инфраструктуре (Cutter, 2001; Tierney, Lindell, & Perry, 2001; Putnam, 2000; Blaikie et al., 2014). Може се закључити да је социјална рањивост последица социјалних неједнакости, али и различитости насеља, и то: карактеристика грађене околине, нивоа урбанизације и стопе привредне развијености. Посебно се истиче рањивост друштвених група по основу расе и етничке припадности (Fothergill et al., 1999; Elliott & Pais, 2006; Cutter & Finch, 2008), социоекономског статуса и касте (O'Keefe et al.,

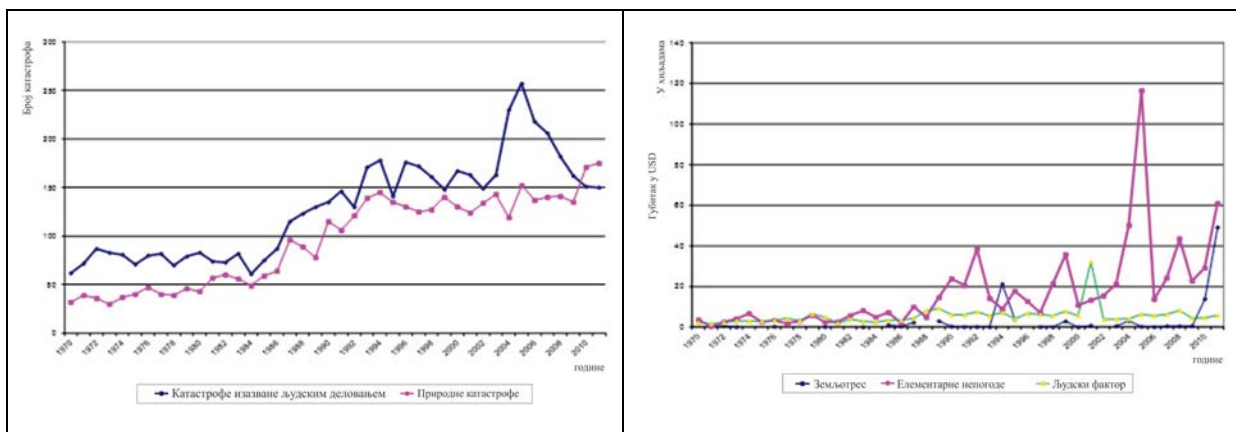
⁵ Неусаглашени су ставови по питању специфичних варијабли које представљају овако широко дефинисане факторе ризика. Детаљан преглед концепата социјалне рањивости и фактора који је условљавају дат је у раду Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards*. *Social science quarterly*, 84(2), 242-261.

1976; Peacock et al., 1997; Ray-Bennett, 2009), пола (Sen, 1981) и старости (Jabry, 2003; Wisner, 2006; Bartlett, 2008), јер досадашња истраживања показују да су ефекти катастрофа другачији и озбиљнији, како у погледу материјалних губитака тако и у погледу људских жртава, када погађају мањинске и групе нижег материјалног статуса.

Економска рањивост се може дефинисати као рањивост економског система на директне губитке услед катастрофа (Rose, 2004; Mechler et al., 2010), односно као немогућност појединаца, заједница, привредних друштава и влада да апсорбују штету насталу услед дејства катастрофалних ризика (Rose, 2004). Стога ниво економске рањивости одређују како директни ефекти, тако и магнитуда и трајање индиректних и пратећих ефеката након остварења катастрофалног ризика. Са макроекономског аспекта ови ефекти укључују утицај на БДП, потрошњу и фискалну политику (Mechler et al., 2010), а кључни фактори рањивости су ниво зарада и БДП, порески приходи, ниво штедње, дубина финансијских тржишта, ниво задужености и приступ екстерним изворима финансирања (OAS, 1991; Venson & Clay, 2000; Mechler, 2004). Посматрана са аспекта појединаца и друштвених заједница економска рањивост се може одредити као рањивост радне и животне средине на катастрофалне ризике, чије се последице огледају у трошковима прекида пословања, пропуштеним приходима, успоравању развоја и захтевају значајна финансијска средства за реконструкцију и санацију штете. Као поткатегорија економске рањивости може се издвојити финансијска рањивост. Економска наука даје концептуални оквир за проучавање овог типа рањивости, који се бави преференцијама према ризику и избором тржишних механизма за финансирање катастрофалних штета. Појединци и домаћинства се углавном ослањају на сопствене фондове штедње и осигурање, док организације и држава у финансирању штета користе интерно генерисане и екстерне фондове, као и инструменте финансијског тржишта (King, 2013). Степен финансијске рањивости, аверзија према ризику, као и појава нових ризика, мотивисали су владе да трансфер и финансирање ризика сагледају као важне компоненте савременог система управљања катастрофама. Како достигнути степен привредне развијености одређује способност апсорпције катастрофалних последица, али и утиче на појаву катастрофалних ризика, управљање овом врстом ризика представља јединствени концептуални и истраживачки изазов.

1.1.1.2 Изложеност екосоцијалног система катастрофалном ризику

Чињеница је да је убрзани технолошки и економски развој у другој половини двадесетог века проузроковао појаву нових ризика и утицао на промену учесталости и интензитета дејства познатих. Узевши у обзир да су карактеристике катастрофа променљиве у простору и времену, класификација екстремних ризика данас представља комплексан проблем. Груба подела катастрофалних ризика обухвата природне ризике и ризике изазване од стране човека (табела 1.1). Природни ризици могу бити изазвани атмосферским, геолошким, хидролошким, сеизмичким или пак неким другим природним опасностима, као и екстерним опасностима, које долазе изван екосистема планете Земље. Лепеза ризика који су узроковани активностима људи је много шира и последњих деценија број катастрофа изазваних дејством човека је значајно већи у односу на број природних катастрофа (графикон 1.1).



Извор: Swiss Re (2014)

Графикон 1.1 Број катастрофа у свету у периоду од 1970. до 2011. године (лево) и финансијске штете проузроковане катастрофалним ризицима у истом периоду (десно)

Међузависност елемената екосистема условила је корелацију узрока и последица дејства екстремних ризика, тако да је разлика између ових категорија ризика све мање јасна. У научним истраживањима се уобичајено под катастрофалним ризицима, који могу угрозити функционисање система, мисли на природне катастрофе изазване земљотресима, ураганима, вулканским ерупцијама и слично⁶. Међутим, многе катастрофе, које погађају екосоцијални систем, могу се довести у везу са људским

⁶ Према извештају *Swiss Re* само током 2014. године забележено је 189 природних катастрофа у свету, које су проузроковале економски губитак од 110 милијарди САД \$ и 12.700 људских жртава.

фактором, као на пример: глад, недостатак ресурса, рат, климатске промене и епидемије, финансијска нестабилност и економске кризе (Helbing, 2012)⁷.

Табела 1.1 Врсте катастрофалних ризика екосистема

<i>Узроковани природним факторима</i>	<i>Узроковани људским факторима</i>
- Природне катастрофе (земљотреси, олује, цунамији, поплаве, вулканске ерупције)	- Финансијски шокови (мехур цена активе, финансијске нерегуларности, јуриш на банке (енгл. <i>bank run</i>), јавни дуг, банкарске кризе, крах берзе)
- Климатске катастрофе (суше, екстремно ниске и високе температуре ваздуха)	- Трговински ризици (енгл. <i>trade dispute</i>) (штрајкови, санкције, национализација, тарифни ратови, притисци које врше картели)
- Еколошке катастрофе (повећање нивоа мора, пожари, загађење, промене у атмосферском систему, промене у екосистему океана)	- Геополитички конфликти (конвенционални ратови, нуклеарни ратови, грађански ратови, политички утицаји спољашњих сила)
- Екстерни ризици (удар метеора, соларне олује)	- Политичко насиље (тероризам, сепаратизам, организовани криминал, грађански немири, атентати)
- Епидемије (епидемије болести људи, епидемије болести животиња, епидемије болести биљака)	- Технолошке катастрофе (нуклеарна катастрофа, индустријски акциденти, колапс инфраструктуре, технолошки акциденти, Интернет напади)
	- Хуманитарне катастрофе (глад, недостатак пијаће воде, избегличка криза, колапс система социјалних програма)

Извор: Coburn et al. (2014)

Комплексан и динамичан процес економског развоја покренуо је низ структурних промена у привреди како на локалном тако и на глобалном нивоу. Ове промене подразумевају промене у структури потражње и производње, промене у професионалној и квалификационој структури радне снаге, спољној трговини и финансијама. Основна карактеристика наведених промена јесте да се оне не остварују тренутно, већ у дугом временском периоду кроз економске потресе, трансформације и усавршавања. Услед тога долази до енормног повећања утицаја људских активности на еколошки подсистем и екосоцијални систем у целини, али и до појаве ризика, који се, као и промене у систему, развијају споро (енгл. *slow-moving risks*). С обзиром на то да

⁷ У циљу илустрације можемо се послужити следећим чињеницама: Први светски рат је однео преко 15.000.000 жртава, а Други светски рат 60.000.000. Током Другог светског рата настали су трошкови од преко 1.000 милијарди САД \$ (по средњем курсу из 1944. године) и уништено је преко 1.710 градова, 70.000 села, 31.850 индустријских објеката, 40.000 миља путева, 40.000 болница и 84.000 школа. Глобална финансијска и економска криза 2007/2008. године је по свом настанку изазвала губитке од 4 до 20 милијарди САД \$.

су последица промена унутар система, ови ризици се сматрају ендогеним, и до тренутка остварења штетних ефеката не морају бити видљиви, јер систем делује стабилно (Fisher, 2013). Фактори који условљавају појаву ових ризика потичу из природе, али могу бити узроковани и људским активностима (табела 1.2).

Табела 1.2 Структурни ризици са потенцијалним катастрофалним последицама

<i>Узроковани природним факторима</i>	<i>Узроковани људским фактором</i>
- Климатске промене	- Салинизација земље због иригације
- Имиграција врста	- Испирање земљишта наводњавањем
- Емиграција врста	- Загађивање површинских вода
- Адаптација и еволуција врста као одговор на промене у животној средини	- Исцрпљивање и загађивање подземних вода
- Промене биљака и животиња (еколошко наслеђе)	- Загађивање ваздуха
	- Уништавање и деградација дивљих станишта
	- Уништавање штетних врста
	- Прекомерни туризам
	- Прекомерни лов и риболов

Извор: Миленовић (2000, стр. 94)

Еволуција структурних ризика доводи до промене стања и режима функционисања система, али тачка у којој се дешава промена, односно обрт, најчешће не може бити одређена на једноставан начин. Системски ризици се углавном испољавају нагло и доводе до промене функционисања система, која не мора увек бити праћена прекидом функционисања. Модели комплексних система засновани на статистичким мерама ризика могу у извесној мери предвидети промену стања система, јер улазак у критичну тачку обрта карактерише феномен „критичног успоравања“⁸ (енгл. *critical slowing down*) (Scheffer et al., 2009). Отпорност система на мање поремећаје чини систем метастабилним, што помера критичну тачку обрта и додатно усложњава моделирање екстремних ризика. Анализом великог броја података, као и понашања људи под условима различитих сценарија, постоји могућност креирања система за рано упозоравање од настанка потенцијално катастрофалних ризика, који омогућава редукацију изложености катастрофалним ризицима (Sorensen, 2000; Basher, 2006).

⁸ Феномен „критичног успоравања“ може описати суштину промена режима функционисања различитих система, а огледа се у успоравању опоравка система, чак и од мањих поремећаја, када уђу у зону критичне тачке, која представља границу промене режима.

1.1.2 Детерминанте (не)стабилности финансијских система у условима глобализације

Специфичност функција финансијског система, његова експанзија, утицај на реални сектор и монетарну стабилност, либерализација и, последично, глобализација националних финансијских система, условила је истицање очувања финансијске стабилности као доминантног циља регулисања функционисања овог комплексног система. Иако се уобичајено нестабилност повезује са појавом криза, финансијска (не)стабилност је много шири концепт⁹. Посматрано са функционалног аспекта, финансијски систем се може сматрати стабилним уколико задржава способност да обавља кључне функције у условима екстерних шокова или неравнотеже (Schinasi, 2005, стр. 2). Другим речима финансијски систем је стабилан уколико компоненте система (институције, инфраструктура и тржишта) функционишу у опсегу успешности пословања, у оквиру којег се може ограничити утицај и отклонити дебаланс у функционисању компоненте, како ефекти не би угрозили обављање економских активности.

Развијеност и комплексност финансијског система, као и могућност да апсорбује поремећаје у функционисању, утицаће на ниво рањивости система, док ће изложеност ризицима бити условљена специфичностима сваког система појединачно.

1.1.2.1 Концептуални оквир за идентификацију извора рањивости финансијског система

Узевши у обзир динамичност финансијског система, чија је еволуција праћена повећањем комплексности, управљање ризицима и протоком финансијских средстава постаје изазов. Глобална финансијска криза 2007/2008. године, која се може одредити као комбиновани ефекат неликвидности и несолвентности финансијског тржишта и општег пада тражње у реалном сектору, истакла је потребу за редуковањем осетљивости финансијских система и то како утицањем на могућност смањења појаве ризика тако и ограничењем ширења њиховог дејства, уколико се појаве. У циљу превентивног деловања на одржање стабилности међународног финансијског система потребно је, у складу са структуром и степеном развијености система, конципирати оквир, који ће омогућити јасну идентификацију раних сигнала рањивости.

⁹ Преглед различитих аспеката дефинисања финансијске стабилности приказан је у раду аутора Schinasi, G.J. (2004). Defining Financial Stability. IMF Working Paper WP/04/187

Са аспекта структуре финансијског система, уопштено посматрано, може се говорити о три типа рањивости (Johnston, Chai & Schumacher, 2000, стр. 4-5): (1) рањивост институција – субјеката финансијског система, која углавном произилази из неадекватног управљања ризиком; (2) рањивости система, која може бити последица преношења поремећаја у пословању једне финансијске институције или једног тржишта на друге институције, тржишта или систем (енгл. *contagion risk*) и/или вишеструке равнотеже (енгл. *multiple equilibria*), када мали поремећаји могу довести до значајних одступања од тренутног равнотежног стања и имати озбиљне макроекономске и финансијске импликације; и (3) рањивост на шокове (кризе), која се у литератури још поистовећује и са крхкошћу (енгл. *fragile*) финансијског система. Како узроци шокова могу бити многобројни и разноврсни, могу се разликовати, на пример: кредитне кризе, кризе ликвидности, валутне кризе, и финансијске кризе, уколико је реч о колапсу целокупног финансијског система.

Финансијске институције, у улози финансијских посредника и услужних финансијских институција, обављају кључне функције у процесу повезивања суфицитарног и дефицитарног сектора и представљају окосницу очувања финансијске стабилности. Неадекватно функционисање, које води пропадању или затварању појединачне институције, може, али и не мора нужно бити знак нарушене финансијске стабилности. Уопште говорећи, постоји разлика у рањивости институција из појединих сектора, па је стога посебну пажњу потребно усмерити на системски битне финансијске институције. Банке су, због природе свог пословања, осетљивије на екстремне поремећаје у поређењу са осталим институцијама, као што су осигуравајуће компаније или компаније у реалном сектору (Buhler & Prokopczuk, 2010; Muns & Vijlma, 2011). Међутим, веза банкарског сектора са осталим финансијским секторима, али и реалним сектором, значајно доприноси ширењу дебаланса. Емпиријска истраживања у САД показују да банкарски сектор највише доприноси повећању ризика осталих сектора у условима поремећаја у финансијском систему (Bernardi & Petrella, 2015). Насупрот томе, изузимајући делатности ван осигурања, сектор осигурања се може сматрати најмање осетљивим на екстремне ризике и најмање утицајним у преношењу дебаланса из финансијског на реални сектор (Cummins & Weiss, 2013). Поремећаји у сектору осигурања се у највећем броју случајева задржавају унутар сектора, с тим што су осигуравајуће компаније за животно осигурање рањивије у односу на компаније које се баве само неживотним облицима осигурања. Ове друге су, пак, више изложене катастрофалним ризицима из осигурања, док су уопштено

посматрано све осигуравајуће компаније рањиве на поремећаје у пословању реосигуравача. На преношење шокова у пословању институција и тржишта на остале учеснике и сам систем, поред природе пословања, утиче структура тзв. финансијске мреже, која до одређеног степена међуповезаности компоненти служи као амортизер шокова, док већи степен међуповезаности може постати механизам за преношење ризика (Acemoglu, Ozdaglar & Tahbaz-Salehi, 2015).

У циљу постављања оквира за очување финансијске стабилности, који се огледа у превенцији, повећању отпорности система и управљању кризом, неопходно је одредити врсту кризе, односно изворе рањивости. У идентификацији узрока криза не постоји сагласност економских теоретичара, тако да се бројни покушаји објашњења узрока настанка криза могу сврстати у оквиру три групе становишта: неокласична парадигма, кејнзијанизам и бихевиоризам (Detzner & Herr, 2014). Истраживања спроведена на развијеним финансијским системима показују да се рањивост оваквих система може категорисати као циклична или структурна (Christensen, Kumar, Meh & Zorn, 2015; Adrian, Covitz & Liang, 2013). Наиме, савремени финансијски системи показују инхерентну цикличност, која је уопште посматрано својствена савременом капитализму, јер сама економска експанзија генерише кризу¹⁰. Динамика развоја економског система подржана је од стране финансијског, који повећава амплитуду флукуација и доводи до финансијске и макроекономске нестабилности. Законитости процеса претварања неконтролисане финансијске експанзије у финансијски крах објашњене су хипотезом финансијске нестабилности (Minsky, 1992), која посебно добија на значају после последње светске економске кризе. Према овој хипотези позитиван шок, који не мора обавезно бити изазван повећањем продуктивности у реалном сектору, праћен је финансијским иновацијама. Индивидуални и институционални инвеститори се у оваквим периодима осећају самоуверено и додатно се задужују и инвестирају. Уобичајене маргине сигурности, било да је то учешће код кредитирања, обезбеђење код финансирања хартијама од вредности или заштитне клаузуле у кредитима привреди, постају непотребна сметња остваривању приноса (Caguana, 2010, стр. 83). У таквим условима, финансијски систем ендегено генерише системски ризик током дужег временског периода, који у једном тренутку доводи до колапса система. Модел генерисања финансијске кризе састављен је из следећих фаза

¹⁰ Више о теоријама кризе видети, на пример, у радовима Mladenović, I., & Kitanović, D. (2014). Teorija krize posle krize. *Economic Themes*, 52(1), Matjanović, G. (2010). Uticaj ekonomske krize na glavni tok ekonomske misli. *Acta facultatis medicae Naissensis*, 27(4), Veselinović, P. (2012). Izazovi ekonomske nauke u uslovima globalne ekonomske krize. *Ekonomске teme*, 4, 433-450.

(Шошкић, 2009, стр. 115-120): (1) искорак (енгл. *displacement*) представља неку екстерну промену на коју инвеститори реагују, као што је појава новог капитала, иновационе технологије итд., (2) експанзија (енгл. *boom*) представља фазу у којој долази до експанзије новца и повећања кредитирања, креирања нових финансијских инструмената итд., (3) еуфорија (енгл. *euphoria*) настаје после експанзије и подразумева погрешне процене ризика и очекиваних прихода, (4) излазак обавештених (енгл. *profit taking*) је фаза у којој добро информисани инвеститори напуштају тржиште и повлаче своје улоге, (5) паника и крах (енгл. *panic*) је фаза у којој долази до масовног повлачења и пада вредности финансијских инструмената. Међутим, у светлу структурних промена у институционалним поставкама економских система и формирања нове финансијске архитектуре (скраћено НФА) овај модел финансијске нестабилности је претрпео извесне критике (Kindleberger & Aliber, 2005, стр. 33-35).

Финансијски систем је одређен односом директног и индиректног финансирања, с једне стране, и регулацијом и мерама које се предузимају у циљу изградње сигурности и поверења у систем, с друге (Шошкић и Живковић, 2009, стр. 67-70). Финансијска либерализација и иновације довеле су до стварања НФА, која подразумева интеграцију савремених финансијских институција и тржишта под режимом слабе државне регулације (Crotty, 2008). Овако структуриране глобалне финансијске системе карактерише низ проблема, као што су: (1) слаба регулисаност рада комерцијалних банака, инвестиционих банака и „банкарског система у сенци“ услед у реалности неодрживих теоријских претпоставки на којима се базира функционисање ефикасних тржишта капитала, (2) прекомерно преузимање ризика на тржишту капитала подстакнуто механизмима корпоративног управљања у оквиру НФА, (3) неадекватно вредновање и неликвидност иновативних финансијских инструмената, који су довели до стварања нових канала за преношење дебаланса, (4) удруживање финансијских институција и регулатива прилагођена пословању таквих институција, (5) што је све довело до повећања леверица на нивоу система на опасно висок ниво (Crotty, 2009). Стога се може закључити да структурну рањивост проузрокује релативна статичност регулисаности функционисања финансијског система, која може довести до преношења ефеката шока, и изложеност екстерним ефектима кроз различите канале. Развијени финансијски системи су углавном најрегулисанији сектори привреде, што, заједно са развијеношћу реалног сектора, омогућава и развој финансијских тржишта, која имају већи и непосреднији значај за ефикасно функционисање система, укупне привреде и благостање појединаца.

Рањивост неразвијених финансијских система, пак, може повећати неадекватна макроекономска политика и регулатива, као финансијска либерализација без претходно испуњених институционалних претпоставки (Corbett & Vines, 1999). Макроекономска нестабилност, која се огледа у високим и променљивим стопама инфлације, осцилацијама економске активности, неодрживој фискалној политици и неадекватном избору инструмената монетарне политике и активностима централне банке, јесте директан извор рањивости финансијског сектора. Са друге стране, низ специфичности функционисања финансијског система, које се огледају у корпоративном управљању финансијским институцијама, тржишној инфраструктури и дисциплини, форми надзорног и регулаторног оквира, могу онемогућити спровођење основних функција система. Стога је, у циљу формирања робусног финансијског система, неопходно не само обезбедити институционалне и остале захтеване капацитете, већ и постићи одговарајући ниво политичког и социјалног консензуса, који ће омогућити креирање и одржање стабилности (BIS & IMF, 1997).

1.1.2.2 Изложеност финансијског система системском ризику

Очување финансијске стабилности захтева системски приступ, односно сагледавање дугорочних развојних тенденција, потенцијалних нефункционалности и поремећаја система, а не само појединачних компонената. Сви релевантни ризици, који могу довести до нестабилности финансијског, али и укупног привредног система, сврставају се у категорију системског ризика. У зависности од тога да ли потичу из самог финансијског система или макроекономског окружења, могу се разликовати ендогени и егзогени ризици (табела 1.3). Групу ендогених ризика чине: институционални ризици, тржишни ризици и инфраструктурни ризици, док групу егзогених ризика чине различити макроекономски поремећаји, али и догађаји попут природних катастрофа. Иако могу допринети настанку кризе у сектору (ре)осигурања, природне катастрофе све више утичу и на финансијски сектор и тржиште капитала, па је потребно обухватити на адекватан начин утицај ових ризика на инвестиционо одлучивање, кредитну политику, али и тржиште некретнина. Велике катастрофе, ипак, имају највећи утицај на буџетску политику са краткорочним утицајем на фискалну политику и много ширим дугорочним утицајем на економски раст и развој (Benson & Clay, 2004), што посредно може утицати и на финансијску стабилност.

Табела 1.3 Фактори системског ризика којима су изложени финансијски системи

<i>Ендогени</i>	<i>Егзогени</i>
<p><i>Институционални:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Финансијски ризик <ul style="list-style-type: none"> - Кредитни ризик - Тржишни ризик - Ризик неликвидности - Ризик промене каматних стопа - Валутни ризик - Операциони ризик - Слабости информационих технологија - Ризик репутације - Пословни ризик - Ризик неадекватности капитала <p><i>Тржишни:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ризик партнера - Ризик управљања средствима - Ризик ширења губитка - Кредитни ризик - Ризик неликвидности <p><i>Инфраструктурни:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ризик платног система - Ризик клириншког система - Регулаторни ризик - Правни ризик - Ризик неадекватне супервизије - Рачуноводствени ризик - Ризик губитка поверења у систем - Ризик домино ефекта 	<p><i>Макроекономски поремећаји:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ризик макро-економског окружења - Ризик макро-економских политика <p><i>Догађаји:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Природне катастрофе - Политички догађаји - Велика банкротства

Извор: Schinasi (2006); Houben, Kakes & Schinasi (2004)

Уколико се надовежемо на изворе рањивости финансијског система, можемо закључити да системски ризик има две димензије: попречну (енгл. *cross-sectional*) и временску, односно цикличну (Caguana, 2010). Сагледавање компонената системског ризика на овај начин подразумева познавање нивоа развијености финансијског система, као и сагледавање веза између макроекономског окружења и финансијског система у времену, као и веза унутар система, између самих компонената. Идентификовање фактора системског ризика постаје комплексније уколико је реч о финансијским системима држава у развоју. Финансијске институције су у оваквим финансијским системима уобичајено изложене тржишном и пословном ризику, а ако је реч о страним институцијама и инвеститорима, онда и ризику земље и репутационом ризику. У условима кризе ефекат дејства ових фактора ризика се повећава и прелива на

остале факторе, што смањује ефикасност хецинга, а стране инвеститоре суочава са сувереним ризиком, који може довести до политичке кризе и екстремних одлука попут експропријације и национализације, затим неједнаког третмана домаћих и страних институција и инвеститора, валутног ризика и ризика ликвидности (Gallego, Herrero & Luna, 2004). Стога се финансијске интеграције, које су свакако донеле бројне користи привредама у развоју, могу сматрати једним од битних узрочника повећања нивоа ризика „заразе“ (енгл. *contagion*), који директно угрожава глобалну финансијску стабилност (Larosière, 2009). Финансијски системи привреда у развоју, које су чланице ЕУ, али и оних које теже чланству, су се током кризе суочили са следећим проблемима: (1) проблемима надзора и управљања системским ризиком, који је изазван присуством огранака великих страних финансијских институција, (2) проблемима неликвидности, (3) изненадном волатилношћу прилива страног капитала, и (4) немогућношћу спречавања кредитног бума (Schinasi, 2011). За разлику од проблема надзора, који је у периоду пре кризе, упркос глобалном функционисању институција, био спровођен на националном нивоу и који се реформама може релативно једноставно решити, остали наведени проблеми захтевају промене како глобалне тако и националне политике. Немогућност предвиђања изненадних прилива и одлива страног капитала, који најчешће изазивају и кредитну експанзију или рестрикцију, су проблеми са којима се суочавају и привреде у развоју ван територије ЕУ. Страни капитал представља значајан извор финансијских средстава што утолико отежава управљање овим ризицима, јер дугорочно агресивно управљање капиталним токовима може дестабилизovati финансијски и економски систем.

1.2 Инвестиционо одлучивање у условима екстремних ризика

Моделирање процеса инвестиционог одлучивања у условима ризика и неизвесности са аспекта економских наука се најчешће одвија у оквиру концепта очекиване корисности. Статистика, пак, приступа моделирању одлучивања са аспекта расподеле вероватноће очекиваних приноса узимајући у обзир облик и симетрију дистрибуције, односно расподеле. Општеприхваћена претпоставка у оба случаја јесте да у оваквим условима инвеститори развијају аверзију према ризику, коју адекватно описује степена функција корисности. Међутим, ова функција не одражава понашање инвеститора у условима екстремних ризика, тако да је примена теорије одлучивања изузетно осетљива на претпоставке о расподели, и то како очекиваних приноса, тако и

расположивих информација (Geweke, 2001). Изузимајући утицај величине узорка, у извесним случајевима појединац не може да направи разлику између различитих расподела очекиваних приноса, што може довести до дивергенције рационалних одлука. Уколико је, међутим, информација о типу расподеле унапред позната, ова чињеница може довести до различитог понашања у условима екстремних ризика, на које не мора да утиче накнадно формирани информациони сет. Са друге стране, истраживања показују да је сет ефикасних инвестиционих опција, односно алтернатива, детерминисан обликом и симетријом расподеле очекиваних приноса, које могу утицати на померање границе ефикасности. Стога се општеприхваћени Марковицев (Markowitz, 1952) метод оптимизације може кориговати на различите начине, како би обухватио аномалије финансијских временских серија – тешке репове и асиметрију расподеле, и софистицираније мере екстремних ризика.

Економске импликације инкомпатибилности теорије одлучивања и статистичких претпоставки данас добијају озбиљне размере, с обзиром на то да примењени модели оптимизације не детерминишу само одлуке индивидуалних и институционалних инвеститора, већ и регулаторних тела¹¹. У овом поглављу ће бити дат критички осврт на класичне моделе оптимизације инвестиционих одлука, и то како са аспекта теорије корисности, тако и са аспекта статистичких метода, који се ослањају на различите моменте расподеле вероватноће очекиваних приноса и различите мере ризика.

1.2.1 Концепт очекиване корисности у условима екстремних ризика

Нормативна теорија одлучивања утврђује низ принципа на којима се базира понашање рационалног појединца – доносиоца одлука. Тежња појединца да смањи или избегне губитке, односно да повећа добитке (било у материјалном, емоционалном или неком другом смислу) садржана је у циљевима које пред себе поставља, а принцип којим се води приликом избора између различитих алтернатива јесте максимирање личне добробити (Павличић, 2014, стр. 13). Теорија рационалног избора заснована је на моделу који садржи две компоненте: (1) скуп алтернатива које је, под различитим

¹¹ Анализа користи и трошкова (енгл. *cost – benefit analysis*) се доминантно, али у извесним случајевима и обавезно, примењује у САД приликом доношења регулаторних аката и мера везаних за заштиту животне средине, насупротив принципу предострожности, који одређује еколошку политику ЕУ. Мерење користи представља посебно осетљиво подручје ове анализе, које захтева пажљиво сагледавање великог броја фактора, који опредељују понашање друштва у условима еколошких катастрофа (на пример: Carey, 2014; Sunstein, 2004).

околностима, могуће реализовати, и (2) преференције појединаца, које одражавају њихове циљеве. У условима извесности доносиоци одлука једноставно и рутински праве изборе и у случају великог скупа алтернатива. Међутим, новонастале ситуације, у условима ризика и неизвесности, могу узроковати промену скупа могућих алтернатива, када се из могућег подскупа бира она која одговара преференцијама појединца. Фундаментална студија у теорији рационалног избора аутора вон Нојмана и Моргенстерна (von Neumann & Morgenstern, 1947) поставила је оквир и постулате рационалног избора. Начин вредновања личне користи у условима ризика, према теорији очекиване корисности, описује се функцијом корисности, при чему је релација преференције \geq дефинисана на коначном скупу алтернатива X и има следећа својства:

- (комплетност) за било које две опције $x, y \in X$ важи $x \geq y$ или $y \geq x$ или $x \sim y$, где \sim означава индиферентност;
- (транзитивност) за било које три опције $x, y, z \in X$ ако $x \geq y$ и $y \geq z$ следи $x \geq z$;
- (непрекидност) за било које три опције $x, y, z \in X$ такве да важи $x \geq y \geq z$ значи да постоји нека вероватноћа p таква да $\exists p \in [0,1] \exists y \sim [p : x; 1 - p : z]$, што указује на чињеницу да мале промене у преференцијама неће изазвати промену редоследа преференција до одређене тачке обрта (енгл. „*tipping point*“);
- (независност) за било које три опције $x, y, z \in X$ постоји нека вероватноћа $p \in [0,1]$ таква да ако важи $x \geq y$ онда следи $px + (1 - p)z \geq py + (1 - p)z$, односно преференције су независне од могућности остварења неког другог исхода.

Ако је \geq релација преференције одређена на скупу X , функција $U : X \rightarrow R$ за коју важи:

$$x \geq y \leftrightarrow U(x) \geq U(y) \tag{1.4}$$

назива се функција корисности релације преференције. Ова функција је дефинисана за све вредности $x > 0$ и при том важи $U'(x) > 0$ и $U''(x) < 0$, тако да се проблем одлучивања према вон Нојману и Моргенстерну своди на проблем максимирања корисности појединца $E(U(x))$ дефинисане на следећи начин:

$$E(U(x)) = \int_{X \in R} U(x) d\mu(x) \tag{1.5}$$

где x представља могуће исходе алтернатива $x: R \rightarrow R^N$, а μ меру вероватноће разматраних исхода која дефинише расподелу вероватноћа сета исхода у реалном скупу¹².

Став појединца према ризику, који се исказује апсолутном аверзијом према ризику као $-U''/U'$ (Arrow, 1951), у оквиру теорије очекиване корисности детерминише облик функције корисности за коју се претпоставља да представља његов избор. Уколико претпоставимо да појединац са иницијалним богатством W разматра могуће исходе одлуке који се огледају кроз промену нивоа иницијалног богатства, и то: $W+\varepsilon_1$ са вероватноћом p и $W+\varepsilon_2$ са вероватноћом $1-p$, онда се очекивана корисност $E(U(W+\varepsilon_i))$, $i=1,2$, може одредити на следећи начин:

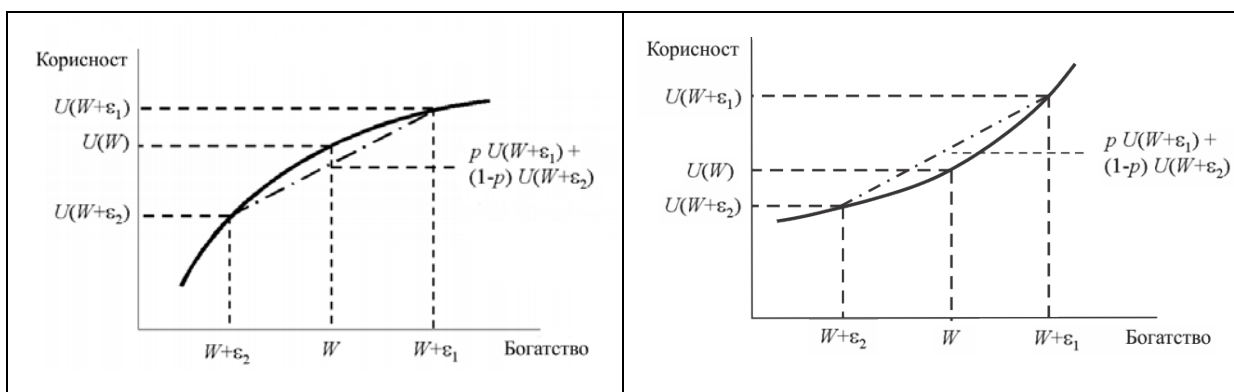
$$E(U(W + \varepsilon_i)) = pU(W + \varepsilon_1) + (1 - p)U(W + \varepsilon_2) \quad (1.6)$$

У случају да одлука не утиче на промену богатства, очекивана корисност $E(U(W+\varepsilon_i))$ биће једнака „фер“ корисности богатства $U(W)$, која се може сматрати еквивалентом сигурности и коју можемо одредити на следећи начин:

$$U(W) = U(W + p\varepsilon_1 + (1-p)\varepsilon_2) \quad (1.7)$$

при чему је $E(\varepsilon_i) = p\varepsilon_1 + (1-p)\varepsilon_2 = 0$, а појединац са таквим ставом према ризику се сматра индиферентним према ризику.

У уобичајеном случају, када појединац није склон преузимању ризика, крива функције корисности је конкавна (слика 1.1 лево), што значи да важи $U(W) > E(U(W+\varepsilon_i))$, док у супротном случају (слика 1.1 десно) може бити конвексна – када је појединац склон преузимању ризика.



Извор: Stanković & Petrović (2016)

Слика 1.1 Функција корисности конкавна (лево) и конвексна (десно)

¹² Математички аспект проблема одлучивања, као и аксиоматски приступ релација преференције, детаљно је описан у нпр. раду Fishburn, P. (1999). Preference structure and their numerical representation. *Theoretical Computer Science*, 217, 359-383.

Теоријска и емпиријска истраживања су показала да су најчешћи облици функције корисности инвеститора квадратна функција, степена и експоненцијална функција (Campbell & Viceira, 2001, стр. 19)¹³. Међутим, математичка заснованост очекиване корисности у значајној мери зависи од својства независности, које имплицира линеарност веровантоће. Два најпознатија парадокса уочена у пракси – Алеов (*Allais*) парадокс (Allais & Hagen, 1979) и Елсбергов (*Ellsberg*) парадокс (Ellsberg, 1961; Keynes, 1921), која оповргавају својство независности, показују да постоји контрадикторност између нормативне теорије и реалног избора инвеститора. Поред ових, данас добро познатих критика, постоји низ нових, које се ослањају на бихевиоралну економију и указују на чињеницу да у извесним случајевима строго примењен метод оптимизације очекиване корисности може довести до интуитивно неприхватљивих закључака (Rabin, 2000). Овакве аномалије добијају на значају приликом примене теорије очекиване корисности у доношењу одлука које се тичу друштва као целине, јер се испољавају кроз етичку прихватљивост одлука на колективном нивоу.

Узевши у обзир интензитет дејства ризика, појединци, институције и креатори макроекономске политике све чешће се суочавају са избором алтернатива у условима екстремних ризика у различитим сферама друштвеног живота (као што су финансије, осигурање, мере безбедности саобраћаја, политике здравствене заштите, затим мере за избегавање и превазилажење последица економских криза, нуклеарних и климатских катастрофа). Комбинација расподеле вероватноће могућих исхода са тешким репом и степене функције корисности доносиоца одлуке не само што могу имплицирати неограничену очекивану корисност, већ и неограничену очекивану маргиналну корисност, што би значило да појединац треба да одложи било какву потрошњу у садашњости да би избегао потенцијалне катастрофалне штете у будућности (Ikefuji et al., 2010). Овај феномен се назива „тиранија катастрофалних ризика“ (енгл. „*tyranny of catastrophic risk*“) и јавља се у случају када је функција корисности неограничена одоздо, односно важи $\lim_{x \rightarrow 0} U(x) = -\infty$ (Buchholz & Schymura, 2012, стр. 5). Са друге стране, уколико функција корисности није ограничена одоздо, али је вредност катастрофалне штете ограничена одозго, онда очекивана корисност тежи очекиваној

¹³ Приказ различитих функција корисности инвеститора и односа корисности и аверзије према ризику може се наћи у радовима: Petrović, E., Radović, O., & Stanković, J. (2013). *The impact of Risk Aversion on Individual Investors Investment Decision-Making Process, Strategic Management, International Journal of Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management, 18(1)*, 3-14; Авдаловић, В., Петровић, Е., и Станковић, Ј. (2016). *Ризик и осигурање*, Економски факултет, Ниш.

корисности без вероватноће настанка катастрофалних ризика (Buchholz & Schymura, 2012, стр. 6). Оба случаја доказују да теорија очекиваних корисности није применљива у условима екстремних ризика, јер ће довести до доминације екстремних ризика или потпуно негирати њихово постојање. Адекватан третман ових ризика треба да уважи чињеницу да је цена коју су појединци и друштво спремни да плате да би избегли последице катастрофе ограничена, без обзира на степен дејства ризика и иреверзибилност последица (Ikefuji et al., 2010). Све наведено указује на потребу да се модел очекиване корисности модификује како би се избегле слабости модела на претпоставке расподеле и облика функције корисности.

Теорија очекиване корисности је критикована и дорађивана од стране великог броја аутора. Озбиљан недостатак ове теорије била је претпоставка да је инвеститорима позната расподела вероватноћа реализације разматраних алтернатива. С обзиром на то да у већини случајева инвеститори немају могућност да бирају између опција чије су вероватноће објективне, једна од најутицајнијих варијанти ове теорије је, заправо, теорија субјективне очекиване корисности (Savage, 1972). Концепт одлучивања у овој теорији базира на функцији корисности, али се објективне вероватноће мењају субјективним, односно релација преференције има следећа својства: редослед опција (енгл. *ordering*), принцип сигурности (енгл. *sure-thing principle*), монотоност, слаба компаративна вероватноћа (енгл. *weak comparative probability*), недегенеративност, континуитет у случају догађаја са малом вероватноћом и униформна монотоност (Al-Najjar & De Castro, 2010). Ова теорија, као и претходна, није показала валидност у емпирији, па се појавио велики број тзв. теорија неочекиване корисности (енгл. *non-expected utility theories*), које су дале објашњење избора инвеститора мењајући или у потпуности изостављајући дискутабилно својство независности, односно принципа сигурности рационалног избора. Неке од најпознатијих су: генерализована анализа очекиване корисности (Machina, 1982), теорија пондерисане очекиване корисности (Fishburn, 1983), теорија корисности зависних од ранга (енгл. *rank-dependent*) (Quiggin, 1982), теорија очекиваног избора (Kahneman & Tversky, 1979), кумулативна теорија очекиваног избора (Kahneman & Tversky, 1992), теорија кајања (Loomes & Sugden, 1987), дуална теорија корисности (Yaari, 1987), и многе друге (Starmer, 2000).

Проблем екстремних ризика се разматра у теорији корисности зависних од ранга, где се полази од претпоставке да појединци рангирају опције према кумулативној функцији расподеле, а не субјективним вероватноћама. Задржавајући сва

наведена својства релације преференције рационалних инвеститора и базирајући се на рангу могућих исхода опција x у растућем поретку, ова теорија даје решење максимирања следеће циљне функције инвеститора

$$E(U(x_i)) = \int_0^{\infty} \frac{\partial g(\Phi(x_i))}{\partial x_i} U(x_i) dx_i \quad (1.8)$$

где $\Phi(x)$ представља вероватноћу да ће исход x бити нижи од неке вредности p , док је $g(\cdot)$ функција рангирања вероватноће могућих исхода таква да важи $g(0) = 0$ и $g(1) = 1$.

Савремени покушаји побољшања теорије очекиване корисности углавном се тичу оптимизације одлучивања у условима климатских промена. У свом истраживању о екстремним климатским променама, Вајцман (Weitzman, 2009) уводи претпоставку о постојању доње границе потрошње детерминисане параметром, који представља статистичку вредност живота. Он доказује да очекивана стохастичка дисконтна стопа тежи бесконачности како се вредност овог параметра приближава бесконачности, али констатује да је вредност овог параметра тешко утврдити. Ајкфуци и остали (Ikemfuji et al., 2010) изводе довољне и неопходне услове одрживости модела очекиване корисности у условима екстремних ризика сагледавајући различите функције корисности. Не постављајући ограничења расподеле вероватноће, они долазе до закључка да општеприхваћена степена функција корисности не би требало да се разматра при одлучивању уколико постоји незанемарљив ризик модела. Уместо тога, експоненцијална функција и Парето функција корисности су у таквим околностима прихватљивије.

Упркос могућим побољшањима, концепт очекиване корисности предвиђа просечне реакције на пондерисан просечан ризик, где се као пондер користе вероватноће настанка ризика (Chichilnisky, 2011, стр. 5). Теорија очекиваног избора објашњава да појединци у реалности прецењују потенцијалне губитке, док истовремено потцењују потенцијалне добитке у условима ризика, и ова асиметрија се не може објаснити теоријском функцијом богатства нити општеприхваћеном функцијом аверзије према ризику (Kahneman & Tversky, 1979). Понашање доносиоца одлуке, на чији избор утиче како аверзија према ризику, тако и ранг могућих исхода, објашњено је кумулативном теоријом очекиваног избора (Kahneman & Tversky, 1992) и формално се може приказати као проблем максимирања следеће функције

$$E(U(x_i)) = \int_{-\infty}^0 \frac{\partial g^-(\Phi(x_i))}{\partial x_i} U^-(x_i) dx_i + \int_0^{+\infty} \frac{\partial g^+(\Phi(x_i))}{\partial x_i} U^+(x_i) dx_i \quad (1.9)$$

Иако ова теорија пружа извесну флексибилност у моделовању процеса одлучивања у односу на теорију очекиване корисности, функције $g^-(\cdot)$, $u^-(\cdot)$, $g^+(\cdot)$ и $u^+(\cdot)$ је изузетно тешко идентификовати.

У случају да се нађе у екстремној ситуацији, појединац не размишља рационално, јер су доносиоци одлуке склони прецењивању вероватноће настанка екстремних исхода. Истраживања показују да доношење одлука под утицајем екстремних емоција резултује екстремним и поједностављеним реакцијама типа „бори се или бежи“, а не рангирањем алтернатива на бази њихових вероватноћа, као што то описује теорија очекиване корисности. Стога се може показати да је рангирање алтернатива према вон Нојаману и Моргенстерну у условима екстремних ризика неосетљиво на исходе који се дешавају са малом вероватноћом (Chichilnisky, 2011), односно да важи:

$$E(U(x)) \geq E(U(y)) \Leftrightarrow \exists \varepsilon > 0, \varepsilon = \varepsilon(x, y) : E(U(x')) \geq E(U(y')) \quad (1.10)$$

за свако x' и y' такве да је $x' = x$ и $y' = y$, осим у случају $A \subset R : \mu(A) < \varepsilon$.

Уколико је, пак, рангирање алтернатива фокусирано на исходе са ниском учесталосту понављања, онда је такво рангирање неосетљиво на исходе са високом учесталосту понављања (Chichilnisky, 2011), односно важи:

$$E(U(x)) \geq E(U(y)) \Leftrightarrow \exists M > 0, M = M(x, y) : E(U(x')) \geq E(U(y')) \quad (1.11)$$

за свако x' и y' такве да је $x' = x$ и $y' = y$, осим у случају $A \subset R : \mu(A) > M$.

Како би се „просечни“ исходи и исходи са екстремним вероватноћама настанка могли третирати на исти начин, Чичелниски (Chichilnisky, 1996, 2009, 2011) предлаже нове аксиоме релације преференције, и то: линеарност и континуираност, осетљивост на исходе са малим вероватноћама, и осетљивост на учестале исходе, а проблем одлучивања формулише у виду максимирања следеће функције:

$$E(U(x_i)) = \lambda \int_{x \in R} U(x_i) d\mu(x_i) + (1 - \lambda) \Phi(U(x_i)) \quad (1.12)$$

за $\lambda \in (0,1)$ и коначну адитивну функцију Φ , $\Phi: L \rightarrow R$, при чему L представља скуп алтернатива $L = L_\infty(R)$.

Први део израза (1.12) је сличан функцији очекиване корисности, где се рангирају учестали исходи, док је други део функције одређен мером вероватноће, која рангира исходе са малом вероватноћом настанка, односно мером са тешким реповима. На тај начин се катастрофални ризици рангирају много реалније, а функција је осетљива и на мање и на више учестале исходе. Овакав приступ пружа значајно различите резултате у односу на класичну теорију очекиване корисности, али апликација свих поменутих модела још увек није заступљена у инвестиционој теорији и пракси (Grechuk & Zabarankin, 2014).

1.2.2 Диверсификација инвестиционих улагања у условима екстремних ризика

Упркос чињеници да се циљ портфолио менаџмента у последњих неколико деценија није променио, функционисање финансијских тржишта и ризици инвестирања условили су појаву нових ограничења у дефинисању оптималног портфолија. Турбуленције финансијских тржишта доводе до екстремних флуктуација цена финансијских инструмената, што инвеститоре и портфолио менаџере излаже већем ризику. Толерантност инвеститора и регулатора на ризик опада, тако да се захтевају нове технике оптимизације портфолија хартија од вредности. Деценијама уназад у селекцији финансијске активе и формулисању оптималне портфолио стратегије доминира модел очекиваног приноса и ризика (енгл. *Mean-Variance* – M-V) (Markowitz, 1952), који представља основу Савремене портфолио теорије и квантитативног оквира за оптималну диверсификацију инвестиционих улагања. Заснован на претпоставци да је (а) расподела приноса на финансијску активу Гаусова, односно нормална, или (б) функција корисности инвеститора квадратног облика, овај модел омогућава мерење очекиваног приноса и ризика, као и степен диверсификације применом статистичких мера. Полазећи од претпоставке да емпиријска расподела приноса на разматране хартије од вредности, па самим тим и заједничка расподела хартија од вредности у портфолију, одговара нормалној, према M-V моделу за опис расподеле довољно је користити само два параметра: мере централне тенденције (μ) и мере дисперзије (σ^2). Различита структура улагања у хартије од вредности узроковаће и различите вредности μ и σ^2 , па скуп свих комбинација улагања представља могући скуп (енгл. *attainable set*) инвестиционих алтернатива. Оне комбинације, пак, које обезбеђују минимални варијабилитет приноса σ^2 за дати или већи принос μ , као и комбинације које обезбеђују максимирање приноса μ за дати или мањи ниво варијабилности

приноса σ^2 представљају ефикасан скуп (или ефикасну границу) инвестиционих алтернатива. Како се у инвестиционом одлучивању претпоставља да инвеститори нису склони преузимању ризика, тако ће се селекција хартија од вредности вршити на начин који ће им обезбедити максимални принос за дати ниво ризика или минимални ризик за дати ниво приноса. Поједностављене полазне претпоставке у погледу преференција инвеститора и расподеле вероватноће приноса омогућиле су формирање оптеприхваћеног модела оптимизације, који се своди на решавање следећег проблема:

$$\begin{aligned} \min_w \sigma_p^2 \\ \text{уз ограничења } \mu_p \geq \mu_0 \\ \sum_{i=1}^n w_i = 1 \end{aligned} \tag{1.13}$$

где σ_p^2 представља очекивану стандардну девијацију портфолија, μ_p очекивани принос портфолија, μ_0 жељени ниво приноса портфолија, а w_i учешће појединачне активе у вредности портфолија.

Међутим, ниједан услов овог модела није одржив у реалности. Нормална расподела приноса није адекватан модел емпиријске расподеле, коју карактерише асиметричност и тешки репови. У ситуацијама када долази до значајног одступања приноса од очекиване вредности, мере централне тенденције и дисперзије више нису довољни параметри ни за опис расподеле, а ни за оптимизацију портфолија. Уопштено посматрано, неке од кључних критика односе се на следеће претпоставке модела: рационалност инвеститора, линеарну зависност ризика и приноса, савршено ефикасно функционисање финансијских тржишта (Mangram, 2013)¹⁴.

Упоредо са развојем Марковицеве портфолио теорије, дефинисан је и Ројев принцип сигурности (енгл. *Roy's safety-first*). За разлику од класичне портфолио теорије где оптимални портфолио одражава однос између очекиваног приноса и ризика детерминисан инвеститоровом функцијом корисности, Рој полази од претпоставке да инвеститор, без обзира на функцију корисности, очекује да улагањем у одређени портфолио сачува главницу. Према принципу сигурности оптимизација портфолија се своди на следећи проблем (Roy, 1952):

¹⁴ Опширнија критика Савремене портфолио теорије може се наћи у раду Станковић и Петровић (2016).

$$\min_w P(R_p \leq R_0) \quad (1.14)$$

уз ограничење $\sum_{i=1}^n w_i = 1$

где R_0 представља минимално захтевани принос на улагања у портфолио. Уколико инвеститору није позната функција вероватноће, а R_0 одговара неризичној стопи приноса, овај проблем апроксимира максимирању Шарповог рација (енгл. *Sharpe ratio*) портфолија (Fabozzi et al., 2007, стр. 59).

Средином деведесетих година прошлог века М-V модел је почео критички да се посматра и иновира како би одговорио на захтеве инвеститора у условима неизвесности и ризика. Највећи број критика односи се на параметре функције расподеле приноса – средњу вредност, као меру очекиваног приноса, и стандардну девијацију, као меру ризика, и њихове улоге у оптимизацији портфолија. У условима значајних одступања од очекиваних приноса, стандардна девијација не пружа довољне информације о ризику, што захтева алтернативне и нове мере ризика. Када је реч о мерама дисперзије, које утврђују одступања од очекиване вредности, али не и ризик, треба напоменути да је Марковиц увидео недостатке класичног М-V приступа и модификовао га увођењем средње стандардне девијације и средње варијансе. Једна од алтернатива М-V приступу јесте М-AD (енгл. *Mean-Absolute Deviation*) приступ (Konno & Yamazaki, 1991). Апсолутна девијација (AD) као мера дисперзије, која се базира на апсолутном одступању приноса од аритметичке средине, може се одредити на следећи начин:

$$AD(R_p) = E \left[\left| \sum_{i=1}^n w_i R_i - \sum_{i=1}^n w_i \mu_i \right| \right] \quad (1.15)$$

где R_p представља принос портфолија, R_i принос на појединачну финансијску активу која је у саставу портфолија, w_i учешће финансијске активе i у вредности портфолија и μ_i средња вредност приноса R_i . Уколико су приноси на хартије од вредности нормално дистрибуирани, стандардна девијација и апсолутна девијација су у суштини идентичне¹⁵. Међутим, уопштено посматрано, проблем оптимизације применом стандардне девијације и апсолутне девијације може се приказати као приступ М-АМ (енгл. *Mean-Absolute Moment*) одговарајућег реда q ($q = 2$ и $q = 1$, редом), док се

¹⁵ Доказ је приказан у раду Konno & Yamazaki (1991).

апсолутни моменат (AM), као мера ризика у овом приступу може одредити на следећи начин:

$$AM_q(R_p) = \left(E \left(\left| R_p - E(R_p) \right|^q \right) \right)^{1/q}, q \geq 1 \quad (1.16)$$

Увођење мера ризика (енгл. *downside measures*), које мере губитак приноса портфолија у проблем оптимизације портфолија има за циљ максимирање вероватноће да принос портфолија буде изнад одређеног минимално прихватљивог нивоа (енгл. *benchmark level, disaster level*). Примена ових мера у портфолио оптимизацији је рачунски захтевна, јер се одређене мере ризика за појединачну активу не могу једноставно агрегирати на ниво портфолија. Најчешће коришћене мере су полуваријанса, нижи парцијални моменат (енгл. *lower partial moment*), вредност под ризиком (енгл. *Value at Risk - VaR*) и условна вредност под ризиком (енгл. *Conditional Value at Risk - CVaR*).

За разлику од варијансе која се примењује у класичној портфолио теорији и показује волатилност приноса, полуваријанса мери само негативна одступања и на нивоу портфолија се може израчунати на следећи начин:

$$\sigma_{p,\min}^2 = E \left(\min \left(\sum_{i=1}^n w_i R_i - \sum_{i=1}^n w_i \mu_i, 0 \right) \right)^2 \quad (1.17)$$

док се у уопштеном случају полуваријанса може посматрати као нижи парцијални моменат одговарајућег реда q ($q = 2$), који се може израчунати на следећи начин:

$$\sigma_{R_p,q,R_0} = \left(E \left(\min(R_p - R_0, 0)^q \right) \right)^{1/q} \quad (1.18)$$

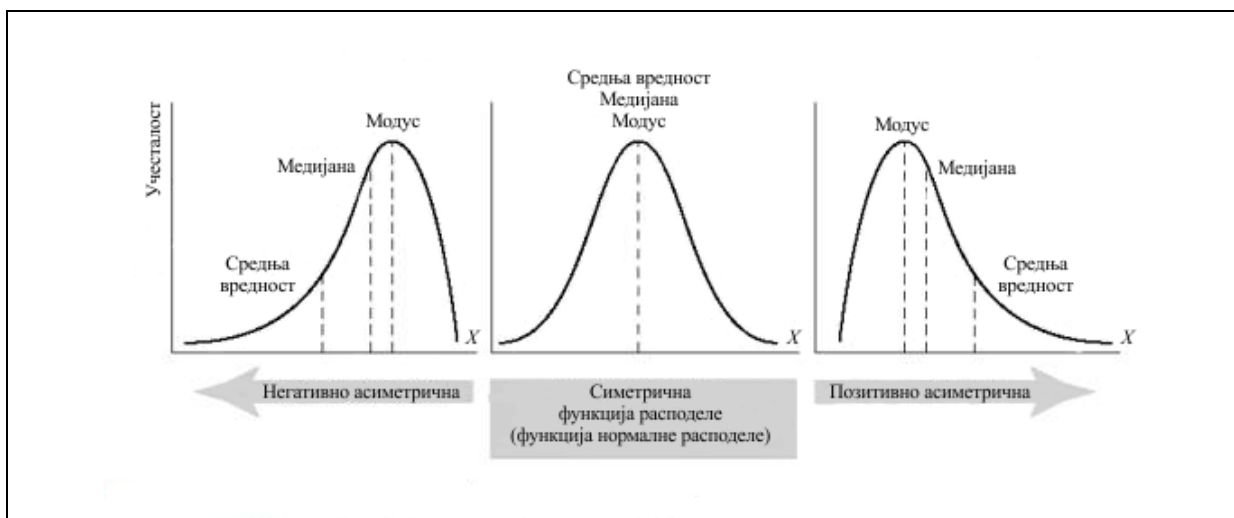
где R_0 представља неризичну стопу приноса, којом Рој детерминише минимално прихватљив ниво приноса (енгл. *disaster level*). Утврђивањем вредности q на нивоу $q = 1$ могу се представити преференције инвеститора који је неутралан према ризику, док $0 < q \leq 1$ одговара инвеститору који преузима ризик, а $q > 1$ инвеститору који има аверзију према ризику (Fishburn, 1977).

Савремене мере ризика, које су фокусиране на ризик репа расподеле, биће представљене у другом поглављу овог рада, а проблем оптимизације разматран у трећем.

Са друге стране, нормална расподела приноса нема емпиријски значај у моделирању финансијских серија са савремених тржишта, јер је уочено да облик

расподеле значајно утиче на перформансе портфолија, као и на критеријуме за избор финансијске aktive (Samuelson, 1970). Инвеститори, чија функција корисности показује опадајућу апсолутну аверзију према ризику, имају преференције према финансијској активи чије приносе карактерише позитивно асиметричан распоред (Arrow, 1971). Стога се као један од могућих начина за унапређење M-V модела истиче инкорпорирање виших момената расподеле у модел оптимизације портфолија. Савремена истраживања показују да би модели оптимизације који укључују моменте вишег реда расподеле пружили адекватнија решења проблема, посебно на тржиштима у развоју (Aracioglu, Demircan & Soyuer, 2011; Škrinjarić, 2013).

Трећи моменат расподеле приноса, односно коефицијент асиметрије (енгл. *skewness*) описује одступања вредности приноса око очекиваног приноса – аритметичке средине. Овим коефицијентом се приказује размештај вредности приноса, па се може рећи да је распоред симетричан уколико су вредности распоређене симетрично у односу на средњу вредност, тј. када је вредност овог коефицијента једнака 0 (слика 1.2). Међутим, у случају асиметричног распореда вредност овог коефицијента може бити већа или мања од 0, а предзнак коефицијента означава смер асиметрије. Позитивна вредност овог коефицијента указује на асиметрију удесно и дужи десни реп расподеле (слика 1.2), што значи да се налази више екстремних позитивних случајева у репу него што се то предвиђа нормалном расподелом. Насупрот томе, ако је коефицијент асиметрије негативан (слика 1.2), реч је о асиметрији улево и дужем левом репу расподеле, што указује на повећану вероватноћу остварења екстремних губитака.



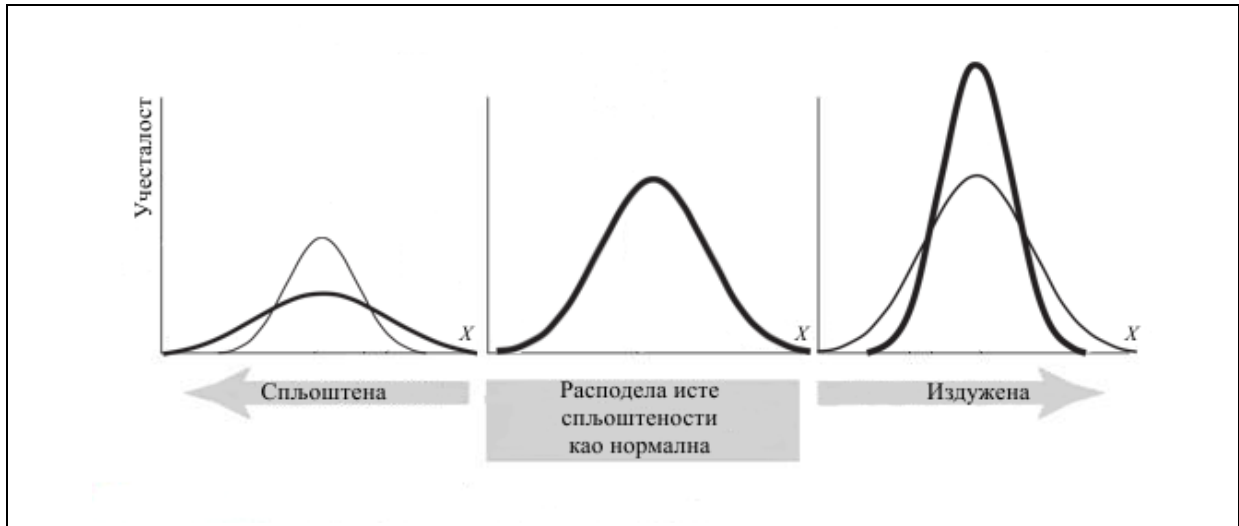
Извор: према Ђорђевић, В. (2006)

Слика 1.2 Типови асиметричности расподеле финансијских временских серија

Како емпиријска расподела приноса на хартије од вредности најчешће не прати облик нормалне расподеле, истраживања показују да инвеститори преферирају хартије од вредности чија је расподела позитивно асиметрична, уколико су очекивана вредност приноса и стандардна девијација константне за све разматране хартије од вредности (Sortino & Price, 1994; Sortino & Forsey, 1996). Ова особина инвеститора посебно долази до изражаја када се говори о менаџерима ризиком у инвестиционим фондовима и осигуравајућим компанијама (Cox & Zuluaga, 2010). Аверзија према негативно асиметричној расподели приноса заправо произилази из тежње многих инвеститора да део очекиваног приноса замене за смањену вероватноћу остварења губитка, који може значајно умањити њихово богатство. Штавише, неки типови инвеститора преферирају хартије од вредности чије расподеле приноса карактерише изражена асиметрија по цену веће стандардне девијације, што значи да ни функција корисности свих инвеститора није квадратног облика (Konno & Suzuki, 1995).

Иако је значај коефицијента асиметрије расподеле препознат педесетих година прошлог века (Samuelson, 1958), његова имплементација у проблем оптимизације није била могућа због сложеног процес обрачуна коефицијента у случају великог броја хартија од вредности и захтевног процеса решења модела оптимизације који би обухватао и коефицијент асиметрије. Стога је његова примена била одложена до појаве техничких могућности за реализацију вишециљног одлучивања у реалном времену.

Четврти моменат расподеле, односно коефицијент спљоштености (енгл. *kurtosis*) описује концентрацију могућих исхода у реповима расподеле. Сплљоштеност се изражава у односу на спљоштеност нормалне расподеле, те се сматра да расподела има нормалну висину уколико је вредност коефицијента једнака 3 (слика 1.3). У случају када је вредност коефицијента мања од 3, расподела је спљоштена и карактеришу је кратки и танки репови (енгл. *thin tails*). На другој страни, уколико је вредност коефицијента већа од 3, расподела је издужена у поређењу са нормалном расподелом, а репови расподеле су дужи и тежи од репова нормалне расподеле (енгл. *fat tails*). Тешки репови указују на постојање екстремних промена у кретању временске серије, па се висок коефицијент спљоштености повезује са повећаним ризиком улагања због веће вероватноће настанка великих губитака или добитака.



Извор: према Ђорђевић, В. (2006)

Слика 1.3 Типови облика расподеле финансијских временских серија

Уколико се овај коефицијент посматра у концепту очекиване корисности инвеститора, онда се може закључити да опадајућа апсолутна опрезност (енгл. *prudence*) инвеститора узрокује аверзију према коефицијенту спљоштености (Naas, 2007). Оваква тврдња, међутим, има одређене слабости. С обзиром на то да инвеститори имају преференције према различитим облицима расподеле очекиваних приноса у будућности, рангирање инвестиционих алтернатива не мора бити извршено према одређеним моментима расподеле. Наиме, расподеле са тешким реповима карактерише концентрисаност вредности око средње вредности и већа вероватноћа настанка екстремних догађаја у односу на нормалну расподелу. Уколико посматрамо и остале моменте расподеле, не може се извести уопштени закључак о преференцијама инвеститора, јер се аверзија према ризику не може поистоветити са аверзијом према спљоштености. Инвеститори развијају аверзију према спљоштености расподеле онда када су дебели репови мање пожељна карактеристика расподеле од високе концентрисаности вредности.

Модел оптимизације портфолија који укључује моменте вишег реда расподеле вероватноће приноса заснива се на следећим полазним претпоставкама (Lai, 1991; Lai, Wang & Yu, 2006): (1) инвеститори имају аверзију према ризику те је њихов циљ максимирање корисности на крају периода инвестирања, (2) инвеститор може бирати између n врста ризичне финансијске активе, као и опције улагања у неризичну финансијску активу, (3) све хартије од вредности су утрживе, савршено дељиве и носе ограничену одговорност, (4) цена позајмљених финансијских средстава и средстава датих у зајам је једнака неризичној стопи приноса, (5) тржиште капитала је савршено,

нема трошкова трансакција ни пореза, (б) заузимање кратке позиције (енгл. *short sales*) у трговању хартијама од вредности није дозвољено. Доношење одлуке о оптималној структури портфолија, уколико се посматра више циљних функција, решава се техникама вишециљног одлучивања, при чему се модел оптимизације (P1) може приказати на следећи начин (Lai, Wang & Yu, 2006):

$$P(1) \left\{ \begin{array}{l} \max E(R_p) \\ \min \sigma_p^2 \\ \max S_p \\ \min K_p \\ \text{уз ограничења } \sum_{i=1}^N w_i = 1 \\ w_i \geq 0 \end{array} \right. \quad (1.19)$$

где S_p представља коефицијент асимтерије портфолија, а K_p коефицијент спљоштености.

Проблем оптимизације (P1) у овом случају састоји се из четири циљне функције које треба консолидовати, због чега се користи циљно програмирање (енгл. *polynomial goal programming*), као техника вишециљног одлучивања. Предност овог модела у односу на М-V модел, поред обухватања више циљева инвеститора, јесте и могућност обухватања различитих преференција инвеститора према одређеним карактеристикама расподеле, што значајно утиче на алокацију слободних финансијских средстава.

1.3 Нормативни оквир за управљање екстремним ризицима у финансијском систему

Финансијска стабилност је стуб финансијског развоја једне привреде. Искуства како развијених привреда тако и привреда у развоју у претходних неколико деценија указују на свеprisутност финансијских криза. Финансијске кризе, као сигнали финансијске нестабилности и неуспешног функционисања финансијског система, узрокују озбиљне финансијске, али и економске последице, које напослетку воде до економских контракција. Финансијске кризе могу бити узроковане различитим факторима. Мишљења регулатора по питању основног узрока последње глобалне кризе 2007/2008. године углавном су усаглашена око става да је то неадекватно регулисање пословања финансијских институција. Регулаторни оквири, који су по својој природи микропруденциони, односно усмерени на превенцију трошкова неадекватног пословања појединачних институција, нису успели да заштите стабилност система. Стога је перспектива регулативе и надзора финансијског система потпуно промењена (табела 1.4), па се у посткризном периоду као основни захтев пред регулаторе поставља ревизија постојећих и формулисање нових, робусних стандарда, који ће повећати отпорност финансијског система у условима криза.

Табела 1.4 Поређење макро и микропруденционе перспективе регулативе и надзора финансијског система

	<i>Макропруденциона</i>	<i>Микропруденциона</i>
<i>Непосредни циљ</i>	Ограничити поремећаје у функционисању система	Ограничити поремећаје у функционисању институција
<i>Основни циљ</i>	Избећи макроекономске трошкове фин. нестабилности	Заштита потрошача (инвеститора/депонената)
<i>Карактеризација ризика</i>	Ендогени	Егзогени
<i>Корелација и изложеност институција</i>	Важна	Неважна
<i>Дефинисање система пруденционе контроле</i>	Систем контроле системског ризика – одозго на доле	Систем контроле ризика индивидуалних институција – одоздо на горе

Извор: Borio С. (2003)

У овом поглављу биће разматрани најосетљивији аспекти регулативе пословања финансијских и нефинансијских институција у складу са предметом истраживања. Компаративна анализа најважнијих регулаторних оквира има за циљ да укаже на значај реформисања глобалног регулаторног система.

1.3.1 Макропруденциони оквир финансијске регулативе и надзора као одговор на глобалну финансијску кризу

У посткризном периоду макропруденциона политика је, заједно са монетарном и фискалном, често представљана као трећи стуб политике за макроекономску стабилизацију (Jeane & Koginek, 2014). Међутим, посматрана са аспекта инструмената и сфера имплементације, макропруденциона политика се уобичајено третира као саставни део банкарске регулативе, односно као проширење традиционалног оквира банкарске регулативе које укључује макропруденционе циљеве. Узевши у обзир да је циљ макропруденционе политике идентификација и управљање ризицима у финансијском систему, може се закључити да је сфера деловања ове политике шира од банкарског сектора и да надзор и пруденциона регулатива имају изузетан значај како у небанкарском сектору, тако и у нефинансијском – корпоративном сектору.

1.3.1.1 Финансијска стабилност – императив међународне регулативе

Како је глобална финансијска криза кулминирала у развијеним привредама, које одликује стабилан раст и ниска стопа инфлације, може се закључити да макроекономска стабилност више није довољан услов за постојање финансијске стабилности. Комплексност веза и међузависност појединачних финансијских система допринели су ширењу кризе не само у развијеним привредама, већ и у привредама у развоју. Заправо, криза је указала на неколико битних чињеница (Perrut, 2012): (1) циљ вођења монетарне политике треба да обухвати и финансијску стабилност, (2) институције финансијског система, које могу изазвати колапс система, морају бити идентификоване, а њихов рад пажљиво надгледан, (3) улога зајмодавца у последњој инстанци претрпела је значајне промене, (4) неопходно је дефинисати оквир за управљање кризом, који ће обухватити и проблеме изазване моралним хазардом и заштитити пореске обвезнике. Иницијативу за реформу регулативе у области функционисања и надзора финансијског система, непосредно по завршетку кризе дала је Група 20 (Г20). На првом самиту лидера Г20 најразвијенијих држава разматрани су изазови кризе и дати кључни предлози на плану регулације (Килибарда и остали, 2011): (1) стварање међународног регулатора уз постојећи тржишни модел утврђивања вредности имовине, (2) јачање резерви капитала финансијских институција, посебно банака, (3) регулација хец фондова и рејтинг агенција, и (4) промена рачуноводствених стандарда. У сарадњи са FSB, IMF и WB развија се програм реформе финансијске

регулативе, чије су основне компоненте нови сет банкарских стандарда – регулаторни оквир Базел III, и сет смерница за успостављање заједничког режима пословања финансијских институција. С обзиром на значај утицаја банкарских институција на развој кризе, нови регулаторни оквир се посматра као основни алат за превенцију нових финансијских криза.

На нивоу ЕУ утврђен је институционални оквир макропруденционе политике формирањем Европског одбора за системски ризик (ESRB), чији је основни задатак спречавање настанка, отклањање или ублажавање системског ризика у ЕУ. Ипак, макропруденциона политика се претежно води на националном нивоу и према препорукама ESRB земље чланице су формирале националне институционалне оквире макропруденционе политике и одговорност за спровођење исте доделиле одређеним институцијама. Водећу улогу имају централне банке, како због стручности кадра, тако и због постојећих надлежности у области финансијске стабилности.

Међутим, за разлику од развијених привреда, финансијски системи многих привреда у развоју су показали извесну отпорност на шокове током глобалне финансијске кризе. Иако је реч о великом броју различитих привреда, основа ове отпорности лежи у неколико битних фактора: јача макроекономска основа финансирана углавном банкарским фондовима, минимална изложеност ефектима кризе у САД, побољшања у политичким оквирима, финансијском надзору и тржишној инфраструктури. Привреде у развоју су, пак, и даље изложене глобалним ризицима, који проистичу из великих суверених дугова, нестабилности извозних цена робе и значајном приливу капитала, који може допринети расту кредита, леверица и цена имовине. Стога се у оваквим привредама не примењује само макропруденциона политика, већ и политика директног очувања финансијске стабилности, које се фокусирају на следеће (FSB, IMF & WB, 2011):

- *примена међународних финансијских стандарда* – иако је највећи број привреда у развоју интензивирао надзор пословања банака и осигуравајућих друштава и квалитет регулативе финансијских тржишта, пред регулаторима су велики изазови повезани са стандардима капацитета надзорних тела, некомплетним правним оквирима, могућностима да адекватно регулишу и надгледају финансијске конгломерате;

- *промоција прекограничне кооперације у области надзора* – у привредама где стране банке имају значајну улогу, потенцијални конфликти између домаће и стране регулативе могу се спречити кооперацијом и разменом информација између надзорних

тела, док се у многим привредама захтева оснивање филијала, на које се понекад примењују и додатне пруденционе мере како би се заштитили интереси локалних стејхолдера;

- *експанзија регулативе и надлежности надзора* – мале небанкарске институције могу имати озбиљан значај за функционисање финансијског система, што, у случају експанзије њиховог утицаја на остале институције, међузависност компоненти система може учинити комплексним. Интензивирању негативних ефеката доприноси неадекватан регулаторни оквир и ограничени ресурси и надлежност надзорних тела;

- *управљање валутним ризиком* – флексибилни режими девизних курсева обезбеђују значајне користи за привреде у развоју. Међутим, волатилност девизног курса може увећати ризик, посебно финансијских система које одликује плитко финансијско тржиште, доларизација и ограничене могућности за хединг;

- *развој домаћих тржишта капитала* – у поређењу са развијеним тржиштима, тржишта у развоју су плитка, и када се инвеститори на оваквим тржиштима суочавају са негативним предвиђањима, ликвидност тржишта може бити брзо нарушена изазивајући прекомерна трговања и ширење панике, што у коначном може угрозити и финансијску стабилност.

У Србији, слично многим другим европским државама, централна банка (Народна банка Србије – НБС) има законски мандат за деловање на пољу одржања финансијске стабилности. Закон о НБС из 2010. године („Службени гласник РС“, бр. 72/2003, 55/2004 и 44/2010) прописује да НБС, не доводећи у питање остваривање свог основног циља – одржавања стабилности цена, доприноси очувању и јачању стабилности финансијског система. Из овог се може закључити да мандат НБС, поред доприноса очувању стабилности финансијског система, подразумева и допринос јачању те стабилности. Ипак, очување и јачање целокупног финансијског система обухвата широк спектар политика (и инструмената) које не могу бити у формалној надлежности искључиво централне банке. Стабилност финансијског система као целине зависи од бројних активности које су у надлежности различитих институција и ниједна појединачна институција не може бити одговорна за очување те стабилности у целини, тако да координирано деловање свих релевантних институција и припрема јединственог оквира макропруденцијалне политике постају неопходност.

1.3.1.2 Регулисање делатности осигурања у циљу одржања финансијске стабилности

Потреба за регулисањем и надзором пословања осигуравајућих компанија примарно произилази из одговорности регулатора да, у уговорном односу између осигураника и осигуравача, заштити осигураника, који није увек савршено информисан, па самим тим ни у могућности да направи рационални избор услуге или оцени солвентност осигуравача. Насупрот томе, строга регулатива статусног карактера ове делатности оправдава се *теоријском* претпоставком да осигуравајуће компаније, као институционални инвеститори, значајно доприносе функционисању и развоју како финансијског тако и сектора привреде. Посматрано са функционалног и институционалног становишта, неспоран је значај осигурања за стабилност и развој економског система. Наиме, омогућајући физичким и правним лицима трансфер ризика, осигуравајуће компаније редукују неизвесност и утицај ризика на микро и агрегираном макро нивоу, што коначно води редукцији волатилности економског циклуса. Специфичности мобилизације средстава и карактеристике активе и обавеза осигуравајућих компанија омогућавају формирање фондова, чијим инвестирањем у инструменте тржишта капитала ова врста институционалних инвеститора може да утиче на привреду на следећи начин: (1) проширењем инвестиционог спектра, (2) проширењем инвестиционог хоризонта, (3) повећањем инвестиционог волумена, (4) продубљивањем тржишта капитала, и (5) побољшањем ефикасности финансијског тржишта (Haiss & Sumegi, 2006, стр. 8-10). Елемент штедње, који карактерише осигурање живота, може у извесној мери супституисати класичне облике штедње и довести до повећања потрошње, а затим и тржишне конкуренције и ефикасности. Због специфичности свог пословања, али и величине и повезаности са осталим институцијама финансијског система, традиционалне осигуравајуће компаније нису сматране системски ризичним (Weisbart & Hartwig, 2011; Cummins & Weiss, 2014). Међутим, посматрано са институционалног аспекта, интегрисање банкарских услуга и услуга осигурања доводи до нових облика организовања финансијских институција. Финансијски конгломерати, који омогућавају дистрибуцију услуга осигурања (енгл. *bancassurance*), банкарских услуга (енгл. *assurfinance*) и професионално управљање фондовима, бришу јасне границе између ових делатности и пружају значајне синергетске ефекте пословања у поређењу са ефектима пословања појединачних институција (Kist, 2001) и/или мерџерима осигуравајућих компанија (Poposki, 2007).

Међутим, поред свега наведеног, теоријска и емпиријска истраживања су углавном била усмерена на испитивање односа између економског раста и развоја, с једне стране, и банака и тржишта капитала, с друге¹⁶. Узрочна веза између делатности осигурања и развоја реалног сектора није довољно анализирана ни у потпуности јасна (Haiss & Sumegi, 2006), па се потреба регулисања и надзора ове делатности, упркос чињеници да савремене осигуравајуће компаније послују по принципима тржишне економије, може образложити утицајем екстерних ефеката и проблемом информационе асиметрије, са којима се осигуравајуће компаније реално суочавају у пословању. Нагли развој осигурања повећава интересовање академске и стручне јавности за његов утицај на развој осталих сегмената економског система и истиче значај корпоративног управљања, који је неопходан како би се обезбедила равнотежа између захтева регулаторног оквира и тежње за адекватном аутономијом осигуравајућих компанија у доношењу одлука и преузимању одговорности за развој одређених пракси управљања (Стојковић, 2013). До светске финансијске кризе 2007/2008. године сматрало се да аномалије у пословању осигуравајућих компанија не могу довести до системског ризика, па су се циљеви регулисања ове делатности могли окарактерисати као микропруденциони. Међутим, спречавање банкротства међународне небанкарске финансијске институције *American International Group* (AIG) од стране владе САД током 2008. године, за које је издвојена највећа сума новца у историји, значајно је утицало на преиспитивање ставова о ризицима пословања осигуравајућих компанија (Schwarcz & Schwarcz, 2014).

Иако је највећи број компанија, које су пословале у саставу AIG, био регистрован за обављање послова осигурања, узрок пропасти ове компаније се повезује са пословањем *AIG Financial Products* (AIGFP) у сфери издавања CDS. У сличној ситуацији нашао се значајан број осигуравача финансијских гаранција, али су они, за разлику од AIG, били регистровани за обављање делатности осигурања. Поред тога, велики број осигуравајућих компанија, које се баве животним осигурањем, је, због изненадног смањења прихода и драматичног повећања нереализованих губитака од инвестиција у хартије од вредности током 2008. године, такође, био пред банкротством (IMF, 2010). Оваква дешавања током кризе навела су регулаторе да у посткризног периоду озбиљније преиспитају однос осигуравајућих компанија и финансијских институција и могућност да утичу на функционисање финансијског система као

¹⁶ Детаљан преглед литературе може се наћи, на пример, у раду Levine, R. (1997) Financial Development and Economic Growth: Views and Agenda. *Journal of Economic Literature*, 35(2), 688-726.

целине. Активни напори за дефинисање макропруденционог регулаторног оквира имају следеће циљеве (Christophersen & Zschiesche, 2015): (1) обезбеђење резерви и капацитета за апсорпцију губитака, (2) избегавање негативне међузависности са финансијским институцијама и концентрације инвестиционих улагања, (3) избегавање ризика који иступају из традиционалних и оквира осигурања, (4) ограничавање процикличности, и (5) избегавање моралног хазарда.

У САД операционализација ових циљева извршена је 2010. године кроз свеобухватну реформу финансијске регулативе доношењем и усвајањем документа под називом *Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act* (2010). Овим актом унете су следеће најважније новине:

- установљена је и почела је са радом FIO, чија је основна функција федерални мониторинг пословања осигуравајућих компанија и државних регулатива са циљем идентификовања пропуста у регулативи, који могу допринети ширењу системске кризе у сектору осигурања или финансијском систему САД; и

- установљен је и почео је са радом FSOC, који, између осталог, дефинише методологију и врши неопходне анализе финансијског стања и пословања осигуравајућих компанија, као и других небанкарских финансијских институција, како би идентификовао SIFI.

Ипак, реформа није обухватила огроман број малих осигуравајућих компанија, чије пословање и даље регулишу закони држава у којима послују, тако да је успешност превентивног деловања на системски ризик дискутабилна.

Одговор на кризу дала је и IAIS током 2011. године уводећи следеће реформе (IAIS, 2013):

- установљена је и почела је са радом MPSSC, чији је основни задатак развој оквира за MPS у сектору осигурања са циљем подизања капацитета супервизора да идентификују, процене и избегну макрофинансијске опасности,

- усвојена је нова верзија ICP о макроекономском надзору и супервизији осигурања, и

- дефинисана је методологија за идентификацију G-SII и регулатива која се примењује на ове компаније, а која је специфична по строжим захтевима по питању капацитета за апсорпцију губитака.

Међутим, како неке осигуравајуће компаније, које су под надзором Федералних Резерви, послују на глобалном нивоу, супервизија пословања таквих компанија се треба обављати такође у сарадњи са осталим релевантним међународним

организацијама. Стога је успостављена чвршћа сарадња између NAIC и FIO, са једне, и IAIS, са друге стране, са примарним циљем развоја јединственог регулаторног оквира *ComFrame* (енгл. Common Framework for the Supervision of Internationally Active Insurance Groups), који би обезбедио глобалне стандарде у вези капиталних захтева за велике, комплексне међународне осигуравајуће компаније.

1.3.2 Микропруденциони регулаторни оквири у области управљања ризиком у финансијским и нефинансијским институцијама

Са аспекта фокуса, чији је циљ лимитирање изложености ризику институције појединачно, може се закључити да је актуелна финансијска регулатива микропруденциона. Као таква она не сагледава ендogene ризике и занемарује импликације ризика институције на систем, што подстиче ризично пословање финансијских и нефинансијских институција (Borio & Tsatsaronis, 2005). Међутим, циљ овакве регулативе јесте да се путем одржања захтеваног нивоа капитала и резерви губици интернализују и избегне морални хазард. Чињеница је да је постојање државног осигурања депозита, иако значајно у превенцији кризе, дало подстицај менаџерима за преузимање прекомерног ризика имајући у виду да ће потенцијалне губитке платити порески обвезници. Стога се може закључити да у условима последње глобалне кризе микропруденциона регулатива није дала задовољавајуће резултате, јер је вероватноћа да ће потенцијалне губитке сносити осигуравач депозита у неком тренутку значајно повећана. С обзиром на већ истакнути значај финансијског система за развој реалног сектора, али и препознате факторе системског ризика, микропруденциона финансијска регулатива би требало да буде компатибилна са макропруденционим регулаторним оквиром, па се актуелна реформа глобалних регулаторних оквира односи управо на овај аспект.

1.3.2.1 Домети рачуноводствене регулативе у условима финансијске кризе

Рачуноводство, као један од основних информационих система ентитета, има важну улогу у процесу управљања ризиком, јер правила признавања и процењивања, као и правила обелодањивања пословних промена, представљају основу за интерну и екстерну процену ризика. Рачуноводствена регулатива се константно прилагођавала променама у пословању и финансирању ентитета стварајући адекватан скуп правила за евидентирање трансакција (ECB, 2006; Chouinard & Youngman, 2008; Plantin et al.,

2008). Међутим, убрзани развој процеса финансијског инжењеринга подстакнут глобализацијом пословања и финансијских тржишта указао је на низ недостатака постојећих рачуноводствених стандарда. Финансијска криза је озбиљно интензивирала дебату стручне и академске јавности о импликацијама примене фер вредности и отворила низ нових питања, као што су: одговорност менаџмента за класификацију финансијских инструмената и избор метода процене вредности, процикличност дејства фер вредности, и утицај обелодањивања на процену ризика.

Стављајући у први план информационе интересе инвеститора, креатори рачуноводствених стандарда (FASB и IASB), као и SEC, су прихватили примену рачуноводства фер вредности као замену или допуну рачуноводству историјских трошкова. У настојању да се из финансијских извештаја истисну латентне резерве и скривени губици, односно да се исказивањем имовине и обавеза по фер вредности искаже нето имовина која одговара економској реалности, предност се даје билансу стања, док је мерење резултата последица мерења вредности имовине и обавеза (Малинић, 2009). Основ за вредновање имовине и обавеза су актуелне тржишне цене на активном тржишту. У циљу обезбеђења релевантних информација за одлучивање, примена фер вредности је обавезна приликом вредновања одређених позиција, посебно финансијских инструмената, и то: хартија од вредности које су расположиве за продају, учешћа, хартија од вредности којима се тргује и деривата¹⁷. За примену концепта пуне фер вредности (*mark-to-market* модел) неопходно је да постоји дубоко и ликвидно тржиште, које функционише на ефикасан начин те актуелне тржишне цене одражавају праве економске вредности билансних позиција. Међутим, приликом утврђивања фер вредности састављачи финансијских извештаја могу користити различите технике процене, које одговарају датим околностима у којима ентитет послује и условима на тржишту. Могући приступи су: тржишни приступ, трошковни приступ и приходни приступ (Радић, 2012, стр. 15). Коришћењем *mark-to-model* модела омогућено је превазилажење несавршености финансијског тржишта. Уколико актуелне тржишне цене нису меродавне, могу се користити различити методи за процену уз употребу уочљивих (ниво 2) или тржишно неочљивих параметара (ниво 3). Стога се може закључити да се фер вредност, у зависности од примењеног метода процене, може класификовати у један од три нивоа. Фер вредност нивоа 1 може се постићи само

¹⁷ SFAS 157 - Fair value measurements (2010), dostupno na: <http://www.fasb.org/cs/BlobServer?blobkey=id&blobwhere=1175823288587&blobheader=application/pdf&blobcol=urldata&blobtable=MungoBlobs>, IFRS 13 – Fair Value Measurement (2012), dostupno na: <http://www.ifrs.org/use-around-the-world/education/fvm/documents/educationfairvaluemeasurement.pdf>

кроз примену тржишног приступа и сматра се најпоузданијом. Поузданост процене опада са повећањем нивоа класификације, тако да се најмање поузданом сматра фер вредност нивоа 3. Ипак, ентитети су у обавези да обелодањују информације о изабраном методу процене у својим финансијским извештајима.

Иако се може закључити да су регулатори у извесној мери узели у обзир несавршености тржишта, последња финансијска криза је довела и до озбиљне кризе фер вредности. Недостатак информација о тржишним ценама, активности трговања или упоредивих инструмената, као основних карактеристика комплексних финансијских инструмената, чинили су поступак класификације инструмената субјективним, а поменуте инструменте углавном премештали у ванбилансне ставке (Novoa, Scarlata & Sole, 2009, стр. 5). Без прецизно дефинисаних критеријума ликвидности тржишта и стандардизованих модела за утврђивање фер вредности, менаџери финансијских институција ће бити склони таквом стилу финансијског управљања који ће обезбедити таргетирани ниво левериџа (Adrian & Shin, 2010). Наиме, уколико финансијска тржишта нису ликвидна, повећана тражња за хартијама од вредности повећава њихову цену. Повећање цене се позитивно одражава на финансијске извештаје ентитета, а бољи резултати доводе до веће тражње за хартијама од вредности конкретног ентитета. У условима кризе механизам делује на исти начин само у обрнутом смеру. Менаџмент ентитета, посебно оних које регулатори обавезују на одржање одређеног нивоа капитала (финансијске институције и осигуравајуће компаније), ће користити овај механизам ради регулисања ризика финансирања и одржања капитала на захтеваном нивоу. Ако се томе дода и неконзистентна примена и накнадне малверзације одредбама о рекласификацији и вредновању финансијских инструмената, став критичара да је фер вредност фактор који је допринео кулминацији финансијске кризе услед процикличног дејства може бити оправдан (Kothari & Lester, 2011, стр. 3). Ипак, емпиријска истраживања нису у потпуности доказала ове тврдње. Иако су банке током кризе углавном користиле *mark-to-model* приступ у процени фер вредности финансијских инструмената, посебно деривата, банке у САД су у структури своје активе имале учешће имовине која се не процењује по фер вредности од око 50% (Laux & Leuz, 2010; Laux, 2012). Слична ситуација је забележена и у банкама у Европи – у узорку великих банака око 50% вредности имовине је било процењено по историјском трошку, док је у узорку малих банака тај проценат био већи (75%) (Georgescu & Laux, 2013). Негативна дејства примене фер вредности у условима кризе су у значајној мери била ограничена регулаторним оквирима за одржање солвентности

у финансијским и нефинансијским институцијама (Barth & Landsman, 2010). Ипак, велики број критика и испољени проблеми при примени концепта фер вредности у условима неактивних и неликвидних финансијских тржишта довели су до интензивирања активности са циљем унапређења стандарда МРС 39 – Финансијски инструменти: признавање и вредновање. Активности су подељене у три фазе: прва фаза се односи на класификацију и признавање, друга фаза на методологију обезвређења, а трећа на хец рачуноводство. IASB је јула 2014. године завршила рад на свим фазама овог пројекта, које су као резултат имале увођење стандарда МСФИ 9 - Финансијски инструменти, који ће у потпуности заменити МРС 39. Поред тога стандард МСФИ 7 – Финансијски инструменти: обелодањивања, је допуњен амандманима, који су имали за циљ повећање транспарентности начина класификације и вредновања финансијских инструмената на билансним и ванбилансним позицијама, као и побољшање захтева за обелодањивање ризика ликвидности и престанка признавања. Стандардом МСФИ 13 – Мерење фер вредности, обезбеђена је примена јединствене методологије процене фер вредности и пружање додатних објашњења о њеној примени на неактивним тржиштима, као и побољшање нивоа транспарентности увођењем нових захтева за обелодањивањем.

Тела задужена за рачуноводствене стандарде IASB и FASB сагласна су да нема оправданих разлога за одустајање од примене концепта фер вредности, истичући да би се последице таквог поступка огледале у смањењу транспарентности финансијских тржишта и губитка поверења инвеститора у финансијско извештавање (Шкарић Јовановић, 2010). Уместо тога оба тела за доношење стандарда финансијског извештавања су 2004. године покренула заједнички пројекат за ревидирање Концептуалних оквира, чији је циљ усаглашавање постојећих Оквира за финансијско извештавање и унапређење кроз отклањање неконзистентности, контрадикторности и празнина у оквирима. До 2010. године завршен је рад на усаглашавању циљева и квалитативних карактеристика финансијских извештаја.

1.3.2.2 Реформа регулаторног оквира Базел у циљу регулисања системског ризика

Како је криза указала на кључне недостатке структуре активе и пасиве банака и њихов значај на развој и ширење кризе у финансијском систему, Базелски комитет је препоручио и квалитативне и квантитативне реформе регулативе и унео и изванредан број макро-елемената сигурности у капитални оквир. Тако су актуелном реформом

обухваћени следећи сегменти банкарске регулативе и регулативе надзора (Матић, 2011):

- *подизање квалитета, конзистентности и транспарентности капиталне основе.* Како је првобитна дефиниција капитала подразумеваним у оквиру Стуба I обухватала различите елементе поред основног капитала и била примењивана на различите начине у националним регулаторним оквирима, BCBS предлаже строже дефиниције капитала у оквиру Стуба I и II, као и подизање нивоа следећих ставки: минималног захтеваног капитала формираног емисијом и продајом обичних акција и од задржане добити, одбитних захтева и филтера сигурности (BCBS, 2011). Капитал у оквиру Стуба III, који је био дефинисан претходним верзијама оквира Базел, биће елиминисан, а у циљу унапређења тржишне дисциплине, постављају се строжи захтеви обелодањивања, тако да ће сви елементи капитала бити обелодањени у извештајима банака уз детаљно образложење начина признавања.

- *јачање покривености ризика.* С обзиром на то да је једна од кључних поука кризе била потреба за јачањем покривености ризика, BCBS уводи низ реформи које се огледају у повећању капиталних захтева за покривеношћу ризика трговања и комплексне секјуритизације, што је био основни узрок губитака многих међународних банака. Изложеност ризику трговачке књиге процењује се применом стресне вредности под ризиком (енгл. *Value at Risk – VaR*), док ће изложеност ризику ликвидности и кредитном ризику бити покривена већим капиталним захтевима. Коначно, поставља се захтев за интерном проценом изложености кредитном ризику, како би се избегли нежељени ефекти екстерних процена рејтинг агенција.

- *допуна капиталних захтева за ризик увођењем рациа леверица.* Базел III уводи једноставан, транспарентан рацио леверица, који је предвиђен као допунска мера капиталним захтевима¹⁸. Овај рацио би требало да обезбеди заустављање ризичних режима, помажући банкарском сектору да ублажи ризик дестабилизовања процеса, који може да угрози функционисање финансијског система, али и економије у целини. Рацио леверица (енгл. *Leverage Ratio – LR*) може се дефинисати на следећи начин (BCBS, 2014):

¹⁸ Примена захтева за обрачун рациа леверица и достављање информација о овом показатељу националним надзорним телима почела је 1. јануара 2013. године, а подаци су јавно постали доступни од 1. јануара 2015. године. BCBS ће наставити мониторинг утицаја ових обелодањивања, тако да ће коначно дефинисање и сва потенцијална прилагођавања и побољшања овог захтева бити завршена до 2017. године уз уважавање реформе која се односи на Стуб I, а која ће ступити на снагу 1. јануара 2018. године.

$$LR = \frac{Capital\ Measure}{Exposure\ Measure} \quad (1.20)$$

где *Capital Measure* представља изложеност ризику капитала дефинисаног у оквиру Стуба I¹⁹, док *Exposure Measure* представља изложеност следећи ризицима: билансне позиције банке (енгл. *on-balance sheet exposure*), деривата (енгл. *derivative exposure*), трансакција финансирања хартија од вредности (енгл. *securities financing transaction exposure*), и ванбилансних позиција (енгл. *off-balance sheet items*). Овај рацио се обрачунава на такав начин да се прилагођава свакој разлици у примењеним рачуноводственим стандардима, те је стога упоредив између различитих националних регулатива. Захтеви BCBS у погледу вредности овог рациа су такви да се почело 2015. године са применом прописаног минимума од 60%, док се у наредним годинама очекује годишње повећање од 10% до 2019. године, када је планирано да минимални LR буде 100%.

- *редуковање процикличности и промовисање контрацикличних амортизера.* Кључне активности у реформи финансијске регулативе јесу везане за процикличност. Неке од њих су предложене за спровођење на међународном нивоу, а неке на националном. Базел III, као међународни регулаторни оквир, уводи сет мера којима се обезбеђује одређени степен цикличности у минимуму капиталних захтева. Ове мере се огледају у захтевима за коришћењем дугорочних серија података за процену вероватноће неизвршења обавеза (енгл. *probability of default*), проценом губитка услед неизвршења обавеза дужника у условима пада активности банке (енгл. *downturn loss-given-default – LGD*), као и одговарајућом проценом функција ризика, које имају за циљ да конвертују процену губитка у захтев за капиталом. Такође се захтева и спровођење стрес тестова, посебно над мерама ризика кредитног портфолија банака. Поред ових мера, уводе се и мере које се могу спроводити на националном нивоу да би се постигла равнотежа између осетљивости на ризик и стабилности капиталних захтева. Реформа оквира се, такође, залаже за промовисање праксе резервисања капитала кроз три међузависне иницијативе: (1) промену рачуноводствених стандарда која ће подржати приступ очекиваног губитка (енгл. *Expected Loss - EL*), (2) осавремењавање упутстава за спровођење мониторинга како би била конзистентна са EL приступом, и (3) кроз иницијативу за већа резервисања директно у самом капиталном оквиру. Увођење

¹⁹ Компоненте капитала детаљно су објашњене у члановима од 46. до 96. у оквиру Базел III оквира (BIS (2010). *Basel III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking systems*, доступно на: <http://www.bis.org/publ/bcbs189.pdf>)

капиталних амортизера има за циљ заштиту банкарског сектора против кредитних балона, који се могу појавити у периодима стреса. Ови амортизери су двоструки и чине их амортизер конзервације капитала (енгл. *capital conservation buffer*) и контрациклични амортизер (енгл. *countercyclical buffer*) као екстензија претходног. Минимални лимит амортизера конзервације капитала јесте 2,5% капитала одређеног Стубом I и он се не може урачунати у минимално захтевани капитал банке, док се лимит контрацикличног амортизера може кретати између 0 и 2,5% ризичне активе (енгл. *risk-weighted-asset*) у зависности од системског ризика, тако да захтева регуларну ревизију. Ови амортизери, а посебно контрациклични, се уводе у периодима стреса, на које може да укаже промена односа вредности кредита и БДП, те зависи од услова сваког националног тржишта појединачно.

- *усмеравање системског ризика и унутрашње повезаности.* Док процикличност наглашава шокове у посматраном временском периоду, међузависност системски битних банака преноси шокове кроз финансијски систем и економију. Стога би системски битне банке требало да имају много већи апсорпциони капацитет од минимално прописаног. Реформа регулаторног оквира усмерена је на развој методологије која се састоји од квалитативних и квантитативних индикатора за процену системског значаја финансијских институција на глобалном нивоу и утврђивању додатног апсорпционог капацитета оваквих институција, које би уважавале екстерне ефекте попут доплата ликвидности, строжих ограничења велике изложености и појачаног надзора.

Строги капитални захтеви јесу неопходан, али не и довољан услов за одржање стабилности банкарског сектора у условима кризе. Подједнако важна јесте и ликвидност, за коју до сада нису постојали хармонизовани међународни стандарди, тако да је BCBS актуелном реформом предвидела формулисање глобалних стандарда ликвидности. „Принципи надзора и доброг управљања ризиком ликвидности“ (енгл. *Principles for Sound Liquidity Risk Management and Supervision*), који се односе на мерење и управљање ризиком неликвидности, као и обелодањивање релевантних информација и улогу надзорних институција, BCBS доноси 2008. године, да би 2010. реформа регулаторног оквира обухватила и аспект ликвидности. Документом „Базел III: Међународни оквир за мерење ризика неликвидности, стандарде и мониторинг“ (енгл. *Basel III: International framework for liquidity risk measurement, standards and monitoring*) (BCBS, 2010) регулаторни оквир је проширен додатним стандардима за финансирање ликвидности. Стандарди, који се односе на одржање ликвидности у

кратком року, прописују одржање одређеног нивоа рача покрића ликвидности (енгл. *Liquidity Coverage Ratio – LCR*), који би требало да обезбеди отпорност банке на озбиљне поремећаје у ликвидности у временском периоду до 30 дана²⁰. Рацио се утврђује на основу вредности високо квалитетне ликвидне активе (енгл. *High Quality Liquid Asset – HQLA*) и предвиђеног укупног нето одлива новчаних средстава у периоду од 30 дана на следећи начин:

$$LCR = \frac{HQLA}{Ukupni\ neto\ odliv\ novcanih\ sredstava\ u\ sledecih\ 30\ dana} \quad (1.21)$$

HQLA чини актива коју је могуће лако конвертовати у готовину без губитка вредности чак и под условима стресног сценарија, што значи: да носи минимални ниво ризика конверзије, да се њена вредност може лако и са сигурношћу одредити, да је ниско корелисана са ризичном активом и да се котира на развијеним и препознатим финансијским тржиштима. Вредност укупног нето одлива новчаних средстава је, такође, одређена у условима стреса, а детаљна упутства за обрачун дата су у регулаторном оквиру (BCBS, 2010).

Посматрано са средњорочног и дугорочног аспекта, отпорност банкарске институције на поремећај солвентности обезбеђује рацио стабилног нето финансирања (енгл. *Net Stable Funding Ratio – NSFR*). Овај рацио има за циљ да обезбеди одрживу рочну структуру средстава и обавеза у билансу банке, а представља однос расположивог износа стабилних извора финансирања и захтеваног износа стабилних извора финансирања у периоду од најмање годину дана (BCBS, 2014)²¹. Уопштено посматрано, NSFR ограничава одређену банкарску праксу, која се сматрала финансијски неоправданом и подразумевала одржање прекомерних обавеза, концентрацију активе и неусклађеност активе и пасиве, као и ослањање на инструменте чија је вредност изузетно волатилна и може имати процикличне ефекте (Gobat, Yanase & Maloney, 2014). Захтев за мобилизацијом стабилних извора финансирања и њиховом рочном усклађеношћу са обавезама, пак, може бити тешко остварив за банке у неразвијеним финансијским системима, па ће примена овог стандарда зависити од система надзора банкарског сектора, али и од степена развијености тржишта капитала и активности институционалних инвеститора.

²⁰ Почетак примене овог стандарда планиран је за 1. јануар 2015. године, када је предвиђен минимум LCR од 60%, док се у следећим годинама очекује повећање вредности овог рача за 10% до 1. јануара 2019. године, кад је предвиђена минимална вредност LCR 100%.

²¹ Почетак примене овог стандарда је планиран за 1. јануар 2018. године, а минимална захтевана вредност је 100%.

1.3.2.3 Третман катастрофалних ризика у регулаторном оквиру Солвентност 2

Као што је већ објашњено, различите постојеће и потенцијалне везе осигуравајућих компанија са финансијским системом могу допринети генерисању системског ризика, чак и у случајевима када стабилност сектора осигурања није угрожена. Ипак, истраживања указују на то да настанак системског ризика проузрокованог од стране осигуравајућих компанија зависи од ризика настанка кризе у осигурању, која би довела до хитне ликвидације значајног дела имовине или престанка финансирања других сектора (Schwarcz & Schwarcz, 2014). Осигуравајуће компаније јесу изложене таквом ризику – катастрофалном ризику, чија појава резултује повећаним бројем и увећаном вредношћу одштетних налога у кратком временском периоду. Катастрофални ризик је изузетно важан фактор системског ризика, с обзиром на то да може, услед изненадног настанка огромних обавеза осигураваача, угрозити ликвидност осигуравајуће компаније. Међутим, у највећем броју случајева, осигуравајуће компаније активно раде на редуковању изложености катастрофалном ризику, упркос чињеници да управо катастрофе, које погађају велики број људи, представљају основну сврху осигурања (Zeckhauser, 1995). Овај ризик је најчешће последица дејства екстерних фактора на које осигуравајућа компанија нема утицаја и не може се избећи, осим у случају непружања услуга осигурања у областима високе изложености катастрофалним ризицима. Директно или индиректно може бити повезани и са техничким или актуарским основама обрачуна премија и техничких резерви у животном и неживотном осигурању, а може бити условљен и оперативним трошковима. С обзиром на значај овог ризика за обављање делатности осигурања, али и функционисање финансијског и реалног система, регулатори надгледају управљање катастрофалним ризицима у осигуравајућим компанијама на два начина: (1) надгледањем и одобравањем планова и програма за управљање катастрофалним ризицима, и (2) дефинисањем посебних резерви у капиталним захтевима.

У САД надзорна тела углавном проверавају усклађеност праксе управљања катастрофалним ризицима са упутствима, при чему обим и софистицираност упутстава, па самим тим и надзора, значајно варирају у зависности од државе. У теорији, циљеви оваквих контрола су обезбеђење разумевања изложености катастрофалним ризицима осигураваача, као и одговарајућих резерви и реосигурања да би се овакви ризици одржали у прихватљивим оквирима. Међутим, у државама у којима катастрофални ризици представљају озбиљну претњу (као, на пример,

Флорида), развијени су посебни упитници и форме извештаја, којима се проверава успешност управљања ризицима. Укључивање катастрофалних ризика у капиталне захтеве је, за разлику од праксе и регулативе ЕУ, новијег датума и представља значајан део реформи регулативе осигурања предвиђених NAIC Иницијативом за модернизацију солвентности (енгл. *Solvency Modernization Initiative* – SMI). Иако још увек нису адекватно третирана у стандардној формули за процену адекватности капитала (енгл. *risk-based capital* – RBC), резервисања за катастрофалне ризике су најпре уведена у осигурање имовине и одговорности и то за ризик земљотреса и урагана (NAIC, 2012). Резервисања за ове ризике би требало да буду моделирана применом једног или комбинацијом више комерцијалних модела за катастрофалне ризике (на пример: AIR Worldwide, EQECAT и RMS модел), при чему се као инпути користе подаци о изложености конкретне осигуравајуће компаније ризику. Минимални капитални стандард заснива се на резервисању за процењену вредност катастрофалне штете која се, на бази историјских података, може десити једном у 100 година увећана за додатно резервисање за ризик од неисплате накнаде из реосигурања у случају катастрофа, које износи 10% од губитака пренетих у реосигурање. Осигуравајуће компаније обелодањују и моделиране катастрофалне губитке, који се могу десити једном у 250 година, једном у 500 година и једном у 1000 година. Ризици земљотреса и урагана се посматрају као независни један од другог, али и осталих ризика, које обухвата RBC формула, тако да се у капиталне захтеве укључују на следећи начин:

$$RBC_{adj} = R_0 + \sqrt{R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_4^2 + R_5^2 + R_6^2 + R_7^2} \quad (1.22)$$

где употребљени симболи имају следеће значење: R_0 – ризик имовине филијала осигуравајуће компаније, R_1 – ризик финансијских инструмената са фиксним приносом, R_2 – ризик акцијског капитала, и R_3 – кредитни ризик, који представљају групу ризика активе; R_4 – ризик неадекватног утврђивања резерви и R_5 – ризик неадекватног утврђивања премије, који спадају у групу ризика осигурања; и катастрофални ризици које чине: R_6 – ризик од земљотреса, и R_7 – ризик од урагана.

Да се резервисања не би мултипликовала, из компоненте R_5 су избачена резервисања за катастрофалне ризике и комплетно пребачена у компоненте R_6 и R_7 . Примена ових измена у информативне сврхе је почела 2013. године, као и обелодањивање губитака насталих услед катастрофалних ризика на територији САД и ван ње. NAIC се још увек бави оценом резултата добијених инкорпорирањем катастрофалних ризика у капиталне захтеве и формирањем базе катастрофалних

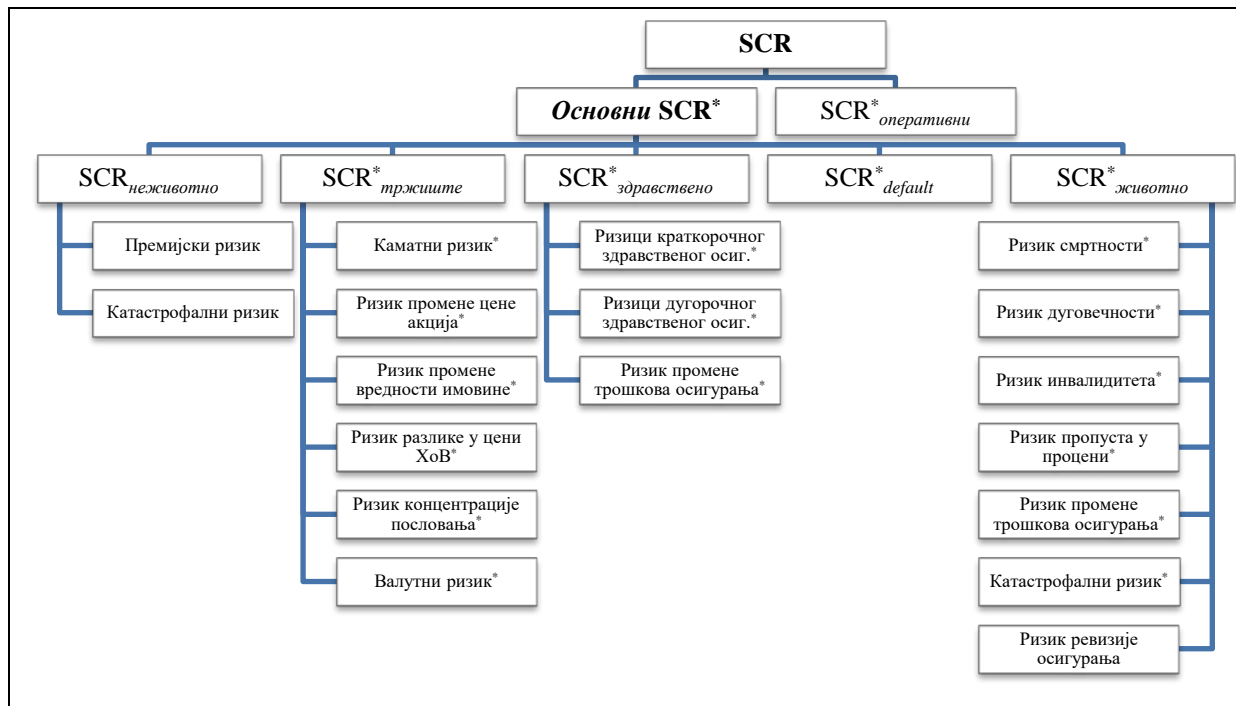
догађаја. Без детаљних упутстава о обрачуну резервисања за катастрофалне ризике и третмана осигуравајућих компанија у различитим подручјима, званична примена ових стандарда није могућа. Такође, листа ризика који се сматрају катастрофалним није коначна, јер, на пример, ризик торнада није укључен у листу, а разматрају се и катастрофални ризици у здравственом осигурању.

IAIS (2007) катастрофални ризик дефинише као „ризик да један догађај велике магнитуде доведе до значајно већег броја и/или вредности одштетних захтева упућених осигуравачу, у поређењу са уобичајеним“. У тесној вези са катастрофалним ризиком јесте и ризик акумулирања, који се дефинише као „ризик који се појављује у случају такве корелисаности великог броја индивидуалних ризика да један догађај може утицати на многе или све индивидуалне ризике“ (IAIS, 2007). Катастрофални ризици, такође, могу бити фактори ризика концентрације, који настаје уколико осигуравајућа компанија не диверсификује преузете ризике, како на страни обавеза из осигурања, тако и на страни инвестиционих активности.

У регулаторном оквиру Солвентност II, катастрофални ризици се незнатно ближе одређују, међутим, детаљне одреднице у погледу њиховог интензитета, финансијских последица и врста регулатори препуштају самим осигуравачима, тако да ови ризици могу бити различито дефинисани од осигуравача до осигуравача. Ипак, Солвентност II диференцира екстремне ризике према дужини трајања, па се тако могу да разликују две врсте ризика: ризик каламитета (енгл. *calamity risk*) и катастрофални ризик (енгл. *catastrophe risk*) (CEA, 2007). Ризик каламитета дефинише се као ризик појаве једног ризичног догађаја велике магнитуде, који узрокује значајне девијације у погледу актуелних одштетних захтева у односу на укупне очекиване одштетне захтеве (CEA, 2007). Реч је о ризицима који се испољавају дужи временски период и наносе огромне штете појединцима и друштву, за разлику од катастрофалних ризика, који се испољавају у краћем временском периоду. Стога се у дефинисању катастрофалног ризика акценат ставља на дужину трајања ризичног догађаја и овај ризик се дефинише као ризик дешавања једног ризичног догађаја или серије ризичних догађаја велике магнитуде, обично током кратког временског периода (најчешће 72 часа), који узрокује значајне девијације у погледу актуелних одштетних захтева у односу на укупне очекиване одштетне захтеве (CEA, 2007).

Имајући у виду пораст броја катастрофа и вредности одштетних захтева изазван дејством ризика из природе, али и људским фактором, регулатори индустрије осигурања су катастрофалне ризике уврстили и у оквир за обрачун стопе адекватности

капитала (слика 1.4). Стандардизовани приступ обрачуна стопе адекватности капитала катастрофалне ризике обухвата у три врсте осигурања, и то у здравственом осигурању, животном осигурању и неживотном осигурању, док се резервисања за катастрофалне штете могу моделирати применом стандардне формуле или сценарио анализе.



Извор: Авдаловић и остали (2016), стр. 423.

Слика 1.4 SCR осигуравајуће компаније као целине

У зависности од врсте уговора о здравственом осигурању, осигуравајућа компанија треба да предвиди и у стопу адекватности капитала укалкулише и накнаде на име трошкова лечења и инвалидитета, који су проузроковани пандемијом, великим несрећама, терористичким нападима, те наглим падом економске активности која за последицу има повећану стопу инвалидитета или оболелих, као и бројне друге ризике чије дејство доводи до неуобичајене акумулације одштетних налога (CEIOPS, 2009). Стандардизовани приступ узима у обзир три сценарија, који узрокују катастрофалне штете у здравственом осигурању: (1) масовне несреће, (2) концентрација несрећних случајева, и (3) пандемија, при чему се претпоставља да су ови догађаји независни.

Слични ризици могу довести и до повећане стопе морталитета, због чега је неопходно кориговати средства техничких резерви осигуравајућих компанија које се баве животним осигурањем. Упркос напорима регулатора да пронађу адекватан модел, предвиђање промене накнада из осигурања због остварења ризика са катастрофалним последицама у животном осигурању није поуздано. Иако се базирају на

софистицираним пандемиолошким моделима, оскудни историјски подаци о штетама услед пандемија, терористичких напада, као и ограничења у моделирању последица специфичних болести, као што су болести које се преносе са животиња на људе, додатно увећавају ризик самог модела (CEIOPS, 2009).

Климатске промене последњих деценија доводе до пораста броја и интензитета елементарних непогода, па су у предвиђању техничких резерви осигуравајућих компанија које се баве неживотним осигурањем посебно значајни ризици чије дејство може бити катастрофално, али и географска диверсификација осигураних имовине. Ризици које обавезно треба сагледати јесу како природни – олуја, поплава, земљотрес, град, тако и изазвани активностима људи – пожар, експлозија, катастрофе изазване неодговорношћу власника у управљању моторним и другим врстама возила или услед обављања делатности. У обрачуну техничких резерви користи се сценарио анализа, која има за циљ да прикаже могућност дешавања једног катастрофалног догађаја пре него могућност кумулирања више догађаја средњег интензитета. Утврђује се и изложеност појединих географских региона сваком ризику, како би се утврдила њихова корелација и обезбедила адекватна основа за диверсификацију ризика осигурања. Основа за обрачун резервисања и корелационе матрице између ризика различитих географских подручја јесу катастрофалне штете настале услед ризика који се реализују једном у 200 година. У циљу дефинисања стандардизованих сценарија за сваку врсту ризика, препорука регулатора је да се формира европска база података, која би садржала историјске податке о катастрофалним губицима у неживотном осигурању. Узевши у обзир и цикличне климатске промене, базу је неопходно редовно ажурирати. Уколико, пак, осигуравајуће компаније послују ван граница ЕУ, оне могу применити и алтернативне методе за обрачун техничких резерви, које ће адекватније обухватити ризике којима су изложене (CEIOPS, 2009). Када је реч о катастрофама изазваним људским фактором, резервисања у ове сврхе уобичајено не могу бити прецизно процењена. Сценарио анализа у овом случају није адекватан метод процене, јер је потребно покрити велики број могућих сценарија, који се могу предвидети са мањом прецизношћу у поређењу са предвиђањима природних катастрофа. Уместо тога, сугерише се утврђивање фактора чијом ће се применом на стандардно утврђене нето премије обезбедити резервисање за катастрофалне штете које настају једном у 200 година (табела 1.5). Захтевано резервисање капитала за катастрофалне ризике применом стандардне формуле може се одредити на следећи начин:

$$NL_{CAT} = \sqrt{\left(\sum_{t \neq 3,4,10,12} (C_t \times P_t)^2 + (C_3 \times P_3 + C_{12} \times P_{12})^2 + (C_4 \times P_4 + C_{10} \times P_{10})^2 \right)} \quad (1.23)$$

где NL_{CAT} представља резервисање капитала за катастрофалне ризике неживотних осигурања, а P_t нето премије за појединачне линије пословања осигуравајуће компаније у текућој години представљене у табели 1.5.

Табела 1.5 Фактори катастрофалних ризика по линијама осигурања

<i>Линија пословања</i>	<i>Фактор C_t</i>
1. Одговорност управљања моторним возилом	0,15
2. Моторна возила – остало	0,075
3. Моторна возила, ваздухоплови и транспорт	0,50
4. Пожар	0,75
5. Одговорност према трећим лицима	0,15
6. Кредит	0,60
7. Осигурање трошкова правне заштите	0,02
8. Осигурање помоћи	0,02
9. Остало	0,25
10. Реосигурање (имовина)	1,50
11. Реосигурање (одговорност)	0,50
12. Реосигурање (моторна возила, ваздухоплови и транспорт)	1,50

Извор: Петровић и Станковић (2011)

Због бројних ограничења у поузданом предвиђању штета изазваних оваквим ризицима, осигуравајуће компаније често користе алтернативне механизме за трансфер ризика, као што су реосигурање и изношење ризика на тржиште капитала у виду различитих финансијских инструмената. Конгломерати финансијских и нефинансијских институција показују повећано интересовање за хибридне финансијске инструменте, које се могу користити за одржање стопе адекватности капитала без последица по кредитни рејтинг или основни капитал институције. Међутим, многе државе, схватајући озбиљност последица које могу изазвати елементарне непогоде, узимају активно учешће у осигурању имовине од катастрофалних ризика. Осигурани ризици се разликују у зависности од тога којим је утицајима територија државе највише изложена, али најчешће укључују осигурање имовине од поплаве, олује и земљотреса. Комбинација приватног и јавног осигурања подразумева различите улоге државе: од доношења прописа којима се власницима имовине налаже обавезно осигурање имовине од одређених врста ризика до финансирања санације штете изазване одређеним врстама ризика. Овакав облик осигурања и финансирања

последица катастрофалних ризика заступљен је у неколико најразвијенијих земаља ЕУ: Француска, Немачка, Италија, Шпанија, али и у Швајцарској и Великој Британији.

1.3.1.4 Компаративна анализа Базел и Солвентност

Иако се чини да су Базел III и Солвентност II веома слични регулаторни оквири због идентичне тростубне структуре, компаративна анализа ових оквира указује на неколико битних разлика у спецификацијама три стуба, нарочито када је реч о квантитативним захтевима предложеним у Стубу I. Ова разлика се делимично може приписати различитим карактеристикама сектора, као и различитим циљевима надзора. Тако је у банкарском сектору нагласак на системском ризику и системској стабилности, док је главни циљ Солвентности II заштита појединачних осигураника, док су стабилност финансијског система и разматрање процикличних ефеката споредни циљеви. За разлику од стандарда Солвентност II, Базел III нема за циљ постизање одређеног нивоа безбедности читаве компаније, већ се усредсређује на три класе појединачних ризика: на тржишни ризик, кредитни ризик и операциони ризик. Солвентност II, пак, захтева холистички приступ, и заснива се на укупном (економском) приступу билансу стања, тако да узима у обзир активу и пасиву приликом обрачуна маргине солвентности, која треба да обезбеди несметано пословање компаније у једногодишњем периоду са вероватноћом од 99,5%. Ово подразумева да, на супрот калибрацији ризика у Базелу III која се везује за три категорије појединачних ризика, капитални захтеви у Солвентности II експлицитно узимају у обзир зависности и диверсификационе ефекте у разматраним категоријама ризика. Уопштено посматрано, осигуравајуће компаније су изложене значајно већим ризицима на страни пасиве због вертикалне трансформације ризика и резултирајућих ризика осигурања, док се пасива банака углавном састоји од депозита са стабилном вредношћу. Међутим, уколико се сагледа структура активе биланса стања у банкама, може се закључити да су банке више изложене ризику ликвидности. Стога надзорни органи очекују да банке премаше MCR, тако да капитални захтеви предвиђени Стубом I представљају само доњу границу, а никако финансијско ограничење. Већ описане реформе оквира Базел наговештавају увођење другог нивоа капиталних резервисања кроз контрацикличне резерве. Приступ два нивоа у оквиру Солвентност II омогућава осигуравајућим компанијама да радије послују у складу са SCR, при чему је неопходно узети у обзир додатну волатилност, која произилази из тржишно конзистентне оцене.

Друга важна разлика између ова два оквира се огледа у томе што се Базел III не заснива искључиво на принципима, нарочито када је реч о обрачуну капиталних захтева за кредитним ризиком, који се и у случају коришћења интерног модела за обрачун морају ускладити са ограничењима. У оквиру Солвентност II, на другој страни, употреба интерних модела се заснива искључиво на принципима за управљање ризиком и има за циљ поспешивање интеграције регулаторних захтева у процес интерног управљања ризиком. Међутим, кључни фактор за успех су ресурси и способност регулаторних тела, те њихова спремност да прихвате интерне моделе, као и редукација претеране бирократије која представља озбиљну препреку осигуравачима. Стога се Солвентност II може сматрати даљим развојем стандарда Базел II по неким питањима, посебно када је реч о Стубу I и његовом холистичком приступу капиталним захтевима, који је знатно сложенији. Поред тога, овај оквир пружа широк спектар флексибилних решења за избор институционално-специфичних параметара за стандардну формулу, као и до пет нивоа слободе у избору модела за обрачун капиталних захтева: од комплетно одређеног интерног модела до упрошћених верзија стандардног модела²², тако да стандардна формула за обрачун укупних капиталних захтева комбинује два приступа, и то: приступ заснован на ризику и приступ заснован на сценарију. Међутим, већи степен сложености може у неким случајевима спречити чешће обрачуна капиталних захтева по прихватљивим трошковима, иако друштва за осигурање имају обавезу периодичног извештавања. Такође, захтева се више транспарентности у погледу обрачуна инпута који се користе у примењеним моделима. С друге стране, Базел III, који је једноставнији за имплементацију, не омогућава довољан ниво флексибилности при прилагођавању модела специфичним ризичним ситуацијама компаније. Овај оквир нуди само два до три нивоа слободе у избору модела за обрачун капиталних захтева²³. Стандардни приступи обрачуну капиталних захтева се могу сматрати статичним и заснованим на ризику, тако да је увођење додатних рачуна била неопходност у условима екстремних волатилности финансијског

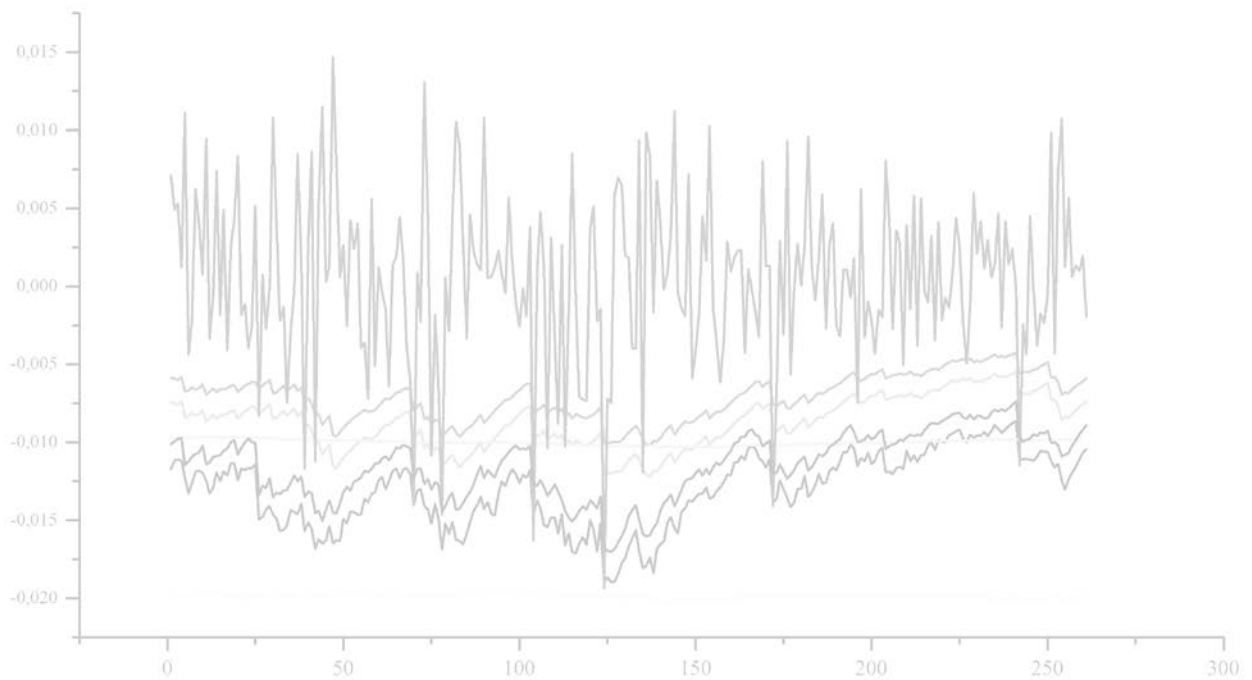
²² Према оквиру Солвентност II осигуравајуће компаније могу да бирају један од пет нивоа софистицираности обрачуна капиталних захтева, и то: развој сопственог интерног модела или коришћење стандардне прописане формуле, затим стандардне формуле са сопственим специфичним параметрима компаније, стандардне формуле која је делимично замењена интерним моделом (за одређене подмодуле) или упрошћене стандардне формуле за мале осигуравајуће компаније.

²³ Према оквиру Базел II/III банке могу у случају тржишног ризика бирати између стандардизованог метода и интерног приступа обрачуну капиталних захтева, док се у случају операционог могу користити основни индикаторски приступ, стандардизовани приступ и напредне технике за квантификацију, које заправо одговарају употреби интерног модела. Када је реч о кредитном ризику, могу се користити стандардни модел и модел заснован на интерном рејтингу банке.

система. У Стубу II, функција ICAAP у подршци свакодневних оперативних одлука се више наглашава у Базелу III у поређењу са ORSA у Солвентности II. Остали захтеви који се односе на опште захтеве владе и организационе структуре су, иначе, веома слични, што се, такође, односи и на захтеве за извештавањем у Стубу III.

ПОГЛАВЉЕ II

Теоријско-методолошки аспект моделирања екстремних ризика



2.1 Ризик и екстремне вредности

Могућност настанка екстремних догађаја присутна је у свим областима управљања ризиком, а последњих деценија сматра се кључном манифестацијом комплексних система, какви су природни и социјални. Стога се, као један од највећих изазова савремених концепата управљања ризиком, истиче имплементација модела, који се фокусирају на ретке, али катастрофалне догађаје и омогућавају процену њихових последица.

Прва разматрања проблема везаних за екстремне вредности, која се у теорији вероватноће сматрају релевантним (Kotz & Nadarajah, 2000, стр. 1), потичу из области актуарства и приписују се научнику Бернулију (*Nicolaus Bernoulli*, 1687–1759). Сам концепт расподеле вероватноће настанка екстремних вредности у науку је уведен тек 1922. године и то од стране немачког математичара руског порекла Борткијевича (*Ladislaus von Bortkiewicz*, 1868–1931). Карактеристикама Паусонове (*Poisson*) расподеле, која према закону малих бројева највише одговара расподели вероватноће настанка екстремних догађаја, бавили су се и Мизес (*Richard von Mises*, 1923) и Дод (*Edward Lewis Dodd*, 1923). Узевши у обзир њихова достигнућа у овој области, оснивачима теорије екстремних вредности могу се, ипак, сматрати Типет (*Leonard Henry Caleb Tippett*, 1902–1985) и Фишер (*Ronald Aylmer Fisher*, 1890–1962). Основ за развој ове теорије јесте функција кумулативне расподеле статистика највишег реда различитих узорака из нормалне расподеле, као и припадајући моменти ових расподела, које је поставио Типет (Tippett, 1925). Асимптотске расподеле великих вредности предмет су разматрања Фрешеа (Fréchet, 1927), који је дао основе једне од могућих расподела вероватноће великих бројева (Фрешеове расподеле). Истраживачки рад у области расподела екстремних вредности употпуњен је са још две могуће расподеле вероватноћа (ФишEROVA и Типетова расподела), које адекватно описују својства екстремних вредности свих познатих статистичких расподела вероватноћа (Fisher & Tippett, 1928). Радови који су уследили бавили су се довољним и потребним условима за слабу конвергенцију статистика највишег реда ка свакој од три врсте расподеле екстремних вредности (von Mises, 1936; Gnedenko, 1943).

Теоријске поставке расподеле екстремних вредности биле су тестиране у радовима публикованим од почетка друге половине прошлог века, па све до данас. Прва разматрања примене ових расподела могу се наћи у радовима из области хидрологије (Gumbel, 1941), а екстензивна разматрања теоријских поставки и могућих

апликација појавила у књизи Гамбела (Gumbel, 1958). С обзиром на то да је број радова који се баве теоријом екстремних вредности и њихове примене до почетка 21. века износио више од хиљаду (Kotz & Nadarajah, 2000, 3), у наставку овог дела рада биће дат кратак преглед радова из области финансија и осигурања.

2.1.1 Примена теорије екстремних вредности у финансијама

Литература из области финансија о ризику, који је последица тешких репова расподеле вероватноће (енгл. *tail risk*), и мерама ове врсте ризика, датира из периода раних шездесетих година прошлог века. Пре појаве рада Манделброта (Mandelbrot, 1963), уобичајена претпоставка је била да вероватноћа промена цена хартија од вредности на берзи апроксимира Гаусовој, односно нормалној расподели. Овакве тврдње базиране су на централној граничној теореми и претпоставкама да је промена цене од трансакције до трансакције независна, идентично распоређена, случајна променљива (енгл. *independent identically distributed – iid*) са коначном варијансом, а трансакције са хартијама од вредности су равномерно распоређене у времену. Своју потврду добиле су и у одређеном броју емпиријских истраживања (Kendall & Hill, 1953; Moore, 1962). Међутим, Манделброт (1963) је оповргао тврдње својих претходника указујући на то да је у многим емпиријским истраживањима, укључујући и наведена, уочено постојање тешких репова, који су у емпиријским дистрибуцијама наглашенији од оних својствених нормалној. Конзистентно овом је истраживање Фаме (Fama, 1963), који је показао да цене финансијских инструмената на одређеним тржиштима карактеришу кретања, која се не могу предвидети моделима базираним на Гаусовој расподели вероватноћа приноса. Узевши у обзир тешке репове расподеле приноса, научници предлажу Студентову t расподелу (Blattberg & Gonedes, 1974), док је уопштавање појма стабилности расподеле довело до разматрања гео-стабилне, Вајбулове (*Weibull*) и других типова расподела у моделирању екстремних ризика (Mittnik & Rachev, 1993). Ипак, ни једна класична теорија није пружила адекватан модел расподеле приноса, а као један од битних недостатака, поред постојања тешких репова, јесте асиметрија емпиријске расподеле. Истраживања указују на постојање како позитивне тако и негативне асиметрије, али резултати истраживања нису конзистентни. Тако резултати извесних истраживања указују на чињеницу да се расподела приноса на акције може окарактерисати као позитивно асиметрична (Simkowitz & Beedles, 1980), док су резултати каснијих истраживања расподеле

приноса на обвезнице и акције окарактерисали као негативно асиметричне (Alles & Kling, 1994). Расподела вероватноћа приноса на акције на међународном финансијском тржишту, као и на робу и девизне курсеве је такође асиметрична (Theodossiou, 1998), као и расподела приноса на акције и обвезнице на тржиштима у развоју (Bekaert, Erb, Harvey, & Viskanta, 1998; Erb, Harvey, & Viskanta, 1999). Последиčno, инвеститори су развили асиметричне преференције према ризику и уочава се склоност инвеститора ка позитивној асиметрији расподеле приноса (Arditti, 1967; Scott & Horvath, 1980). По цену држања портфолија, који нису оптимални - са мањом вредношћу Шарповог (*Sharpe*) рација, инвеститори селектују хартије од вредности у портфолију тако да је расподела вероватноћа приноса позитивно асиметрична (Mitton & Vorkink, 2007). Стога су аутори Сортино и Прајс (Sortino & Price, 1994) заговарали коришћење негативног одступања од просечне вредности приноса као мере ризика, уместо традиционалних мера, као што су стандардна девијација и бета коефицијент. Ипак ова мера ризика никада није била примењена у значајној мери као неке друге мере ризика, на пример вредност под ризиком (енгл. *Value at Risk* – VaR), упркос њеним недостацима.

Међутим, како су истраживања показала да су својства репова расподеле фундаментално другачија од својстава централног дела расподеле вероватноће приноса (Akgiray & Booth, 1988; Hols & de Vries, 1991; Jansen & de Vries, 1991), интересовање за модификовањем класичних модела и увођењем модела са тешким реповима (енгл. *fat-tailed models*) се повећавало. Упркос чињеници да модели базирани на нормалној расподели не обухватају адекватно екстремне ризике, њихова једноставност говори у прилог њиховој заступљености у практичној примени. Један од покушаја модификације ових модела сводио се на примену статистичких момената вишег реда – коефицијента асиметрије и спљоштености, који представљају девијације расподеле приноса од нормалне расподеле. Као што се из претходних прегледа могло видети, ови статистички показатељи се могу имплементирати у поступак квантификације ризика применом познатих мера, као и у оквир оптимизације инвестиционог одлучивања. Иако указују на значајна одступања од стандардног модела расподеле, могући облик репа расподеле се не може адекватно описати само са ова два показатеља, јер се одступања у већој мери односе на централни део расподеле. Стога се, у циљу објашњења својстава расподеле приноса, а посебно карактеристика волатилности, користе модели са условном расподелом, до које се долази применом економетријских модела. Различити економетријски модели се могу користити како би се објаснила

варијација волатилности у времену, али се најчешће користе GARCH модели. Оцена параметра мере расподеле (енгл. *scale*) је изузетно значајан фактор у оцени ризика, јер утиче на квантиле расподеле приноса укључујући и екстремне. Због тога се сматра да би сваки модел за процену ризика требало да укључује GARCH параметар волатилности (Stoyanov, 2011).

Фундаментално другачији приступ моделирању ризика фокусира се искључиво на репове расподеле ослањајући се на теорију екстремних вредности (енгл. *Extreme Value Theory* – EVT), која је довела до појаве нових приступа процени VaR, као и квантитативне теорије у циљу обезбеђења адекватнијих мера ризика репа расподеле. До краја прошлог века велики број студија користио је EVT у моделовању репова расподеле. Иако постоје студије које EVT примењују директно на временске серије приноса занемарујући ефекат волатилности (Marinelli et al., 2007; Sheikh & Qiao, 2009), ова теорија се, ипак, примењује у комбинацији са претходно наведеним моделима, којима се обухватају својства централног дела расподеле приноса. Бали (Bali, 2003) је испитивао асимптотско понашање екстремних промена на тржишту обвезница САД и показао да стандардни VaR модел може бити значајно унапређен применом EVT. Примена модела базираних на EVT даје боље резултате од стандардних VaR модела и на тржиштима у развоју (Gencay & Selcuk, 2004), као и на тржиштима енергената (Marimoutou, Raggad & Trabelsi, 2009).

Током претходне деценије, проблематика међузависности екстремних ризика и варијација расподеле репова дистрибуције у времену изучавана је екстензивно. Због могућности да обухвате различите облике међузависности тешких репова, теорија копула је постала врло значајан статистички алат у моделирању ризика. Патон (Patton, 2006) је уочио различите степене корелације девизних курсева у периодима ап्रेसијације и депресијације применом овог модела међузависности. Овај концепт је нашао своју примену у оцени међузависности тешких репова приноса на акције и девизног курса (Michelis & Ning, 2010), али и омогућио ширење дотадашњих знања о моделирању екстремних ризика који су променљиви у времену (Billio & Pelizzon, 2000; Litzenberger & Modest, 2008). Модели ризика базирани на копули на адекватнији начин обухватају својства расподеле приноса, променљивост волатилности и ризике који се релативно ретко појављују, што представља основне карактеристике финансијских временских серија на светским тржиштима капитала.

Избор модела, међутим, зависи од много фактора. Адекватност модела условљена је конкретним проблемом и обликом расподеле анализираних финансијских

серија, па се тако сматра, на пример, да су EVT модели прихватљивији у случају моделирања оперативног ризика, док је моделирање целокупне расподеле прихватљивије у случају тржишног ризика. Валидност модела потврђују тестови, али се данас, због изражених девијација расподеле од стандардних теоријских, оптималним сматрају комбинације класичних и EVT модела.

2.1.2 Примена теорије екстремних вредности у осигурању

Ризик представља основни концепт у осигурању, чије је успешно квантификовање услов стабилности портфолија осигуравајућег друштва. Утицај катастрофалних штета на друштво има дугачку историју и зато је важно не само испитати узроке таквих догађаја и развити планове за изградњу система заштите, већ и пронаћи решење за огромне финансијске губитке које изазивају. Стога се као основни циљ класичне теорије ризика поставља оцењивање вероватноће пропасти, због чега се често означава и теоријом пропасти (енгл. *ruin theory*). У ту сврху могу се користити два модела, и то: модел индивидуалног и модел колективног ризика. Стохастичко моделирање процеса ризика подразумева да се одштетни захтеви посматрају као случајне променљиве, али за разлику од индивидуалног модела, где се укупан износ штета добија простим сумирањем појединачних износа, колективни модел ризика агрегатни износ штета третира као вишедимензионални процес, који чине процес броја штета, процес износа штета и процес прихода од премије осигурања. Узевши у обзир чињеницу да је премија у тренутку закључења уговора о осигурању позната, процес прихода од премије се може сматрати детерминистичким, па се колективна теорија ризика посебно бави проблемом моделирања преостала два процеса.

Централно место у теорији колективног ризика и моделирању ретких догађаја има Паусонов процес, којим се описује процес броја штета (Lundberg, 1932). Како су претпоставке овог процеса рестриктивне и не одговарају увек реалности, модификацијама стандардног Паусоновог процеса дошло се до уопштеног процеса обнављања и мешовитог Паусоновог процеса (Kingman, 1993). Са друге стране, моделирање износа штете представља двоструки стохастички модел агрегатног износа штете, који осим броја штета укључује и моделирање величине штете. Један од најчешће примењиваних модела за моделирање штета у неживотном осигурању представља Крамер-Лундбергов модел, који комбинује процес износа одштетних захтева за надокнаду штете и времена пристизања захтева (Cramer, 1955). У овом

моделу процес броја штета је окарактерисан хомогеним Паусоновим процесом, који калкулише са одређеном стопом интензитета процеса. Насупрот овом моделу, према Спаре-Андерсеновом моделу процес бројања одређен је одговарајућим процесом обнављања, који за разлику од претходног компликује процену очекивања и варијансе износа штета (Andersen, 1957).

Због свега наведеног теорији пропасти и стохастичком моделирању процеса ризика дуго је придаван искључиво теоријски значај. Највећи недостаци модела су занемаривање инфлације, каматне стопе, трошкова осигурања и других потенцијалних промена у портфолију осигуравајућег друштва (Радовановић и остали, 2013). Ипак, захтеви регулаторног оквира Солвентност II актуелизовали су овај концепт и потиснули традиционалне методе засноване на детерминизму. Посебна пажња усмерена је на дефинисање адекватних модела екстремних ризика, којима се у осигурању уобичајено управља тако што се преносе у реосигурање или се износе на тржиште капитала.

Иако се моделирање екстремних ризика у осигурању базира на статистичким методама, расподела вероватноћа са тешким реповима захтева посебну анализу репова расподеле, нарочито због утицаја који има на портфолио осигуравајуће компаније. Стандардни приступ у анализи свих губитака у осигурању, укључујући и екстремне, претпоставља да је распоред вероватноћа штете унапред одређен параметарском статистичком дистрибуцијом (Hogg & Klugman, 1984). Преглед модела распореда вероватноће настанка одштетних захтева екстремних вредности у неживотном осигурању детаљно је описан у раду аутора Берланта и Тигелса (Beirlant & Teugels, 1992). Анализа података о великим губицима у осигурању од пожара у Данској показује да је генерализована Парето дистрибуција добра апроксимација распореда екстремних ризика (McNeil, 1997). Резултати статистичке анализе података о губицима услед настанка олуја у Шведској потврђују ове закључке (Rootzen & Tajvidi, 1997). Ипак, оцена параметара дистрибуције, а посебно природа података, чине модел осетљивим на иоле значајније промене у полазним претпоставкама. Стога се, као једно од значајних питања у одређивању модела екстремних ризика, истиче утврђивање границе екстремних вредности. Веза између статистичких метода за вредновање екстремних вредности и актуарских концепата, посебно у реосигурању, захтева моделирање и централног дела расподеле (Beirlant, Matthys & Dierckx, 2001). Међутим, ризици у осигурању су хетерогени и емпиријска истраживања показују да поједини ризици доводе до појаве екстремних губитака учесталије него други (Guiahi, 2001).

Хијерархија ризика се може посматрати како са микро нивоа индивидуалних осигураника, тако и са макро нивоа портфолија осигурања осигуравајуће компаније (Frees, Shi & Valdez, 2008). Системи рангирања, који могу бити *a priori* и *a posteriori*, омогућавају разликовање нискоризичних и високоризичних линија осигурања (Antonio & Veirlant, 2006). Поред тога, моделирање екстремних ризика се не може унифицирати на нивоу екстремно малих ни екстремно великих ризика. Параметарски модели се углавном фокусирају на расподелу екстремно великих одштетних захтева и показују боље резултате у примени на проблемима у осигурању (Buch-Kromann, 2006). Они се, пак, не могу применити у случају екстремно малих одштетних захтева, тако да се ови проблеми углавном разматрају одвојено. Полу-параметарски приступи моделирању екстремних ризика дају боље резултате у оба наведена случаја (Buch-Larsen et al., 2005).

Узевши у обзир регулисаност и транспарентност пословања осигуравајућих компанија, као значајна препрека у моделирању екстремних ризика издваја се доступност података. С обзиром на то да су обелодањени подаци о реализованим одштетним захтевима обично делимични, највећи број предложених модела је неупотребљив уколико подаци о појединачним захтевима нису познати. Стога, Хенри и Хсеи (Henry & Hsieh, 2009) предлажу робустан модел за оцену екстремних ризика у условима када су подаци о одштетним захтевима обелодањени делимично. Овај проблем посебно долази до изражаја у државама у којима је делатност осигурања тек у развоју (Adeleke & Ibiwoye, 2011).

2.2 Модели за вредновање ризика у финансијама и осигурању

Савремени менаџмент ризика, како у финансијама, тако и у осигурању, на централно место ставља квантификацију ризика. Мере ризика, које базирају на вероватноћи, могу се дефинисати као инструменти који сумирају дистрибуцију вероватноће настанка ризика у једном показатељу. Захтев за поузданим моделом за предвиђање и процену ризика последица је увећаног степена волатилности и нестабилности глобалних финансијских система, праћених енормним растом обима трговања на финансијским тржиштима и отвореношћу и међузависношћу финансијских система. Развој информационих технологија је посебно допринео развоју менаџмента ризика, јер омогућава имплементацију софистицираних алгоритама у реалном времену, скраћује време потребно за калкулације и значајно редукује

трошкове, што отвара нове могућности за мерење и управљање ризиком. Са друге стране, тенденција стандардизације управљања ризиком у финансијским и нефинансијским институцијама, које су под надзором националних и међународних регулаторних тела, нужно води хармонизацији стандарда, оквира и регулатива како би се одговорило на глобалне потребе и циљеве (UN, 2012)¹. У овом раду фокус ће бити само на избору одговарајуће методологије за квантификацију ризика, јер, узевши у обзир велики број различитих ризика са којима се суочавају учесници на финансијском тржишту, дефинисање јединствене мере ризика није могуће, али се као стандардна мера ризика примењује VaR.

Широкој примени VaR модела за мерење ризика, претходила је историја традиционалних мера, које су углавном дефинисале финансијске институције за сопствене потребе, као што су: анализа гапа (енгл. *gap analysis*), анализа трајања (енгл. *duration analysis*) и сценарио анализа, све до појаве већ поменуте Савремене портфолио теорије. Међутим, мерење ризика је изузетно осетљиво на полазне претпоставке модела. Претходна истраживања су углавном била фокусирана на једноваријантни VaR приступ, чија примена у формулисању мултиваријантних модела наилази на низ препрека, почев од занемаривања варијантности волатилности у времену до чињенице да VaR не поседује својство субадитивности. Стога се као алтернатива најчешће примењиваним моделима за процену VaR уводи ES мера ризика.

У наставку рада биће приказане претпоставке на којима се базирају анализирани мере ризика као и њихова својства, модели који се користе за њихову процену – параметарски, историјска и Монте Карло симулација, и предности и недостаци примене ових модела у пракси.

2.2.1 Мерење ризика применом мере вредност под ризиком

Иако термин „вредност под ризиком“ није био у употреби до средине деведесетих година прошлог века, математичке поставке ове мере су се у теорији ризика појавиле у оквиру Савремене портфолио теорије (Holton, 2002). Упркос чињеници да је мера требало да буде имплементирана у сврхе оптимизације портфолија хартија од вредности, анализирани проблем оптимизације је пао у сенку избора адекватног модела, који ће обухватити својства тржишног ризика и ефекте корелације финансијске активе, који су означени као централни проблеми обрачуна

¹ Неки од општеприхваћених стандарда и упутстава за управљање ризиком, као и њихова компаративна анализа, може се наћи у извештају RIMS (2011).

VaR. Како су полазне претпоставке параметарског, односно аналитичког, приступа процени VaR идентичне претпоставкама Савремене портфолио теорије, неретко се дешава да се VaR посматра као развијенији облик модела ове теорије. Ипак, тај аргумент није валидан у случају осталих приступа, тако да између претпоставки ова два модела постоје значајне разлике (Dowd, 2002, стр. 9-10).

Интензивнија употреба претече данашње VaR мере ризика била је условљена великом економском кризом 1929. године, када је у САД основана Комисија за хартије од вредности (енгл. *Securities Exchange Commission* – SEC), која је захтевала од банака да одржавају ниво задуживања испод одређеног нивоа акцијског капитала. До интензивнијег развоја модела за процену ризика у финансијама долази седамдесетих и осамдесетих година прошлог века, када су многе финансијске институције радиле на постављању сопствених модела за мерење и управљање ризиком. Најпознатији модел за мерење ризика у том периоду развијен је од стране стручњака банке *J.P. Morgan*, а врло брзо је прерастао у оригинални систем мерења и управљања ризиком познат под називом *Riskmetrics*. VaR је деведесетих година представљен и широком кругу заинтересованих корисника. Примена овог модела у многим финансијских институцијама отпочела је након објављивања извештаја групе Г-30 јула 1993. године. Извештај Г-30 је углавном давао препоруке за управљање ризиком деривата, али су се многе од њих могле применити и на друге финансијске инструменте. У оквиру анализе ризика дата је препорука за примену VaR модела за квантификавање ризика. Због тога се овај документ сматра првим јавно публикованим документом у коме се спомиње овај модел под називом под којим је и данас познат. Већ наредне године, забележен је пораст броја корисника овог модела, да би априла 1995. године Базелски комитет за супервизију банака овај модел препоручио банкама за процену тржишног ризика. Данас је VaR стандардна мера ризика, која се примењује у процени ризика и адекватности капитала, како финансијских, тако и нефинансијских институција, као што је и објашњено у претходном делу рада.

У актуарству, пак, VaR је био у употреби много пре његове примене у инвестиционом банкарству (Hardy, 2006). У контексту актуарских проблема своју примену примарно налази у оквиру квантилног премијског принципа (енгл. *quantile premium principle*) за процену премија у осигурању (Dennenberg, 1990; Wang, 1996), али и у осталим проблемима, као што је одређивање резерви или адекватног нивоа капитала, процена вредности очекиваних одштетних захтева, максимално вероватне штете и слично. Његова имплементација у осигурању наилази на низ препрека

условљених карактеристикама финансијских серија и специфичностима ризика, којима су осигуравајуће компаније у пословању изложене (Longley-Cook, 1997), па модел захтева додатне модификације. У овом раду, опис модификација модела, како у осигурању, тако и у финансијама, биће дат у поглављима у којима се описује оцена параметара модела у складу са специфичностима конкретних података над којима се модели примењују.

Математичку формулацију VaR модела одређују два основна параметра: интервал поверења или интервал поузданости (енгл. *confidence interval*) α , $\alpha \in (0,1)$, и временски период h у оквиру којег се мери вредност под ризиком. За дати интервал поверења α и временски период (енгл. *holding/horizon period*) h , VaR_α се може дефинисати као најмањи број l , такав да у будућности неће бити већи од очекиваног губитка L са вероватноћом $1-\alpha$. Са аспекта теорије вероватноће, VaR је једноставно квантил расподеле губитака (McNeil et al., 2002) и може се приказати на следећи начин:

$$VaR_\alpha(L) = \inf \{l \in R : P(L > l) \leq 1 - \alpha\} = \inf \{l \in R : F_L(l) \geq \alpha\} \quad (2.1)$$

Промена једног или оба параметра условиће промену вредности VaR, због чега је важно адекватно одредити ове параметре у складу са наменом добијених резултата. Финансијске институције имају слободу и флексибилност у примени модела за процену и управљање ризиком. Међутим, минимум стандарда, прописан од стране регулаторних тела, се обавезно поштује приликом оцене адекватности капитала.

С обзиром на то да између временског периода обрачуна и вредности VaR постоји позитивна корелација, утврђивање овог параметра је једно од фундаменталних питања у обрачуну ове мере. Јединствен став, међутим, по овом питању не постоји, што значи да избор адекватног временског периода за који се VaR обрачунава зависи од сврхе у које ће се користити ова мера ризика (Christoffersen et al., 1998). Стога се као основне детерминанте овог параметра најчешће наводе карактеристике инвеститорове позиције (Basel Committee on Banking Supervision, 2011, стр. 6), односно степен ликвидности финансијских инструмената који се налазе у саставу портфолија и учесталост трговања. Уколико инвеститор у свом портфолију држи мање ликвидне финансијске инструменте, временски период за који се ризик квантифицира треба да обухвати и време које је неопходно да се конкретни инструмент на тржишту купи или прода, те се преферира дужи временски период приликом обрачуна (Basel Committee on Banking Supervision, 2011, стр. 16-18). С друге стране, уколико је реч о портфолију

активних инвеститора, који често тргују, па самим тим преферирају улагања у високоликвидне инструменте, ризик се квантифицира углавном у краћим временским периодима. Најчешће је реч о периоду од једног дана или 10 дана, мада се у случају институционалних инвеститора VaR може обрачунавати и за период од 1 месеца до 5 година (Simons, 2000, стр. 25). Дугачак временски период, пак, додатно компликује обрачун, јер се у моделирању параметара користе подаци на дневном нивоу, и то како за процену волатилности, тако и за процену корелација посматраних временских серија, који дугорочно посматрано могу бити променљиви. Узевши у обзир претпоставку да се резултати добијени приликом процене једнодневнoг VaR могу скалирати на било који временски интервал, ризик се овом мером за временски хоризонт T може израчунати применом следеће формуле:

$$VaR_T = VaR_1 \times \sqrt{T} \quad (2.2)$$

Поред тога, у обрачуну се занемарује динамика потенцијалних губитака током одређеног временског хоризонта условљена изненадним променама (шоковима) у кретању финансијских серија. Потенцијално решење овог проблема јесте мерење ризика унутар одређеног временског хоризонта (енгл. *intra-horizon risk*), чија имплементација редукује могућност потцењивања процењеног ризика (Bakshi & Panayotov, 2010).

Интервал поверења за који се утврђује VaR указује на вероватноћу са којом ће се остварити процењени ризик на нивоу мањем или једнаком VaR. Корелација између вредности под ризиком и параметра интервала поверења је позитивна: шири интервал поверења проузрокује и већу вредност VaR, и обрнуто. Иако овај параметар даје значајне информације о расподели вероватноће приноса и могућих губитака, исувише широк интервал поверења доводи до обрачуна велике вредности под ризиком, чија је вероватноћа настанка веома мала. Према стандардима Базелског комитета, банке морају користити у обрачуну VaR са 99% једностраним интервалом поверења за сврхе терењења капитала (Basel Committee, 1996). Рејтинг агенције у оцени кредитног рејтинга могу користити и шири интервал поверења, најчешће 99,97%, док се у свим другим случајевима може користити ужи интервал поверења. Уколико се VaR користи за поређење, било у времену, било између пословних јединица, ниво поузданости ће се дефинисати према потребама самог корисника. У овом случају конзистентност изабраног нивоа параметра h у времену за који се VaR сагледава или на нивоу пословних јединца је важнија од саме величине. За потребе тестирања VaR модела

углавном се користи интервал поверења од 95%. Широки интервал поверења смањује број опсервација у врху дистрибуције и самим тим снагу теста. Наиме, тестирањем треба доказати да је фреквенција губитака већих од ризичне вредности једнака $1-\alpha$. Уколико се користи широки интервал поверења од, на пример 99,99%, то значи да је ризична вредност превазиђена једном у 10.000 дана трговања или 40 година, ако је реч о процени тржишног ризика. Овакву тврдњу би било готово немогуће доказати, па се углавном користе ужи интервали поверења.

У циљу адекватније квантификације ризика, регулатива дозвољава употребу интерних модела, тако да је избор параметара препуштен свакој институцији понаособ и треба да одговара сврси мерења ризика.

2.2.2 Својства мере вредности под ризиком

Концептуална једноставност и разумљивост резултата вредности под ризиком, која сумира расподелу вероватноће настанка ризика у једном броју, чине ову меру опште прихватљивом. Веома је значајна примена ове мере ризика у процени ризика како појединих компоненти портфолија, и то великог броја различитих врста активе и ризика, тако и укупног портфолио ризика. Међутим, одређена својства ове мере сматрају се озбиљним недостацима који доводе у питање релевантност овако добијених резултата.

Наиме, VaR је само једна од великог броја мера ризика, које се свакодневно примењују у пракси. Увиђајући неконзистентност великог броја постојећих мера ризика, група аутора окупљена око Артзнера (Philippe Artzner, Freddy Delbaen, Jean-Mark Eber & David Heath, 1997, 1999) прва је пружила аксиоматско дефинисање монетарних мера ризика. Под претпоставком да се проблем моделирања ризика не разматра на комплетном, односно савршеном тржишту² дефинисан је скуп својстава који свака мера ризика треба да поседује. Овај скуп својстава не одређује јединствену меру ризика, већ карактерише широку класу *кохерентних* мера ризика. Избор појединачне мере из ове класе је одређен додатним, специфичним економским претпоставкама.

У литератури се ризик уобичајено дефинише као промена вредности позиције у једном периоду у односу на други. Ови аутори, међутим, ризик посматрају као будуће вредности, с обзиром на то да је „ризик повезан са варијабилношћу *будућих вредности*

² Тржиште на којем сваки агент може да размени свако добро, директно или индиректно, са сваким агентом без трошкова трансакције. Назива се још и систем комплетних тржишта.

позиције услед промена на тржишту или неочекиваних догађаја“ (Artzner et al., 1999, стр. 3). Стога се ризик, дефинисан као скуп могућих будућих вредности позиције, посматра као коначан скуп свих стања у будућности Ω , који чине случајне променљиве X . Предуслов за мерење ризика јесте да будућа вредност припада скупу прихватљивих ризика³. Критеријум прихватљивости ризика одређен је одлукама регулаторних тела, као што су централне банке, учесници са посебним улогама на финансијским тржиштима (нпр. клириншке куће) или сами инвестициони менаџери.

Узевши у обзир наведене претпоставке, мерење ризика еквивалентно је одређивању кореспонденције ρ из скупа случајних променљивих X у скуп позитивних реалних бројева R , односно $\rho: X \rightarrow R$. Под претпоставком да је скуп случајних променљивих X скуп прихватљивих ризика и да је мера ризика изражена у истим јединицама мере као и будуће вредности, мера ризика је кохерентна монетарна мера ризика уколико има следећа својства (Artzner et al., 1999, стр. 6-7):

(а) *транслациона инваријантност*: За свако $x, x \in X$, и све позитивне реалне бројеве $\beta, \beta \in R$, важи $\rho(x + \beta \cdot r) = \rho(x) - \beta$, где је r неризична стопа приноса. Из овога следи $\rho(x + \rho(x) \cdot r) = 0$, што значи да се додавањем позиције у референтни инструмент⁴ ризик иницијалне инвестиције „помера“ у прихватљив скуп ризика. Односно, мера ризика мора да уважава ефекте диверзификације ризика, који смањују укупну суму ризика испод суме појединачних ризика. Својство субадитивности ово потврђује и формално.

(б) *субадитивност* – За свако x_1 и $x_2, x_1, x_2 \in X$, важи $\rho(x_1 + x_2) \leq \rho(x_1) + \rho(x_2)$. Ово својство представља природан захтев функције ризика која се примењује у финансијама и осигурању, јер представља очекивање инвеститора и менаџера ризика да се додавањем позиција укупан преузети ризик не увећава. Стога се може закључити да представља и најважнији критеријум, који мера ризика треба да испуни, без обзира на то да ли је кохерентна.

(в) *позитивна хомогеност* – За свако $x, x \in X$ и сваки реални број $\lambda, \lambda \geq 0$ важи $\rho(\lambda x) = \lambda \cdot \rho(x)$. Кроз ово својство обухваћен је ефекат величине позиције на ризик, што значи да се ризик позиције повећава са повећањем величине позиције и то, у овом случају, пропорционално. Ипак, одређена стања у реалности узрокују контраверзна

³ Аксиоми који одређују скуп прихватљивих ризика дати су у раду Artzner et al. (1999, стр. 4-5).

⁴ Референтни инструмент се у овом раду дефинише као хартија од вредности која носи неризичну стопу приноса.

мишљења и наводе на закључак да је ово својство мере ризика уско повезано са могућношћу да се преузета позиција затвори, односно, ликвидира.

(г) *монотоност* - За свако x_1 и x_2 , $x_1, x_2 \in X$ и $x_1 \leq x_2$, важи $\rho(x_1) \leq \rho(x_2)$, што значи да већа изложеност ризику проузрокује већи ризик.

Иако сва наведена својства карактеришу кохерентну меру ризика, у многим ситуацијама се њихов значај и утицај на релевантност добијених резултата доводи у питање. Тако, на пример, однос између ризика и величине позиције може бити нелинеаран (у случају већих улагања у хартије од вредности, које због величине уложених средстава или ликвидности на тржишту нису лако утрживе). То захтева релаксацију претходно наведених услова, посебно у погледу позитивне хомогености и субадитивности, па се уместо својстава (б) и (в) уводи следећи услов:

(д) *конвексност* – За свако x_1 и x_2 , $x_1, x_2 \in X$, и константу c , $c \in [0,1]$, важи $\rho(c \cdot x_1 + (1-c) \cdot x_2) \leq c \cdot \rho(x_1) + (1 - c) \cdot \rho(x_2)$.

Упркос доминантном мишљењу да је својство субадитивности мере ризика најзначајнија карактеристика, Гувартс и остали (Goovaerts et al., 2003) наглашавају да не постоји сет аксиома који може бити генерално прихватљив за све врсте ризика и све апликације мера ризика. У зависности од тога да ли се разматрана мера ризика користи у сврхе алоцирања капитала, дефинисања премија у осигурању или солвентности према захтевима регулаторних оквира, могу се диференцирати различита својства, која се сматрају пожељним. Такође, потребно је у обзир узети и статистичке карактеристике функције расподеле и мере централне тенденције, варијације и облика распореда, пре него што се донесе коначна одлука о математичким карактеристикама мере ризика. Оваква неусаглашеност мишљења по питању својстава прихватљиве мере ризика довела је до контраверзних схватања оправданости коришћења VaR у сврху мерења ризика. Узевши у обзир да VaR има својство субадитивности само у посебним случајевима – када се примењује на елиптичне расподеле вероватноћа фактора ризика (McNeil et al., 2005) релевантност добијених резултата применом у реалним условима функционисања финансијских тржишта и осигуравајућих компанија постаје дискутабилна. У светлу наглих промена на финансијском тржишту, VaR, који се фокусира само на централни део расподеле, не омогућава мерење ризика у реповима расподеле (Einhorn & Brown, 2008), односно ризике настанка екстремних промена (Taleb, 1997).

Решење ових проблема налазимо у алтернативним мерама ризика, које задржавају користи примене VaR, али редукују његове недостатке. Једна од често примењиваних мера, која употпуњује резултате VaR јесте условни VaR (енгл. *Conditional Value at Risk - CVaR*) или како се још у литератури може наћи под називом очекивани губитак (енгл. *Expected Shortfall - ES*), односно губитак репа (енгл. *Expected Tail Loss*). Својства ове мере ризика биће детаљно приказана у посебном делу овог поглавља.

2.2.3 Модели за процену мере вредност под ризиком

Обрачун VaR у пракси може бити захтеван, посебно у случају портфолија, без обзира на то што се ова мера сматра концептуално једноставном. Први модели за процену били су параметарски и базирали се на некој од теоријских расподела вероватноће приноса – Гаусова или Студентова t расподела. Овакви модели нису узимали у обзир бројне аномалије реалних финансијских временских серија, па је и валидност добијених резултата била дискутабилна. Софистициранији параметарски модели, који су уважавали волатилност и корелисаност финансијских временских серија, у извесној мери су могли да обухвате тешке репове расподеле, као и међузависност ризика. Међутим, с обзиром на то да прецизност резултата добијених применом ових модела зависи од адекватности оцене параметара VaR, параметарски модели изложени су ризику модела. Непараметарски приступ процени VaR представио је Дауд (Dowd, 2001), и овај приступ, за разлику од параметарског, не захтева постављање полазних претпоставки о расподели вероватноће и својствима финансијских временских серија, већ се у потпуности ослања на емпиријске податке. Модел ослобођен било каквих теоријских претпоставки, који аналитичару даје највише слободе у субјективним проценама и могућности да инкорпорира различите информације у модел како би унапредио процес предвиђања расподеле вероватноће, јесте Монте Карло симулација. За разлику од осталих метода показује значајан ниво флексибилности, па се може користити и у процени ризика портфолија дериватних финансијских инструмената. Познавање специфичности сваког модела, менаџерима ризика омогућава да бирају модел који одговара њиховим преференцијама, јер се модели међусобно разликују у више аспеката (Linsmeier & Pearson, 2000).

У овом раду биће коришћене све наведене методе и модификоване у складу са својствима финансијских временских серија. Уопштени приказ модела дат је у наставку текста, док су модификације приказане у предметним поглављима.

2.2.3.1 Непараметарски модели за процену вредности под ризиком

Основна карактеристика и предност непараметарских модела, који се користе за процену VaR, јесте претпоставка да се историјски подаци могу сматрати довољно информативним за оцену ризика, јер ће догађања у блиској будућности бити у довољној мери слична релативно блиској прошлости. Први, али и најчешће примењивани модел овог типа јесте историјска симулација (енгл. *Historical Simulation* – HS). Према истраживању које је обухватило банке, које послују у САД и Канади, као и на међународном нивоу, 73% банака, које обелодањују методологију процене ризика, користи модел историјске симулације за процену тржишног ризика (Perignon & Smith, 2010, стр. 367). VaR обрачунава применом Монте Карло симулације 22% банака обухваћеним истраживањем, док осталих 5% најчешће користи неки хибридни модел симулације. Процена ризика у финансијским институцијама примат даје обезбеђењу релативно стабилног нивоа прописаних резерви, а не нужно прецизности квантификације ризика (Jorion, 2002, стр. 85). Популарност овог модела у финансијама произилази и из чињенице да број позиција трговања и њихова комплексност онемогућавају једноставну примену параметарских модела за процену тржишног ризика. Варијантност волатилности и корелације великог броја фактора ризика, које треба инкорпорирати у параметарске моделе, излаже аналитичаре додатном ризику моделирања и процене, тако да, у највећем броју случајева, они преферирају непараметарске методе.

Нека су x_1, x_2, \dots, x_n реализације неких независних случајних променљивих X_1, X_2, \dots, X_n са заједничком функцијом расподеле $F(x)$. Тада су p_1, p_2, \dots, p_n реализације портфолија P у одређеном периоду t , који се добија трансформацијом променљивих - компоненти портфолија, на следећи начин:

$$P_t = \sum_{i=1}^n w_i X_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.3)$$

где w представља учешће сваке компоненте у реализацији портфолија.

Полазећи од наведених претпоставки, између једноваријантног и мултиваријантног модела историјске симулације нема разлика, тако да се $VaR_{X,t}$

променљиве X може се добити као α квантил (Q_α) емпиријске расподеле $F(x)$ на следећи начин:

$$VaR_{X,t} = -Q_{1-\alpha}(x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_1) \quad (2.4)$$

односно, у случају портфолија $VaR_{P,t}$:

$$VaR_{P,t} = -Q_{1-\alpha}(P_{t-1}, P_{t-2}, \dots, P_1) \quad (2.5)$$

Као што се може уочити из модела, није неопходно моделирање структуре међузависности компоненти портфолија, која се, у случајевима комплексних портфолија, изузетно тешко може да дефинише. Међутим, прецизност модела према овом приступу директно зависи од количине релевантних података везаних за све факторе ризика портфолија (McNeil, 2005). Недовољан сет података узроковаће дестабилизацију емпиријске расподеле губитака, док ће предугачак сет довести до појаве „ефекта духова“ (енгл. *ghost effect*). С обзиром на то да модел свим подацима додељује подједнак значај, велике осцилације неће бити обухваћене адекватно или неће бити обухваћене уопште, ако узорак није изабран на одговарајући начин (Dowd, 2002, стр. 72-74).

Наведени недостаци основног модела историјске симулације могу у извесној мери бити отклоњени применом неког од модела пондерисане историјске симулације или филтриране историјске симулације. Како се у овом раду историјска симулација посматра као непараметарски модел, могућа побољшања ће се увести применом модела историјске симулације пондерисане временом (енгл. *Age-Weighted Historical Simulation* – AWHIS). Овај модел одговара на потенцијални проблем дисторзије података у посматраном сету тако што податке пондерише одговарајућим коефицијентом, који одражава њихов релативни значај (Boudoukh et al., 1998). Уместо претпоставке о подједнаком значају података ($1/n$), претпоставља се да ће скорије опсервације допринети прецизности VaR модела више него старије, тако да се свакој опсервацији i додељује пондер a_i израчунат према следећој формули:

$$a_i = \frac{\lambda^{i-1}(1-\lambda)}{1-\lambda^n}, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.6)$$

где λ представља фактор опадања значаја опсервација, чија се вредност налази између 0 и 1. Према томе историјска симулација се може посматрати као посебан случај историјске симулације пондерисане временом са фактором опадања $\lambda=1$, при чему је,

за разлику од историјске симулације, овај модел флексибилнији и, мада рестриктивно, али адекватније одговара на волатилност приноса, која карактерише финансијске временске серије са тржишта капитала.

Историјска симулација се може посматрати и као полу-параметарски приступ моделирања и предвиђања VaR уколико се подаци пондеришу коефицијентом који одражава промене волатилности (Hull & White, 1998). Поступак обрачуна вредности VaR је идентичан описаном у основном случају историјске симулације уз уважавање трансформације оригиналних података на следећи начин:

$$x_{t,i}^* = \frac{\sigma_{T,i}}{\sigma_{t,i}} x_{t,i} \quad (2.7)$$

при чему $\sigma_{t,i}$ представља стандардну девијацију одређену применом GARCH или EWMA модела волатилности, који ће бити детаљно објашњени у наставку рада, а $\sigma_{T,i}$ најскорије предвиђену стандардну девијацију за период обрачуна VaR.

За разлику од претходно објашњених модела, овај модел директно инкорпорира волатилност, што тако обрачунату вредност VaR чини осетљивом на предвиђања волатилности и, са друге стране, повећава ризик модела.

2.2.3.2 Параметарски модели за процену вредности под ризиком

Први VaR модели су били засновани на теоријским претпоставкама о својствима анализираних података, односно функцији расподеле⁵, па су у литератури познати као параметарски модели (Barone-Adesi & Giannopoulos, 2000). Уобичајено се претпоставља да емпиријска функција расподеле серије променљивих прати нормалну или Студентову t функцију расподеле.

Уколико важи прва претпоставка, односно да функција расподеле серије променљивих прати нормалну расподелу, онда ће VaR модел бити у потпуности одређен са два параметра и то: средња вредност μ и стандардна девијација σ (или варијанса σ^2). Традиционални, али и данас прихваћени модел заснива се на стандардној нормалној расподели, чија функција густине има следећи облик:

⁵ У зависности од тога да ли се параметри функције расподеле дефинишу над оригиналним или прилагођеним подацима, можемо разликовати два приступа моделирању серија: безусловни (енгл. *unconditional*) и условни (енгл. *conditional*). Како условно моделирање расподеле омогућава обухватање специфичних својстава временских серија, која безусловни начин моделирања игнорише, овај приступ се препоручује у пракси (Dowd, 2002, стр. 77).

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (2.8)$$

Параметри функције расподеле променљиве X најчешће нису познати и могу се проценити применом различитих метода на следећи начин:

$$\begin{aligned} \hat{\mu} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\ \hat{\sigma} &= \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{\mu})^2 \right)^{1/2} \end{aligned} \quad (2.9)$$

где n представља број опсервација у серији променљивих.

Тада се вредност $VaR_{X,t}$ може израчунати на следећи начин:

$$VaR_{X,t} = \hat{\mu} + \hat{\sigma} z_{1-\alpha} \quad (2.10)$$

где α представља ниво поверења, а $z_{1-\alpha}$ одговарајући квантил стандардне нормалне расподеле (на пример, за интервал поверења $\alpha = 95\%$ његова вредност износи $z_{1-\alpha} = -1,645$).

Уколико је, пак, реч о портфолију, параметарски модел VaR портфолија, који претпоставља да је заједничка расподела приноса портфолија нормална, одређен је параметром средње вредности μ_P реализације портфолија (формула 2.9) и варијансом портфолија σ_P^2 која се обрачунава на следећи начин:

$$\sigma_P^2 = \sum_{j=1}^N w_j^2 \sigma_j^2 + 2 \sum_{i < j} w_i w_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j \quad (2.11)$$

где ρ_{ij} представља коефицијент корелације између компоненти портфолија.

Вредност портфолија се може израчунати заменом одговарајућих параметара у формулу 2.3, при чему је параметар од посебног значаја корелација између компоненти портфолија, која ће детаљно бити објашњена у делу о оцени параметара модела вредности под ризиком.

Један од начина да се моделирањем целокупне расподеле вредности случајне променљиве обухвати својство повећаног коефицијента спљоштености јесте коришћењем Студентове t расподеле уместо нормалне, чија функција густине има следећи облик:

$$g(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{v+1}{2}\right)}{b\sqrt{\pi v}\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)} \left(1 + \frac{(x-\mu)^2}{vb}\right)^{-(v+1)/2} \quad (2.12)$$

где v ($v \in \mathbb{N}$) представља параметар облика, односно број степени слободе, μ ($\mu \in \mathbb{R}$) је параметар локације, а b ($b > 0$) је параметар скалирања. У случају стандардне Студентове t расподеле за $v > 2$ варијанса се може утврдити као $\sigma^2 = b^2 * v / (v - 2)$, док се вредност под ризиком, након процене параметара модела, може израчунати применом следеће формуле:

$$VaR_{x,t} = \hat{\mu} + \sqrt{\frac{v-2}{2}} \hat{\sigma} t_{1-\alpha, v} \quad (2.13)$$

Број степени слободе се углавном утврђује из односа према коефицијенту спљоштеност, с обзиром на то да је за $v \geq 5$ коефицијент спљоштености $3(v-2)/(v-4)$. Према томе, уколико се жели апроксимирати релативно висок коефицијент спљоштености треба изабрати нижу вредност v .

Упркос својој једноставности, овај модел има низ недостатака, које га не чине подобним за моделирање екстремних ризика. Један од основних недостатака је прихватљивост овог модела са статистичког аспекта, јер се претпоставка о нормалној функцији расподеле често оправдава централном граничном теоремом. Међутим, централна гранична теорема, која описује само централни део функције густине није адекватна за оцену виших квантила распореда. Такође, девијације од нормалне расподеле, као што су асиметрија распореда и одступања од уобичајеног облика криве функције нормалног распореда, стандардном нормалном расподелом нису обухваћене. Ова својства типична за финансијске временске серије се овим моделом занемарују, па је једна од могућих алтернатива моделирање временских серија применом Студентове t расподеле, али и тада се не може говорити о обухватању екстремних ризика, већ само оних који произилазе из повећане вредности коефицијента спљоштености (Dowd, 2005, стр. 82-83).

Међутим, како финансијске временске серије одликује значајан ниво аутокорелације и хетероскедастичност, параметарски модели имају врло ограничене ефекте у моделирању екстремних ризика уколико претходно нису обухватили ова својства посматраних серија. Стога ће бити више речи о утврђивању параметара модела применом економетријских модела у наставку овог поглавља.

2.2.3.3 Монте Карло симулација у процени вредности под ризиком

Процена вредности под ризиком портфолија са великим бројем компоненти, посебно у финансијама када портфолио може да садржи и дериватне финансијске инструменте, представља баланс између прецизности и комплексности обрачуна (Glasserman et al., 2000). Као што се на основу детерминанти претходних модела може закључити, методи који базирају на поједностављеним претпоставкама о промени фактора ризика и очекиваном губитку у складу са тим, су најмање захтевни за аналитичаре, па се и најчешће примењују. Реалније процене захтевају комплексне методе, експертизу и више времена за имплементацију. Један од таквих приступа обрачуна вредности под ризиком јесте Монте Карло симулација.

Монте Карло VaR модел се користи за утврђивање дистрибуције вероватноће за одређену променљиву симулацијом. За разлику од историјске симулације, предвиђање промене тржишних фактора се не врши на основу историјских података, већ се насумично узимају из статистичке дистрибуције. Међутим, како ће овако одређена случајна променљива бити генерисана у Монте Карло симулацију, од суштинског је значаја да утврђена дистрибуција не одступа значајно од реалне. У случају приноса на финансијску активу можемо изабрати нормалну или Студентову t расподелу, а ако се узима у обзир и промена волатилности у и корелације компоненти портфолија у времену, онда инпути ове симулације могу бити параметри расподеле одређени неким од описаних модела.

Овај модел користи већи број узорака конкретне променљиве при различитим стањима и комбинује резултате ради генерисања дистрибуције вероватноће. Процес генерисања се обавља све док се не добије довољно резултата за процену дистрибуције вероватноће – може бити од неколико хиљада до неколико десетина хиљада пута. Као и у случају историјског VaR модела, формира се скуп вредности случајне променљиве, који се уређује у растућем поретку, а затим се одатле VaR рачуна као α квантил такве дистрибуције за задати интервал поверења.

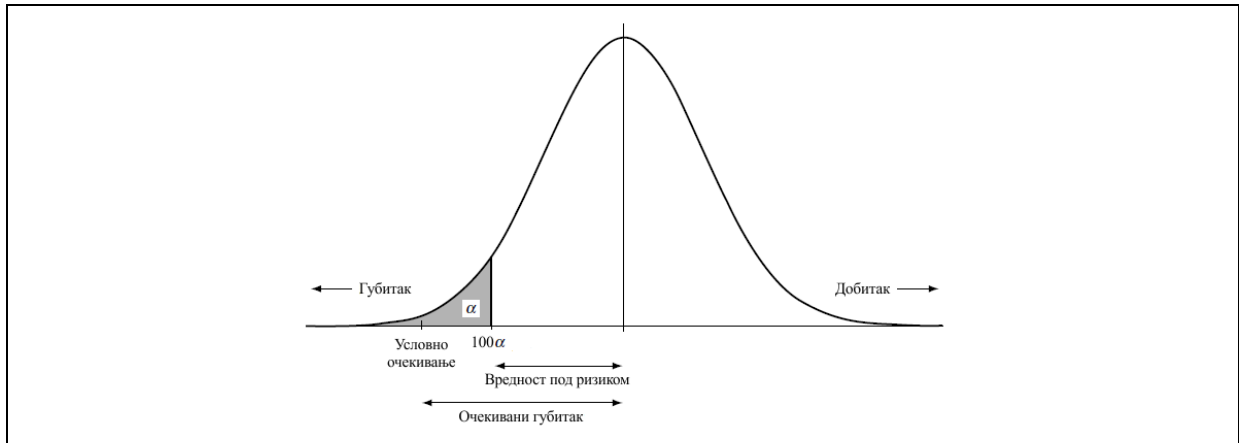
2.2.4. Мерење ризика применом мере очекивани губитак

VaR прихваћен као стандардна мера у управљању ризиком у финансијама због своје концептуалне једноставности, као и брзог и релативно лаког обрачуна и имплементације, критикован је због неколико битних недостатака. Као најбитније могу се издвојити, на пример, следеће (Artzner et al., 1997, 1999): (1) VaR мери само унапред

задати квантил расподеле приноса, те занемарује губитке веће од вредности VaR, односно не узима у обзир губитке у репу (енгл. *tail risk*), и (2) VaR није кохерентна мера ризика, с обзиром на то да не поседује својство субадитивности. Упркос чињеници да је примена математике и статистике допринела унапређењу менаџмента ризика, поједини аутори истичу да се ризик, ипак, не може сумирати у једном броју, посебно када је реч о катастрофалним ризицима, које се у случају обрачуна VaR неким од стандардизованих модела занемарују (Rootzen & Kluppelberg, 1999). Имплементација ове мере у проблемима оптимизације и управљања ризиком, насупрот очекивањима, не доприноси редуковању ризика и максимирању корисности инвеститора, већ препоручује позиције веће изложености ризику, услед чега је и претрпљени ризик већи када дође до значајне волатилности (Basak & Shapiro, 2001, Yamai & Yoshida, 2002). Стога се као неопходност наметнула тежња за увођењем нових концепата и нових мера ризика. Као пратећа, а све чешће и алтернативна мера ризика за VaR, у управљању ризиком употребљава се мера очекивани губитак (енгл. *Expected Shortfall* – ES). У литератури се ова мера ризика може наћи под различитим називима: условни VaR (енгл. *Conditional VaR* - CVaR), најгоре условно очекивање (енгл. *Worst Conditional Expectation* – WCE), условно очекивање репа (енгл. *Tail Conditional Expectation* – TCE), који представљају сличне концепте, мада не у потпуности идентичне⁶.

ES се може дефинисати као условно (енгл. *conditional*) очекивани губитак уколико је вредност губитка већа од вредности VaR. Наиме, VaR одређује максимални ниво ризика за дати интервал поверења у одређеном временском периоду, уколико дође до настанка ризичног догађаја. Међутим, ова мера не даје информације о ризику који може настати у случају да он пређе ниво VaR. Ниво очекиваног губитка који прелази VaR одређен је мером ES (слика 2.1). У овом раду, ES ће се посматрати као *просечан* очекивани губитак у случају остварења екстремног ризика (ризика репа).

⁶ Детаљније о концептуалном оквиру мерења ризика изнад вредности VaR погледати у раду Acerbi & Tasche (2002).



Извор: Yamai, Y., & Yoshiba, T. (2002)

Слика 2.1 Однос мера вредност под ризиком и очекивани губитак

Као и у случају VaR модела, математичку формулацију ES модела одређују два основна параметра: интервал поверења α , $\alpha \in (0,1)$, и временски период h у оквиру којег се ризик квантифицира. За дати интервал поверења α и временски период h , ES_α се може дефинисати као средња вредност α -квантила расподеле променљиве L и, надовезујући се на формулу 2.1, математички приказати на следећи начин (Acerbi & Tasche, 2001):

$$ES_\alpha(L) = \frac{1}{\alpha} \left[E(L \mathbf{1}_{\{L \leq VaR_\alpha(L)\}}) + VaR_\alpha(L) (P(L \leq VaR_\alpha(L)) - \alpha) \right] \quad (2.14)$$

где $\mathbf{1}\{\cdot\}$ представља индикаторску функцију⁷.

У бити овако робусног математичког приказа налази релативно једноставна логика ове мере, која се може објаснити анализом приказане формуле. Наиме, део формуле у виду израза $VaR_\alpha(L) (P(L \leq VaR_\alpha(L)) - \alpha)$ представља вредност која премашује VaR, односно очекивану вредност губитка $E(L \mathbf{1}_{\{L \leq VaR_\alpha(L)\}})$ када $L \leq VaR_\alpha(L)$ има вероватноћу већу од α . Тада је $P(L \leq VaR_\alpha(L)) = \alpha$, и у случају када је расподела вероватноће непрекидна, овај део израза се може апстраховати, тако да се претходно наведена формула своди на следећи облик:

$$ES_\alpha(L) = E(L | L \leq VaR_\alpha(L)) \quad (2.15)$$

Иако се заснивају на истим полазним претпоставкама, ES за разлику од VaR карактерише својство субадитивности⁸, које није тривијална академска инвенција, већ

⁷ Усвојена је уобичајена нотација $\mathbf{1}_{\{relacija\}} = \begin{cases} 1, & \text{ukoliko je relacija tacna} \\ 0, & \text{ukoliko je relacija netacna} \end{cases}$

суштинско својство сваке мере ризика из више разлога (Dowd, 2002; Žiković, 2008; Danielsson & Jorgensen, 2005): (1) недостатак субадитивности у инвестиционом одлучивању не уважава диверсификацију ризика – уколико су ризици субадитивни, онда ће сумирање таквих ризика довести до прецењивања комбинованог ризика, док би се у супротној ситуацији комбиновани ризик потценио; (2) примена мера које не карактерише својство субадитивности у регулатроне сврхе може довести до реорганизације институција и њиховог дељења на мање организационе јединице, како би се редуковао ниво захтеваног обавезног капитала; (3) примена оваквих мера у трговању може узроковати дељење трговачких рачуна на посебне ризике, како би се редуковали захтевани минимални износи обавезних салда на рачунима, што може довести до озбиљних проблема у трговању, јер тако дефинисане маргине солвентности не могу да покрију комбиноване ризике.

Стога се може закључити да ES испуњава услове кохерентне мере ризика и да се примена ове мере у финансијама и осигурању препоручује, како у регулаторне сврхе, тако и у сврхе инвестиционог одлучивања.

За процену ове мере могу се користити различити методи, али ће у овом раду бити примењени исти параметарски и непараметарски методи, који се примењују за обрачун VaR.

2.3 Модели за вредновање екстремних ризика

Преиспитивање актуелних модела за вредновање ризика било је условљено динамичним променама вредности и приноса на хартије од вредности, које су указале на недостатак адекватног и поузданог оквира за мерење ризика. Упркос покушајима аутора да статистичким техникама детерминишу универзални модел стабилних дистрибуција, које би обухватиле аномалије целокупне расподеле вероватноће, као што су: груписање волатилности, ауторегресија, асиметричност, тешки репови, варијабилност тешких репова у времену, која може да зависи и од фреквенције података, фундаменталну теорију није било могуће поставити. Проблем остаје у највећем делу статистички, а за његово решење се уместо моделирања целокупне расподеле предлаже циљно моделирање репова расподеле (Stoyanov et al., 2011). Стога ће у наставку рада бити изложене основне претпоставке модела за вредновање екстремних ризика, који се базирају на теорији екстремних вредности.

⁸ Доказ субадитивности се може наћи у раду Acerbi & Tasche (2002).

2.3.1 Својства расподела са тешким реповима

Реп расподеле вероватноћа неке случајне променљиве одређен је вероватноћом да случајна променљива узме вредности веће од неког унапред задатог прага. Упркос примени у многим научним областима, јединствена дефиниција расподеле са тешким реповима не постоји, па самим тим ни дебљина репа није стандардизовани параметар расподеле. Овај проблем, наиме, добија смисао само у конкретном моделу, јер се од појава, чија вероватноћа дешавања одговара расподели са тешким репом, очекује другачије понашање, односно значајно одступање од уобичајеног понашања, које је узроковано екстремима анализираног узорка. Интуитивно, расподелом са тешким репом може се сматрати она расподела вероватноће која има већу тежину репа од неке референтне расподеле. У литератури се најчешће као референтна расподела примењује нормална или експоненцијална расподела, јер вероватноћа код ових расподела врло брзо опада ка нули. Међутим, примена нормалне расподеле као референтне није адекватна, јер репови нормалне расподеле опадају ка нули брже од експоненцијалне, односно као квадрат експоненцијала, и у том случају би се и експоненцијална расподела могла сматрати расподелом са тешким репом (Focardi & Fabozzi, 2004, стр. 352). Стога се расподелом са тешким репом сматра она расподела код које репови опадају ка нули спорије од репова експоненцијалне расподеле (Kluppelberg & Goldie, 1998).

Уколико посматрамо случајну променљиву X , која може узети било коју вредност из скупа реалних бројева \mathbf{R} , функцију расподеле ове случајне променљиве можемо дефинисати са $F(x) = P(X \leq x)$ на интервалу $[0,1]$. Реп расподеле ове функције $\bar{F}(x)$ може се одредити као:

$$\bar{F}(x) = 1 - F(x) = P(X > x) \quad (2.16)$$

Математичка и статистичка обухватања овог феномена заснивају се на утврђивању својстава функција расподеле. Без обзира на тип расподеле, функције расподеле са дебелим реповима имају одређена заједничка својства. Најчешће примењиване дефиниције фокусирају се на моменте расподеле, те су према њима функције расподеле са дебелим реповима оне које имају следећа својства: (а) други моменат расподеле (варијанса) је неодређен, и (б) четврти моменат расподеле (коэффициент спљоштености) је већи од 3. С обзиром на то да се у финансијама и осигурању пре анализе подаци трансформишу најчешће логаритмовањем, сматра се да

већи значај за одређивање својстава функције расподеле имају експоненцијалне вредности момената. Према томе, расподеле са дебелим реповима су оне код којих су експоненцијалне вредности свих момената расподеле неодређене (Foss, Korshunov & Zachary, 2013), односно:

$$E(e^{sX}) = \infty, \quad s \geq 0 \quad (2.17)$$

Такође, врло важно својство функције расподеле са дебелим реповима, а за поједине ауторе и кључно, може се дефинисати на следећи начин (Sigman, 1999, стр. 261):

$$\lim_{x \rightarrow \infty} P(X > x + y | X > x) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\bar{F}(x + y)}{\bar{F}(x)} = 1, \quad y \geq 0, x \geq 0, \bar{F}(x) > 0 \quad (2.18)$$

Ово својство указује на чињеницу да ако случајна променљива X икада узме вредност већу од неке задате велике вредности, онда постоји вероватноћа да ће узети вредност већу од било које велике вредности. Односно, реп расподеле $F(x)$ јесте умерено растућа функција.

Ова наведена својства карактеришу велики број различитих типова функција расподеле, али примену у финансијама и осигурању најчешће налази група суб-експоненцијалних функција расподеле и то функције са правилно променљивим реповима. Ова класа функција расподеле, поред горе поменутих, има особину затворености у односу на конволуцију (Chistyakov, 1964).

Нека су X_1, X_2, \dots, X_n независне случајне променљиве са заједничком функцијом расподеле $F(x)$ и одговарајућом функцијом репа расподеле. Ако са F^{*n} означимо n -струку конволуцију функција расподеле F_1, F_2, \dots, F_n са одговарајућим репом $\bar{F}^{*n}(x) = 1 - F^{*n}(x)$, функција расподеле $F(x)$ је суб-експоненцијална ако $\bar{F}(x) > 0$, $x \geq 0$ и за свако $n \geq 2$ важи:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\bar{F}^{*n}(x)}{\bar{F}(x)} = n \quad (2.19)$$

Ово својство указује на то да када $x \rightarrow \infty$ реп расподеле суме независних и идентично расподељених променљивих има исти облик као реп расподеле саме променљиве, што се може изразити и на следећи начин:

$$P(X_1 + X_2 + \dots + X_n > x) \sim nP(X > x) \quad (2.20)$$

Из овог својства произилази још једно врло важно својство ове класе расподела⁹. Уколико са S_n обележимо суму n променљивих, $S_n = \sum_{i=1}^n X_i$, а са M_n њихов максимум, $M_n = \max(X_1, X_2, \dots, X_n)$, тада за свако $n \geq 2$ важи:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{P(S_n > x)}{P(M_n > x)} = 1 \quad (2.21)$$

Ово имплицира да се код ове класе функција расподеле може очекивати да се сума случајних променљивих S_n повећа под утицајем промене максимума вредности случајних променљивих M_n . Под претпоставком правилне променљивости репа расподеле, реп максимума случајних променљивих одређује реп суме тих случајних променљивих (Embrechts, Kluppelberg & Mikosch, 1997, стр. 38).

У случају функција расподеле са правилно променљивим репом, реп расподеле може се одредити на следећи начин:

$$\bar{F}(x) = x^{-\alpha} L(x) \quad (2.22)$$

где $L(x)$ представља споро променљиву функцију за коју важи:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{L(tx)}{L(x)} = t^\alpha \quad (2.23)$$

Експонент α представља индекс или експонент правилне променљивости, који може узети следеће вредности: $\alpha_0 < 1$, $\alpha_0 = 1$ и $\alpha_0 > 1$. На основу тога расподеле вероватноће се могу класификовати на следећи начин (Parzen, 1979):

(а) уколико параметар репа има вредност $\alpha_0 < 1$, реч је о расподели са „кратким“ репом (енгл. *short tail*), односно ограниченом типу расподеле;

(б) уколико параметар репа има вредност $\alpha_0 = 1$, реч је о расподели са „средњим“ репом (енгл. *medium tail*), односно експоненцијалном типу расподеле; и

(в) уколико параметар репа има вредност $\alpha_0 > 1$, реч је о расподели са „дугачким“ репом (енгл. *long tail*), односно Кошијевом (*Cauchy*) типу расподеле.

У својој студији Парзен (Parzen, 1979) је показао да су класификације расподеле према теорији екстремних вредности и према вредности експонента променљивости конзистентне и нагласио улогу експонената променљивости као критеријума у одређивању типа расподеле екстремних вредности. Ипак, статистичка неслагања са

⁹ Доказ погледати у Sigman, K. (1999). A Primer on heavy-tailed distributions, Queueing Systems, Vol. 33

овом класификацијом условила су појаву нових класификација расподела на основу финих подешавања параметара репа (на пример, Schuster, 1984). У наставку овог рада разматраће се функције расподеле према класичној теорији екстремних вредности, која се односи искључиво на низове независних случајних величина.

2.3.2 Теорија екстремних вредности

Теорија екстремних вредности (енгл. *Extreme Value Theory* - EVT) пружа научни оквир за формализовање анализе репова функција расподеле случајних променљивих. Моделирање вероватноће настанка ризика који би изазвао екстремна одступања од очекиване средње вредности подразумева познавање очекиваног понашања на крајевима функције расподеле. Теорија екстремних вредности користи опсервације о екстремним догађајима као основу за мерење дебљине репа расподеле. Ове мере се могу користити за симулацију процеса који одређују репове емпиријских расподела и предвиђање екстремних догађаја у будућности.

Између централне граничне теореме, по којој нормална расподела представља граничну функцију расподеле узорачких просека, и основне теореме теорије екстремних вредности - *Fisher-Tippett-Gnedenko* теореме може се поставити аналогија. Наиме, како нормална расподела представља граничну функцију расподеле узорачких просека, тако се и на класе расподеле екстремних вредности може гледати као на граничне расподеле максимума анализираних узорка.

Нека су x_1, x_2, \dots, x_n реализације неких независних случајних променљивих X_1, X_2, \dots, X_n са заједничком функцијом расподеле $F(x)$. Када $n \rightarrow \infty$, екстремне вредности посматраних случајних променљивих могу се дефинисати на следећи начин:

$$M_n = \max(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (2.24)$$

$$m_n = \min(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (2.25)$$

Скуп максимума вредности M_n представља сада нови скуп случајних променљивих, које, међутим, нису независне. Како, пак, важи претпоставка да су променљиве X независне са заједничком функцијом расподеле $F(x)$, функција расподеле максимума може се дефинисати као:

$$P(M_n \leq x) = (F(x))^n \quad (2.26)$$

Ипак, подробније разумевање понашања максимума обезбеђује разматрање нормализованих вредности максимума. Уколико постоје константе $c_n > 0$ и $d_n \in R$ такве да важи

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P\left(\frac{M_n - d_n}{c_n} \leq x\right) = H(x) \quad (2.27)$$

где је $H(x)$ недегенерисана функција расподеле, а константе c_n и d_n представљају нормирајуће константе, онда функција расподеле $H(x)$ одређује граничну расподелу линеарно нормираног максимума M_n . Функција расподеле F тада припада области привлачења за максимуме функције расподеле H и скуп свих таквих функција F означаваћемо са $D(H)$.

У вези са вероватносним својствима минимума треба приметити следеће: ако су X_1, X_2, \dots, X_n независне случајне променљиве са заједничком функцијом расподеле $H(x)$, онда је функција расподеле минимума m_n дата са

$$P(m_n \leq x) = 1 - (1 - F(x))^n \quad (2.28)$$

С обзиром на то да се резултати за минимуме могу добити из одговарајућих резултата за максимуме на основу једнакости

$$\min(X_1, X_2, \dots, X_n) = -\max(-X_1, -X_2, \dots, -X_n) \quad (2.29)$$

то ћемо се у даљем излагању бавити само питањима која се односе на граничне расподеле максимума.

У теорији екстремних вредности случајних процеса недегенерисане граничне расподеле линеарно нормираног максимума низа независних и једнако расподељених случајних величина припадају једном од три стандардна типа функције расподеле (Gnedenko, 1943; de Haan, 1976):

(1) Гумбелова (*Gumbel*) расподела:

$$H_0(x) = \exp(-e^{-x}), x \in R \quad (2.30)$$

(2) Фрешеова (*Fréchet*) расподела с параметром α :

$$H_{1,\alpha}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \exp(-x^{-\alpha}), & x > 0, \alpha > 0 \end{cases} \quad (2.31)$$

(3) Вајбулова (*Weibull*) расподела с параметром α :

$$H_{2,\alpha}(x) = \begin{cases} \exp(-(-x)^\alpha), & x \leq 0, \alpha > 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases} \quad (2.32)$$

Параметар α код Фрешеове и Вајбулове расподеле назива се параметар облика, а за функције расподеле се каже да су дате у α -параметризацији.

Ако случајна величина X има једну од наведених стандардних расподела, онда је расподела случајне величине $\sigma X + \mu$, где је $\sigma > 0$, одређена следећим функцијама расподеле:

$$H_{0,0,\mu,\sigma} = H_0\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) = e^{-e^{-\frac{x-\mu}{\sigma}}} \quad (2.33)$$

$$H_{1,\alpha,\mu,\sigma} = H_1\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) = e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{-\alpha}} \quad (2.34)$$

$$H_{2,\alpha,\mu,\sigma} = H_2\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) = e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^\alpha} \quad (2.35)$$

где α представља параметар облика, μ параметар положаја и σ параметар размере, а функције расподеле $G_{i,\alpha,\mu,\sigma}(x)$, $i \in (0,1,2)$ се називају Гумбелова, Фрешеова и Вајбулова расподела, редом.

Замена аргумента X изразом $(x - \mu)/\sigma$, $\mu \in R$, $\sigma > 0$, показала се корисном у примењеним статистичким моделима у финансијама и осигурању, тако да ће у примени модела за вредновање ризика и у овом раду бити коришћена расподела стандардизованих случајних променљивих.

Расподеле екстремних вредности, иако су различитог типа, показују заједничке карактеристике:

$$\lim_{\alpha \rightarrow \infty} H_{1,\alpha}(x) = H_0(x) \quad (2.36)$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow \infty} H_{2,\alpha}(x) = H_0(x) \quad (2.37)$$

Ова особина се може запазити и анализом графикона функције расподеле и густине расподеле за довољно велико α (слика 2.2). Стога, увођењем одговарајуће смене параметра облика α Гумбелова, Фрешеова и Вајбулова функција расподеле могу бити приказане као једно-параметарска фамилија расподела, коју одређује параметар облика ξ такав да важи¹⁰:

(1) ако је $\xi = \alpha^{-1} > 0$, расподела одговара Фрешеовој функцији расподеле,

¹⁰ Веза између α и ξ -параметризације објашњена је детаљно у раду Младеновић (2002). *Екстремне вредности случајних низова*. Математички факултет. Београд

(2) ако је $\xi = 0$, расподела одговара Гумбеловој функцији расподеле, и

(3) ако је $\xi = -\alpha^{-1} < 0$, расподела одговара Вајбуловој функцији расподеле.

Функцију расподеле H приказану у ξ -параметризацији можемо дефинисати на следећи начин:

$$H_{\xi}(x) = \begin{cases} \exp\left(-(1 + \xi x)^{-1/\xi}\right), & 1 + \xi x > 0, \xi \neq 0, \\ \exp(-\exp(-x)), & \xi = 0, \end{cases} \quad (2.38)$$

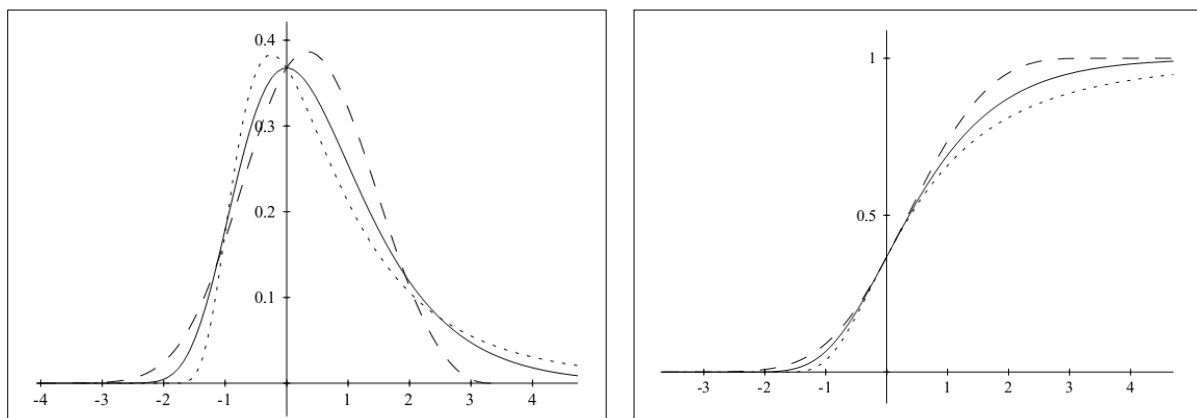
Густине Гумбелове, Фрешеове и Вајбулове расподеле α и ξ -параметризацији приказане су у табели 2.1.

Табела 2.1 Густине расподеле екстремних вредности у различитим параметризацијама

Тип расподеле	α -параметризација	ξ -параметризација
Гумбелова расподела	$h_0(x) = e^{-x} \exp(-e^{-x})$ $-\infty < x < +\infty$	$h_{\xi}(x) = e^{-x} \exp(-e^{-x})$ $\xi = 0, -\infty < x < +\infty$
Фрешеова расподела	$h_{1,\alpha}(x) = \alpha x^{-(1+\alpha)} H_{1,\alpha}(x)$ $x \geq 0, \alpha > 0$	$h_{\xi}(x) = (1 + \xi x)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)} H_{\xi}(x)$ $\xi > 0, 1 + \xi x > 0$
Вајбулова расподела	$h_{2,\alpha}(x) = \alpha (-x)^{\alpha-1} H_{2,\alpha}(x)$ $x \leq 0, \alpha > 0$	$h_{\xi}(x) = (1 + \xi x)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)} H_{\xi}(x)$ $\xi < 0, 1 + \xi x > 0$

Извор: Reiss & Thomas (2007)

При томе се може приметити да се густина Гумбелове расподеле може добити као гранична вредност густина Фрешеове или Вајбулове расподеле када параметар ξ тежи нули, тј. за сваки реалан број x важи $h_{\xi}(x) \rightarrow h_0(x)$ при $\xi \rightarrow 0$.



Извор: Reiss & Thomas (2007)

Слика 2.2 Густине (лево) и функције (десно) расподела екстремних вредности у ξ -параметризацији: $\xi = 0$ (пуна линија), $\xi = 0,3$ (тачкаста линија), $\xi = -0,3$ (испрекидана линија)

Поред дефинисања граничне дистрибуције, потребно је одредити неопходне и довољне услове које функција расподеле случајних променљивих X треба да задовољи да би се могла одредити управо том граничном расподелом H . Ово представља проблем утврђивања области привлачења расподеле $D(H)$, при чему ваља напоменути да је за све функције из области привлачења $H_{1,\alpha}$ десни крај носача расподеле једнак $+\infty$, за функције из области привлачења $H_{2,\alpha}$ је десни крај носача расподеле коначан број, а области привлачења H_0 припадају функције и једног и другог типа. За две функције расподеле F и G се може рећи да су еквивалентне у репу ако имају исте десне крајеве носача расподеле и важи следећи услов: $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\bar{F}(x)}{\bar{G}(x)} = c, \quad 0 < c < \infty$.

Еквивалентност репа је важан концепт у одређивању $D(H)$, јер се може показати да ако су две функције расподеле F и G еквивалентне у репу, онда $F \in D(H)$ ако и само ако $G \in D(H)$ (Focardi & Fabozzi, 2004, стр. 366). Функција квантила расподеле F , коју ћемо обележити са $\bar{F}(x)$, може се дефинисати на следећи начин: $\bar{F}(x) = \sup\{t \in R : F(t) \leq x_0\}, \quad 0 < x_0 < 1$.

Уколико се посматра реп Фрешеове функције расподеле: $1 - H_{1,\alpha}(x) = 1 - \exp(-x^{-\alpha}) \approx x^{-\alpha}, x \rightarrow \infty$, може се закључити да ова функција опада ка нули према инверзном степеном закону. Стога се може показати да функција расподеле F припада $D(H_{1,\alpha})$ ако и само ако постоји споро променљива функција L таква да за сваки $x > 0$ је $F(x) = x^{-\alpha}L(x), \alpha > 0$ (Gnedenko, 1943). У том случају када $n \rightarrow \infty$ важи $F^n(c_n x) \rightarrow H_{1,\alpha}(x)$, где константе имају следеће вредности $c_n = (1/\bar{F})(n) = \inf\{x : F(x) \geq 1 - 1/n\}, \quad d_n = 0$.

Из овога се може закључити да следећих пет типова функција расподеле припадају области привлачења Фрешеове расподеле: (1) Паретова расподела, (2) Кошијева (*Cauchy*) расподела, (3) Бурова (*Burr*) расподела, (4) стабилне расподеле са експонентом $\alpha < 2$, и (5) лог-гама расподеле.

С обзиром на то да важи: $H_{2,\alpha}(x) = H_{1,\alpha}(-x^{-1}), x > 0$, може се закључити да постоји веза између Вајбулове и Фрешеове функције расподеле, као и између њихових области привлачења (Focardi & Fabozzi, 2004, стр. 367). Наиме, функција расподеле F припада $D(H_{2,\alpha})$ ако и само ако $x_0 < \infty$ и $\bar{F}(x_0 - x^{-1}) = x^{-\alpha}L(x)$, где је L споро променљива функција. Ако је $F \in D(H_{2,\alpha})$ онда при $n \rightarrow \infty$ важи

$F^n(c_n^{-1}(M_n - x_0)) \rightarrow H_{2,\alpha}$ где се нормирајуће константе дефинишу на следећи начин:
 $c_n = x_0 - F^{-1}(1 - n^{-1}), \quad d_n = x_0.$

Области привлачења Вајбулове функције расподеле припадају класе важних расподела, као што су: (1) униформна расподела на интервалу (0,1), (2) функције расподеле које се у десној крајњој тачки понашају према степеном закону и (3) бета расподела.

С обзиром на чињеницу да Гумбелова расподела има експоненцијалне репове, област привлачења овог типа расподеле се не може дефинисати на једноставан начин. Област привлачења Гумбелове расподеле садржи функције за које важи претпоставка о еквиваленцији репа при чему је $x_0 \leq \infty$ (Embrechts, Kluppelberg & Mikosch, 1997, стр. 138). Стога се може констатовати да се $D(H_0)$ састоји од великог броја расподела чији репови могу значајно варирати: од умерено тешких до лаких. Као последица различитих репова који припадају овом домену атракције, вредности нормирајућих константи такође значајно варирају¹¹. Најзначајније функције расподеле из ове групе јесу: (1) експоненцијална расподела, (2) нормална и (3) лог-нормална расподела, као и одређене врсте суб-експоненцијалних расподела (Goldie & Resnick, 1998).

Уколико се, пак, екстремне вредности Y одређују као вредности променљиве X веће од унапред задатог прага u , функција расподеле тако добијених екстрема F_u припада домену привлачења H_ξ (Balkema & de Naan, 1974; Pickands, 1975).

Ако је u довољно велика вредност случајне променљиве, која одређује праг екстремних вредности, онда се функција расподеле вероватноће настанка екстрема може одредити на следећи начин:

$$F_u(y) = P(X - u > y | X > u) = \frac{F(y + u) - F(u)}{1 - F(u)}, \quad y > 0 \quad (2.39)$$

Уколико важи $F \in MDA(H_\xi)$, функција расподеле екстремних вредности апроксимира генерализованој Парето расподели (енгл. *Generalized Pareto Distribution*), која се може одредити на следећи начин:

$$G_\xi(y) = \begin{cases} 1 - (1 + \xi y)^{-1/\xi} & \text{ako } \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-y} & \text{ako } \xi = 0 \end{cases} \quad (2.40)$$

¹¹ Детаљна објашњења погледати у Embrechts, Kluppelberg & Mikosch (1997). *Modelling Extremal Events for Insurance and Finance*.

где је $y \geq 0$ ако $\xi \geq 0$ и $0 \leq y \leq -1/\xi$ ако $\xi < 0$.

Заменом аргумента у изразом $(y-v)/\beta(u)$, $v \in R$, $\beta(u) > 0$, добија се одговарајућа стандардизована расподела $G_{\xi,v,\beta(u)}$ која се, такође, може окарактерисати као генерализована Парето расподела, при чему је функција $\beta(u)$ одређена на следећи начин: $\lim_{x \uparrow x_F} \sup_{0 < x < x_F - u} |F_u(x) - G_{\xi,\beta(u)}(x)| = 0$.

За задату вредност u , параметри ζ , μ и ψ генерализоване расподеле екстремних вредности одређују параметре ζ и $\beta(u)$ генерализоване Парето расподеле. С обзиром на то да је параметар ζ независан од u , и представља параметар облика функције, исти је у случају обе поменуте дистрибуције (Fernandez, 2005, стр. 117), што значи:

(1) ако је $\zeta > 0$, F припада фамилији Фрешеове функције расподеле и $G_{\xi,v,\beta(u)}$ јесте Парето расподела,

(2) ако је $\zeta = 0$, F припада фамилији Гумбелове функције расподеле и $G_{\xi,v,\beta(u)}$ јесте експоненцијална расподела,

(3) ако је $\zeta < 0$, F припада фамилији Вајбулове функције расподеле и $G_{\xi,v,\beta(u)}$ припада Парето II типу дистрибуције.

У овом истраживању као и највећем броју емпиријских истраживања у области управљања ризиком расподела података одговара расподелама са дебелим реповима, односно $\zeta > 0$.

Увођењем претпоставке $x = u + y$, процену функције расподеле $F(x)$, за $x > u$, можемо извршити на основу следеће једначине: $F(x) = (1 - F(u))G_{\xi,v,\beta(u)}(y) + F(u)$.

Функција $F(u)$ може се оценити непараметарским методом на основу емпиријске расподеле на следећи начин: $\hat{F}(u) = \frac{n-k}{n}$, где k представља број вредности променљиве које су веће од задатог прага u . Заменом ових једначина у једначину за процену расподеле добија се следећа процена $F(x)$:

$$\hat{F}(x) = 1 - \frac{k}{n} \left(1 + \hat{\xi} \frac{(x-u)}{\hat{\beta}} \right)^{-\frac{1}{\hat{\xi}}} \quad (2.41)$$

где $\hat{\xi}$ и $\hat{\beta}$ представљају процењене вредности параметара ζ и $\beta(u)$ редом методом максималне веродостојности (енгл. *maximum likelihood*).

2.3.3 Вредност под ризиком као мера екстремних ризика

Теорија екстремних вредности се у обрачуну VaR мере може применити на два начина, тако да разликујемо: (1) безусловни (енгл. *unconditional*) модел VaR, и (2) условни (енгл. *conditional*) модел VaR. Безусловни модел претпоставља да је расподела случајних променљивих (приноса или губитака) стационарна, односно, стабилна у времену, док условни модел зависи од кретања фактора ризика у прошлости. С обзиром на то да условни модел обухвата промене у времену, односно волатилност финансијских временских серија, може се закључити да омогућава прецизнију процену ризика. Ипак, комплексност модела га не чини применљивим за све кориснике, већ за само за експерте у управљању ризиком. Са друге стране, безусловни модел, који не уважава промене фактора ризика у времену, од посебног значаја је за планирање резервисаног капитала и стрес тестове у широком кругу корисника због једноставности примене. Кључни фактор прецизности безусловних модела ризичне вредности јесте избор адекватне функције расподеле, која ће обухватити тешке репове расподеле емпиријских променљивих.

Како се у управљању екстремним ризицима углавном примењује метод који екстремне ризике одређује као вредности променљиве изнад унапред задатог прага, безусловни модел VaR можемо дефинисати коришћењем генерализоване Парето расподеле. С обзиром на то да VaR представља α квантил функције расподеле F , односно $VaR_\alpha = F^{-1}(\alpha)$ где је F^{-1} инверзна функција F , за вероватноћу $q > F(u)$ процена вредности VaR може се добити из једначине $\hat{F}(x)$ решавањем по x на следећи начин:

$$\hat{VaR}_\alpha = u + \frac{\hat{\beta}}{\hat{\xi}} \left(\left(\frac{1-\alpha}{k/n} \right)^{-\hat{\xi}} - 1 \right), \text{ где је } \alpha = 1 - q \quad (2.42)$$

Основна предност овог модела је то што се фокусира на реп расподеле, међутим, занемарује чињеницу да случајне променљиве нису независне и идентично расподеле. Чињеница је да финансијске временске серије, посебно приноси хартија од вредности, не одликује стационарност, те се у обзир морају узети како аутокорелација тако и волатилност приликом процене ризика. Отуда најчешће примењивани модел процене вредности VaR, који су поставили МекНејл и Фреј (McNeil & Frey, 2000), претпоставља два типа расподеле: условна расподела у односу на волатилност и гранична расподела процеса.

Претпоставља се да се кретање случајне променљиве X (односно стохастички процес) може окарактерисати на следећи начин:

$$X_t = \mu_t + \sigma_t Z_t \quad (2.43)$$

где Z_t представља бели шум, односно независне и идентично дистрибуиране променљиве за које важи: $E(Z_t) = 0, V(Z_t) = 1$ са граничном расподелом $F_Z(z)$. Претпоставља се, такође, да су μ_t и σ_t мерљиве у односу на расположиви сет информација S_{t-1} о променљивој X до тренутка $t - 1$. Условна средња вредност може се изразити као $\mu_t = E(X_t | S_{t-1})$, док се условна стандардна девијација изражава као $\sigma_t^2 = g(S_{t-1})$, где $g(\cdot)$ представља модел условне волатилности изражен као функција расположивог сета информација.

Ако са $F_X(x)$ обележимо граничну расподелу X_t , а са $F_{X_{t+1}+\dots+X_{t+k} | S_t}(x)$ предвиђену расподелу случајне променљиве у следећих k периода на основу S_t , циљ предвиђања јесте проценити жељени квантил расподеле за један период унапред, који обележавамо са VaR_α^t . С обзиром на то да важи: $F_{X_{t+1} | S_t}(x) = P\{\mu_{t+1} + \sigma_{t+1} Z_{t+1} \leq x | S_t\} = F_Z((x - \mu_{t+1}) / \sigma_{t+1})$, вредност VaR_α^t се може израчунати на следећи начин:

$$VaR_\alpha^t = \mu_{t+1} + \sigma_{t+1} z_\alpha^{-1} \quad (2.44)$$

где је z_α^{-1} α квантил функције граничне расподеле променљивих Z_t .

У циљу имплементације постављеног модела неопходно је најпре изабрати адекватне моделе који би апроксимирали динамику условне средње вредности и условне варијансе, тако да се предлаже условни модел VaR , који се базира на следећем приступу:

(1) Најпре на основу расположивих информација о променљивој X одабрати модел који ће адекватно обухватити динамику неопходних параметара не узимајући у обзир тип расподеле $F_Z(z)$. Одабраним моделом проценити условну средњу вредност μ_{t+1} и условну варијансу σ_{t+1} и издвојити резидуале модела.

(2) Под претпоставком да су добијени резидуали реализација процеса белог шума, применити теорију екстремних вредности за моделирање репа расподеле $F_Z(z)$.

О начинима моделирања неопходних параметара биће више речи у наставку рада.

2.4. Оцена параметара модела вредности под ризиком

Као што је већ показано, постојећи модели вредности под ризиком се разликују по примењеној методологији, полазним претпоставкама и начину имплементације. Међутим, процес обрачуна вредности под ризиком применом било ког модела може се свести на следећа три корака: (1) вредновање активе/портфолија на дневној основи, (2) процена функције расподеле приноса, и (3) обрачун вредности под ризиком. Основне разлике у моделима произилазе из процене функције расподеле приноса, тако да се модели могу класификовати у две широке категорије (Manganelli & Engle, 2004): факторски и портфолио модели. Факторски модели детерминишу кључне факторе портфолија и претпостављају да је променљивост ризика портфолија одређена условном варијансом фактора ризика и њиховом међусобном корелацијом. Стога се сматра да је VaR пропорционалан условној стандардној девијацији портфолија, а функција расподеле приноса портфолија нормална. Портфолио модели претпостављају да су историјски подаци довољно информативни за оцену параметара вредности под ризиком и у зависности од тога како се моделирају историјски приноси могу се разликовати три врсте оцена параметара модела: (1) квантилна оцена, (2) економетријска оцена и (3) оцена теорије екстремних вредности. Новија истраживања указују на могућност модификације постојећих оцена у циљу обједињавања различитих приступа.

У овом поглављу биће приказане могућности за оцену параметара модела вредности под ризиком, које се заснивају на анализи специфичности финансијских временских серија. С обзиром на то да финансијске временске серије одликује променљивост варијабилитета током времена, за опис временски променљиве условне варијансе користиће се економетријска оцена параметара вредности под ризиком применом GARCH модела. Тешки репови емпиријских расподела, који указују на постојање екстремних догађаја у кретању финансијских временских серија, биће моделирани применом теорије екстремних вредности.

У случају оцене параметара модела вредности при ризику за портфолио, значајан је начин моделирања међусобне корелације ризика појединачних актива – елемената портфолија, па ће бити објашњене и методе за моделирање корелације.

2.4.1 Моделирање волатилности финансијских временских серија

Уочено својство нестабилности условне варијансе финансијских временских серија ставља проблем моделирања и предвиђања волатилности на централно место. Параметар волатилности је саставни део многих модела за вредновање капиталне активе, хеџинг и управљање ризиком портфолија. Волатилност се може представити мером дисперзије вредности случајних променљивих у неком временском периоду и односи се на варијансу (σ^2), односно стандардну девијацију (σ), која се може приказати на следећи начин:

$$\sigma_t^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{t-1} - \bar{x})^2 \quad (2.45)$$

где n представља број случајних променљивих у узорку, x_t реализацију случајне променљиве (у овом раду принос или губитак) у тренутку t , а \bar{x} средњу вредност реализација случајних променљивих у узорку.

Овакав тзв. историјски приступ полази од претпоставке да је волатилност константна у посматраном периоду. У случају када се одређује волатилност приноса на финансијску активу и када се посматрају дневни приноси, који могу имати врло мале средње вредности, претходна једначина се може редуковати, уз занемарљив утицај на процену и редуковање стандардне грешке (Figlewski, 1994) на следећи начин:

$$\sigma_t^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{t-1}^2 \quad (2.46)$$

Историјским приступом, међутим, не могу се обухватити нека од најважнијих својстава финансијских временских серија. Имајући у виду да волатилност није временски константна, односно да финансијске временске серије одликује својство хетероскедастичности, модел варијансе који додељује једнаку тежину историјским подацима се не може сматрати адекватним. Један од начина за решавање овог недостатка јесте примена модела просечне експоненцијално пондерисане волатилности (енгл. *Exponentially Weighted Moving Average Volatility* - EWMA), који има следећу форму:

$$\sigma_t^2 = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_{t-i}^2 \quad (2.47)$$

где α_i представља тежински индекс, чија вредност експоненцијално опада током времена, што значи да је $\alpha_{i+1} / \alpha_i = \lambda$, при чему је λ константа вредности између 0 и 1.

Уколико се ова замена уведе у претходну једначину долази се до следећег модела за предвиђање волатилности:

$$\sigma_t^2 \approx (1-\lambda) \sum_{i=1}^n \lambda^{i-1} x_{t-i}^2 \quad (2.48)$$

односно, уколико се модел свакодневно адаптира узимајући у обзир нове информације о промени приноса, долази се до следећег облика модела (Dowd, 2005, стр. 314):

$$\sigma_t^2 \approx \lambda \sigma_{t-1}^2 + (1-\lambda) x_{t-1}^2 \quad (2.49)$$

Вредност λ одређује брзину којом тежински индекс опада, али се препоручује вредност од 0,94 (*RiskMetrics*, 1996, стр. 97). Предложени модел, ипак, не инкорпорира дугорочну зависност у подацима, ефекат леверица, тешке репове функције расподеле и груписање података у кластере, као типичне карактеристике финансијских временских серија (Cont, 2001), што економетријску оцену параметара чини својеврсним изазовом. Први модел који је у економетрији наишао на широку примену за моделирање хетероскедастичних процеса волатилности био је Енгелов (Engle, 1982) ARCH (енгл. *Autoressive Conditional Heteroskedastic*) модел. На основу овог модела Болерслев (Bollerslev, 1986) је развио генерализовани (уопштени) ARCH модел – GARCH модел, који се данас сматра стандардним економетријским оквиром анализе финансијских временских серија, следећег облика:

$$x_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i x_{t-i} + e_t - \sum_{j=1}^q \theta_j e_{t-j}, \quad e_t = \sigma_t u_t, \quad u_t : N(0,1) \quad (2.50)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^m \alpha_i e_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j \sigma_{t-j}^2, \quad \omega > 0, \alpha_i \geq 0, \beta_j \geq 0, \sum_{i=1}^{\max(m,s)} (\alpha_i + \beta_i) < 1 \quad (2.51)$$

Једначина (2.50) описује вредност случајне променљиве x_t применом ауторегресионог модела покретних просека реда p и q – ARMA(p,q). Случајан члан модела e_t је функција од u_t , при чему u_t означава низ независних и једнако расподељених случајних променљивих, које имају нормалну расподелу. Тешки репови расподеле случајне променљиве могу се обухватити заменом условне нормалне расподеле условном Студентовом t расподелом члана u_t .

Једначином (2.51) моделира се условна варијанса вредности случајне променљиве x_t , која је функција квадрата случајних шокова и условног варијабилитета у датом временском периоду. Имплементација овог модела у највећем броју случајева показује да GARCH модел реда $m \leq 2$ и $s \leq 2$ сасвим задовољавајуће моделира

волатилност (Xiao & Aydemir, 2007), тако да је најчешће примењиван модел GARCH(1,1) следећег облика:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \sigma_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-j}^2, \quad \omega > 0, \alpha, \beta \geq 0, \alpha + \beta \leq 1 \quad (2.52)$$

Овај модел се релативно једноставно примењује, користи мали број параметара и углавном описује податке адекватно у циљу краткорочног предвиђања варијансе, претпостављајући да је дугорочно посматрано варијанса константна, док се дугорочна аутокорелација варијансе може обухватити моделом GARCH(2,2).

Однос између приноса и иновација у очекиваној волатилности је од суштинског значаја за разумевање финансијских тржишта (на пример, Cox & Ross, 1976; Black, 1976; Christie, 1982) и управљања ризиком. Феномен асиметричне волатилности се односи на својство приноса које се може описати као тенденција да негативни шокови имплицирају већу будућу волатилност од позитивних исте јачине (Wu, 2001; Bekaert & Wu, 2000). Стога се сматра да између приноса и очекиване волатилности постоји негативна корелација, која се може моделирати применом нелинеарних GARCH модела. Први облик GARCH модела који обухвата ово својство финансијских временских серија јесте EGARCH модел (Nelson, 1991), који варијансу моделира на следећи начин:

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega + \sum_{i=1}^m \alpha_i (\phi z_{t-i} + \gamma (|z_{t-i}| - E(|z_{t-i}|))) + \sum_{j=1}^s \beta_j \ln(\sigma_{t-j}^2) \quad (2.53)$$

при чему је γ коефицијент леверица, односно асиметрична компонента модела.

Модификација GARCH модела која претпоставља да постоји зависност између параметра e_t и врсте шока дата је моделом GJR-GARCH (Glosten, Jagannathan & Runkle, 1993), који има следећи облик:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^m \alpha_i e_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^m \gamma_i I_{t-1} e_{t-1}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j \sigma_{t-j}^2, \quad (\alpha_i + \gamma_i) / 2 \geq 0 \quad (2.54)$$

где је $I(\cdot)$ индикаторска функција за коју важи:

$$I_{t-1} = \begin{cases} 1 & \text{ако } e_{t-1} < 0 \\ 0 & \text{ако } e_{t-1} \geq 0 \end{cases} \quad (2.55)$$

Параметри модела се, након моделирања условне средње вредности и условне варијансе, оцењују применом алгоритма који максимизује логаритамску функцију веродостојности претпостављајући одређену функцију расподеле случајне грешке. Уобичајено се користи неколико функција расподеле у економетријском моделирању финансијских временских серија: нормална расподела (Engle, 1982), која је симетрична

и не узима у обзир тешке репове; Студентова t расподела (Bollerslev, 1987), коју одликују тешки репови, али је симетрична; и уопштена расподела грешке (енгл. *Generalized Error Distribution* – GED), која је симетрична и флексибилнија од Студентове t расподеле како у погледу облика репа (Subbotin, 1923; Nelson, 1991).

2.4.2 Моделирање међузависности финансијских временских серија

Упркос чињеници да је разумевање и моделирање међузависности временских серија централно питање финансијске економетрије, концепт корелације је често погрешно тумачен (Embrechts et al., 2001). Наиме, класична финансијска теорија у контексту модела вредновања капиталне aktive и теорије арбитражног вредновања користи корелацију као меру међузависности различитих финансијских инструмената ослањајући се, притом, на претпоставку о нормалности или елиптичности заједничке расподеле временских серија. Како корелација представља основ за диверсификацију ризика, јасно је колико неодрживост наведених претпоставки може утицати на погрешну процену ризика у савременим условима функционисања финансијских тржишта (Mashal & Zeevi, 2002). Екстремни ризици, како у финансијама, тако и у осигурању, су међусобно значајније корелисани, што умањује могућност диверсификације ризика везаних за пословање ова два сектора, уобичајено сматрани независним (Slijkerman & Schoenmaker, 2006; Kousky & Cooke, 2011). Неадекватно агрегирање ризика у циљу процене капиталних захтева прописаних регулаторним оквирима Базел и Солвентност може резултирати смањеном профитабилношћу, уколико је ризик прецењен, или смањеном ликвидношћу и солвентношћу, у обрнутој ситуацији (Avanzi et al., 2015). Са друге стране, иако је утврђивање премије осигурања традиционално била засновано на закону великих бројева и претпоставци о независности ризика, повећање комплексности делатности осигурања и реосигурања довело је до повећаног интересовања актуара за моделирање међузависности ризика (Bohme & Kataria, 2006; Houg et al., 2011; Genest & Neslehova, 2014). Сада је већ општеприхваћен став да између волатилности финансијских временских серија постоји временска и просторна међузависност, која је централно питање у управљању ризиком уопште, а глобалне климатске промене, финансијске кризе и глобализација подривају стубове традиционалних приступа управљању ризиком (Kousky & Cooke, 2009).

Мера корелације или међузависности сумира корелациону структуру вредности две или више променљивих у једну једину вредност. Чак и интуитивно се може

закључити да такав приступ може имати извесних недостатака, јер је готово немогуће да обухвати сва својства међузависности, па је самим тим мање флексибилан и информативан у поређењу са функцијом корелације. Стога, адекватна мера међузависности k треба да поседује одређена својства (Embrechts et al., 2002):

- симетричност: $k(X_1, X_2) = k(X_2, X_1)$, што значи да мера међузависности не одражава узрочно-последичне везе, које могу постојати између променљивих X_1 и X_2 ,
- нормализација: $-1 \leq k(X_1, X_2) \leq 1$, која ограничава распон вредности којима се може описати корелација две променљиве, мада се ове границе могу модификовати (на пример Lancaster, 1982),
- комонотоност: $k(X_1, X_2) = 1$, која указује на чињеницу да вредност једне променљиве у потпуност детерминише вредност друге променљиве и да је промена истог смера, односно у случају одсуства комонотности: $k(X_1, X_2) = -1$ вредност мере зависности достиже доњи лимит, што указује на промену вредности супротног смера,
- за строго монотону трансформацију $T: R \rightarrow R$ важи:

$$k(T(X_1), X_2) = \begin{cases} k(X_1, X_2) & \text{за } T \text{ растуће} \\ -k(X_1, X_2) & \text{за } T \text{ опадајуће} \end{cases}$$

што имплицира да се вредност мере међузависности неће променити уколико се гранична расподела случајне променљиве трансформише на описан начин.

Када је реч о корелацији између две случајне променљиве, она се може утврдити на различите начине. Линеарна корелација се уобичајено утврђује Пирсоновим коефицијентом на следећи начин:

$$\rho_{X_1, X_2} = \frac{\text{Cov}[X_1, X_2]}{\sigma_{X_1} \sigma_{X_2}} \quad (2.56)$$

Међутим, иако широко примењиван, овај коефицијент не одражава структуру међузависности - вредност коефицијента од 1 (-1), не мора да указује на савршено позитивну (негативну) међузависност, као што ни вредност 0 не имплицира да су случајне променљиве независне (Show & Spivak, 2009), посебно уколико је реч о нелинеарној међузависности (Focardi & Fabozzi, 2004, стр. 329). У случају када варијанса тежи бесконачности овај коефицијент није одређен, што значи да не може бити примењен на финансијским серијама са изузетно тешким реповима расподеле. Поред тога, на промену линеарне корелације утиче промена граничне расподеле, тако да у условима повећане волатилности може доћи до повећања вредности коефицијента

корелације, што посредно наводи на закључак да ова мера корелације испуњава само прва два наведена својства. Резултат генерализације ове мере у мултиваријантном оквиру јесте матрица коваријанси. Матрица коваријанси је параметар заједничке расподеле случајних променљивих и, за разлику од осталих параметара мултиваријантног модела волатилности, не може се директно уочити, већ може бити процењен и предвиђен у контексту датог модела (Alexander, 2007)¹². Овај параметар се може приказати у матричној форми на следећи начин:

$$\Sigma_t = D_t C D_t \quad (2.57)$$

где D_t представља дијагоналну матрицу чији су елементи коваријансе σ_{iit} реализације случајних променљивих – компоненти портфолија, а C корелациону матрицу вредности случајних променљивих (2.56), односно

$$D_t = \begin{bmatrix} \sigma_{11t} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_{21t} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_{iit} \end{bmatrix} \quad (2.58)$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & 1 & \cdots & \rho_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.59)$$

Условне варијансе вредности случајних променљивих могу се обрачунати било којим моделом волатилности. Када је реч о краткорочном предвиђању волатилности, у пракси се често користи описани EWMA модел. Једноваријантни EWMA модел дефинисан формулом (2.49) се може релативно једноставно проширити на мултиваријантни дефинисањем матрице коваријанси компоненти портфолија Σ_t на следећи начин:

$$\Sigma_t = \lambda \Sigma_{t-1} + (1 - \lambda) e_{t-1} e'_{t-1} \quad (2.60)$$

где је λ фиксни коефицијент вредности 0,94, као и у једноваријантном моделу.

¹² Када је реч о овом параметру, такође, треба напоменути да не постоји ни „права“ коваријанса, јер она зависи од статистичког модела. Чак и у случају да модел тачно представља разматрани процес генерисања података, тачна процена коваријанси ће изостати, јер се њима не тргује на тржишту. Изузетак јесте индекс на волатилност VIX.

Међутим, како финансијске временске серије најчешће нису независне и случајно рапоређене, већ показују својство хетероскедастичности, различити мултиваријациони GARCH (MGARCH) модели се могу користити за моделирање условне матрице варијанси. Ови модели се могу поделити у четири групе (Silvenpoinen & Terasvirta, 2008). Прву групу чине модели који омогућавају директно моделирање матрице коваријанси, као што су VEC (Bollerslev et al., 1988) и BEKK (Engle & Kroner, 1995), и сматрају се првим параметарским MGARCH моделима. Другу групу чине факторски модели, који полазе од претпоставке да су посматране случајне променљиве резултат процеса који одређује мали број фактора (Engle et al., 1990). Фактори се могу идентификовати на различите начине, али се најчешће примењује анализа главних компоненти (енгл. *Principal Components Analysis* – PCA). Насупрот овим релативно једноставним моделима, налазе се модели, који се сврставају у трећу групу, а који се базирају на моделирању условних варијанси и корелација као две одвојене компоненте MGARCH модела.

Уколико се претпостави да су условне корелације константне за моделирање волатилности може се користити CCC-GARCH (енгл. *Constant Conditional Correlation GARCH*) (Bollerslev, 1990). Оцена параметара овог модела може се извршити у два корака: најпре се оцене параметри волатилности сваке случајне променљиве понаособ применом неког од GARCH модела, а затим се процењује константна корелација тако добијених резидуала модела. Међутим, претпоставка о константном степену корелисаности случајних променљивих у пракси није одржива, тако да је, уважавајући могућност варијације међузависности, предложен модел динамичке условне корелисаности DCC-GARCH (енгл. *Dynamic Conditional Correlation GARCH*) (Engel, 2002; Christodoulakis & Satchell, 2002; Tse & Tsui, 2002).

DCC-GARCH модел претпоставља да је матрица условне корелације променљива у времену и математички се одређује на следећи начин (Engel, 2002):

$$C_t = Q_t^{*-1} Q_t Q_t^{*-1} \quad (2.61)$$

где Q_t представља матрицу безусловне коваријансе стандардизованих резидуала q_{nt} , који су резултат оцене параметара одговарајућег једноваријантног GARCH модела, а Q_t^* је дијагонална матрица која садржи квадратни корен елемената матрице Q_t и може се приказати на следећи начин:

$$D_t = \begin{bmatrix} \sqrt{q_{11}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sqrt{q_{21}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sqrt{q_{mm}} \end{bmatrix} \quad (2.62)$$

У овом раду ће се у параметарским моделима за процену вредности под ризиком користити описан модел волатилности, док ће се нелинеарност у међузависности како анализираних финансијских серија уопште тако и екстремних ризика обухватити копулом, која је детаљно описана у посебном делу рада.

2.4.3 Моделирање индекса репа расподеле

Један од проблема приликом моделовања расподела са правилно променљивим реповима јесте оцењивање параметара правилне променљивости, јер се у статистици још увек води дебата о броју података у репу, који обезбеђује адекватну процену индекса репа. Већина постојећих оцена индекса репа заснива се на одређеном броју k максималних статистика поретка узорка величине n , а тачност зависи од прецизности у избору броја максималних статистика поретка. Избор k , међутим, увек представља баланс између грешке и варијансе процењене величине. Постављање границе екстремних вредности на релативно ниском нивоу, односно избор мањег k , може допринети томе да поједине опсервације из централног дела расподеле буду укључене у статистичку расподелу екстремних вредности, што ће процену индекса репа учинити прецизнијом, односно мање променљивом, али ће повећати ризик грешке. С друге стране, избор више границе смањује грешку у процени, али повећава варијансу процењене вредности параметра. Литература из области статистике као и примењена истраживања нуде више различитих метода за избор оптималног броја k . Они се грубо могу поделити у две групе (Danielsson et al., 2016): прву групу чине хеуристички приступи, док се методи у другој групи базирају на избору оптималног броја статистика поретка са асимптотски најмањом средњеквадратном грешком.

Хеуристички приступи се често користе у пракси и углавном се заснивају на визуелној анализи графикана величине k и процењеног индекса репа (Resnick & Starica, 1997). Друга врста ових метода, пак, представља хеуристичко правило избора одређеног фиксног процента од n , односно укупне величине узорка, која представља статистику вишег поретка. Теоријска заснованост ових метода је слаба, тако да резултати не морају увек бити робусни, али у случајевима недовољно дугачких

временских серија, што јесте проблем и у овом раду, овакав избор величине k се може сматрати прихватљивим (Alexander, 2008, стр. 167-170).

Друга група приступа се заснива на статистичким теоријама и у литератури постоји велики број метода за оцену индекса репа, али ће овде бити приказани најчешће коришћени, и то: Хилова оцена (Hill, 1975) и Пикандсова оцена (Pikands, 1975).

Уколико посматрамо функције Вајбулове (2.32) и Фрешеове (2.31) расподеле параметар α представља параметар облика функције. Коришћењем одговарајућег узорка екстремних вредности, овај параметар се може оценити и на тај начин проценити својство функције расподеле датог узорка у свом репу. У циљу оцене овог параметра уводимо смену ξ , као што је већ објашњено у делу 2.3.2, и поменуте функције приказујемо у једнопараметарском облику (2.38). Тада се Хилова оцена дефинише помоћу неколико максималних статистика поретка на следећи начин:

$$\hat{\xi}_k = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \ln X_{(k)} - \ln X_{(k+1)} \quad (2.63)$$

где $X_{(n)}, \dots, X_{(1)}$ представља низ статистика поретка у растућем редоследу, а $k = k_n$ је низ позитивних целих бројева који задовољава следеће услове:

$$1 \leq k_n < n, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} k_n = \infty \quad \text{и} \quad \lim_{n \rightarrow \infty} k_n / n = 0$$

Оцена $\hat{\xi}_k$ је слабо конзистентна оцена параметра $\xi > 0$, ако је $X_{(n)}$ низ независних случајних променљивих који задовољава следеће услове: $\lim_{n \rightarrow \infty} k_n = \infty$ и $\lim_{n \rightarrow \infty} k_n / n = 0$ кад $n \rightarrow \infty$ (Mason, 1982). Уколико је, пак, $X_{(n)}$ низ независних случајних променљивих који задовољава следеће услове: $k_n / n = 0$ и $k / \ln \ln n \rightarrow \infty$ кад $n \rightarrow \infty$, онда је $\hat{\xi}_k$ јако конзистентна оцена параметра $\xi > 0$ (Deheuvels, Hausler, & Mason, 1988). Под одређеним допунским условима доказано је да је Хилова оцена асимптотски нормална, односно да случајна величина $\sqrt{k}(\hat{\xi}_n - \xi)$ кад $n \rightarrow \infty$ има асимптотски нормалну $N(0, \xi^2)$ расподелу (Младеновић, 2002).

На основу свега наведеног не може се сматрати да су својства Хилове оцене увек добра. У општем случају за Хилкову оцену важе нека стандардна статистичка својства, али за боље перформансе оцене потребни су додатни услови везани за облик репа расподеле, као и одређени захтеви везани за број статистика поретка.

Пикандсова оцена параметра ξ дефинише се на следећи начин:

$$\hat{\xi}_k = \frac{1}{\ln 2} \ln \frac{X_{(k)} - X_{(2k)}}{X_{(2k)} - X_{(4k)}} \quad (2.64)$$

где $X_{(n)}, \dots, X_{(1)}$ представља низ статистика поретка низа X_i поређаних у растућем редоследу.

Нека је X_i низ независних случајних променљивих са заједничком функцијом расподеле F за коју важи да припада максималном домену привлачења неке од функција расподеле екстремних вредности $MDA(H)$, где је $\xi \in \mathbb{R}$. Оцена $\hat{\xi}_k$ је слабо конзистентна оцена параметра $\xi > 0$, ако $k \rightarrow \infty$, $k/n \rightarrow 0$ кад $n \rightarrow \infty$ (Dekkers & de Naan, 1989). Оцена $\hat{\xi}_k$ је јако конзистентна оцена параметра $\xi > 0$, уколико $k/n \rightarrow 0$ и $k / \ln \ln n \rightarrow \infty$ кад $n \rightarrow \infty$ (Dekkers & de Naan, 1989).

Под додатним условима за k и F (Dekkers & de Naan, 1989, стр. 1799) Пикандсова оцена је асимптотски нормална, односно важи да $\sqrt{k}(\hat{\xi}_n - \xi)$ има асимптотски нормалну $N(0, v(\xi))$ расподелу кад $n \rightarrow \infty$, при чему је

$$v(\xi) = \frac{\xi^2 (2^{2\xi+1} + 1)}{(2(2^\xi - 1) \ln 2)^2}.$$

Као значајан инструмент у одређивању оптималног броја k и у случају Хилове оцене, као и у случају Пикандсове оцене, користи се раван, којом се може графичким путем проценити вредност параметра тако што се бира област у којој је графикон параметра линеаран и стабилан.

2.5 Специфичности испољавања екстремних ризика

Повећање потребе за агрегирањем ризика и вредновањем ризика портфолија у банкарству и осигурању условило је примену мултиваријантних статистичких метода у портфолио анализи. Утврђивање ризика портфолија претпоставља познавање карактеристика расподеле појединачних променљивих, као и степен њихове зависности у циљу дефинисања заједничке расподеле. Како линеарна корелација, као мера зависности две променљиве, не пружа адекватну оцену структура међузависности финансијских серија, посебно у погледу међузависности репова расподеле, моделирање ризика базирано на теорији копуле налази све већу примену. Током претходних деценија, копула је примењивана у различитим научним областима као што су финансијска математика, статистика, теорија екстремних вредности, управљање ризиком, управљање ресурсима предузећа. Регулаторни оквир Базел 2 допринео је промовисању примене копуле у моделирању кредитног ризика у банкарству (Rutkowski & Tarca, 2015).

Копула се може дефинисати као функција која повезује једноваријантне маргиналне расподеле више променљивих са њиховом заједничком расподелом. Не захтева полазне претпоставке при избору функције расподеле, а омогућава декомпоновање било које n -димензионалне мултиваријантне дистрибуције на n маргиналних дистрибуција и функцију зависности. Стога се може посматрати и као проширење концепта корелације у случајевима када се функције расподеле променљивих не могу окарактерисати као нормалне. Концепт интегрисаног управљања ризиком (енгл. *Integrated Risk Management* – IRM) је копулу препознао као суштински елемент модела за процену екстремних ризика портфолија у финансијама и осигурању (Embrechts et al., 2001). Џо (Joe, 1997) и Нелсен (Nelsen, 2006) су у својим радовима пружили детаљан увод у теорију копуле и њихове статистичке и математичке основе. За обрачун VaR мере ризика најпре се примењивала биваријантна копула у циљу процене ризика портфолија који се састоји из два финансијска инструмента (Embrechts et al., 2003; Mendes & Martins, 2004), а затим је њена примена проширена и на случајеве виших димензија (Embrechts & Hoing, 2006). Компаративна анализа остварених перформанси у оцени ризика применом копула и EWMA, BEKK и DCC-GARCH модела је показала да примена копуле даје адекватније процене ризика, посебно у екстремним случајевима (Ozun & Cifter, 2007; Lee & Long, 2005). Примена копула у финансијама у комбинацији са теоријом екстремних вредности посебно

добија на значају после финансијске кризе 2007/2008. године (Berger, 2014; Staudt, 2010).

2.5.1 Дефиниција и основна својства копуле

Посматрано у контексту теорије екстремних ризика, теорија копуле пружа решење за моделирање заједничке расподеле више фактора ризика, које подразумева моделирање маргиналних расподела и структуре међузависности засебно. Ако претпоставимо да посматрамо портфолио који чине две компоненте (на пример хартије од вредности), при чему ћемо њихове серије приноса означити са X и Y , њихова заједничка функција расподеле H биће:

$$H(x, y) = \Pr[X \leq x; Y \leq y] \quad (2.65)$$

Маргинална дистрибуција приноса на активу X јесте

$$F(x) = \Pr[X \leq x] = \lim_{t \rightarrow \infty} H(x, t) \quad (2.66)$$

а маргинална дистрибуција приноса на активу Y

$$G(y) = \Pr[Y \leq y] = \lim_{t \rightarrow \infty} H(t, y) \quad (2.67)$$

Ако претпоставимо да су функције F и G непрекидне и неопадајуће, тако да постоје инверзне функције ових функција F^{-1} и G^{-1} , можемо дефинисати функцију зависности ове две серије приноса на следећи начин:

$$C(u, v) = H(F^{-1}(u), G^{-1}(v)), \quad \forall u, v \in [0, 1] \quad (2.68)$$

Према томе, дводимензионална копула $C(u, v)$ је функција која пресликава јединични квадрат $[0, 1]^2 = [0, 1] \times [0, 1]$ у јединични интервал $[0, 1]$ и то је неопадајућа функција, непрекидна са десне стране и задовољава следеће услове:

$$(1) \lim_{u \rightarrow 0} C(u, v) = 0 \text{ и } \lim_{v \rightarrow 0} C(u, v) = 0, \quad \forall u, v \in [0, 1] \quad (2.69)$$

$$(2) \lim_{u \rightarrow 1} C(u, v) = v \text{ и } \lim_{v \rightarrow 1} C(u, v) = u, \quad \forall u, v \in [0, 1] \quad (2.70)$$

(3) за $u_1 \leq u_2$ и $v_1 \leq v_2$ важи следећа неједнакост

$$C(u_2, v_2) - C(u_2, v_1) - C(u_1, v_2) + C(u_1, v_1) \geq 0 \quad (2.71)$$

Централна теорема у теорији копула је Скларова теорема, која је основа највећем броју апликација и уједно генерализација описаног случаја дводимензионалне копуле. Према Скларовој теореме (Sklar, 1959) ако је F n -димензионална функција расподеле која има непрекидне (кумулятивне) маргиналне функције расподеле F_1, \dots, F_n , тада постоји јединствена n -копула $C: [0,1]^n \rightarrow [0,1]$ таква да важи

$$F(x_1, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)). \quad (2.72)$$

Обрнуто, ако је C копула и F_1, \dots, F_n функције расподеле, онда је F_X дефинисана са (2.72) n -димензионална функција расподеле са маргиналним расподелама F_1, \dots, F_n .

Из (2.72) може се видети да C „везује“ маргиналне функције расподеле F_1, \dots, F_n заједничком расподелом F_X . Зависност је у потпуности описана са C и одвојена од маргиналних расподела из чега следи да је начин на који се променљиве „крећу“ заједно обухваћен копулом, без обзира на скалу по којој се променљиве мере.

Функција густине вероватноће $c(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n))$ копуле $C(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n))$ може се одредити на следећи начин:

$$c(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)) = \frac{\partial C(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n))}{\partial F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)} \quad (2.73)$$

За непрекидне случајне променљиве густина функције копуле повезана је са густином функције F_X , означена са f , и презентована такозваним канонским обликом копуле (Cherubini, Luciano & Vecchiato, 2004):

$$f(x_1, \dots, x_n) = c(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)) \prod_{j=1}^n f_j(x_j) \quad (2.74)$$

где f_j представљају густину маргиналних функција расподеле $f_j = \frac{dF_j(x_j)}{dx_j}$.

Параметри копуле могу се проценити на више начина. Најчешће примењивани метод јесте метод максималне веродостојности.

2.5.2 Врсте копуле

У финансијама и осигурању се углавном примењују две групе копула: елиптичне копуле и Архимедове копуле. Елиптичне копуле су копуле елиптичне расподеле вероватноће и омогућавају моделирање зависности променљивих, укључујући и репове расподеле, за коју се претпоставља да је симетрична с обзиром на

то да дистрибуције овог типа имају симетричан облик. Најпознатије копуле из ове групе копула су Гаусова и Студентова t копула.

Гаусова копула C_{ρ}^{Ga} n -димензионалне функције нормалне расподеле са линеарном корелационом матрицом ρ јесте функција расподеле вектора случајних променљивих $(\Phi(X_1), \dots, \Phi(X_n))$, при чему је Φ једноваријантна функција стандардне нормалне расподеле и $X \sim N_n(0, \rho)$. Односно

$$C_{\rho}^{Ga}(u) = P(\Phi(X_1) \leq u_1, \dots, \Phi(X_n) \leq u_n) = \Phi_{\rho}^n(\Phi^{-1}(u_1), \dots, \Phi^{-1}(u_n)) \quad (2.75)$$

где је Φ_{ρ}^n функција расподеле променљиве X .

Међутим, зависност репова мултиваријантне функције расподеле са Гаусовом копулом тежи 0 (Embrechts, McNeil & Straumann, 2002), што значи да су променљиве, које чине заједничку расподелу, независне у случају екстремних промена. Ризици у финансијама и осигурању показују високу зависност приликом појаве значајних осцилација, тако да ова врста копуле не представља адекватну основу за моделирање ризика.

Насупрот томе, Студентова t копула узима у обзир зависност репова расподеле, па њена примена узима примат над Гаусовом копулом. Студентова t копула $C_{v,\rho}^t$ n -димензионалне функције стандардне Студентове t расподеле са $v \geq 0$ степени слободе и линеарном корелационом матрицом ρ јесте функција расподеле вектора случајних променљивих $(t_v(X_1), \dots, t_v(X_n))$, при чему X има $t^n(0, \rho, v)$ расподелу а t_v је једноваријантна функција стандардне Студентове t расподеле. Односно

$$C_{v,\rho}^t = P(t_v(X_1) \leq u_1, \dots, t_v(X_n) \leq u_n) = t_{v,\rho}^n(t_v^{-1}(u_1), \dots, t_v^{-1}(u_n)) \quad (2.76)$$

где $t_{v,\rho}^n$ представља функцију расподеле променљиве X .

Упркос једноставности њихове примене, претпоставка о симетричној зависности између променљивих, а посебно репова расподеле, чини елиптичне копуле неподобним за примену у моделирању ризика у осигурању и финансијама. Како су екстремне реализације промена показале у пракси да постоји већи степен зависности између екстремно негативних реализација догађаја, него екстремно позитивних, може се закључити да је зависност између репова расподеле асиметрична. Група Архимедових копула која уважава ову карактеристику структура зависности променљивих може се уопштено дефинисати следећом функцијом:

$$C(u_1, \dots, u_n) = \varphi^{-1}(\varphi(u_1) + \dots + \varphi(u_n)) \quad (2.77)$$

где $\varphi(u)$ представља непрекидну функцију, која се још означава и као генератор копуле, такву да важи:

$$(1) \varphi(1) = 0,$$

$$(2) \varphi \text{ је опадајућа и конвексна функција за свако } u, 0 \leq u \leq 1,$$

$$(3) \varphi^{-1} \text{ монотона на } [0, \infty).$$

Када је реч о моделирању екстремних ризика, посебно се могу издвојити две врсте Архимедових копула и то: Гумбелова и Клајтонова копула.

Гумбелова копула је врста асиметричне копуле која претпоставља већи степен зависности у позитивном репу расподеле него у негативном. Може се приказати следећом функцијом:

$$C_{\alpha}^{Gum} = \exp \left\{ - \left[\sum_{i=1}^n (-\ln(u_i))^{\alpha} \right]^{\frac{1}{\alpha}} \right\} \quad (2.78)$$

при чему је α параметар који контролише зависност и за који важи $\alpha \geq 1$. Уколико је $\alpha = 1$ променљиве у мултиваријантној расподели су потпуно независне.

За разлику од Гумбелове копуле, Клајтонова копула претпоставља већи степен зависности у негативном репу расподеле него у позитивном, а може се приказати следећом функцијом:

$$C_{\alpha}^{Cly} = \left[\sum_{i=1}^n u_i^{-\alpha} - n + 1 \right]^{\frac{1}{\alpha}} \quad (2.79)$$

при чему је α параметар који контролише зависност и за који важи $\alpha \geq 0$. Уколико је $\alpha = 0$ променљиве у мултиваријантној расподели су потпуно независне.

2.6 Тестирање модела за вредновање ризика

Модел за процену ризика сматра се корисним уколико омогућава тачно предвиђање ризика, те је тестирање модела критична тачка у процесу моделирања ризика. Провера конзистентности и поузданости резултата добијених применом одговарајућег модела уобичајено се врши тзв. тестирањем уназад (енгл. *backtesting*), односно применом различитих метода за опис функције, која се добија специфичном трансформацијом стварних реализација случајних променљивих и пројектованих вредности VaR у периоду тестирања (Campbell, 2005). С обзиром на то да је VaR стандардна мера ризика у финансијама и осигурању и детерминанта вредности обавезног резервисаног капитала, потреба за тестирањем овог модела је препозната и захтевана и од стране надзорних тела. Тако, на пример, BCBS не захтева спровођење статистичких тестова у циљу оцене валидности модела, али прописује свој тест, као и начин тестирања (BCBS, 2005). Поуздана процена валидности модела, ипак, захтева коришћење статистичких метода. Од првих истраживања ове проблематике, с краја деведесетих година прошлог века, до данас, предлаган је и разматран велики број различитих тестова, који су се разликовали по софистицираности. Основни и најчешће коришћени су били тестови безусловне покривености (енгл. *unconditional coverage*) (Купрес, 1995), који су, затим, проширени како би омогућили тестирање условне покривености (енгл. *conditional coverage*) (Christoffersen, 1998). Ове методе тестирања имају двоструки циљ: (1) да укажу на одступања стопе неуспеха од изабраног нивоа поверења за који се VaR процењује, и (2) да идентификују евентуална груписања одступања, услед неадекватне реакције модела на промене волатилности финансијских временских серија.

Тестирање ES модела је данас и даље дискутабилно, упркос његовој обавезној примени прописаној од стране регулатора. С обзиром на то да ES као мера ризика нема својства VaR мере ризика, тестирање валидности модела се не може спроводити на идентичан начин. Мишљења аутора и експерата за управљање ризиком су различита и варирају од става да не постоје никаква ограничења за тестирање ES модела применом сличних тестова као и у случају VaR до екстремних ставова да се ES због специфичности својих својстава уопште не може тестирати (Acerbi & Szekely, 2014). У овом раду прихваћен је модел тестирања аутора МекНејла и Фреја (McNeil & Frey, 2000), док ће остали модели бити само поменути.

2.6.1 Тестирање модела вредност под ризиком

Основу статистичких тестова за проверу валидности модела VaR представља серија променљивих, које одређује функција одступања (енгл. *hit function*). Уколико са VaR_{t+1}^α дефинишемо вредност у тренутку t такву да негативна реализација случајне променљиве X_{t+1} у тренутку $t+1$ буде већа од предвиђене вредности VaR_{t+1}^α са вероватноћом α , стопу одступања (енгл. *hit sequence*) процењеног ризика можемо одредити тако што посматрамо прошле *ex-ante* VaR предвиђене вредности и прошле *ex-post* вредности x на следећи начин:

$$I_{t+1}^\alpha = \begin{cases} 1, & \text{ako } X_{t+1} > VaR_{t+1}^\alpha \\ 0, & \text{ako } X_{t+1} < VaR_{t+1}^\alpha \end{cases} \quad (2.80)$$

Функција стопе одступања I_{t+1}^α враћа вредност 1 у тренутку $t+1$ када је негативна реализација случајне променљиве већа од предвиђене вредности VaR_{t+1}^α , односно вредност 0 уколико VaR_{t+1}^α није премашен. Приликом тестирања VaR модела, дефинише се серија одступања $\{I_{t+1}^\alpha\}_{t=1}^T$ за период тестирања дужине T , а проблем одређивања тачности модела може се редуковати на проблем испитивања да ли $\{I_{t+1}^\alpha\}_{t=1}^T$ испуњава следећа два својства (Christoffersen, 1998):

- *својство безусловне покривености*. Модел је валидан уколико је вероватноћа да је VaR_{t+1}^α премашен једнака $\alpha \times 100\%$, односно $P(I_{t+1}^\alpha = 1) = \alpha$. У случају да је степен одступања реалних вредности губитака x_{t+1} од вредности VaR_{t+1}^α већа од $\alpha \times 100\%$, овакав резултат може да укаже на чињеницу да модел систематски потцењује ризик. У супротном случају – уколико је степен одступања превише низак, то може бити сигнал да је модел превише конзервативан. Међутим, ово својство не поставља рестрикције по питању учесталости појављивања одступања, тако да тестови безусловне покривености тестирају само просечно одступање у току периода тестирања.

- *својство независности*. Да би модел био валидан, условна покривеност поставља још један захтев: $P_t(I_{t+1}^\alpha = 1) = \alpha$, односно да модел предвиђа вредност VaR_{t+1}^α на основу расположивих историјских података на такав начин да је вероватноћа одступања једнака $\alpha \times 100\%$ сваког тренутка у оквиру периода тестирања. Уопштено посматрано, груписање одступања нарушава својство независности, које указује на чињеницу да модел не инкорпорира у потпуности промене волатилности посматране

финансијске временске серије. Уколико је модел адекватан са аспекта условне покривености, онда је адекватан и са аспекта безусловне покривености, али обрнуто трвђење није увек истинито.

Иако наведена својства карактеришу различите аспекте валидног VaR модела, само серија одступања, која задовољава оба захтева, се може сматрати доказом прецизног модела ризика. Стога се нулта хипотеза статистичког теста валидности VaR модела може дефинисати на следећи начин (Campbell, 2005):

$$H_0: I_{t+1}^\alpha \sim i.i.d \text{ Bernoulli}(\alpha) \quad (2.81)$$

што значи да серија одступања добијена тестирањем модела у одређеном временском периоду треба да буде идентично и независно распоређена као Бернулијева случајна променљива са вероватноћом α да би се модел сматрао валидним. Међутим, приликом спровођења тестова, који треба да укажу на то да ли нулту хипотезу прихватити или одбацивати, могу се појавити два типа грешке. Први тип грешке односи се на могућност одбацивања валидног модела, док се други тип грешке односи на могућност да се не одбаци модел који није валидан. Статистички јак тест треба да минимизира вероватноћу настанка ових грешака (Jorgion, 2001). У пракси се уобичајено арбитрарно бира одређени ниво поверења, на пример 95%, и примењује у свим тестовима.

Један од првих и још увек најраспрострањенији тест заснован на стопама одступања јесте тест безусловне покривености¹³ (Куріес, 1995). Овај тест има за циљ да испита да ли модел испуњава својство безусловне покривености, односно да ли је стопа одступања пројектованог VaR једнака $\alpha \times 100\%$ у посматраном временском периоду. Уколико VaR одступа значајно више од $\alpha \times 100\%$ од реалних вредности променљиве, онда је валидност модела доведена у питање. Уколико се посматра серија од T опсервација, тест статистика количника веродостојности (енгл. *Likelihood Ratio* – LR) може се приказати на следећи начин:

$$LR_{POF} = 2 \log \left(\left(\frac{1 - \hat{\alpha}}{1 - \alpha} \right)^{T - I(\alpha)} \left(\frac{\hat{\alpha}}{\alpha} \right)^{I(\alpha)} \right)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{T} I(\alpha) \quad (2.82)$$

$$I(\alpha) = \sum_{t=1}^T I_t(\alpha)$$

¹³ Тест је познат и под енглеским називом *Proportion-of-Failures* (POF).

LR_{POF} има χ^2 (хи-квадрат) расподелу са једним степеном слободe. Уколико је вредност LR_{POF} већа од критичне вредности χ^2 расподеле, сматра се да за нулту хипотезу дату (2.81) не важи својство безусловне покривености, односно нулта хипотеза се одбацује, а модел се не може сматрати валидним. Иако се примењује у регулаторним оквирима за тестирање VaR модела, овај тест има два основна недостатка (Campbell, 2005). Статистички посматрано, овај тест није довољно јак да открије моделе који систематски потцењују ризик. Са друге стране, тест потпуно занемарује валидност модела са аспекта својства независности. Ово својство је, пак, корисницима модела за процену ризика значајно, јер кластери одступања, односно велики број одступања који се реализује у релативно кратком периоду вероватније указује на катастрофалне догађаје него спорадична појединачна одступања (Christoffersen & Pelletier, 2004). Стога је развијен велики број тестова, који експлицитно испитују својство независности VaR серије одступања $I_t(\alpha)$.

Често примењиван и значајан тест из групе тестова условне покривености јесте Крисоферсенов тест (Christoffersen, 1998). Овај тест испитује да ли вероватноћа одступања VaR од реалних вредности променљиве зависи од одступања VaR, које се десило у претходном периоду, и уколико су одступања независна може се сматрати да је модел валидан. У циљу тестирања ове претпоставке, формира се табела контингенције (Табела 2.2) величине 2×2 у којој се дефинише n_{ij} као број периода када се десило стање j под условом да се стање i десило у периоду који је непосредно претходио посматраном.

Табела 2.2 Табела контингенције одступања VaR модела од стварних вредности

	$I_{t-1} = 0$	$I_{t-1} = 1$	
$I_t = 0$	n_{00}	n_{10}	$n_{00} + n_{10}$
$I_t = 1$	n_{01}	n_{11}	$n_{01} + n_{11}$
	$n_{00} + n_{01}$	$n_{10} + n_{11}$	N

Извор: Christoffersen (1998)

Затим, нека је π_i вероватноћа дешавања одступања у зависности од стања i из претходног периода посматрања, која се може одредити на следећи начин:

$$\begin{aligned} \pi_0 &= \frac{n_{01}}{n_{00} + n_{01}} \\ \pi_1 &= \frac{n_{11}}{n_{10} + n_{11}} \\ \pi &= \frac{n_{01} + n_{11}}{n_{00} + n_{01} + n_{10} + n_{11}} \end{aligned} \quad (2.83)$$

Уколико је модел валидан, број одступања која се десе након претходног одступања, $I_{t-1} = 1$, требало би да буде једнак броју одступања која се десе након периода у којем није било одступања, $I_{t-1} = 0$, односно, важи $\pi_1 = \pi_0$. Тест статистика количника веродостојности може се приказати на следећи начин:

$$LR_{ind} = -2 \log \left(\frac{(1-\pi)^{n_{00}+n_{10}} \pi^{n_{01}+n_{11}}}{(1-\pi_0)^{n_{00}} \pi_0^{n_{01}} (1-\pi_1)^{n_{10}} \pi_1^{n_{11}}} \right) \quad (2.84)$$

LR_{ind} има χ^2 (хи-квадрат) расподелу са једним степеном слободe. Уколико је вредност LR_{ind} већа од критичне вредности χ^2 расподеле, сматра се да за нулту хипотезу дату (2.81) не важи својство независности, односно нулта хипотеза се одбацује, јер су одступања груписана, па се модел, који такве неправилности не открива, не може сматрати валидним. Међутим, својство независности може бити нарушено на различите начине, који не морају бити повезани са одступањима, која су се догодила непосредно пре тренутка тестирања. На пример, вероватноћу одступања у моменту тестирања могу одредити одступања која су се догодила пре извесног времена (нпр. неколико дана или недеља), стога је важно врло прецизно дефинисати алтернативну хипотезу приликом тестирања својства независности.

Комбиновањем LR_{POF} и LR_{ind} статистике добија се заједнички тест условне покривености, који испитује обе карактеристике VaR модела, а LR тест статистика може се приказати на следећи начин:

$$LR_{CC} = LR_{POF} + LR_{ind} \quad (2.85)$$

LR_{CC} има, такође, χ^2 (хи-квадрат) расподелу, али са два степена слободe. Уколико је вредност LR_{CC} мања од критичне вредности χ^2 расподеле, сматра се да је модел валидан како са аспекта тачности опсега тако и са аспекта (не)груписања одступања, односно не одбацује се нулта хипотеза дата (2.81). Ипак, у извесним случајевима може се догодити да модел буде валидан према овом тесту, али да не испуњава својство безусловне покривености или својство независности, па се препоручује одвојено тестирање оба својства, без обзира на резултате комбинованог теста (Campbell, 2005). У циљу превазилажења овог проблема, али и дефинисања статистички јаког теста, предложен је велики број различитих тестова за VaR моделе, чија примена неће бити разматрана у овом раду.

2.6.2 Тестирање модела очекиваног губитка

Валидност ES модела је могуће проверити на сличан начин као и валидност VaR модела (McNeil & Frey, 2000). Приликом тестирања оцењује се разлика између вредности променљиве следећег дана X_{t+1} и процењене вредности очекиваног губитка у тренутку t , $ES_{\alpha,t}(X_{t+1})$, под условом да је вредност X_{t+1} већа од вредности α квантила X_{t+1} , односно $VaR_{\alpha,t}(X_{t+1})$. Резидуале можемо дефинисати на следећи начин:

$$R_{t+1} = \frac{X_{t+1} - ES_{\alpha,t}(X_{t+1})}{\sigma_{t+1}} = Z_{t+1} - E_t[Z|Z > z_\alpha] \quad (2.86)$$

под условом да је $X_{t+1} > VaR_{\alpha,t}(X_{t+1})$, односно $Z_{t+1} > z_\alpha$, где z_α представља α квантил од Z , а σ_{t+1} стандардна девијација вредности променљиве. У том случају R_t јесте серија независних и идентично расподељених променљивих, чија је средња вредност $\mu_0 = 0$, односно нулта хипотеза, која се треба тестирати, може се приказати на следећи начин:

$$H_0: R_t \sim i.i.d N(\mu_0 = 0) \quad (2.87)$$

На основу реалних података, X_{t+1} , и предвиђених ES вредности, $\hat{ES}_{\alpha,t}(X_{t+1})$, у периоду T , низ резидуала прекорачења (енгл. *exceedance residuals*), r , када је предвиђена вредност VaR , $\hat{VaR}_{\alpha,t}(X_{t+1})$, прекорачена, може се дефинисати на следећи начин:

$$r = \left\{ r_{t+1} : t \in T, x_{t+1} > \hat{VaR}_{\alpha,t}(X_{t+1}) \right\} \\ r_{t+1} = \frac{x_{t+1} - \hat{ES}_{\alpha,t}(X_{t+1})}{\hat{\sigma}_{t+1}} \quad (2.88)$$

при чему је $|r| = m$, где m представља број одступања VaR вредности. Нулта хипотеза дата са (2.87) може се тестирати коришћењем непараметарског *bootstrap* метода (Efron & Tibshirani, 1993). Да би модел био валидан, тестирањем се треба да покаже да расподела F емпиријских резидуала прекорачења, r , има средњу вредност $\mu_0 = 0$. Тест статистика овог једносмерног теста може се одредити на следећи начин:

$$T = t(r) = \frac{\bar{r} - \mu_0}{\bar{\sigma} / \sqrt{m}} \\ \bar{r} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m r_i \\ \bar{\sigma} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (r_i - \bar{r})^2 \quad (2.89)$$

Да би узорци одговарали претпоставкама нулте хипотезе, функција емпиријске дистрибуције резидуала прекорачења се трансформише тако да се добија жељена карактеристика - $\mu_0 = 0$, и то увођењем следеће смене:

$$\tilde{r}_i = r_i - \bar{r} + \mu_0, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.90)$$

Одатле се формирају узорци $\tilde{r}_1^*, \tilde{r}_2^*, \dots, \tilde{r}_m^*$ и за сваки *bootstrap* узорак j (N_r укупно) рачуна се тест статистика на следећи начин:

$$T_j^* = t(\tilde{r}_j^*) = \frac{\tilde{r}_j^* - \mu_0}{\tilde{\sigma} / \sqrt{m}} \quad (2.91)$$

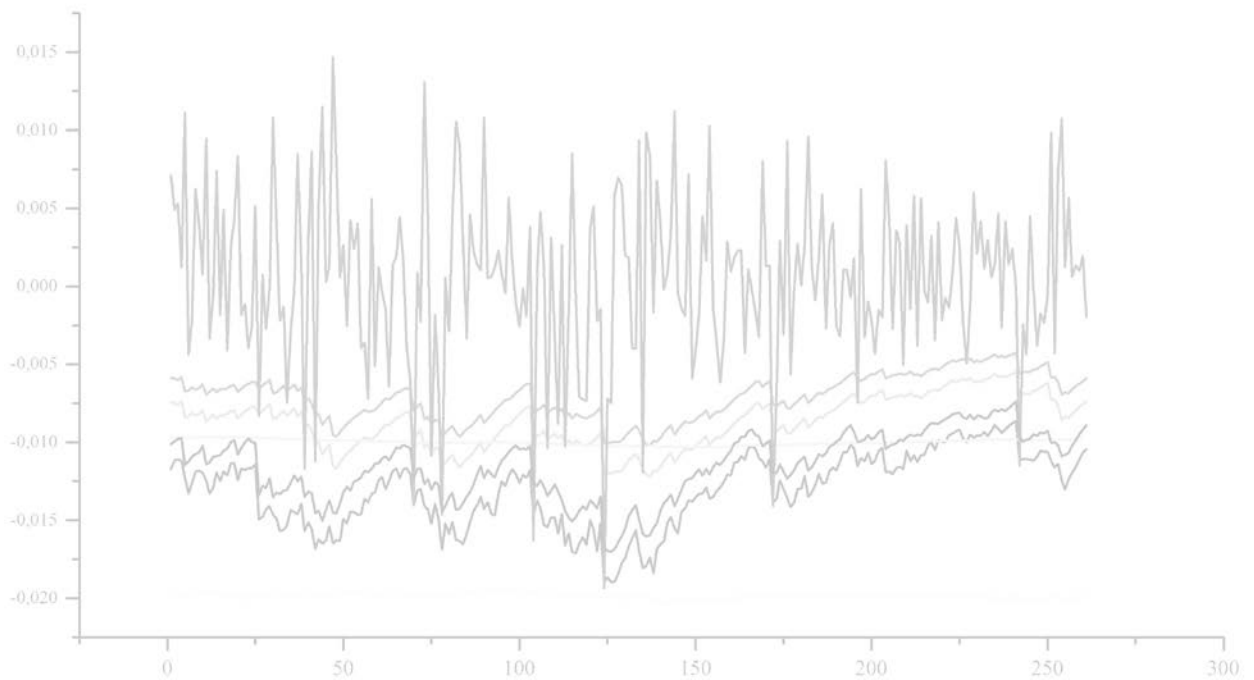
а затим и p -вредност (ниво значајност теста) на следећи начин: $p - value = \frac{1 + \sum_{j=1}^{N_r} 1_{\{T_j^* > T\}}}{1 + N_r}$,

где $1_{\{\cdot\}}$ представља индикаторску функцију. Модели се пореде на бази остварених p -вредности и може се закључити да висока p -вредност значи да је модел валидан, док ниска p -вредност указује на чињеницу да модел не треба прихватити за процену ризика у конкретном случају.

Међутим, за разлику од VaR модела, тестирање валидности ES модела се данас доводи у питање. Чињеница да ES нема сва својства VaR мере ризика (Gneiting, 2011), навела је многе ауторе на опречне закључке по питању могућности тестирања ES модела. С једне стране, извесна група аутора је доказ непостојања одређених својстава ES мере ризика недвосмислено прихватила као потврду ранијих сумњи да се ES не може тестирати (Carver, 2013). Овакви радови, ипак, нису поколебали ауторе, који су сматрали да се тестирање ES модела процене ризика не разликује битно до тестирања VaR модела. Насупрот општеприхваћеном убеђењу сматрали су да је јачина тестова за ES већа у поређењу са тестовима VaR модела (Kerkhof & Melenberg, 2004). С обзиром на то да BCBS (2013) уводи ES меру ризика за обрачун капиталних резерви за све банке које примењују интерне моделе процене ризика, проблем тестирања овог модела добија на значају. Предложени методи тестирања су непараметарски и независни од типа расподеле одступања. Између ових метода и метода безусловног тестирања VaR модела може се направити аналогија, док се својство независности испитује визуелним методама (Acerbi & Szekely, 2014). Међутим, детаљно образлагање ових метода и њихова примена превазилази опсег овог рада.

ПОГЛАВЉЕ III

Вредновање екстремних ризика у финансијама



3.1 Анализа ризика тржишта капитала Републике Србије

Ефекти диверзификације портфолио инвестиција остварени на тржиштима капитала у настајању или новонасталим тржиштима (енгл. *emerging markets*) истицани су као најзначајна карактеристика финансијске глобализације деведесетих година прошлог века (Erb, Harvey & Viskanta, 1998). Новонастала тржишта су као посебна група тржишта капитала први пут дефинисана 1981. године од стране Светске Банке у циљу формирања Акцијског фонда држава трећег света (енгл. *Third World Equity Fund*). С обзиром на то да није постојала јединствена дефиниција ових тржишта, основни критеријум за разврставање је био БДП по глави становника. Међутим, данас се класификација тржишта капитала према развијености не може повезати са економским показатељима. Новонастала тржишта и гранична тржишта (енгл. *frontier markets*), која су се у међувремену издвојила као подгрупа новонасталих, се уобичајено разматрају одвојено од развијених тржишта због политичког окружења и својих специфичности – дубине и ширине, правне и институционалне инфраструктуре. Ова нова тржишта капитала држава у транзицији у Европи, јужној Америци, Азији, Средњем истоку и Африци инвеститорима су нудила неуобичајено високе приносе, у поређењу са развијеним тржиштима, и нижи степен волатилности (Harvey, 1994). Основне разлике између развијених и граничних тржишта, којима се могу окарактерисати и тржишта капитала Србије и Хрватске, огледају се у: нивоу информационе ефикасности, инвеститорској основи, хомогености активе, ликвидности акција и врсти инвеститора који на овим тржиштима налазе свој интерес. Особености функционисања ових тржишта онемогућавала су успостављање корелације са осталим светским тржиштима штитећи их од утицаја глобалних кретања. Ипак, улагања на граничним и новонасталим тржиштима сматрала су се ризичнијим. Ризици које инвеститори уобичајено разматрају приликом улагања у инструменте ових тржишта су: валутни ризик, ризик инфлације, институционални ризик, ризик неликвидности и политички ризик. Ови ризици у комбинацији са ризиком спекулација инвеститора доводе од веће волатилности приноса на хартије од вредности. Немогућност примене класичних модела за оцену ризика инвестиција условила је потребу за детаљном анализом фактора тржишног ризика.

У наставку рада биће дат преглед кључних карактеристика новонасталих и граничних тржишта капитала са посебним освртом на развој и карактеристике Београдске берзе и анализу фактора ризика домаћег тржишта капитала.

3.1.1 Развој и карактеристике Београдске берзе

Развој тржишта капитала је вишедимензионални концепт за који не постоји једноставно објашњење, јер на динамику развоја утиче велики број фактора, а величина тржишта, ликвидност, волатилност, концентрација, корелација са светским тржиштима и регулисаност тржишта указују на достигнути степен развијености. Београдска берза се, у поређењу са светским тржиштима, може сматрати младим тржиштем. Историјски посматрано, Београдска берза је основана 21. новембра 1894. године и од тада је пословала уз краће прекиде формално до 1953. године. У том периоду пословања, берза је пролазила кроз периоде успона и падова. Почетком 20. века важила је за најбоље организовану привредну установу. Цене активе које су се утврђивале на Београдској берзи користиле су се као реперне цене конкретне активе и на другим европским берзама – париској, лондонској и франкфуртској. У периоду Светске економске кризе тридесетих година прошлог века берза је задржала извесну стабилност вредности котиране активе, али обим трговања није био враћен на првобитни ниво (Ђуровић-Тодоровић, 1997). Пословање берзе је обустављено априла 1914. године, а берза званично затворена 1953. године. Београдска берза је поново почела са радом 1989. године усвајањем Закона о тржишту новца и тржишту капитала, под именом Југословенско тржиште капитала. Назив под којим и данас послује добила је 1992. године, али, свој прави развој по угледу на савремена светска тржишта започиње 2002. године. Период од 2000. године може се сматрати изузетно значајним за развој целокупног финансијског система Републике Србије, а био је условљен покретањем процеса приватизације. У том периоду усвојена је нова регулатива, а информациони систем, кадар и организација су допринели да Београдска берза буде организована по угледу на европске и светске берзанске системе. Међутим, реалност је таква да се домаће тржиште капитала може сматрати неразвијеним са значајним заостатком у поређењу са берзама јужне и источне Европе. Развој тржишта капитала у Србији у великој мери је условљен како историјским наслеђем и политичком нестабилношћу, тако и глобалном рецесијом. Процес приватизације је требало да интензивира развој Београдске берзе и повећа њен значај, као конститутивног елемента финансијског система Републике Србије, али се њена улога у претходном периоду углавном огледала у трансферу власништва. Увођење државних обвезница на финансијско тржиште, а затим и акција, значајно је допринело развоју организованог трговања хартијама од вредности. Електронски систем за даљинско трговање уведен је

2004. године, а убрзо затим почело је и обрачунавање ценовних индекса берзе: BELEXfm, BELEX15, BELEXline.

Развијеност тржишта капитала се може оценити анализом различитих показатеља. У овом раду користиће се показатељи препоручени од стране Светске Банке (табела 3.1). Компаративном анализом података у времену и у односу на тржишта капитала на различитом степену развоја могуће је оценити ниво и динамику развоја тржишта капитала Србије. Анализа обухвата како тржишта на истом (Хрватска), тако и тржишта на већем степену развијености (Грчка и Немачка), која су предмет даљих истраживања у овом раду.

Табела 3.1 Индикатори развијености анализираних тржишта капитала у 2012. години

Држава	Берза	Тржишна капитализација		Ликвидност тржишта*	Обим трговања**	Број котираних домаћих компанија на тржишту	S&P/Глобални индекс акција***
		Мил. САД \$	% БДП				
Србија	Београдска берза	7.451	19,9	0,8	3,7	1.086	-
Хрватска	Загребачка берза	21.528	38,11	0,8	2,3	184	-5,2
Грчка	Атинска берза	44.876	18,27	6,60	41,21	262	24,66
Немачка	Дојче берза - Франкфутска берза	1.486.315	41,99	36,76	97,44	665	29,06

* Вредност трговања приказана као % БДП

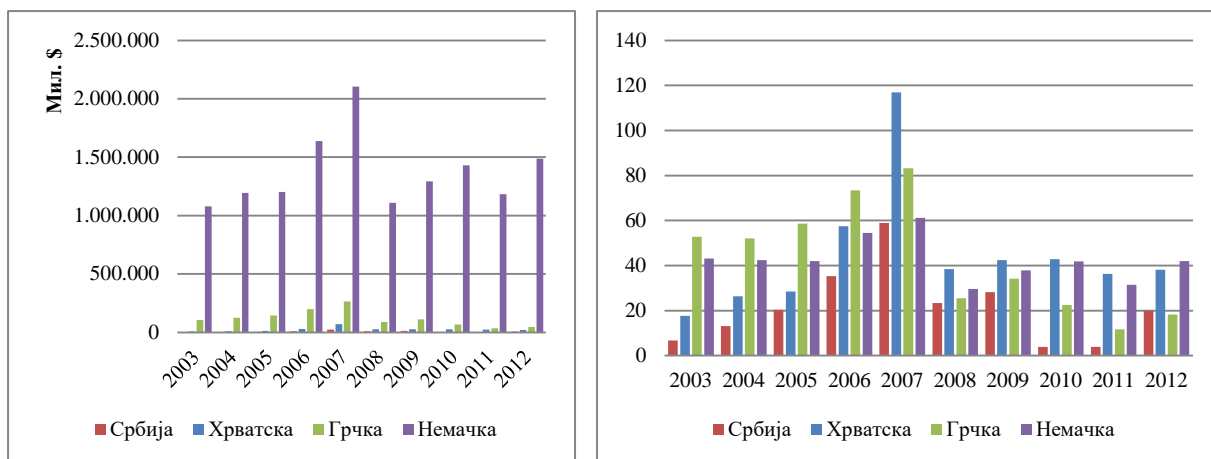
** Вредност трговања приказана као % тржишне капитализације

*** S&P Глобални индекс акција (енгл. Global Equity Indices) мери промену цена изражену у \$ на тржиштима капитала, која су укључена у S&P/IFCI и S&P/Frontier BMI индексе

Извор: Светска Банка (доступно на: <http://wdi.worldbank.org/table/5.4>, сајту приступљено 21.9. 2015.г.)

Тржишна капитализација, која је изражена у апсолутном износу у милионима САД \$ и као % учешће укупне вредности акција које се котирају на берзи у оствареној вредности БДП, јесте значајан показатељ величине тржишта. Иако величина тржишта не детерминише начин функционисања тржишта, претпоставља се да је величина тржишта у позитивној корелацији са могућношћу мобилизације капитала и степеном диверзификације ризика. Стога се овај индикатор користи у теорији и пракси као показатељ развијености тржишта капитала. Растући тренд глобализације значајно је повећао вредност тржишне капитализације, али, ипак, треба приметити јаз који постоји између развијених и неразвијених тржишта капитала (графикон 3.1).

Када је реч о Београдској берзи, вредност тржишне капитализације је у периоду од 2003. до 2007. године имала тренд раста, али ни у том периоду није достигала ниво Загребачке берзе.



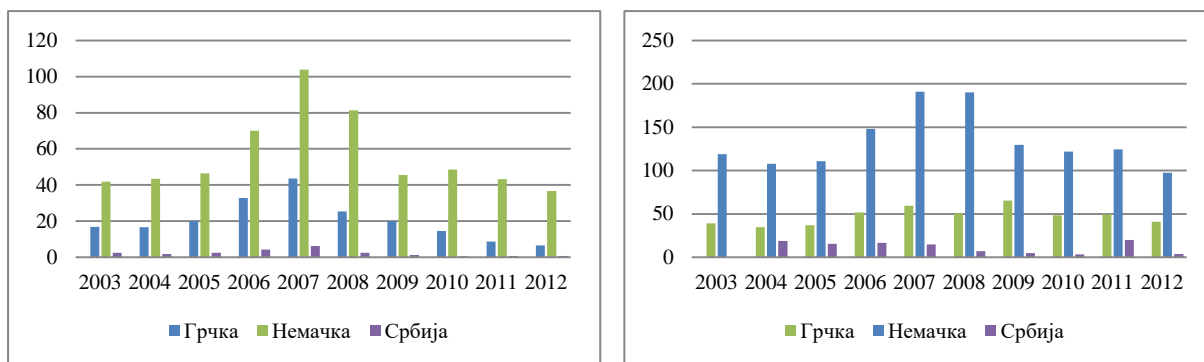
Извор: Светска Банка (доступно на: <http://wdi.worldbank.org/table/5.4>, сајту приступљено 21.9.2015.)

Графикон 3.1 Тржишна капитализација изражена у милионима САД \$ (лево) и као % БДП (десно) у периоду од 2003. до 2012. године на посматраним тржиштима капитала

Посткризни период обележио је пад тржишне капитализације на свим посматраним тржиштима. На Београдској берзи тај пад је износио више од 50%, а овај тренд смањења настављен је и у годинама које су следиле. Међутим, анализе указују на то да вредност капитализације домаћег тржишта капитала не утиче на стопу раста реалног БДП (Marinković, Stojković & Radović, 2013). Објашњење одсуства узрочно-последичне везе између ових променљивих може се наћи у прекомерној капитализацији проузрокованој неадекватним регулаторним решењима. Према подацима Централног регистра, депоа и клиринга хартија од вредности укупно је регистровано 2.116 емитената акција и обвезнице Републике Србије, док се на Београдској берзи тргује акцијама 935 емитената и обвезницама Републике Србије на регулисаном и нерегулисаном тржишту¹. Регулисано тржиште је подељено на три сегмента. Свега 8 акција од укупног броја регистрованих акција испуњава услове да буде листирано на *Prime Listing* и *Standard Listing*, док се трговање са 52 акције обавља на *Open Market*. Највећим бројем акција – 875 тргује се на *MTP Belex*². Велики број акција, којима се, заправо, не тргује активно, упркос креирању значајног износа капитализације не доприноси ликвидности овог тржишта капитала (графикон 3.2). Уколико се изузме стање на хрватској берзи, јер подаци за ово тржиште нису били доступни, може се закључити да је Београдска берза најмање ликвидно тржиште у скупу посматраних.

¹Подаци су преузети са сајта Централног регистра, депоа и клиринга хартија од вредности <http://www.crhov.rs/> дана 31.12.2014. године.

²Подаци су преузети са сајта Београдске берзе www.belex.rs дана 31.12.2014. године.



Извор: Светска Банка (доступно на: <http://wdi.worldbank.org/table/5.4>, сајту приступљено 21.9.2015.)

Графикон 3.2 Ликвидност тржишта (лево) и обим трговања (десно) у периоду од 2003. до 2012. године на посматраним тржиштима капитала

Ликвидност тржишта мерена учешћем вредности акција којима се трговало у вредности БДП у посматраном периоду указује на константно низак ниво ликвидности Београдске берзе. Вредност показатеља ликвидности у овом периоду се кретала између 0,6 (2010. године) и 4,3 (2006. године), а највишу вредност од 6,33 достигао је 2007. године. У поређењу са развијеним тржиштима на којима је вредност овог показатеља значајно већа – Грчка између 6,60 (2012. године) и 43,54 (2007. године) и Немачка између 36,76 (2012. године) и 103,82 (2007. године), може се стећи утисак о значају домаћег тржишта капитала. Број дана трговања у којима се ефективно није трговало акцијама је изузетно висок и изражено процентом нултих приноса на Београдској берзи превазилази 50% укупног броја дана трговања, док је овај проценат на Загребачкој берзи знатно нижи и креће се у распону од 36% до 52,4% (Миновић, 2013). Иако између обима трговања и ликвидности, с једне стране, и стопе раста реалног БДП, с друге, постоји узрочна веза (Marinković, Stojković & Radović, 2013), тржиште капитала у Србији још увек има споредну улогу у финансирању привреде. С обзиром на то да ова веза није повратна, односно да стопа раста БДП не утиче на показатеље развоја тржишта капитала, може се закључити да тржиште капитала не обавља своје функције, на шта пресудно утиче ликвидност тржишта.

3.1.2 Фактори ризика Београдске берзе

Тржишта капитала се сматрају покретачем економског развоја једне државе, међутим, снагу самог тржишта одређује велики број фактора. Упркос великом броју истраживања не може се доћи до коначног закључка о томе који фактори одређују робусност тржишта капитала, али се све теорије могу груписати у 4 правца, и то:

(1) политика и финансије, (2) монетарна и фискална политика и финансије, (3) закон и финансије, и (4) окружење и финансије (Anderson, 2003).

Теорија о односу политике и финансија заснована је на раду аутора Норта (North, 1990), који сматра да политичке, друштвене и економске институције дугорочно обликују функционисање привреде. Ове институције се током времена мењају, а утицај ових промена на привредни и финансијски развој има већи значај од било ког другог фактора, посебно у случају држава чија је привреда у процесу транзиције. Новонастала тржишта капитала се, стога, могу дефинисати као тржишта капитала држава у којима је политика важна бар онолико колико и економија (Bremmer, 2005). Када је реч о Републици Србији, значај тржишта капитала се огледао у приватизацији државних предузећа. Упркос напорима на развоју институционалне основе, Београдска берза никада није суштински обављала функцију тржишта капитала, већ је била тржиште корпоративне контроле. Међутим, деполитизација власништва над државним предузећима путем масовне приватизације може довести до бројних контрадикторности, посебно када је реч о развоју финансијског тржишта (Kogut & Spicer, 2002). На страни понуде хартија од вредности уобичајено се појављују индивидуални инвеститори, који су акције стекли бесплатно у процесу приватизације, док се на страни тражње појављују инвеститори из корпоративног сектора са циљем преузимања контролног пакета акција. У тренутку када инвеститори достигну жељени циљ, односно жељени ниво концентрације власништва, тражња за хартијама од вредности, а самим тим и обим трговања и вредност хартија почињу да опадају, јер нови власници не продају свој сток акција. Такве акције се после извесног времена повлаче са тржишта и овај механизам објашњава разлику која постоји између вредности капитализације и вредности трговања (Живковић и остали, 2005). Иако се развој тржишта капитала у транзиционим привредама заснива на претпоставци да ће ова тржишта бити у функцији приватизованих предузећа и обезбедити секундарно трговање хартијама од вредности, искуство у претходним годинама показује да се политика не може елиминисати из привредних и финансијских кретања, тако да остаје један од битних фактора пословања берзе (Pavlović et al., 2011), посебно са аспекта волатилности и ликвидности (Zemčik et al., 2008).

Теорија о монетарној и фискалној политици и финансијама се може посматрати као проширење претходне теорије, а заснива се на радовима Адама Смита (Smith, 1776) и Џона Мајнарда Кејнса (Keynes, 1936), допуњених закључцима истраживања Голдсмита (Goldsmith, 1969) и МекКиннона (McKinnon, 1973), који сматрају да

монетарна и фискална политика значајно утичу на развој тржишта капитала. Веза између монетарне политике и перформанси тржишта капитала предмет је проучавања и данас и то како у академским, тако и у круговима регулатора монетарне политике. С обзиром на то да акције представљају право власништва над реалном имовином предузећа емитената, монетарна политика, која би по природи ствари требало да буде неутрална, неће утицати на цене ових финансијских инструмената у дугом року. Међутим, одлуке и активности монетарне власти у кратком и срећем року могу утицати на реалност цена финансијских инструмената. Узевши у обзир улогу и значај монетарне политике за стабилност привреда у развоју, посебно се може истаћи утицај инфлације и политике девизног курса на стабилност цена финансисјких инструмената на тржишту капитала.

Однос између инфлације и цена хартија од вредности на тржишту капитала је од изузетног значаја за креаторе монетарне политике. Питање ефективности монетарне политике и њеног утицаја на реалне променљиве економског система предмет је макроекономских истраживања и данас. Упркос напорима, јединствено мишљење у вези односа између инфлације и тржишта капитала не постоји. Класична теоријска истраживања Ирвинга Фишера (Fisher, 1930) указују на позитивну корелацију између номиналне стопе приноса на финансијску активу и очекиване стопе инфлације. Шта више, економисти седамдесетих година прошлог века су сматрали да улагање у акције представља добар начин за хедџинг ризика инфлације, с обзиром на то да су акције потврда о поседовању физичке, односно реалне активе (Bodie, 1976; Fama & Schwert, 1977). Међутим, насупрот теоријским тврдњама, инвеститори су у пракси углавном уочавали негативну корелацију између приноса на улагања у акције и стопу инфлације (Fama, 1981; Solnik, 1983; Marshall, 1992). Развијене привреде данас успешно контролишу стопу инфлације, док за привреде у развоју ограничавање раста стопе инфлације представља приоритетни циљ монетарне политике. Посматрано у средњерочном и дугорочном периоду, веза између инфлације и приноса на акције на тржишту капитала САД може се успешно објаснити применом „Фед модела“ (енгл. *Fed model*). Овај модел доводи у везу принос на акције и номинални принос на обвезнице полазећи од претпоставке да акције и обвезнице конкуришу за место у инвестиционом портфолију, те да је повећање приноса на обвезнице праћено повећањем приноса на акције. Анализе указују на позитивну корелацију између инфлације и дугорочног реалног раста приноса, али и инфлације и субјективних процена раста приноса на бази номиналног приноса на обвезнице, што може довести

до погрешне процене вредности акција (Campbell & Vuolteenaho, 2004). Тржишта акција су, за разлику од тржишта обвезница, више повезана на међународном нивоу, а утицај инфлације зависи од државе. Тако промена стопе инфлације у САД имплицира промену приноса на домаће и акције на немачкој, јапанској и УК берзи, док обрнуто не важи (Canova & Nicolo, 1997). Веза инфлације и приноса на акције на новонасталим тржиштима није детаљно анализирана. Доступна истраживања указују на негативну корелацију између стопе инфлације и приноса на Атинској берзи у периоду 1995.-2000. године (Srougi, 2001), док се негативна корелација на берзи у Египту у периоду 1980.-1998. године изводи из негативне везе која је утврђена између стопе инфлације и тржишне активности и ликвидности (Omran & Pointon, 2001). Анализа макроекономских индикатора и тржишних индекса на берзама BRICS у периоду 2000.-2013. године указује на мешовите резултате – значајна позитивна корелација између стопе инфлације и приноса на акције утврђена је на тржиштима капитала Индије и Кине, док је значајна негативна корелација уочена на тржиштима у Русији и Бразилу, али без дугорочног утицаја (Tripathi & Kumar, 2014). Када је реч о девизном курсу, који се у одређеном броју истраживања користи и као репер за стопу инфлације, опсежно истраживање, које је обухватило 20 новонасталих тржишта указује на озбиљан утицај девизног курса за кретање приноса на акције (Beckaert et al., 2002).

Фискална политика на тржиште капитала може да утиче на два начина: јавна потрошња и фискална политика могу генерисати буџетски дефицит који ће „истиснути“ приватни капитал или буџетски суфицит који се може употребити у поспешивању инвестиција, с једне стране, односно може директно утицати на штедњу, с друге стране. Основу теорије о утицају фискалне политике на развој тржишта капитала поставио је Смит (Smith, 1776), који је као значајну детерминанту међународног инвестиционог одлучивања истицао управо висину пореског оптерећења напомињући да ће инвеститори капитал улагати у оне државе у којима су стопе пореза ниже. Емпиријску потврду ове теорије дао је Левин (Levine, 1991), који сматра да је улагање у тржиште капитала већ довољно ризично и да прекомерна издавања на име пореског оптерећења гуше капиталистички дух. Претходну теорију је проширио тврђењем да редукација пореских оптерећења за правна лица у комбинацији са фискалном политиком, која даје подстицај потрошњи, дугорочно посматрано стимулише економски раст и развој тржишта капитала. Позитивна релација између фискалне политике и тржишта капитала доказана је низом истраживања (Keynes, 1936; Modigliani & Miller, 1958; Goldsmith, 1969), као и веза између буџетског дефицита и

тржишта капитала (Meek, 1960). Упркос истраживањима која су ову везу негирала (Barro, 1974) и умањивала њен значај (Faini, 2006), новија истраживања углавном указују на јаку узрочно последичну везу, посебно када је реч о тржиштима у развоју (Afonso & Sousa, 2009; Gondor & Bresfelean, 2012).

Теорија о праву и финансијама, као и претходна, представља проширење теорије о политици и финансијама, с обзиром на то да се на право може гледати као на практичну примену политике у друштву. Како правни систем даје инвеститорима права да се баве одређеном врстом пословања у држави, може се сматрати да је развијеност правног система један од најважнијих услова развоја привреде и тржишта капитала (La Porta et al., 1997, 1998). Примарни циљ регулисања финансијског тржишта јесте заштита инвеститора кроз обезбеђење ефикасног, праведног и транспарентног тржишта и смањење системског ризика. За законитост функционисања тржишта хартија од вредности у Републици Србији одговорна је Комисија за хартије од вредности, која врши надзор над применом основних закона и то: Закона о тржишту капитала („Сл. гласник РС“, бр. 31/2011)³, Закона о преузимању акционарских друштава („Сл. гласник РС“, бр. 46/2006) и Закона о инвестиционим фондовима („Сл. гласник РС“, бр. 46/2006). Централни регистар, депо и клиринг хартија од вредности је, с друге стране, институција која води јединствену евиденцију законитих ималаца хартија од вредности и евиденцију о правима из тих хартија, али и обавља послове клиринга и салдирања трансакција са хартијама од вредности. Регулаторни оквир се, након свих измена уз уважавање директива ЕУ, може сматрати хармонизованим са међународним стандардима (EBRD, 2014). Измене закона би требало да допринесу смањењу трошкова издавања хартија од вредности и повећању транспарентности процедуре иницијалне јавне понуде, док су амандмани усмерени на редуковање ограничења, која се односе на инвестирање средстава инвестиционих фондова и отклањања недостатака у процесу преузимања уочених у практичној примени. Нерегулисана или делимично регулисана су питања деривата, трансакција поновне куповине и финансијски колатерал, при чему се активно ради на формирању релевантних тела и усвајању аката којима би и ова питања била решена (EBRD, 2014). У целини посматрано регулаторни оквир је формално задовољавајући, али је дискутабилна његова примена (Zemčik et al., 2008). Транспарентност функционисања

³ Ступањем на снагу Закона о тржишту капитала („Сл. гласник РС“, бр. 31/2011) престао је да важи Закон о тржишту хартија од вредности и других финансијских инструмената („Сл. гласник РС“, бр. 47/06).

тржишта и заштита права акционара могу пружити квалитативну оцену регулаторног оквира, а на тржишту капитала Републике Србије ови показатељи нису на задовољавајућем нивоу.⁴ На ефективност граничног тржишта капитала, какво је Београдска берза, може се утицати кроз подстицање емисије корпоративних обвезница и подизање нивоа ликвидности кроз подстицај секундарног трговања државним хартијама од вредности, затим стимулисањем трговања кроз алтернативне трговинске системе и привлачењем како страних инвеститора, који већ сада учествују са 41,95% у укупном трговању хартијама од вредности⁵, тако и домаћих, али и институционалних инвеститора (Stefanova, 2015).

Упркос отворености тржишта у настајању, низак степен ликвидности врло често спутава озбиљне инвестиције институционалних инвеститора. Ликвидност тржишта капитала је „клизав“ и неухватљив концепт, делом због чињенице да обухвата бројна својства тржишта која се односе на трансакције, као што су густина, дубина и отпорност тржишта (Kyle, 1985, стр. 1316). Емпиријске дефиниције овај концепт проширују и уопштавају, тако да се ликвидност тржишта може посматрати као могућност једноставног трговања хартијама од вредности. Ризик неликвидности настаје када се актива не може брзо и без губитка вредности конвертовати у готов новац (Clark, 2008). На развијеним тржиштима капитала проблем ликвидности финансијске активе се врло често занемарује, међутим, тржишта у настајању карактерише низ специфичности, које доводе до неликвидности.

Несинхроно трговање, као низ појава услед којих се вредност финансијске активе бележи са грешком (Campbell et al., 1997), изазвано је како слабом учесталашћу трговања у малим количинама тако и малим бројем хартија од вредности којима се тргује. То узрокује проблеме у дефинисању тржишног индекса и доводи у питање могућност примене теорија за вредновање хартија од вредности (Laktović, 2001). Велики број дана без трговања и најликвиднијим хартијама од вредности може креирати утисак предвидивости кретања тренда вредности и приноса на хартије, иако су они статистички независни. Уско повезана са проблемом несинхроног трговања јесте и већа ризичност хартија од вредности на тржиштима у настајању. Екстремни

⁴ Опширније о овој проблематици може се наћи, на пример, у радовима Stančić, P. et al.. (2012). Dominant shareholders, board structure and bank performance: evidence from Serbia. *Industrija*, 2, 51-68; Denčić-Mihajlov, K., & Spasić, D. (2014). Transparency of Financial Reporting in Serbia – Regulatory Framework and Reporting Practices. *Procedia Economics and Finance*, 9, 153-162; Kuzman, T., & Djulic, K. (2012). Corporate governance and corporate social responsibility: challenges of the new economic era. *Economic and Social Development: Book of Proceedings*, 60.

⁵ Податак је преузет са сајта Београдске берзе <http://www.belex.rs/trgovanje/pregled/godisnji/4279>.

приноси, који карактеришу ова тржишта, не могу се приписати вредновању финансијске активе путем односа понуде и тражње као ни информацијама које емитенти обелодањују, јер је транспарентност података о пословању емитената најчешће на ниском нивоу, а подаци о историји трговања недовољни.

Београдска берза се суочава са ниским степеном ликвидности чак и у периодима интензивног трговања, па се може закључити да је ово један од битних фактора системског ризика. Истраживања овог проблема указују на ниску и константну неликвидност домаћег тржишта капитала (Живковић и Миновић, 2010), која значајно утиче на формирање вредности финансијске активе (Миновић и Живковић, 2010). Анализа променљивост ликвидности у посматраном периоду (од 2005. до 2009. године) показала је да је кључни фактор драматичних падова и раста тржишне ликвидности учешће страних инвеститора у трговању хартијама од вредности. Повлачење страних инвеститора са тржишта у периоду глобалне финансијске кризе 2008. године, али и домаћих услед општег пада потрошње и инвестиција, довело је до пражњења тржишта, на шта је реаговано увођењем маркет мејкера (Београдска берза, 2009). Стога се може закључити да је један од битних фактора развоја тржишта капитала и развој подстицајног институционалног окружења, које ће стимулисати инвестирање у хартије од вредности.

3.2 Специфичности модела вредновања екстремних ризика у финансијама

Моделирање тржишног ризика, као ризика смањења вредности инвестиције услед промена на тржишту хартија од вредности, у пост-кризном периоду се у значајној мери преиспитује, с обзиром на то да постојећи модели и пракса управљања ризиком нису пружили поуздан оквир за мерење и управљање екстремним ризицима. Упркос бројним емпиријским истраживањима спроведеним од педесетих година до данас, не постоји фундаментална теорија која нуди општеприхваћени статистички модел заснован на некој теоријској расподели приноса која би уважавала сва уочена својства финансијских временских серија, као што су: груписање волатилности, ауторегресија и асиметричност приноса, и тешки репови и њихова својства (Stojanov et al., 2011). Стога је неопходно да, уколико се ризик моделира статистичким методама што јесте најчешће случај, методологија квантификације ризика буде заснована на моделу који обухвата наведена својства финансијских временских серија и, у складу са тим, одговарајућом мером ризика. Специфичности приноса на финансијску активу, а посебно варијабилност волатилности, могу се обухватити економетријским моделима. Ови модели попут филтера трансформишу емпиријске податке и при том објашњавајући одређене феномене производе нове податке, односно резидуале, који су више хомогени и погоднији за традиционалне статистичке моделе. У овом раду се моделирање ризика у финансијама заснива на анализи промене приноса на портфолио финансијске активе, који се уобичајено посматрају као израз агрегираних фактора ризика. Посматрање портфолија као вишедимензионалног случајног вектора поједностављује моделирање портфолио приноса, јер моделирање корелационе структуре може бити захтевно или чак немогуће, што, са друге стране, онемогућава праћење заједничких већих губитака, који могу указивати на екстремне или довести до истих. Међутим, моделирање целокупне расподеле приноса било да је реч о индивидуалној активи или портфолију, не омогућава адекватно моделирање тешких репова, тако да се други приступ заснива на EVT. Мултиваријантни EVT приступ омогућава анализу и разумевање корелационих структура екстремних ризика. Стога ће у овом делу рада бити извршена анализа посматраних финансијских временских серија како би се уочиле специфичности њиховог кретања у прошлости и дефинисао адекватан модел за предвиђање ризика у будућности. Основу за постављање

одговарајућих економетријских модела пружиће резултати релевантних статистичких тестова спроведених у софтверском алату *R studio* (R Development Core Team, 2008).

3.2.1 Финансијске временске серије приноса на улагања у финансијску активу

Како се временске серије могу дефинисати као фамилије случајних променљивих које су уређене у односу на време, финансијске временске серије јесу уређени низови опсервација које се односе на кретање вредности финансијске активе и/или приноса на исту. Основна претпоставка у анализи финансијских временских серија јесте да промена вредности финансијске активе представља случајан процес, а расподела приноса следи Гаусову, односно нормалну расподелу. Међутим, с обзиром на то да серије приноса представљају сумарну оцену инвестиционе алтернативе и имају погодније статистичке карактеристике за моделирање (Campbell, Lo, & MacKinlay, 1997), највећи број истраживања у области финансија базира се управо на анализи приноса.

Анализирани сет финансијских серија у овом раду обухвата приносе на следеће берзанске индексе: Београдска берза – BELEX 15, Загребачка берза – CROBEX 10, Дојче берза – Франкфуртска берза – DAX и Атинска берза – ATHEX. Подаци о вредности индекса на дневном нивоу у периоду од 5.10.2005. године до 31.12.2013. године су преузети са веб сајтова конкретних берзи. У овом раду користиће се логаритамски приноси на тржишне индексе, који одражавају континуелну стопу раста приноса на улагања у тржишни портфолио конкретног тржишта капитала. Логаритамски принос на финансијску активу r_t се дефинише као природни логаритам његовог једноставног приноса R_t , што се математички може изразити на следећи начин:

$$r_t = \log(1 + R_t) = \log \frac{P_t}{P_{t-1}} = \log P_t - \log P_{t-1} \quad (3.1)$$

где је R_t прост принос у периоду $t-1$ до t који се добија по следећој формули:

$$R_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \quad (3.2)$$

а P_t вредност финансијске активе у тренутку t , односно P_{t-1} вредност у тренутку $t-1$.

Како финансијске серије, које се анализирају у овом раду, представљају принос на тржишне индексе различитих берзи, чији се дани трговања не поклапају због различитог режима рада током државних празника, оригинални сетови података су

кориговани да би били идентични по дужини. Иако број непоклапања података о приносима у разматраним серијама није већи од 5% укупног броја података, препроцесирање података извршено је на бази попуњавања недостајућих вредности \hat{P}_t средњом вредношћу, и то на следећи начин (Frieese et al., 2013, стр. 4):

$$\hat{P}_t = P_{t_1} + k \cdot (t - t_1), \quad k = \frac{P_{t_2} - P_{t_1}}{t_2 - t_1} \quad (3.3)$$

где су P_{t_1} и P_{t_2} почетна и крајња вредност индекса у периоду за који недостају подаци, док су t_1 и t_2 почетна и крајња тачка временског периода који се попуњава новим подацима.

С обзиром на то да се индекси граничних тржишта капитала Србије и Хрватске укључују у процес формирања хипотетичког портфолија берзанских индекса европских тржишта, посматраће се њихове вредности деноминирани у еврима. За прерачунавање вредности индекса са ових берзи користи се средњи девизни курс Народне Банке Србије и Хрватске Народне Банке, тако да се принос добија на следећи начин:

$$r_{t,EUR} = \log \frac{P_t \cdot S_t}{P_{t-1} \cdot S_{t-1}} \quad (3.4)$$

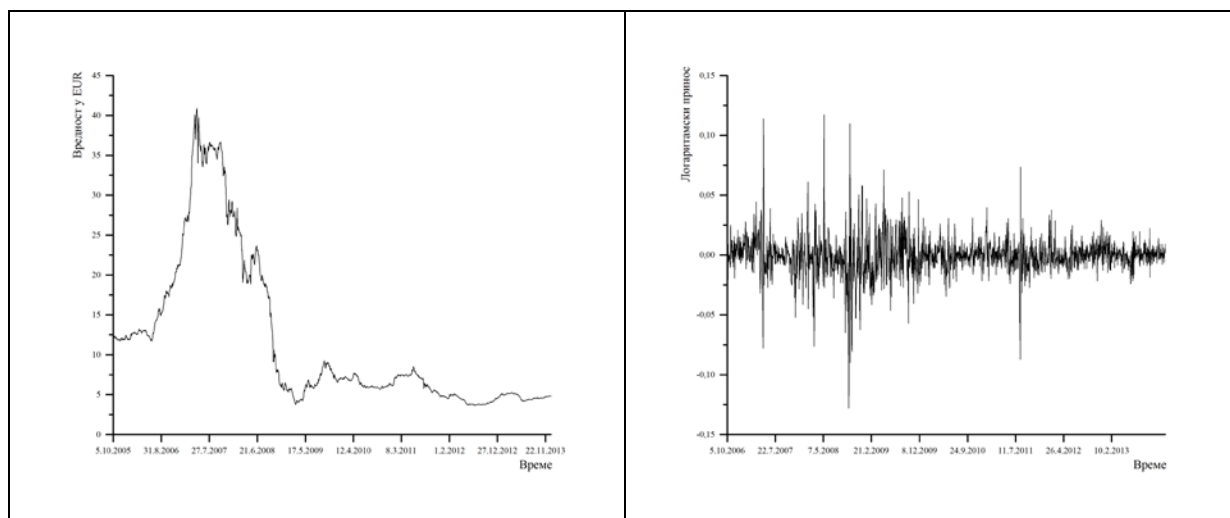
где S представља средњи курс динара према евр, односно куне према евр, у периоду t , односно $t-1$, преузет из званичне базе података доступне на сајту НБС и ХНБ⁶.

Период у оквиру којег се посматране серије података анализирају подељен је на два периода, и то: период I - од 5.10.2005. до 31.12.2012. године, и период II – од 1.1.2013. до 31.12.2013. године. Над подацима из периода I извршиће се неопходне анализе у циљу постављања модела за вредновање ризика, док ће над подацима из периода II бити тестирана валидност модела.

BELEX 15 представља водећи индекс Београдске берзе који описује кретање цена најликвиднијих акција, којима се тргује методом континуираног трговања на регулисаном тржишту и које су испуниле критеријуме за улазак у индексну корпу (Београдска берза, 2012). Вредност индекса се рачуна на основу вредности 15 компоненти (акција), чија је тежина у индексу ограничена на максималних 20% у

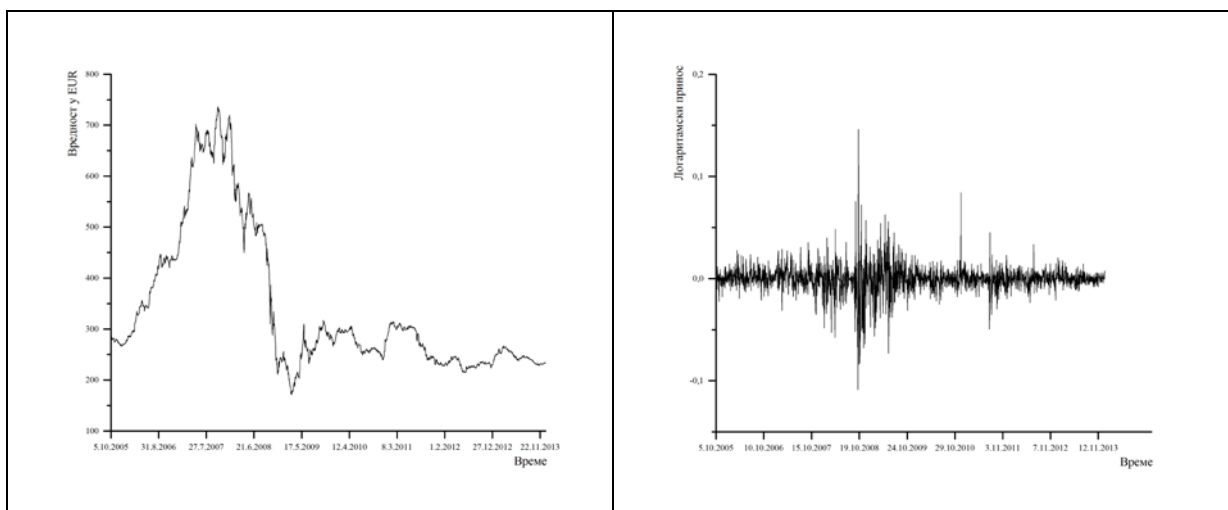
⁶ Подаци су преузети са сајта НБС (<http://www.nbs.rs/internet/cirilica/index.html>) и сајта ХНБ (<https://www.hnb.hr/>) дана 22.5.2014. године.

односу на укупну капитализацију индекса на датум ревизије. Иако је реч о индексу са граничног тржишта капитала, може се приметити да кретање вредности BELEX 15 прати кретање индекса развијених берзи (графикон 3.3). Вредност индекса достиже свој максимум током 2007. године, након чега следи закаснела реакција на глобалну финансијску кризу, која вредност индекса позиционира на историјски минимум почетком 2009. године. У периоду стабилизације, који је уследио након тога, вредност индекса није враћена на првобитни ниво, а принос је задржао карактеристику променљивности са израженим осцилацијама.



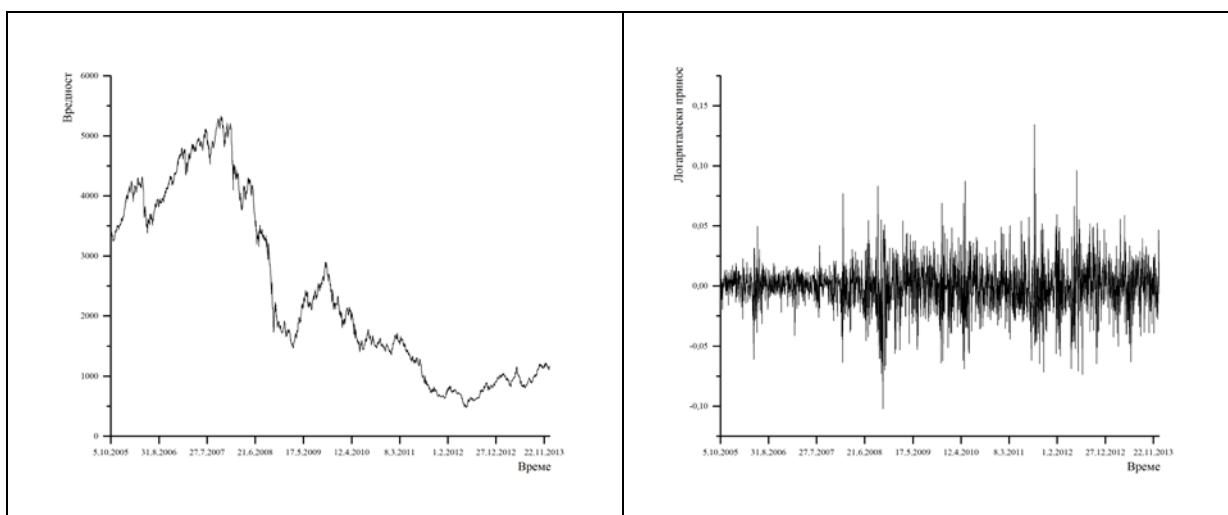
Извор: обрачун аутора на основу података из базе Београдске берзе доступне на: <http://www.belex.rs>
 Графикон 3.3 Кретање вредности индекса (лево) и приноса на индекс BELEX 15 (десно) у периоду I од 5.10.2005. до 31.12.2012. године

CROBEX 10 је индекс акција котираних на Загребачкој берзи, које имају највећу тржишну капитализацију и промет. Вредност индекса се одређује на основу вредности 10 акција, које испуњавају услове да буду део индексне корпе, али појединачно учешће не прелази 20%. Загребачка берза, као и Београдска, се може окарактерисати као гранично тржиште капитала, а сличне околности под којима ове две берзе функционишу условљавају заједнички тренд водећих берзанских индекса (графикон 3.4). Ипак, визуелном анализом може се закључити да је повећање вредности индекса CROBEX 10 током периода стабилизације хрватског тржишта капитала било значајније него у случају домаћег тржишта.



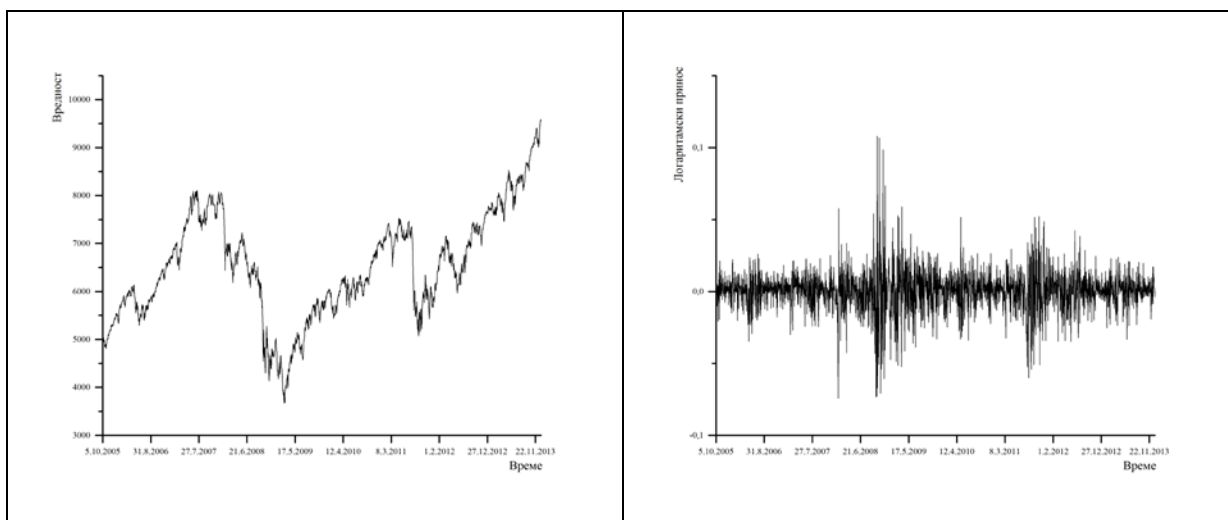
Извор: обрачун аутора на основу података из базе Загребачке берзе доступне на: <http://zse.hr>
 Графикон 3.4 Кретање вредности индекса (лево) и приноса на индекс CROBEX 10 (десно) у периоду I од 5.10.2005. до 31.12.2012. године

Када је реч о развијеним берзама, као што су Атинска и Дојче берза, догађаји у посматраном периоду су имали потпуно различит утицај на индексе анализираних берзи. Посматрањем кретања вредности АТНEX индекса (графикон 3.5), чију корпу чини 60 акција највећих компанија на Атинској берзи, може се уочити да је криза имала изузетно јак утицај на вредност индекса. Пост-кризни период обележила је локална криза у Грчкој узрокована макроекономским и политичким факторима, која је додатно утицала на волатилност вредности индекса.



Извор: обрачун аутора на основу података из базе Атинске берзе доступне на: <http://www.ase.gr>
 Графикон 3.5 Кретање вредности индекса (лево) и логаритамског приноса (десно) на индекс АТНEX (десно) у периоду I од 5.10.2005. до 31.12.2012. године

Анализа ризика на развијеном тржишту у овом раду је спроведена на примеру берзанског индекса DAX. Овај индекс је главни индекс Франкфуртске берзе, која данас послује у оквиру Дојче групе. Индексну корпу чине акције 30 највећих немачких компанија, које се уједно сматрају и најликвиднијим акцијама на берзи. Као што се може приметити на графикону 3.6, овај индекс је једини успео да врати своју вредност у пост-кризном периоду, али уз значајно повећану волатилност.



Извор: обрачун аутора на основу података из базе Дојче групе доступне на: <http://en.boerse-frankfurt.de/>
Графикон 3.6 Кретање вредности индекса (лево) и логаритамског приноса (десно) на индекс DAX (десно) у периоду I од 5.10.2005. до 31.12.2012. године

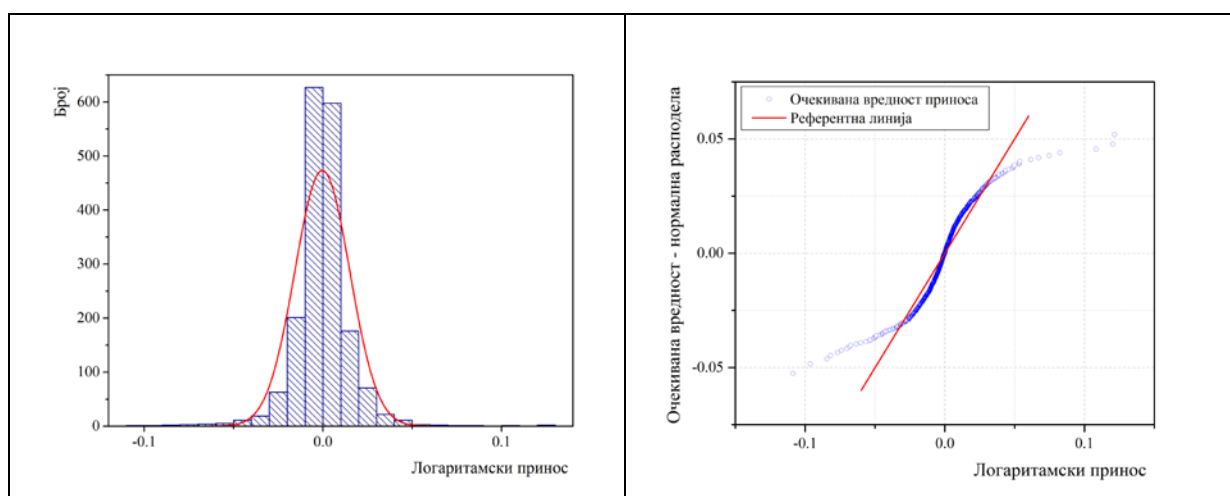
Варијације у дневној вредности индекса утицаће на волатилност приноса, тако да се на графиконима приноса могу видети значајне осцилације. Статистичким анализама могу се утврдити карактеристике расподеле вероватноће приноса, које су од кључног значаја за предикционо моделирање.

3.2.2 Карактеристике функције расподеле приноса на финансијску активу

Приликом финансијског моделирања и предвиђања финансијских временских серија уобичајено се претпоставља да су приноси независно и идентично дистрибуирани (*iid*) са средњом вредношћу μ и варијансом σ^2 . Узевши у обзир чињеницу да параметарски модели претпостављају одређену функцију расподеле вероватноће финансијских временских серија, најчешће нормалну, односно Гаусову, неопходно је тестирати ову претпоставку, јер претходне анализе указују на то да ова

претпоставка није конзистентна са својствима историјских приноса на финансијску активу. Постоје три начина за тестирање претпоставке о нормалности функције емпиријске расподеле, и то: графичке методе, нумеричке методе и тестови нормалности (Razali & Wah, 2010). Тестови нормалности су извршени применом следећих пакета у софтверу *RStudio*: *nortest* (Gross & Ligges, 2015) и *tseries* (Trapletti & Hornik, 2015).

Као што се може закључити на основу анализа хистограма и *Q-Q* графикана, функција густине вероватноће као и функција расподеле вероватноће историјских приноса на BELEX 15 се значајно разликује од нормалне. У случају када су подаци нормално распоређени, квантили леже на референтној линији, што у случају приноса на овај индекс није тачно. Као што се може приметити на графикону 3.7, леви и десни крајеви емпиријске расподеле се налазе значајно изнад и испод правца референтне линије, која представља квантиле нормалне расподеле, што указује на постојање тешких репова емпиријске расподеле.

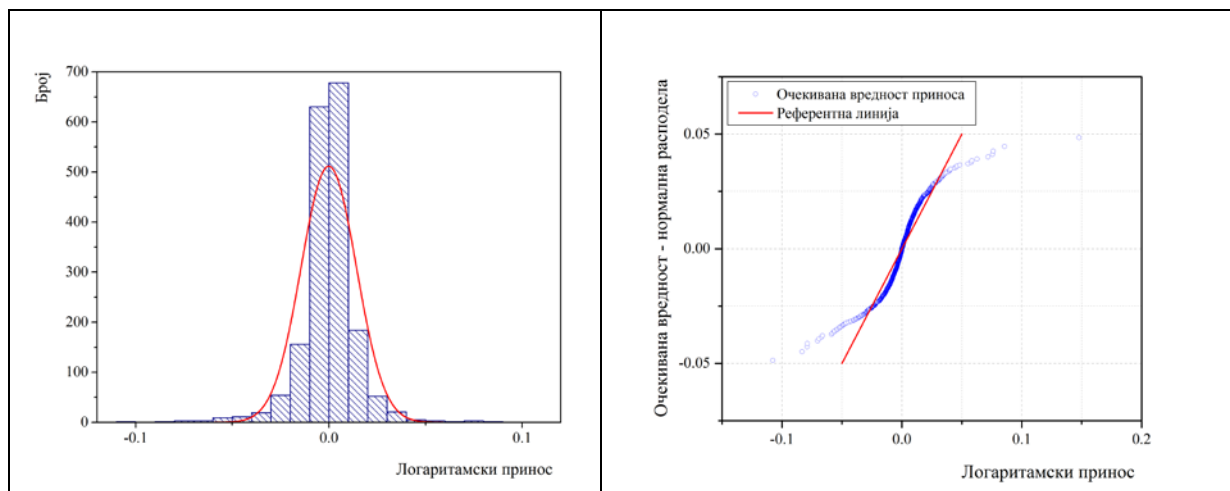


Извор: обрачун аутора

Графикон 3.7 Хистограм приноса на BELEX 15 (лево) и *QQ* – графикон емпиријског приноса на BELEX 15 и очекиваног приноса при нормалној расподели (десно)

Слична својства расподеле се могу уочити и у случају приноса на CROBEX 10 индекс. Хистограм на графикону 3.8, као и код приноса на BELEX 15, указује на издужен облик криве функције густине вероватноће историјских приноса услед великог броја приноса чија вредност не одступа значајно од нуле. Закривљеност криве

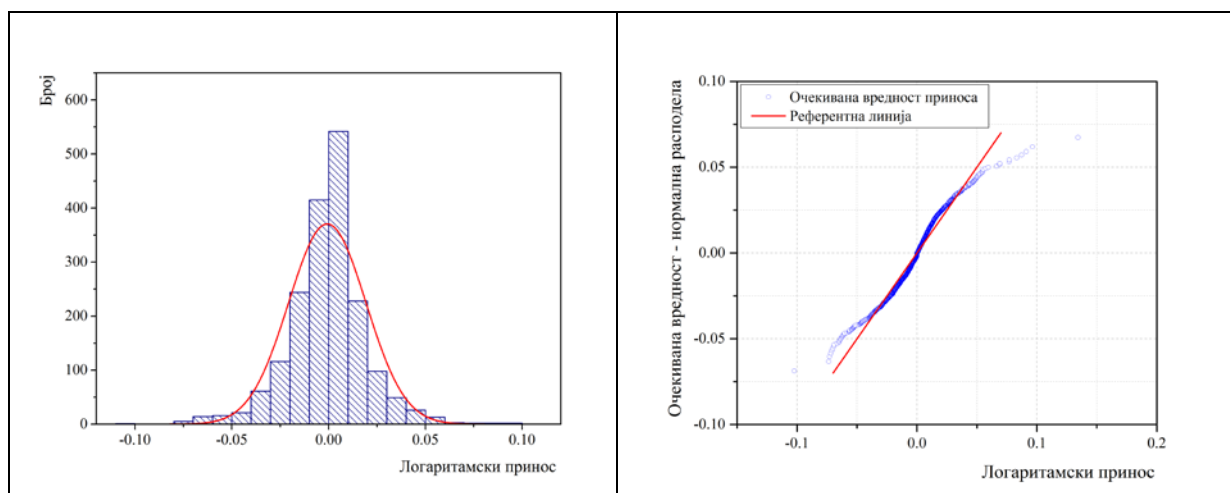
очекиване вредности на QQ – графикону указује на значајну асиметричност криве функције емпиријске расподеле у односу на нормалну, као и на тешке репове.



Извор: обрачун аутора

Графикон 3.8 Хистограм приноса на CROBEX 10 (лево) и QQ – графикон емпиријског приноса на CROBEX 10 и очекиваног приноса при нормалној расподели (десно)

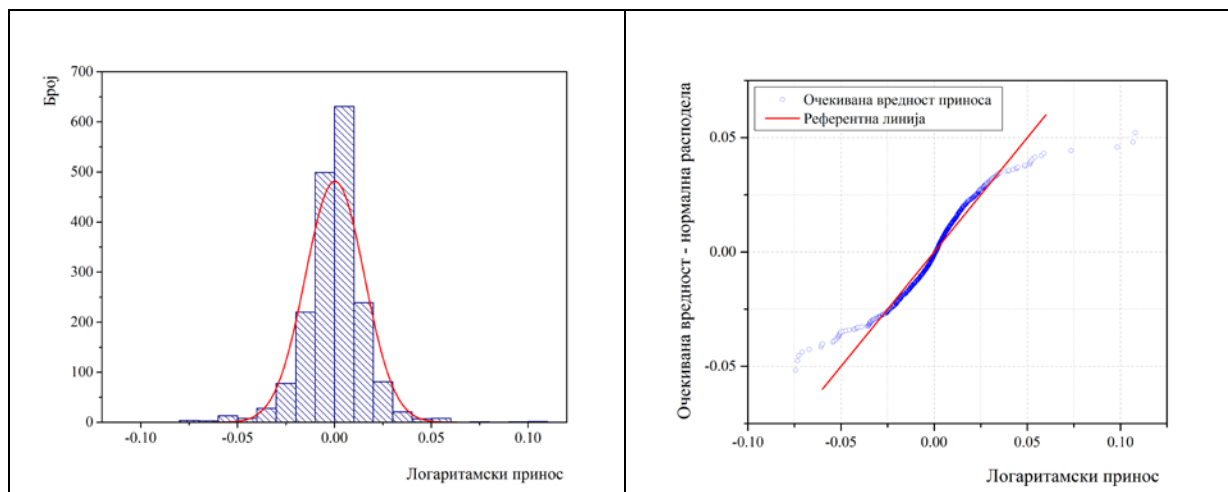
Функције расподеле вероватноћа приноса на ATHEX (графикон 3.9) и DAX (графикон 3.10) индекс, такође, показују извесна одступања од референтне расподеле, мада у значјаније мањој мери, као што се може закључити и на основу резултата дескриптивне статистике (табела 3.2).



Извор: обрачун аутора

Графикон 3.9 Хистограм приноса на ATHEX (лево) и QQ – графикон емпиријског приноса на ATHEX и очекиваног приноса при нормалној расподели (десно)

Упркос чињеници да је реч о индексу са једне од најразвијенијих берзи у Европи, приноси на DAX индекс се не могу окарактерисати као *iid* и као и код осталих разматраних идекса на основу свих спроведених тестова претпоставка о нормалности функције емпиријске расподеле се може одбацити.



Извор: обрачун аутора

Графикон 3.10 Хистограм приноса на DAX (лево) и *QQ* – графикон емпиријског приноса на DAX и очекиваног приноса при нормалној расподели (десно)

Резултати дескриптивне статистике, као најчешће примењиване нумеричке методе, који су приказани у табели 3.2 дају више информација о својствима функције расподеле приноса на разматране берзанске индексе. У периоду I приноси на све индексе значајно осцилирају, док је њихова просечна вредност око 0. У посматраном периоду, који је обухватио и период глобалне финансијске кризе, дневни приноси на индекс ATHEX кретали су се између минималне вредности од -10,21% до максималне 13,43% уз највећу стандардну девијацију у посматраном скупу од 0,019. Приноси, који се у овом скупу могу сматрати најстабилнијим јесу приноси на индекс CROBEX 10, који су се кретали у опсегу између -10,89% и 14,63% уз стандардну девијацију на дневном нивоу од 0,014. Позитивна просечна вредност приноса остварена је само у случају приноса на DAX индекс (0,02%) уз дневне осцилације од 0,0151.

Табела 3.2 Дескриптивна статистика узорка дневних логаритамских приноса посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године⁷

	<i>BELEX 15</i>	<i>CROBEX 10</i>	<i>ATHEX</i>	<i>DAX</i>
Просечна вредност	-0,04992	-0,01135	-0,07001	0,02158
Стандардна девијација	0,0160738	0,0140245	0,0198026	0,0150846
Максимум	11,73505	14,62664	13,43108	10,79747
Минимум	-12,80259	-10,88768	-10,21404	-7,433464
Коефицијент асиметрије	-0,27027	0,02319	0,02602	0,06121
Коефицијент спљоштености	10,54897	13,86703	3,41698	6,38318

Извор: обрачун аутора

Расподеле вероватноће приноса су умерено асиметричне, при чему је једино расподела BELEX 15 индекса негативно асиметрична, што указује на повећану вероватноћу пада приноса на овај индекс. Расподеле приноса на BELEX 15 и CROBEX 10 индекс при том показују и значајно другачији облик расподеле у односу на остале индексе, јер је вредност коефицијента спљоштености значајно изнад 3.

Само на основу дескриптивне статистике и вредности коефицијената спљоштености и асиметрије, могу се уочити основна одступања, док се у литератури из области статистике употребљава велики број тестова нормалности. Као најважнији могу се издвојити *Kolmogorov – Smirnov*, *Anderson – Darling* и *Cramer-von Mises* тестови (Arshad et al., 2003; Seier, 2002). Хипотеза о нормалности емпиријске расподеле вероватноће приноса на посматране индексе тестирана је применом свих поменутих тестова, као и корелационих тестова (*Shapiro-Wilk* тест) и тестова момената расподеле (*Jarque – Bera* тест).

⁷ Логаритамски приноси су изражени у процентима.

Табела 3.3 Резултати тестова нормалности спроведених на узорцима дневних логаритамских приноса посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године

<i>Тест</i>	<i>BELEX 15</i>	<i>CROBEX 10</i>	<i>ATHEX</i>	<i>DAX</i>
<i>Kolmogorov-Smirnov</i>	0,47558 (0,00000)	0,47621 (0,00000)	0,47213 (0,00000)	0,47523 (0,00000)
<i>Cramer-von Mises</i>	7,2603 (0,00000)	9,8276 (0,00000)	3,9967 (0,00000)	5,0629 (0,00000)
<i>Anderson-Darling</i>	40,9425 (0,00000)	55,444 (0,00000)	22,052 (0,00000)	28,294 (0,00000)
<i>Shapiro-Wilk</i>	0,88366 (0,00000)	0,85689 (0,00000)	0,95571 (0,00000)	0,92419 (0,00000)
<i>Jarque – Bera</i>	8789,7 (0,00000)	15137,0 (0,00000)	921,77 (0,00000)	3212,2 (0,00000)

Напомена: Ниво значајности свих спроведених тестова је 0,05, а бројеви у заградама представљају ниво значајности (*p*-вредности) добијених резултата теста.

Извор: обрачун аутора

Резултати свих тестова (табела 3.3) у потпуности одбацују претпоставку о нормалности распореда вероватноћа приноса на посматране индексе. Специфична својства финансијских временских серија, која онемогућавају моделирање применом параметарских модела заснованих на теоријским расподелама, захтевају детаљнију анализу серија и моделирање средње вредности и варијансе у складу са уоченим особинама серије, као што су: нестабилна варијанса, тренд, сезноске осцилације и структурни лом (Младеновић и Нојковић, 2015). Стога ће у наставку рада бити испитана ова својства серије у циљу дефинисања економетријског модела за оцену параметара модела за процену ризика.

3.2.3 Волатилност временских серија приноса на улагања у финансијску активу

Класични финансијски модели се заснивају на теорији ефикасног тржишта (енгл. *Efficient Market Hypothesis*), која претпоставља да се кретање приноса може објаснити као процес случајног хода (енгл. *Random Walk Process*). Према овој теорији приноси на финансијску активу су независне и случајне променљиве, које се као такве не могу користити за предвиђање у будућности, јер не постоје обрасци у њиховој

промени. Односно, финансијске временске серије се сматрају стационарним. Тврђења ове теорије доведена су у питање студијама аутора Фаме и Френча (Fama & French, 1988) и Потерба и Самерса (Poterba & Summers, 1988) који су први документовали постојање процеса повратка на средњу вредност (енгл. *Mean Reversion Process*) на узорку цена акција котираних на тржишту капитала САД. Постојање овог процеса указује на постојање тенденције да се вредност приноса после извесног времена врати на ниво тренда, што омогућава предвиђање приноса у будућности на основу информација из прошлости. Последишно, ово својство финансијских временских серија омогућава инвеститорима остваривање натпросечних вредности приноса на улагања и постаје важна чињеница у моделирању приноса. Тестирање својства стационарности анализираних финансијских временских серија у овом раду извршено је коришћењем функција R пакета *urca* (Pfaff, 2008) и *fUnitRoots* (Wuertz, 2013).

Резултати најчешће коришћених тестова јединичних корена, како параметарских, као што је *Augmented Dickey–Fuller* тест (Dickey & Fuller, 1979,1981), тако и непараметарских - *Phillips–Perron* тест (Phillips & Perron, 1988), одбацују нулту хипотезу о постојању јединичног корена, тако да се анализирани серије могу сматрати стационарним (табела 3.4). До истог закључка се дошло и применом најчешће коришћеног теста стационарности – KPSS теста (Kwiatkowski et al., 1992), који указује на чињеницу да се нулта хипотеза о стационарности може прихватити за ниво значајности теста од 1% и 5% свим случајевима. Међутим, класично схватање хипотезе о постојању јединичног корена заснива се на претпоставци да шокови имају само тренутни ефекат, док се дугорочно посматрано не одражавају на кретање серија.

У највећем броју случајева, промене макроекономских или финансијских серија са тржишта капитала јесу стационарне око детерминисане функције тренда, али се могу уочити структурални ломови, који могу имати дугорочне ефекте (Perron, 1989). Овакви шокови умањују снагу претходних тестова, чији резултати могу указивати на стационарност занемарујући ове појаве. Узевши у обзир чињеницу да временски период посматрања обухвата и период кризе, својство стационарности анализираних серија испитано је и применом *Zivot–Andrews* теста (Zivot & Andrews, 1992), чији резултати показују да серије одликује стационарност тренда уз постојање преломне тачке на датум наведен у заградама.

Табела 3.4 Резултати тестова стационарности спроведених на узорцима дневних логаритамских приноса посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године

<i>Тест</i>	<i>BELEX 15</i>	<i>CROBEX10</i>	<i>ATHEX</i>	<i>DAX</i>
<i>Augmented Dickey–Fuller</i> *	-23,791 (0,00000)	-30,066 (0,00000)	-31,112 (0,00000)	-31,899 (0,00000)
<i>Phillips–Perron</i> *	-27,467 (0,00000)	-39,014 (0,00000)	-41,281 (0,00000)	-43,074 (0,00000)
<i>KPSS</i> **	0,3692	0,3436	0,2081	0,0838
<i>Zivot–Andrews</i> ***	-23,506 (3.11.2009.)	-22,837 (3.9.2009.)	-25,199 (6.5.2012.)	-27,136 (6.3.2009.)

Напомена:

*Критична вредност тест статистике за различите нивое значајности је: -2,58 (1%), -1,95 (5%), -1,62 (10%); број доцњи у тесту одређен је применом ВИС критеријума

**Критична вредност тест статистике за различите нивое значајности је: 0,739 (1%), 0,463 (5%), 0,347 (10%), број доцњи у тесту за Bartlett кернел је 7

***Критична вредност тест статистике за различите нивое значајности је: -5,34 (1%), -4,8 (5%), -4,58 (10%); датум у загради представља преломну тачку (енгл. *break point*)

Извор: обрачун аутора

У случају индекса BELEX 15, CROBEX 10 и DAX датуми преломних тачака се могу повезати са ефектима глобалне финансијске кризе, док у случају индекса ATHEX преломна тачка указује на шок изазван дејством политичких фактора ризика. С обзиром на то да серије показују својство стационарности у наставку рада ћемо испитати типичне карактеристике, као што су аутокорељација приноса и волатилност варијансе.

Једна од основних карактеристика финансијских временских серија јесте одсуство аутокорељације. Аутокорељација или серијска корелација приноса указује на зависност висине приноса у једној временској јединици од вредности приноса који јој временски претходе или се појављују касније у низу. На ликвидним финансијским тржиштима, кретања цена не показују значајну аутокорељацију – функција аутокорељације промене цене опада до нуле у врло кратком временском периоду, па се такве временске серије могу сматрати стационарним. Ова чињеница се често користи као потврда хипотезе ефикасног тржишта, а у овом раду за тестирање корелационе структуре приноса коришћене су функције R пакета *forecast* (Hyndman, 2015).

У посматраном узорку тестирана је корелациона структура приноса, апсолутних величина приноса и квадрата приноса и резултати *Ljung – Box Q* – теста у готово свим случајевима (табела 3.5) одбацују нулту хипотезу аутокорелације указујући на позитивну међусобну корелисаност приноса на конкретне берзанске индексе. Изузетак представља принос на индекс АТНEX, у чијем случају се нулта хипотеза не може одбацити. Међутим, у случају већег броја доцњи приноси и на овај индекс показују извешан степен аутокорелације (прилог 3). Приноси осталих индекса, показују значајан ниво аутокорелисаности, што се може закључити и из графикона у прилогу 3.

Табела 3.5 Резултати *Ljung – Box Q* – теста спроведеног на узорцима дневних приноса посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године

<i>Берзански индекс</i>	<i>Принос r_t</i>	<i>Апсолутни принос r_t</i>	<i>Квадрат приноса r_t^2</i>
АТНEX	11,095 (0,3501)	670,33 (0,0000)	440,35 (0,0000)
BELEX 15	316,34 (0,0000)	1248,70 (0,0000)	714,89 (0,0000)
CROBEX 10	58,277 (0,0000)	1840,80 (0,0000)	1174,60 (0,0000)
DAX	21,38 (0,0186)	1012,50 (0,0000)	796,03 (0,0000)

Напомена: Тест се спроводи за доцњу 10, а ниво значајности (*p*-вредност) теста је 0,05. Бројеви у заградама представљају ниво значајности добијених резултата теста.

Извор: обрачун аутора

Уочено својство аутокорелације указује на чињеницу да су приноси из прошлости значајни за предвиђање приноса анализираних серија у будућности, па ће се моделирати применом ARMA модела, а за оцену параметара су примењене функције R пакета *forecast* (Hyndman et al., 2015).

За тестирање временске зависности волатилности користе се тестови који се заснивају на одговарајућим, временски променљивим мерама волатилности. Најчешће се као мере волатилности користе апсолутна вредност приноса и квадрат приноса, а тестирање условне хетероскедастичности, односно ARCH ефекта, може се извршити применом Енглеовог ARCH теста (Engle, 1982). За тестирање условне хетероскедастичности у овом раду су коришћене функције R пакета *FinTS* (Graves, 2014). Резултати ARCH теста (табела 3.6) одбацују нулту хипотезу за све посматране резидуале индекса, па се може закључити да постоји изражен ARCH ефекат код свих финансијских серија.

Табела 3.6 Резултати ARCH теста волатилности спроведеног на узорцима резидуала дневних приноса посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године

<i>Берзански индекс</i>	<i>Тест статистика</i>	<i>Ниво значајности (p-вредност)</i>
ATHEX	206,48	0,00000
BELEX 15	335,24	0,00000
CROBEX 10	367,71	0,00000
DAX	334,36	0,00000

Напомена: Тест се спроводи за доцњу 10, а ниво значајности (p-вредност) теста је 0,05.

Извор: обрачун аутора

Међутим, као што се може претпоставити на основу резултата свих спроведених тестова, анализирани серије показују извесне карактеристике нелинеарности. Тестови којима се и формално испитује нелинеарност приноса и волатилности извршени су применом функција R пакета *fNonlinear* (Wuertz et al., 2013). BDS тест (Brock et al., 1987), који је развијен у оквиру теорије хаоса, је један од најпопуларнијих тестова нелинеарности. Сврха овог непараметарског теста јесте тестирање хипотезе о независним и идентично расподељеним случајним променљивима, који у случају анализираних временских серија указује да ни у једном случају ова претпоставка не важи (табела 3.7). Резултати тестова линеарности средње вредности (White, 1989; Terasvirta et al., 1993), који се базирају на неуронским мрежама (енгл. *Neural Network* – NN), указују на чињеницу да у свим серијама сем приноса на индекс DAX полазна претпоставка о линеарности средње вредности може бити одбачена. Ови тестови омогућавају да се открију унутрашње нелинеарности података, које линеарни модели уобичајено занемарују, па се могу користити и за оцену линеарних модела, уколико се примене на резидуале. Да посматране финансијске временске серије нису случајан процес потврђује и формални тест за откривање неслучајности (Bradley, 1968), који само у случају приноса на индекс DAX указује на могућност прихватања нулте хипотезе о случајном процесу.

Табела 3.7 Резултати тестова нелинеарности спроведених на узорцима дневних приноса посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године

<i>Тест</i>	<i>ATHEX</i>	<i>BELEX 15</i>	<i>CROBEX 10</i>	<i>DAX</i>
<i>Brock – Dechert – Scheinkman</i> (BDS)	6,7432 (0,0000)	19,6727 (0,0000)	17,0332 (0,0000)	6,4825 (0,0000)
<i>Terasvirta NN</i>	11,0856 (0,0039)	25,5206 (0,0000)	31,0571 (0,0000)	3,2366 (0,1982)
<i>White NN</i>	11,1182 (0,0038)	25,7939 (0,0000)	32,8508 (0,0000)	3,2752 (0,1944)
<i>Runs Test</i>	11,0689 (0,0039)	25,5399 (0,0000)	31,1683 (0,0000)	3,2224 (0,1997)

Напомена: ниво значајности (*p*-вредност) тестова је 0,05. Код BDS теста вредност параметара је: $m = 2$, $\varepsilon = 1$. Бројеви у заградама представљају ниво значајности добијених резултата теста.

Извор: обрачун аутора

Упркос уоченим одступањима у својствима анализираних серија, на која су указали резултати нелинеарности, узевши у обзир резултате свих анализа у наставку рада приноси на посматране индексе биће моделирани применом нелинеарних метода. Најчешће примењиван нелинеарни модел, који може да обухвати широк спектар карактеристика волатилности, јесте GARCH. Како анализирани серије показују различита својства, у моделирању су коришћени ARMA(p_A, q_A)-GARCH(p_G, q_G) модели, а за оцену параметара су примењене функције R пакета *forecast* (Hyndman, 2015) и *rugarch* (Ghalanos, 2015). С обзиром на значајну аутокорелисаност приноса, условну средњу вредност је у случају ATHEX, BELEX 15 и CROBEX 10 могуће посматрати као линеарни процес, при чему је број доцњи приликом моделирања био ограничен на 2.

На основу параметара дефинисаних модела (табела 3.8) може се закључити да у случају свих разматраних индекса параметри модела испуњавају услове модела (формула 2.52). Када је реч о ARCH параметру (α_1), у свим случајевима његова процењена вредност је већа од 0,1, што указује на чињеницу да је волатилност посматраних индекса врло осетљива на промене на тржиштима капитала (Alexander, 2008, стр. 137). С друге стране, вредност GARCH параметра (β_1) се креће од 0,7458, у случају индекса BELEX 15, до 0,8921, у случају индекса ATHEX, што указује на различит степен конвергенције волатилности ка дугорочној средњој вредности. Већа вредност овог параметра (на пример изнад 0,9) треба да укаже на појаву дугорочног ефекта волатилности, што се не може констатовати у анализираним серијама берзанских индекса, али се може приметити да у случају ATHEX, DAX и CROBEX 10

волатилност спорије опада. Међутим, како је у свим случајевима вредност збира ових параметара значајна ($\geq 0,98$), односно близу 1, може се закључити да је рочна структура волатилности релативно равна, односно да не постоји значајан варијабилитет волатилности, па се може моделирати и једноставнијим моделима – на пример EWMA.

Табела 3.8 Параметри модела ARMA(p_A, q_A)-GARCH(p_G, q_G) посматраних серија дневних приноса на берзанске индексе у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године

Берзански индекс	Модел	Параметри	
ATHEX	ARMA(1,1)-GARCH(1,1)	AR ₁ = -0,442393 MA ₁ = 0,487614	$\omega = 0,000003$ $\alpha_1 = 0,106939$ $\beta_1 = 0,892060$
DAX	ARMA(0,0)-GARCH(1,1)		$\omega = 0,000003$ $\alpha_1 = 0,111413$ $\beta_1 = 0,875492$
BELEX 15	ARMA(0,2)-GARCH(1,1)	MA ₁ = 0,299003 MA ₂ = 0,158291	$\omega = 0,000008$ $\alpha_1 = 0,232532$ $\beta_1 = 0,745815$
CROBEX 10	ARMA(2,2)-GARCH(1,1)	AR ₁ = 0,670986 AR ₂ = 0,273814 MA ₁ = -0,532611 MA ₂ = -0,376252	$\omega = 0,000003$ $\alpha_1 = 0,126368$ $\beta_1 = 0,857808$

Извор: обрачун аутора

Међутим, када је реч о оцени валидности модела, резултати различитих тестова указују на чињеницу да предложени GARCH(1,1) модел није у сваком погледу оптималан избор (прилог 3). Анализа резидуала модела показује да претпостављена нормална расподела случајне грешке не одговара емпиријској, док ACF тест показује да у случају индекса ATHEX и BELEX 15 постоји и изванредан степен аутокорејације. Стога ће се у раду поред предложеног модела разматрати и GARCH(1,1) модел са Студентовом t расподелом случајне грешке.

Тест симетричности (енгл. *sign bias* тест), пак, истиче да ни један од ових модела, упркос претпоставци о симетричности, не одговара анализираним индексима, односно да волатилност посматраних берзанских индекса показује значајну асиметричност (прилог 3). Иако заједнички ефекат асиметрије у случају индекса ATHEX и DAX није значајан, утицај позитивно, односно негативно асиметричне волатилности појединачно јесте, док у случају индекса BELEX 15 и CROBEX 10 како појединачни, тако и заједнички ефекти јесу значајни. Како моделирање волатилности уобичајено примењиваним асиметричним GARCH моделима (формуле 2.53 и 2.54) није дало оптималне резултате (прилог 3), а детаљније разматрање ефекта асиметрије

превазилази опсег овог рада, својство асиметричности волатилности неће бити разматрано у даљим анализама.

3.2.4 Реп расподеле вероватноће приноса на финансијску активу

Како су анализе облика расподеле вероватноће приноса показале да све посматране серије карактерише издужен распоред и тешки репови, може се закључити да би инвестирање у разматрану финансијску активу претпостављало и могућност суочавања са екстремним ризиком. Високи квантили емпиријских расподела значајно одступају од теоријске, тако да би, у циљу адекватне процене ризика репа, требало да буду засебно моделирани. Моделирање ризика, чија је учесталост настанка мала, најпре захтева њихово детерминисање.

Имајући у виду дужину посматраних финансијских временских серија, која је прилагођена циљу овог истраживања и усклађена са доступним подацима са Београдске берзе, детерминисање прага екстремних вредности није вршено према предложеним методама. Наиме, примена Пикандсове и Хилове оцене подразумева фино подешавање границе екстремних ризика, које би у конкретном случају резултовало различитим нивоом прага, те и сетом вредности екстремних губитака различите дужине. С обзиром на то да серије берзанских индекса посматрају као компоненте портфолија, граница екстремних вредности је одређена на нивоу од 10% највећих губитака. У конкретном случају, добија се серија од 182 податка о екстремним ризицима у периоду од 5.10.2005. до 31.12.2012. године.

Табела 3.9 Оцена параметара репова расподела посматраних серија дневних приноса на берзанске индексе у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године

	<i>ATHEX</i>	<i>BELEX 15</i>	<i>CROBEX 10</i>	<i>DAX</i>
Параметри	$\xi = 0,04017762$ $\beta = 0,01392456$	$\xi = 0,13168661$ $\beta = 0,01041958$	$\xi = 0,28920669$ $\beta = 0,00775301$	$\xi = 0,19489048$ $\beta = 0,00868413$

Извор: обрачун аутора

Параметри генерализоване Парето расподеле утврђени су методом максималне веродостојности (табела 3.9) и биће коришћени у предвиђању приноса у репу расподеле и обрачуну конкретних мера ризика. Анализом графика у прилогу 3 може се закључити да емпиријска расподела вероватноћа екстремних губитака следи предложену теоријску.

3.3 Оптимизација инвестиционих одлука у условима екстремног тржишног ризика

Међународна диверсификација портфолија се сматра општеприхваћеним принципом инвестиционог менаџмента, јер представља ефикасан начин за остварење већих приноса у поређењу са приносима на домаћем тржишту. Степен диверсификације је, пак, одређен како субјективним, тако и објективним факторима, па се више не може тврдити да међународно инвестирање обавезно смањује преузети ризик. Сваки инвеститор, било да је реч о индивидуалним или институционалним инвеститорима, диверсификује ризик у складу са својим циљевима и аверзијом према ризику. Улагање у хартије од вредности на страним тржиштима је праћено и регулаторним питањима, посебно у случају институционалних инвеститора, али и повезаношћу финансијских тржишта. Наиме, основна претпоставка ове инвестиционе стратегије јесте да разматране хартије од вредности, којима се тргује на међународним тржиштима, показују нижу међусобну корелацију од домаћих хартија од вредности. На тај начин је могуће диверсификовати специфичне ризике земље, док ће инвеститори остати изложени глобалним ризицима у мери коју одређује учесталост дешавања и интензитет дејства ризика, али и корелација хартија од вредности. Узевши у обзир користи инвеститора, али и све наведене факторе ефикасности, проблем оптимизације портфолија разматран у Савременој портфолио теорији је убрзо добио међународну димензију (Grubel, 1968; Levy & Sarnat, 1970). Иако су позитивни ефекти међународне диверсификације детаљно документовани у многобројним радовима, крах Њујоршке берзе 1987. године променио је до тада познату везу између светских берзи: најпре између развијених тржишта САД, Велике Британије и Јапана (King & Wadhvani, 1990), а затим и између већег броја других светских тржишта (Lee & Kim, 1993; Longin & Solnik, 1995). Већи степен међузависности је довео до контрадикторних ефеката међународне диверсификације, па су инвеститори тражили алтернативне изворе додатних приноса. Проблем међузависности између финансијских тржишта постао је централно питање диверсификације, а фокус интересовања међународних инвеститора постала су млада тржишта у развоју.

Узевши у обзир изабрани сет финансијских временских серија приноса на тржишне индексе и циљ истраживања, у наставку рада биће приказани модели оптимизације портфолија применом различитих мера ризика, а затим и карактеристике приноса на тако формирану портфолио.

3.3.1 Оптимизација портфолија применом различитих мера ризика

Упркос претпоставкама поједностављених модела оптимизације о могућим позитивним ефектима диверсификације ризика улагањем у тржишта у развоју и неразвијена тржишта, резултати истраживања могу бити контрадикторни. Тако, на пример, истраживања спроведена на европским тржиштима у развоју потврдила су наведену полазну претпоставку о могућности остварења позитивних ефеката диверсификације улагања (Kanas, 1998; Gilmore & McManus, 2002; Fadhlouli et al., 2010). Насупрот томе, истраживања на тржиштима у развоју азијских и афричких земаља пружају различите закључке. Према неким од доступних студија инвеститори са развијених тржишта капитала могу редуковати ризик улагањем у хартије од вредности које се котирају на тржишту Марока, Јордана и Египта (Darrat et al., 2000; Lagoarde-Segot & Lucey, 2007). Међутим, резултати екстензивног истраживања показују променљиве степене корелације између тржишта MENA региона и развијених тржишта, тако да се не могу извући конзистентни закључци (Colton & Neaime, 2005). Азијска тржишта (Кина, Малезија, Индонезија, Тајланд и Индија) још увек не показују значајну корелацију са развијеним тржиштем САД, тако да су ефекти диверсификације позитивни (Zafaranloo & Sarian, 2013).

Иако гранична тржишта привлаче извесну пажњу инвеститора, научна истраживања о њиховом значају за диверсификацију ризика портфолија су скромна. Резултати малобројних истраживања потврђују претпоставку о ниском степену корелације неразвијених и развијених тржишта (Speidell & Krohne, 2007). Анализа користи интернационализације портфолија указује на то да оптимални портфолио хартија од вредности којима се тргује на развијеним, неразвијеним и тржиштима у развоју побољшава однос између приноса и ризика (Jayasuriya & Shambora, 2009). Савремене анализе спроведене на тржиштима како средњег Истока и северне Африке (Cheng, Jahan Parvar & Rothman, 2009), тако и граничним тржиштима према категоризацији MSCI (Berger, Pukthuanthong & Yang, 2011) доказују низак степен интеграције неразвијених тржишта у светске токове и указују на потенцијалне користи за инвеститоре. Ове тврдње потврђује и низ студија у региону, које анализирају корелацију тржишта капитала држава Балкана са развијеним тржиштима, у периоду након њиховог укључивања у глобалне финансијске токове.

Тржишта капитала Босне и Херцеговине, Хрватске и Србије, узевши у обзир ниво развијености и међусобну повезаност привреда, карактерише сличан тренд

кретања вредности водећих берзанских индекса. У периоду пре светске финансијске кризе, вредности репрезентативних берзанских индекса ових тржишта капитала показивала су високу позитивну корелацију, али је корелација приноса на ове индексе била ниска до умерена, што значи да, ипак, постоји извешан диверсификациони ефекат за инвеститоре у посматраном региону (Заимовић и Делалић, 2010). Међутим, приноси на ове берзанске индексе показују значајан степен коинтеграције са индексима развијених берзи. Дугорочна међузависност између тржишта капитала балканских земаља и развијених тржишта САД, УК, Немачке и Грчке може се доказати применом како линеарних тако и нелинеарних метода (Samitas et al., 2007). Према резултатима Грејнцеровог теста (Granger, 1969) у периоду до 2009. године, принос на индекс BELEX 15 могао се одредити на основу кретања индекса CROBEX, СЕТОР (Мађарска), СВІТОР (Словенија) и DAX (Добрацић и остали, 2012), и то како у дугим тако и у краћим интервалима посматрања (Градојевић и Добарцић, 2013).

Проблем међународне диверсификације портфолија у овом раду посматра се из перспективе инвеститора који своје фондове примарно улаже у развијена тржишта капитала, и то: тржиште капитала Немачке и тржиште капитала Грчке. Хипотетички портфолио инвеститора на овим тржиштима одређен је већ анализираним одговарајућим берзанским индексима. Уколико се претпостави да инвеститор жели диверсификовати тржишни ризик свог хипотетичког портфолија улагањем у хартије од вредности граничних тржишта капитала, претпоставићемо да ће слободна финансијска средства уложити на тржишта капитала Србије и Хрватске. Улагања на овим тржиштима представљена су репрезентативним берзанским индексима, о којима је било више речи у претходном делу текста. Остваривање очекиваних ефеката међународног инвестирања у директној је зависности са корелацијом приноса на разматране берзанске индексе. Међутим, анализа корелације логаритамских приноса на берзанске индексе у оквиру периода од 5.10.2005. до 31.12.2012. године указује на чињеницу да између свих тржишта постоји позитивна корелација (табела 3.10). Значајнији степен корелације може се уочити између берзанских индекса развијених тржишта капитала (Грчке и Немачке), као и између берзанског индекса Хрватског тржишта капитала и развијених тржишта. Са друге стране, корелација између берзанског индекса тржишта капитала Србије и осталих индекса може се окарактерисати као слабо позитивна корелација.

Табела 3.10 Матрица коефицијената корелације изабраних серија дневних приноса на берзанске индексе у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године

	<i>BELEX 15</i>	<i>CROBEX 10</i>	<i>ATHEX</i>	<i>DAX</i>
<i>BELEX 15</i>	1			
<i>CROBEX 10</i>	0,253982	1		
<i>ATHEX</i>	0,162122	0,386062	1	
<i>DAX</i>	0,155956	0,484108	0,515395	1

Извор: обрачун аутора

Како су коефицијенти корелације позитивни, не може се тврдити да ће улагање у берзанске индексе граничних тржишта капитала довести до повећања позитивних ефеката диверсификације. Ипак, структура хипотетичког портфолија биће одређена применом модела оптимизације, и то: применом M-V метода, о ком је било речи у првом поглављу овог рада, и CVaR мере ризика, која је у овом раду приказана у другом поглављу под називом ES. Упркос значају који има за одредбе ризика у регулаторним оквирима, VaR због својих својстава, што је детаљно објашњено у другом поглављу овог рада, није адекватна мера ризика за примену у оптимизацији. Међутим, уколико се претпостави да су приноси на финансијску активу, која чини портфолио, нормално распоређени или прате елиптичну расподелу, онда модел оптимизације даје еквивалентне резултате без обзира на то која се од наведених мера ризика примењује: VaR, CVaR или стандардна девијација (Rockafellar & Uryasev, 2000).

Примена CVaR дефинисаног као у формули (2.15) у решавању модела оптимизације може бити компликована посматрано са математичког аспекта (Pfaff, 2013, стр. 223), тако да се примењује модификован приступ (Rockafellar & Uryasev, 1999, 2000).

Нека је $f(x,y)$ функција губитка, коју одређује вектор x , којим су дефинисане позиције, односно учешћа, појединачних облика финансијске активе у портфолију, и вектор случајних променљивих y , који у контексту проблема оптимизације представља губитак на финансијску активу. Функција расподеле губитка је одређена функцијом расподеле променљиве y и обележава се са $p(y)$. Уколико се вредности VaR_α и $CVaR_\alpha$ одређене случајне променљиве X за дати ниво поверења α , $\alpha \in (0,1)$, обележе са $\xi_\alpha(x)$ и $\phi_\alpha(x)$, у циљу оптимизације портфолија могу се приказати на следећи начин (Krokhmal, Palmquist & Uryasev, 2001):

$$\xi_\alpha(x) = \min\{\xi \in R : \psi(x, \xi) \geq \alpha\} \quad (3.5)$$

$$\varphi_\alpha(x) = (1-\alpha)^{-1} \int_{f(x,y) \geq \xi_\alpha(x)} f(x,y) p(y) dy \quad (3.6)$$

Суштина овог приступа у оптимизацији јесте у функцији F_α која се може дефинисати на следећи начин:

$$F_\alpha(x, \xi) = \xi + (1-\alpha)^{-1} \int_{y \in R} [f(x,y) - \xi]^+ p(y) dy \quad (3.7)$$

где је $[t]^+ = \max\{t, 0\}$. Приказана функција је конвексна и диференцијабилна, а минимум ове функције је VaR_α , док за CVaR_α важи следећа једнакост (Rockafellar & Uryasev, 2000):

$$\text{CVaR}_\alpha(x) = \min_{\alpha} F_\alpha(x, \xi) \quad (3.8)$$

Тада се проблем оптимизације портфолија своди на минимизирање одговарајуће мере ризика RM , и према (1.11), а уважавајући све наведене модификације модела, може се формулисати као:

$$\begin{aligned} \min_w RM, RM \in (\sigma_p^2, \text{CVaR}_\alpha) \\ \text{уз ограничења } \mu_p \geq \mu_0 \\ \sum_{i=1}^n w_i = 1 \\ 0 < w_i \leq 1 \end{aligned} \quad (3.9)$$

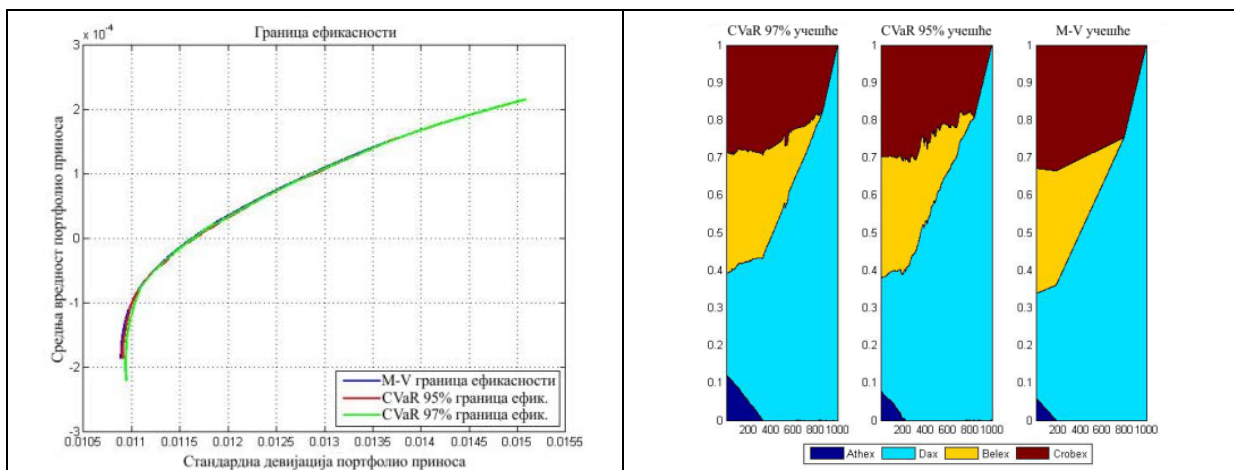
Проблем оптимизације је решен применом програмског пакета *fPortfolio* (Rmetrics Core Team et al., 2014). Основ за обрачун стандардне девијације представља матрица коваријанси логаритамских приноса, која је за анализирани сет берзанских индекса приказана у табели 3.11. Вредности CVaR утврђене су према параметарском моделу под претпоставком да су приноси нормално распоређени, али резултати нису приказани у овом делу рада.

Табела 3.11 Матрица коваријанси изабраних серија дневних приноса на берзанске индексе у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године

	<i>BELEX 15</i>	<i>CROBEX 10</i>	<i>ATHEX</i>	<i>DAX</i>
<i>BELEX 15</i>	0,0004228579	5,314860e-05	1,060678e-04	1,522270e-04
<i>CROBEX 10</i>	0,0000531486	2,545377e-04	5,690687e-05	3,931615e-05
<i>ATHEX</i>	0,0001060678	5,690687e-05	1,918165e-04	1,022819e-04
<i>DAX</i>	0,0001522270	3,931615e-05	1,022819e-04	2,253855e-04

Извор: обрачун аутора

Применом M-V и CVaR метода оптимизације утврђени су ефикасни сетови портфолија, при чему је ефикасни сет за CVaR модел утврђен за интервал поверења од 95% и 97,5%. Међутим, узевши у обзир мали број индекса који чине портфолио, као и претпоставку о нормалној расподели приноса на исте, ефикасни сетови алтернатива за сваки разматрани модел појединачно се не разликују значајно (графикон 3.11). Појединачно учешће изабраних берзанских индекса у портфолијима који чине ефикасан скуп приказано је на графикону 3.11. Оптимални портфолио је формиран тако да инвеститору обезбеђује минимални ризик за жељени ниво приноса. Како се претпоставља да инвеститор примарно улаже расположива средства у развијено тржиште капитала, жељена стопа приноса је дата на нивоу стопе приноса која се остварује улагањем у индекс DAX. Ипак, да би се обезбедио ефекат међународне диверзификације учешће улагања у индекс DAX ограничено је на 50%, док је минимум улагања у остале индексе одређен на нивоу од 1%.



Извор: обрачун аутора

Графикон 3.11 Граница ефикасног скупа (лево) и учешћа берзанских индекса у портфолију (десно)

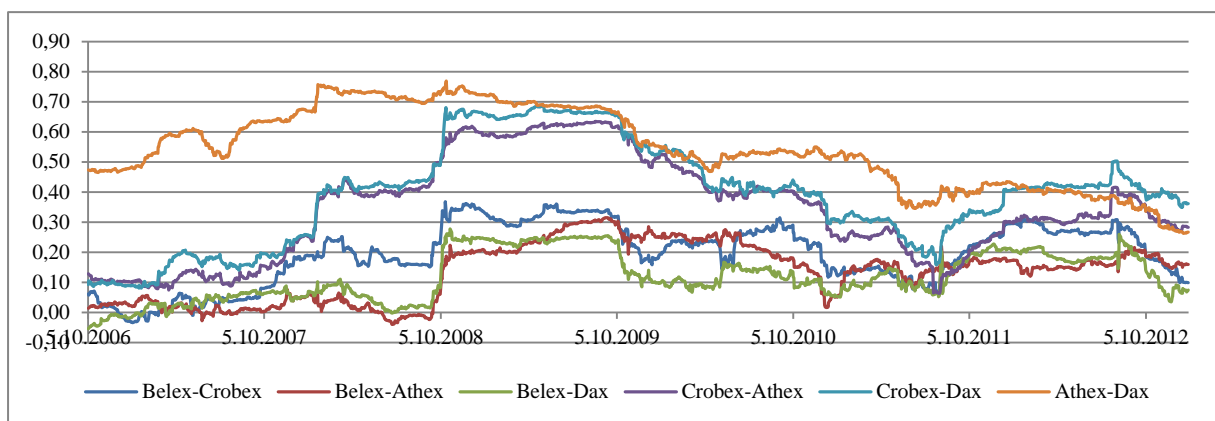
Имплементација наведених ограничења резултирала је идентичним решењем проблема оптимизације за све разматране моделе (табела 3.12). У оптималном портфолију доминира учешће индекса DAX и CROBEX 10, који чине више од 90% улагања. Учешће индекса BELEX 15 и ATHEX је мање од 10%, при чему треба истаћи да је учешће индекса ATHEX свега 1%.

Табела 3.12 Структура оптималног међународног портфолија

Берзански ндекси	BELEX 15	CROBEX 10	ATHEX	DAX
Учешће	0,0719	0,4181	0,01	0,50

Извор: обрачун аутора

У раду се претпоставља да ће инвеститор задржати исту структуру портфолија током периода тестирања модела упркос чињеници да корелација између компоненти портфолија није стационарна у времену. Берзански шокови значајно утичу на волатилност вредности берзанских индекса, али и на ниво корелације између берзи, која у многоме зависи од достигнутог степена интеграције тржишта капитала у глобалне финансијске токове (Horvat & Petrovski, 2013). Уколико, на пример, посматрамо корелацију између петодневних приноса на дате берзанске индексе (графикон 3.12), можемо закључити да она варира од слабе негативне до значајне позитивне. До осцилација посебно долази у периодима наглих промена на тржиштима капитала, када се кризе преливају на тржишта која су међусобно повезана, што показује висока вредност коефицијента корелације између индекса ATHEX и DAX, с једне стране, и CROBEX 10 и ATHEX и DAX, с друге стране. Индекс BELEX 15 током целокупног периода посматрања не показује значајнију корелацију ни са једним анализираним индексом.



Извор: према обрачуну аутора

Графикон 3.12 Корелација петодневних приноса на берзанске индексе у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године

Варијабилност корелације у времену ће у даљем раду имати значајно место у одређивању заједничке расподеле приноса портфолија, с обзиром на то може пружити адекватнију процену ризика.

3.3.2 Својства приноса на оптимални портфолио

Додавање берзанских индекса BELEX 15 и CROBEX 10 и формирање хипотетичког портфолија састављеног од улагања у хартије од вредности котираним на развијеним тржиштима и тржиштима у развоју се, према резултатима дескриптивне статистике (табела 3.13), може сматрати ефикасним. Одржавајући у просеку жељени ниво приноса, у посматраном временском периоду, инвеститор је у могућности да умањи ризик, јер је вредност очекиване стандардне девијације овог портфолија нижа у поређењу са стандардним девијацијама приноса на појединачне берзанске индексе. Вредност приноса осцилира између -8,398% и 11,75%, али узевши у обзир изузетно високу вредност коефицијента спљоштености, може се очекивати да ће бити концентрисана око просечне вредности. Како негативна вредност коефицијента асиметрије од -0,1682 указује на благо асиметричну расподелу приноса, инвеститор може очекивати да ће остваривати позитивне приносе са значајном вероватноћом, но да, ипак, постоји могућност остварења и екстремних губитака. Стога се не може тврдити да овако одређен портфолио може у потпуности да испуни очекивања инвеститора, који улагањем у својих средстава на различита тржишта капитала жели да редукује тржишни ризик.

Табела 3.13 Дескриптивна статистика узорка дневних логаритамских приноса на оптимални портфолио посматраних берзанских индекса у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године⁸

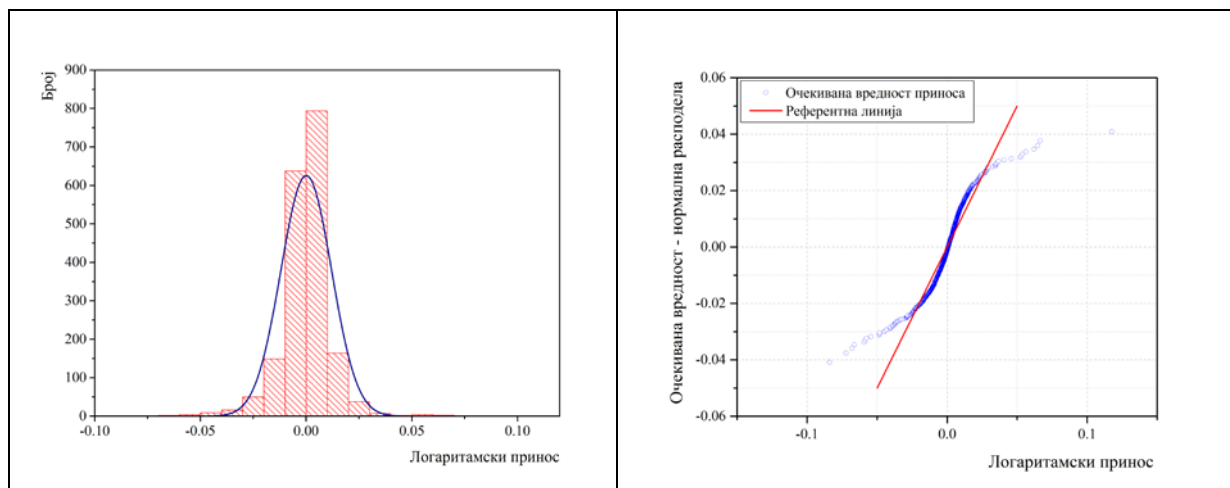
	<i>Портфолио</i>
Просечна вредност	0,02%
Стандардна девијација	0,012
Максимум	11,750%
Минимум	-8,398%
Коефицијент асиметрије	-0,1682
Коефицијент спљоштености	12,6147
<i>Jarque – Bera</i> тест	10.314,0 (0,00000)

Извор: обрачун аутора

Узевши у обзир све специфичности облика дистрибуције, може се закључити да заједничка дистрибуција не одговара нормалној. Анализом хистограма (графикон 3.13)

⁸ Логаритамски приноси су изражени у процентима.

може се закључити да је заједничка расподела приноса на портфолио издуженог облика, односно лептокуртична. QQ – графикон емпиријског приноса у посматраном периоду показује да расподела значајно одступа од нормалне и да је карактеришу тешки репови. Формално, хипотеза о нормалном распореду приноса на оптимални портфолио се може одбацити и на основу резултата *Jarque – Bera* теста.



Извор: обрачун аутора

Графикон 3.13 Хистограм приноса на оптимални портфолио (лево) и QQ – графикон емпиријског приноса на оптимални портфолио *versus* очекиваног приноса при нормалној расподели (десно)

Узевши у обзир динамику односа међузависности између посматраних индекса – компоненти портфолија, и варијабилност стандардне девијације приноса на посматране индексе, волатилност приноса на портфолио биће моделирана на два начина, и то: применом EWMA и DCC-GARCH модела.

Претпостављајући да волатилност не одликује већ описано својство груписања и детерминисањем коефицијента λ на нивоу од 0,94, EWMA модел омогућава такву процену стандардне девијације, која ће брзо реаговати на нагле промене вредности приноса. Јачина ове реакције зависи од вредности λ , тако да је у овом раду већа вредност овог коефицијента имала за циљ додељивање веће тежине променама у прошлости, како би се адекватније обухватили екстремни ефекти светске финансијске кризе приликом предвиђања волатилности и оцене VaR модела.

Са друге стране, тестови спроведени над појединачним индексима указују на значајан ниво хетероскедастичности, тако да ће волатилност приноса хипотетичког портфолија бити моделирана и применом DCC-GARCH(1,1) модела. Може се приметити да се матрице коефицијената корелације између посматраних берзанских

индекса разликују у зависности од примењене расподеле (прилог 3). Моделирање заједничке расподеле екстремних ризика извршено је применом Гаусове и Студентове t копуле.

3.4 Анализа резултата истраживања

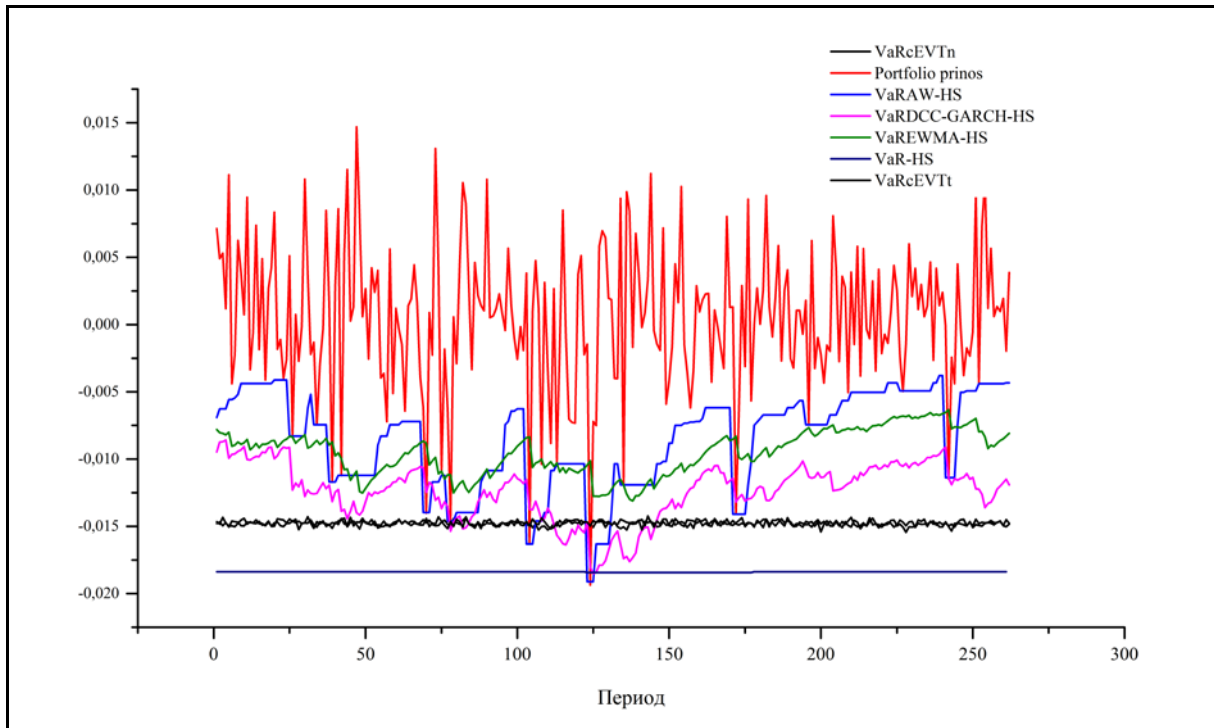
Из групе непараметарских модела у овом раду је примењен основни модел историјске симулације за процену и предвиђање вредности VaR, као и два додатна модела пондерисане историјске симулације, и то: историјска симулација пондерисана временом и историјска симулација пондерисана волатилношћу (графикон 3.14).

Када је реч о основном моделу историјске симулације, у случају разматраног хипотетичког портфолија модел је показао све већ описане недостатке, па се вредности VaR и ES не могу сматрати адекватним, што показују и резултати тестова валидности (табела 3.14). Наиме, тестирање модела уназад је показало да су стварни губици били већи од предвиђене вредност VaR само у једном случају тест периода, који обухвата 262 дана, и то за ниво поверења од 95%. Међутим, високе просечне дневне вредности VaR у опсегу од -1,84 до -6,85%, те вредности ES у опсегу од -3,06 до -7,81% се могу сматрати прецењеним и то услед дугорочног ефекта светске финансијске кризе на кретање вредности приноса посматраних индекса.

Овај недостатак историјске симулације је у конкретном случају отклоњен пондерисањем историјских вредности приноса портфолија. Резултати историјске симулације пондерисане временом (табела 3.15) указују на чињеницу да додељивање већег значаја вредностима из скоријег периода у конкретном случају потцењује вредност ризика, тако да се модел VaR према резултатима условних и безусловних тестова покривености може сматрати оправданим само за ниво поузданости од 95%. У том случају волатилност је оцењена на нивоу од 13,76% (формула 2.2), али уз могућност да чак 13 пута у току посматраног периода буде већа од очекиване.

Приликом пондерисања историјских вредности приноса волатилношћу коришћене су стандардне девијације добијене применом EWMA приступа и DCC-GARC(1,1) модела са нормалном расподелом случајне грешке, тако да су примењене две варијанте овог VaR модела. EWMA VaR модел је у највећем броју случаја прихватљив са аспекта свих спроведених тестова (табела 3.16), а процењена волатилност износи 15,38 за интервал поверења VaR од 95%, 19,91 за интервал поверења VaR од 97,5% и 28,5% за интервал поверења VaR 99%. За разлику од EWMA

VaR модела, који очигледно не обухвата екстремне ризике адекватно с обзиром на то да за ниво поузданости од 95% број пробоја у периоду тестирања износи 10, предложени DCC-GARC(1,1) модел за исти ниво поузданости предвиђа VaR са највећом прецизношћу (табела 3.17). Међутим, резултати статистичких тестова показују да пробоји нису независне и идентично расподељене променљиве, тако да процену нивоа волатилности у износу од 20,07% треба узети са резервом.



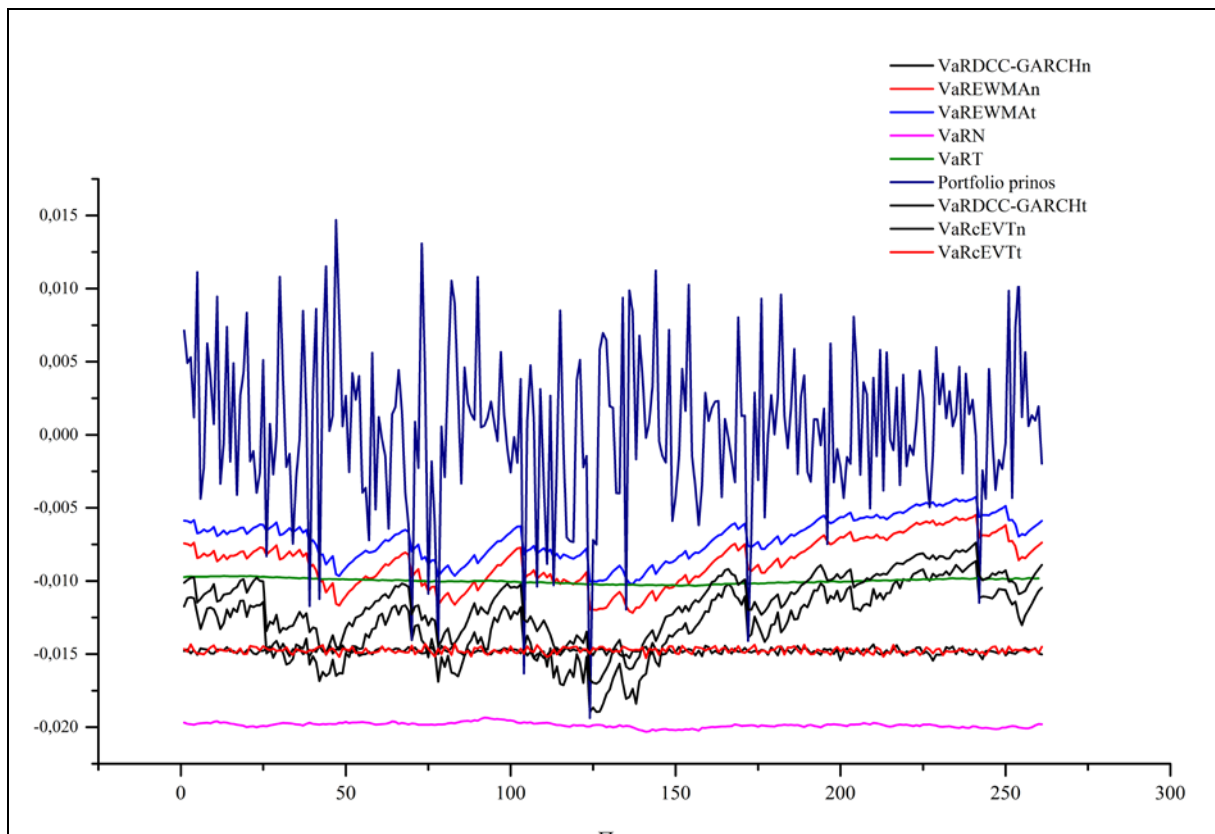
Извор: обрачун аутора

Графикон 3.14 Предвиђена вредност VaR применом различитих модела историјске симулације и вредност VaR за екстремне ризике за ниво поверења од 95%

Међутим, уколико се сагледају просечне вредности очекиваног губитка ES, може се приметити да тестирани модели VaR засновани на историјској симулацији не омогућавају предвиђање екстремних ризика на адекватан начин. Појава губитка веће вредности од вредности VaR добијених применом историјске симулације може проузроковати губитке просечне вредности 3,06%. Иако ови губици нису међусобно корелисани, може се приметити значајно одступање ES и VaR за ниво поузданости од 95%, које у случају овог модела износи чак 66,63%. У осталим случајевима одступање ES и VaR за идентични ниво поверења је израженије, тако да резултати историјске симулације пондерисане временом показују да је релативно одступање вредности ове две мере ризика 112,94%, а код историјске симулације пондерисане волатилношћу применом EWMA приступа 103,16%. Историјска симулација пондерисана

волатилношћу применом DCC-GARC(1,1) модела у овом узорку хибридних модела историјске симулације резултује најмањим одступањем од 86,29%, што је још увек недовољно да би се могло тврдити да је избор мере за вредновање ризика у сврху управљања екстремним ризицима ирелевантан.

С обзиром на то да се ширењем интервала поверења за који се VaR предвиђа однос између VaR и ES приближава 1 (Christoffersen, 2012, стр. 34), у конкретном случају, претпоставка о могућности ових мера да адекватно обухвате екстремне ризике проверена је на предвиђањима VaR и ES за ниво поверења од 99,99%. Само у случају обрачуна ових мера ризика применом класичне историјске симулације релативни однос добијених вредности износи 14,01%. У свим осталим случајевима, однос између вредности VaR и ES налази се у распону од 35,06% за историјску симулацију пондерисану волатилношћу применом DCC-GARC(1,1) модела до 77,24% код историјске симулације пондерисане временом. Стога можемо закључити да се избор мере ризика може сматрати битним предусловом за управљање екстремним ризицима, уколико се за предвиђање користи историјска симулација.



Извор: обрачун аутора

Графикон 3.15 Предвиђена вредност VaR применом различитих параметарских модела и вредност VaR за екстремне ризике за ниво поверења од 95%

Табела 3.14 Резултати теста валидности модела историјске симулације за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	<i>LR_{POF}</i>	<i>LR_{ind}</i>	<i>VaR_{AVG}</i>	<i>ES_{p-вредност}</i>	<i>ES_{AVG}</i>
		CV= 3,841459, <i>p</i> = 0,05	CV = 5,991465, <i>p</i> = 0,05		H ₀ = Пробоји <i>VaR</i> су <i>iid</i> са $\mu = 0$	
95,00	0,38	19,53877 (0,00001)	19,4516 (0,00000)	-1,84%	-	-3,06%
97,50	0,00	-	-	-2,50%	-	-3,95%
99,00	0,00	-	-	-3,86%	-	-5,25%
99,50	0,00	-	-	-4,83%	-	-6,17%
99,75	0,00	-	-	-5,88%	-	-7,00%
99,90	0,00	-	-	-6,85%	-	-7,81%

Извор: обрачун аутора

Табела 3.15 Резултати теста валидности модела историјске симулације пондерисане временом за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	<i>LR_{POF}</i>	<i>LR_{ind}</i>	<i>VaR_{AVG}</i>	<i>ES_{p-вредност}</i>	<i>ES_{AVG}</i>
		CV= 3,841459, <i>p</i> = 0,05	CV = 5,991465, <i>p</i> = 0,05		H ₀ = Пробоји <i>VaR</i> су <i>iid</i> са $\mu = 0$	
95,00	4,98	0,00020 (0,98866)	1,3691 (0,5043)	-0,85%	<i>p</i> = 0,9999	-1,81%
97,50	3,45	0,86265 (0,35300)	1,5279 (0,4658)	-1,08%	<i>p</i> = 0,9999	-2,10%
99,00	3,06	7,25469 (0,00707)	7,8050 (0,0069)	-1,25%	<i>p</i> = 0,9999	-2,31%
99,50	2,68	12,25171 (0,00046)	12,6836 (0,0018)	-1,32%	<i>p</i> = 0,9999	-2,40%
99,75	2,30	16,04004 (0,00000)	16,3651 (0,0000)	-1,38%	<i>p</i> = 0,9999	-2,47%
99,90	2,30	26,26919 (0,00000)	26,5973 (0,0000)	-1,45%	<i>p</i> = 0,9999	-2,57%

Извор: обрачун аутора

Табела 3.16 Резултати теста валидности модела историјске симулације пондерисане EWMA волатилношћу за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-вредност}$	ES_{AVG}
		CV= 3,841459, $p = 0,05$	CV = 5,991465, $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	3,83	0,83791 (0,35999)	1,6103 (0,44700)	-0,95%	$p = 0,9999$	-1,93%
97,50	2,30	0,048716 (0,82531)	0,32690 (0,84920)	-1,23%	$p = 0,9999$	-2,30%
99,00	1,53	0,63231 (0,42651)	0,76760 (0,68130)	-1,56%	$p = 0,9999$	-2,76%
99,50	0,38	0,08031 (0,77687)	0,08560 (0,95810)	-1,76%	-	-2,96%
99,75	0,00	-	-	-2,10%	-	-3,40%
99,90	0,00	-	-	-3,50%	-	-4,91%

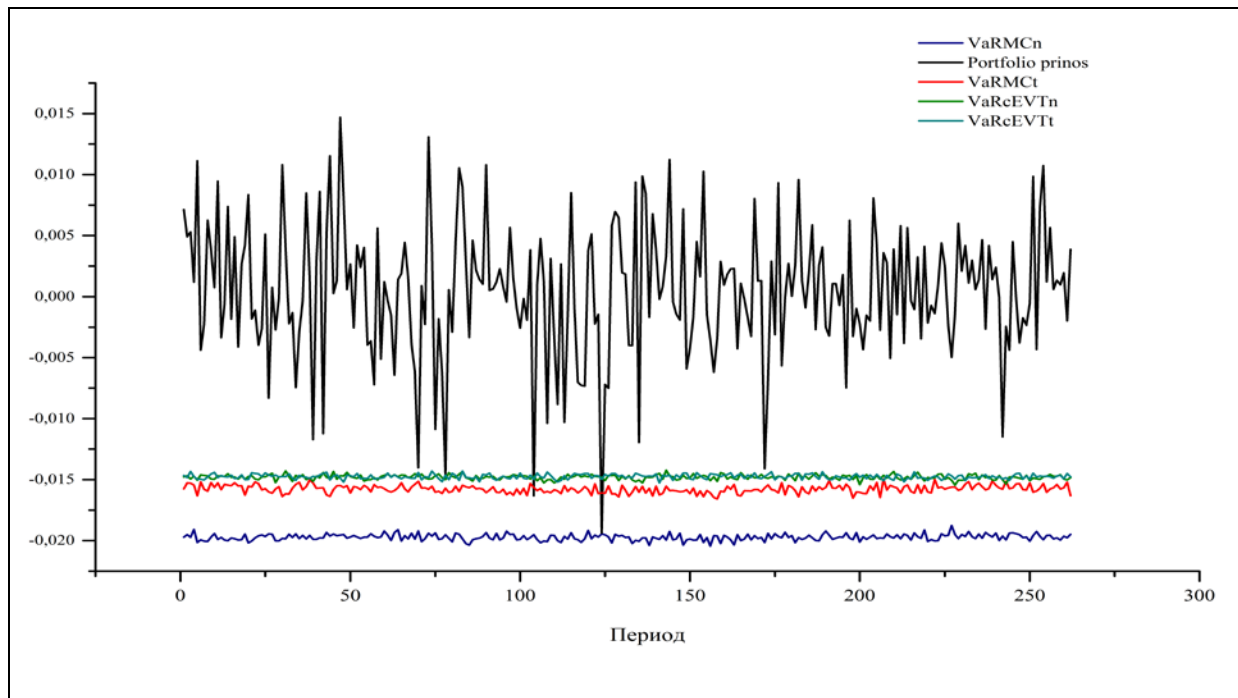
Извор: обрачун аутора

Табела 3.17 Резултати теста валидности модела историјске симулације пондерисане волатилношћу моделираном применом DCC-GARCH(1,1) модела са нормалном расподелом случајне грешке за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-вредност}$	ES_{AVG}
		CV= 3,841459, $p = 0,05$	CV = 5,991465, $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	1,91	6,82904 (0,00897)	6,96041 (0,03080)	-1,24%	$p = 0,9999$	-2,31%
97,50	0,00	-	-	-1,70%	-	-2,88%
99,00	0,00	-	-	-2,29%	-	-3,63%
99,50	0,00	-	-	-2,68%	-	-4,09%
99,75	0,00	-	-	-3,09%	-	-4,50%
99,90	0,00	-	-	-3,85%	-	-5,20%

Извор: обрачун аутора

У покушају да се економетријским моделима опишу својства емпиријске расподеле приноса портфолија, а посебно волатилност, имплементирани су различити модели условне волатилности (фрафикон 3.15). Примена параметарских модела VaR и ES заснованих на нормалној и Студентовој t расподели у значајној мери прецењују ризик. Параметарски VaR са нормалном расподелом предвиђа волатилност портфолија у распону од 31,99% до 59,78% у зависности од интервала поверења (табела 3.18), што је у односу на друге параметарске моделе за 51,15 до 178,87% више. Просечна вредност VaR предвиђена на овај начин је већа и од вредности VaR чији су параметри оцењени применом теорије екстремних вредности за 33,78% за интервал поверења од 95%. Модел VaR чији су параметри оцењени према Студентовој t расподели (табела 3.19), у поређењу са претходним моделом, даје реалнију процену екстремних ризика, што показују и тестови валидности модела у периоду тестирања. Ипак, примена овог модела у процени ризика носи и одређени ризик грешке, с обзиром на то да се за VaR обрачунат за интервал поверења од 95% може очекивати да стварни губици буду већи 12 дана посматраног периода тестирања. За више интервале поверења одступања стварних од процењених губитака се потпуно елиминишу уз повећање вредности VaR за чак 42,09% у односу на VaR екстремних ризика.



Извор: обрачун аутора

Графикон 3.16 Предвиђена вредност VaR применом различитих Монте Карло модела и вредност VaR за екстремне ризике за ниво поверења од 95%

Табела 3.18 Резултати теста валидности параметарског модела са нормалном расподелом приноса за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		CV= 3,841459, $p = 0,05$	CV = 5,991465, $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	0,00	-	-	-1,98%	-	-3,23%
97,50	0,00	-	-	-2,32%	-	-3,66%
99,00	0,00	-	-	-3,75%	-	-5,11%
99,50	0,00	-	-	-3,04%	-	-4,55%
99,75	0,00	-	-	-3,37%	-	-4,70%
99,90	0,00	-	-	-3,70%	-	-5,02%

Извор: обрачун аутора

Табела 3.19 Резултати теста валидности параметарског модела са Студентовом t расподелом приноса за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		CV= 3,841459, $p = 0,05$	CV = 5,991465, $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	4,62	0,08302 (0,77325)	1,2416 (0,5375)	-1,00%	$p=0,9999$	-2,01%
97,50	1,92	0,38522 (0,53482)	0,5704 (0,7519)	-1,34%	$p=0,9999$	-2,43%
99,00	0,38	1,29890 (0,25441)	1,2943 (0,5235)	-1,88%	-	-3,11%
99,50	0,00	-	-	-2,38%	-	-3,73%
99,75	0,00	-	-	-2,97%	-	-4,51%
99,90	0,00	-	-	-3,95%	-	-5,41%

Извор: обрачун аутора

Иако се на основу прелиминарних анализа могло очекивати да EWMA модел волатилности обухвати варијабилност варијансе посматраних финансијских временских серија на одговарајући начин, имплементација овог модела у процени ризика није дала задовољавајуће резултате. Предвиђена вредност VaR је у поређењу са VaR екстремних вредности мања у просеку за око 70% у случају да важи претпоставка о нормалној расподели приноса (табела 3.20), односно до 50% у случају да важи претпоставка о расподели приноса према Студентовој t расподели (табела 3.21). Међутим, овако процењени максимални губици су при интервалу поверења од 95% били премашени стварним вредностима губитка у 5,34% случајева, односно 14 дана у оквиру периода тестирања. За исти интервал поверења у случају да важи претпоставка да емпиријска расподела следи Студентову t расподелу, остварени су већи губици од предвиђених током 17 дана периода тестирања модела. Резултати тестова валидности показују да су ова прекорачења независна, па можемо закључити да побољшање прецизности овог модела треба бити усмерено на адекватнију процену корелисаности берзанских индекса у портфолију.

Промене у корелацији приноса на посматране берзанске индексе условљене динамиком тржишта капитала, посебно у периодима кризе, много су адекватније обухваћене примењеним DCC-GARCH(1,1) моделом. Резултати добијени применом DCC-GARCH(1,1) модела уз претпоставку о нормалној расподели случајне грешке показују да је процењени ризик у просеку мањи, у поређењу са VaR екстремних вредности, за око 10% за све интервале поверења (табела 3.22). При том су стварни губици били већи од процењених у 1,53% одступања, односно 4 дана, па се може закључити да овај модел даје релативно прихватљиве резултате. Процењена волатилност приноса портфолија према овом моделу се креће у распону од 21,16% до 40,55%. Могућа побољшања модела би требало да обухвате уочено својство асиметричности варијансе, јер тестови валидности указују на чињеницу да модел не обухвата на адекватан начин груписање варијансе, односно својство хетероскедастичности. Увођење претпоставке да расподела случајне грешке DCC-GARCH(1,1) модела следи Студентову t расподелу, у обрачуну VaR за више интервала поверења је повећала вредност максимално очекиваних губитака у просеку и до 60% у поређењу са VaR екстремних вредности (табела 3.23). Уз предвиђену волатилност приноса у распону од 18,24% до 72,54% ни овај модел није обухватио асиметрију хетероскедастичности на очекивани начин.

Табела 3.20 Резултати теста валидности параметарског модела са нормалном расподелом приноса и EWMA моделом волатилности за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења%	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		CV= 3,841459, $p = 0,05$	CV = 5,991465, $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	5,34	0,06372 (0,80071)	1,6591 (0,4363)	-0,87%	$p=0,9999$	-1,83%
97,50	2,67	0,03102 (0,86019)	0,4205 (0,8104)	-1,04%	$p=0,9999$	-2,06%
99,00	1,91	1,72454 (0,18911)	1,9384 (0,3794)	-1,24%	$p=0,9999$	-2,30%
99,50	1,14	1,60249 (0,20555)	1,6853 (0,4306)	-1,37%	$p=0,9999$	-2,47%
99,75	0,00	-	-	-1,49%	-	-2,62%
99,90	0,00	-	-	-1,64%	-	-2,81%

Извор: обрачун аутора

Табела 3.21 Резултати теста валидности параметарског модела са Студентовом t расподелом приноса и EWMA моделом волатилности за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		CV= 3,841459, $p = 0,05$	CV = 5,991465, $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	6,51	1,15372 (0,28277)	3,5667 (0,1618)	-0,71%	$p=0,9999$	-1,62%
97,50	3,45	0,86266 (0,35299)	1,5279 (0,4680)	-0,96%	$p=0,9999$	-1,95%
99,00	1,92	1,74305 (0,18675)	1,9578 (0,37570)	-1,36%	$p=0,9999$	-2,46%
99,50	1,15	1,615543(0,20371)	1,6987 (0,42770)	-1,72%	$p=0,9999$	-2,90%
99,75	0,00	-	-	-2,15%	-	-3,46%
99,90	0,00	-	-	-2,86%	-	-4,25%

Извор: обрачун аутора

Табела 3.22 Резултати теста валидности параметарског модела са DCC-GARCH(1,1) моделом волатилности са нормалном расподелом случајне грешке за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		CV= 3,841459, $p = 0,05$	CV = 5,991465, $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	1,53	9,03818 (0,00264)	9,0909 (0,0106)	-1,31%	$p = 0,9999$	-2,40%
97,50	0,00	-	-	-1,57%	-	-2,72%
99,00	0,00	-	-	-1,87%	-	-3,10%
99,50	0,00	-	-	-2,08%	-	-3,37%
99,75	0,00	-	-	-2,27%	-	-3,61%
99,90	0,00	-	-	-2,51%	-	-3,88%

Извор: обрачун аутора

Табела 3.23 Резултати теста валидности параметарског модела са DCC-GARCH(1,1) моделом волатилности са Студентовом t расподелом случајне грешке за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		CV= 3,841459, $p = 0,05$	CV = 5,991465, $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	2,29	5,03039 (0,02491)	5,2566 (0,0722)	-1,14%	$p = 1,000$ H_0 се не може одбацити	-2,19%
97,50	0,00	-	-	-1,54%	-	-2,68%
99,00	0,00	-	-	-2,15%	-	-3,46%
99,50	0,00	-	-	-2,71%	-	-4,11%
99,75	0,00	-	-	-3,38%	-	-4,82%
99,90	0,00	-	-	-4,49%	-	-5,85%

Извор: обрачун аутора

Када је реч о избору мере ризика за квантификацију екстремних ризика из групе параметарских метода најмањи релативни однос између VaR и ES мере уочен је код модела који волатилност обухвата DCC-GARCH(1,1) моделом уз претпоставку да расподела случајне грешке следи Студентову t расподелу и износи 30,29%. Незнатно веће одступање је уочено у случају параметарских модела заснованих на нормалној расподели приноса (35,68%) и Студентовој t расподели приноса (36,96%), док се у случају примене EWMA модела волатилности одступања у процени ризика између VaR и ES крећу у распону од 48,60 до 71,34% за највише интервале поверења.

Модел Монте Карло симулације примењен је како на безусловне тако и на условне моделе волатилности (графикон 3.16). Резултати добијени симулирањем губитака под претпоставком да емпиријска расподела вероватноће следи нормалну (табела 3.24), само су потврдили резултате добијене применом параметарског VaR са истом претпоставком о расподели. Резултати су врло слични уз минималне осцилације од 0,5 до 1,5% у просеку, осим за интервал поверења од 99% када је примена Монте Карло симулације смањила процењену вредност ризика за 25,60%. Према тестовима валидности може се закључити да стварни губици у периоду тестирања нису били већи ни у једном случају од предвиђених вредности, али су вредности губитака добијених применом VaR Монте Карло симулацијом од VaR екстремних вредности веће у просеку за око 33% за све интервале поверења.

Ризик предвиђен применом Монте Карло симулације под претпоставком да емпиријска расподела апроксимира Студентовој t расподели је прецењен (табела 3.25). Овако добијен VaR је у односу на параметарски VaR са Студентовом t расподелом већи у просеку за више од 50%, док је вредност ES већа за 35-40% у односу на исти параметарски модел. Предвиђене вредности максималних губитака су веће и у односу на губитке добијене применом VaR екстремних вредности од 6,76 до 107,90%, те се може сматрати да овај модел није оправдан за вредновање екстремних ризика.

Коначно, уочене предности различитих економетријских модела за моделирање волатилности и мера међузависности примењене су у обрачунавању VaR и ES екстремних вредности. На основу добијених резултата може се закључити да ће у случају екстремних промена на анализираним тржиштима волатилност приноса портфолија бити у интервалу од 23,91 до 44,72% (табела 3.26), односно 23,75 до 33,76% (табела 3.27). Прекорачења стварних губитака од предвиђених постоје, а на основу тестова валидности нулта хипотеза се може одбацити за ниво поверења од 95%.

Табела 3.24 Резултати теста валидности Монте Карло модела са нормалном расподелом приноса за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		CV= 3,841459, $p = 0,05$	CV = 5,991465, $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	0,00	-	-	-1,97%	-	-3,22%
97,50	0,00	-	-	-2,35%	-	-3,70%
99,00	0,00	-	-	-2,79%	-	-4,22%
99,50	0,00	-	-	-3,09%	-	-4,56%
99,75	0,00	-	-	-3,35%	-	-4,68%
99,90	0,00	-	-	-3,68%	-	-5,00%

Извор: обрачун аутора

Табела 3.25 Резултати теста валидности Монте Карло модела са Студентовом t расподелом приноса за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		CV= 3,841459, $p = 0,05$	CV = 5,991465, $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	0,76	15,16999 (0,000098)	15,1136(0,000522)	-1,58%	$p = 0,9999$	-2,72%
97,50	0,00	-	-	-2,10%	-	-3,36%
99,00	0,00	-	-	-2,93%	-	-4,43%
99,50	0,00	-	-	-3,69%	-	-5,03%
99,75	0,00	-	-	-4,59%	-	-6,02%
99,90	0,00	-	-	-6,05%	-	-7,08%

Извор: обрачун аутора

Табела 3.26 Резултати теста валидности модела за вредновање екстремних ризика применом DCC-GARCH(1,1) модела волатилности и копуле са нормалном расподелом

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		CV= 3,841459, $p = 0,05$	CV = 5,991465, $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	1,15	9,0042 (0,0027)	-	-1,48%	-	-2,72%
97,50	0,76	0,5610 (0,4539)	-	-1,76%	-	-3,36%
99,00	0,00	-	-	-2,09%	-	-4,43%
99,50	0,00	-	-	-2,31%	-	-5,03%
99,75	0,00	-	-	-2,51%	-	-6,02%
99,90	0,00	-	-	-2,77%	-	-7,08%

Извор: обрачун аутора

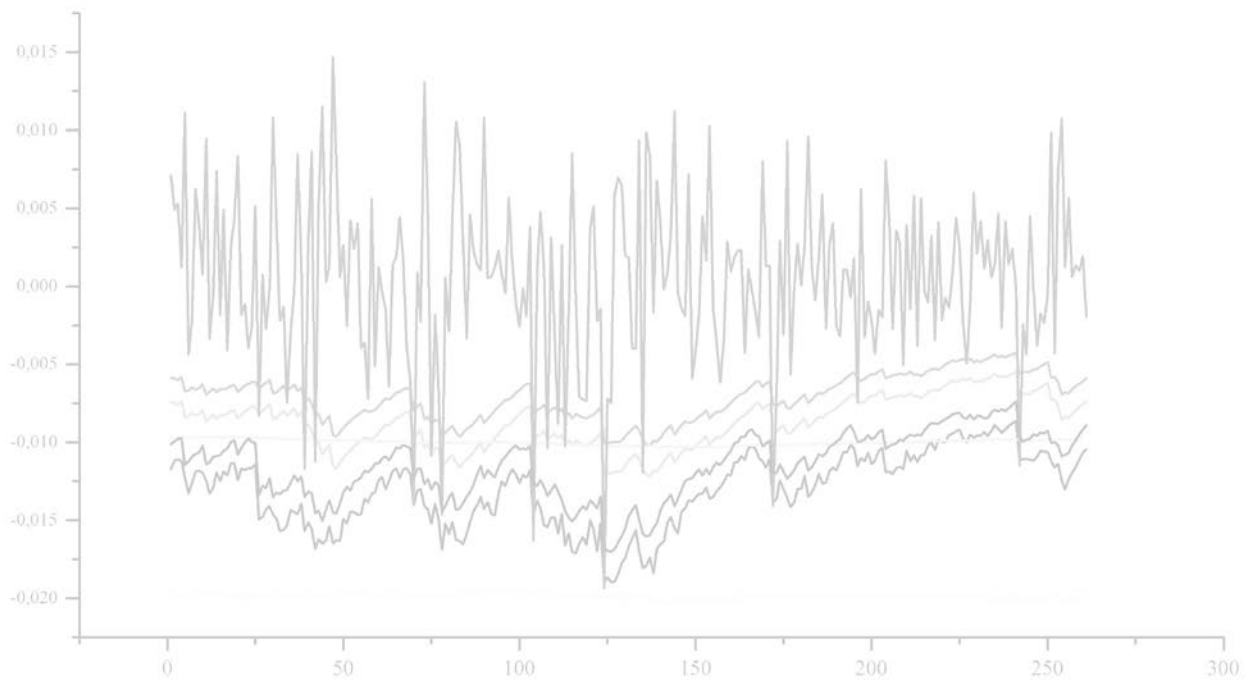
Табела 3.27 Резултати теста валидности модела за вредновање екстремних ризика применом DCC-GARCH(1,1) модела волатилности и копуле са Студентовом t расподелом

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		CV= 3,841459, $p = 0,05$	CV = 5,991465, $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	1,15	9,0361 (0,0026)	-	-1,47%	-	-2,72%
97,50	0,76	0,5374 (0,4635)	-	-1,78%	-	-3,36%
99,00	0,00	-	-	-2,14%	-	-4,43%
99,50	0,00	-	-	-2,39%	-	-5,03%
99,75	0,00	-	-	-2,62%	-	-6,02%
99,90	0,00	-	-	-2,90%	-	-7,08%

Извор: обрачун аутора

ПОГЛАВЉЕ IV

Вредновање екстремних ризика у осигурању



4.1 Анализа тржишта осигурања у Републици Србији

Процес транзиције и реструктурирања привреде Републике Србије намеће потребу да се домаће законодавство хармонизује са законодавством ЕУ. У условима реформи законске регулативе, НБС значајно проширује своје надлежности у области надзора, тако да је Законом о осигурању из 2004. године („Службени гласник РС“, бр. 55/2004) функција надзора над обављањем делатности осигурања поверена управо НБС. Увођење савременог модела надзора ради заштите интереса осигураника и корисника осигурања, са стратешким циљем промовисања сигурног и стабилног сектора осигурања, требало је да допринесе стварању услова за враћање поверења јавности у овај сектор и већи степен заштите интереса оштећених лица. Активности НБС на стабилизацији сектора осигурања огледале су се у вршењу посредног и непосредног надзора друштава за осигурање ради: (1) предузимања адекватних мера, укључујући и одузимање дозволе за рад друштвима која нису пословала у складу са основним принципима пословања у осигурању, (2) стабилизације и побољшања квалитета продајне мреже, и (3) усаглашавања аката друштава за осигурање са Законом, анализе ревизорских и актуарских извештаја и слично (НБС, 2005). Наведене и друге предузете мере вратиле су поверење јавности у сектор осигурања услед чега су већ у току 2005. године премије по становнику биле повећане за око 35%, а учешће наплаћених премија у БДП за 0,4%. Међутим, упркос активностима НБС на спровођењу стабилизације функционисања осигурања и потенцијалима самог тржишта, према извештајима ММФ (IMF, 2010) тржиште осигурања Републике Србије остаје мало и неразвијено у односу на највећи број тржишта у Југоисточној и Централној Европи. У случају домаћег тржишта осигурања неоспоран је утицај макроекономског окружења на његов раст, али значајан утицај има и низ неадекватно регулисаних питања у оквиру самог Закона о осигурању (Anđelić, Ćosić & Đaković, 2010, Žarković, Lisov & Mrkšić, 2012).

Нови Закон о осигурању („Службени гласник РС“, бр. 139/2014), који детаљније уређује врсте осигурања, треба да подстакне либерализацију послова осигурања и реосигурања, као и инвестирање осигуравајућих компанија у складу са врстом осигурања, уз одржавање адекватног нивоа капитала у складу са регулаторним оквиром Солвентност II. Са друге стране, укључивање Републике Србије у Пројекат регионалног осигурања од природних катастрофа за Југоисточну Европу и Кавказ има за циљ развој тржишта осигурања од природних катастрофа.

4.1.1 Тренд развоја светског тржишта осигурања у условима глобалних промена

Улога тржишта осигурања и реосигурања у подстицању економског развоја препозната је и званично истакнута половином прошлог века (UNCTAD, 1964), али истраживања о осигурању као фактору развоја нису бројна (Outreville, 2013). Разлози за такав однос према осигурању могу бити различити. Наиме, утицај осигурања је променљив и зависи од степена развијености привреде, па се осигурање често посматра и као луксуз у привредама које карактерише низак ниво зараде. Са друге стране, нестабилност функционисања тржишта осигурања и појединачних компанија углавном нема макроекономске и међународне последице, па стога не изазива посебну пажњу академске и стручне јавности (Albouy & Blagoutine, 2001). Ипак, неоспоран је позитиван ефекат и глобални допринос осигурања економском расту и развоју, који се огледа у следећем (Skipper, 1997): (1) осигурање доприноси финансијској стабилности, (2) развој здравственог, животног и пензионог осигурања доприноси смањењу социјалних давања на терет државе, (3) осигурање подржава међународну трговину, (4) мобилизује слободна новчана средства на дуги рок, (5) повећава ефикасност алокације капитала и (6) омогућава ефикасније управљање ризицима, а самим тим и смањење или избегавање губитака. Екстензивна истраживања углавном указују на значајну узрочну везу између активности тржишта осигурања, и то како животних тако и неживотних, и економског раста, али се већи ефекти остварују у већ развијеним привредама (Arena, 2006). Тако, на пример, утицај премија осигурања на БДП је потврђен у случају Канаде, Италије и Јапана (Ward & Zurbruegg, 2000), с тим што резултати могу варирати у зависности од разматраних варијабли и примењених метода за оцену каузалности (Kugler & Ofoghi, 2005). Функција посредништва коју осигурање има у финансијском систему значајно доприноси развоју услуга банкарства, као и тржишта капитала, тако да је потребно сагледати и утицај осигурања на развој финансијског система у циљу свеобухватне оцене (Haiss & Sümegi, 2008).

Упркос свим набројаним ефектима који је требало да допринесу убрзаној либерализацији тржишта осигурања и повећаним страним директним инвестицијама у овај сектор, владе привреда у развоју су често биле на становишту да сектори од значаја за развој привреде треба да у потпуности или делимично буду под заштитом или контролом државе (Cooke, 2007). Разлози оваквог протекционизма могу бити различити: стратешки, развојни и социјални. Чињеница да осигурање има значајну улогу у заштити имовине и људи може узроковати тежњу држава да развију домаћу

индустрију осигурања са јаким локалним регулаторним оквиром, што би, такође, обезбедило да средства прикупљена на овај начин буду алоцирана у складу са развојним приоритетима владе. Ови аргументи су у многим државама оправдавали низ рестриктивних мера, које су ограничавале процес либерализације осигурања, као што су: ограничавање уласка страних осигуравајућих компанија на домаће тржиште, дискриминаторни ниво пореског оптерећења за стране компаније, прописивање облика улагања средстава страних компанија и бројне друге.

Међутим, током претходне деценије, развој светске привреде и друштва у целини достигао је највеће забележене размере у историји, што је утицало и на тренд развоја делатности осигурања. Неким од најзначајнијих промена у осигурању могу се сматрати процес интеграције подстакнут глобализацијом, консолидацијом осигуравајућих компанија и конвергенцијом осигурања и других финансијских услуга, затим повећана учесталост настанка и интензитет дејства катастрофалних ризика, као и појава нових ризика узрокованих дејством човека (Njegomir & Marović, 2012).

Глобализација пословања осигуравајућих и реосигуравајућих компанија допринела је повећању ефикасности пословања, и ако још увек постоје значајне разлике између развијених привреда и привреда у развоју (Eling & Luhnen, 2009). Са аспекта привреда у развоју, интернационализација осигурања омогућила је развој нових врста осигурања, примену експертизе и најбољих светских пракси и прилив капитала у овај сектор финансијског система. Међутим, промене регулативе, начина пословања и економски фактори као што су економски раст, ниво каматних стопа, расположивост слободних новчаних средстава, условили су консолидацију осигуравајућих компанија (Rezaee, 2001, стр. 82-85). Спајања и преузимања осигуравајућих компанија повећала су њихов утицај на постојећим тржиштима, па је стога било неопходно дефинисати регулаторне оквире, који би заштитили интересе осигураника и друштвене заједнице, обезбеђујући адекватан надзор над делатношћу осигурања у циљу одржања адекватности капитала осигуравајућих компанија и тржишне дисциплине. Конвергенција различитих финансијских услуга је у таквом окружењу врло брзо са нивоа консултантских и саветодавних услуга, као традиционалног облика консолидације, преко нивоа међусекторске интеграције у погледу понуде услуга, као што је банкоосигурање, достигла ниво креирања заједничких производа. Креирање финансијских инструмената на бази услуга осигурања има значајну улогу у трансферу ризика, посебно катастрофалних, на финансијско тржиште и обезбеђење континуираног пословања осигуравајућих компанија. Међутим, секјуритизација ризика

пословања конгломерата у области финансија применом недовољно регулисаних инструмената сматра се једним од основних фактора настанка светске финансијске кризе 2007/2008. године, која се пренела и на тржиште осигурања и успорила његов развој (Nyholm, 2012). У периоду пре кризе, забележене су веће стопе раста премија осигурања од стопа раста БДП у многим земљама света, а посебно привредама у развоју (табела 4.1). Тако је, на пример, током 2005. године посматрано у односу на претходну, у Бугарској, Румунији и Мађарској остварена већа стопа раста премија осигурања у поређењу са највећим бројем развијених држава. У просеку, на неразвијеним тржиштима остварена је скоро 4 пута већа стопа раста премија него на развијеним, али овај тренд се није одржао након кризе. Осим Мађарске, тржишта у региону нису значајније реаговала на прве ударце кризе, али је глобална економска рецесија, која је уследила након тога, утицала и на привреде у развоју, тако да се закаснили ефекти могу приметити у 2011. години. Тржишта осигурања у региону током ове године су остварила драстичан пад премија осигурања у односу на 2010. годину, али на глобалном нивоу на неразвијеним тржиштима остварена је 7,6 пута већа стопа раста у односу на развијена.

Табела 4.1 Реална промена БДП и укупне премије осигурања у посматраној години у односу на претходну изражена у процентима у државама света у периоду пре, за време и након светске финансијске кризе

<i>Држава</i>	<i>2005.</i>		<i>2008.</i>		<i>2011.</i>	
	<i>Δ БДП</i>	<i>Δ премија осигурања</i>	<i>Δ БДП</i>	<i>Δ премија осигурања</i>	<i>Δ БДП</i>	<i>Δ премија осигурања</i>
САД	3,5	-0,3	1,1	-3,44	1,7	0,50
Канада	2,9	2,5	0,5	1,29	2,5	-0,49
Немачка	0,9	1,4	1,3	-1,26	3,4	-2,84
УК	1,8	1,3	0,7	12,99	0,8	-1,77
Француска	1,4	9,3	1,3	-9,33	1,7	-10,05
Италија	0,2	6,5	-0,9	-10,93	0,4	14,68
Шпанија	3,4	4,2	1,2	4,04	0,7	1,04
Јапан	2,7	0,7	-0,7	6,75	-0,7	5,76
Кина	9,9	12,1	9,1	31,35	9,3	-6,37
Србија	4,0	6,9	6,1	4,33	1,6	-7,82
Бугарска	5,5	22,0	6,0	6,34	1,5	-5,80
Хрватска	4,3	8,6	2,5	0,57	0,5	-3,51
Румунија	4,1	17,1	7,1	14,59	2,0	-10,14
Словенија	3,9	3,8	4,7	0,56	1,6	-
Мађарска	4,1	10,7	0,5	-9,69	1,8	-7,45
<i>Развијена тржишта</i>		2,0		2,7		1,3
<i>Неразвијена тржишта</i>		7,9		12,6		9,9

Извор: Swiss Re: *Sigma*, No. 5/2006, 3/2009, 3/2012

За разлику од развијених привреда, уопштено посматрано, привреде држава у развоју су у претходне две деценије бележиле значајне стопе раста, али и показале извесну отпорност на шокове. Створивши подстицајни економски амбијент и унапређујући регулативу осигурања одржале су континуиран раст премија осигурања чак и у периоду кризе. Према извештајима „*Swiss Re*“ у периоду од 2006. до 2014. године тржишта у развоју су остварила раст укупне премије у опсегу од 1,30 (2011.) до 16,30% (2006.), док су у истом периоду развијена тржишта бележила пад укупне премије, посебно током 2008. (-3,40%) и 2009. (-1,80%) године, док је у осталим годинама раст био скроман – од 0,30 до 4,00%. У истом периоду, осигурање у Републици Србији је у просеку забележило раст укупне премије од 0,04%, с тим што су године у којима је премија расла супротно очекивањима биле 2007. (8,18%) и 2008. (4,33%), док је у осталим годинама забележен пад између 0,99 и 7,82%. У 2014. години остварен је раст премије од 6,25%, што је највећи забележени раст у посматраном узорку. Просечан пад нивоа премије може се приметити на тржиштима осигурања Хрватске и Мађарске (-0,92% и -1,44% редом), а раст на тржиштима Бугарске и Румуније (1,81% и 1,39% редом), док је тржиште ЕУ остварило просечан раст од 0,66%. Упркос ниском нивоу зараде по становнику, осигурање је препознато као механизам за развој финансијског тржишта и смањење сиромаштва, па тржишта у развоју постају значајна алтернатива за пласман услуга страних осигуравајућих друштава. Међутим, ниска платежна моћ осигураника не представља подстицај за понуду традиционалних услуга осигуравајућих компанија, тако да су она своју понуду прилагодила потребама тржишта. Специфичан концепт микроосигурања (енгл. *microinsurance*), који представља осигурање појединаца са ниским примањима није нов. Напротив, неке од највећих осигуравајућих компанија своје пословање су почеле управо оваквом понудом услуга, а данас оно има веома важну улогу у борби за смањење сиромаштва (Churchill, 2007). Међународна организација рада (енгл. *International Labour Organization* – ILO) је посебно заинтересована за обезбеђење здравственог, животног и осигурања од последица несрећног случаја радницима, који су запослени у секторима неформалне економије, па стога нису укључени у комерцијалне и социјалне шеме осигурања. Користећи већ постојеће канале којима се финансијске услуге дистрибуирају овом тржишном сегменту и ослањајући се на економију обима, осигурање може генерисати значајне приносе (Prahalad, 2005), па не изненађује тенденција осигуравајућих друштава да шире своје пословање управо на оваква тржишта.

Србија спада у економије са највећим уделом неформалне економије у региону - 14,5% БДП остварено је у производњом и услугама који нису званично евидентирани, док 20% запослених ради у различитим секторима неформалне економије (Radvanski & Štefanik, 2016). Међутим, због мале платежне способности, тржиште осигурања није развијено у поређењу са осталим државама у региону (табела 4.2). У односу на просек неразвијених тржишта (135,6 САД \$), укупна премија осигурања по глави становника у Србији у 2014. години не одступа значајно (111 САД \$), али је то најмања забележена густина осигурања и у региону. Густину осигурања испод просека неразвијених тржишта у посматраном узорку има још само Румунија (119 САД \$), док све остале државе имају већу вредност овог показатеља од просечне. Најмање учешће осигурања у БДП од свега 1,2% је, такође, забележено у Румунији, док је вредност овог показатеља незнатно већа у Србији (1,9%) и значајно мања у односу на просек неразвијених тржишта (2,71%). У поређењу са развијеним тржиштима у Европи, наплаћена премија осигурања у Србији представља тек 0,22 до 1,1% наплаћених премија у развијеним земљама, али тренд раста домаћег тржишта осигурања даје оправдане разлоге за разматрање фактора развоја овог тржишта у циљу предузимања адекватних мера за стимулисање тражње у будућем периоду.

Табела 4.2 Показатељи степена развијености тржишта осигурања у појединим развијеним и државама у развоју у 2014. години

<i>Држава</i>	<i>Премија у милионима САД \$</i>			<i>Густина осигурања*</i>	<i>Пенетрација осигурања*</i>
	<i>Укупно</i>	<i>Животно</i>	<i>Неживотно</i>		
САД	1.280.443	528.221	752.222	4.017	7,3
Канада	125.373	52.138	73.235	3.532	7,0
Немачка	254.644	118.475	136.170	3.054	6,5
УК	351.266	235.321	115.945	4.823	10,6
Француска	270.520	172.761	97.759	3.902	9,1
Италија	194.735	145.292	49.443	3.078	8,6
Шпанија	71.473	33.012	38.462	1.532	5,1
Јапан	479.762	371.588	108.174	3.778	10,8
Србија	786	169	617	111	1,9
Бугарска	1.180	196	983	164	2,1
Хрватска	1.494	460	1.034	352	2,6
Румунија	2.357	456	1.918	119	1,2
Словенија	2.574	711	1.863	1.246	5,0
Мађарска	3.488	1.953	1.536	353	2,5
<i>Развијена тржишта</i>	<i>3.939.311</i>	<i>2.232.524</i>	<i>1.706.787</i>	<i>3.666,3</i>	<i>8,15</i>
<i>Неразвијена тржишта</i>	<i>838.936</i>	<i>422.025</i>	<i>416.912</i>	<i>135,6</i>	<i>2,71</i>

Напомена: * означава показатељ израчунат на основу укупне премије осигурања (збира премија животног и неживотног осигурања)

Извор: Swiss Re (2015)

Фактори који утичу на развој осигурања укључују економски раст, расподелу богатства, религију и културу, образовање и имовинска права, док су понуда услуга осигурања, канали дистрибуције, свест о потреби управљања ризиком, регулисаност и поверење у делатност осигурања могу сматрати специфичним факторима (Masci, Тејерина & Webb, 2007). Емпиријска истраживања су углавном била фокусирана на факторе развоја осигурања живота, који се могу сврстати у 4 основне групе: (1) економски фактори (ниво зараде, (не)једнакост зараде, стопа инфлације и каматне стопе), (2) демографске факторе (број становника, густина насељености, старост становништва и очекивани животни век), (3) социјални/културни фактори (образовање, религија), и (4) институционални фактори (систем социјалног осигурања, ниво развоја финансијског система, удео државних и страних осигуравајућих компанија, тржишна концентрација и регулаторни оквир) (Feijen, Lester & Rocha, 2011). Тржишта осигурања у развоју, пак, имају своје специфичности, по којима се разликују од развијених, а и међусобно, тако да истраживања показују да ниво зараде, образовање и расподела богатства позитивно утичу на тражњу за осигурањем на европским и азијским тржиштима, док је степен урбанизације значајан фактор траже за осигурањем на азијским тржиштима (Dragos, 2014). Оваква одступања могу се објаснити чињеницом да је ниво урбанизације релативно стабилан у европским државама већ дужи низ година, што није случај и са свим азијским државама. Удео становништва у градовима у Кини, који чине и највећи број штедиша, значајно утиче на тражњу за животним осигурањем, док се фактор урбанизације може сматрати подједнако важним за тражњу неживотних осигурања како у Европи тако и у Азији.

Према доступним истраживањима домаћег тржишта осигурања, на развијеност осигурања живота значајно утиче остварена нето зарада (Munitlak Ivanović et al., 2013). Анализе тржишта осигурања живота у БЈР Македонији показују да су укупне премије осигурања корелисане са нивоом БДП, као и бројем запослених и нивоом зараде (Andreški, Milošević & Njegomir, 2012), док су статистички значајни фактори који одређују тражњу за истом врстом осигурања у Хрватској старост, запосленост и ниво образовања (Ćurak, Džaja & Perić, 2013). Развијеност осигурања пољопривреде на подручју АП Војводина одређују како економски фактори - БДП по глави становника, тако и неекономски фактори – формално образовање, односно ефикасност интелектуалног капитала (Adžić & Stojić, 2013). Специфичности тржишта осигурања Републике Србије биће представљене у наставку овог рада.

4.1.2 Специфичности тржишта осигурања Републике Србије

Историјски посматрано, појава осигурања код нас и у региону пратила је појаву и развој осигурања у свету. Прва сачувана полиса осигурања потиче из Ломбардије из 1182. године, док је у периоду од 12. до 15. века сачувано више од 400 полиса. У истом периоду забележени су и почетни облици обавезног осигурања на територији Републике Србије и бивших република СФРЈ у Статутима следећих градова: Винодолски 1288. године, Законик Цара Душана 1349. и 1354. године, и Пољички статут 1440. године (Avdalović & Petrović, 2011). Од тада па све до данас, сектор осигурања у Србији је пролазио кроз различите развојне фазе и облике организовања, у складу са актуелним привредним и институционалним околностима у земљи и региону. Међутим, са аспекта функција осигурања, период увођења мера економске блокаде 1992. године од стране Савета безбедности Уједињених нација био је најтежи период за пословање осигуравајућих компанија, који до тада није забележен у историји постојања осигуравајуће делатности. Зауостављање економских токова са иностранством, као и хиперинфлација су погубно утицали на сектор осигурања. Актива осигуравајућих компанија је обезвређена, а поверење у ову делатност озбиљно урушено. Последице ове кризне ситуације су се осећале читаву деценију касније. На тржишту осигурања СЦГ од 1990. до 2001. године, банкротирало је готово 40 осигуравајућих друштава, што представља половину од укупног броја основаних (Cerović, 2003). Из новије историје осигурања у Републици Србији посебно су важна два периода, која су означила прелазак са на тржишну економију, и то: период до 2004. године и период након 2005. године.

Период након укидања санкција карактерише тенденција стабилизације и укључивања привреде у светске економске токове. Закон о осигурању имовине и лица („Службени лист СРЈ“, бр. 30/96, 57/98, 53/99, 55/99), донет у том периоду, имао је за циљ решавање хаотичног стања на домаћем тржишту осигурања. Међутим, бројни недостаци овог Закона допринели су успостављању олигопола на тржишту, онемогућили су улазак страних осигуравајућих компанија и непрецизно дефинисали казнене одредбе, услед чега је повећана злоупотреба у вези исплате одштетних захтева осигураницима (Ostojić, 2004). Наиме, овај Закон је децидирано забрањивао пословање страних осигуравајућих друштава на територији СРЈ налажући да се имовина и лица могу осигурати само код домаћих организација за осигурање основаних у складу са тим законом. Изузетно, могла се осигурати роба која се извози или увози у СРЈ код

страног осигуравача, уколико ризик сноси страна физичко или правно лице. Такође, страна лица и њихова имовина на територији СРЈ је могла бити осигурана код иностраних осигуравача, ако Законом није прописано обавезно осигурање за ту имовину или лица у СРЈ. На тај начин, овим Законом је забрањено пословање страним осигуравајућим компанијама, док су домаће на тржишту формирале олигопол. Према доступним извештајима НБС, у 2002. и 2003. години у Србији је пословало 26 друштава за осигурање, али су два имала доминантан положај на тржишту - „Дунав Осигурање“ и „ДДОР Нови Сад“ су заједно имали учешће у укупној бруто премији од око 70%, док је учешће свих осталих друштава за осигурање око 30% (табела бр. 4.3).

Табела 4.3 Бруто премија по друштвима за осигурање у Републици Србији у 2002. и 2003. години

Р.бр.	Друштво за осигурање	Бруто премија у хиљадама РСД		% учешће у укупној бруто премији (2002)	% учешће у укупној бруто премији (2003)
		2002.	2003.		
1	Дунав Осигурање	7.648.779	8.102.557	36,04	34,72
2	ДДОР Нови Сад	7.497.996	8.009.087	35,33	34,32
3	<i>Imperial</i>	1.024.899	1.064.444	4,83	4,56
4	<i>Delta</i>	348.741	680.680	1,64	2,92
5	<i>Zepter</i>	145.379	556.083	0,69	2,38
6	Европа	367.773	537.071	1,73	2,30
7	<i>AMS</i>	473.928	463.835	2,23	1,99
8	<i>EKOS</i>	491.145	459.904	2,31	1,97
9	<i>SIM</i>	346.012	434.778	1,63	1,86
10	Таково	550.504	420.502	2,59	1,80
11	Осталих 16 друштава за осигурање	2.326.445	2.606.738	10,96	11,17
Укупно		21.221.601	23.335.679	100,00	100,00

Извор: Извештају НБС (доступно на www.nbs.rs)

Када је реч о структури бруто премије осигурања према врстама осигурања, у посматраном периоду, примарно учешће припадало је осигурању индустрије (33,08% у 2002. години, 32,39% у 2003.) и осигурању од аутомобилске одговорности (32,97% у 2002. години, 31,15% у 2003.) (табела бр. 4.4). Власници, односно корисници моторних возила су, према Закону о осигурању имовине и лица („Службени лист СРЈ“, бр. 30/96, 57/98, 53/99, 55/99), били у обавези да се осигурају од аутомобилске одговорности, док је осигурање имовине представљало „нужно зло“ у савременим условима пословања. Остале врсте осигурања имале су врло мало учешће, што указује на чињеницу да је степен добровољности осигурања на врло ниском нивоу.

Табела 4.4 Бруто премија осигурања по врстама осигурања у Републици Србији у 2002. и 2003. години

Р.бр.	Сектор и врсте осигурања	Бруто премија у хиљадама РСД		% учешће у укупној бруто премији (2002)	% учешће у укупној бруто премији (2003)
		2002.	2003.		
1	Осигурање цивила	1.731.902	1.978.664	8,17	8,48
2	Осигурање индустрије	7.012.165	7.557.797	33,08	32,39
3	Аутомобилски каско	1.444.798	1.687.161	6,82	7,23
4	Аутомобилска одговорност	6.988.919	7.268.555	32,97	31,15
5	Општа одговорност	389.638	546.205	1,84	2,34
6	Осигурање усева	636.379	555.692	3,00	2,38
7	Осигурање животиња	331.365	286.658	1,56	1,23
8	Транспорт-карго	559.652	493.337	2,64	2,11
9	Транспорт-каска	536.249	286.643	2,53	1,23
10	Осигурање кредита	85.626	144.721	0,40	0,62
11	Осигурање незгоде	1.211.549	1.533.991	5,72	6,57
12	Осигурање живота	260.840	881.616	1,23	3,78
13	Здравствено и пензионо осигурање	9.827	114.639	0,05	0,49
Укупно		21.198.909	23.335.679	100,00	100,00

Извор: Извештаји НБС (доступно на www.nbs.rs)

Надзор над пословањем организација за осигурање врши савезни орган надлежан за послове финансија, а у посматраном периоду ова функција је била поверена Министарству финансија СРЈ. Упркос томе, надзор над осигурањем није спровођен адекватно, а многа битна питања нису била ни регулисана законом. Неки од важнијих недостатака овог Закона су: (1) депоновање и начин улагања средстава техничких резерви нису били прописани Законом, осим одредбе по којој се средства математичких резерви не могу улагати у непокретности више од 50%, (2) није прописана маргина солвентности за осигуравајуће организације, али се индиректно преко висине минималних гарантних резерви и премије осигурања у самопридржају захтева одређена солвентност осигуравајућих организација, (3) аспект управљања ризиком у осигуравајућим организацијама је потпуно занемарен, као и обавезна интерна ревизија.

Уз све наведено, Закон о осигурању имовине и лица („Службени лист СРЈ“, бр. 30/96, 57/98, 53/99, 55/99) кроз казнене одредбе не прецизира казнене мере за осигуравајућа друштва која не исплате одштетне захтеве у року или уопште. Само током 2002. године водило се 40.000 спорова због неизвршења обавеза домицилних осигуравајућих друштава према осигураницима, док је од укупног броја штета само 58% исплаћено (Ostojić, 2004).

Процес транзиције и реструктурирања привреде Републике Србије намеће потребу да се домаће законодавство хармонизује са законодавством ЕУ. На основу Закона о осигурању и Закона о допунама Закона о Народној банци Србије из 2004. године, надзор над обављањем делатности осигурања поверен је Народној банци Србије. У том периоду тржиште осигурања је било на изузетно ниском нивоу развоја. Током 2005. године број осигуравајућих компанија, али и осталих учесника у осигурању је смањен за око 50% (НБС, 2005). Активни учесници на тржишту осигурања су започели достављање статистичких и других података годишњим извештавањем, што је омогућило формирање детаљних и свеобухватних прегледа¹.

На основу доступних података може се закључити да су институционалне и регулаторне реформе имале снажан утицај на развој тржишта осигурања (табела 4.5). Премија осигурања је у периоду пре кризе (од 2005. до 2008. године) имала тренд сигурног раста, јер су ефекти кризе уследили након 2008. године.

Табела 4.5 Број осигурања и премија осигурања у Републици Србији у периоду пре, за време и након светске финансијске кризе

<i>Врста осигурања</i>	<i>2005.</i>		<i>2008.</i>		<i>2014.</i>	
	<i>број</i>	<i>премија*</i>	<i>број</i>	<i>премија*</i>	<i>број</i>	<i>премија*</i>
<i>Неживотна осигурања</i>	2.722.398	31.391	3.423.246	45.840	4.233.374	53.400
Осигурање од последица	303.853	2.236	359.036	3.062	569.733	4.054
Добровољно здравствено осигурање	208.171	812	399.886	2.130	24.963	1.325
Осигурање моторних возила	135.442	4.322	248.435	8.430	204.660	6.050
Осигурање имовине од пожара	69.826	4.341	118.422	4.566	146.592	4.360
Остала осигурања имовине	263.074	7.098	315.814	8.320	410.169	9.810
Осигурање од одговорности због употребе моторних возила	1.705.295	10.645	1.928.897	16.564	2.133.346	22.706
Осигурање помоћи на путовању	0	0	19.868	12.489	681.508	1.603
<i>Животна осигурања</i>	210.948	3.299	433.676	6.347	966.992	16.005
Осигурање живота	119.282	2.548	231.990	5.514	540.453	14.128
Рентно осигурање	5.801	196	13.216	400	13.640	567
Допунско осигурање уз осигурање живота	81.297	146	188.469	425	412.895	1.109
Добровољно пензијско осигурање	4.567	407	0	0	0	0

Напомена: * означава да је износ приказан у милионима РСД

Извор: Годишњи извештаји НБС за 2005., 2008. и 2014. годину (доступно на www.nbs.rs)

¹ На сајту НБС се од 2005. године могу наћи подаци о пословању друштава за осигурање на месечном, тромесечном и годишњем нивоу. Реч је о различитим прегледима који се тичу премија, штета и техничких резерви груписаних према врстама осигурања и друштвима за осигурање. Подаци су добијени при редовном извештавању друштава за осигурање и односе са само на она друштва која су имала дозволу за рад у конкретной години.

Међутим, структура портфолија осигурања није адекватна: доминантно је учешће неживотних осигурања (90,5% у 2005., 87,84% у 2008. и 76,94% у 2014. години), док је учешће животног осигурања током целокупног посматраног периода на нивоу од 10 до 20%. С обзиром на значај животног осигурања за штедњу и инвестиције, у свету влада тенденција повећања учешћа животног осигурања. Структура осигурања на територији ЕУ је у 2014. години била 61%:39% у корист животног осигурања (Insurance Europe, 2015). Иако се може приметити тренд раста премија животног осигурања, још увек се не може говорити о овој врсти осигурања као значајном моделу штедње. Насупрот томе, у оквиру неживотног осигурања доминира, као и у претходном периоду развоја осигурања, обавезно осигурање од аутоодговорности, чије се учешће у укупном износу наплаћене премије неживотних осигурања креће од 33,91% (2005.) до 42,52% (2014.). Такође је значајно учешће осигурања имовине које захватају значајан део укупне премије неживотних осигурања, мада са тенденцијом пада – од 36,44% (2005.) до 26,54% (2014.).

Број друштава за осигурање и реосигурање, који је у посматраном периоду пословао на територији Републике Србије се повећавао – од 19 у 2005. години, на 24 у 2008. години, и коначно 25 у 2014. години, што је довело и до смањења концентрације портфолија на тржишту (НБС, 2014).

Значајан помак у даљем развоју осигурања учињен је усвајањем измена и допуна Закона о осигурању („Службени гласник РС“, бр. 55/2004, 70/2004 – испр., 61/2005, 61/2005 – др. закон, 85/2005 – др. закон, 101/2007, 63/2009 – одлука Уставног суда, 107/2009, 99/2011, 119/2012, 116/2013), чије је доношење било подстакнуто, између осталог, и либерализацијом реосигурања ради приступања Републике Србије Светској трговинској организацији. У случају осигурања имовине од елементарних непогода (град, мраз и друге опасности и/или природне непогоде, као што су земљотрес, поплава и суша), осигуравајућа компанија може реосигурати целокупан ризик осигурања у друштву за реосигурање у земљи или у иностранству. Могућност преношења ризика на реосигураваче у иностранству требало би да подстакне тржишну конкуренцију у сектору реосигурања, а самим тим доведе и до смањења цене реосигурања за наведене ризике. Како би повећала капацитете тржишта осигурања, посебно у погледу осигурања од катастрофалних штета, Република Србија је узела учешће у Пројекту регионалног осигурања од природних катастрофа за југоисточну Европу и Кавказ, који је иницирала Светска банка. По основу овог пројекта 2009. године основана је реосигуравајућа компанија „*Europa Re*“, у чијем власништву удео

има и Република Србија, а која је домаћем тржишту оперативна од 2014. године. Оваква институција треба да обезбеди промоцију и развој локалног тржишта осигурања у случају природних катастрофа, као и да прошири понуду услуга осигурања новим облицима осигурања у овој области, који раније нису били доступни привредним субјектима и становништву. Ипак, осигурање од ризика земљотреса, поплава и бујица још увек се у највећем броју понуда услуга осигуравајућих компанија сматра додатним ризиком, који се може осигурати само уз осигурање имовине од основних ризика. Специјализоване услуге осигурања пољопривреде, које је развила реосигуравајућа компанија „*Europa Re*“, од 2014. године дистрибуирају се само на територији БФРЈ Македоније².

Усвајање новог Закона о осигурању („Службени гласник РС“, бр. 139/2014) донело је низ нових промена, као наставак реформског процеса унапређења тржишта осигурања и усклађивања са правом ЕУ, чиме су остварени услови за додатну либерализацију тржишта. Послови животног и неживотног осигурања су раздвојени претходним изменама Закона, а овим детаљније уређени, као и адекватност капитала и начин инвестирања средстава осигуравајућих компанија. Прописани су и обавезни органи осигуравајуће компаније и уређене њихове надлежности. Посебно поглавље Закона односи се на одредбе које ће се примењивати након приступања Републике Србије Светској трговинској организацији, односно ЕУ. Овим одредбама предвиђено је оснивање и пословање страних друштава за осигурање и реосигурање и обављање послова посредовања и заступања у осигурању преко огранака. Такође, прописани су услови под којима ће домаће осигуравајуће и реосигуравајуће компаније моћи да послују у државама чланицама након приступања ЕУ. Међутим, упркос регулаторним и институционалним претпоставкама, повећање капацитета и конкурентности домаћег тржишта осигурања отварањем ка страним инвеститорима условљено је низом фактора, као што су: тражња за осигурањем, концентрација тржишта и принос на инвестиције (Njegomir & Stojić, 2012). Стога се може закључити да либерализација није довољан услов за развој осигурања, већ је неопходно подићи друштвену свест о значају осигурања.

² Осигурање индекса приноса на нивоу општине (енгл. Area Yield Index Insurance – АYII) представља јединствену услугу осигурања пољопривреде од свих катастрофалних ризика, који могу настати у једној општини. Увођењем индекса просечног приноса мерење потенцијалних губитака пољопривредних произвођача се стандардизује, а исплата накнаде се врши у случају када је остварени просечни принос на нивоу општине у посматраном периоду осигурања мањи од приноса уговореног полисом. Референтни ниво приноса, који се користи приликом уговарања осигурања, одређен је на основу приноса у претходном периоду у конкретной општини и за конкретни усеv.

4.2 Осигурани ризици са катастрофалним последицама у Републици Србији

Климатске промене постају примарни еколошки изазов у XXI веку, а регион Југоисточне Европе свакако спада у осетљиве регионе на ову врсту промена. Атмосферске промене су представљале изузетно значајан фактор регионалног раста током 2014. године, јер су управо поплаве, које су задесиле овај регион, указале на висок степен рањивости и неприремљеност држава у овом региону да управљају оваквим ризицима. Како климатске промене није могуће зауставити у кратком року, неопходно је идентификовати кључне ризике и развијати и примењивати адаптивне мере, како би се ублажили ефекти климатских промена. Према резултатима студије (табела 4.6) економски сектори у Србији који су посебно зависни и рањиви идентификовани су према просечној годишњој вредности штете од хидрометеоролошких опасности.

Табела 4.6 Осетљивост временски зависних економских сектора у Републици Србији

<i>Сектори</i>	<i>Ризици</i>	<i>Осетљивост</i>
Пољопривреда	Град, јак ветар, поплаве, суше, рани и касни мразеви, пожар	Висока
Производња, трансмисија и дистрибуција електричне и топлотне енергије	Екстремно ниске или високе температуре ваздуха, јаке и дуготрајне падавине, грмљавински процеси, суша, пожар	Релативно висока
Транспорт (друмски, железнички, речни и ваздушни)	Магла, јаке и интензивне падавине, снег, поледица, ледена киша, лед на рекама, пожар	Средња, али ваздушни саобраћај висока
Грађевинарство	Јак ветар и удари ветра, јаке падавине, мраз, електрична пражњења	Релативно ниска
Водопривреда	Суше и поплаве	Релативно висока
Туризам	Свако одступање од нормалног климатолошког циклуса или времена	Средња

Извор: The World Bank study group (2005)

Економске и политичке последице климатских промена су дугорочне и дифузне, па је стога неопходно формирати оквир за управљање ризицима са катастрофалним последицама на међународном нивоу. У том циљу у овом поглављу биће дат преглед најзначајнијих природних непогода за подручје Републике Србије у које се пре свега убрајају поплаве, олује, земљотреси и суше (Гавриловић, 2007), али и шумски пожари, клизишта и одрони. Активности људи, такође, могу допринети повећању катастрофалних штета (као што је, на пример, руковање опасним отпадом),

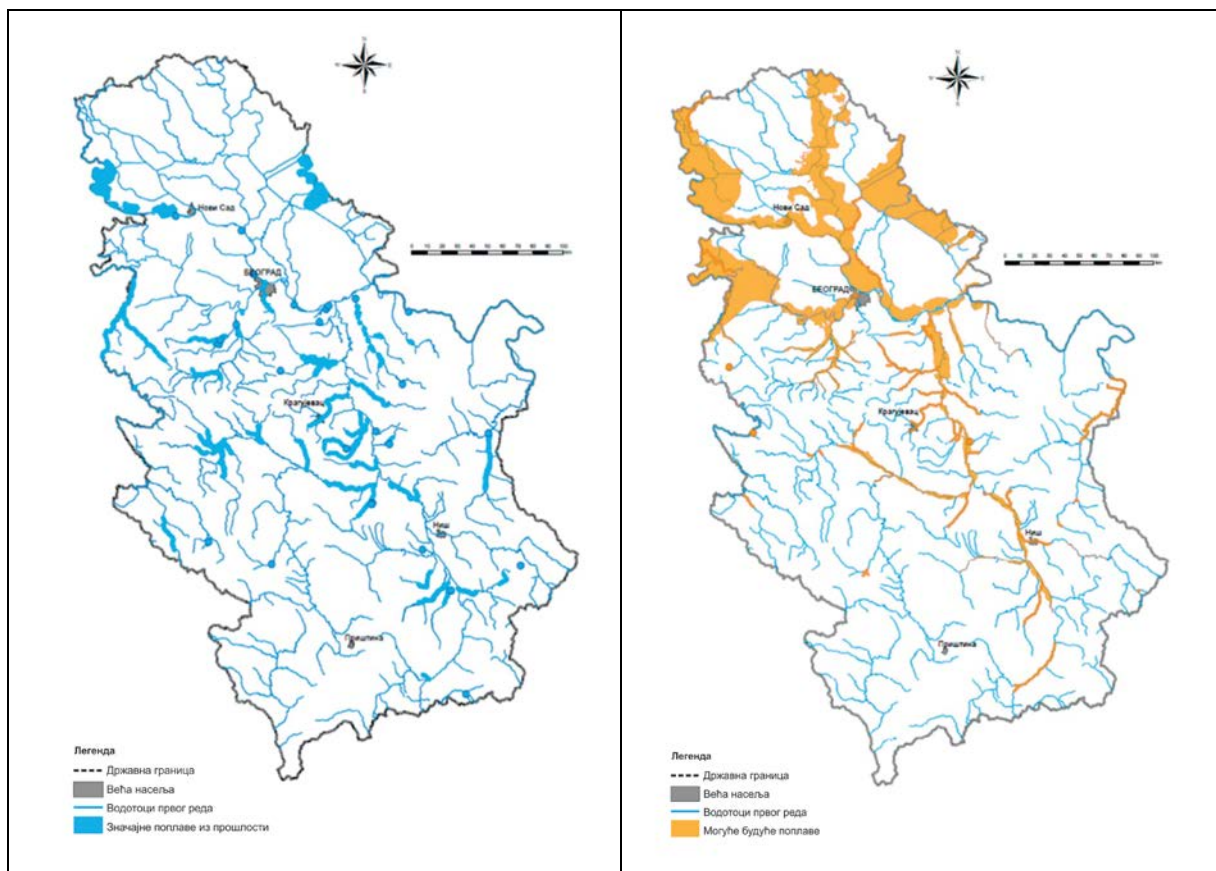
али како базе о таквим догађајима на територији Републике Србије не постоје или нису доступне, у овом делу рада неће бити предмет разматрања.

4.2.1 Хидролошке непогоде на територији Републике Србије

Хидролошки процеси који проузрокују екстремне појаве, као што су суше и поплаве, су најчесталије природне непогоде у свету узроковане глобалном променом климе. Суша је појава карактеристична за сва климатска подручја, али без јасно уочљиве регуларности. У зависности од тога да ли је реч о метеоролошкој, хидролошкој, агрикултурној или социоекономској суши (Wilhite & Glantz, 1985), може се дефинисати на различите начине, што проучавање ове непогоде чини комплекснијим. Посматрајући учесталост појаве током године, могу се разликовати пролећне, летње и јесење суше, које имају специфичне последице на пољопривреду, енергетику, водоснабдевање и друге привредне делатности. На територији Републике Србије суше у укупном броју природних непогода учествују са 8%, а просечна годишња штета у пољопривреди, која настане због деловања овог ризика, износи око 40 милијарди динара (The World Bank, 2005). Према вредностима стандардизованог индекса падавина (енгл. *Standardized Precipitation Index* - SPI) екстремне суше углавном погађају северне, централне и југоисточне делове, док су озбиљне суше типичне за западне и централне делове Србије (Milanović et al., 2014). Међутим, статистички подаци указују на чињеницу да је најчешћа природна непогода на територији Републике Србије поплава, која у укупном броју природних катастрофа учествује са 55% (Гавриловић, 2007; EM-DAT, 2015). За разлику од неких других елементарних непогода које се нагло јављају и кратко трају, поплава је непогода која може трајати прилично дуго, чак и више месеци. Обим поплава и простирање плавне зоне зависе од геоморфолошких услова у речној долини, тако да су код већих река речне долине широке и по неколико километара док су код мањих приобаља знатно ужа. У Србији је поплавама потенцијално угрожено 10.968 km², што захвата 12,4% територије (слика 4.1). Највеће поплавне површине су у долини Тисе (2.800 km²), Саве (2.243 km²), Велике Мораве (2.240 km²) и Дунава (2.070 km²) (Гавриловић, 1981).

Велике воде на рекама јављају се као последица бројних директних и индиректних фактора. У директне факторе убрајају се: количина излучене кише и отопљеног снега, лед, клизишта и коинциденција великих вода, а у индиректне: нагиб терена, презасићеност земљишта водом, повезаност водотока са издани, геолошки

састав и педолошки покривач, неповољно лоцирање привредних објеката и инфраструктуре (Гавриловић, 1981).



Извор: Петковић и остали (2015)

Слика 4.1 Поплавна подручја (лево) и потенцијална плавна подручја у будућем периоду (десно) на територији Републике Србије

Велике воде на рекама се могу јавити и услед рушења бране или насипа, услед заустављања и нагомилавања дрвета и другог крутог отпада (недовољна пропусна моћ мостова – посебно на малим водотоцима у урбаним зонама, и сл.), као и услед појаве ветра на ушћима већих река и мора (са утицајем плиме) (Прохаска, 2003). Тако се плавлјења у долини Тисе јављају због малих падова корита, геолошке подлоге и широке алувијалне равни, док су у долинама Саве и Дунава поплаве предиспониране падавинама, али и коинциденцијом поплавних таласа њихових притока. Слив Велике Мораве је нарочито угрожен бујичним поплавама, које се формирају у кратком временском периоду, што их чини непредвидивим и разорним. Анализирајући узроке настанка 10 већих поплава у Србији у протеклој деценији, може се закључити да је код свих главни фактор била интензивна количина падавина, најчешће уз топљење снега, мада се ни други узроци не могу занемарити (Milanović et al., 2010).

Обим штете од поплава одређује структура приобалног појаса. С обзиром на то да је у долинама река у Србији лоцирана најгушћа инфраструктурна мрежа због концентрације становништва и привредних објеката и најплоднијег земљишта, може се закључити да поплаве представљају веома специфичну претњу људској безбедности. Иако се уопштено посматрано могу сврстати у категорију ризика који угрожава безбедност животне средине, негативни ефекат овог ризика је вишеструк. Осим деградације локалних екосистема, поплаве узрокују и губитак људских живота, миграције, загађење пијаће воде и појаву вирусних и других болести, као и девастацију обрадивог земљишта, привредне и саобраћајне инфраструктуре, али и других природних и материјалних добара неопходних за несметан друштвено-економски развој (Filijović & Đorđević, 2014). Просечан годишњи економски губитак у пољопривреди услед поплава креће се у распону од 38,75 до 106,25 милиона евра, док је износ губитка у водопривреди око 24,5 милиона евра (The World Bank study group, 2005). Настанак овог ризика у Србији просечно годишње однесе и десетак људских жртава.

Да поплаве неповољно утичу на многе аспекте живота и деловања људи, па као такве, осим еколошкој, представљају претњу и економској, личној и здравственој безбедности, може се закључити анализом ефеката великих мајских поплава 2014. године. Ове поплаве су погодиле око 1,6 милиона људи који живе у 38 општина и градова који су смештени углавном у централној и западној Србији; два града (Шабач и Сремска Митровица) и 17 општина су тешко погођени. Током ове природне катастрофе 51 особа је изгубила живот, од чега се 23 удавило. Процена Владе Републике Србије (2014) је показала да укупан ефекат поплава у 24 погођене општине износи 1.525 милиона евра од којих 885 милиона евра (57% укупних штета и губитака) представља вредност уништених материјалних добара, док се 640 милиона евра (43% од укупног износа) односи на губитке у производњи. Ако се у обзир узму и остале погођене општине, укупан износ штета и ефекти поплава се пењу на 1,7 милијарди евра. Показало се да је укупна штета од поплава углавном концентрисана у производним активностима (1.070 милиона евра, односно 70% укупне штете), у услугама социјалне заштите (242 милиона евра, односно 16%) и у инфраструктури (192 милиона евра, односно 12%). У погледу појединачних сектора економске и социјалне активности, најпогођенији сектори су били сектори рударства и енергетике (494 милиона евра, односно 32% укупних штета и губитака), после којег следи становање (231 милиона евра, односно 15%), пољопривреда (228 милиона евра, односно 15%),

трговина (225 милиона евра, односно 15%) и саобраћај (167 милиона евра, односно 11%). Концентрисаност последица поплава на производне активности у области пољопривреде, трговине и индустрије као и причињена штета сектору становања, је, посматрано са макро нивоа, несумњиво имала негативни утицај на економски раст, јер је процењен пад реалног економског раста за 0,5%, смањење извоза пољопривредних производа, погоршање рачуна биланса плаћања и фискалне позиције у износу од 4,7% БДП (The World Bank, 2015).

На индивидуалном нивоу, процењено је да ће око 51.800 радних места привремено бити затворено, јер је дошло до прекида производних активности у поплавама погођеним општинама, а и приход домаћинстава ће се смањивати у складу са тиме. Негативни утицај поплава на средства за живот и запослење ће постати још већи код сиромашних породица, укључујући ту и Роме и особе са инвалидитетом, који су подложнији утицају природних катастрофа.

Интензивне падавине су један од најчешћих разлога активирања клизишта, која угрожавају грађевинске објекте и саобраћајнице. С обзиром на то да се процењује да је 25% територије Републике Србије изложено ризику клизишта и одрона, овај ризик се, поред поплава, може сматрати приоритетним (Тимотић, 2014). Са становишта географског положаја зона клизишта, најугроженији делови територије су подручја Шумадије и југоисточне Србије, али током поплава 2014. године велику штету услед активирања клизишта претрпела су и подручја угрожена поплавама (Ђокановић, 2016). Услед поплава и клизишта током 2014. године оштећено је 4.500 km путева и 250 мостова, а штету је претрпело 37.000 предузећа (Zarić, 2014).

Упркос огромним губицима услед настанка ризика поплаве и клизишта, осигурање од катастрофа и покривање ризика од временских промена и даље су готово непостојећи. Према посебној анкети узорка које је спроведена у секторима производње и трговине само око 18% индустријских предузећа и 20% трговаца имају осигурање против природних катастрофа (Влада РС, 2014). Ипак, премије које уплаћују нису значајне у поређењу са трошковима замене делимично или потпуно уништене опреме, просторија и готових производа, тако да ефекти осигурања у надокнади штете после мајских поплава 2014. године нису били значајни, као ни у претходним (Јовановић, 2014). Проблем ниског присуства осигурања против катастрофа узрокован је бројним факторима, као што су: недовољно разумевање потребе за таквим осигурањем и предности осигуравања од катастрофа, неспремност локалних приватних осигуравача да понуде овај тип осигурања, одсуство реосигурања због високих трошкова у вези са

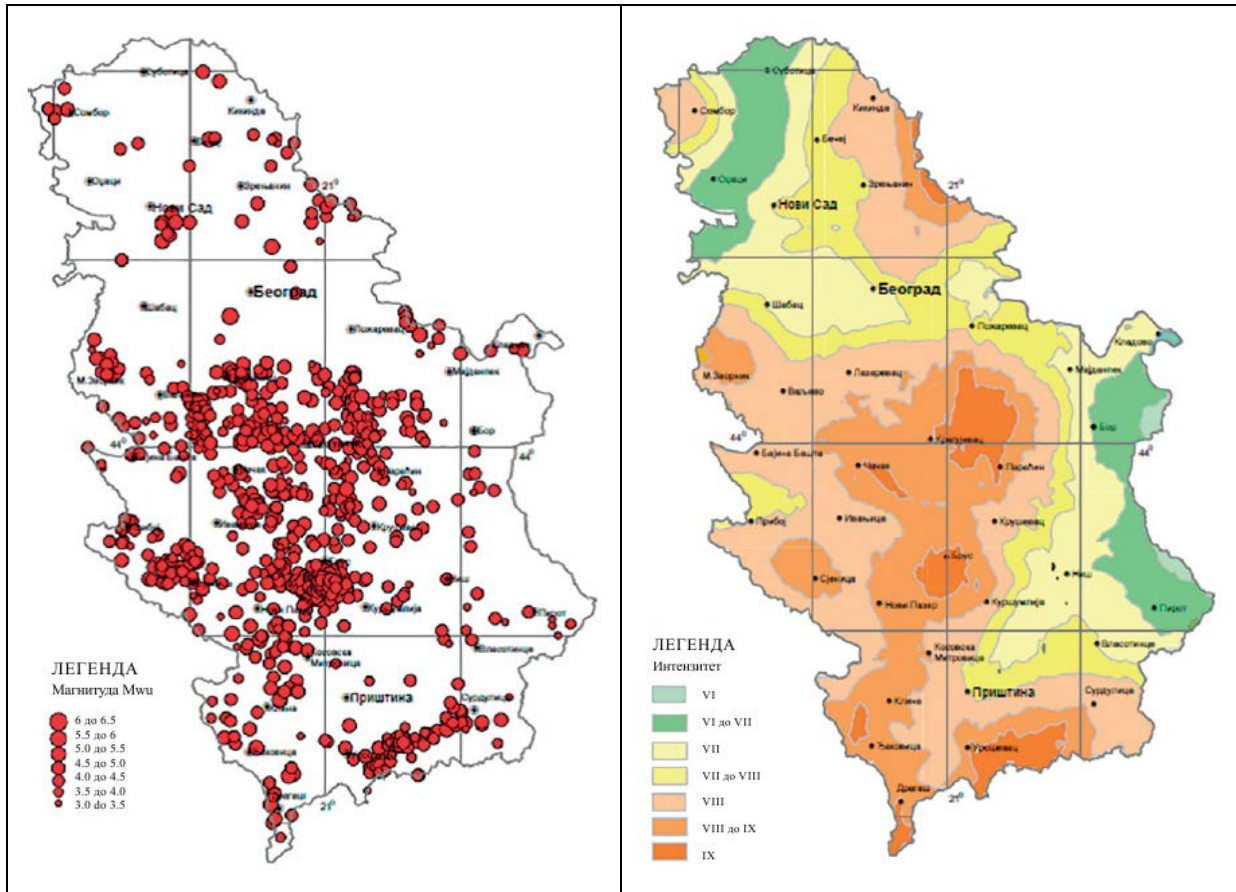
моделирањем ризика и развоја производа осигурања против катастрофа, као и ограничени технички капацитет локалних осигураваача за испуњавање захтева финансирања управљања високим ризиком против катастрофа.

4.2.2 Литосферске непогоде на територији Републике Србије

Геодинамичка еволуција простора Западног Балкана, а самим тим и Србије, одвија се у контексту сучељавања велике Афричке и Евро-азијске плоче литосфере у простору Медитерана, али и мањих сегмената попут Арабијске плоче и Јадранске микро-плоче. Фрагментација и деформација литосфере, која се манифестује хоризонталним и вертикалним кретањима и сеизмичком активношћу, директна је последица актуелног стања напона насталог посредним и непосредним утицајем ових процеса на Земљину кору. Сложеност ових процеса огледа се у комплексности тектонских карактеристика нашег простора и високој сеизмичкој активности. Србија као и суседне земље Западног Балкана једна је од сеизмички најактивнијих земаља Европе, па сходно томе и простор највишег сеизмичког hazard (Radovanović, 2008). Насупрот распрострањеном уверењу да су то ретке појаве, они се дешавају врло често, али је највећи број ових земљотреса слабог интензитета. Према статистичким подацима и анализи положаја, земљотреси на територији Републике Србије су углавном тектонског порекла и не могу бити јачи од 6,2 до 6,3 јединица по Рихтеровој скали, односно VII степени по међународној MCS (*Mercalli-Cancani-Sieberg*) скали (Петковић и Николић, 1981, стр. 310). Области у којима је могућа појава земљотреса су: Копаоничка, Рудничка, Крупањска, Маљенска, Лазаревачка, Свилајначка, Голубачка, Урошевачко-Гњиланска, Врањанска и Краљевачка (слика 4.2), а неки од најјачих забележених земљотреса у Србији су: 1874. године у Голупцу ($M=5$); 1893. године у Свилајнцу ($M=5.8$); 1921. године у Урошевацу ($M=5.3$); 1922. године у Лазаревцу ($M=5.9$); 1927. године у Руднику ($M=5.9$); 1980. године на Копаонику ($M=5.7$); 1998. године у Мионици ($M=5.7$); 1999. године у Трстенику ($M=5.1$).

Померање тла и динамичка дејства доприносе губицима не само кроз оштећења изазвана директно на објектима, већ и индиректно кроз активирање секундарних ефеката, као што су: појава површинских пукотина дуж раседа, слегање и издизање земљишта, појава клизишта, лавина и одрона, и ликвифакција тла (Manić et al., 2013). Повећана штетност земљотреса, која карактерише овај ризик у свету, па и на просторима Србије, може се објаснити деловањем више фактора: повећаним степеном

урбанизације сеизмички активних простора, повећаним степеном индустријализације, недовољним надзором примене противтрусних правила пројектовања и повећаном тенденцијом занемаривања опасности од земљотреса (Radovanović, 2008).



Извор: Републички сеизмолошки завод Београд, http://www.seismo.gov.rs/Seizmichnost/Karte_hazarda.htm

Слика 4.2 Сеизмолошки ризик на територији Републике Србије

Међутим, упркос губицима, који је регион у историји поднео услед деловања сеизмичког ризика, прецизна и систематска евиденција о последицама земљотреса не постоји или није јавно доступна (Abolmasov et al., 2011). Прва историјска документација у вези са земљотресима на Балкану датира из 6. века пре нове ере. У овом региону се у просеку деси 6,3 потреса сваке године, а само током прошлог века забележено је преко 80 разорних земљотреса. Према статистичким подацима EM-DAT базе (2015) у периоду од 1900. до 2010. године од ризика земљотреса у Србији било је угрожено 32.230 особа, што је значајно више у поређењу са државама у окружењу, као што су: Словенија – 1.425, Хрватска – 2.000, Бугарска – 3.752, Албанија – 8.429, Македонија – 26.769. Најугроженије у региону су, ипак, Босна и Херцеговина – 286.160, Црна Гора – 325.210, Румунија – 393.350 и Грчка – 960.398, које су у

посматраном периоду претрпеле највеће губитке и то како људске тако и материјалне. Евиденција о многим земљотресима у посматраном периоду није прецизна ни комплетна, тако да се увид о јачини деловања овог ризика може стећи анализом последица последњег великог земљотреса у Краљеви. Епицентар главног земљотреса магнитуде 5,4 јединице Рихтерове скале, који се десио 3. новембра 2010. године, лоциран је на 121 km јужно од Београда, односно 4 km северно од Краљева (Републички сеизмолошки завод, 2010). Након овог удара, у периоду до 9. новембра 2010. године, регистрована је серија од 258 земљотреса, чија је магнитуда била у распону од 1,0 до 4,4 јединице Рихтерове скале. Само овим земљотресом било је угрожено 27.030 особа, од којих је 1.470 остало без простора за становање, док је услед урушавања кућа била повређено 120 лица, а погинуло двоје. Укупна штета је процењена на 132,26 милиона САД \$, док званична информација о осигураним губицима није доступна (EM-DAT, 2015). Осигурањем се може обезбедити заштита од штета на имовини, које причини земљотрес интензитета VI и више степени према MCS скали, као и од пожара и експлозије, који се јаве као последица земљотреса. Узевши у обзир могућност продуженог трајања потреса, условима осигурања се најчешће предвиђа надокнада штете које настану услед претходних, главног и накнадних потреса у периоду од 72 узастопна часа од почетка потресања тла.

4.2.3 Атмосферске непогоде на територији Републике Србије

Атмосферске непогоде су по узроцима, карактеру и последицама најразноврсније природне непогоде. Сврставају се у временске или метеоролошке и климатске појаве, и најчешће непогоде овог типа јесу температурни и падавински екстремни, али и олујни догађаји, који подразумевају екстремне ударе ветра, електрична пражњења и слично. У зависности од нивоа деструктивности све екстремне атмосферске непогоде могу се разврстати у следеће категорије (Анђелковић, 2010):

- *Ванредне климатске појаве* представљају непогоде најнижег нивоа деструктивности, које се могу означити као штетне. Оне не угрожавају директно људске животе, нити имају директно разорно дејство на материјална добра, али могу имати неповољне утицаје на живот и рад људи, које није могуће директно мерити. У ванредне климатске појаве могу се сврстати: (1) температура ваздуха знатно испод/изнад нормалне (екстремни минимум/максимум), (2) међудневни пад/раст температура ваздуха знатно преко нормалног (екстремни пад/раст), (3) притисак

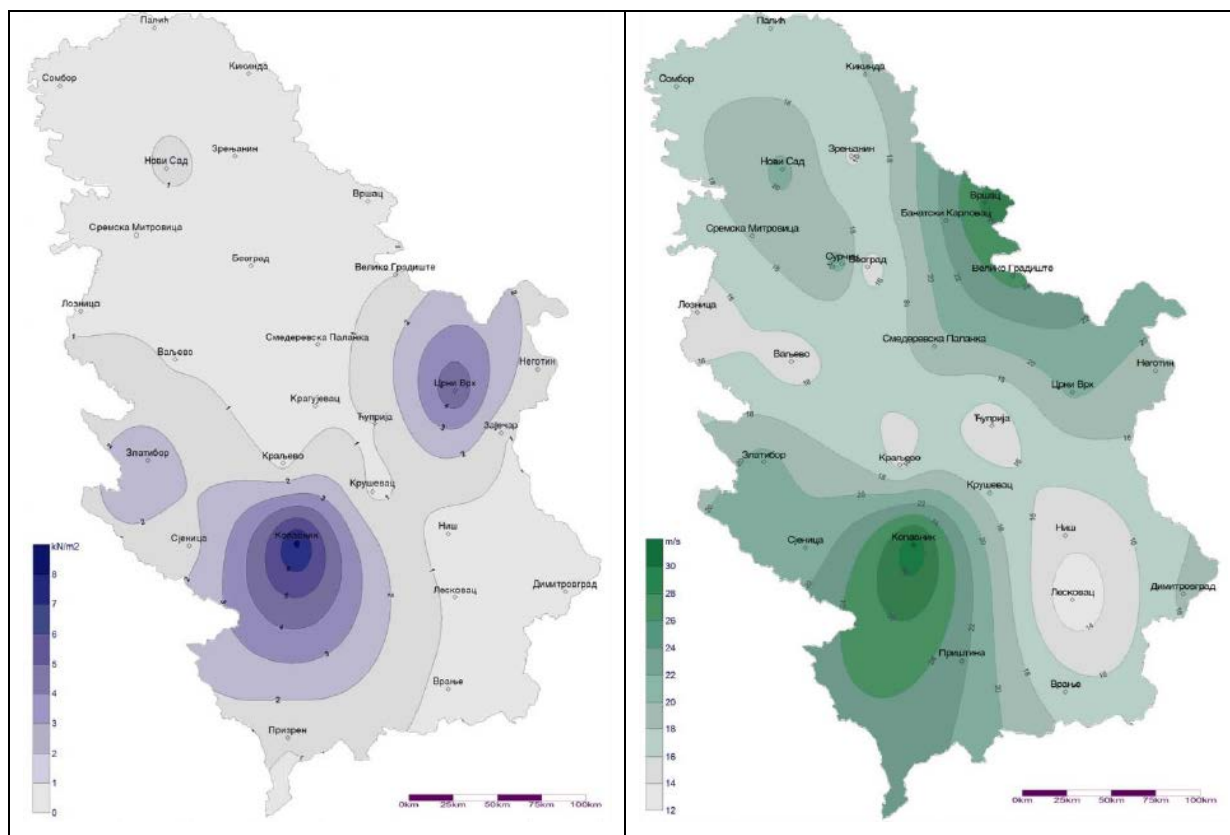
ваздуха знатно испод/изнад нормалног (екстремни минимум/максимум), и (4) међудневни пад/раст ваздушног притиска знатно преко нормалног (екстремни пад/раст). Овакве промене температуре ваздуха и притиска могу само у изузетним случајевима, на пример код особа са одређеним обољењима, угрозити живот људи. У супротном не изазивају озбиљнију штету.

- *Потенцијално опасне климатске појаве* (значајне појаве) представљају промене у атмосфери, које могу имати опасне последице у средини у којој су настале. Те последице могу бити различите елементарне непогоде или могу имати било какве опасне манифестације на различитим компонентама географске средине, односно на биосферу и хидросферу. Директне последице могу бити највише штетне по биљни свет, самониклу а посебно културну вегетацију, винограде, воћњаке, повртарске и друге културе. Индиректно, ове климатске појаве могу утицати и на настанак хидролошких непогода, као што су нагли пораст водостаја, изливање речних токова, неубичајено формирање леда на рекама и слично. У ову групу појава могу се сврстати следеће три појаве: (1) рани мразеви, (2) касни мразеви, и (3) нагло топљење снежног покривача.

Мраз је уобичајена временска појава током зиме и, уколико температура ваздуха није екстремно ниска и ако је присутан снежни прекривач, зимски мразеви не представљају неповољну временску појаву за биљни свет. Међутим, појава мрза на почетку или на крају вегетационог периода може бити веома штетна, а степен оштећења зависи од интензитета и трајања мрза. У зависности од узрока настанка мразеви се могу поделити на адвективне и радијационе. Адвективни мразеви нису одређени локалним географским условима, већ се јављају при продору хладних ваздушних маса. За разлику од радијационих мрза могу захватати већу територију и трајати по неколико дана. Радијациони мразеви су условљени локалним условима, а интензитет њиховог дејства зависи од рељефа, влажности ваздуха и земљишта, тако да је најизразитије мразиште у Србији Пештерска висораван, као и подручје Војводине. Рани јесењи мразеви јављају се при крају вегетације и у домаћим климатским условима могу нанети мање штете од касних пролећних мрза, који се јављају на почетку вегетационог периода.

Снежни покривач, као термички изолатор, спречава замрзавање или смањује дубину замрзавања земљишта, али велика количина мокрог снега може узроковати ломљење грана воћака, дуго задржавање снега може одлагати почетак вегетационог

периода, док нагло топљење снега доводи до прекомерног натапања земљишта водом, а може довести и до појаве бујица и поплава.



Извор: Републички хидрометеоролошки завод Београд, <http://www.hidmet.gov.rs>

Слика 4.3 Висина снежног покривача (лево) и брзина ветра (десно) независно од надморске висине на територији Републике Србије

- *Опасне климатске појаве* су оне које директно угрожавају животе људи и наносе материјалну штету. Ову хетерогену групу чини велики број појава, које се различито одражавају на појединим компонентама географске средине и човека, његове активности и материјална добра. Опасне климатске појаве су: (1) интензивне падавине, (2) висок снежни покривач, (3) олујни ветар, (4) атмосферска електрична пражњења, (5) град, (6) густа магла, и (7) поледица.

Олујни ветар, као хоризонтално кретање ваздушних маса, представља јачи ветар чија се брзина за веома кратко време знатно повећа, а затим опадне. За одређивање карактеристика ветра користе се три величине: правац, смер и брзина ветра. Брзина ветра је посебно важна карактеристика и има много импликација: утиче на раст и развој многих биљних врста, ваздухопловни и поморски транспорт, али и многе друге активности људи. У Србији су заступљени следећи локални ветрови: кошава, северац,

јужни ветар и западни ветар, који су карактеристични за подручје Војводине, и моравац и југозападни ветар, у осталим деловима Србије (слика 4.3). Географски положај и климатски услови су погодни за повремену појаву олујних ветрова разорних снага, нарочито приликом летњих олуја и зими, када дува вишедневна кошава или хладан северац (Зарић, 2014). Као последица наглих температурних промена, могућа је и појава торнада (Mihajlović, Ducić & Burić, 2014).

Град је веома штетан облик падавина, који може имати катастрофалне последице ако је крупан, великог интензитета, праћен олујним ветром и ако дуго траје. На територији Србије град се обично јавља у периоду од априла до октобра, а максималну учесталост и интензитет достиже у мају и јуну. Ова непогода је локалног карактера, која обухвата мале површине, али у Србији највеће негативне последице има на подручју Војводине, где градобитни период у просеку износи 150 дана.

Атмосферска електрична пражњења представљају појаву карактеристичну за наше крајеве у топлој половини године, посебно у јуну и јулу. Врло ретко се ове појаве бележе у зимском делу године и прелазним годишњим добима. Годишње се у Србији ова непогода може појавити између 28,9 дана (Сомбор) и 41,5 дана (Димитровград) (Анђелковић, 2009). Великим бројем дана са грмљавином одликују се Златибор, Смедеревска Паланка, Сурчин и Врање, а најмањи број дана бележи се у Неготину, Новом Саду и Београду. Атмосферска електрична пражњења и грмљавинске непогоде саставни су део олујних догађаја, а изазивају велику материјалну штету због паљења објеката, оштећења електричних водова и инсталација, али могу угоризити живот људи и довести до страдања стоке.

- *Потенцијално катастрофалне климатске појаве* (јаке појаве) су све оне распрострањене и екстремно интензивне појаве које се са статистичком значајношћу јављају у атмосфери а које могу имати катастрофалне последице у географској средини. То су уништавање вегетације или само појединих култура тако да долази до појаве глади, изливање више бујичних токова, поплаве, подизање или спуштање нивоа подземних вода изнад граничних вредности, пресушивање извора и недостатак пијаће и воде уопште, или у крајњем људске жртве и материјалне штете које имају размере катастрофе. Ипак, човек данас правовременом акцијом може спречити катастрофу. Ту се могу убројати: (1) дуготрајни јаки мразеви, (2) кишни период много дужи од нормалног и (3) сушни период много дужи од нормалног.

Суша се може дефинисати као природна појава која настаје када падавине значајно одступају од нормалних вредности и изазивају озбиљне промене у

хидролошком билансу. Међутим, тешко је проценити стварни почетак суше, трајање и крај, а такође и квантификовати њен интензитет и утицаје. Типови суша – метеоролошка, хидролошка, пољопривредна и социоекономска, међусобно су повезани, мада не и нужно условљени (Радић & Михајловић, 2014). Један од кључних показатеља суша је средња годишња температура ваздуха, која се према анализама података у претходних 107 година повећавала за $1,1^{\circ}\text{C}$ (Петковић и остали, 1999). У Србији се суше јављају у пролећном, летњем и јесењем периоду, а најинтензивније суше забележене су током 2000, 2003, 2007. и 2011. године. У Војводини се, према количини падавина у периоду јул-август, од 1924. до 2003. године чак 85% година може сматрати сушним.

- *Катастрофалне климатске појаве* обухватају појаве које на неком месту достижу или прелазе апсолутни максимум свога интензитета и оне опасне појаве које захватају изузетно велику област распрострањења. Стога се може закључити да се од осталих појава издвајају по два критеријума – интензитету и распрострањености, а последице њиховог дејства могу бити несагледиве. Најчешће је реч о смртним последицама на одређеном делу становништва или озбиљним повредама и здравственим проблемима код великог броја људи. Њихово дејство на материјална добра је по правилу разарајуће и уништавајуће. Ту спадају: (1) распрострањене интензивне падавине, (2) распрострањен висок снежни покривач, (3) распрострањен кишни период знатно дужи од нормалног, (4) распрострањен сушни период знатно дужи од нормалног, (5) распрострањен јак ветар, (6) тромба, (7) распрострањено јако електрично пражњење, (8) распрострањен јак град, (9) распрострањена густа магла и (10) распрострањена поледица.

Климатски систем је систем глобалних размера и сваки поремећај у систему на једном делу планете има сложени, и најчешће не линеарни утицај на друге делове система. Глобално отопљавање је присутно у целом систему, али је у појединим деловима интензивније. Када је реч о Србији, процене базиране на климатском моделирању, по умереним сценаријима, указују на пораст годишње температуре и то за $2,6^{\circ}\text{C}$ до краја овог века. Отопљавање неће бити равномерно током године, тако да се предвиђа да ће лето бити топлије за $3,5^{\circ}\text{C}$, јесен за $2,2^{\circ}\text{C}$, зиме за $2,3^{\circ}\text{C}$, а пролеће за $2,5^{\circ}\text{C}$ (Поповић и остали, 2009). Тренд смањења падавина наставиће се посебно у југоисточним и источним деловима Србије, а према проценама у будућности се очекује смањење падавина за 20%. Овакве процене указују на чињеницу да ће осигурање усева и плодова у будућем периоду бити од суштинског значаја за опстанак и развој

пољопривреде, тако да је у многим развијеним државама обавезно и субвенционисано од стране државе, при чему износ субвенција може да се креће од 20 до 80% премије (Марковић, 2009).

4.3 Специфичности модела вредновања екстремних ризика у осигурању

Тежња друштва да максимално смањи или елиминира своју изложеност ризицима, с једне стране, и активности људи, које директно или индиректно повећавају вероватноћу настанка великог броја ризика, с друге, утичу на формирање парадоксалног односа друштва према ризику и врше додатне притиске на индустрију осигурања. Глобална слика ризика се перманентно мења постављајући изазове менаџменту ризика, који се суочава са новим ризицима или новим начином испољавања постојећих и недовољно познатим међузависностима ризика. У таквим околностима пред осигуравачима и реосигуравачима се поставља захтев за обезбеђењем балансиране изложености ризицима уз истовремено обављање основне функције пословања – заштите осигураника од последица наступања штетних догађаја (Njegomir, 2007).

Анализа изложености природним ризицима и њихова просторна дистрибуција на територији Републике Србије указује на чињеницу да су ризици све више распрострањени, а њихово дејство интензивније. Осигуравајуће компаније у неживотном осигурању се уобичајено суочавају са појавом неколицине великих одштетних захтева у портфолију осигурања, који представљају највећи удео исплаћених накнада. Овакви налози, односно екстремни ризици који изазивају њихову појаву, јесу од примарног значаја за компанију. Познавање вероватноће настанка оваквих одштетних захтева представља статистичку основу за одређивање високих квантила расподеле, максималне вероватне штете и цене реосигурања. Регулаторни оквир Солвентност II налаже да капитал осигуравајућих и реосигуравајућих компанија буде прилагођен преузетим ризицима, а ниво солвентног капитала детерминише вредност VaR за ниво поверења $\alpha = 99,5\%$ и једногодишњи период обрачуна (EIOPA, 2014). Овако одређен VaR показује максимални губитак са којим се компаније могу суочити, а који у просеку, може бити већи од процењеног само једном у 200 година. Међутим, адекватна процена ове мере ризика у осигурању захтева одговарајућу базу

података, при чему су осигуравајуће компаније посебно заинтересоване за ризике чије дејство доводи до катастрофалних губитака.

У овом делу рада биће разматране могућности за процену ризика осигурања имовине на територији Републике Србије применом VaR. Узевши у обзир све уочене аномалије анализирани базе података, биће указано на неопходне модификације и прилагођавања модела конкретним условима.

4.3.1 Временске серије вредности накнада из осигурања имовине

Подаци о полисама осигурања и одштетним захтевима су интерно генерисани у осигуравајућим компанијама и хронолошки евидентирани на начин којим се омогућава манипулација овим подацима примарно у рачуноводствене сврхе (Burnecki, Misiolek & Weron, 2010). Детаљне базе података о вредностима накнада најчешће нису прилагођене потребама управљања ризиком, па је препроцесирање података неопходан поступак у анализи истих (Guo, 2003). Међутим, и након тога временске серије вредности накнада могу значајно ограничити домете статистичке анализе, услед недовољног броја података или погрешног евидентирања, па се може закључити да величина узорка и прецизност евиденције детерминишу адекватност модела за оцену и предвиђање ризика.

У овом раду користиће се база података водеће осигуравајуће компаније на тржишту осигурања Републике Србије, а која обухвата податке по полисама осигурања насталим у периоду од 05.02.2002. године до 27.10.2011. године. Записи су из категорије осигурања имовине од пожара и других опасности и остала осигурања имовине, а у базу су унети након дешавања осигураног случаја, утврђивања износа и исплате настале штете. Сваки запис у бази је представљен са четрнаест атрибута, а као најзначајнији су издвојени тарифа штете, датум настанка штете и сума накнада. Анализирану финансијску временску серију из послова осигурања имовине чини 25.883 податка о вредности исплаћене накнаде изражене у динарима на дан исплате (графикон 4.1). Вредност накнада, као и њихов број у посматраном периоду значајно варира. Вредност највеће исплаћене штете износи 7.006.868,00 РСД, а укупна средња вредност накнаде 183.020 РСД. Чак 30,33% укупне вредности накнада, чија је вредност већа од 1 милион РСД, исплаћено је имаоцима 2,94% укупног броја полиса. Највише штета забележено је током 2003. године и оне чине 24% укупног броја исплаћених накнада. На основу анализе идентификационих података о полиси осигурања уочена је

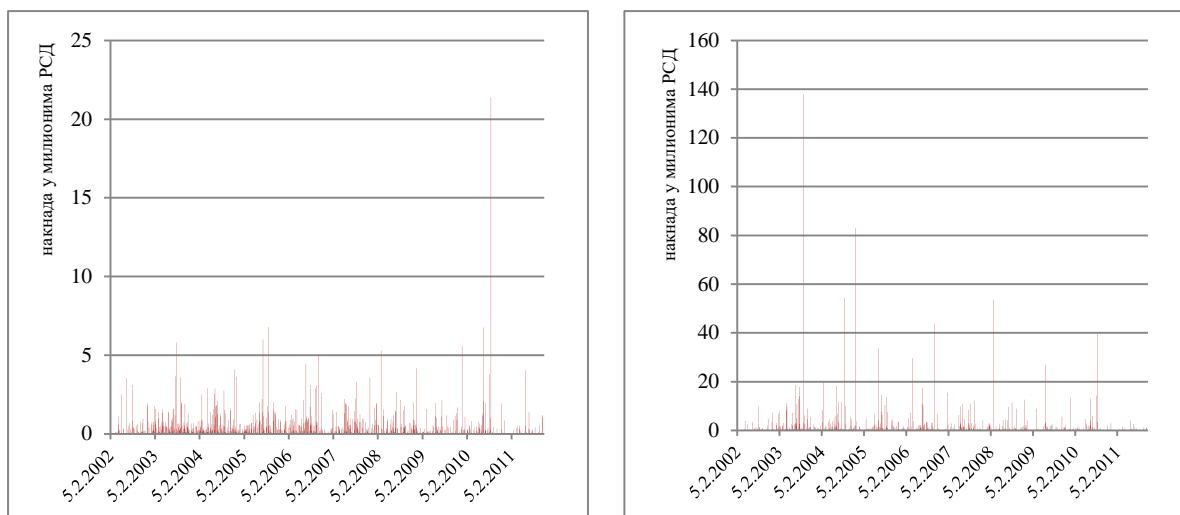
кумулятивност узрока штета у овој грани осигурања. Незнатно више од половине осигураника је пријавило једну штету у току осигураног периода, док је око 17% пријавило две штете, а око 31% поднело три или више одштетних захтева. Највећи број захтева за надокнаду штете по полиси је 101 у оквиру 11 дана са укупном сумом накнаде у износу од 1.421.232 РСД. Осигураници, којима је накнада исплаћена, припадају групи цивила (25,43%), индустрије (22,84%) и пољопривредних произвођача, који су осигурали усеве и плодове (51,73%).

Табела 4.7 Релативно учешће осигураних ризика у насталој штети у анализираном скупу података у периоду од 2002. до 2011. године

<i>Ризик</i>	<i>2002.</i>	<i>2003.</i>	<i>2004.</i>	<i>2005.</i>	<i>2006.</i>	<i>2007.</i>	<i>2008.</i>	<i>2009.</i>	<i>2010.</i>	<i>2011.</i>
Град, пожар, удар града	4,44	22,97	32,55	41,87	44,20	53,60	31,08	40,62	43,28	65,56
Олуја	93,79	76,06	65,84	56,23	52,66	44,04	67,45	56,26	51,36	31,12
Поплава, бујица, висока вода	1,78	0,92	1,61	1,86	3,07	1,86	1,43	3,12	5,33	3,32

Извор: обрачун аутора

Осигурани ризици у анализираном узорку углавном припадају групи атмосферских ризика (град, удар грома, олуја), с тим што се њихово учешће као узрока настанка осигураног случаја у посматраном периоду значајно мењало (табела 4.7). Уколико се посматрају све штете у овом периоду, доминантно је учешће штета насталих услед дејства разорних олујних ветрова. Међутим, без обзира на чињеницу да је деловање посматраних ризика подложно сезонским осцилацијама, у овом узорку није уочена корелација између атрибута ове временске серије (Marković, Stanković & Stanković, 2013). С обзиром на то да је реч о штетама проузрокованим дејством елементарних непогода, у извесном броју дана евидентиран је већи број штета. Стога је претходно извршено кумулирање вредности накнада за пријављене штете настале у истом дану, тако да је добијена временска серија дневних вредности накнада C_t , која броји 3.652 податка (графикон 4.1).



Извор: обрачун аутора

Графикон 4.1 Накнада из осигурања имовине за пријављене штете изражена по налогу (лево) и на дневном нивоу (десно)

У циљу адекватног обухватања вредности новца и прилагођавања анализе потребама највишег нивоа менаџмента, вредности C_t , које су изражене у динарима, деноминирани су у евро коришћењем девизног курса НБС на следећи начин:

$$C_{t,EUR} = C_t \cdot S_t \quad (4.1)$$

где S_t представља средњи курс динара према евр у периоду t , преузет из званичне базе података доступне на сајту НБС (<http://www.nbs.rs/>). Како оригинални подаци нису погодни за статистичко моделирање, трансформисани су применом технике *Min-Max* нормализације на следећи начин (Al Shalabi, Shaaban & Kasasbeh, 2005):

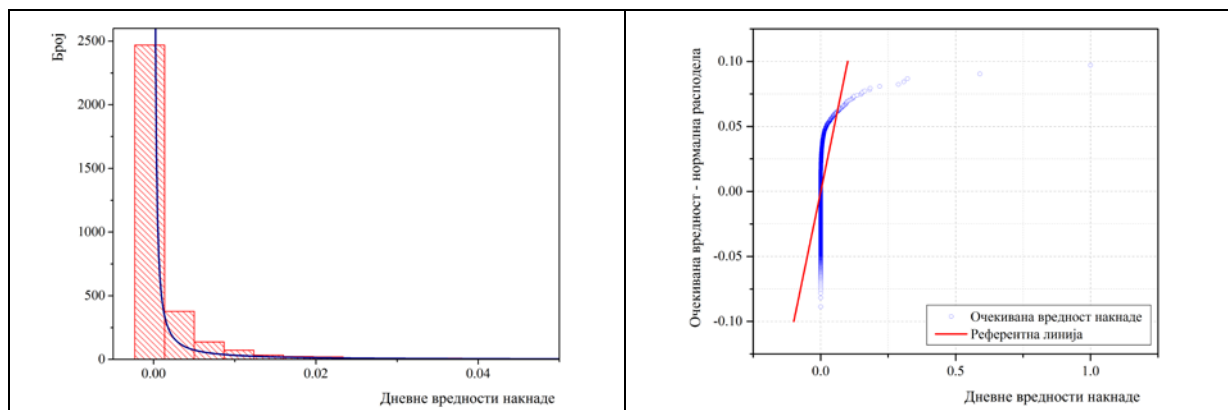
$$c_t = \frac{C_t - \min(C_t)}{\max(C_t) - \min(C_t)} \quad (4.2)$$

Период у оквиру којег се посматрана серија података анализира подељен је на два периода, и то: период I – од 05.02.2002. године до 31.12.2010. године, и период II – од 01.01.2011. године до 27.10.2011. године. Над подацима из периода I биће извршене неопходне анализе у циљу постављања модела за вредновање ризика, док ће над подацима из периода II бити тестирана валидност модела.

4.3.2 Карактеристике функције расподеле вероватноће исплате накнаде из осигурања имовине

Према моделу колективног ризика, који је имао значајну улогу у развоју теорије ризика у актуарству, вредности накнада посматрају се као независно и идентично дистрибуиране (*iid*) променљиве (Araichi, de Peretti & Belkacem, 2013). Стога се претпоставља да функција расподеле вероватноће исплате накнаде одговара лог-нормалној функцији расподеле, што ће у овом раду бити тестирано на исти начин као и у случају финансијских временских серија приноса на финансијску активу.

Графичке методе тестирања нормалности емпиријске функције расподеле вероватноће надокнаде штета не указују на закључак да функција расподеле посматраног узорка апроксимира нормалној расподели. Анализом хистограма се могу уочити одређена одступања, што се примећује и на *QQ* – графикону, посебно када је реч о вишим квантилима расподеле (графикон 4.2). Као и код финансијских серија приноса на берзанске индексе, одступања су значајна и та чињеница може битно утицати на валидност модела за процену ризика.



Извор: обрачун аутора

Графикон 4.2 Хистограм дневне вредности накнаде из осигурања имовине (лево) и *QQ* – графикон емпиријске вредности накнаде *versus* очекиване вредности накнаде при нормалној расподели (десно)

Дескриптивна статистика даје детаљнији увид у својства функције расподеле вероватноће посматраног узорка накнаде (табела 4.8). Позитивна вредност коефицијента асиметрије у посматраном периоду указује на чињеницу да облик расподеле није симетричан, већ закривљен удесно (слика 1.2). Вредност коефицијента спљоштености, која је такође изузетно велика, потврђује закључак да је у анализираном случају реч о расподели вероватноће са тешким реповима изузетно издуженог облика, јер су вредности углавном концентрисане око 0.

Табела 4.8 Дескриптивна статистика узорка трансформисаних дневних вредности
накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010. године

<i>Параметар</i>	<i>Вредност</i>
Просечна вредност	0,00426197
Стандардна девијација	0,02616041
Коефицијент асиметрије	22,92861
Коефицијент спљоштености	742,16

Извор: обрачун аутора

Уочена одступања биће потврђена неким од најважнијих тестова нормалности, који су били примењивани приликом анализе приноса на финансијску активу у трећем делу овог рада, као и корелационим тестом и тестом момената расподеле.

Табела 4.9 Резултати тестова нормалности спроведени на узорку трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010. године

<i>Тест</i>	<i>Вредност тест статистике</i>	<i>р-вредност (ниво значајности)</i>
<i>Kolmogorov – Smirnov</i>	0,43529	0,00000
<i>Cramer – von Mises</i>	200,69	0,00000
<i>Anderson – Darling</i>	946,03	0,00000
<i>Shapiro – Wilk</i>	0,12825	0,00000
<i>Jarque – Bera</i>	75.011.040,9686	0,00000

Напомена: Ниво значајности свих спроведених тестова је 0,05.

Извор: обрачун аутора

Добијени резултати (табела 4.9) показују да се хипотеза о нормалности емпиријске расподеле вероватноће трансформисане серије дневних вредности накнаде не може прихватити. Ипак, узевши у обзир да је нормална расподела најчешће примењивана у пракси, уз уважавање ризика грешке, и у овом раду ће бити коришћена за моделирање и предвиђање ризика.

У актуарству се претпоставља да су индивидуални ризици међусобно независни. Међутим, ова претпоставка не одражава увек стање у реалности. У многим врстама неживотних осигурања међузависност ризика је кључна за представљање ефеката остварења ризика који погађају више осигураника истовремено, као што су: саобраћајне несреће, земљотреси и слично. Последишно, може се закључити да се индивидуални ризици не могу сматрати независним (Araichi, de Peretti & Belkacem, 2015). У циљу предвиђања динамике процеса исплате накнада и детерминисања резерви на нивоу који ће бити у складу са захтевима осигураника, могу се користити и

економетријски модели (Gerber, 1982). Примена ARIMA модела може допринети повећању прецизности предвиђања у актуарству (Cummins & Harrington, 1985), тако да ће у наставку рада бити испитано својство стационарности и независности променљивих у посматраној временској серији и испитана могућност да се волатилност моделира коришћењем економетријских модела.

4.3.3 Волатилност временских серија вредности накнада из осигурања имовине

Својство стационарности анализиране временске серије накнада из осигурања имовине тестирано је применом тестова, који су објашњени у трећем делу ове тезе. На основу резултата тестова утврђено је да се анализирана серија може сматрати стационарном (табела 4.10). Према *Zivot – Andrews* тесту преломна тачка у промени тренда јесте 04. март 2003. године. Велика одступања најзначајнијих метеоролошких елемената од просечних вредности, која су окарактерисала период октобар 2002. – септембар 2003. године на територији Републике Србије утицали су на огроман пад приноса житарица, који је у многим пољопривредним подручјима био преполовљен (Републички хидрометеоролошки завод, 2003). Током марта јаки пролећни мразеви и пад температуре су изазвали велике штете на повртарским културама, озимим и јарим житима и цветним пулољцима воћака пред отварањем. Ове непогоде су проузроковале веће накнаде из осигурања усева и плодова, што се може сматрати узроком преломне тачке линеарног тренда.

Табела 4.10 Резултати тестова стационарности спроведени на узорку трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010. године

<i>Тест</i>	<i>Вредност тест статистике</i>	<i>р-вредност (ниво значајности)</i>
<i>Augmented Dickey – Fuller*</i>	-37,1585	0,00000
<i>Phillips – Perron*</i>	-3270,326	0,00059
<i>KPSS**</i>	0,6531	0,00000
<i>Zivot – Andrews***</i>	-32,023 (04.03.2003. године)	0,00000

Напомена:

*Критична вредност статистике за различите нивое значајности је: -2,58 (1%), -1,95 (5%), -1,62 (10%); број доцњи у тесту одређен је применом ВИС критеријума

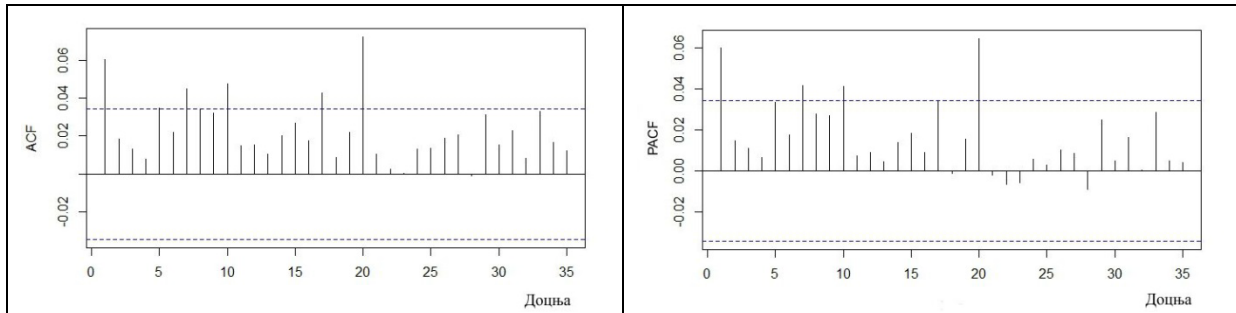
**Критична вредност тест статистике за различите нивое значајности је: 0,739 (1%), 0,463 (5%), 0,347 (10%); број доцњи у тесту за Bartlett кернел је 8

***Критична вредност тест статистике за различите нивое значајности је: -5,34 (1%), -4,8 (5%), -4,58 (10%); датум у загради представља преломну тачку (енгл. *break point*)

Извор: обрачун аутора

Графикони аутокорељације и парцијалне аутокорељације (графикон 4.3), као и резултати *Ljung-Box Q*-теста, чија је вредност тест статистике 11,812 (p -вредност 0,00059), показују да су вредности накнада из прошлости значајне за предвиђање вредности у будућности тако да постоји могућност коришћења ARMA модела у предвиђању динамике налога у будућности.

Графикон 4.3 Функција аутокорељације (лево) и парцијалне аутокорељације (десно) трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010.г.



Извор: Обрачун аутора

Како серије показују извесну аутокорељисаност, условна средња вредност се може посматрати као линеарни процес, и параметри ARMA модела су приказани у табели 4.11. Коефицијенти ARMA модела утврђени су применом функција из пакета *forecast* програмског језика R (Hyndman, 2015; Hyndman & Khandakar, 2008).

Табела 4.11 Коефицијенти ARMA модела трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010. године

<i>Коефицијент</i>	<i>ARI</i>	<i>MAI</i>
Вредност	0,0386	-0,9830
Стандардна грешка	0,0181	0,0046

Извор: обрачун аутора

Резултати *Ljung-Box* теста показују да резидуали предложеног ARMA модела имају својства белог шума, док резултати ARCH теста за доцњу 10 и ниво значајности теста 0,05 то потврђују одбацујући претпоставку о хетероскедастичности, односно ARCH ефекту, који је због природе разматраног проблема био очекиван (табела 4.12). Ипак, извесна нелинеарност ове серије доказана је непараметарским тестовима, као и тестовима који су базирани на неуронским мрежама. Резултати непараметарских тестова указују на чињеницу да резидуали модела, пак, нису независно и идентично расподељене променљиве, што оповргава претходно детерминисан линеарни модел средњих вредности. У складу са тим може се закључити да анализирани податке карактерише међузависност и нелинеарне структуре, које се не могу објаснити

стандардним економетријским моделима. Како детаљнија анализа ових својстава и њихово моделирање превазилази опсег овог рада, у предиктивном моделовању ће се користити само параметарски модели засновани на теоријским расподелама вероватноће.

Табела 4.12 Резултати тестова нелинеарности спроведени над резидуалима ARMA модела

<i>Тест</i>	<i>Вредност тест статистике</i>	<i>p- вредност (ниво значајности)</i>
<i>Ljung-Box</i> тест	0,078564	0,9999
ARCH	0,051334	0,9999
<i>Brock-Dechert-Scheinkman</i> (BDS)	20,5835	0,0000
<i>Terasvirta NN</i>	43,16	0,0000
<i>White NN</i>	44,4056	0,0000
<i>Runs Test</i>	-7,8963	0,0000

Напомена: ниво значајности (p) тестова је 0,05. Код BDS теста вредност параметара је: $m=2$, $\epsilon=1$.

Извор: обрачун аутора

Уз сва уочена ограничења, моделирање и процена вредности при ризику засниваће се на претпоставци да емпиријска функција расподеле вероватноће надокнаде штете апроксимира нормалној функцији расподеле³.

4.3.4 Реп расподеле вероватноће исплате накнаде из осигурања имовине

Адекватна процена расподеле вероватноће исплате накнаде и њихове учесталости је кључна детерминанта вероватноће пропасти. Наиван приступ за моделирање вредности накнада ослања се на сагласност безусловне емпиријске расподеле вероватноће са теоријском. Међутим, модели целокупне расподеле могу довести у заблуду менаџере ризика осигуравајућих компанија. Наиме, осигуравајуће компаније располажу историјским подацима, који за потребе анализе екстремних ризика не морају нужно бити комплетни. Готово је немогуће прикупити податке о свим штетама, а подаци о малим штетама најчешће нису од великог значаја за осигуравача. Мале штете се различитим механизмима учешћа у надокнади могу трансферисати на осигураника. Стога, осигураници нерадо пријављују овакве штете, па сет података из

³ Како примена метода максималне веродостојности, који је у овом раду коришћен за оцену параметара функција расподеле и модела ризика, често захтева сложена израчунавања, ради једноставности користи се логаритам функције веродостојности, чија је примена у случају узорка накнада из осигурања неадекватна. Примена других статистичких метода за оцену параметара у овом раду није разматрана.

објективних или субјективних разлога може бити некомплетан. У конкретном случају, узорак накнада из осигурања у, чак, 49,15% целокупног периода посматрања садржи нулте вредности (табела 4.13), које су последица неодобравања исплате накнаде по поднетом одштетном захтеву и неостварења штете у посматраном периоду.

Са друге стране, подаци који се односе на значајне ризике се најчешће издвајају (енгл. *truncate*) из укупног сета података, па се, у складу са тим, и расподела вероватноће одсеца (Hewitt & Lefkowitz, 1979; Benckert & Jung, 1974), тако да се накнаде различите вредности разматрају засебно. Уколико се има у виду структура анализираних података, у којој 97,62% укупне вредности чине дневне исплате веће од 5.000 ЕУР, може се претпоставити да је овај део скупа од посебног значаја за процену ризика осигурања. Стога ће у наставку анализа сет података чије су вредности веће од утврђеног доњег лимита (5.000 ЕУР) бити разматран као посебан скуп података.

Табела 4.13 Структура серије трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010. године

<i>Вредност налога</i>	<i>учешће у укупном броју дана %</i>	<i>учешће у укупној исплаћеној суми накнада %</i>
0	49,15	0,00
до 1.000 ЕУР	15,61	0,38
од 1.000 до 5.000 ЕУР	13,28	2,01
од 5.000 до 10.000 ЕУР	5,94	3,08
више од 10.000 ЕУР	16,02	94,54

Извор: обрачун аутора

По угледу на примењене расподеле у осигурању имовине (Burnecki, Kukla & Weron, 2000), у овом раду биће тестирана сагласност емпиријске расподеле са нормалном, Парето, гама и Вајбуловом функцијом расподеле. Параметри расподела приказани су у табели 4.14, а према вредности добијене функције веродостојности може се закључити да Парето расподела најбоље описује емпиријску расподелу вероватноће накнада. Теорија екстремних вредности ће се применити на репу расподеле који чини 10% налога највеће вредности.

Табела 4.14 Параметри функција расподела вероватноће трансформисаних дневних вредности накнада у периоду од 05.02.2002. до 31.12.2010. године

<i>Функције расподеле</i>	<i>Нормална</i>	<i>Парето</i>	<i>гама</i>	<i>Вајбулова</i>
Параметри	$\mu = 0,0235$ (0,002533)	$\alpha = 2,1905$ (0,2518437)	$\alpha = 0,7564$ (0,0389717)	$\alpha = 0,7761$ (0,021799)
	$\sigma = 0,0597$ (0,001789)	$\lambda = 0,0265$ (0,0041163)	$\beta = 32,1713$ (2,2832039)	$\beta = 0,01897$ (0,0010963)
LOGLIK	777	1.642	1.542	1.576
AIC	-1.550	-3.281	-3.081	-3.148
BIC	-1.541	-3.272	-3.072	-3.140

Извор: обрачун аутора

4.4 Анализа резултата истраживања

Приликом оцене параметара вредности под ризиком пошло се од претпоставке да емпиријска расподела вероватноће исплате накнаде из осигурања имовине следи неку од теоријских расподела разматраних у другом поглављу овог рада, а добијени резултати потврђени су применом Монте Карло симулације. На основу резултата тестирања уназад, може се закључити да у овом случају не постоје значајна одступања у резултатима који су добијени применом параметарских модела и изабране симулационе технике. Тачније, симулација је само потврдила резултат са одступањем предвиђене вредности не већим од 5% у случају VaR, односно 10% у случају ES за све интервале поверења.

Табела 4.15 Резултати теста валидности параметарских модела са нормалном и генерализованом Парето расподелом за вредновање екстремних ризика применом VaR

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}
		$CV = 3,841459$ $p = 0,05$	$CV = 5,991465$ $p = 0,05$	
95,00	0,00	-	-	1.603.230,00 €
97,50	0,00	-	-	1.612.422,00 €
99,00	0,00	-	-	1.616.174,00 €
99,50	0,00	-	-	1.617.032,00 €
99,75	0,00	-	-	1.617.382,00 €
99,90	0,00	-	-	1.617.562,00 €

Извор: обрачун аутора

Занемарујући све уочене аномалије анализираног сета података и претпостављајући да емпиријска расподела апроксимира нормалној, детерминисан је модел за процену ризика, који, у поређењу са осталим моделима, значајно потцењује екстремне ризике. VaR обрачунат на овај начин има вредност око 10 пута мању од VaR екстремних вредности и 20 пута мању од ES, па, упркос чињеници да су стварне исплате на име накнаде штета у периоду тестирања модела биле веће од предвиђене вредности VaR свега у 0,67 % случајева, овај модел се не може сматрати адекватним за процену катастрофалних штета (табела 4.16). У прилог овоме говоре и резултати тестова валидности модела, који имплицирају појаву груписања штета, која овим моделом није обухваћена на одговарајући начин.

Табела 4.16 Резултати теста валидности параметарских модела са нормалном расподелом накнада за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		$CV = 3,841459$ $p = 0,05$	$CV = 5,991465$ $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	0,67	18,52455 (0,0000)	-	167.423,50 €	-	3.508.955,00 €
97,50	0,33	9,11358 (0,0025)	-	196.584,40 €	-	3.520.730,00 €
99,00	0,33	1,81621 (0,1778)	-	230.490,20 €	-	3.520.730,00 €
99,50	0,33	0,18991 (0,66299)	-	253.577,60 €	-	3.520.730,00 €
99,75	0,33	0,07557 (0,78339)	-	274.973,70 €	-	3.520.730,00 €
99,90	0,33	1,00958 (0,31500)	-	301.181,30 €	-	3.520.730,00 €

Извор: обрачун аутора

Табела 4.17 Резултати теста валидности Монте Карло модела са нормалном расподелом накнада за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		$CV = 3,841459$ $p = 0,05$	$CV = 5,991465$ $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	0,67	18,52455 (0,00000)	-	167.376,90 €	-	3.230.817,00 €
97,50	0,33	9,11358 (0,00254)	-	196.598,60 €	-	3.241.658,00 €
99,00	0,33	1,81621 (0,17776)	-	230.425,80 €	-	3.241.658,00 €
99,50	0,33	0,18991 (0,66299)	-	253.399,30 €	-	3.241.658,00 €
99,75	0,33	0,07557 (0,78339)	-	274.185,50 €	-	3.241.658,00 €
99,90	0,33	1,00958 (0,31500)	-	300.480,50 €	-	3.241.658,00 €

Извор: обрачун аутора

Претпостављајући да осигуравајуће компаније за мале штете вредности до 5.000 ЕУР, које у укупној суми исплаћених накнада учествују са мање од 3%, располажу довољним средствима да одговоре на захтеве осигураника, узорак је подељен у циљу повећања прецизности процене ризика применом изабраних метода.

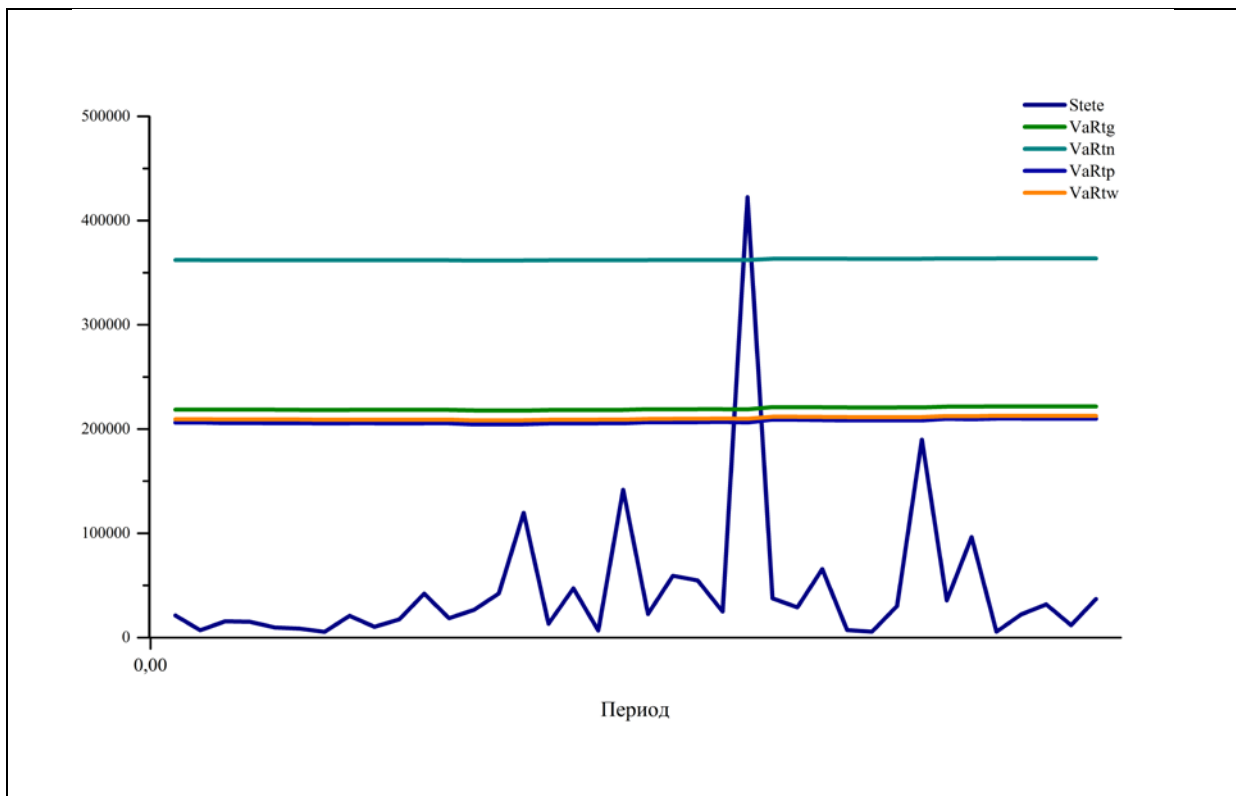
Вредност VaR добијена на одсеченом узорку и применом нормалне расподеле у оцени параметара је више од 2 пута већа од VaR добијене моделирањем целокупне расподеле накнада. Међутим, упркос томе, оцена параметара није била одговарајућа, тако да је вредност накнаде у посматраном периоду тестирања била већа од предвиђене вредности максималног губитка за ниво поверења од 95% у 2,63% случајева. То не би требало да упути на закључак да је процена недовољно добра, с обзиром на то да се прекорачења понашају као случајне променљиве (табела 4.18). Узевши у обзир и однос вредности VaR и ES за наведени интервал поверења, који прелази 120% може се констатовати да оваква оцена параметара није одговарајућа за процену екстремних ризика.

Парето расподела на много адекватнији начин обухвата својства расподеле одсеченог сета података, а њена примена у оцени параметара модела за вредновање ризика резултује смањеном вредношћу максималног очекиваног губитка за 42,90% у поређењу са претходним моделом (табела 4.20). Тестови валидности овај модел оцењују на идентичан начин као и модел са нормалном расподелом. Одступање вредности VaR за интервал поверења од 99,99% од вредности ES износи 37,35%, па се ова мера може узети у обзир и приликом процене екстремних ризика.

У случају процене параметара VaR применом гама расподеле, добијена максимална вредност накнаде је мања у односу на вредност добијену параметарским моделом са нормалном расподелом за 39,43%, али у односу на претходни модел већа за око 5%. На основу резултата тестова валидности модел се може прихватити, али не у сврхе оцене екстремних ризика с обзиром на то да се релативни однос VaR и ES креће у распону од 132,29% за ниво поверења од 95% до 127,49% за ниво поверења од 99,99% (табела 4.22).

Коначно, када је реч о вредности ризика процењеног применом параметарског модела са Вајбуловом расподелом, може се констатовати да се вредности за интервал поверења од 95% разликују за 1,60% у поређењу са вредностима добијеним применом модела на бази Парето расподеле, односно за 4,22% у поређењу са вредностима добијеним применом модела који базира на гама расподели (табела 4,24). У случају виших интервала поверења, овај модел прецењује ризик за 18,38% у односу на модел

са гама расподелом, односно за 8,58% у односу на модел са нормалном расподелом, док је у поређењу са моделом који базира на Парето расподели максимални износ накнаде потцењен за 71,21% уз исте резултате теста валидности. Ипак, релативни однос између максималних вредности накнада добијених применом VaR и ES мера ризика од 57,53% за највише интервале поверења указује на чињеницу да ни овај модел не би био адекватан у конкретном случају за процену екстремних износа накнаде.



Извор: обрачун аутора

Графикон 4.4 Предвиђена вредност VaR применом различитих параметарских модела за ниво поверења од 95%

На основу резултата свих примењених модела може се закључити да су добијене вредности максималних очекиваних накнада у извесној мери сличне (графикон 4.4). У конкретном случају у примени параметарских модела за оцену ризика у осигурању може се издвојити модел базиран на Парето расподели, који се може сматрати погодним и за вредновање екстремних ризика. Предложени и тестирани модел за вредновање екстремних ризика који базира на нормалној расподели вероватноћа у централном делу дистрибуције и генерализованој Парето расподели за репове дистрибуције није дао очекиване резултате (табела 4.15). Модел у значајној мери прецењује ризик, па се не може сматрати погодним за примену на конкретном сету података.

Табела 4.18 Резултати теста валидности параметарског модела са нормалном расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF} $CV = 3,841459$ $p = 0,05$	LR_{ind} $CV = 5,991465$ $p = 0,05$	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$ $H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	ES_{AVG}
95,00	2,63	0,5385457 (0,463036)	-	363.469,50 €	-	804.035,50 €
97,50	2,63	0,0026541 (0,958913)	-	421.125,60 €	-	883.874,80 €
99,00	0,00	-	-	488.163,30 €	-	1.093.124,00 €
99,50	0,00	-	-	533.811,20 €	-	1.144.458,00 €
99,75	0,00	-	-	576.115,00 €	-	1.278.036,00 €
99,90	0,00	-	-	627.932,10 €	-	1.365.488,00 €

Табела 4.19 Резултати теста валидности Монте Карло модела са нормалном расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF} $CV = 3,841459$ $p = 0,05$	LR_{ind} $CV = 5,991465$ $p = 0,05$	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$ $H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	ES_{AVG}
95,00	2,63	0,5385457 (0,463036)	-	363.867,40 €	-	744.543,50
97,50	2,63	0,0026541 (0,958913)	-	418.975,40 €	-	816.565,20
99,00	0,00	-	-	482.278,30 €	-	1.003.047,00
99,50	0,00	-	-	531.177,70 €	-	1.048.589,00
99,75	0,00	-	-	577.008,50 €	-	1.208.516,00
99,90	0,00	-	-	624.416,00 €	-	1.284.723,00

Извор: обрачун аутора

Табела 4.20 Резултати теста валидности параметарског модела са Парето расподелом наканда већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		$CV = 3,841459$ $p = 0,05$	$CV = 5,991465$ $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	2,63	0,5385457 (0,463036)	-	207.533,50 €	-	460.720,40 €
97,50	2,63	0,0026541 (0,958913)	-	331.646,10 €	-	655.691,60 €
99,00	0,00	-	-	594.001,70 €	-	1.257.253,00 €
99,50	0,00	-	-	908.223,50 €	-	1.631.525,00 €
99,75	0,00	-	-	1.377.016,00 €	-	2.586.058,00 €
99,90	0,00	-	-	2.367.980,00 €	-	3.252.500,00 €

Извор: обрачун аутора

Табела 4.21 Резултати теста валидности Монте Карло модела са Парето расподелом наканда већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF}	LR_{ind}	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$	ES_{AVG}
		$CV = 3,841459$ $p = 0,05$	$CV = 5,991465$ $p = 0,05$		$H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	
95,00	2,63	0,5385457 (0,463036)	-	210.064,30 €	-	501.602,00 €
97,50	2,63	0,0026541 (0,958913)	-	334.914,90 €	-	727.055,10 €
99,00	0,00	-	-	579.237,00 €	-	1.303.249,00 €
99,50	0,00	-	-	914.303,20 €	-	1.781.916,00 €
99,75	0,00	-	-	1.382.650,00 €	-	2.786.375,00 €
99,90	0,00	-	-	2.258.144,00 €	-	3.265.836,00 €

Извор: обрачун аутора

Табела 4.22 Резултати теста валидности параметарског модела са гама расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика
применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF} $CV = 3,841459$ $p = 0,05$	LR_{ind} $CV = 5,991465$ $p = 0,05$	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$ $H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	ES_{AVG}
95,00	2,63	0,5385457(0,463036)	-	220.137,10 €	-	511.364,00 €
97,50	2,63	0,0026541(0,958913)	-	281.386,80 €	-	609.172,00 €
99,00	2,63	0,7054426(0,400961)	-	363.904,70 €	-	808.604,00 €
99,50	0,00	-	-	427.167,50 €	-	961.665,00 €
99,75	0,00	-	-	490.972,80 €	-	1.093.124,00 €
99,90	0,00	-	-	575.968,70 €	-	1.310.255,00 €

Извор: обрачун аутора

Табела 4.23 Резултати теста валидности Монте Карло модела са гама расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика
применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF} $CV = 3,841459$ $p = 0,05$	LR_{ind} $CV = 5,991465$ $p = 0,05$	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$ $H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	ES_{AVG}
95,00	2,63	0,5385457(0,463036)	-	220.090,50 €	-	511.570,10 €
97,50	2,63	0,0026541(0,958913)	-	281.041,80 €	-	611.875,60 €
99,00	2,63	0,7054426(0,400961)	-	362.586,70 €	-	805.675,50 €
99,50	2,63	1,71894(0,189829)	-	426.808,30 €	-	951.867,90 €
99,75	0,00	-	-	487.985,70 €	-	1.080.813,00 €
99,90	0,00	-	-	564.954,40 €	-	1.267.696,00 €

Извор: обрачун аутора

Табела 4.24 Резултати теста валидности параметарског модела са Вајбуловом расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF} $CV = 3,841459$ $p = 0,05$	LR_{ind} $CV = 5,991465$ $p = 0,05$	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$ $H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	ES_{AVG}
95,00	2,63	0,5385457(0,463036)	-	210.853,10 €	-	502.402,80 €
97,50	2,63	0,0026541(0,958913)	-	282.458,60 €	-	614.409,30 €
99,00	2,63	0,7054426(0,400961)	-	385.746,10 €	-	834.425,50 €
99,50	0,00	-	-	469.719,10 €	-	1.045.927,00 €
99,75	0,00	-	-	558.268,90 €	-	1.278.036,00 €
99,90	0,00	-	-	681.806,10 €	-	1.605.547,00 €

Извор: обрачун аутора

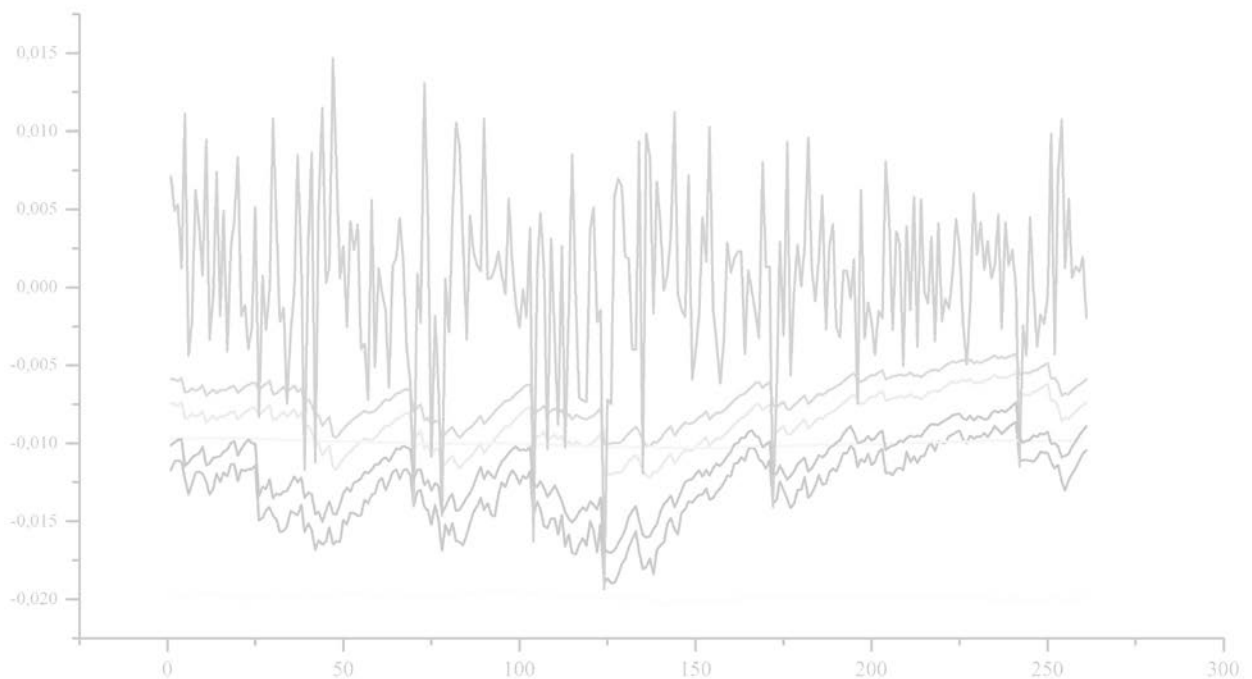
Табела 4.25 Резултати теста валидности Монте Карло модела са Вајбуловом расподелом накнада већих од 5.000 ЕУР за вредновање ризика применом VaR и ES

ниво поверења %	% одступања	LR_{POF} $CV = 3,841459$ $p = 0,05$	LR_{ind} $CV = 5,991465$ $p = 0,05$	VaR_{AVG}	$ES_{p-value}$ $H_0 =$ Пробоји VaR су iid са $\mu = 0$	ES_{AVG}
95,00	2,63	0,5385457(0,463036)	-	210.553,70 €	-	503.809,40 €
97,50	2,63	0,0026541(0,958913)	-	282.947,50 €	-	618.966,50 €
99,00	2,63	0,7054426(0,400961)	-	383.745,40 €	-	837.042,60 €
99,50	0,00	-	-	465.769,30 €	-	1.057.779,00 €
99,75	0,00	-	-	549.743,50 €	-	1.224.054,00 €
99,90	0,00	-	-	668.022,00 €	-	1.537.902,00 €

Извор: обрачун аутора

ПОГЛАВЉЕ V

Управљање екстремним ризицима у финансијама и осигурању



5.1 Проактивни менаџмент екстремних ризика

Општеприхваћена чињеница да су кризне и ванредне ситуације постале део свакодневног живота, као и да се њихова учесталост и последице дејства повећавају и угрожавају безбедност људи и критичне инфраструктуре¹, навела је регулаторе да конкретизују планове, који имају за циљ да (Јаковљевић & Гачић, 2012): (1) идентификују елементе критичности и рањивости различитих инфраструктура државе, (2) дефинишу мере за смањење рањивости, (3) дефинишу планове за кризне и ванредне ситуације и послекризни опоравак, (4) подстакну развој сарадње јавних и приватних ентитета у погледу заштите критичне инфраструктуре, и (5) подрже међународну сарадњу. Сложени и бројни друштвени утицаји, као и утицај различитих аспеката проблема безбедности (Милосављевић, 2014; Марковић, 2012), генерисали су нове приступе у сфери кризног менаџмента. Развој модерних концепата система управљања ванредним ситуацијама пролазио је кроз неколико фаза: (1) од концепта који је био фокусиран на континуитет функционисања државних органа (енгл. *Continuity of Government*), (2) преко програма свеобухватног упављања ванредним ситуацијама (енгл. *Comprehensive Emergency Management*), који се преоријентисао на грађане и друштво, (3) до модела интегрисаног управљања ванредним ситуацијама (енгл. *Integrated Emergency Management System*) (Гаћић & Јаковљевић, 2014). Овај програм наглашава значај цивилне заштите и интегрисане сарадње различитих субјеката и нивоа државне управе са циљем да свака надлежна инстанца има јасно дефинисану улогу у систему, што омогућава развој спремности за одговор у ванредним ситуацијама. Узевши у обзир већ истакнути утицај катастрофалних ризика за опстанак и функционисање друштвених заједница, али и трошкове финансирања последица, у овом делу рада биће истакнут значај превентивних мера на изградњи отпорности друштвене заједнице. Мере и активности у оквиру проактивног менаџмента екстремних ризика имају за циљ смањење рањивости друштвених и инфраструктурних система на дејства катастрофалних ризика. Посебан део рада биће посвећен анализи

¹ Према ЕУ Директиви 2008/114/ES критична инфраструктура представља имовину, систем или његов део који се налази на територији земље чланице и који је неопходан за одржавање кључних друштвених функција, здравства, безбедности, сигурности, економског или социјалног благостања, а чије би ометање или уништење имало значајан утицај на земљу чланицу. Европска критична инфраструктура подразумева критичну инфраструктуру лоцирану на територији земље чланице, чије би ометање или уништење имало значајан утицај на бар две земље чланице. Значај поремећаја у функционисању елемената критичне инфраструктуре треба да се процени на основу критеријума међузависности. То подразумева ефекте настале као резултат међусекторске зависности од других типова инфраструктуре. Стога се може закључити да је дефинисање оквира критичне инфраструктуре различито у многим земљама, а преглед дефиниција се може наћи у раду аутора Шкоро и Атељевић (2015).

система националне заштите и спасавања Републике Србије и националним капацитетима за управљање катастрофалним ризицима.

5.1.1 Изградња отпорности друштвене заједнице

Посматрано са аспекта друштвених наука, катастрофе се могу сматрати социјалним конструкцијама, које представљају манифестацију рањивости модерног друштва (Милашиновић & Кешетовић, 2011). Упркос истраживачким напорима и мерама и политикама државе, стање друштвених заједница у другој половини прошлог века указало је на чињеницу да редукција рањивости на природне катастрофе није достигла очекивани ниво. Насупрот томе, директни и индиректни губици од последица дејства катастрофалних ризика су се повећавали, као и рањивост заједнице под утицајем следећих фактора (White & Naas, 1975): (1) процеса субурбанизације, при чему се повећава број становника настањених у сеизмичким и приморским зонама и подручјима која су незаштићена од поплава, (2) стамбене мобилности, коју карактерише сељење у области у којима људи нису упознати са ризицима ни начинима за заштиту од њиховог деловања, (3) лоцирање пословних капацитета корпорација у ризичним областима услед могућности смањења трошкова пословања, и (4) повећање удела мобилних стамбених објеката у структури укупних стамбених јединица. Подстичући препознавање и разумевање односа између природног система и друштвене заједнице, као и значаја дотадашњих пракси у управљању катастрофама, регулатори све више истичу значај превенције наспрам санације. У циљу изградње одрживих друштвених заједница долази до промене у схватању циља управљања катастрофама, тако да је приоритет постао изградња отпорности заједница на ризике (Mileti, 1999). Узевши у обзир примарно еколошки, али уз уважавање друштвено-политичког аспекта, као и политичке економије, може се говорити о три модела за изградњу одрживих и отпорних заједница (Tobin, 1999): модел умањења (енгл. *mitigation*) (Waugh, 1996), модел опоравка (Peacock & Ragsdale, 1997) и структурално-когнитивни модел (Tobin & Montz, 1997).

Програми умањења изложености ризику кључни су за изградњу отпорних заједница. Тако, на пример, изградња насипа може заштити заједнице људи лоциране у плавним зонама и умањити ризик од поплава у конкретним подручјима. Међутим, успешност овог модела није загарантована, и у наведеном случају зависи од примењених стандарда за квалитет градње. Стога се сматра да ефективна

имплементација овог модела у изградњи отпорних друштвених заједница захтева и поштовање одређених услова, и то (Waugh, 1996): (1) теоријска заснованост модела треба да уважава везе између природног и социоекономског система, (2) извршење предвиђених задатака или програма треба да буде додељено телима са одговарајућим ресурсима, (3) програмом треба да руководи лидер са израженим управљачким и политичким вештинама, (4) циљеви програма морају бити адекватни и јасни, (5) обавеза извршавања програма мора бити подржана од стране целокупне заједнице, и (6) ови програми треба да буду спровођени континуирано током дужег временског периода. Испуњеност наведених захтева обезбеђује успех у изградњи отпорних друштвених заједница на катастрофалне ризике.

Уколико се има у виду ограниченост ресурса, онда није могуће говорити о смањењу изложености дејству свих ризика, што значи да ће одређене заједнице, због карактеристика локације на којој су насељене, остати изложене специфичним ризицима. У таквим условима фокус је на опоравку и релевантним факторима који омогућавају опоравак, а који не представља само рестаурацију физичких капацитета на првобитни ниво, већ захтева дугорочни рехабилитациони процес на који утичу преовлађујући друштвено-економски услови и структурална ограничења (Tobin & Montz, 1994). За опоравак друштвене заједнице неопходно је разумевање (Peacock & Ragsdale, 1997): (1) процеса поновне акумулације капитала и физичке инфраструктуре, (2) политике и програма владиних агенција, невладиних организација и привредних субјеката, и (3) начина расподеле ресурса. Према овом моделу се може сматрати да је опоравак домаћинства одраз опоравка друштва у целини и ефеката поновне акумулације капитала и релевантне инфраструктуре, а да обим дејства катастрофа указује на степен развијености друштвене заједнице, јер се сматра да су напори за њихову превенцију учињени раније. При томе и програм опоравка треба да буде такав да допринесе развоју друштвене заједнице и одржању једнакости права, јер нису све социјалне групе подједнако рањиве на ризике. У посебном положају налазе се маргинализоване друштвене групе, али и државе у развоју, јер финансирање последица катастрофалних ризика у овим друштвеним заједницама има високе опортунитетне трошкове, с обзиром на то да се ослања на реалоцирање буџетских средстава са приоритетних развојних пројеката на фондове за санацију и опоравак након катастрофа.

Модел свеобухватног планирања одрживости друштвене заједнице предлаже и трећи филтер, који инкорпорира структуралне промене и прилагођавање

потенцијалном дејству ризика на дневном нивоу. Овакве модификације оквира за изградњу отпорности заједнице редукују ефекте ограничења за спровођење програма превенције, који могу бити, поред већ познатих, структурални и когнитивни. Когнитивна ограничења односе се на психолошку перцепцију превенције од катастрофалних ризика, па се може закључити да старост, структура породице, ниво богатства, пол, етничка припадност, ниво образовања и низ других фактора, могу допринети или онемогућити превентивне активности (Ollenburger & Tobin, 1998).

На основу захтева ових модела може се закључити да одрживе и отпорне друштвене заједнице имају следеће карактеристике (Tobin, 1999): (1) смањен ниво ризика којем су изложени сви чланови заједнице услед редуковања изложености геофизичким процесима, (2) смањен ниво рањивости свих чланова заједнице, (3) дугорочно планирање одрживости и отпорности заједнице у глобализованом окружењу, (4) висок ниво подршке плановима за одрживост и отпорност заједнице од стране одговорних тела, (5) сарадња, партнерство и јачање мрежа на свим нивоима заједнице у циљу изградње одрживости и отпорности. Међутим, да би се једна друштвена заједница могла сматрати отпорном и одрживом, неопходно је да и њени подсистеми буду отпорни и одрживи. Посматрано са аспекта кључних функција заједнице, можемо говорити о следећим подсистемима: еколошком, економском, друштвеном и државном подсистему и физичкој инфраструктури (Longstaff et al., 2010), док процес глобализације овом проблему додаје и међународну компоненту.

У контексту повећане глобалне међузависности, неопходно је успоставити интензивну међународну сарадњу, подстицајно међународно окружење и фондове како би се допринело развоју знања, капацитета и мотивације за смањење ризика од катастрофа на свим нивоима, а посебно у државама у развоју. Важност истицања напора ка смањењу катастрофалних ризика на глобалном и регионалном, као и на националном и локалном нивоу, призната је кроз многе мултилатералне оквире и стратешке документе, на шта указују резолуције Генералне скупштине, Економског и социјалног савета и Савета безбедности УН. У решавање овог питања укључен је велики број тела, попут UNDP, Канцеларије Високог комесара за људска права, UNICEF, UNEP, UNESCO, UNHCR, Habitatat UN, FAO, WFP, WHO, али и других специјално формираних тела, аранжмана и програма, какви су Канцеларија за координацију хуманитарних послова (енгл. *Office for Coordination of Humanitarian Affairs* – ОСНА), и Међуресорски секретаријат Међународне стратегије за смањење ризика од катастрофа (енгл. *UN Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for*

Disaster Reduction – UNISDR)². Посебан значај има ангажовање хуманитарних организација, попут Међународне федерације Црвеног крста и Црвеног полумесеца, као и међународних невладиних организација, али и Светске банке.

Ова област је од кључног интереса УН претходних неколико деценија, а напори међународних тела конкретизовани су на три до сада одржане конференције о смањењу ризика од природних катастрофа:

- 1994. године у Јокохами одржана је Прва светска конференција на којој је усвојена „Стратегија из Јокохаме: Смернице за превенцију природних катастрофа, припремљеност и ублажавање“, са Акционим планом³;

- 2005. године у граду Хјого је одржана Друга светска конференција на којој је усвојен „Хјого оквир за деловање 2005-2015: Развој отпорности нација и заједница на катастрофе“, и

- 2015. године у граду Сендаи одржана је Трећа светска конференција на којој је усвојен „Сендаи оквир за смањење ризика од катастрофа 2015-2030“.

Узимајући у обзир искуство стечено током спровођења „Јокохама стратегије“ и „Хјого оквира“ (Tozier de la Poterie & Baudoin, 2015), „Сендаи оквир“ има шири и усредсређен превентивни приступ, који је заснован на мултисекторском концепту и укључивању свих заинтересованих актера у имплементацију политика, планова и стандарда. Деловање држава на локалном, националном, регионалном и глобалном нивоу фокусирано је на четири приоритетне области (UN, 2015):

(1) *разумевање катастрофалних ризика*, за чију реализацију на националном и локалном нивоу је важно прикупљати, анализирати, управљати и користити релевантне податке и практичне информације о ризицима, угрожености, капацитетима, изложености, карактеристикама опасности и њиховим ефектима. На глобалном и регионалном нивоу потребно је унапредити развој научно заснованих методологија и алата за бележење података, затим формирати базе података о катастрофалним

² Аналитички приказ међународне сарадње у области смањења ризика од катастрофа може се наћи у раду аутора Милосављевића, Б. (2015). Међународна сарадња у области смањења ризика од катастрофа. *Правни записи*, VI (1): 52-84.

³ Прва светска конференција о смањењу природних катастрофа одржана је током Међународне декаде за смањење природних катастрофа, када је званично покренута иницијатива за изградњу одрживих и отпорних друштвених заједница. Након усвајања Стратегије из Јокохаме, Економски и социјални савет и Генерална скупштина УН су 2000. године усвојили Међународну стратегију за смањење катастрофа. У Миленијумској декларацији донетој, такође, 2000. године утврђена је намера јачања сарадње у превенцији и заштити од катастрофалних ризика, а 2002. године усвојен је Јоханесбуршки план имплементације.

ризицима, унапредити моделирање и методе процењивања ризика, као и системе за рано упозоравање, уз константно промовисање и унапређење међународне сарадње.

(2) *јачање система управљања ризицима од катастрофа*, захтева постојање јасне визије, планова, стручности, смерница и координације унутар и широм сектора, као и учешће релевантних заинтересованих страна. У том циљу, на националном и локалном нивоу потребно је усвојити и спроводити стратегије и планове за смањење катастрофалних ризика, проценити техничке, финансијске и административне капацитете за управљање ризицима и делегирати улоге и задатке свим учесницима, али и подстицати развој стандарда квалитета. На међународном нивоу је неопходно поштовати међународне стратегије, подстицати сарадњу, заједничко учење и размену информација и добрих пракси.

(3) *улагање у смањење катастрофалних ризика у циљу јачања отпорности*, подразумева јавне и приватне инвестиције за спречавање и смањење катастрофалних ризика кроз структурне и неструктурне мере. Реч је о расподели ресурса, али и промовисању механизма за трансфер ризика како би се смањили финансијски утицаји катастрофа. Јачање отпорности на ризике се подстиче на свим нивоима – индивидуалном, корпоративном, националном и међународном, при чему се посебно истиче значај руралног развоја, здравствених система, друштвених сигурносних мрежа, финансијског система итд.

(4) *унапређење спремности за делотворно реаговање у случају катастрофе и „изградња бољег система од оног пре катастрофе“ у току обнове, санације и реконструкције*. Наиме, повећана учесталост и интензитет дејства катастрофалних ризика, укључујући повећану изложеност људи и имовине, указује на потребу за даљим јачањем мера које треба предузети у очекивању догађаја, спремности за реаговање у случају катастрофа и обезбеђење капацитета за обнављање, рехабилитацију и реконструкцију. У том циљу од кључног је значаја промовисање редовне спремности за катастрофе, отпорности кључне инфраструктуре, сарадње различитих институција и унапређење регулативе на свим нивоима.

Међутим, упркос свим напорима међународне заједнице, у пракси се дешава да доносиоци одлука примењују поједностављена правила за одлучивање, која се заснивају на процени краткорочних користи и трошкова занемарујући дугорочне ефекте улагања у редукцију ризика због бројних ограничења (Kunreuther & Neal, 2012). Основно ограничење проактивног управљања катастрофалним ризиком јесте расположивост финансијских средстава, које је у случају привреда у развоју и

одлучујући фактор (Cummins & Mahul, 2008). У случају развијених привреда и имућнијих појединаца, ограничење средстава више није фактор који детерминише могућности повећања отпорности система, већ преференције доносиоца одлука према ризику и потрошњи, што је детаљно објашњено у првом делу овог рада.

У зависности од облика функције корисности, појединац ће донети одлуку о инвестирању расположивих средстава у превентивне мере заштите уколико је вероватноћа настанка катастрофалног ризика већа од унапред одређеног прага (Roy, 1952). С обзиром на то да је реч о ризицима чија је вероватноћа настанка врло мала, неадекватна процена је врло често узрок прихватања краткорочних решења уместо дугорочних, или одлагања спровођења превентивних активности.

5.1.2 Систем националне заштите и спасавања у ванредним ситуацијама у Републици Србији

Област управљања катастрофалним ризицима у Републици Србији свеобухватно је уређена Законом о ванредним ситуацијама („Службени гласник РС“, број 111/09), док су поједине области које могу имати утицаја на животну средину и безбедност грађана уређене посебним законима. Према овом закону појам ванредне ситуације дефинисан је као стање када су ризици и претње или последице катастрофа, ванредних догађаја и других опасности по становништво, животну средину и материјална добра таквог обима и интензитета да њихов настанак или последице није могуће спречити или отклонити редовним деловањем надлежних органа и служби. Ванредне ситуације могу бити проузроковане елементарним непогодама, техничко-технолошким несрећама, терористичким нападима, ратним и другим већим несрећама. У таквим ситуацијама неопходна је употреба додатних мера и средстава, које у Републици Србији обезбеђује систем националне заштите. Иако је део система националне безбедности, систем заштите и спасавања повезује бројне субјекте, и то: (1) органе државне управе, аутономне покрајине и јединица локалне самоуправе, (2) привредна друштва, друга правна лица и предузетнике, и (3) грађане, групе грађана, удружења, професионалне и друге организације. Сви субјекти су укључени у спровођење превентивних и оперативних мера, као и у извршавању задатака заштите и спасавања људи и добара од последица катастрофалних догађаја, укључујући и мере опоравка од тих последица, при чему се захтева поштовање основних начела заштите и спасавања (Закон о ванредним ситуацијама, 2009., члан 5):

- начело права на заштиту, којим се налаже да свако има право на заштиту, а заштита и спасавање људских живота имају предност над свим осталим активностима,
- начело солидарности, према коме сви субјекти имају обавезу да учествују у заштити и спасавању у складу са својим могућностима и способностима,
- начело јавности, којим се обезбеђује транспарентност података о опасностима и деловању у ванредним ситуацијама,
- начело превентивне заштите, којим се приоритет даје превентивној заштити од катастрофалних ризика, и
- начело одговорности, по коме свако лице сноси одговорност за спровођење мера заштите и спасавања од катастрофалних ризика.

На основу овог закона донета је Национална стратегија заштите и спасавања у ванредним ситуацијама („Службени гласник РС“, број 86/2011), којом су дефинисани и одређени национални механизми координације и смернице програма за смањење катастрофа узрокованих природним појавама и опасности од несрећа, заштита, одговор и санација последица. Приликом израде ове стратегије у обзир су узета сва релевантна национална и међународна документа и стратегије ЕУ, како би се обезбедило испуњење препорука за развој система националне заштите. Међутим, спроведене анализе указују на низ недостатака постојећег система заштите и спасавања, и то (Национална стратегија заштите и спасавања у ванредним ситуацијама, 2011):

(1) институционално-организациони, који се односе на непостојање услова за доследну примену прописа. Бројни законски прописи, којима се директно или индиректно, регулише функционисање система заштите, не дефинишу јасно и прецизно појам критичне инфраструктуре. Такође, нису одређени ни субјекти који би сносили одговорност за заштиту критичне инфраструктуре. Организација спровођења превентивних мера је неодговарајућа, а додатно ограничење представља и неажурност специјализованих катастара, па је, тако, на пример, изостало формирање свеобухватне и ажурне базе о количини опасног отпада, који ствара индустрија. Захтев Интегралног регистра загађивача и законску обавезу о редовном извештавању о отпаду испунило је свега 600 предузећа (Стратегија управљања отпадом за период 2010 - 2019. године, „Службени гласник РС“, број 29/10), тако да је у припреми успостављање информационог система, који ће омогућити ефикасно прикупљање и анализу података, као и доступност информација јавности. Поред тога, на територији Републике Србије не постоји ни једна локација за одлагање опасног отпада, а ни овлашћена постројења за третман опасног отпада.

(2) материјално-технички, који се превасходно огледају у незадовољавајућем нивоу саобраћајне и друге инфраструктуре, која је у Републици Србији смањеног квалитета због недостатка инвестиција и недовољног одржавања. Важан сегмент посебних циљева Стратегије развоја железничког, друмског, водног, ваздушног и интермодалног транспорта у Републици Србији од 2008. до 2015. Године („Службени гласник РС“, бр. 4/2008) представља благовремено разматрање и припрема за брзу примену и реализацију саобраћајних и транспортних планова за ванредне ситуације. У оквиру тога, поред реконструкције мреже саобраћајница, предвиђа се и инвестирање у опрему, средства и возила служби за реаговање у ванредним ситуацијама, која су према новијим проценама застарела и непоуздана. Постојећа опрема и возила, посебно она која су неопходна за техничке интервенције са опасним материјама, не задовољавају потребе за ефикасно деловање на територији Републике Србије и то како у погледу броја тако и у погледу територијалне распоређености. Недовољна финансијска средства, која потичу из буџета Републике Србије, буџета јединица територијалне аутономије и буџета јединица локалне самоуправе, као и Буџетског фонда за ванредне ситуације, не омогућавају адекватно функционисање система превентиве и заштите, па је учешће међународних фондова од великог значаја.

(3) сарадња, координација и расположивост информација је од суштинског значаја за функционисање интегрисаног система заштите. Међутим, чврста сарадња субјеката у случају система заштите и спасавања у Републици Србији изостаје и то како у организацији превентивних активности, тако и у организацији активности спасавања. Највећи недостатак система представља недовољна сарадња научних и истраживачких институција и директних корисника истраживања, упркос финансирању пројеката од стране Министарства просвете и науке Републике Србије, који су за циљ имали унапређење система заштите и спасавања. Адекватна координација и сарадња не постоји ни између субјеката система заштите и спасавања током ванредних ситуација, а укључивање државе у међународне и глобалне система подразумева и интензивнију сарадњу са међународним институцијама.

(4) људски ресурси и едукација нису на очекиваном нивоу са аспекта броја кадрова, њихове специјализованости, квалификованости и спремности за преузимање активне улоге у систему заштите и спасавања.

Реализација Националне стратегије заштите и спасавања у ванредним ситуацијама има за циљ приоритетизацију смањења ризика од катастрофа на националном и локалном нивоу. Смањење фактора ризика условљено је развијеношћу

система за идентификовање, процену и праћење ризика и система раног упозоравања. Поврх тога, неопходно је изградити културу безбедности и отпорности на свим нивоима базираном на знању, иновацијама и образовању. Спровођење Акционог плана ове стратегије је у надлежности Владе Републике Србије, која плански повезује делове система и задатке у јединствену целину, јер ефективно управљање катастрофалним ризиком захтева заједничко деловање кључних учесника из различитих националних министарстава, канцеларија и агенција на свим нивоима.⁴

5.2 Традиционални механизми трансфера ризика

Управљање ризиком добија потпуно нову димензију када је реч о катастрофалним ризицима, чије дејство може потпуно уништити имовину физичких и правних лица и угрозити животе људи. Традиционални механизми, попут задржавања ризика и формирања резерви, не могу надокнадити могућу штету, тако да се ризици овог интензитета трансферишу. Одлуку о преношењу ризика на друга лица (осигураваче) у корпорацијама одређује низ фактора: могућност редуковања финансијске нестабилности, могућност решавања агенцијског проблема, али и уштеде у порезу (Gron, 1999). Међутим, понуда осигуравача у зависности од изложености дејству катастрофалних ризика може бити ограничена без адекватног реосигурања или могућности даљег трансфера ризика. Реосигурањем осигуравачи преносе делове или ризик у целости који су прихватили у осигурање од осигураника, чиме се унапређује дисперзија ризика, јер је реосигурање, посебно катастрофалних ризика, међународни посао (Njegomir, 2011). Цедирањем ризика осигуравајућа компанија редукује ниво ризика сопственог пословања, при том ослобађајући капацитете за повећање понуде услуга осигурања. Ипак, и осигуравачи у управљању катастрофалним ризицима покушавају да пронађу баланс између цене реосигурања и приноса од основне делатности, па и ова врста осигурања и реосигурања пролази кроз одређене циклусе. Повећање вероватноће настанка катастрофалног ризика повећава цену реосигурања, али у том случају осигуравајуће компаније, упркос повећаном ризику, повећавају ниво самопридржаја, ограничавају понуду и уместо реосигурања повећавају сарадњу са другим осигуравачима, односно приоритет дају саосигурању. Приликом трансфера

⁴ Преглед националног законског, стратешког и институционалног оквира за управљање ризицима од природних катастрофа дат је у раду аутора Цветковић, Д., Ђорђевић, С., Вукашиновић, М. (2015). Законски, стратешки и институционални оквир управљања ризиком од природних непогода. *Зборник радова са Трећег научно-стручног скупа Политехника-2015*, стр. 135-140.

ризика у реосигурање, реосигуравачи се суочавају са проблемима моралног хазарда и негативне селекције, као и осигуравачи приликом послова осигурања. А поред ових ограничења, врло често је трансферисање ризика традиционалним механизмима ограничено регулаторним оквирима у оквиру којих послују осигуравачи и реосигуравачи, као и капацитетом тржишта осигурања и реосигурања (Cutler & Zeckhauser, 1999).

5.2.1 Осигурање од катастрофалних ризика

Упркос улози и значају које осигурање има у заштити од ризика како појединачно тако и друштва у целини (Авдаловић, Петровић и Станковић, 2016, стр. 79-89), након неколико великих катастрофа током претходних деценија, приватне осигуравајуће компаније све чешће ове ризике третирају као неосигурљиве. У литератури се наводи неколико фактора који ограничавају осигурање ове врсте ризика (Jaffee & Russell, 1997): (1) негативна селекција и морални хазард, (2) величина ризика, и (3) вероватноћа настанка ризика која онемогућава прецизно актуарско моделирање премија и резерви осигуравајуће компаније. Ипак, утицај ових фактора данас може бити дискутабилан. Имперфекције тржишта осигурања, као што су негативна селекција и морални хазард у знатно мањој мери могу утицати на осигурљивост катастрофалних ризика. Вероватноћа настанка ризика, као и обим последица, није приватна информација неке од уговорних страна, нити, пак, иједна страна може утицати на његов настанак. Са друге стране, величина ризика и вероватноћа његовог настанка нису били препрека осигурања оваквих ризика у прошлости⁵. Стога се може закључити да је основни услов за осигурање ових ризика расположивост додатног капитала, којим се обезбеђује први ниво заштите и финансирања штета уколико дође до остварења ризика. Хомогене заједнице ризика, које се формирају ради утврђивања фер премије из које би се надокнадили очекивани губици у посматраном периоду, не обухватају екстремне ризике. Премије обрачунате на тај начин повећавају ризик довољности премије, односно могућности да накнаде у будућности буду веће од очекиваних, па је неопходно утврдити посебне фондове за надокнаду оваквих штета. Детерминисање посебних резерви (на пример: резерви за катастрофалне штете, резерви за изравнање

⁵ Један од најстаријих облика осигурања јесте осигурање робе и превозних средстава у поморском транспорту. Ова врста осигурања, уопштено посматрано, може генерисати највеће губитке, а методологија за поуздану процену вероватноће ризика није одувек била доступна. Упркос томе, ова врста осигурања је настала још у време старих Грка и Вавилонца, а процват доживела у Великој Британији у 17. веку.

ризика и резервисане штете) у осигуравајућим компанијама је, пак, ограничено институционалним одредбама пословања савременог осигурања, и то како рачуноводственим стандардима и регулативом из области осигурања, тако и специфичностима државних закона.

Резерве за изравнање ризика се формирају са циљем временског изравнања тока штета и, уз стандардно одређену маргину солвентности, представљају фонд за ублажавање или неутралисање последица високих флукуација штета. Обрачунавају се у појединим врстама неживотних осигурања, с тим што су обавезна компонента техничких резерви код осигурања кредита. Ове резерве се обрачунавају на годишњем нивоу уз могућност увећања, уколико је остварен позитиван нето пословни резултат у претходном обрачунском периоду, односно умањења у супротном случају. Када је реч о катастрофалним ризицима, најчешће се дешава да је вредност одштетних захтева испод очекиване вредности, док се само у малом броју случајева дешава да вредност одштетних захтева буде толико велика да се не може надокнадити из наплаћених премија. Последично се намеће питање употребе капитала уместо резерви у таквим околностима. Међутим, неизвесност прибављања додатног капитала, као и његова цена, може повећати ризик банкротства, што доводи до повећања цене сопственог капитала, али и премијских стопа, па се може закључити да је улога резерви за изравнање ризика вишеструка. Поред предности за осигуранике и акционаре осигуравајуће компаније, ове резерве, које као рачуноводствена категорија умањују пореску основицу, најчешће нису у складу са рачуноводственим стандардима, што доводи до конфликта између регулативе осигурања и рачуноводствене регулативе.

Регулатона тела у САД све до реформе рачуноводствених стандарда у области осигурања 2014. године нису обесхрабивала праксу осигуравајућих компанија да формирају додатне резерве. Међутим, прописи држава у погледу опорезивања ову конвенционалну технику управљања катастрофалним ризицима чинили су скупљом алтернативом. Реч је о томе да се ови фондови третирају као вишак расположивих средстава, који може бити искоришћен у различите сврхе, тако да регулатори на овај начин правдају своје захтеве за смањењем премија осигурања. Федерална влада, настојећи да избегне злоупотребе ових резерви у сврхе смањења пореског оптерећења, повећање резерви као и принос на ове резерве третира као елементе пореске основице (Klein & Wang, 2009), што свеукупно утиче на одлуку осигуравајућих компанија да редукују понуду ове врсте осигурања. Насупрот томе, осигуравајуће компаније у ЕУ су у највећем броју држава имале дозволу или је од њих захтевано да формирају резерве

за изравнање ризика, упркос чињеници да умањују пореску основицу (U.S. General Accountability Office, 2005). Под таквим околностима, осигуравајуће компаније у САД су се налазиле у неповољном положају, па су у управљању катастрофалним ризицима углавном употребљавале методе просторне диверсификације ризика и могућности алокације додатних финансијских средстава на рачуне фондова за посебне намене (трустове). Иако просторна диверсификација ризика значајно смањује позитивну корелацију катастрофалних ризика, не омогућава формирање савршено диверсификованог портфолија услуга осигуравајуће компаније. С обзиром на то да чак и минимална корелација у случају настанка оваквог ризика може имати ефекте на више линија осигурања, компаније се и поред диверсификације одлучују да држе одређена средства на посебним рачунима одакле их могу повлачити само у случају исплате одштетних налога приликом настанка осигураног катастрофалног ризика (Kousky & Cooke, 2012).

Тенденција хармонизације рачуноводствених стандарда довела је до усаглашавања третмана резерви за изравнање ризика на глобалном нивоу. По угледу на измењени МСФИ 4 – Уговори о осигурању, који не признаје као обавезу ниједно резервисање за будућа потраживања, ако се та потраживања јаве у уговорима о осигурању који не постоје на крају извештајног периода (као што су резервисања за непогоде или изједначења) (МСФИ 4, параграф 14⁶), Савет за финансијско извештавање (енгл. *Financial Reporting Council* – FRC) марта 2014. године доноси СФИ 103 – Уговори о осигурању, као допуну постојећем СФИ 102 – Стандард финансијског извештавања примењен у УК и Републици Ирској. СФИ 103 предвиђа да, уколико државни регулаторни оквир другачије не захтева, резервисања за будуће одштетне захтеве, која нису пројектована на основу постојећих уговора о осигурању, се не могу евидентирати као обавезе осигуравајуће компаније. Међутим, иако у значајној мери усаглашени међусобно, рачуноводствени стандарди и даље остају неусаглашени са регулативом из области осигурања и специфичним државним регулаторним захтевима. Тако, на пример, иако су прописане европском директивом 91/674/ЕЕС, обрачун резерви за изравнање ризика није захтеван од стране регулаторног оквира Солвентност II, државе чланице ЕУ могу захтевати формирање ових резерви у рачуноводствене сврхе (CEIOPS, 2009). Стога, најновије реформе регулативе солвентности осигуравајућих компанија, о којима је било речи у првом делу овог рада, резерве за

⁶ <http://mfin.gov.rs/UserFiles/File/MRS/Medunarodni%20standard%20finansijskog%20izvestavanja%204%20-%20Ugovori%20o%20osiguranju.pdf>

катастрофалне ризике посматрају као детерминанту минимално захтеваног солвентног капитала. Осигуравајуће компаније које послују у подручјима осетљивим на ризике, који могу резултирати екстремним штетама, услед свих ових захтева редукују понуду својих услуга или повећавају премијске стопе, што осигурање чини недоступним за многе потенцијалне осигуранике. У покушају да појединцима, који не могу платити премије осигуравајућих компанија, омогући осигурање од катастрофалних ризика, владе држава угрожених дејством ових ризика партиципирају у осигурању.

Уколико се посматра један од најзаступљенијих природних ризика у свету – поплава, могу се уочити различити програми и планови за осигурање од овог ризика. Тако је, на пример, федерална влада САД, након неуспелог покушаја укључивања осигуравајућих компанија у осигурање од поплава 1956. године, преузела кључну улогу у решавању овог проблема. Доношењем Акта о националном осигурању од поплаве (енгл. *National Flood Insurance Act*) 1968. године, установљен је Национални програм осигурања од поплава (енгл. *National Flood Insurance Program – NFIP*). Овај програм представља својеврсни облик сарадње државе и заједница у циљу обезбеђења субвенционираних осигурања од поплава, док осигуравајуће компаније имају улогу посредника кроз тзв. „*Write Your Own*“ програм⁷. Програмом NFIP управља Федерална агенција за управљање ванредним ситуацијама (енгл. *Federal Emergency Agency – FEMA*), која је уједно одговорна и за надокнаду настале штете. Појединци могу куповати комерцијална осигурања из понуде приватних осигуравајућих компанија, али су премије знатно веће. У 2010. години у оквиру овог програма закључено је око 5,6 милиона уговора о осигурању чија је осигурана сума око 1.221 милијарди САД \$, а највећи број уговора односи се на осигурање имовине лоциране у Мексичком заливу (Michel-Kerjan, 2010).

У Француској је 1982. године установљен програм осигурања од природних катастрофа (франц. *Catastrophes Naturelles – CatNat*) који се заснива на националној солидарности, тако да осигуравајуће компаније и влада заједно учествују у управљању катастрофалним ризицима. Приватне осигуравајуће компаније имају обавезу да понуде осигурање од природних катастрофа као што су поплаве, земљотреси, суше, док се улога владе огледа у обезбеђењу реосигурања и адекватне превенције штета од

⁷ „*Write Your Own*“ програм дозвољава осигуравајућим компанијама које се баве осигурањем имовине и/или одговорности да склапају уговоре о осигурању од поплаве Националног програма осигурања у своје име и спроводе поступак ликвидације штета, али да не носе никакав ризик. Овај програм доноси корист како NFIP, кроз ширење канала дистрибуције, тако и осигуравајућим компанијама, које за своје услуге добијају надокнаду трошкова (Michel-Kerjan, 2010).

катастрофалних ризика. У циљу подстицања заједнице да превентивно делују на катастрофалне ризике уведено је умањење премијских стопа од 10% за оне заједнице које имају усвојен план превенције и заштите од природних катастрофа (Letremy & Grislain, 2009). Премије осигурања су, иначе, фиксне за све осигуранике и утврђене од стране државних институција, а реосигурање обезбеђује државна реосигуравајућа компанија „*Caisse Centrale de Reassurance*“. Неограничена гаранција за ризике преузете у реосигурање, која се овој компанији обезбеђује из државних фондова, подстиче реосигурање полиса које носе већи ризик по релативно ниској премијској стопи. Оваква ситуација, међутим, може довести до негативне селекције ризика, тако да се мањи ризици реосигуравају у приватним компанијама, док се већи ризици преносе на државу (Jametti & Ungern-Sternberg, 2010).

Насупрот овим програмима, који се заснивају на јавно-приватним партнерствима, осигурање од поплаве у Енглеској, али и УК је јединствен тип осигурања у потпуности подржан од стране приватних осигуравајућих компанија. Однос између државе и тржишта осигурања регулисан је тзв. „Центлменским договором“. Овај уговор склопљен 2000. године, с једне стране, подразумева да је осигурање од поплава део стандардног пакета понуде осигуравајућих компанија домаћинствима и МСП у оквиру осигурања имовине која је изграђена пре 2009. године на подручјима на којима ризик поплаве није значајан или где ће одбрамбени насипи од поплава бити изграђени у наредних 5 година (ABI, 2008). Са друге стране, обавезује владу да настави да инвестира у мере за превенцију ризика од поплаве, па се може закључити да је обострани интерес основа ове шеме осигурања од поплаве. Међутим, како је осигурање постало недоступно у подручјима која нису заштићена од ризика поплаве, како због висине премијске стопе тако и због недостатка понуде, током 2015. године програм је иновиран увођењем компаније за реосигурање „*Flood Re*“, која обезбеђује покриће највећих ризика (Surminski & Eldridge, 2014). На тај начин се омогућава слободно формирање премијских стопа за имовину која није изложена катастрофалном ризику, док се за имовину изложену овој врсти ризика премијска стопа задржава на фиксном нивоу формираном од стране компаније за реосигурање. Подстицањем конкуренције на тржишту осигурања избегава се један од основних ризика оваквих програма – неефикасна алокација ризика, која може довести до смањења учешћа приватних осигуравајућих компанија и напора за спровођење превентивних активности заштите од ризика.

Структура техничких резерви осигуравајућих компанија, које послују на територији Републике Србије, прописана је Законом о осигурању („Службени гласник РС“, бр. 139/2014), који дозвољава формирање резерви за изравнање ризика као и других техничких резерви за очекиване будуће обавезе и ризике за које није предвиђена одговарајућа категорија. Критеријуми, начин и рокови обрачунавања и образовања техничких резерви за покриће свих обавеза из уговора о осигурању и реосигурању дефинисан је Одлуком о техничким резервама („Службени гласник РС“, бр. 42/2015). Тиме је осигуравајућим компанијама омогућено формирање фондова за покриће одштетних захтева у случају настанка катастрофалних штета, с обзиром на то да је ангажовање државе у овој области врло скромно. Најзначајнији допринос огледа се у подстицајима пољопривредних произвођача, којима се субвенционише до 40%, односно 45% премије осигурања за оне који послују у подручју са отежаним условима рада у пољопривреди (Уредба о расподели подстицаја у пољопривреди и руралном развоју у 2016. години). Осигуравајуће компаније у оквиру сопствено дефинисаних мера превенције одобравају осигураницима средства у сврху превентивне заштите, посебно код имовинских осигурања, али овакве иницијативе нису део свеобухватних мера за превенцију ризика и подстицање осигурања.

5.2.2 Улога реосигурања у финансирању катастрофалних ризика

Специфичности испољавања катастрофалних ризика значајно повећавају ризик пословања осигуравајућих компанија, јер угрожавају основни принцип осигурања – диверсификацију ризика. Како су ови ризици на нивоу ужих територијалних целина међузависни, могу се окарактерисати и као регионално неосигурљиви (Cummins, 2007). Ипак, и ови ризици се, посматрано на глобалном нивоу, могу третирати као независни, што представља основни економски мотив за укључивање реосигураваача у финансирање катастрофалних ризика.

Савремено тржиште реосигурања је глобално и пружа висок ниво финансијске сигурности. У претходних неколико година цена реосигурања, посебно неживотног катастрофалног, је драстично смањена услед пораста утицаја алтернативних механизма трансфера ризика. Узевши у обзир могућност смањења цене капитала, учешће капитала формираног овим механизмима код традиционалних реосигураваача на крају 2014. године достиже ниво од 12%, док је укупна вредност капитала у односу на 2013. годину увећана за 6% и износи 575 милијарди САД \$ у посматраном периоду

(Benfield, 2015). Са друге стране и тражња за осигурањем катастрофалних ризика је у 2014. години била на најнижем нивоу од 2009. године. Изузимајући ризике олује и нагле падове температуре током зимског периода, штете које су причинили остали ризици су биле на нивоу или испод десетогодишњег просека (2004.-2013.), тако да већ трећу годину заредом катастрофални губици бележе пад у односу на 2011. годину, када је на име надокнаде насталих штета исплаћено 132 милијарде САД \$, како из осигурања тако и из државних фондова за катастрофалне ризике. Према извештају компаније „Aon Benfield“ (2015) вредност осигураних катастрофалних ризика у 2014. години била је 39 милијарди САД \$, што је за 38% мање од десетогодишњег просека (63 милијарде САД \$), а 20% мање од осигураних ризика у 2013. години (49 милијарди САД \$). Штете изазване временским непогодама учествују у укупном износу са 48%, док су највећи губици у 2014. години забележени на територији САД, Европе и Азије (89% вредности укупних штета).

Међутим, тржиште реосигурања, као и тржиште осигурања, има одређене аномалије, које су условљене постојањем негативне селекције и моралног хазарда (Cutler & Zeckhauser, 1999). Негативна селекција је последица асиметричних информација, којима располажу реосигуравачи и осигуравачи у моменту склапања уговора, што посебно долази до изражаја уколико реосигуравач тежи савршеној диверсификацији ризика и преузима различите ризике. У том случају, упркос имплементацији савремених метода за моделирање ризика, ова аномалија остаје присутан проблем. С друге стране, осигуравачи могу преносити ризике из различитих разлога, што отвара проблем моралног хазарда. Процес надгледања пословних активности осигуравача, који спроводе реосигуравачи у циљу решавања овог проблема, може повећати цену реосигурања, тако да традиционални реосигуравачи контролом цена ограничавају ефекте моралног хазарда, и то: применом система одбитака, учешћа у штети, и накнадног поравнања (Doherty & Smetters, 2002). Ови методи представљају ретроспективно прилагођавање премије засновано на пријављеним штетама током трајања периода реосигурања. Мање формалне начине контроле цена могуће је применити уколико је уговор о реосигурању склопљен на дуг рок. Дугорочна сарадња чвршће повезује уговорне стране и редукује могућност појаве опортунитета, с једне стране, док искуство у раду са осигуравачем обезбеђује бољу информациону основу за формирање цене реосигурања, с друге. Поред ових интерно генерисаних проблема функционисања тржишта реосигурања, треба истаћи и екстерна ограничења, која онемогућавају формирање фер цене реосигурања.

С обзиром на то су тржиште осигурања и реосигурања у функционалној зависности, реосигурање, посебно неживотно, подложно је утицајима цикличног кретања тржишта осигурања. Тако су вишегодишњи периоди окарактерисани високим премијским стопама праћени периодима које одликује ниска премија реосигурања, а разлози за овакве осцилације се могу наћи како на страни понуде тако и на страни тражње за реосигурањем. Раст вредности акцијског капитала, мале вредности одштетних налога и висока стопа приноса на инвестиције повећавају капацитет реосигураваача, што узрокује пад цена реосигурања. Међутим, ниска стопа приноса и неочекивано високе вредности одштетних налога најчешће доводе до повећања премијских стопа, мада не постоји општеприхваћено становиште о узроку ових циклуса. Наведени, али и многи други узроци могу се груписати на следећи начин (Meier & Outreville, 2003): (1) неусклађеност понуде и тражње, (2) екстерни шокови и (3) општи услови пословања.

Како је реосигурање катастрофалних интереса од значаја за друштвену заједницу, могу постојати имплицитна или експлицитна регулаторна ограничења формирању равнотежне цене реосигурања. Наиме, све до 2005. године тржиште реосигурања ЕУ, изузев неколико држава као што су УК, Холандија и Португал, где је пословање реосигураваача регулисано на исти начин као и осигураваача, била су нерегулисана или врло слабо регулисана (Standard & Poor's, 2004). Потреба за регулисањем пословања реосигураваача јавила се са порастом учесталости појављивања катастрофалних ризика, када је уочено да реосигурање може имати кључну улогу у финансирању тако насталих штета, али и у одржању финансијске стабилности (Evans, 2007). Стога је Европски парламент 2005. године усвојио директиву 2005/68/ЕС, која се односи на реосигурање, и тиме омогућио хармонизацију регулативе и стварање јединственог тржишта реосигурања на територији ЕУ. Насупрот оваквом моделу регулативе, иако вођена принципима функционисања слободних тржишта, регулатива реосигурања у САД може значајно утицати на ефикасност тржишта реосигурања (Cummins, 2007). Цена реосигурања није предмет регулативе, али цена осигурања може бити детерминисана, што јесте случај у државама које су високо изложене катастрофалним ризицима, као што су Калифорнија, Флорида, Луизијана и Тексас. Фокус регулативе јесте на пословању реосигураваача, с обзиром на то да се уговорне стране у уговору о реосигурању сматрају специјализованим и компетентним за процену ризика, па се не штите интереси ни једне од њих понаособ, већ финансијска стабилност. У том циљу, обезбеђује се несметано функционисање реосигураваача на

глобалном нивоу. Након светске финансијске кризе и под утицајем многобројних катастрофа, и регулатива реосигурања, као и регулатива осигурања, пролази кроз одређене реформе, о којима је делимично било речи у првом делу овог рада.

Повећање ефикасности тржишта реосигурања и обезбеђење очекиваних ефеката диверзификације портфолија реосигураваача може се остварити пласирањем услуга реосигурања државама у развоју. Ипак, цена услуга реосигурања, које се нуде у овим државама, је најчешће висока, због трошкова пословања реосигураваача (Cummins & Mahul, 2008). Као последица бројних институционалних ограничења, реосигурање катастрофалних ризика није заступљено у довољној мери у државама у развоју, што умањује могућност за осигурање од оваквих ризика, тржиште осигурања излаже јаким цикличним ефектима и захтева ангажовање државних фондова у надокнади штете.

У циљу хецирања катастрофалних ризика, осигураваачи најчешће купују реосигурање које обезбеђује фиксно учешће у штети или реосигурање вишка штете (Gron, 1999). Пропорционални уговор о реосигурању подразумева да реосигураваач у случају настанка катастрофалног ризика надокнађује осигураваачу пропорционални део штете, сразмеран пропорционалном уделу у примљеној премији (Авдаловић, Петровић и Станковић, 2016, стр. 153). Овакво реосигурање се обично склапа директно са реосигураваачем без учешћа посредника, за разлику од непропорционалних уговора, који су комплекснији, али обезбеђују већи ниво покрића. У реосигурању катастрофалних ризика примењује се реосигурање вишка штете, којим се надокнађује вишак штете изнад самопридржаја осигураваача, а које су резултат дејства једног штетног догађаја занемарујући начин осигурања овог ризика. У случају великих катастрофа, посредници дефинишу програме реосигурања у које могу укључити више реосигураваача, како би се покрили сви нивои дејства катастрофалних ризика. Избор одговарајућег уговора о реосигурању одређује у значајној мери аверзија осигураваача према ризику, па ће тако осигураваачи који имају аверзију према ризику желети да осигурају велике губитке и углавном куповати реосигурања вишка штета, док су осигураваачи који имају неутралан став према ризику бити индиферентни на величину губитка коју реосигуравају. Оптимална врста реосигурања одређена је у коначном информационом асиметријом. Уколико уговорне стране располажу асиметричним информацијама о вероватноћи настанка губитка, оптималним уговором се може сматрати уговор о реосигурању вишка штете. Међутим, ако је вероватноћа позната, али не и вредност штете, онда треба узети у обзир губитак који настаје и дејством просечних, али и дејством екстремних ризика. У реалности, уговорне стране су

изложене и једном и другом виду асиметрије информација, као и бројним другим ограничењима, због чега ови уговори могу добити врло комплексне форме, а све чешће се подразумева и активно учешће државе као реосигуравача у последњој инстанци (Bruggeman et al., 2010).

5.3 Алтернативни механизми трансфера и финансирања губитака насталих услед дејства екстремних ризика

Суочавајући се са потенцијалним променама учесталости и интензитета дејства природних катастрофа, осигуравајуће компаније у фокус управљања стављају креирање нових механизма за трансфер изложености ризицима. Узимајући проактивну улогу у процесу избегавања ризика и јачања економске отпорности на катастрофе, ове претње се могу трансформисати у нове пословне могућности и иновативне производе. Како цена реосигурања може бити висока, а надокнада штете у случају настанка ризика је обично ограничена, извор додатног капитала могу бити инструменти за алтернативни трансфер ризика (АТР). Захваљујући значајном капацитету финансијских тржишта и активном учешћу великог броја инвеститора, секјуритизација катастрофалних ризика постаје решење које пружа многе предности како осигуравачима тако и инвеститорима. Секјуритизација омогућава трансферисање позиција активе и пасиве из биланса стања осигуравајућих и реосигуравајућих компанија на тржиште капитала, чиме се инхерентни ризици позиција имовине и обавеза преносе на инвеститоре, али не по основу учешћа у власништву, већ по основу поседовања хартија од вредности које су повезане с одређеним новчаним токовима одвојених од пословних перформанси емитента (Његомир, 2008). У области осигурања, секјуритизација се развија од средине осамдесетих година двадесетог века услед тежње за ефикаснијом употребом капитала и елиминисања проблема моралног хазарда. Користе је како осигуравајуће компаније у области животног осигурања, тако и у области неживотног. Када је реч о трансферу катастрофалних ризика у животно осигурању секјуритизацијом се осигуравачи штите од неповољног кретања ризика морталитета, односно у случају рентног и пензионог осигурања од неповољног кретања ризика дуговечности. У неживотно осигурању осигуравачи и реосигуравачи трансферишу ризике природних катастрофа на тржиште капитала, и на тај начин инвеститорима омогућавају остварење додатног приноса и диверзификацију портфолија, с обзиром на то да ови ризици нису повезани са осталим ризицима на

тржишту капитала. Стога ће, у овом делу рада бити дат преглед најзначајнијих хартија од вредности којима се на алтернативне начине трансферишу катастрофални ризици из осигурања.

5.3.1 Хартије од вредности повезане са ризиком осигурања

Пошто је показао успешност у трансферисању ризика банака на тржиште капитала, метод секјуритизације је своју примену нашао и у осигурању, тако да су се прве хартије од вредности повезане са ризиком осигурања (енгл. *insurance-linked securities* – ILS) на тржиштима капитала појавиле деведесетих година прошлог века. Циљ емисије ових хартија је био двојак – хедџинг ризика осигурања и ефикаснија употреба сопственог капитала. Најзаступљеније хартије од вредности којима је могуће трансферисати катастрофални ризик из осигурања на тржиште капитала јесу гаранције за губитке сектора осигурања (енгл. *industry loss warranties* - ILWs), обвезнице за катастрофалне штете и тзв. „приколице“ (енгл. *sidecars*) (Michel-Kerjan & Morlaye, 2008). У неживотним осигурањима осигуравачи и реосигуравачи емитују или купују хартије од вредности за покриће катастрофалних штета које могу настати услед елементарних непогода, док је основни ризик у животном осигурању, који се хедџира на овај начин, ризик промене стопе смртности. Катастрофални ризици који могу изазвати нагло повећање стопе смртности у кратком временском периоду или неочекиване штете на имовини осигураника, могу, такође, проузроковати нагло повећање броја и вредности одштетних захтева, као и озбиљне финансијске последице у погледу немогућности одржања регулаторних капиталних захтева (Cox & Hu, 2004). Додатни извори финансирања, који нису условљени кредитном способношћу осигуравача и реосигуравача (Vagus, 2007), обезбеђују покриће ових ризика, али и користи свим субјектима укљученим у ове трансакције, што узрокује пораст учешћа хартија од вредности повезаних са ризиком осигурања на тржишту капитала.

Посматрајући карактеристике ILWs може се закључити да су ове хартије од вредности супститут уговора о реосигурању вишка штете. На тржишту су се први пут појавиле осамдесетих година прошлог века у сврху надокнаде штете у ваздушном транспорту. Након тога почеле су да их користе и осигуравајуће и реосигуравајуће компаније за осигурање осталих облика имовине и одговорности, да би данас готово искључиво фокус емитента ових хартија од вредности биле катастрофалне штете. Уговорни однос на којем се базира емисија ILWs најчешће укључује само две уговорне

стране – купца (осигуравајућу или реосигуравајућу компанију), који жели да хецира ризик, и продавца (на пример хец фонд), који прихвата ризик и обавезу да исплати унапред уговорену суму финансијских средстава у замену за одговарајућу премију. Уколико вредност настале штете буде већа од унапред уговореног прага (енгл. *trigger*), без обзира на износ одштетних захтева, купац ILWs ће моћи да наплати комплетан унапред уговорени износ надокнаде. Како се праг уговара на бази просека штета у одговарајућој грани осигурања, одступања вредности штете купца у односу на очекивани просек гране узрокују појаву основног ризика (енгл. *basis risk*), па ове инструменте купују углавном осигуравачи и реосигуравачи чији портфолио у већој мери одговара структури тржишног (Ishaq, 2005).

Иако врло сличне ILWs, катастрофалне обвезнице уобичајено покривају мању групу ризика, па се могу окарактерисати и као хартије од вредности повезане са догађајем (енгл. *event-linked securities*) (Cummins, 2007). Тржиште катастрофалних обвезница је формирано 1997. године, а највећа вредност емисија забележена је 2007. године (око 7 милијарди САД \$) и 2014. године (око 8,4 милијарди САД \$) (Munich Re, 2015). Уопштено посматрано, ове обвезнице су, по својим карактеристикама, сличне корпоративним обвезницама уз следеће специфичности (Авдаловић, Петровић, Станковић, 2016, стр. 454): (1) сезонски карактер, који произилази из сезонског карактера остварења катастрофалних ризика, (2) релативно кратак период доспећа, и (3) одсуство корелације ризика ових обвезница са тржишним ризиком. Иако се начин функционисања овог механизма трансфера ризика током времена мењао и усложњавао, основна архитектура је релативно непромењена, а чине је осигуравајућа или реосигуравајућа компанија, која емитује обвезнице посредством фондова за специјалне намене (енгл. *Special Purpose Vehicle - SPV*) и пласира их заинтересованим инвеститорима. Новчани токови, које чине периодично обрачуната камата и главница, се инвеститорима исплаћују у зависности од настанка ризика осигурања, који се овим обвезницама хецира, али, такође, могу бити гарантовани и негарантовани (Cummins, 2012). Уколико дође до настанка осигураног ризика у катастрофалним размерама, осигуравајуће компаније ће активирати своја права по емисији обвезница и у кратком року обештети осигуранике. То, са друге стране, значи да у највећем броју случајева емитенти више немају обавезу исплате камате и главнице имаоцима обвезница, па се може закључити да је посебно важан аспект креирања овог финансијског инструмента утврђивање прага ризика, који активира обавезе уговорних страна.

Праг на основу којег се констатује настанак катастрофалног ризика може бити утврђен на основу (Spry, 2009, pp. 12): (1) стварне штете осигуравајуће компаније, (2) предвиђене вредности штете добијене применом неког од модела за процену катастрофалних ризика, (3) индекса штета одговарајуће гране осигурања, (4) објективних параметара конкретног ризика (на пример брзине ветра у случају ризика олује). Приликом избора прага емитенти ових хартија од вредности теже да постигну баланс између транспарентности и једноставности, са једне стране, и основног ризика са друге (Krutov, 2010, стр. 34). Стога се врло често користе хибридне методе утврђивања прага или пак постављање вишеструких лимита, као и емитовање обвезница на више ризика и увођење бројних иновација приликом дефинисања основних елемената обвезница како би се умањила волатилност цена ових финансијских инструмената (Banks, 2005, pp. 120-123).

Појава тзв. „приколица“ обележила је дешавања на тржишту капитала након урагана Катрина 2005. године (Froot, 2008). Ово су комплексне финансијске трансакције, које подразумевају ангажовање компаније за специјалне намене чији је основни задатак пружање реосигуравајућег покрића искључиво одређеној осигуравајућој или реосигуравајућој компанији путем емисије и продаје хартија од вредности. За разлику од већ објашњених финансијских инструмената, који се могу сматрати супституитима реосигурања вишка штете, ова трансакција се може поистоветити са реосигурањем на бази квота. „Приколице“ деле ризик осигурања са осигуравачем или реосигуравачем за удео у премији (до 50%), али и захтевају већа улагања и краћи период доспећа у поређењу са обвезницама. Међутим, на овај начин се хеџинг ризика не ограничава само на катастрофалне ризике, већ се може трансферисати укупни ризик осигурања. Упркос чињеници да може обезбедити вредност, ова трансакција не представља увек повољнију алтернативу у финансирању ризика. Овим трансакцијама се може обезбедити контингентни капитал и повећати капацитет за осигурање, односно реосигурање, али цена ризика остаје на високом нивоу. Ову цену плаћају инвеститори, који куповином хартија од вредности које је емитовала „приколица“ могу прилагођавати своје портфолије тржишним кретањима (Michel-Kerjan & Morlaye, 2008).

5.3.2 Дериватни инструменти за финансирање катастрофалних штета

Елементарне непогоде великог интензитета, попут урагана Андреј 1992. године, указале су на недовољне капацитете традиционалних механизма финансирања катастрофалних штета. У том периоду финансијско тржиште почиње да се посматра као алтернативни механизам за финансирање потенцијалних штета. Деривати уговора осигурања од катастрофалних ризика се у зависности од нивоа стандардизације и места трговања могу поделити на: стандардизоване, којима се тргује на организованом тржишту, и нестандардизоване, којима се тргује на ванберзанском тржишту. Стандардизовани уговори су фјучерси, опције и фјучерси на опције, док се нестандардизованим уговорима сматрају свопови, форвард уговори, опције и кредитни деривати. Обе врсте уговора, за разлику од уговора о осигурању и реосигурању, обезбеђују имаоцу могућност стицања приноса, па се могу користити и у спекулативне сврхе (Bruggeman, 2007). Међутим, када се користе у сврху хецирања ризика, посматрају се као механизми финансирања губитака насталих под дејством катастрофалних ризика. Чињеница да деривати обезбеђују хецинг ризика, који се, иначе, ни на један други начин не би могли хецирати, повећава значај ових инструмената у процесу финансирања ризика и то не само за осигурање већ и за друштвену заједницу. Са друге стране, покриће оваквих, нестандардизованих ризика на тржишту капитала може бити ограничено, а ликвидност ових уговора најчешће је на ниском нивоу. Посматрано са аспекта финансијског тржишта, ови инструменти могу бити узрок системских поремећаја посебно у случају када су последице настанка хецираног ризика превелике за тржиште капитала. Узевши у обзир све предности, може се закључити да су бенефити употребе деривата у финансирању катастрофалних ризика већи од потенцијалних опасности (Stultz, 2004), али само у случају када омогућавају редуковање трошкова осигуравајућих компанија у односу на друге механизме, као што су реосигурање и додатне резерве (Harrington, Mann & Niehaus, 1995).

Први фјучерс уговори на катастрофалне штете емитовани су на Чикашкој берзи. Чикашки трговински одбор (енгл. *Chicago Board of Trade* – СВОТ) је иницирао емисију и трговање овом врстом фјучерса и опција у децембру 1992. године. Цена ових инструмената формирала се на основу индекса, који је обрачунавала Канцеларија за услуге осигурању (енгл. *Insurance Services Office* – ISO) као однос катастрофалних губитака на кварталном нивоу и зарађене премије (Smith & Pickles, 1994). Губици, који

су се односили на губитке проузроковане ризиком олује, земљотреса и обилних падавина, као и премије одређивани су за сваку линију осигурања понаособ на основу статистичких података са тржишта осигурања. Како се ISO индекс базирао на подацима прикупљеним од осигуравајућих компанија чије је учешће на тржишту осигурања свега 23%, релевантност овог индекса се често доводила у питање, а посебно после земљотреса у Нортбрицу 1994. године (Cantor et al., 1997). Након овог догађаја, инструменти су били повучени са тржишта, јер нису испунили очекивања осигураваача и реосигураваача, а уместо њих су 1995. године емитоване опције на осигурање од катастрофалних ризика, чија се вредност формирала на основу индекса Службе за одштетне налоге из осигурања имовине (енгл. Property Claims Service – PCS). PCS индекс, као општеприхваћени индекс катастрофалних штета, требало је да обезбеди адекватнију основу за утврђивање вредности ових инструмената, али и репер за активирање обавезе уговорних страна. Наиме, уколико се вредност индекса, услед реализације катастрофалног ризика, не повећа изнад унапред одређеног нивоа, власник опције – осигуравајућа компанија, неће добити уговорену исплату финансијских средстава. Стога осигуравајуће компаније могу истовремено куповати и продавати опције са различитим реперним вредностима индекса како би креирале жељени ниво покрића. Међутим, употреба ових финансијских инструмената је напуштена 2000. године услед неадекватне ликвидности инструмената и недовољне тражње, што је показало да осигураваачи и реосигураваачи још увек нису били спремни за овај вид финансирања ризика. На пример, у периоду од октобра 1995. до априла 1996. године просек трговања овим инструментима на месечном нивоу био је 450 трансакција, док је просечан број трансакција трговања обичним опцијама и фјучерсима у истом периоду достигао 167.000 трансакција по инструменту (Borden & Sarkar, 1996).

Свопови катастрофалних ризика омогућавају осигураваачима да диверсификују ризик трговањем блоковима полиса осигурања. Ови аранжмани су билатерални уговори, који креирају реципроцитетно реосигурање између две осигуравајуће компаније, јер уговорне стране у овом послу размењују различите ризике (Sheehan, 2003). Од 1997. године осигуравајуће и реосигуравајуће компаније могу да склапају директне своп аранжмане на Берзи катастрофалних ризика (енгл. Catastrophe Risk Exchange – CATEX). Иако не доприноси повећању капитала на тржишту осигурања, CATEX обезбеђује прераспodelу постојећих финансијских ресурса у оквиру индустрије осигурања. Међутим, како ова берза послује изван формалних оквира, односно представља нерегулисано тржиште, развој овог алтернативног механизма

трансфера катастрофалних ризика је успорен. За разлику од претходних инструмената, овај вид финансирања могу користити само осигуравајуће и реосигуравајуће компаније, које су регистроване у Њујоршкој државној служби за осигурање (енгл. New York State Insurance Department). Како CATEX не обавља послове клириншке куће, учесници су изложени кредитном ризику, али забрана трансферисања укупног ризика доприноси бољем управљању ризиком и смањује проблем моралног хазарда (Borden & Sarkar, 1996).

5.3.3 Улога контингентног капитала у финансирању осигуравајућих компанија

Концепт контингентног планирања налази врло значајну улогу у финансирању последица катастрофалних ризика узевши у обзир ефекте које изненадни и велики захтеви осигураника могу имати на сопствени капитал осигуравајућих компанија. Контингентни капитал (енгл. *contingent capital*) се у финансирању пословања осигуравајућих компанија користи већ две деценије, док је интересовање осталих финансијских институција за овај начин финансирања ескалирало током светске финансијске кризе 2008. године. Измене регулаторних оквира, које су уследиле након кризе, инструменте контингентног капитала представљају као важан елемент реформи за јачање финансијске стабилности (Chen et al., 2013). Посматрано из перспективе регулатора, овај вид финансирања представља потенцијално решење проблема одржања системски битних институција (енгл. *too-big-to-fail*), које би редуковало издавања пореских обвезника и терет лошег пословања или пропасти ових институција пребацило на инвеститоре (Shang, 2013).

Контингентни капитал је, заправо, капитал прибављен емисијом хартија од вредности чија је сврха рекапитализација финансијске институције у периодима нестабилног пословања. Међутим, ови инструменти са опцијским карактеристикама се емитују и продају пре него што настане потреба за додатним финансијским средствима, а у зависности од разлога, времена и начина његове употребе може се разликовати *gone-concern* и *going-concern* контингентни капитал (Pitt et al., 2011). Инструменти *gone-concern* контингентног капитала су дужнички инструменти, чији је циљ апсорпција губитака у случају када финансијска институција дође у стање инсолвентности или немогућности да даље послује. Реч је о обвезницама са опцијом конверзије у обичне акције под условом (D'Souza et al., 2010): (1) да институција према актуелним одредбама регулативе достигне ниво инсолвентности, који угрожава даље

пословање, или (2) да јавни сектор обезбеди капитал или одговарајућу финансијску подршку инсолвентној институцији без које не би могла несметано да послује. Конверзијом дуга у обичне акције под унапред договореним условима долази до смањења нивоа финансијског левериџа, који обезбеђује прибављање додатних финансијских средстава и неопходну ликвидност. Повериоци добијају статус власника и равноправно сnose ризик пословања институције.

Табела 5.1 Карактеристике инструмената контингентног капитала

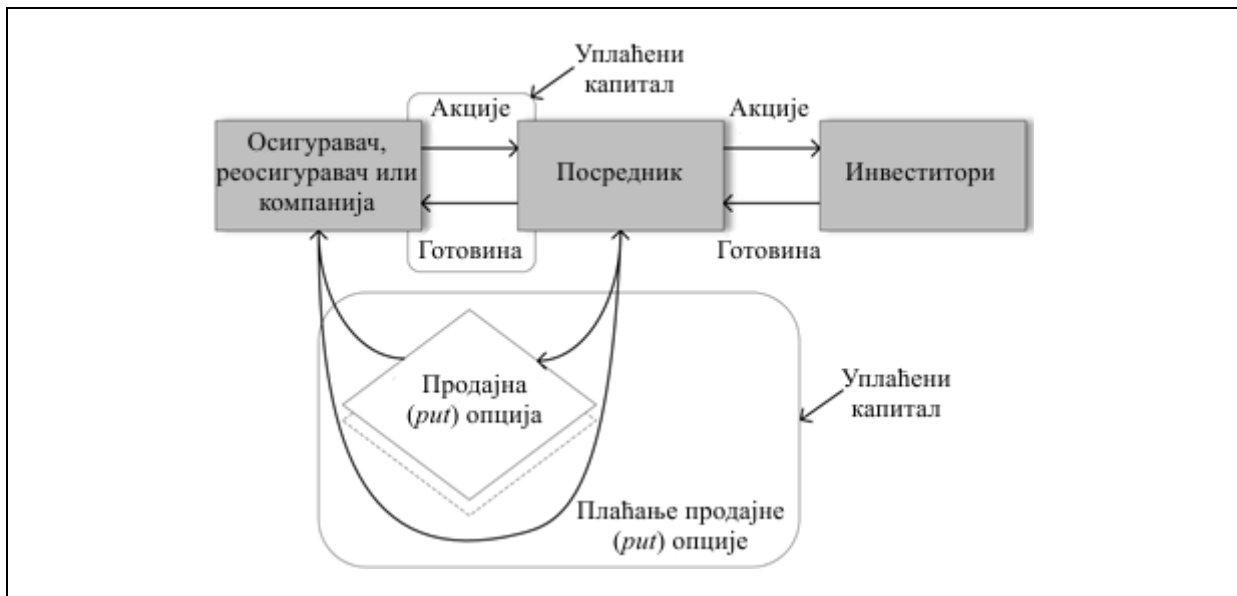
<i>Gone-concern</i> контингентни капитал	<i>Going-concern</i> контингентни капитал
<ul style="list-style-type: none"> - Активира се у тренутку када обављање основне делатности институција постане угрожено услед несолвентности - Укључује значајна дискрециона права регулатора - Обавезе из пословања добијају примат над финансијским обавезама - Може се посматрати као крајњи механизам за решавање несолвентности и банкротства 	<ul style="list-style-type: none"> - Активира се много пре разматрања употребе крајњих механизма за решавање несолвентности и банкротства - Рекапитализација се догађа у тренутку када вредност компаније није угрожена - Власничка структура може бити измењена у тренутку када се активира контингентни капитал, као и менаџмент компаније, што подстиче управљање ризиком

Извор: Pitt et al. (2011)

За разлику од ових, инструменти *going-concern* контингентног капитала имају за циљ да спрече инсолвентност институције и отклоне финансијску нестабилност док је још на почетном нивоу (табела 5.3.1). Уколико је реч о инсолвентности коју може изазвати настанак катастрофалног ризика и повећани број одштетних налога у вези са тим, може се говорити о два инструмента: контингентни акцијски капитал (енгл. *contingent surplus notes* – CSN) и продајне опције на акције у случају катастрофа (енгл. *catastrophe equity put options*). CSN су хартије од вредности, које могу издавати осигуравајуће компаније у САД уз одобрење регулатора. Према GAAP ове хартије од вредности се третирају као дужничке, што значи да емитенту омогућавају уштеде у порезу, док се истовремено према државној регулативи NAIC укључују у обрачун RBC (Zhang & Cox, 2006). Ове хартије од вредности су првобитно биле продаване осигураницима, јер осигуравајуће компаније нису имале приступ другим изворима финансирања. Током деведесетих година прошлог века велике осигуравајуће компаније као што су „Prudential“, „MetLife“ и „New York Life“ доминирале су у финансирању помоћу CSN (Dumm & Hoyt, 1999). Упркос развоју осигурања и финансијског тржишта, које је отворило бројне алтернативе екстерног финансирања осигуравајућим компанијама, због високих трошкова трансакција и провизија

инвестиционих банкара и рејтинг агенција овај вид финансирања остаје недоступан малим осигуравајућим компанијама. Појава колатерализованих дужничких облигација (енгл. Collateralized Debt Obligations – CDO) представљала је решење за осигуравајуће компаније мале и средње величине, које су на овај начин уз мање трошкове могле пласирати хартије од вредности институционалним инвеститорима. Рејтинг CDO, као и котирање ових аранжмана на берзама, чини их ликвиднијим у поређењу са CSN, што битно утиче на тражњу за овим инструментима.

Продајне опције на акције у случају катастрофа су опцијски инструменти који осигуравајућој компанији дају право да у случају катастрофалног ризика издају и продају акције посредницима или инвеститорима под унапред уговореним условима (слика 5.1). За разлику од продајних опција о којима је већ било речи, ове опције се активирају након настанка катастрофалног догађаја. Овај начин прибављања додатног капитала је флексибилан и осигуравајуће компаније могу уговорити начин емисије и продаје акција који би има највише одговарао у датој ситуацији. С обзиром на то да остварење катастрофалног ризика може условити и смањење цена акција осигуравајућих компанија на тржишту капитала, ове опције обезбеђују прибављање додатног капитала по уговореној цени без обзира на кретања на тржишту (Elliott, 2001). Инвеститори, с друге стране, стичу право на већу стопу приноса у поређењу са другим финансијским инструментима.



Извор: Авдаловић и остали (2016)

Слика 5.1 Процес креирања контингентног капитала продајним опцијама на акције у случају катастрофалних ризика

Међутим, ови инструменти могу изазвати веће трошкове трговања и то како експлицитне услед већег броја посредника укључених у трансакцију, тако и имплицитне услед смањене ликвидности инструмената узроковане специфичном наменом (Meyers & Kollar, 1999). Нова емисија обичних акција разводњава постојећу власничку структуру осигуравајуће компаније, тако да интереси постојећих акционара овим начином финансирања могу бити угрожени. Сама чињеница да менаџери осигуравајућих компанија на располагању имају алтернативне начине финансирања катастрофалних ризика додатно поштрава агенцијски проблем, услед постојања моралног хазарда. Стога је од изузетног значаја детаљно детерминисање услова под којим ће се ове хартије од вредности моћи да користе, а посебно тренутак активирања обавеза (Neil, 1997).

5.4 Улога и значај јавно-приватних партнерстава у финансирању последица екстремних ризика

Један од најтежих изазова са којима се суочавају владе држава света данас јесте изражена потреба за повећањем отпорности заједница на катастрофалне ризике, као и изградња система који би омогућио ефикасну заштиту и брз опоравак, уколико дође до њиховог настанка. Промена циљева развоја друштва, коју је условила парадигма одрживог развоја, условила је промене и у управљању катастрофалним ризицима и то тако што се ови ризици више не сагледавају само као последица дејства природних сила и деловања човека, већ као манифестација нерешених развојних проблема. Како се у будућности очекује да ће интензитет појаве катастрофа бити повећан, а комплексност и повезаност критичне инфраструктуре, ланаца снабдевања и економских и социјалних система носе опасност да релативно мале промене ескалирају у сложене кризе (Boin & McConnell, 2007), јавила се потреба за развојем управљачког оквира, који би могао да кроз сарадњу и повезивање приватних и јавних ресурса, одговори на претње катастрофалних ризика.

Покретач развоја јавно-приватних партнерстава (ЈПП) у области управљања катастрофама (енгл. *disaster management*) на међународном нивоу јесте „Хјого оквир за деловање 2005.-2015.“ (енгл. *Hyogo Framework for Action 2005-2015*), у којем се истиче да су одрживи развој, смањење сиромаштва и редуковање катастрофалних ризика међусобно условљени циљеви. Међународно залагање у сузбијању фактора катастрофалних ризика мора бити систематски интегрисано у политике, планове и

програме за одрживи развој и сузбијање сиромаштва и подржано билатералном, регионалном и међународном сарадњом, укључујући и партнерства. Пратећи смернице и препоруке овог оквира, националне владе широм света су усвајале регулаторна акта и оквира у којима је наглашаван значај партнерства за развој интегрисаног система заштите, спасавања и смањења ризика од катастрофа (на пример: аустралијска влада 2010. и 2011. године; влада Канаде 2009. и 2011. године). Улога и облик ЈПП у овој области деловања варира и зависи од потреба у различитим фазама управљања катастрофалним ризицима, тако да можемо говорити о њиховој улози у фази изградње отпорности система, фази одговора на катастрофалне ризике и фази опоравка од дејстава катастрофалних ризика.

Кључни фактор у повећању отпорности социоекономских система на катастрофалне ризике јесте обезбеђење сигурности и капацитета критичне инфраструктуре да амортизује шокове (Stewart, Kolluru, & Smith, 2009; Chang & Shinozuka, 2004; McDaniels, Chang, Cole, Mikawoz, & Longstaff, 2008; Rinaldi, Peerenboom, & Terrence, 2001). Како је критична инфраструктура високо уграђена у систем, њен слом у значајној мери утиче на могућност система да се опорави од катастрофа (Stewart et al., 2009, p. 343), стога је очување инфраструктуре у периодима дејства катастрофалних ризика пресудно за очување безбедности друштва (Boin, Comfort & Demchak, 2010). У многим тржишним привредама, услед приватизације и дерегулације, а касније и процеса глобализације, значајан део ове инфраструктуре, а самим тим и експертиза за развој и управљање, је трансферисан у власништво приватног сектора (Boin & McConnell, 2007; Rothery, 2005)⁸. Са друге стране, државе нису у могућности да самостално обезбеде сигурност инфраструктуре, тако да је сарадња приватног и јавног сектора у изградњи њене отпорности неминовна (RECIPE, 2011; TISP, 2011). Уговори о сарадњи могу обухватити низ активности у зависности од потреба и обавеза јавног сектора, као што су дизајн и конструкција, финансирање и изградња. Ови уговорни односи могу узети различите облике од најједноставнијих услужних уговора везаних за пројектовање и изградњу, преко комплекснијих уговора, као што је BOOT (енгл. *Build & Own & Operate & Transfer*), који су заступљени у Аустралији и Великој Британији (Ribeiro & Dantas, 2006; Vining & Boardman, 2008; Jefferies, 2006; Hayllar & Wettenhall, 2010), до BOO (енгл. *Buy & Build & Operate*) уговора. Међутим, висок степен ризика и неизвесности који карактерише ове пројекте

⁸ Око 85% критичне инфраструктуре се налази у власништву приватног сектора у САД и ЕУ.

захтева и већи степен флексибилности уговорног односа, које би омогућило уговорним странама адаптацију на нове информације или чињенице до којих се долази у току реализације пројекта. У оваквим случајевима или, пак, у случају када експертизу за операционализацију пројекта пружа приватни сектор, ЈПП подразумевају значајан ниво заједничког стратешког одлучивања и делегирања одређеног дела одговорности на предузећа из приватног сектора, док у домену јавног сектора остаје надлежност за спровођење стандарда сигурности (Boin, Comfort & Demchak, 2010). Дискрециона права дата уговорним странама које реализују пројекат, међутим, могу указивати на некомплетне уговоре и опасност од учесталих поновних преговарања, што може изазвати додатне трансакционе трошкове. Стога се може закључити да овакав вид уговорне сарадње између приватног и јавног сектора подразумева обострано поверење уговорних страна и успостављање дугорочних пословних односа, који би задовољили интересе и јавног и приватног партнера.

Док су уговорни облици карактеристични за велике грађевинске пројекте и пружање услуга повезаних са управљањем катастрофалним ризицима, неформални облици међусекторске сарадње имају за циљ координацију активности на изградњи међусекторске отпорности и институционалних структура за размену информација и међу и унутар секторске политике. Реч је о комплексним и софистицираним мрежама јавних и приватних партнера, које могу пружити широк спектар услуга за подршку развоју отпорности и повећању степена сигурности, за разлику од формалних уговора, чији је циљ повећање ефикасности. Посматрано са аспекта дефинисања политика, ове, најчешће саморегулисане, мреже обезбеђују механизам за кооптирање нових чланова из групе приватног сектора и повећавају легитимитет политика за изградњу отпорности. Уколико се, пак, посматрају из перспективе операционализације активности на изградњи и повећању отпорности, оне подстичу размену информација, што је врло значајно за несметану координацију активности током катастрофа. Ниво посвећености партнера договореним активностима се нарочито повећава током кризних периода, међутим, одржавање мотивисаности током стабилних периода представља изазов. Недостатак поверења како између приватних партнера тако и између приватних и јавних партнера може представљати озбиљну баријеру за размену информација упркос изграђеној комуникационој инфраструктури. Циљ јавног сектора у овом облику сарадње јесте да детерминише оквир за реализацију постављених циљева, координише и подржава рад мрежа (Cavelty & Suter, 2009).

За разлику од неформалних облика сарадње, који примарно подразумевају организовање владе, пословног сектора и великих невладиних организација, удруживање владе и друштвене заједнице има за циљ укључивање свих расположивих друштвених ресурса у изградњу отпорности система. Уважавајући чињеницу да је локална заједница интегрални део система отпорности на катастрофалне ризике, њен значај ће, ипак, бити одређен начином институционализације овог односа. Упркос ресурсима којима располаже, интеграција у државни систем управљања катастрофама зависиће од многих фактора, као што су: претходна обука, јасна подела задатака и формална комуникациона мрежа, па се може говорити о различитим моделима сарадње владе и друштвене заједнице. Тако се, на пример, кубански систем обезбеђења отпорности заједнице на катастрофалне ризике може сматрати изузетно ефикасним и УН су га препоручиле као модел, који би требало пренети и на друге државе (UN, 2004). Укључивање друштвене заједнице у изградњу отпорности система почиње још у образовним институцијама, као део наставног плана, а наставља се кроз континуирану едукацију и у зрелом добу. У овој фази управљања катастрофалним ризицима највећи значај имају метеоролошке станице и систем за рано упозоравање, као и национални систем цивилне заштите (Aguirre, 2005). Са друге стране, остали аспекти управљања катастрофама су у Куби неразвијени или на врло ниском нивоу.

У Републици Србији изградња јединственог система заштите и спасавања регулисана је Законом о ванредним ситуацијама („Службени гласник РС“, бр. 111/2009, 92/2011, 93/2012), којим је предвиђена надлежност Министарства унутрашњих послова РС за израду процене угрожености од елементарних непогода и других несрећа. Процена угрожености садржи: (1) карактеристике територије, критична постројења, критична места и просторе са гледишта угрожености од елементарних непогода и других несрећа са евентуалним прекограничним ефектима удеса, (2) повредљивост територије од елементарних непогода и других несрећа, (3) анализу могућих последица од елементарних и других несрећа, (4) потребе и могућности за заштиту људи, материјалних добара и животне средине од последица елементарних и других несрећа. Међутим, иако се предвиђа да део процене угрожености јесте и критична инфраструктура, она се не дефинише експлицитно, што онемогућава одређивање субјеката који би сносили одговорност за заштиту критичне инфраструктуре. Уместо тога, дефинишу се основни задаци јединственог система заштите у погледу повећања отпорности на катастрофе, и то: (1) програмирање и планирање мера и активности на заштити и спасавању, (2) организовање, опремање и

оспособљавање снага заштите и спасавања, (3) организовање, опремање и оспособљавање државних органа, привредних друштава, других правних лица и предузетника за заштиту и спасавање, (4) организовање и оспособљавање грађана за личну, узајамну и колективну заштиту, и (5) сарадња са другим земљама и међународним организацијама. Стога се може закључити да у изградњи отпорности социоекономског система учествује држава и органи државне управе, органи аутономне покрајине и органи јединица локалне самоуправе, али и привредна друштва и предузетници, обухваћени Одлуком о одређивању овлашћених и оспособљених правних лица за заштиту и спасавање у Републици Србији („Службени гласник РС“, бр. 36/2011), као и грађани, групе грађана, удружења, професионалне и друге организације.

Влада и Министарство унутрашњих послова РС обезбеђују изградњу и развој система заштите и спасавања Републике Србије и планско повезивање делова система и задатака у јединствену целину, кроз предлагање и израду стратегија и плана развоја система заштите и процене угрожености. У овој фази посебно је значајна улога Министарства унутрашњих послова РС, које организује систем осматрања, обавештавања, раног упозоравања и узбуњивања, припрема и спроводи безбедносну заштиту простора, инфраструктуре и објеката од значаја за предузимање мера и извршавање задатака заштите и спасавања и организује обучавање и проверу оперативне спремности штабова и служби за ванредне ситуације, као и специјализованих јединица цивилне заштите, у складу са програмима и плановима обуке. Овлашћена и оспособљена правна лица, на захтев Министарства унутрашњих послова РС, достављају надлежној служби анализе, прогнозе и одговоре из области заштите и спасавања, док сва привредна друштва и друга правна лица планирају и обезбеђују средства за организовање, опремање, оспособљавање и обучавање јединица цивилне заштите које оне образују, организовање и припремање личне, узајамне и колективне заштите и спровођење мера и задатака цивилне заштите својих запослених, материјалних и других добара.

Овај систем се финансира из буџета РС, буџета јединица територијалне аутономије и буџета јединица локалне самоуправе, затим из Фонда за ванредне ситуације и других прихода у складу са Законом о ванредним ситуацијама.

Из буџета РС финансира се опремање и оспособљавање штабова, оперативних и тренинг центара за ванредне ситуације, затим изградња и одржавање даљинског управљања системом за узбуњивање и телекомуникационо-информационог система

заштите и спасавања. Аутономна покрајина и јединице локалне самоуправе финансирају: припремање, опремање и обуку штабова за ванредне ситуације и јединица цивилне заштите, изградњу система за узбуђивање на својој територији, прилагођавање подземних објеката (подземни пролази, тунели и друго) за склањање и њихово одржавање, као и одржавање других заштитних објеката у складу са законом и обуку становништва из области заштите и спасавања. Средства Фонда за ванредне ситуације користе се за финансирање припреме, спровођења и развоја програма, пројеката и других активности у области превентиве, смањења ризика, управљања и реаговања у ванредним ситуацијама. Да су издвојена средства недовољна за реаговање у ванредним ситуацијама показало се током мајских поплава 2014. године. У циљу обезбеђивања неопходне помоћи, материјалне, финансијске и стручне, за збрињавање становништва погођеног поплавама, као и помоћи неопходне за обнову, морале су бити разматране су бројне додатне алтернативе, као што су: грантови GFDRR (енгл. *Global Facility for Disaster Reduction and Recovery* – Глобални фонд за сузбијање катастрофа и за опоравак), реструктурирање или прерасподела средстава из постојећих пројеката са или без додатног финансирања, зајам за хитни опоравак ERL (енгл. *Emergency Recovery Loan*), донације и прикупљање хуманитарне помоћи од појединаца, удружења грађана, привредних друштава и организација из земље и иностранства.⁹ Прилив приватног капитала, као и значај ЈПП у овој области у Србији још увек није препознат.

Иако у Републици Србији постоји потенцијал и потреба за примену модела ЈПП, интерес приватних инвеститора је углавном забележен у секторима који захтевају мање инвестиције, јер последично носе и мањи ризик улагања (Drljača-Kanazir, 2015). Како вредност пројеката изградње инфраструктуре значајно превазилази финансијске могућности приватних улагача и буџетских средстава, Закон о јавно-приватном партнерству и концесијама („Службени гласник РС“, бр. 88/2011, 15/2016) у циљу постизања већег степена заштите уложених средстава финансијера предвиђа могућност закључења директног уговора између финансијера, јавног и приватног партнера. Поред тога, приватни партнер може уз сагласност јавног партнера, да додели, оптерети хипотеком или заложи било које своје право, односно обавезу из јавног уговора или другу имовину везану за пројекат, у корист финансијера. Стога се може закључити да су основни фактори имплементације овог концепта у Србији уопште интерес државе и

⁹ Извештај о елементарној непогоди – поплави која је задесила РС и мерама које су предузете ради спасавања становништва и одбране угрожених места од поплава, http://www.parlament.gov.rs/upload/archive/files/cir/pdf/akta_procedura/2014/2220-14.pdf

приватних субјеката за сарадњу у области инфраструктуре, с обзиром на то да институционална и правна подршка за примену овог концепта постоји. Подједнако значајна јесте и заинтересованост финансијера, конкретно банака, и њихово укључивање у пројекте ЈПП, као и привлачење страних инвеститора. Сигурни пројекти ослобођени тржишног ризика јесу пројекти у области обновљивих извора енергије за које тренутно постоји највеће интересовање, док значајнија пословна сарадња између приватног и јавног сектора на спровођењу пројеката изградње локалне инфраструктуре није распрострањена.

Закључак

Занемарујући чињеницу да је раст економског система детерминисан расположивим ресурсима, економисти су дуго игнорисали последице тежњи ка нереалном повећању економске и технолошке ефикасности. Комбинација вишеструких притисака, која се посебно испољава последњих деценија, као што су континуирани раст популације, промене у обрасцима потрошње и промене климе, доводи до смањења ограничених ресурса – хране, воде, енергената и материјала, испод критичне границе. Висок степен интеракције између економског и еколошког система, као и комплексност и нелинеарност њиховог односа, чине животну средину осетљивом на екстремне догађаје повећавајући њену рањивост. Економска рањивост се може дефинисати као рањивост економског система на директне губитке услед катастрофа, односно као немогућност појединаца, заједница, привредних друштава и влада да апсорбују штету насталу услед дејства катастрофалних ризика. Ниво економске рањивости одређују како директни ефекти, тако и магнитуда и трајање индиректних и пратећих ефеката након остварења катастрофалног ризика. Са макроекономског аспекта ови ефекти укључују утицај на БДП, потрошњу и фискалну политику, а кључни фактори рањивости су ниво зарада и БДП, порески приходи, ниво штедње, дубина финансијских тржишта, ниво задужености и приступ екстерним изворима финансирања. Стога се може закључити да достигнути степен привредног развоја одређује могућност апсорпције катастрофалних последица, али и утиче на појаву катастрофалних ризика.

Глобална тежња за повећањем благостања уз константан захтев за елиминисањем ризика, довела је до контрадикторног односа према ризику. Савремени менаџмент ризика, како у финансијама, тако и у осигурању, на централно место ставља квантификацију ризика. Захтев за поузданим моделом за предвиђање и процену ризика последица је увећаног степена волатилности и нестабилности глобалних финансијских система. Развој информационих технологија је посебно допринео развоју менаџмента ризика, јер омогућава имплементацију софистицираних алгоритама у реалном времену, скраћује време потребно за калкулације и значајно редукује трошкове, што отвара нове могућности за мерење и управљање ризиком. Са друге стране, тенденција стандардизације управљања ризиком у финансијским и нефинансијским институцијама, које су под надзором националних и међународних регулаторних тела,

нужно води хармонизацији стандарда, оквира и регулатива како би се одговорило на глобалне потребе и циљеве. Стандардизација процеса управљања ризиком намеће примену релативно једноставних мера ризика, које базирају на вероватноћи и сумирају дистрибуцију вероватноће настанка ризика у једном показатељу. Међутим, у зависности од тога да ли се разматрана мера ризика користи у сврхе алоцирања капитала, дефинисања премија у осигурању или солвентности према захтевима регулаторних оквира, могу се диференцирати различита својства мере ризика, која се сматрају пожељним. Такође, потребно је у обзир узети и статистичке карактеристике функције расподеле и мера за мерење централне тенденције, варијације и облика распореда, пре него што се донесе коначна одлука о математичким карактеристикама мере ризика. Оваква неусаглашеност мишљења по питању својстава прихватљиве мере ризика довела је до контраверзних схватања оправданости коришћења VaR у сврху мерења ризика, а посебно после светске финансијске кризе 2007/2008. године, када су критичари доказали да стандардне мере ризика не могу на адекватан начин обухватити репове расподеле. Теорија екстремних вредности (енгл. *Extreme Value Theory* - EVT) пружа научни оквир за формализовање анализе репова функција расподеле случајних променљивих. Моделирање вероватноће настанка ризика који би изазвао екстремна одступања од очекиване средње вредности подразумева познавање очекиваног понашања на крајевима функције расподеле. Упркос ентузијазму стручне и академске јавности, теорија екстремних вредности не може предвидети немогуће, јер користи опсервације о екстремним догађајима из прошлости као основу за мерење дебљине репа расподеле. Међутим, може се користити у симулацији процеса који одређују репове емпиријских расподела и предвиђање екстремних догађаја у будућности. Стога се може закључити да је валидна информациона основа услов поуздане процене екстремних ризика и то како у финансијама тако и у осигурању.

С обзиром на истицане ефекте диверзификације портфолио инвестиција, који се могу остварити на тржиштима капитала у настајању, улагање у хартије од вредности којима се тргује на тржишту капитала Републике Србије може се сматрати перспективном инвестиционом алтернативом. Учешће страних инвеститора у трговању на Београдској берзи како државним обвезницама тако и акцијама, оваква очекивања и потврђује. Међутим, осврт на периоде развоја берзе у Србији, као и анализа података о кретању цена и приноса на хартије од вредности, указује на турбулентне периоде пословања берзе праћене повећаним нивоом ризика. Тежња за укључивањем у глобални финансијски систем условила је стандардизацију пословања и поставила

одређене захтеве у погледу техничке опремљености и организационе оспособљености. У том смислу уведен је електронски систем за даљинско трговање 2004. године, а убрзо затим почело је и обрачунавање ценовних индекса берзе: *BELEXfm*, *BELEX15*, *BELEXline*. Континуирано обухватање података о различитим сегментима берзе, омогућило је стварање информационе базе за процену ризика инвестирања у хартије од вредности. Резултати спроведених анализа указују на чињеницу да се инвеститори на Београдској берзи суочавају са екстремним ризицима упркос недовољној интеграцији берзе у глобално финансијско тржиште. Ипак, примена модела за квантификацију екстремних ризика, који се заснивају на теорији екстремних вредности, претрпела је извесне модификације. Најважнији аспект примене ове теорије јесте утврђивање прага екстремних ризика, који је уједно и кључни фактор адекватности модела ризика. С обзиром на релативно мали број осцилација у ценама и приносима на хартије од вредности, који се могу сматрати екстремним, граница репа расподеле је у овом раду била утврђена арбитражно, по угледу на истраживања спроведеним на сличним тржиштима. Стога се не може говорити о апсолутној подобности анализираних модела, али се може закључити да је њихова примена у поређењу са стандардним и другим општеприхваћеним моделима дала прецизнију процену екстремних ризика. Узевши у обзир интензитет трговања на новонасталим тржиштима, даљи развој предложеног модела би био усмерен на обухватање ризика великвидности, а у случају међународне диверсификације и валутног ризика. Динамизирање инвестиционе стратегије захтева разматрање и трошкова трговања, који у конкретном случају могу бити значајни. Када је реч о моделирању репа расподеле, примењени модели међузависности ризика репа су доказали да је адекватно обухватање овог својства битан аспект моделирања екстремних ризика, тако да се тестирани модел, у складу са резултатима анализа, може унапредити применом асиметричних копула.

Са друге стране, ризик представља један од најважнијих процеса у осигурању, чије је успешно квантификовање услов стабилности портфолија осигуравајућег друштва. Имајући то у виду, не изненађује чињеница да прва разматрања проблема везаних за екстремне вредности, која се у теорији вероватноће сматрају релевантним потичу из области актуарства. Развој индустрије осигурања је пролазио кроз успоне и падове функционисања финансијског система Републике Србије. Процес транзиције и реструктурирања привреде наметнуо је потребу хармонизације домаћег законодавства са законодавством ЕУ. Међутим, упркос активностима НБС на спровођењу стабилизације функционисања осигурања и потенцијалима самог тржишта, тржиште

осигурања Републике Србије остаје мало и неразвијено у односу на највећи број тржишта у југоисточној и централној Европи. Узрочници оваквог стања могу се наћи како на страни понуде тако и на страни тражње за осигурањем. Недовољна информисаност и мала платежна моћ потенцијалних осигураника умањују значај овог трансфера ризика упркос реалној потреби на коју указују вредности губитака остварених у привреди и друштву. Осигуравајуће компаније, пак, теже прилагођавању своје понуде условима на тржишту, тако да још увек не одговарају на адекватан начин на захтеве за осигурањем од катастрофалних ризика. Разлози за то могу бити многобројни, почев од правног и институционалног оквира за пословање осигуравајућих компанија на територији Републике Србије до националних стратегија за превентивно деловање на екстремне ризике и изградњу система за заштиту и спасавање у ванредним ситуацијама. Анализа јавно доступних, као и расположивих база осигуравајућих компанија наводи на закључак да не постоји релевантна информациона основа за примену модела за вредновање екстремних ризика у осигурању. Овакав закључак не искључује могућност примене модела, већ намеће потребу за додатним модификацијама. У конкретним анализама уочена је нелинеарна међузависност података, коју није било могуће обухватити стандардним статистичким моделима, па се као правац будућег истраживања истиче потреба за детаљнијим анализама у циљу примене напреднијих модела за вредновање ризика. Ипак, резултати примене модела указују на значај обухватања екстремних ризика и његову примену у преношењу дела ризика у реосигурање. Континуирано евидентирање штета из индустрије осигурања и формирање националног индекса штета, по угледу на светску праксу, допринело би превазилажењу ограничености приступа подацима, а самим тим и повећању прецизности вредновања ризика.

Управљање ризиком добија потпуно нову димензију када је реч о катастрофалним ризицима. Традиционални механизми, попут задржавања ризика и формирања резерви, не могу надокнадити могућу штету, тако да долази до промене циља управљања катастрофама, где се као приоритет истиче изградња отпорности заједница на ризике. Праћено интензивирањем међународне сарадње, кључну улогу у овом процесу преузима држава. Област управљања катастрофалним ризицима у Републици Србији је уређена Законом о ванредним ситуацијама („Службени гласник РС“, број 111/09), док су поједине области које могу имати утицаја на животну средину и безбедност грађана уређене посебним законима. Систем заштите и спасавања у ванредним ситуацијама део је система националне безбедности и повезује бројне

субјекте. Упркос свеобухватном правном и институционалном оквиру за повећање отпорности система и заштиту од катастрофалних ризика, постојећи систем је оптерећен низом проблема, као што су: институционално-организациони, материјално-технички и информациони, па правовремено дејство може изостати. У таквим условима се трошкови санације и опоравка система повећавају, а финансирање последица катастрофалних ризика има високе опортунитетне трошкове, с обзиром на то да се ослања на реалоцирање буџетских средстава са приоритетних развојних пројеката и међународне фондове. Капацитети као и заинтересованост осигуравача на тржишту осигурања Републике Србије су ограничени за преузимање у осигурање потенцијалне катастрофалне штете, што наводи на закључак да би партнерство јавних и приватних субјеката, као и укључивање у међународне пројекте за превенцију и заштиту од катастрофалних ризика представљало перспективни правац даљег развоја система заштите и спасавања Републике Србије.

Литература

- Abolmasov, B., Jovanovski, M., Ferić, P., & Mihalić, M. (2011). Losses due to historical earthquakes in the Balkan region: Overview of publicly available data. *Geofizika*, 28(1), 161-181.
- Acemoglu, D., Ozdaglar, A., & Tahbaz-Salehi, A. (2015). *Microeconomic origins of macroeconomic tail risks* (No. w20865). National Bureau of Economic Research.
- Acerbi, C., & Szekely, B. (2014). Backtesting Expected Shortfall – Introducing three model-independent, non-parametric back-test methodologies for Expected Shortfall. Available at: https://www.msci.com/resources/research/articles/2014/Research_Insight_Backtesting_Expected_Shortfall_December_2014.pdf
- Acerbi, C., & Tasche, D. (2002). On the coherence of expected shortfall. *Journal of Banking & Finance*, 26(7), 1487-1503.
- Adeleke, I. A., & Ibiwoye, A. (2011). Modeling claim sizes in personal line non-life insurance. *International Business & Economics Research Journal (IBER)*, 10(2).
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 268-281.
- Adrian, T., & Shin, H. S. (2010). Liquidity and leverage. *Journal of financial intermediation*, 19(3), 418-437.
- Adrian, T., Covitz, D. M., & Liang, N. (2013). Financial stability monitoring. Federal Reserve Bank of New York Staff Reports, no. 601. Available at: https://www.newyorkfed.org/medialibrary/media/research/staff_reports/sr601.pdf
- Adžić, S., & Stojić, D. (2013, June). Investment in education as a key determinanat of agricultural insurance growth. In *CBU International Conference Proceedings*, 1, 118-124.
- Afonso, A., & Sousa, R. (2009). Fiscal policy, housing and stock prices. Working Paper No. 990, European Central Bank.
- Aguirre, B. E. (2005). Cuba's disaster management model: should it be emulated?. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, 23(3), 55-71.
- Akgiray, V. & Booth, G. G. (1988). The Siable-Law Model of Stock Returns. *Journal of Business & Economic Statistics*, 6(1), 51-57.
- Al Shalabi, L., Shaaban, Z., & Kasasbeh, B. (2006). Data mining: A preprocessing engine. *Journal of Computer Science*, 2(9), 735-739.
- Albouy, F. X., & Blagoutine, D. (2001). Insurance and transition economics: the insurance market in Russia. *The Geneva Papers on Risk and Insurance. Issues and Practice*, 26(3), 467-479.
- Alexander, C. (2008). *Value-at-risk models*. John Wiley & Sons.
- Allais, M., & Hagen, O. (Eds.). (1979). *Expected utility hypotheses and the Allais paradox*, 21. Springer Science & Business Media.
- Alles, L. A., & Kling, J. L. (1994). Regularities in the variation of skewness in asset returns. *Journal of Financial Research*, 17(3), 427-438.
- Al-Najjar, N. I., & Castro, L. (2010). Subjective Probability. *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*.
- Andelić, G., Ćosić, I., & Đaković, V. (2010). The Impact of Globalization on the Insurance and Reinsurance Market of Eastern Europe. *South East European Journal of Economics and Business*, 5(1), 95-112.
- Andelković, G. (2009). Thunderstorms as extreme climate event in Serbia. *Glasnik Srpskog geografskog drustva*, 89(4), 277-294.
- Andelković, G. (2010). Climatic extremes in Serbia: Definitions, types and classification. *Glasnik Srpskog geografskog drustva*, 90(4), 125-146.
- Andersen, E. S. (1957). On the collective theory of risk in case of contagion between claims. *Bulletin of the Institute of Mathematics and its Applications*, 12, 275-279.
- Anderson, J. (2003). Capital Markets: Monetary and Fiscal Policy Determinants. CU Working Paper, California: Creighton University

- Andreeski, C., Milošević, B., & Njegomir, V. (2012). Analysis of the life insurance market in the Republic of Macedonia. *Economic annals*, 57(194), 107-122.
- Antonio, K. & Beirlant, J. (2006). Risk Classification in Non-life insurance. *Proceedings of the 4 th Actuarial and Financial Mathematics Day*, Brussels.
- Aracioglu, B., Demircan, F., & Soyuer, H. (2011). Mean-Variance-Skewness-Kurtosis Approach to Portfolio Optimization: An Application in Istanbul Stock Exchange/Portföy Optimizasyonunda Ortalama-Varyans-Çarpıklık-BasıklıkYaklasimi: IMKB Uygulamasi. *Ege Akademik Bakis*, 11, 9.
- Araichi, S., De Peretti, C., & Belkacem, L. (2013). Modeling dependence of claims in insurance using autoregressive conditional duration models. *Laboratoire de sciences actuarielle et financiere*, Lyon, <http://docs.isfa.fr/labo/2013.9.pdf>
- Arditti, F. D.(1967). Risk and the required return on equity. *The Journal of Finance*, 22(1), 19-36.
- Arena, M. (2006). Does insurance market activity promote economic growth? Country study for industrial and developing countries. *Country Study for Industrial and Developing Countries (December 1, 2006)*. *World Bank Policy Research Working Paper*, (4098).
- Arrow, K. J. (1971). The theory of risk aversion. *Essays in the theory of risk-bearing*, 90-120.
- Arrow, K.J. (1951). Alternative Approaches to the Theory of Choice in Risk-Taking Situations. *Econometrica*, 19(4), 404-437.
- Arshad, M., Rasool, M.T., & Ahmad, M.I. (2003). Anderson Darling and Modified Anderson Darling Tests for Generalized Pareto Distribution. *Pakistan Journal of Applied Sciences*, 3(2), 85-88.
- Avdalović, V., & Petrović, E. (2011). *Menadžment rizika i osiguranje*, Ekonomski fakultet Univerzitet u Nišu, Niš.
- Avdalović, V., Petrović, E., & Stanković, J. (2016). *Rizik i osiguranje*. Ekonomski fakultet, Niš.
- Bali, T. G. (2003). An Extreme Value Approach to Estimating Volatility and Value at Risk*. *The Journal of Business*, 76(1), 83-108.
- Balkema, A. A., & De Haan, L. (1974). Residual life time at great age. *The Annals of probability*, 792-804.
- Banks, E. (2005). *Catastrophic risk: analysis and management*. John Wiley & Sons.
- Barone-Adesi, G., & Giannopoulos, K. (2001). Non parametric var techniques. myths and realities. *Economic Notes*, 30(2), 167-181.
- Barro, R. J. (1974). Are government bonds net wealth?. *Journal of political economy*, 82(6), 1095-1117.
- Barth, M. E., & Landsman, W. R. (2010). How did financial reporting contribute to the financial crisis?. *European accounting review*, 19(3), 399-423.
- Bartlett, S. (2008). The implications of climate change for children in lower-income countries. *Children, Youth and Environments*, 18(1), 71-98.
- Basak, S., & Shapiro, A. (2001). Value-at-risk-based risk management: optimal policies and asset prices. *Review of Financial studies*, 14(2), 371-405.
- Basel Committee on Banking Supervision (2013), Consultative Document, Fundamental Review of the Trading Book: A revised Market Risk framework, BIS, Basel, Switzerland, <http://www.bis.org/publ/bcbs265.pdf>
- Basel Committee on Banking Supervision (2013). Fundamental review of the trading book: A revised market risk framework, Second Consultative Paper.
- Basher, R. (2006). Global early warning systems for natural hazards: systematic and people-centred. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 364(1845), 2167-2182.
- BCBS (2005). *Amendment to the Capital Accord to incorporate market risks*. Bank for International Settlements. November.
- BCBS (2010). *Basel III: International framework for liquidity risk measurement, standards and monitoring*. Bank for International Settlements.
- BCBS (2011). *Basel III: A global framework for more resilient banks and banking system*. Bank for International Settlements.

- BCBS (2014). *Basel III leverage ratio framework and disclosure requirements*. Bank for International Settlements.
- Beirlant, J., & Teugels, J. L. (1992). Modeling large claims in non-life insurance. *Insurance: Mathematics and Economics*, 11(1), 17-29.
- Beirlant, J., Matthys, G., & Dierckx, G. (2001). Heavy-tailed distributions and rating. *Astin Bulletin*, 31(01), 37-58.
- Bekaert, G., & Wu, G. (2000). Asymmetric volatility and risk in equity markets. *Review of Financial Studies*, 13(1), 1-42.
- Bekaert, G., Erb, C. B., Harvey, C. R., & Viskanta, T. E. (1998). Distributional characteristics of emerging market returns and asset allocation. *The Journal of Portfolio Management*, 24(2), 102-116.
- Bekaert, G., Harvey, C. R., & Lumsdaine, R. L. (2002). The dynamics of emerging market equity flows. *Journal of International Money and Finance*, 21(3), 295-350.
- Benckert, L. G., & Jung, J. (1974). Statistical models of claim distributions in fire insurance. *Astin Bulletin*, 8(01), 1-25.
- Benfield, A. (2015). Reinsurance Market Outlook – Supply Increase Pauses and Demand Set to Accelerate. Available at: <http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20150913-ab-analytics-reinsurance-market-outlook-september-2015.pdf>
- Benson, C., & Clay, E. J. (2000). Developing countries and the economic impacts of natural disasters. *Managing disaster risk in emerging economies*, 11-21.
- Benson, C., & Clay, E. J. (2004). *Understanding the economic and financial impacts of natural disasters*. World Bank Publications.
- Berger, D., Pukthuanthong, K., & Yang, J. J. (2011). International diversification with frontier markets. *Journal of Financial Economics*, 101(1), 227-242.
- Berger, T. H. E. O., & Missong, M. (2014). Financial crisis, Value-at-Risk forecasts and the puzzle of dependency modeling. *International Review of Financial Analysis*, 33, 33-38.
- Berkes, F., & Folke, C. (1998). Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*, 1, 13-20.
- Bernardi, M., & Petrella, L. (2015). Interconnected Risk Contributions: A Heavy-Tail Approach to Analyze US Financial Sectors. *Journal of Risk and Financial Management*, 8(2), 198-226.
- Bijlsma, M., & Muns, S. (2011). *Systemic risk across sectors; Are banks different?* (No. 175). CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.
- Billio, M., & Pelizzon, L. (2000). Value-at-risk: a multivariate switching regime approach. *Journal of Empirical Finance*, 7(5), 531-554.
- BIS & IMF. (1997). *Financial Stability in Emerging Market Economies - A strategy for the formulation, adoption and implementation of sound principles and practices to strengthen financial systems*. Report of the Working Party on Financial Stability in Emerging Market Economies
- Black, F. (1976). Studies of stock price volatility changes. 177-181.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B. (2014). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. London: Routledge.
- Blattberg, R.C. & Gonedes, N.J. (1974). A Comparison of the Stable and Student Distributions as Statistical Models for Stock Prices. *Journal of Business*, 47(2), 244-280.
- Bodie, Z. (1976). Common stocks as a hedge against inflation. *The Journal of Finance*, 31(2), 459-470.
- Böhme, R., & Kataria, G. (2006, June). Models and Measures for Correlation in Cyber-Insurance. In *WEIS*.
- Boin, A., & McConnell, A. (2007). Preparing for critical infrastructure breakdowns: the limits of crisis management and the need for resilience. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 15(1), 50-59.
- Boin, A., Comfort, L.K., & Demchak, C.C. (2010). The Rise of Resilience, in Comfort, L.K., Boin, A., & Demchak, C.C. (eds.), *Designing Resilience: preparing for extreme events*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh.

- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics*, 31(3), 307-327.
- Bollerslev, T. (1987). A conditionally heteroskedastic time series model for speculative prices and rates of return. *The review of economics and statistics*, 542-547.
- Bollerslev, T. (1990). Modelling the coherence in short-run nominal exchange rates: a multivariate generalized ARCH model. *The review of economics and statistics*, 498-505.
- Bollerslev, T., Engle, R. F., & Wooldridge, J. M. (1988). A capital asset pricing model with time-varying covariances. *The Journal of Political Economy*, 116-131.
- Borden, S., & Sarkar, A. (1996). Securitizing property catastrophe risk. *Current Issues in Economics and Finance*, 2(9).
- Borio C. (2003). Towards a macroprudential framework for financial supervision and regulation? BIS Working Papers, No. 128
- Borio, C. E., & Tsatsaronis, K. (2005). Accounting, prudential regulation and financial stability: elements of a synthesis. Available at <http://www.bis.org/publ/work180.pdf>
- Boudoukh, J., Richardson, M., & Whitelaw, R. (1998). The best of both worlds. *Risk*, 11(5), 64-67.
- Bradley, J. V. (1968). *Distribution-free statistical tests*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Bremmer, I. (2005). Managing risk in an unstable world. *Harvard business review*, 83(6), 51-60.
- Broock, W. A., Scheinkman, J. A., Dechert, W. D., & LeBaron, B. (1996). A test for independence based on the correlation dimension. *Econometric reviews*, 15(3), 197-235.
- Bruggeman, V. (2007). Capital market instruments for catastrophe risk financing. In *American Risk and Insurance Association 2007 Annual Meeting*.
- Bruggeman, V., Faure, M. G., & Fiore, K. (2010). The Government as Reinsurer of Catastrophe Risks?. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 35(3), 369-390.
- Buchholz, W., & Schymura, M. (2012). Expected utility theory and the tyranny of catastrophic risks. *Ecological Economics*, 77, 234-239.
- Buch-Kromann, T. (2006). Estimation of large insurance losses: A case study. *Journal of Actuarial Practice*, 13, 199-219.
- Buch-Larsen, T., Nielsen, J. P., Guillén, M., & Bolancé, C. (2005). Kernel density estimation for heavy-tailed distributions using the Champernowne transformation. *Statistics*, 39(6), 503-516.
- Bühler, W., & Prokopczuk, M. (2010). Systemic risk: is the banking sector special?. Available at SSRN 1612683.
- Burnecki, K., Kukla, G., & Weron, R. (2000). Property insurance loss distributions. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 287(1), 269-278.
- Burnecki, K., Misiolek, A., & Weron, R. (2010). Loss Distributions, MPRA Paper, University Library of Munich, Germany. Available at: <http://EconPapers.repec.org/RePEc:pra:mprapa:22163>.
- Campbell, J. Y., & Viceira, L. M. (2002). *Strategic asset allocation: portfolio choice for long-term investors*. Oxford University Press.
- Campbell, J. Y., & Vuolteenaho, T. (2004). *Inflation illusion and stock prices* (No. w10263). National Bureau of Economic Research.
- Campbell, J. Y., Lo, A. W. C., & MacKinlay, A. C. (1997). *The econometrics of financial markets* (Vol. 2, pp. 149-180). Princeton, Princeton University Press.
- Campbell, S. D. (2005). *A review of backtesting and backtesting procedures*. Divisions of Research & Statistics and Monetary Affairs, Federal Reserve Board.
- Canova, F., & De Nicolò, G. (2000). Stock returns, term structure, inflation, and real activity: An international perspective. *Macroeconomic Dynamics*, 4(3), 343-372.
- Carey, M. P. (2014). Cost-Benefit and Other Analysis Requirements in the Rulemaking Process. CRS Report. Available at: <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R41974.pdf>
- Caruana, J. (2010). Systemic risk: how to deal with it. *Basel: Bank for International Settlements*.
- Carver, L. (2013). Mooted VaR substitute cannot be back-tested, says top quant. *Risk*, March, 8.

- CEA (2007). *Solvency II Glossary*. Available at: http://ec.europa.eu/internal_market/insurance/docs/solvency/impactassess/annex-c08d_en.pdf
- CEIOPS (2009). CEIOP's Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: System of Governance. Available at: <https://eiopa.europa.eu/CEIOPS-Archive/Documents/Advices/CEIOPS-L2-Final-Advice-on-System-of-Governance.pdf>
- Cerović, M. (2003). *Formiranje tarifa u osiguranju od autoodgovornosti*, Udruženje aktuara Srbije, Zlatibor.
- Chang, S. E., & Shinozuka, M. (2004). Measuring improvements in the disaster resilience of communities. *Earthquake Spectra*, 20(3), 739-755.
- Cheng, A. R., Jahan-Parvar, M. R., & Rothman, P. (2010). An empirical investigation of stock market behavior in the Middle East and North Africa. *Journal of Empirical Finance*, 17(3), 413-427.
- Chichilnisky, G. (1996). An axiomatic approach to sustainable development. *Social choice and welfare*, 13(2), 231-257.
- Chichilnisky, G. (2009). The topology of fear. *Journal of Mathematical Economics*, 45(12), 807-816.
- Chichilnisky, G. (2011). Catastrophic risks with finite or infinite states. *International Journal of Ecological Economics & Statistics*, 23(11), 3-18.
- Chistyakov, V. P. (1964). A theorem on sums of independent positive random variables and its applications to branching random processes. *Theory of Probability & Its Applications*, 9(4), 640-648.
- Chouinard, É., & Youngman, P. (2008). Fair Value Accounting and Financial Stability. Available at: <http://www.bankofcanada.ca>
- Christensen, I., Kumar, G., Meh, C., & Zorn, L. (2015). Assessing Vulnerabilities in the Canadian Financial System. *Financial System Review*, 37-46.
- Christie, A. A. (1982). The stochastic behavior of common stock variances: Value, leverage and interest rate effects. *Journal of financial Economics*, 10(4), 407-432.
- Christodoulakis, G. A., & Satchell, S. E. (2002). Correlated ARCH (CorrARCH): Modelling the time-varying conditional correlation between financial asset returns. *European Journal of Operational Research*, 139(2), 351-370.
- Christoffersen, P. (1998). Evaluating Interval Forecasts. *International Economic Review*, 39, 841-862.
- Christoffersen, P. F. (2012). *Elements of financial risk management*. Academic Press.
- Christoffersen, P., & Pelletier, D. (2004). Backtesting value-at-risk: A duration-based approach. *Journal of Financial Econometrics*, 2(1), 84-108.
- Christoffersen, P., Diebold, F. X., & Schuermann, T. (1998). Horizon problems and extreme events in financial risk management. *Economic Policy Review*, 4(3), 98-116.
- Christoffersen, C., & Zschiesche, J. (2015). Macroprudential Objectives and Instruments for Insurance – An Initial Discussion. Available at: <https://eiopa.europa.eu/Publications/Reports/Macroprudential%20Objectives%20and%20Instruments%20for%20InsuranceFSR-May2015-.pdf>
- Churchill, C. (2007). Insuring the low-income market: Challenges and solutions for commercial insurers. *Geneva Papers on Risk and Insurance. Issues and Practice*, 401-412.
- Clark, A. (2008). Liquidity Risk in Frontier Markets-History, Measurement and a New Approach. *Thomson Reuters*.
- Coburn, A.W.; Bowman, G.; Ruffle, S.J.; Foulser-Piggott, R.; Ralph, D.; Tuveson, M. (2014). A Taxonomy of Threats for Complex Risk Management, Cambridge Risk Framework series; Centre for Risk Studies, University of Cambridge.
- Coles, S. G., & Tawn, J. A. (1991). Modelling extreme multivariate events. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 377-392.
- Coles, S. G., & Tawn, J. A. (1996). Modelling extremes of the areal rainfall process. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 329-347.
- Comfort, L. K., Boin, A., & Demchak, C. C. (Eds.). (2010). *Designing resilience: Preparing for extreme events*. University of Pittsburgh Pre.

- Cont, R. (2001). Empirical properties of asset returns: stylized facts and statistical issues. *Quantitative Finance*, 1, 223-236.
- Cooke, J. (2007). Insurance: global market trends, In Proceedings of The United Nations Conference on Trade and Development *Trade and development aspects of insurance services and regulatory framework*, UN, New York and Geneva, 37 – 43.
- Cooke, R. M., Kousky, C., & Joe, H. (2011). Micro correlations and tail dependence. *Dependence Modeling: Vine Copula Handbook*, 89-112.
- Corbett, J., & Vines, D. (1999). Asian currency and financial crises: Lessons from vulnerability, crisis and collapse. *The World Economy*, 22(2), 155-177.
- Cox, J. C., & Ross, S. A. (1976). The valuation of options for alternative stochastic processes. *Journal of financial economics*, 3(1-2), 145-166.
- Cox, S. H., & Hu, Y. (2004). Modeling Mortality Risk From Exposure to a Potential Future Extreme Event and Its Impact on Life Insurance (Atlanta: Department of Risk Management and Insurance J. Mack Robinson College of Business).
- Cramér, H. (1955). *Collective risk theory: A survey of the theory from the point of view of the theory of stochastic processes*. Nordiska bokhandeln.
- Crotty, J. (2008). Structural causes of the global financial crisis: a critical assessment of the 'new financial architecture'. *Cambridge Journal of Economics*, 33(4), 563-580.
- Crotty, J. (2009). Profound structural flaws in the US financial system that helped cause the financial crisis. *Economic and Political Weekly*, 127-135.
- Cummins, D., & Mahul, O. (2008). Catastrophe risk financing in developing countries. *World Bank*.
- Cummins, J. D. (2007). Reinsurance for Natural and Man-Made Catastrophes in the United States: Current State of the Market and Regulatory Reforms. *Risk Management and Insurance Review*, 10(2), 179-220.
- Cummins, J. D. (2012). CAT bonds and other risk-linked securities: product design and evolution of the market. Available at SSRN 1997467.
- Cummins, J. D., & Harrington, S. E. (1985). Econometric Forecasting of Automobile Insurance Paid-Claim Costs. In *Strategic Planning and Modeling in Property-Liability Insurance* (pp. 247-277). Springer Netherlands.
- Cummins, J. D., & Weiss, M. A. (2009). Convergence of insurance and financial markets: Hybrid and securitized risk-transfer solutions. *Journal of Risk and Insurance*, 76(3), 493-545.
- Cummins, J. D., & Weiss, M. A. (2013). Systemic risk and regulation of the US insurance industry. *Networks Financial Institute Policy Brief*.
- Cummins, J. D., & Weiss, M. A. (2014). Systemic risk and the US insurance sector. *Journal of Risk and Insurance*, 81(3), 489-528.
- Ćurak, M., Džaja, I., & Pepur, S. (2013). The effect of social and demographic factors on life insurance demand in Croatia. *International Journal of Business and Social Science*, 4, 65–72.
- Cutler, D. M., & Zeckhauser, R. J. (1999). Reinsurance for catastrophes and cataclysms. In *The financing of catastrophe risk* (pp. 233-274). University of Chicago Press.
- Cutter, S. L., & Finch, C. (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(7), 2301-2306.
- Cutter, S.L. (ed.) (2001). *American Hazardscapes: The Regionalization of Hazards and Disasters*. Joseph Henry Press/National Academies of Science, Washington, DC.
- Danielsson, J., Haan, L., Ergun, L., & Vries, C. (2016). Tail Index Estimation: Quantile Driven Threshold Selection. Working Paper.
- Danielsson, J., Jorgensen, B. N., Mandira, S., Samorodnitsky, G., & De Vries, C. G. (2005). Subadditivity re-examined: the case for value-at-risk. Available at: <http://eprints.lse.ac.uk/24668/1/dp549.pdf>
- Darrat, A. F., Elkhal, K., & Hakim, S. R. (2000). On the integration of emerging stock markets in the Middle East. *Journal of Economic Development*, 25(2), 119-130.
- Davison, A. C., & Smith, R. L. (1990). Models for exceedances over high thresholds. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 393-442.

De la Poterie, A. T., & Baudoin, M. A. (2015). From Yokohama to Sendai: Approaches to participation in international disaster risk reduction frameworks. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6(2), 128-139.

De Larosière, J. (2009). *Report of the High-Level Group on Financial Supervision in the EU*. Available at: http://ec.europa.eu/internal_market/finances/docs/de_larosiere_report_en.pdf

Deheuvels, P., Hausler, E., & Mason, D. (1988). Almost sure convergence of the Hill estimator. *Math. Proc. Cambridge Philos. Soc.* 104, 371-381.

Dekkers, A. L., & De Haan, L. (1989). On the estimation of the extreme-value index and large quantile estimation. *The Annals of Statistics*, 1795-1832.

Dekkers, A. L., Einmahl, J. H., & De Haan, L. (1989). A moment estimator for the index of an extreme-value distribution. *The Annals of Statistics*, 1833-1855.

Denneberg, D. (1990). Premium calculation: why standard deviation should be replaced by absolute deviation. *Astin Bulletin*, 20(02), 181-190.

Detzer, D., & Herr, H. (2014). *Theories of financial crises: An overview* (No. 32/2014). Working Paper, Institute for International Political Economy Berlin.

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a), 427-431.

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1057-1072.

Dobardzic, E., Dobardzic, A., & Brnicanin, E. (2012). Co-movement of financial markets in emerging and developed economies. *Актуальні проблеми економіки*, (3), 385-397.

Dodd, E. L. (1923). The greatest and the least variate under general laws of error. *Transactions of the American Mathematical Society*, 25(4), 525-539.

Doherty, N., & Smetters, K. (2005). Moral hazard in reinsurance markets. *Journal of Risk and Insurance*, 72(3), 375-391.

Đokanović, S. (2016). Klizišta i štete na objektima nastale kao posledica intenzivnih padavina u opštini Krupanj. *Tehnika – rudarstvo, geologija i metalurgija*, 67, 48-53.

Dowd, K. (2001). Estimating VaR with order statistics. *The Journal of Derivatives*, 8(3), 23-30.

Dowd, K. (2002). *Measuring Market Risk*. John Wiley & Sons, Chichester.

Dowd, K. (2005). *Measuring Market Risk*. Second edition. Chichester and New York: John Wiley and Sons.

Dragos, S. L. (2014). Life and non-life insurance demand: the different effects of influence factors in emerging countries from Europe and Asia. *Economic Research-Ekonomika Istraživanja*, 27(1), 169-180.

Drljača-Kanazir, S. (2015). PPP as a modern concept for providing public goods and services and its application in Serbia. *Bankarstvo*, 44(3), 112-139.

Dunn-Cavelty, M., & Suter, M. (2009). Public-Private Partnerships are no silver bullet: An expanded governance model for Critical Infrastructure Protection. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 2(4), 179-187.

Đurović-Todorović, J. (1997). The Belgrade stock exchange-an embryo of the financial markets in Yugoslavia. *Facta Universitatis, Series: Economics and Organization*, 1(5), 79-86.

EBRD (2014). Commercial Laws of Serbia – An Assessment by the EBRD.

Efron, B., & Tibshirani, R. J. (1993). An Introduction to the Bootstrap, Monographs on Statistics and Applied Probability, Vol. 57. *New York and London: Chapman and Hall/CRC*.

Eling, M., & Luhnen, M. (2010). Efficiency in the international insurance industry: A cross-country comparison. *Journal of Banking & Finance*, 34(7), 1497-1509.

Elliott, J. R., & Pais, J. (2006). Race, class, and Hurricane Katrina: Social differences in human responses to disaster. *Social Science Research*, 35(2), 295-321.

Elliott, M. W., & CPCU, A. (2001). Contingent Capital Arrangements. *Risk Management Section Quarterly*, 18(2), 1-2.

Ellsberg, D. (1961). Risk, ambiguity, and the Savage axioms. *The quarterly journal of economics*, 643-669.

Embrechts, P., & Höing, A. (2006). Extreme VaR scenarios in higher dimensions. *Extremes*, 9(3-4), 177-192.

- Embrechts, P., Höing, A., & Juri, A. (2003). Using copulae to bound the Value-at-Risk for functions of dependent risks. *Finance and Stochastics*, 7(2), 145-167.
- Embrechts, P., Klüppelberg, C., & Mikosch, T. (1997). Modelling extremal events, volume 33 of Applications of Mathematics.
- Embrechts, P., Lindskog, F., & McNeil, A. (2001). Modelling dependence with copulas. *Rapport technique, Département de mathématiques, Institut Fédéral de Technologie de Zurich, Zurich*.
- Embrechts, P., McNeil, A., & Straumann, D. (2002). Correlation and dependence in risk management: properties and pitfalls. *Risk management: value at risk and beyond*, 176-223.
- EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database (2015). Available at: http://www.emdat.be/advanced_search/index.html
- Engle, R. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339-350.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 987-1007.
- Engle, R. F., & Kroner, K. F. (1995). Multivariate simultaneous generalized ARCH. *Econometric theory*, 11(01), 122-150.
- Engle, R. F., & Manganelli, S. (2004). CAViaR: Conditional autoregressive value at risk by regression quantiles. *Journal of Business & Economic Statistics*, 22(4), 367-381.
- Engle, R. F., Ng, V. K., & Rothschild, M. (1990). Asset pricing with a factor-ARCH covariance structure: Empirical estimates for treasury bills. *Journal of Econometrics*, 45(1), 213-237.
- Erb, C. B., Harvey, C. R., & Viskanta, T. E. (1999). New perspectives on emerging market bonds. *The Journal of Portfolio Management*, 25(2), 83-92.
- European Central Bank (2006). Assessment of accounting standards from a financial stability perspective. Available at <https://www.ecb.europa.eu>
- European Insurance and Occupational Pensions Authority (2014). Technical specification for the preparatory phase (part I).
- Evans, A. M. (2007). The EU reinsurance directive. *Geneva Papers on Risk and Insurance. Issues and Practice*, 95-104.
- Fabozzi, F. J., Kolm, P. N., Pachamanova, D., & Focardi, S. M. (2007). *Robust portfolio optimization and management*. John Wiley & Sons.
- Fadhlaoui, K., Bellalah, M., Dherry, A. & Zouaouil, M. (2009). An empirical examination of international diversification benefits in central European emerging equity markets. *International Journal of Business*, 14(2), 163-173.
- Faini, R. (2006). Fiscal policy and interest rates in Europe. *Economic Policy*, 21(47), 444-489.
- Fama, E. F. (1963). Mandelbrot and the stable Paretian hypothesis. *Journal of Business*, 420-429.
- Fama, E. F. (1981). Stock returns, real activity, inflation, and money. *The American Economic Review*, 71(4), 545-565.
- Fama, E. F., & French, K. R. (1988). Permanent and temporary components of stock prices. *The Journal of Political Economy*, 246-273.
- Fama, E. F., & Schwert, G. W. (1977). Asset returns and inflation. *Journal of financial economics*, 5(2), 115-146.
- Feyen, E., Lester, R. R., & Rocha, R. D. R. (2011). What drives the development of the insurance sector? An empirical analysis based on a panel of developed and developing countries. *An Empirical Analysis Based on a Panel of Developed and Developing Countries (February 1, 2011)*. World Bank Policy Research Working Paper Series, No. 5572.
- Figlewski, S. (1994). Forecasting volatility using historical data. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.125.6925&rep=rep1&type=pdf>
- Filijović, M., & Đorđević, I. (2014). Impact of may'floods on state of human security in the Republic of Serbia. *Bezbednost, Beograd*, 56(3), 115-128.
- Fishburn, P. C. (1977). Mean-risk analysis with risk associated with below-target returns. *The American Economic Review*, 116-126.

- Fishburn, P. C. (1983). Transitive measurable utility. *Journal of Economic Theory*, 31(2), 293-317.
- Fisher, L. (2013). Preparing for Future Catastrophes. Available at: http://www.irgc.org/wp-content/uploads/2013/03/CN_Prep.-for-Future-Catastrophes_final_11March13.pdf.
- Fisher, R. A., & Tippett, L. H. C. (1928, April). Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample. In *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* (Vol. 24, No. 02, pp. 180-190). Cambridge University Press.
- Focardi, S. M., & Fabozzi, F. J. (2004). *The mathematics of financial modeling and investment management* (Vol. 138). John Wiley & Sons.
- Foss, S., Korshunov, D., & Zachary, S. (2013). Heavy-Tailed and Long-Tailed Distributions. In *An Introduction to Heavy-Tailed and Subexponential Distributions* (pp. 7-42). Springer New York.
- Fothergill, A., Maestas, E. G., & Darlington, J. D. (1999). Race, ethnicity and disasters in the United States: A review of the literature. *Disasters*, 23(2), 156-173.
- Fréchet, M. (1927). Sur la loi de probabilité de l'écart maximum. In *Annales de la société Polonaise de Mathématique* (Vol. 6, pp. 93-116).
- Frees, E. W., Shi, P., & Valdez, E. A. (2009). Actuarial applications of a hierarchical insurance claims model. *Astin Bulletin*, 39(01), 165-197.
- Friese, M., Stork, J., Guerra, R. R., Bartz-Beielstein, T., Thaker, S., Flasch, O., & Zaefferer, M. Univariate Frequency-based Imputation for Time Series Data. *Schriftenreihe Cplus, Band 5/2013*. Available at: <http://www.spotseven.de/wordpress/wp-content/papercite-data/pdf/frie13a.pdf>
- Froot, K. A. (2008). The intermediation of financial risks: Evolution in the catastrophe reinsurance market. *Risk Management and Insurance Review*, 11(2), 281-294.
- FSB, IMF, World Bank. (2011). Financial Stability Issues in Emerging Market and Developing Economies. Report to the G-20 Finance Ministers and Central Bank Governors. Basel: FSB, IMF, and World Bank.
- Gačić, J., & Jakovljević, V. (2014). The specific characteristics of the modern integrated system of management in the state of emergency. *Bezbednost, Beograd*, 56(3), 64-77.
- Gencay, R., & Selcuk, F. (2004). Extreme value theory and Value-at-Risk: Relative performance in emerging markets. *International Journal of Forecasting*, 20(2), 287-303.
- Genest, C., & Nešlehová, J. G. (2014). On tests of radial symmetry for bivariate copulas. *Statistical Papers*, 55(4), 1107-1119.
- Georgescu, O., & Laux, C. (2013). *Financial Reporting, Financial Regulation, and Financial Stability: Evidence from German Bank Failures in 2007*. Working Paper.
- Geweke, J. (2001). A note on some limitations of CRRA utility. *Economics letters*, 71(3), 341-345.
- Ghalanos, A., Ghalanos, M. A., & Rcpp, L. (2015). Package "rugarch". Available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/rugarch/index.html>
- Gilmore, C. G., & McManus, G. M. (2002). International portfolio diversification: US and Central European equity markets. *Emerging Markets Review*, 3(1), 69-83.
- Glasserman, P., Heidelberger, P., & Shahabuddin, P. (2000). *Efficient Monte Carlo methods for value-at-risk*. IBM Thomas J. Watson Research Division.
- Glosten, L. R., Jagannathan, R., & Runkle, D. E. (1993). On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. *The journal of finance*, 48(5), 1779-1801.
- Gnedenko, B. (1943). Sur la distribution limite du terme maximum d'une série aléatoire. *Annals of mathematics*, 423-453.
- Gneiting, T. (2011). Making and evaluating point forecasts. *Journal of the American Statistical Association*, 106(494), 746-762.
- Gobat, J., Yanase, M., & Maloney, J. F. (2014). The Net Stable Funding Ratio: Impact and Issues for Consideration. IMF Working Paper WP/14/106. Available at: <http://asbaweb.org/E-News/enews-38/banksup/05banksup.pdf>
- Goldie, C. M., & Klüppelberg, C. (1998). Subexponential distributions. *A practical guide to heavy tails: statistical techniques and applications*, 435-459.
- Goldie, C. M., & Resnick, S. (1989). Records in a partially ordered set. *The Annals of Probability*, 678-699.

- Goldsmith, R.W. (1969). *Financial structure and development*. Yale University Press. New Haven, CT.
- Göndör, M., & Nistor, P. (2012). Fiscal policy and foreign direct investment: evidence from some emerging EU economies. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 58, 1256-1266.
- Goovaerts, M. J., Kaas, R., Dhaene, J., & Tang, Q. (2003). A unified approach to generate risk measures. *Astin Bulletin*, 33(02), 173-191.
- Gradojević, N., & Dobardžić, E. (2013). Causality between regional stock markets: a frequency domain approach. *Panoeconomicus*, 60(5), 633-647.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37 (3): 424–438.
- Granger, C. W., & Terasvirta, T. (1993). Modelling non-linear economic relationships. *OUP Catalogue*.
- Graves, S. (2012). FinTS: Companion to Tsay (2005) analysis of financial time series. *R package version 0.4-4*.
- Graves, S. (2014). *FinTS: Companion to Tsay (2005) Analysis of Financial Time Series*. R package version 0.4-5. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=FinTS>.
- Grechuk, B., & Zabarankin, M. (2014). Risk averse decision making under catastrophic risk. *European Journal of Operational Research*, 239(1), 166-176.
- Grislain-Letrémy, C. (2009). *Assurance des risques naturels en France: sous quelles conditions les assureurs peuvent-ils inciter à la prévention des catastrophes naturelles?* (No. 123456789/5518). Paris Dauphine University.
- Gron, A. (1999). Insurer demand for catastrophe reinsurance. In *The financing of catastrophe risk* (pp. 23-50). University of Chicago Press.
- Gross, J., & Ligges, U. (2015). nortest: Tests for Normality. R package version 1.0-4. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=nortest>
- Gross, J., Ligges, U., & Ligges, M. U. (2015). Package ‘nortest’. *Five omnibus tests for testing the composite hypothesis of normality*.
- Grubel, H. G. (1968). Internationally diversified portfolios: welfare gains and capital flows. *The American Economic Review*, 58(5), 1299-1314.
- Guiahi, F. (2001). Fitting loss distributions in the presence of rating variables. *Journal of Actuarial Practice*, 9(1).
- Gumbel, E. J. (1941). The return period of flood flows. *The annals of mathematical statistics*, 12(2), 163-190.
- Gumbel, E. J. (1958). *Statistics of extremes*. 1958. Columbia Univ. press, New York.
- Guo, L. (2003). Applying data mining techniques in property/casualty insurance. In *in CAS 2003 Winter Forum, Data Management, Quality, and Technology Call Papers and Ratemaking Discussion Papers*, CAS.
- Haas, M. (2007). Do investors dislike kurtosis?. *Economics Bulletin*, 7(2), 1-9.
- Haiss, P. and Sumegi, K. (2006). The relationship of insurance and economic growth - A theoretical and empirical analysis. Paper presented at the EcoMod Conference, Hong Kong, June 28-30, 2006.
- Haiss, P., & Sümegi, K. (2008). The relationship between insurance and economic growth in Europe: a theoretical and empirical analysis. *Empirica*, 35(4), 405-431.
- Harrington, S. E., Mann, S. V., & Niehaus, G. (1995). Insurer capital structure decisions and the viability of insurance derivatives. *Journal of Risk and Insurance*, 483-508.
- Harvey, C. R. (1994). *Conditional asset allocation in emerging markets* (No. w4623). National Bureau of Economic Research.
- Hayllar, M. R., & Wettenhall, R. (2010). Public-Private Partnerships: Promises, Politics and Pitfalls. *Australian Journal of Public Administration*, 69(s1), S1-S7.
- Helbing, D. (2012). Systemic risks in society and economics. In *Social Self-Organization* (pp. 261-284). Springer Berlin Heidelberg.
- Henry, J. B., & Ping-Hung H. (2009). Extreme Value Analysis for Partitioned Insurance Losses. *Variance*, 3(2), 214-238.
- Herrero, A. G., Herrero, S. G., & Abella, C. L. (2004). *Investing In The Financial Sector Of Emerging Countries: Potential Risk And How To Manage Them* (No. 0404015). EconWPA.

- Hewitt, C. C., & Lefkowitz, B. (1979). Methods for fitting distributions to insurance loss data. In *Proceedings of the casualty actuarial society* (Vol. 66, No. 125-126, pp. 139-160).
- Hill, B. M. (1975). A simple general approach to inference about the tail of a distribution. *The annals of statistics*, 3(5), 1163-1174.
- Hogg, R.V. & Klugman, S.A. (1984). *Loss Distributions*. John Wiley & Sons.
- Hols, M. C. & De Vries, C. G. (1991). The limiting distribution of extremal exchange rate returns. *Journal of Applied Econometrics*, 6(3), 287-302.
- Holton, G. A. (2002). History of Value-at-Risk. Working Paper. Available at: <http://www.stat.wharton.upenn.edu/~steele/Courses/434/434Context/RiskManagement/VaRHistlory.pdf>
- Horvath, R., & Petrovski, D. (2013). International stock market integration: Central and South Eastern Europe compared. *Economic Systems*, 37(1), 81-91.
- Hosking, J. R. M., Wallis, J. R., & Wood, E. F. (1985). Estimation of the generalized extreme-value distribution by the method of probability-weighted moments. *Technometrics*, 27(3), 251-261.
- Hosking, J. R., & Wallis, J. R. (1987). Parameter and quantile estimation for the generalized Pareto distribution. *Technometrics*, 29(3), 339-349.
- Houben, A., Kakes, J., & Schinasi, G. J. (2004). *Toward a framework for safeguarding financial stability*. International Monetary Fund.
- Hull, J., & White, A. (1998). Incorporating volatility updating into the historical simulation method for value-at-risk. *Journal of Risk*, 1(1), 5-19.
- Hyndman, R. J., & Khandakar, Y. (2007). Automatic time series forecasting: the forecast package for R 7, 2008. Available at: <http://www.jstatsoft.org/v27/i03>.
- Hyndman, R. J., Cinelli, C., Khan, Y., Mayer, Z., Razbash, S., Schmidt, D., ... & Hyndman, M. R. J. (2015). Package “forecast”. Available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/forecast/index.html>
- Hyndman, R.J. & Khandakar, Y. (2008). Automatic time series forecasting: the forecast package for R. *Journal of Statistical Software*, 26(3), 1-22. Available at: <http://ideas.repec.org/a/jss/jstsof/27i03.html>.
- Hyndman, R.J. (2015). *forecast: Forecasting functions for time series and linear models*. R package version 6.2. Available at: <http://github.com/robjhyndman/forecast>.
- IAIS (2007). *Glossary of Terms*. Available at: http://iaisweb.org/temp/IAIS_Website_Glossary.pdf
- IAIS. (2013). Macroprudential Policy and Surveillance in Insurance. MPS Report 18 July 2013, Available at: <http://iaisweb.org/index.cfm?event=getPage&nodeId=25233#>
- Ikefuji, M., Laeven, R. J., Magnus, J. R., & Muris, C. (2010). *Expected Utility and Catastrophic Risk*. Working Paper, Tilburg University.
- IMF (2010). Republic of Serbia: Financial Sector Assessment Program Update – Technical Note on Insurance Sector, *IMF Country Report, No. 10/154*.
- IMF. (2010). United States: Publication of Financial Sector Assessment Program Documentation— Detailed Assessment of Observance of IAIS Insurance Core Principles. IMF Country Report No. 10/126, Available at: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2010/cr10126.pdf>
- Insurance Europe (August 2015). *European Insurance – Key Facts*. Brussels, EU.
- Irving, F. (1930). The theory of interest. *New York: Kelley, Reprint of the 1930 Edition*.
- Ishaq, A. (2005). Reinsuring for catastrophes through industry loss warranties—a practical approach. In *Casualty Actuarial Society Forum* (pp. 75-91).
- Jabry, A. (2003). *Children in Disasters: After the Cameras Have Gone*. Plan UK, London, UK.
- Jaffee, D. M., & Russell, T. (1997). Catastrophe insurance, capital markets, and uninsurable risks. *Journal of Risk and Insurance*, 205-230.
- Jametti, M., & von Ungern-Sternberg, T. (2010). Risk selection in natural-disaster insurance. *Journal of Institutional and Theoretical Economics JITE*, 166(2), 344-364.
- Jansen, D. W. & De Vries, C. G. (1991). On the frequency of large stock returns: Putting booms and busts into perspective. *The review of economics and statistics*, 18-24.

- Jayasuriya, S. A., & Shambora, W. (2009). Oops, we should have diversified!. *Applied Financial Economics*, 19(22), 1779-1785.
- Jeanne, O., & Korinek, A. (2014). Macroprudential policy beyond banking regulation. *Financial Stability Review*, (18), 163-172.
- Jefferies, M. (2006). Critical success factors of public private sector partnerships: A case study of the Sydney SuperDome. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 13(5), 451-462.
- Joe, H. (1997). *Multivariate models and multivariate dependence concepts*. CRC Press.
- Johnston, M. R., Schumacher, M. L., & Chai, M. J. (2000). *Assessing Financial System Vulnerabilities* (No. 0-76). International Monetary Fund.
- Jorion, P. (2001). *Value at Risk, The New Benchmark for Managing Financial Risk*, 2nd Edition, McGraw-Hill, United States.
- Jorion, P. (2002). Fallacies about the effects of market risk management systems. *Journal of Risk*, 5, 75-96.
- Jovanović, S. (2014). Pravni aspekti osiguranja od elementarnih nepogoda. *Pravo-teorija i praksa*, 31(7-9), 16-28.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 263-291.
- Kanas, A. (1998). Linkages between the US and European equity markets: further evidence from cointegration tests. *Applied Financial Economics*, 8(6), 607-614.
- Kendall, M. G. & Hill, A. B. (1953). The analysis of economic time-series Part I: Prices. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 116(1), 11-34.
- Kerkhof, J., & Melenberg, B. (2004). Backtesting for risk-based regulatory capital. *Journal of Banking & Finance*, 28(8), 1845-1865.
- Keynes, J. M. (1921). A treatise on probabilities. *Collected writings of JM Keynes*, 8.
- Keynes, J. M. (1936). *The general theory of interest, employment and money*. London: Macmillan.
- Kilibarda, M. M., Nikčević, M. A., Milić, D., & Mićunović, A. (2011). Globalna finansijska kriza i odgovor Evropske Unije. *Centralna Banka Crne Gore-Sektor za Istraživanja i Statistiku*.
- King, M. A., & Wadhvani, S. (1990). Transmission of volatility between stock markets. *Review of Financial studies*, 3(1), 5-33.
- King, R. O. (2013, August). Financing Natural Catastrophe Exposure: Issues and Options for Improving Risk Transfer Markets. Congressional Research Service, Library of Congress.
- Kingman, J. F. (1993). *Poisson processes*, volume 3 of Oxford Studies in Probability.
- Kist, E. (2001). Integrated Financial Services—A Framework for Success: Synergies in Insurance, Banking, and Asset Management. *Geneva Papers on Risk and Insurance. Issues and Practice*, 311-322.
- Klein, R. W., & Wang, S. (2009). Catastrophe risk financing in the United States and the European Union: A comparative analysis of alternative regulatory approaches. *Journal of Risk and Insurance*, 76(3), 607-637.
- Kogut, B., & Spicer, A. (2002). Capital market development and mass privatization are logical contradictions: lessons from Russia and the Czech Republic. *Industrial and Corporate Change*, 11(1), 1-37.
- Konno, H., & Suzuki, K. I. (1995). A mean-variance-skewness portfolio optimization model. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 38(2), 173-187.
- Konno, H., & Yamazaki, H. (1991). Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokyo stock market. *Management science*, 37(5), 519-531.
- Kothari, S. P., & Lester, R. (2012). The role of accounting in the financial crisis: lessons for the future. *Accounting Horizons*, 26(2), 335-351.
- Kotz, S., & Nadarajah, S. (2000). *Extreme value distributions*, 31, Imperial College Press, London.
- Kousky, C., & Cooke, R. (2012). Explaining the failure to insure catastrophic risks. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 37(2), 206-227.
- Kousky, C., & Cooke, R. M. (2009). The unholy trinity: fat tails, tail dependence, and micro-correlations. *Resources for the Future Discussion Paper*, 09-36.

- Krokhmal, P., Palmquist, J., & Uryasev, S. (2001). Portfolio Optimisation with Conditional VaR Objective and Constraints”.
- Kugler, M., & Ofoghi, R. (2005, September). Does insurance promote economic growth? Evidence from the UK. In *Money Macro and Finance (MMF) Research Group Conference* (Vol. 8).
- Kunreuther, H., & Heal, G. (2012). *Managing catastrophic risk* (No. w18136). National Bureau of Economic Research.
- Kupiec, P. H. (1995). Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models. *The Journal of Derivatives*, 3(2), 73-84.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. *Journal of econometrics*, 54(1), 159-178.
- Kyle, A. S. (1985). Continuous auctions and insider trading. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1315-1335.
- La Porta, R., Lopez-de-Silanes, F., Shleifer, A., & Vishny, R. W. (1997). Legal determinants of external finance. *Journal of finance*, 1131-1150.
- Lagoarde-Segot, T., & Lucey, B. M. (2007). International portfolio diversification: Is there a role for the Middle East and North Africa?. *Journal of Multinational Financial Management*, 17(5), 401-416.
- Lai, K. K., Yu, L., & Wang, S. (2006, June). Mean-variance-skewness-kurtosis-based portfolio optimization. In *Computer and Computational Sciences, 2006. IMSCCS'06. First International Multi-Symposiums on* (Vol. 2, pp. 292-297). IEEE.
- Lai, T. Y. (1991). Portfolio selection with skewness: a multiple-objective approach. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 1(3), 293-305.
- Latković, M. (2001). Nesinhrono trgovanje i proračun sistematskog rizika. *Unpublished paper*. Available at: <http://www.phy.hr/~laci/art/beta.pdf>.
- Laux, C. (2012). Financial instruments, financial reporting, and financial stability. *Accounting and business research*, 42(3), 239-260.
- Laux, C., & Christian L. (2010). Did Fair-Value Accounting Contribute to the Financial Crisis?. *Journal of Economic Perspectives*, 24(1), 93-118.
- Lee, S. B., & Kim, K. J. (1993). Does the October 1987 crash strengthen the co-movements among national stock markets?. *Review of Financial Economics*, 3(1), 89.
- Lee, T. H., & Long, X. (2005). *Copula-based Multivariate GARCH Model with Uncorrelated Dependent Errors*, University of California. Riverside, working paper series.
- Levine, R. (1991). Stock markets, growth, and tax policy. *The Journal of Finance*, 46(4), 1445-1465.
- Levy, H., & Sarnat, M. (1970). International diversification of investment portfolios. *The American Economic Review*, 668-675.
- Lindell, M. K., Tierney, K. J., & Perry, R. W. (2001). *Facing the Unexpected: Disaster Preparedness and Response in the United States*. Joseph Henry Press.
- Linsmeier, T. J., & Pearson, N. D. (2000). Value at risk. *Financial Analysts Journal*, 56(2), 47-67.
- Litzenberger, R. H., & Modest, D. (2008). Crisis and non-crisis risk in financial markets: A unified approach to risk management. Available at SSRN 1160273.
- Longin, F., & Solnik, B. (1995). Is the correlation in international equity returns constant: 1960-1990?. *Journal of international money and finance*, 14(1), 3-26.
- Longley-Cook, A. G. (1997). Insurance Risk Management Tools: Value at Risk and Risk Adjusted Economic Value. *Actuarial Research Clearing House*, 1, 205-222.
- Longstaff, P. H., Armstrong, N. J., Perrin, K., Parker, W. M., & Hidek, M. A. (2010). Building resilient communities: a preliminary framework for assessment. *Homeland Security Affairs*, 6(3).
- Loomes, G., & Sugden, R. (1987). Some implications of a more general form of regret theory. *Journal of Economic Theory*, 41(2), 270-287.
- López de Silanes, F., La Porta, R., Shleifer, A., & Vishny, R. (1998). Law and finance. *Journal of political economy*, 106, 1113-1155.

- Lundberg, F. (1932). Some supplementary researches on the collective risk theory. *Scandinavian Actuarial Journal*, 1932(3), 137-158.
- Machina, M. J. (1982). "Expected Utility" Analysis without the Independence Axiom. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 277-323.
- Mandelbrot, B. B. (1963). The variation of certain speculative prices. *Journal of Business*, XXXVI (1963), 392-417.
- Mangram, M. E. (2013). A simplified perspective of the Markowitz Portfolio Theory. *Global Journal of Business Research*, 7(1), 59-70.
- Manias, S. (2005). *Manias, panics and crashes*. John Wiley and Sons.
- Manić, N., Lukić, D., & Prokić, A. (2013). Seismic reliability infrastructure. *Zbornik radova Građevinskog fakulteta, Subotica*, (22), 43-54.
- Marimoutou, V., Raggad, B., & Trabelsi, A. (2009). Extreme value theory and value at risk: application to oil market. *Energy Economics*, 31(4), 519-530.
- Marinelli, C., d'Addona, S., & Rachev, S.T. (2007). A comparison of some univariate models for value-at-risk and expected shortfall. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, 10(06), 1043-1075.
- Marinkovic, S., Stojkovic, D., & Radovic, O. (2013). Stock market development and economic growth (The Case of Belgrade Stock Exchange). *Актуальні проблеми економіки*, (5), 399-408.
- Markovic, I. P., Stankovic, J. Z., & Stankovic, J. M. (2013, November). Data preparation for modeling predictive analyzes in the field of basic property insurance risks. In *Telecommunications Forum (TELFOR), 2013, 21st* (pp. 829-832). IEEE.
- Marković, S. (2012). Bezbednost multikulturnog društva. *CIVITAS*, 4, 62-79.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The journal of finance*, 7(1), 77-91.
- Marshall, D. A. (1992). Inflation and asset returns in a monetary economy. *The Journal of Finance*, 47(4), 1315-1342.
- Masci, P., Tejerina, L., & Webb, I. (2007). *Insurance Market Development in Latin America and the Caribbean*. Inter-American Development Bank.
- Mashal, R., & Zeevi, A. (2002). Beyond correlation: Extreme co-movements between financial assets. *Unpublished, Columbia University*.
- Mason, D.M. (1982). Laws of large number for sums of extreme values. *The Annals of Probability*, 754-764.
- Matić, V. (2011). Bazel III – izmenjeni koncept kapitala. *Bankarstvo*, 7-8.
- McDaniels, T., Chang, S., Cole, D., Mikawoz, J., & Longstaff, H. (2008). Fostering resilience to extreme events within infrastructure systems: Characterizing decision contexts for mitigation and adaptation. *Global Environmental Change*, 18(2), 310-318.
- McKinnon, R.I. (1973). *Money and capital in economic development*. Brookings Institution, Washington, DC.
- McNeil, A. J. (1997). Estimating the tails of loss severity distributions using extreme value theory. *Astin Bulletin*, 27(01), 117-137.
- McNeil, A. J., & Frey, R. (2000). Estimation of tail-related risk measures for heteroscedastic financial time series: an extreme value approach. *Journal of empirical finance*, 7(3), 271-300.
- McNeil, A. J., Frey, R., & Embrechts, P. (2005). *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools*. Princeton university press.
- Mechler, R. (2004). *Natural Disaster Risk Management and Financing Disaster Losses in Developing Countries*. Verlag Versicherungswirtschaft, Karlsruhe, Germany.
- Mechler, R., Hochrainer, S., Aaheim, A., Salen, H. & Wreford, A. (2010). Modelling economic impacts and adaptation to extreme events: Insights from European case studies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 15(7), 737-762.
- Meek, P. (1960). The revival of international capital markets. *The American Economic Review*, 50(2), 282-293.
- Meier, U. B., & Outreville, J. F. (2003, September). The reinsurance price and the insurance cycle. In *Presentado al Seminar of the European Group of Risk and Insurance Economists (EGRIE), Zurich (Suiza)*.

- Mendes, B., & Martins, R. (2004). Measuring financial risks with copulas. *International Review of Financial Analysis*, 13(1), 27-45.
- Metzger, M. J., Leemans, R., & Schröter, D. (2005). A multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global change. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7(4), 253-267.
- Meyers, G., & Kollar, J. (1999). Catastrophe risk securitization: insurer and investor perspectives. *Securitization of Risk*, 224-272.
- Michelis, L., & Ning, C. (2010). The dependence structure between the Canadian stock market and the USD/CAD exchange rate: a copula approach. *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique*, 43(3), 1016-1039.
- Michel-Kerjan, E. O. (2010). Catastrophe economics: the national flood insurance program. *The Journal of Economic Perspectives*, 24(4), 165-186.
- Michel-Kerjan, E., & Morlaye, F. (2008). Extreme Events, Global Warming, and Insurance-Linked Securities: How to Trigger the "Tipping Point". *Geneva Papers on Risk and Insurance. Issues and Practice*, 153-176.
- Mihajlović, J., Ducić, V., & Burić, D. (2014). Tornado occurrence nearby Valjevo on 27 may 2014: Analysis of weather situation. *Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic, SASA*, 64(3), 279-292.
- Milanović, A., Urošev, M., & Milijašević, D. (2010). Floods in Serbia in the 1999-2009 period: Hydrological analysis and flood protection measures. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 90(1), 93-121.
- Milašinović, S., & Kešetović, Ž. (2011). *Krizni menadžment u istorijskoj perspektivi*. Beograd: Kriminalističko-policijska akademija.
- Mileti, D. (1999). *Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States*. Joseph Henry Press.
- Milosavljević, B. (2014). Prilog teorijskopравnom određenju pojma bezbednosti. *Pravni zapisi*, V(1), 95-119.
- Minović, J. (2013). Analiza likvidnosti finansijskog tržišta Srbije i Hrvatske. *Megatrend revija*, 10(2), 117-134.
- Minović, J. Z., & Živković, B. R. (2010). Open issues in testing liquidity in frontier financial markets: The case of Serbia. *Economic annals*, 55(185), 33-62.
- Minsky, H. P. (1992). The financial instability hypothesis. *The Jerome Levy Economics Institute Working Paper*, (74).
- Mitchell, J.K. (ed.) (1999). *Crucibles of Hazards: Megacities and Disasters in Transition*. United Nations University Press, Tokyo, Japan.
- Mittnik, S., & Rachev, S. T. (1993). Modeling asset returns with alternative stable distributions*. *Econometric reviews*, 12(3), 261-330.
- Mitton, T., & Vorkink, K. (2007). Equilibrium underdiversification and the preference for skewness. *Review of Financial Studies*, 20(4), 1255-1288.
- Mladenović, Z., & Nojković, A. (2015). *Primenjena analiza vremenskih serija – drugo izdanje*. Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet, Beograd.
- Modigliani, F., & Miller, M. H. (1958). The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *The American economic review*, 48(3), 261-297.
- Moore, A. B. (1962). *A Statistical Analysis of Common Stock Prices*. PhD thesis, Graduate School of Business, University of Chicago, Chicago.
- Munitlak-Ivanović, O., Raspopović, N., Mitić, P., & Rakić, S. (2013). Analysis of life insurance premium in regard to net income as an influencing factor: The case of the Republic of Serbia. *Industrija*, 41(4), 23-37.
- NAIC (2012). *Solvency modernization initiative roadmap*. National Association of Insurance Commissioners.
- Nasim N. T. (2010). *Crni labud – Uticaj krajnje neverovatnih zbivanja*, Heliks.
- Neaime S., & Colton, N.A. (2005). Portfolio diversification and financial integration of MENA stock markets. In Neaime, S., & Colton, N.A. (ed.) *Money and Finance in the Middle East: Missed Opportunities or Future Prospects? (Research in Middle East Economics, Volume 6)* Emerald Group Publishing Limited, pp. 3 – 20.

- Nelsen, R.B. (2006). An introduction to copulas, 2nd. *New York: Springer Science Business Media*.
- Nelson, D. B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 347-370.
- Neumann, L. J., & Morgenstern, O. (1947). *Theory of games and economic behavior*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Njegomir, V. (2007). Minimiziranje rizika osiguravajućih društava. *Industrija*, 35(3), 83-102.
- Njegomir, V. (2008). Uloga tržišta kapitala u upravljanju rizikom osiguranja. *Industrija*, 36(4), 95-118.
- Njegomir, V. (2011). Osiguranje i reosiguranje: tradicionalni i alternativni pristupi. *Tectus, Zagreb*.
- Njegomir, V., & Marović, B. (2012). Contemporary trends in the global insurance industry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 44, 134-142.
- Njegomir, V., & Stojić, B. (2012). Determinants of nonlife insurance market attractiveness for foreign investments: Eastern European evidence. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 25(2), 297-310.
- North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge university press.
- Nyholm, K. (2012). Insurance and banking interconnectedness in Europe: The opinion of equity markets. *Economics Research International*.
- O'Brien, K., S. Eriksen, L. Sygna, and L.O. Naess (2006). Questioning complacency: Climate change impacts, vulnerability, and adaptation in Norway. *Ambio*, 35(2), 50-56.
- O'Keefe, P., Westgate, K. & Wisner, B. (1976). Taking the naturalness out of natural disasters. *Nature*, 260(5552), 566-567.
- OAS (1991). *Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning*. Organization of American States, Washington, DC.
- O'Brien, K., Sygna, L., & Haugen, J. E. (2004). Vulnerable or resilient? A multi-scale assessment of climate impacts and vulnerability in Norway. *Climatic change*, 64(1-2), 193-225.
- Ollenburger, J.C., & Tobin, G.A. (1998). Women in postdisaster stress. In: Enarson, E., Morrow, B.H. (Eds.), *The Gender Terrain of Disasters: Through Women's Eyes*. Greenwood Press, Westport, Connecticut, 95-107.
- Omran, M., & Pointon, J. (2001). Does the inflation rate affect the performance of the stock market? The case of Egypt. *Emerging Markets Review*, 2(3), 263-279.
- Ostojić, S. (2004). *Neophodnost restrukturiranja osiguravajućih društava u Srbiji*, Privredna izgradnja, 48(1-2).
- Outreville, J. F. (2013). The relationship between insurance and economic development: 85 empirical papers for a review of the literature. *Risk Management and Insurance Review*, 16(1), 71-122.
- Ozun, A., & Cifter, A. (2007). Portfolio value-at-risk with time-varying copula: evidence from the Americas. *MPRA Paper, Munich Personal RePec Archive*, (2711), 1-13.
- Parzen, E. (1979). Nonparametric statistical data modeling. *Journal of the American statistical association*, 74(365), 105-121.
- Patton, A. J. (2006). Modelling asymmetric exchange rate dependence*. *International economic review*, 47(2), 527-556.
- Pavlović, J., Živkov, D., & Kolar, S. (2011). Macroeconomic performance and political business cycles in Serbia (2000-2009). In *International Conference On Applied Economics-ICOAE*, 453-462.
- Peacock, W.G., & Ragsdale, A.K. (1997). Social systems, ecological networks and disasters: towards a socio-political ecology of disasters. In: Peacock, W.G., Morrow, B.H., Gladwin, H. (Eds.), *Hurricane Andrew: Ethnicity, Gender and the Sociology of Disasters*. Routledge, London, 20-35 (Chapter 2).
- Peacock, W.G., Morrow, B.H. & Gladwin, H. (eds.). (1997). *Hurricane Andrew: Ethnicity, Gender and the Sociology of Disasters*. Routledge, London, UK.

- Peduzzi, P. (2006). The Disaster Risk Index: Overview of a quantitative approach. In: *Measuring Vulnerability to Natural Hazards - Towards Disaster Resilient Societies*[Birkmann, J. (ed.)]. United Nations University Press, Tokyo, Japan, 171-181.
- Pérignon, C., & Smith, D. R. (2010). The level and quality of Value-at-Risk disclosure by commercial banks. *Journal of Banking & Finance*, 34(2), 362-377.
- Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1361-1401.
- Perrut, D. (2012). Financial Regulation after the “subprime” crisis: what has been learned and what reforms made?. *Robert-schuman.eu*.
- Petković, K., & Nikolić, P. (1981). *Osnovi geologije*. Naučna knjiga, Beograd
- Petrovar, K. (2009). Urbanizacija bez urbanosti – bilanca rasta gradova u Srbiji. *Sociologija i prostor*, 43(3), 725-749.
- Pfaff, B. (2008). *Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series with R*. Second Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-27960-1.
- Pfaff, B. (2008). VAR, SVAR and SVEC models: Implementation within R package vars. *Journal of Statistical Software*, 27(4), 1-32.
- Pfaff, B. (2012). *Financial risk modelling and portfolio optimization with R*. John Wiley & Sons.
- Phillips, P. C., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Pickands, J. (1975). Statistical inference using extreme order statistics. *Annals of Statistics*, 119-131.
- Plantin, G., Sapra, H., & Shin, H. S. (2008). Fair value accounting and financial stability. *Chicago GSB Research Paper*, (08-15).
- Poposki, K. (2007). Merger activity in the insurance industry. *Facta Universitatis, Series: Economics and Organization*, 4(2), 161-171
- Popović, T., Đurđević, V., Živković, M., Jović, B., & Jovanović, M. (2009). Promena klime u Srbiji i očekivani uticaji. In *Peta regionalna konferencija EnE09-Životna sredina ka Evropi, Ambasadori životne sredine i PKS* (pp. 6-11).
- Posner, R. A. (2004). *Catastrophe: risk and response*. Oxford University Press.
- Poterba, J. M., & Summers, L. H. (1988). Mean reversion in stock prices: Evidence and implications. *Journal of financial economics*, 22(1), 27-59.
- Prahalad, C.K. (2005). *Fortune at the Bottom of the Pyramid: Eradicating Poverty Through Profits*. Upper Saddle River, NJ: Wharton School Publishing.
- Putnam, R.D. (2000). *Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community*. Simon & Schuster, New York, NY.
- Quiggin, J. (1982). A theory of anticipated utility. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 3(4), 323-343.
- R Development Core Team (2008). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Available at: <http://www.R-project.org>.
- Rabin M. (2000). Risk Aversion and Expected-Utility Theory: A Calibration Theorem. *Econometrica*, 68 (5), 1281 – 1292.
- Radić, Z., & Mihajlović, V. (2014). Usporedna analiza metoda za definisanje hidroloških suša. <http://www.vodoprivreda.net/wp-content/uploads/2014/08/uporedna-analiza.pdf>
- Radovanović, S. (2008). Seismological investigation in Serbia. *Građevinski materijali i konstrukcije*, 51(2), 66-74.
- Radvanski, M., & Štefanik, M. (2016). Situaciona analiza neformalne ekonomije i neformalnog zapošljavanja u Srbiji – izveštaj, Tvining projekat „Unapređenje socijalnog dijaloga“ SR12IBSO01.
- Ray-Bennett, N.S. (2009). The influence of caste, class and gender in surviving multiple disasters: A case study from Orissa, India. *Environmental Hazards-Human and Policy Dimensions*, 8(1), 5-22
- Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2010, June). Power comparisons of some selected normality tests. In *Regional Conference on Statistical Sciences, Malaysia*.

Re, M. (2015). nd NatCatSERVICE Download center for statistics on natural catastrophes. Available at: <https://www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/natcatservice/annual-statistics/index.html>

Re, S. (2014). Natural catastrophes and man-made disasters in 2013: large losses from floods and hail; Haiyan hits the Philippines. *Sigma*, 1, 2014.

RECIPE (2011). *Manual for the Protection of Critical Infrastructure*, TNO – Critical Infrastructure Protection (CIP) Policies in Europe, Delft.

Reiss, R. D., Thomas, M., & Reiss, R. D. (2007). *Statistical analysis of extreme values* (Vol. 2). Basel: Birkhäuser.

Resnick, S., & Stărică, C. (1997). Asymptotic behavior of Hill's estimator for autoregressive data. *Communications in statistics. Stochastic models*, 13(4), 703-721.

Rezaee, Z. (2001). *Financial Institutions, Valuations, Mergers, and Acquisitions*. Somerset: John Wiley & Sons, Inc.

Ribeiro, K., & Dantas, A. (2006). Private-public partnership initiatives around the world: learning from the experience. Available at:

http://ir.canterbury.ac.nz/bitstream/handle/10092/211/12604296_Main.pdf;jsessionid=D485D9871BAD5DFF2C0D0C9EE2080C2D?sequence=1

RIMS (2011). An Overview of Widely used Risk Management Standards and Guidelines - A Joint Report of RIMS Standards and Practices Committee and RIMS ERM Committee. Available at:

<https://www.rims.org/resources/ERM/Documents/RIMS%20Executive%20Report%20on%20Widely%20Used%20Standards%20and%20Guidelines%20March%202010.pdf>

Rinaldi, S. M., Peerenboom, J. P., & Kelly, T. K. (2001). Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *Control Systems, IEEE*, 21(6), 11-25.

RiskMetrics, T. M. (1996). Technical Document. *JP Morgan Inc., New York, NY*.

Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2000). Optimization of conditional value-at-risk. *Journal of risk*, 2, 21-42.

Rootzen, H., & Klüppelberg, C. (1999). A single number can't hedge against economic catastrophes. *AMBIO-STOCKHOLM*, 28, 550-555.

Rootzén, H., & Tajvidi, N. (1997). Extreme value statistics and wind storm losses: a case study. *Scandinavian Actuarial Journal*, 1997(1), 70-94.

Rose, A. (2004). Economic principles, issues, and research priorities in hazard loss estimation. In: *Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters [Okuyama, Y. and S. Chang (eds.)]*. Springer, Berlin, Germany, 14–36.

Rothery, M. (2005). Critical infrastructure protection and the role of emergency services. *Australian Journal of Emergency Management, The*, 20(2), 45.

Roy, A. D. (1952). Safety first and the holding of assets. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 431-449.

Rutkowski, M., & Tarca, S. (2015). Regulatory Capital Modeling For Credit Risk. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, 18(05), 1550034.

Samitas, A., Kenourgios, D., & Paltalidis, N. (2007). Integration and behavioral patterns in emerging Balkan stock markets. In *Annual Meeting of the European Financial Management Association, Vienna*.

Samuelson, P. (1958). The Fundamental Approximation Theorem of Portfolio Analysis in Terms of Means, Variances, and Higher Moments. *Review of Economic Studies*, 25, 65-86.

Samuelson, P. A. (1970). The fundamental approximation theorem of portfolio analysis in terms of means, variances and higher moments. *The Review of Economic Studies*, 537-542.

Savage, L. J. (1972). *The foundations of statistics*. Courier Corporation.

Scheffer, M., Bascompte, J., Brock, W. A., Brovkin, V., Carpenter, S. R., Dakos, V., ... & Sugihara, G. (2009). Early-warning signals for critical transitions. *Nature*, 461(7260), 53-59.

Schinasi, G. J. (2004). Defining Financial Stability. IMF Working Paper WP/04/187. Available at: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2004/wp04187.pdf>

Schinasi, G. J. (2005). Economic Issues 36: Preserving Financial Stability. *International Monetary Fund, Washington*.

Schinasi, G. J. (2011). Financial-stability challenges in European emerging-market countries. *World Bank Policy Research Working Paper*, (5773).

- Schinasi, M. G. J. (2006). *Safeguarding financial stability: theory and practice*. International Monetary Fund.
- Schuster, E. F. (1984). Classification of probability laws by tail behavior. *Journal of the American Statistical Association*, 79(388), 936-939.
- Schwarcz, D., & Schwarcz, S. L. (2014). Regulating Systemic Risk in Insurance. *University of Chicago Law Review*, 81(4), Minnesota Legal Studies Research Paper No. 14-18. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2404492> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2404492>
- Scott, R. C., & Horvath, P. A. (1980). On the direction of preference for moments of higher order than the variance. *The Journal of Finance*, 35(4), 915-919.
- Seier, E. (2002). Comparison of Tests for Univariate Normality. *InterStat Statistical Journal*, 1, 1-17.
- Sen, A. (1981). *Poverty and famines: An essay on entitlement and deprivation*. Oxford University.
- Sheehan, K. (2003). Catastrophe securities and the market sharing of deposit insurance risk. *FDIC Banking Review Series*, 1(15).
- Sheikh, A. Z., & Qiao, H. (2009). Non-normality of market returns. *JP Morgan Asset Management research paper*.
- Sigman, K. (1999). Appendix: A primer on heavy-tailed distributions. *Queueing systems*, 33(1), 261-275.
- Silvennoinen, A., & Teräsvirta, T. (2008). *Multivariate GARCH models*. SSE (No. 669). EFI Working Paper Series in Economics and Finance.
- Simkowitz, M. A., & Beedles, W. L. (1980). Asymmetric stable distributed security returns. *Journal of the American Statistical Association*, 75(370), 306-312.
- Škero, M., & Ateljević, V. (2015). Protection of critical infrastructures and basic elements of alignment with the Council Directive 2008/114/EC. *Vojno delo*, 67(3), 192-207.
- Skipper, H. D. (1997). *Foreign insurers in emerging markets: Issues and concerns* (No. 1). International Insurance Foundation.
- Sklar, M. (1959). Fonctions de repartition à n dimensions et leurs marges. *Publications de l'Institut de Statistique de l'Université de Paris*, 8, 229-231.
- Škrinjarić, T. (2013). Portfolio Selection with Higher Moments and Application on Zagreb Stock Exchange. *Zagreb International Review of Economics and Business*, 16(1), 65-78.
- Slijberman, J. F., Schoenmaker, D., & de Vries, C. G. (2013). Systemic risk and diversification across European banks and insurers. *Journal of Banking & Finance*, 37(3), 773-785.
- Smith, A. (1776). *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*. London: George Routledge and Sons.
- Smith, M. B., Pickles, L. J., & Tillinghast, A. (1994). An introduction to catastrophe insurance futures. In *Actuarial Approach for Financial Risks, 4th AFIR International Congress, Orlando/USA*, 2, 817-844.
- Sole, J., Novoa, A., & Scarlata, J. G. (2009). *Procyclicality and fair value accounting* (Vol. 9). International Monetary Fund.
- Solnik, B. (1983). The relation between stock prices and inflationary expectations: The international evidence. *The Journal of Finance*, 38(1), 35-48.
- Sorensen, J. H. (2000). Hazard warning systems: Review of 20 years of progress. *Natural Hazards Review*, 1(2), 119-125.
- Sortino, F. A., & Forsey, H. J. (1996). On the use and misuse of downside risk. *The Journal of Portfolio Management*, 22(2), 35-42.
- Sortino, F. A., & Price, L. N. (1994). Performance measurement in a downside risk framework. *the Journal of Investing*, 3(3), 59-64.
- Šoškić, D. (2009). *Globalna finansijska kriza i Srbija - pouke i mere* - Svetska ekonomska kriza i ekonomska politika Srbije u 2009. godini, Naučno društvo ekonomista i Ekonomski fakultet, Beograd, 115-131.
- Speidell, L. S., & Krohne, A. (2007). The case for frontier equity markets. *The Journal of Investing*, 16(3), 12-22.
- Spry, J. (2009). Non-life Insurance Securitization: Market Overview, Background and Evolution. *The Handbook of Insurance-Linked Securities*, 7-18.

- Spyrou, S. I. (2001). Stock returns and inflation: evidence from an emerging market. *Applied Economics Letters*, 8(7), 447-450.
- Standard & Poor's (2004). *Global reinsurance highlights 2004 edition*. Available at: <http://www.reactionsnet.com/pdf/GRH2004incads300dpi.pdf>
- Stanković, J., & Petrović, E. (2016). Expected utility theory under extreme risks. *Facta universitatis, Series: Economics and Organization*, 13(1), 31-44.
- Starmer, C. (2000). Developments in non-expected utility theory: The hunt for a descriptive theory of choice under risk. *Journal of economic literature*, 332-382.
- Staudt, A. (2010, November). Tail risk, systemic risk and copulas. In *Casualty Actuarial Society E-Forum*, 2, 1-23.
- Stefanova, J. (2015). The Serbian and Bulgarian Capital Markets within the Context of the EU Integration Process. *Journal of Business and Economics*, 6(6), 1233-1244.
- Stewart, G. T., Kolluru, R., & Smith, M. (2009). Leveraging public-private partnerships to improve community resilience in times of disaster. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39(5), 343-364.
- Stojković, Lj. (2013). Pravni aspekti upravljanja rizikom i sistem internih kontrola kao integralni deo korporativnog upravljanja u društvu za osiguranje, *Evropska revija za pravo osiguranja*, 3, 46-53.
- Stoyanov, S. V., Rachev, S. T., Racheva-Yotova, B., & Fabozzi, F. J. (2011). Fat-tailed models for risk estimation. *Journal of Portfolio Management*, 37(2), 107-129.
- Subbotin, M. T. (1923). On the law of frequency of error. *Математический сборник*, 31(2), 296-301.
- Sunstein, C. R. (2004). Cost-Benefit Analysis and the Environment. John M. Olin Law & Economics Working Paper No. 227. Available at: <http://www.law.uchicago.edu/files/files/227-crs-environment.pdf>
- Surminski, S., & Eldridge, J. (2015). Flood insurance in England—an assessment of the current and newly proposed insurance scheme in the context of rising flood risk. *Journal of Flood Risk Management*.
- Swiss Re (2015). World insurance in 2014: back to life. *Sigma*, 4.
- Tawn, J.A. (1990). Modelling multivariate extreme value distributions. *Biometrika*, 77(2), 245-253.
- Tawn, J. A. (1992). Estimating probabilities of extreme sea-levels. *Applied Statistics*, 77-93.
- The Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act (2010). Public Law 111-203, 111th Congress. Available at: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-111publ203/html/PLAW-111publ203.htm>.
- The World Bank study group (2005). *Study on Economic Benefits of RHMS of Serbia*. Belgrade.
- The World Bank. (2015). *Coping with Floods, Strengthening Growth*. South East Europe Regular Economic Report No.7.
- Theodossiou, P. (1998). Financial data and the skewed generalized t distribution. *Management Science*, 44(12-part-1), 1650-1661.
- Timotić, A. (2014). Katastrofalni rizici u Bosni i Hercegovini i Srbiji sa posebnim osvrtom na poplave. *Economics*, 3, 21-34.
- Tippett, L. H. (1925). On the extreme individuals and the range of samples taken from a normal population. *Biometrika*, 364-387.
- TISP (2011), *Regional Disaster Resilience Guide The Infrastructure Security Partnership. A Guide for Developing An Action Plan* (2011 edn). Available at: http://content.asce.org/oldcefi2007/download/Binder_Handouts/Guide_for_an_Action_Plan_to_Develop_Regional_Disaster_Resilience.pdf
- Tobin, G. A. (1999). Sustainability and community resilience: the holy grail of hazards planning?. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, 1(1), 13-25.
- Tobin, G.A., & Montz, B.E. (1994). The flood hazard and dynamics of the residential land market. *Water Resources Bulletin*, 30(4), 673-685.
- Tobin, G.A., & Montz, B.E. (1997). *Natural Hazards: Explanation and Integration*. Guilford Press, New York.

Tošić, D., & Nevenić, M. (2007). Nodalna regija instrument prostorno-funkcionalne organizacije Srbije. *Zbornik radova Geografskog instituta „Jovan Cvijić“ SANU*, 57.

Trapletti, A. & Hornik, K. (2015). tseries: Time Series Analysis and Computational Finance. R package version 0.10-34.

Trapletti, A., Hornik, K., LeBaron, B., & Hornik, M. K. (2015). Package “tseries”. Available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/tseries/index.html>

Tripathi, V., & Kumar, A. (2014). Relationship between Inflation and stock returns—evidence from BRICS markets using Panel Co integration Test. *International Journal of Accounting and Financial Reporting*, 4(2), 647-658.

Tse, Y. K., & Tsui, A. K. C. (2002). A multivariate generalized autoregressive conditional heteroscedasticity model with time-varying correlations. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 351-362.

Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., ... & Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the national academy of sciences*, 100(14), 8074-8079.

Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and uncertainty*, 5(4), 297-323.

U.S. General Accountability Office (2005). Catastrophe risk – U.S. and European approaches to insure natural catastrophe and terrorism risks – Report to the Chairman, Committee on Financial Services, House of Representatives. Available at: <http://www.gao.gov/new.items/d05199.pdf>

UN (2004). *Cuba: A Model in Hurricane Risk Management*. Available at: <http://www.un.org/News/Press/docs/2004/iha943.doc.htm>.

UN (2012). Risk Management in Regulatory Frameworks: Towards a Better Management of Risks. New York and Geneva. Available at: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/Publications/WP6_ECE_TRADE_390.pdf

UN (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Available at: http://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (1964). Proceedings of the United Nations Conference on Trade and Development, First Session, Volume 1, p.55, Final Act and Report, Geneva: United Nations.

Uryasev, S., & Rockafellar, R. T. (1999). *Optimization of conditional value-at-risk*. Department of Industrial & Systems Engineering, University of Florida.

Vining, A. R., & Boardman, A. E. (2008). Public—Private Partnerships Eight Rules for Governments. *Public Works Management & Policy*, 13(2), 149-161.

Von Mises, R. (1923). Über die variationsbreite einer Beobachtungsreihe. *Sitzungsberichte der Berliner Mathematischen Gesellschaft*, 22, 3-8.

Von Mises, R. (1936). La distribution de la plus grande de n valeurs. *Rev. math. Union interbalcanique*, 1(1).

Wang, S. (1996). Premium calculation by transforming the layer premium density. *Astin Bulletin*, 26(01), 71-92.

Ward, D., & Zurbrugg, R. (2000). Does insurance promote economic growth? Evidence from OECD countries. *Journal of Risk and Insurance*, 489-506.

Waugh, W.L. (1996). Disaster management for the new millenium. In: Sylves, R.T., Waugh, W.L. (Eds.), *Disaster Management in the U.S. and Canada: The Politics, Policymaking, Administration and Analysis of Emergency Management*. Charles C. Thomas Publishers, Springfield, Illinois, 344-359 (Chapter XVI).

Weisbart, S. N., & Hartwig, R. P. (2011). Property/Casualty Insurance and Systematic Risk. Insurance Information Institute, New York, USA, Available at: http://www.iii.org/sites/default/files/paper_Systemic%20Risk_042011.pdf

Weitzman, M. L. (2009). On modeling and interpreting the economics of catastrophic climate change. *The Review of Economics and Statistics*, 91(1), 1-19.

White, G.F., & Haas, J.E. (1975). *Assessment of research on natural hazards*. Cambridge, MA: MIT.

White, H. (1989, June). An additional hidden unit test for neglected nonlinearity in multilayer feedforward networks. In *Neural Networks, 1989. IJCNN., International Joint Conference on* (pp. 451-455). IEEE.

Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, 10(3), 111-120.

Wisner, B. (2006). Let Our Children Teach Us. *A Review of the Role of Education and Knowledge in Disaster Risk Reduction. UNISDR System Thematic Cluster/Platform on Knowledge and Education, Geneva, Switzerland.*

Wu, G. (2001). The determinants of asymmetric volatility. *Review of Financial Studies*, 14(3), 837-859.

Wuertz, D. et al. (2013). *fNonlinear: Nonlinear and Chaotic Time Series Modelling*. R package version 3010.78. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=fNonlinear>.

Wuertz, D. et al. (2013). *fUnitRoots: Trends and Unit Roots*. R package version 3010.78. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=fUnitRoots>.

Xiao, L., & Aydemir, A. (2007). Volatility modelling and forecasting in finance. *Forecasting volatility in the financial markets, 1.*

Yaari, M. E. (1987). The dual theory of choice under risk. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 95-115.

Yamai, Y., & Yoshida, T. (2002). On the validity of value-at-risk: comparative analyses with expected shortfall. *Monetary and economic studies*, 20(1), 57-85.

Zafaranloo, F. R., & Sopian, R. Z. Z. (2013). The Benefit of International Portfolio Diversification in Asian Emerging Markets to the US Investors. *International Journal of Business, Economics and Law*, 2(2), 35-42.

Zaimović, A., & Delalić, A. (2010). Possibilities of risk diversification in regional stock exchange. *Ekonomska istraživanja*, 23(1), 30-46.

Zarić, M. (2014). Meteorološka analiza vremenske nepogode koju je izazvala obilna kiša u maju 2014. godine. *Pregled razvoja opstih teorijskih modela o nastanku udesa i katastrofa prirodnog i tehnogenog karaktera*, Republički hidrometeorološki zavod, Srbija.

Žarković, N., Lisov, M., & Mrkšić, D. (2012). Ulaganja srpskih osiguravajućih društava. *Ekonomska istraživanja*, 25(4), 1113-1126.

Zeckhauser, R. (1995). Insurance and Catastrophes, *The Geneva Papers on Risk and Insurance Theory*, 20, 157 – 175.

Zemčik, P., Seskar, L., & Seč, R. (2008). Regulation, ownership and liquidity on the Serbian stock market. Available at: <http://home.cerge-ei.cz/petrz/Consulting/stock.pdf>

Zikovic, S. (2008). Quantifying extreme risks in stock markets: A case of former Yugoslavian states. *Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci, časopis za ekonomsku teoriju i praksu- Proceedings of Rijeka Faculty of Economics, Journal of Economics and Business*, 26(1), 41-68.

Živković, B., & Minović, J. (2010). Illiquidity of frontier financial market: Case of Serbia. *Panoeconomicus*, 57(3), 349-367.

Živković, B., Urošević, B., Cvijanović, D., & Drenovak, M. (2006). Tržište kapital u Srbiji 2000-2005: Kratka deskripcija i preliminarna analiza, u *Ekonomski fakultet u Beogradu i Naučno društvo ekonomista, Beograd.*

Zivot, E., & Andrews, D. (1992). Further evidence on the Great Crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics*, 10, 251–270.

Zuluaga, L. F., & Cox, S. H. (2010). Improving Skewness of Mean-Variance Portfolios. *North American Actuarial Journal*, 14(1), 59-67.

Београдска берза (2009). *Годишњи извештај о пословању у 2009. години*. Доступно на: http://www.belex.rs/files/proizvodi_i_usluge/gi_2009.pdf

Београдска берза (2012). *Методологија за израчунавање индекса BELEX 15, Ver 2.3.*, доступно на http://www.belex.rs/files/trgovanje/BELEX15_metodologija.pdf

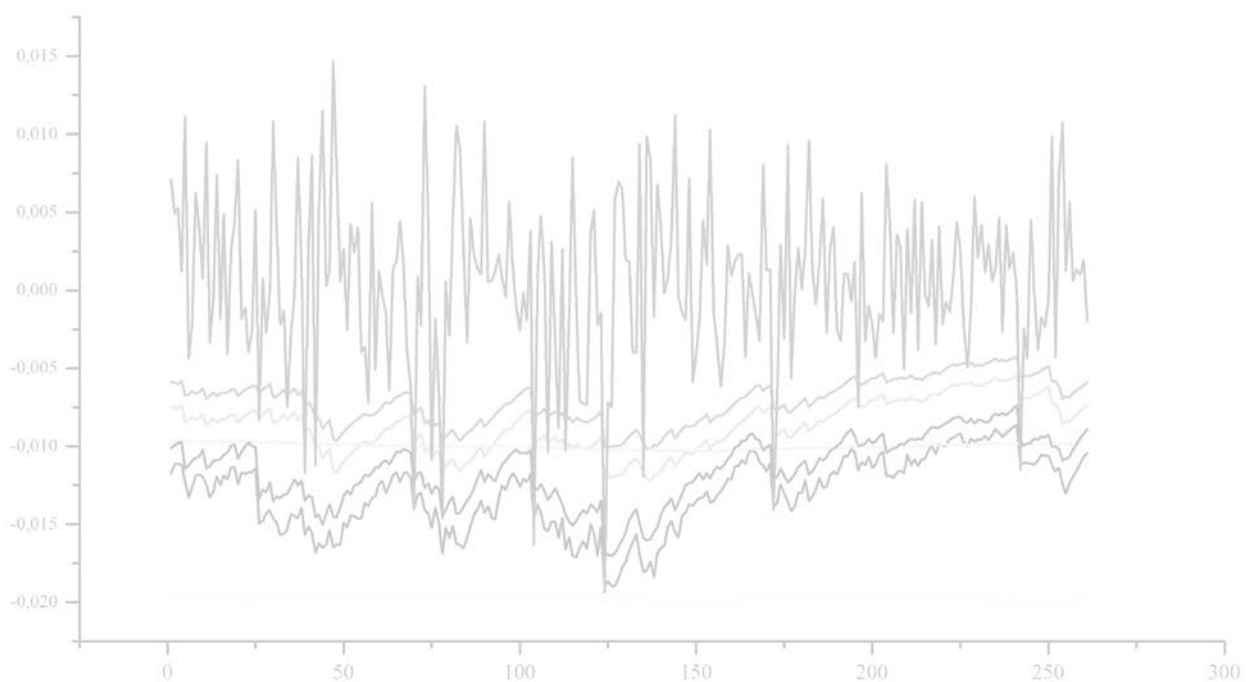
Влада Републике Србије. (2014). *Поплаве у Србију 2014*. Београд. Доступно на: <http://www.obnova.gov.rs/uploads/useruploads/Documents/Izvestaj-o-proceni-potreba-za-oporavak-i-obnovu-posledica-poplava.pdf>

Гавриловић, Љ. (1981). *Поплаве у СР Србији у XX веку – узроци и последице*, Посебно издање, књ. 52, Српско географско друштво, Београд.

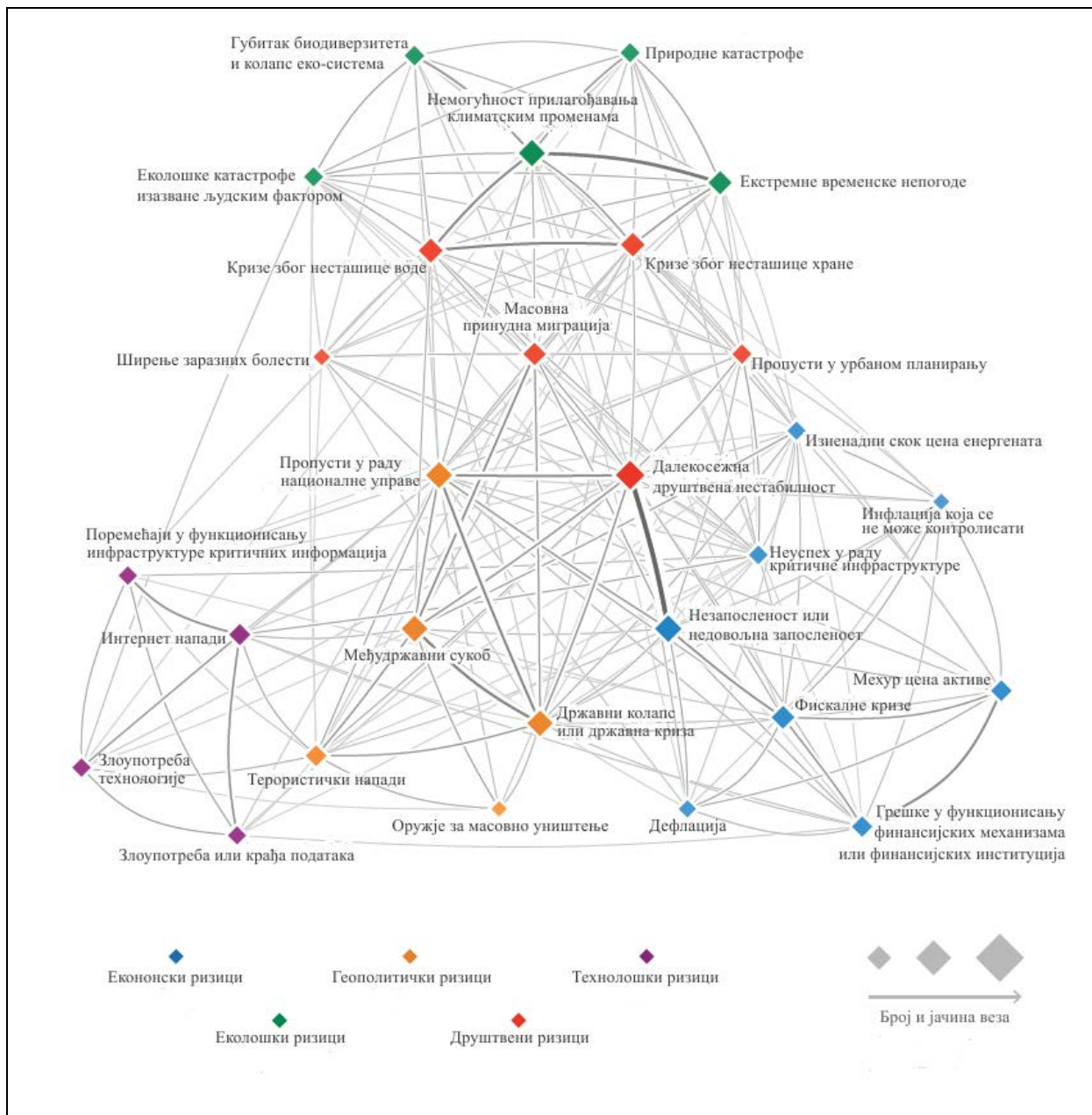
- Гавриловић, Љ. (2007). Природне непогоде као фактор угрожавања животне средине. *Зборник радова Првог конгреса српских географа, Српско географско друштво, 1*, 69-76.
- Ђорђевић, В. (2006). *Статистика у економији*, Економски факултет, Ниш.
- Закон о ванредним ситуацијама, „Службени гласник РС“, бр. 111/2009, 92/2011, 93/2012.
- Закон о НБС. (2010). „Службени гласник РС“, бр. 72/2003, 55/2004 и 44/2010
- Закон о осигурању (2004). „Службени гласник РС“, бр. 55/2004
- Закон о осигурању (2014). „Службени гласник РС“, бр. 139/2014
- Закон о осигурању имовине и лица (1999). „Службени лист СРЈ“, бр. 30/96, 57/98, 53/99, 55/99.
- Јаковљевић, В., & Гачић, Ј. (2012). Заштита критичне инфраструктуре у кризним ситуацијама. *Зборник радова са Међународне научне конференције МЕНАЦМЕНТ 2012*. Младеновац, Србија, 280-286.
- Малинић, С. (2009). Савремени рачуноводствени систем—Одговор на изазове промена у окружењу, предузећу и менаџменту. *Зборник радова: 40 година рачуноводства и пословних финансија—домети и перспективе*, 7-27.
- Миленовић, Б. (2000). *Еколошка економија*, Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду, Ниш, Србија
- Национална стратегија заштите и спасавања у ванредним ситуацијама (2011). „Службени гласник РС“ бр. 86/2011.
- Национална стратегија заштите и спасавања у ванредним ситуацијама, „Службени гласник РС“, број 86/2011.
- НБС (2005). *Послови надзора над обављањем делатности осигурања – Годишњи извештај*.
- НБС (2014). Сектор осигурања у Србији – Извештај за 2014. годину.
- Одлука о одређивању овлашћених и оспособљених правних лица за заштиту и спасавање у Републици Србији, „Службени гласник РС“, бр. 36/2011.
- Одлука о техничким резервама, „Службени гласник РС“, бр. 42/2015.
- Павличић, Д. (2014). *Теорија одлучивања*. Универзитет у Београду, Економски факултет
- Петковић, С., Петковић, С., & Костадинов, С. (2015). *Обезбеђивање континуитета пословања у случају опасности од природних катастрофа – водич за мала и средња предузећа*, Унија послодаваца Србије.
- Петровић, Е. и Станковић, Ј. (2011). Солвентност као претпоставка управљања финансијама осигуравајућих компанија, *Зборник радова Рефлексије међународних стандарда финансијског извештавања на рачуноводство, ревизију и пословне финансије*, редактор: Драган Микеревић, Савез рачуновођа и ревизора Републике Српске, Бања Врућица, стр. 245-260.
- Прохаска С. (2003). *Хидрологија I део*. Београд: Рударско-геолошки факултет, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Републички хидрометеоролошки завод Србије.
- Радовановић, С., Михајловић, Н., & Васиљевић, М. (2013). Методолошки оквир стохастичког моделирања процеса ризика осигуравајућих друштава. *Зборник радова Инфотех – Јахорина, 12*, 607-610.
- Стратегија управљања отпадом за период 2010 - 2019. године, „Службени гласник РС“, број 29/10.
- Стратегије развоја железничког, друмског, водног, ваздушног и интермодалног транспорта у Републици Србији од 2008. до 2015. године, „Службени гласник РС“, бр. 4/2008.
- Уредба о расподели подстицаја у пољопривреди и руралном развоју у 2016. години, „Службени гласник РС“, број 8/2016.
- Шкарић Јовановић, К. (2010). Нормативна основа финансијског извештавања и финансијска криза. *Acta Económica, 12*, 103-124.
- Шошкић, Д., & Живковић, Б. (2009). Финансијска тржишта и институције. *Економски факултет, Београд*.

ПРИЛОГ 1

Корелисаност ризика на глобалном нивоу



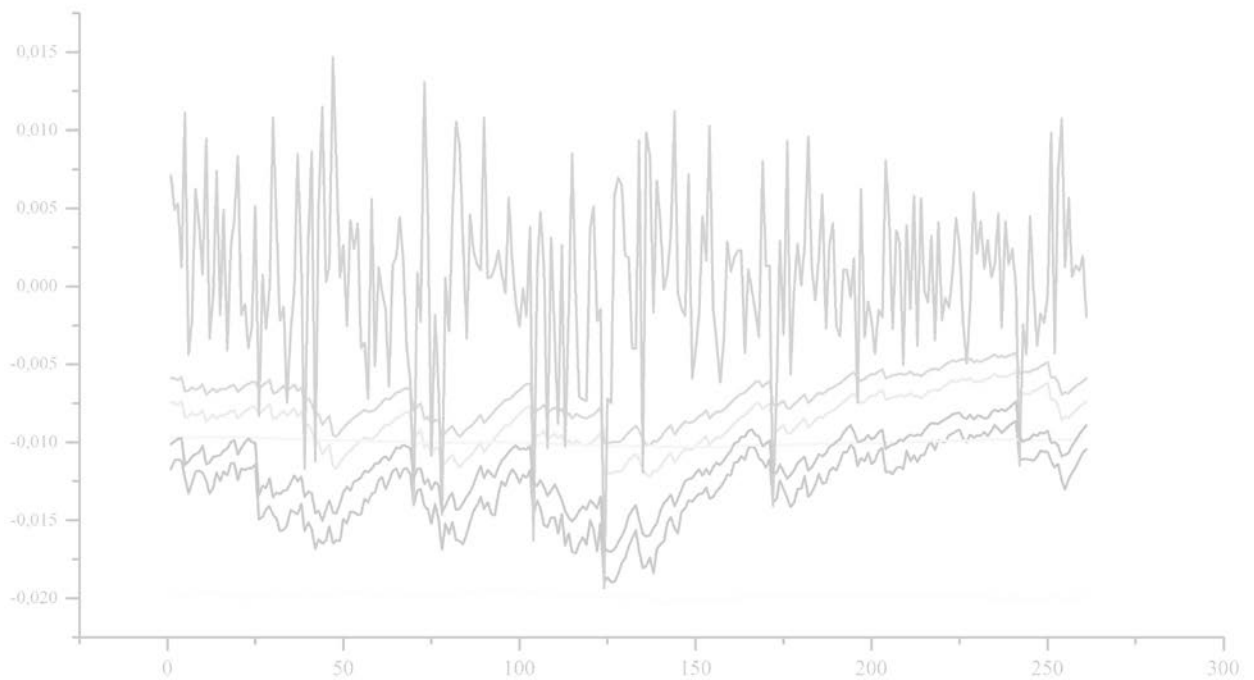
Слика 1.1п Корелисаност ризика на глобалном нивоу



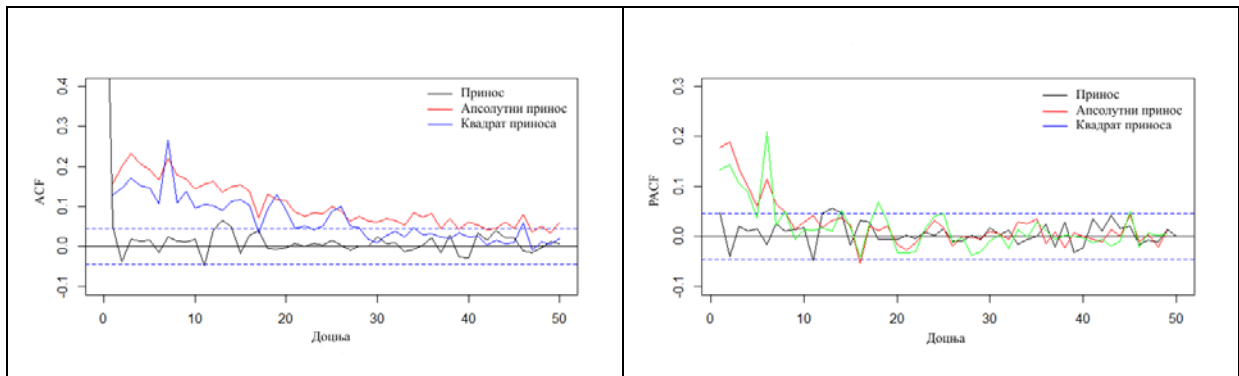
Извор: World Economic Forum (2015). *Global Risks 2015 – 10th edition*.

ПРИЛОГ 2

Вредновање екстремних ризика у финансијама

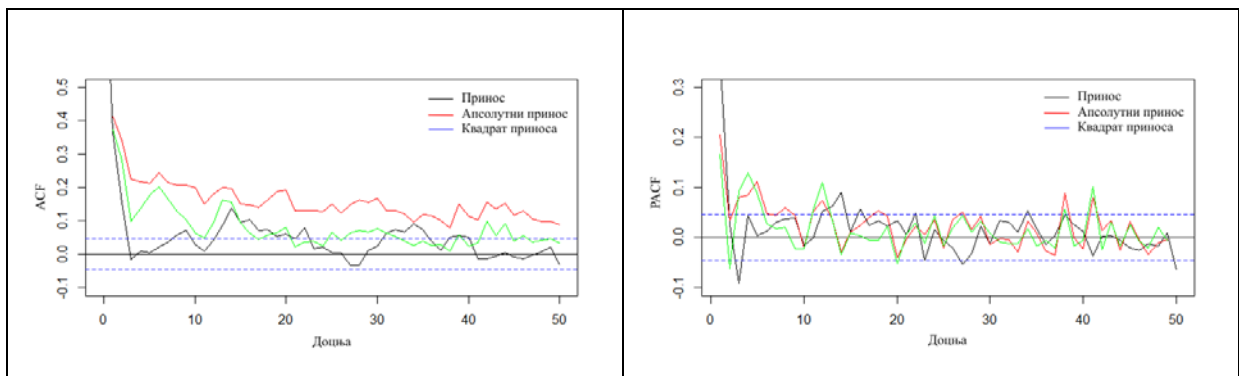


Слика 3.1п – Функција аутокорељације (лево) и парцијалне аутокорељације (десно) дневних вредности приноса на берзански индекс АТНEX у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године



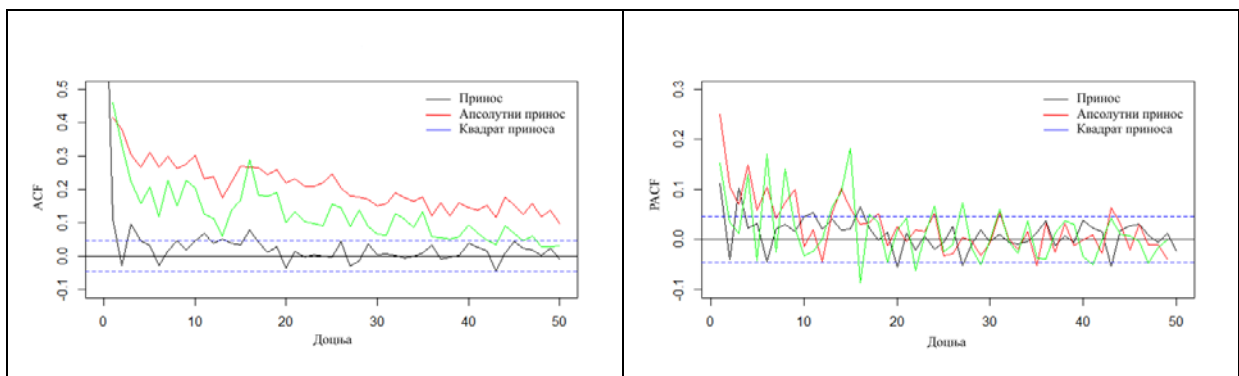
Извор: обрачун аутора

Слика 3.2п – Функција аутокорељације (лево) и парцијалне аутокорељације (десно) дневних вредности приноса на берзански индекс BELEX 15 у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године



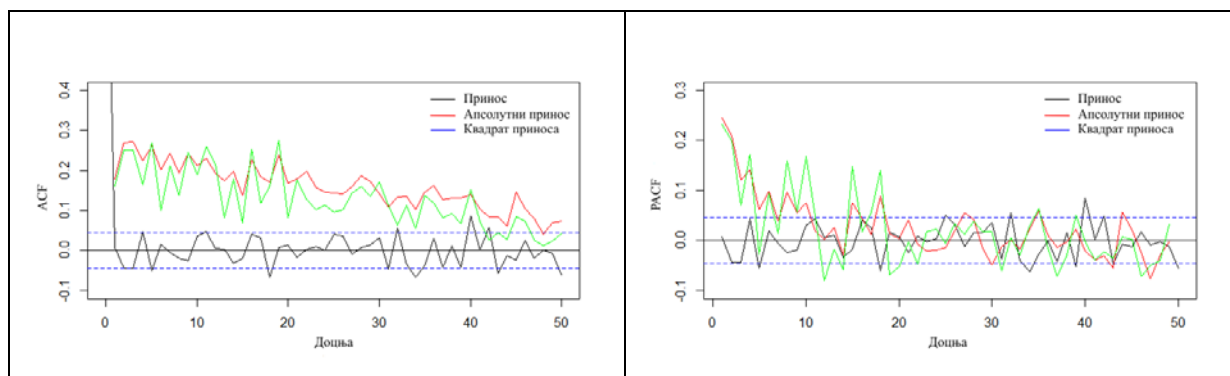
Извор: обрачун аутора

Слика 3.3п – Функција аутокорељације (лево) и парцијалне аутокорељације (десно) дневних вредности приноса на берзански индекс CROBEX 10 у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године



Извор: обрачун аутора

Слика 3.4п – Функција аутокорељације (лево) и парцијалне аутокорељације (десно) дневних вредности приноса на берзански индекс DAX у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године



Извор: обрачун аутора

Табела 3.1п – Оцена параметара GARCH(1,1) модела са нормалном расподелом случајне грешке

	ATHEX	DAX	BELEX 15	CROBEX 10
μ	0,000794	0,000945	0,000097	0,000172
стандардна грешка	0,000341	0,000247	0,000331	0,000339
ниво значајности	0,020004	0,000127	0,768676	0,612567
AR_1	-0,442393	-	-	0,670986
стандардна грешка	0,172394			0,099803
ниво значајности	0,010283			0,000000
AR_2	-	-		0,273814
стандардна грешка				0,082863
ниво значајности				0,000952
MA_1	0,487614	-	0,299003	-0,532611
стандардна грешка	0,167283		0,025995	0,096277
ниво значајности	0,003558		0,000000	0,000000
MA_2	-	-	0,158291	-0,376252
стандардна грешка			0,024849	0,077600
ниво значајности			0,000000	0,000001
Ω	0,000003	0,000003	0,000008	0,000003
стандардна грешка	0,000006	0,000002	0,000002	0,000001
ниво значајности	0,659477	0,076293	0,000007	0,027844
α_1	0,106939	0,111413	0,232532	0,126368
стандардна грешка	0,026044	0,016854	0,024199	0,015939
ниво значајности	0,000040	0,000000	0,000000	0,000000
β_1	0,892060	0,875492	0,745815	0,857808
стандардна грешка	0,029357	0,018314	0,011619	0,016108
ниво значајности	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Максимална веродостојност	4,974,132	5,566,908	5,656,102	5,896,285
AIC	-5,2796	-5,9117	-6,0044	-6,2575
BIC	-5,2620	-5,8999	-5,9867	-6,2339

Извор: обрачун аутора

Табела 3.2п – Тест симетричности резидуала GARCH(1,1) модела са нормалном
располом случајне грешке

	ATHEX	DAX	BELEX 15	CROBEX 10
Асиметрија знака	2,013 (0,04427)	1,4789 (0,1393257)	0,07417 (0,9409)	0,6696 (0,5032)
Негативна асиметричност	1,387 (0,16558)	0,2526 (0,8006424)	0,77410 (0,4390)	2,1744 (0,0298)
Позитивна асиметричност	1,115 (0,26480)	2,2632 (0,0237397)	0,12763 (0,8985)	0,4489 (0,6536)
Заједнички ефекат	10,201 (0,01693)	18,2151 (0,0003971)	0,71049 (0,8707)	5,3725 (0,1465)

Табела 3.3п – Оцена параметара E-GARCH(1,1) модела са нормалном располом
случајне грешке

	ATHEX	DAX	BELEX 15	CROBEX 10
μ	0,000277	0,000304	-0,00007	0,000159
стандардна грешка	0,000347	0,000216	0,000106	0,000228
ниво значајности	0,423857	0,159020	0,508094	0,485394
AR_1	-0,425873	-	-	0,586134
стандардна грешка	0,029178			0,018747
ниво значајности	0,000000			0,000000
AR_2	-	-	-	0,338921
стандардна грешка				0,013793
ниво значајности				0,000000
MA_1	0,472261	-	0,287700	-0,438525
стандардна грешка	0,028569		0,024677	0,020967
ниво значајности	0,000000		0,000000	0,000000
MA_2	-	-	0,149860	-0,450804
стандардна грешка			0,021027	0,016566
ниво значајности			0,000000	0,000000
Ω	-0,126293	-0,241823	-0,500420	0,189445
стандардна грешка	0,029382	0,003676	0,099785	0,037759
ниво значајности	0,000017	0,000000	0,000001	0,000001
α_1	-0,064941	-0,145886	-0,039220	-0,036128
стандардна грешка	0,011753	0,011944	0,016173	0,011845
ниво значајности	0,000000	0,000000	0,015304	0,002288
β_1	0,983617	0,972120	0,941330	0,977499
стандардна грешка	0,003555	0,000157	0,011335	0,004166
ниво значајности	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
γ_1	0,193714	0,143332	0,407080	0,238074
стандардна грешка	0,020844	0,007210	0,036027	0,022664
ниво значајности	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Максимална веродостојност	4,987,77	5,616,909	5,663,598	5,898,431
AIC	-5,2931	-5,9638	-6,0113	-6,2587
BIC	-5,2725	-5,9491	-5,9907	-6,2322

Извор: обрачун аутора

Табела 3.4п – Тест симетричности резидуала GARCH(1,1) модела са нормалном
располом случајне грешке

	ATHEX	DAX	BELEX 15	CROBEX 10
Асиметрија знака	1,4458 (0,1484)	0,2257 (0,82149)	0,4073 (0,6838)	0,78792 (0,43084)
Негативна асиметричност	1,7156 (0,0864)	0,5313 (0,59529)	0,7538 (0,4510)	2,08456 (0,03724)
Позитивна асиметричност	0,6454 (0,5188)	2,4389 (0,01482)	0,7126 (0,4762)	0,02991 (0,97614)
Заједнички ефекат	4,9083 (0,1786)	8,2868 (0,04044)	1,3386 (0,7200)	4,38519 (0,22276)

Извор: обрачун аутора

Табела 3.5п – Оцена параметара GJR-GARCH(1,1) модела волатилности са нормалном
располом случајне грешке

	ATHEX	DAX	BELEX 15	CROBEX 10
μ	0,000369	0,000413	-0,000105	-0,000011
стандардна грешка	0,000334	0,000217	0,000344	0,000355
ниво значајности	0,268998	0,057201	0,760240	0,975723
AR_1	-0,386610	-	-	0,638832
стандардна грешка	0,241860			0,162755
ниво значајности	0,109934			0,000087
AR_2	-	-	-	0,303449
стандардна грешка				0,138579
ниво значајности				0,028545
MA_1	0,437122	-	0,298347	-0,501851
стандардна грешка	0,235730		0,025846	0,157084
ниво значајности	0,063691		0,000000	0,001399
MA_2	-	-	0,156651	-0,402849
стандардна грешка			0,024777	0,124337
ниво значајности			0,000000	0,001195
Ω	0,000003	0,000003	0,000008	0,000003
стандардна грешка	0,000002	0,000001	0,000002	0,000001
ниво значајности	0,125778	0,000074	0,000000	0,032770
α_1	0,062247	0,000000	0,197886	0,091682
стандардна грешка	0,012928	0,005899	0,025691	0,017997
ниво значајности	0,000001	0,999981	0,000000	0,000000
β_1	0,892354	0,889964	0,742110	0,868321
стандардна грешка	0,012757	0,010926	0,013781	0,015976
ниво значајности	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
γ_1	0,088757	0,180949	0,073783	0,048462
стандардна грешка	0,019478	0,016364	0,034760	0,019047
ниво значајности	0,000005	0,000000	0,033784	0,010949
Максимална веродостојност	4,986,79	5,611,869	5,658,329	5,899,334
AIC	-5,2920	-5,9584	-6,0057	-6,2597
BIC	-5,2714	-5,9437	-5,9851	-6,2332

Извор: обрачун аутора

Табела 3.6п – Тест симетричности резидуала GJR-GARCH(1,1) модела волатилности са нормалном расподелом случајне грешке

	ATHEX	DAX	BELEX 15	CROBEX 10
Асиметрија знака	1,8616 (0,06282)	1,539 (0,123980)	0,07169 (0,9429)	0,4796 (0,6316)
Негативна асиметричност	2,1283 (0,03344)	1,284 (0,199280)	0,32222 (0,7473)	1,6745 (0,0942)
Позитивна асиметричност	0,9573 (0,33853)	2,210 (0,027210)	0,48952 (0,6245)	0,1084 (0,9137)
Заједнички ефекат	8,4912 (0,03688)	13,150 (0,004323)	0,38187 (0,9440)	3,0056 (0,3908)

Извор: обрачун аутора

Табела 3.7п – Оцена параметара DCC-GARCH(1,1) модела волатилности са нормалном расподелом случајне грешке

	ATHEX	DAX	BELEX 15	CROBEX 10
μ	0,000489	0,000009	-0,000041	0,001003
стандардна грешка	0,000428	0,000373	0,000178	0,000253
ниво значајности	0,253143	0,980597	0,817306	0,000075
AR_1	-0,421504	-	-	0,009765
стандардна грешка	0,145379			0,027628
ниво значајности	0,003739			0,723764
AR_2	-	-	-	0,875610
стандардна грешка				0,027450
ниво значајности				0,000000
MA_1	0,479987	-	0,102462	-0,022875
стандардна грешка	0,137691		0,024325	0,020304
ниво значајности	0,000490		0,000025	0,259894
MA_2	-	-	-0,013975	-0,888076
стандардна грешка			0,022578	0,020951
ниво значајности			0,535947	0,000000
ω	0,000003	0,000007	0,000001	0,000002
стандардна грешка	0,000003	0,000025	0,000003	0,000008
ниво значајности	0,329034	0,768596	0,720224	0,781576
α_1	0,091927	0,277714	0,109054	0,105927
стандардна грешка	0,023661	0,046997	0,058450	0,097014
ниво значајности	0,000102	0,000000	0,062075	0,274885
β_1	0,907071	0,720824	0,888886	0,890045
стандардна грешка	0,024094	0,240359	0,051816	0,093122
ниво значајности	0,000000	0,002709	0,000000	0,000000
AIC				
BIC				
				-23,854
				-23,754

Извор: обрачун аутора

Табела 3.8п – Матрица коефицијената корелације приноса чија је волатилност моделирана DCC-GARCH(1,1) моделом са нормалном расподелом случајне грешке

	BELEX 15	CROBEX 10	ATHEX	DAX
BELEX 15	1			
CROBEX 10	0,2267	1		
ATHEX	0,1309	0,1621	1	
DAX	0,0826	0,2595	0,3145	1

Извор: обрачун аутора

Табела 3.9п – Оцена параметара DCC-GARCH(1,1) модела волатилности са Студентовом t расподелом случајне грешке

	ATHEX	DAX	BELEX 15	CROBEX 10
μ	0,000836	-0,000017	0,000297	0,001070
стандардна грешка	0,000360	0,000291	0,000203	0,000270
ниво значајности	0,020076	0,954097	0,144029	0,000073
AR_1	-0,415342	-	-	1,802821
стандардна грешка	0,178757			0,001211
ниво значајности	0,020152			0,000000
AR_2	-	-	-	-0,995589
стандардна грешка				0,001210
ниво значајности				0,000000
MA_1	0,460901	-	0,114610	-1,805968
стандардна грешка	0,170808		0,024622	0,001083
ниво значајности	0,006968		0,000003	0,000000
MA_2	-	-	-0,001210	0,996189
стандардна грешка			0,022151	0,000332
ниво значајности			0,956434	0,000000
Ω	0,000003	0,000010	0,000003	0,000002
стандардна грешка	0,000002	0,000004	0,000007	0,000007
ниво значајности	0,230625	0,020174	0,695776	0,000000
α_1	0,107653	0,294881	0,123999	0,106629
стандардна грешка	0,020268	0,044243	0,107382	0,075015
ниво значајности	0,000000	0,000000	0,248191	0,155194
β_1	0,891347	0,691951	0,866108	0,888068
стандардна грешка	0,020531	0,058233	0,106684	0,073749
ниво значајности	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
AIC				
BIC				

Извор: обрачун аутора

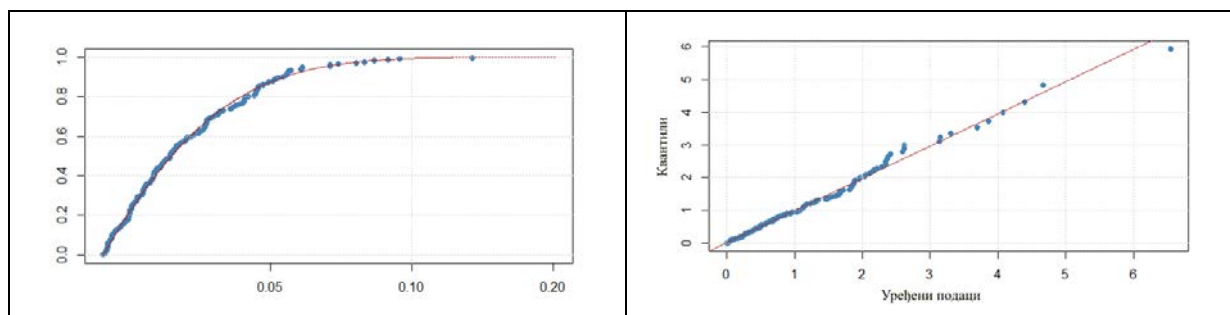
Табела 3.10п – Матрица коефицијената корелације приноса чија је волатилност моделирана DCC-GARCH(1,1) моделом са Студентовом t расподелом случајне грешке

	BELEX 15	CROBEX 10	ATHEX	DAX
BELEX 15	1			
CROBEX 10	0,1923	1		
ATHEX	0,0696	0,2873	1	
DAX	0,0419	0,2709	0,3846	1

Извор: обрачун аутора

Слика 3.5п – Оцена параметара генерализоване Парето расподеле репа дневних вредности приноса на берзански индекс АТНEX у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012.

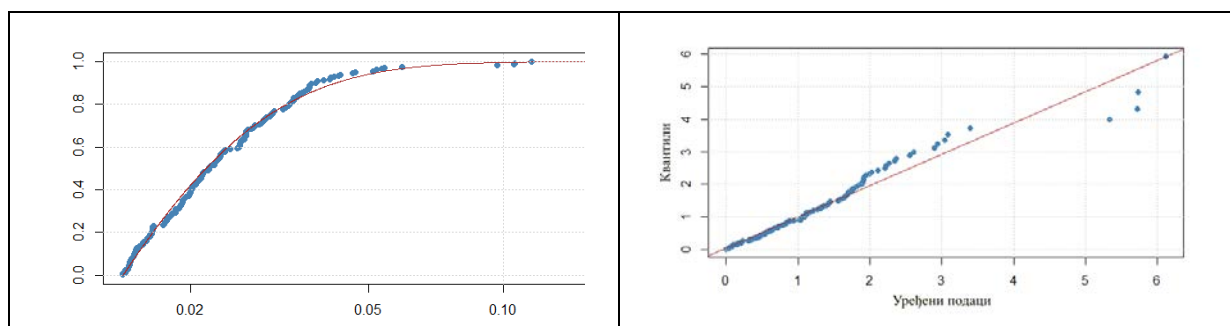
године



Извор: обрачун аутора

Слика 3.6п – Оцена параметара генерализоване Парето расподеле репа дневних вредности приноса на берзански индекс BELEX 15 у периоду од 4.10.2005. до

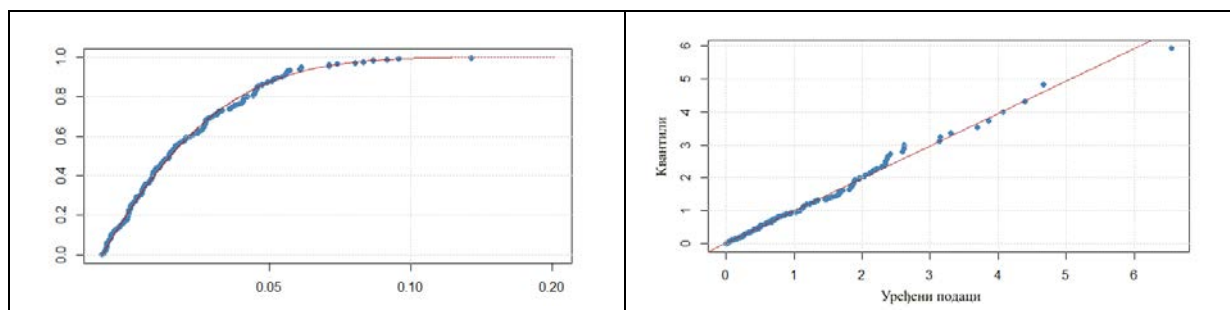
31.12.2012. године



Извор: обрачун аутора

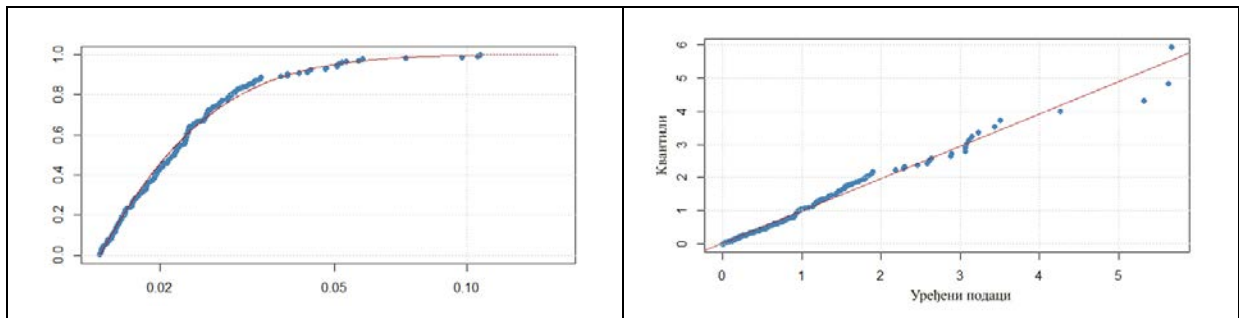
Слика 3.7п – Оцена параметара генерализоване Парето расподеле репа дневних вредности приноса на берзански индекс CROBEX 10 у периоду од 4.10.2005. до

31.12.2012. године



Извор: обрачун аутора

Слика 3.8п – Оцена параметара генерализоване Парето расподеле репа дневних вредности приноса на берзански индекс DAX у периоду од 4.10.2005. до 31.12.2012. године



Извор: обрачун аутора

Биографија аутора

Јелена Станковић је рођена 09. јуна 1983. године у Књажевцу, Република Србија. Основну и средњу економску школу завршила је у Нишу. Дипломирала је на Економском факултету Универзитета у Нишу 2007. године, на смеру Финансијски менаџмент. Мастер академске студије на Економском факултету у Нишу (смер Рачуноводство, ревизија и финансијско управљање) завршила је 2010. године одбранивши мастер рад под називом „Ризична вредност (VaR) и тржишни ризик портфолија акција предузећа котираних на Београдској берзи“. Докторске академске студије Економског факултета Универзитета у Нишу (смер Рачуноводство) уписала је 2008. године. Тему докторске дисертације под насловом „Вредновање екстремних ризика у финансијама и осигурању“ је пријавила 2013. године.

Запослена је на Економском факултету Универзитета у Нишу од октобра 2008. године, најпре као сарадник у настави, а од 2010. године у звању асистента за ужу научну област Пословне финансије, рачуноводство и ревизија. Ангажована је у настави на предметима Пословне финансије, Међународно пословно финансирање и Управљање ризиком и осигурање. Објавила је више радова из наведених области у научним монографијама, тематским зборницима радова и часописима у земљи и иностранству. Као стипендиста програма подршке сарадњи и мобилности у високом образовању *Erasmus Mundus* у периоду од новембра 2013. године до септембра 2014. године боравила је на Факултету економских наука Универзитета у Варшави, Пољска.



Универзитет у Нишу
Економски факултет


ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом **Вредновање екстремних ризика у финансијама и осигурању**, која је одбрањена на Економском факултету Универзитета у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да ову дисертацију, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављивао/ла на другим факултетима, нити универзитетима;
- да нисам повредио/ла ауторска права, нити злоупотребио/ла интелектуалну својину других лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, 25.мај 2016. године

Аутор дисертације

Јелена Станковић



Универзитет у Нишу
Економски факултет

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНОГ И ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБЛИКА
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Име и презиме аутора: **Јелена Станковић**

Наслов дисертације: **Вредновање екстремних ризика у финансијама и осигурању**

Ментор: **Др Евица Петровић, редовни професор**

Изјављујем да је штампани облик моје докторске дисертације истоветан електронском облику, који сам предао/ла за уношење у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу.

У Нишу, 25.мај 2016. године

Аутор дисертације

Јелена Станковић

Јелена Станковић



Универзитет у Нишу
Економски факултет

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да, у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, унесе моју докторску дисертацију, под насловом: **НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ.**

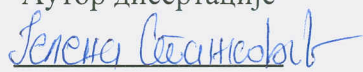
Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском облику, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прераде (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да подвучете само једну од шест понуђених лиценци; опис лиценци дат је у наставку текста).

У Нишу, 25.мај 2016. године

Аутор дисертације

Јелена Станковић