

UDK: 368.023.5:368.029  
DOI: 10.5937/TokOsig2304485K

**Prof. dr Jelena Ž. Kočović<sup>1</sup>**  
**Prof. dr Marija R. Koprivica<sup>2</sup>**  
**Prof. dr Tatjana N. Rakonjac Antić<sup>3</sup>**

## ODREĐIVANJE SAMOPRIDRŽAJA OSIGURAVAČA U USLOVIMA RASTUĆIH CENA REOSIGURANJA

ORIGINALNI NAUČNI RAD

### Apstrakt

Reosiguranje obezbeđuje zaštitu osiguravača od velikih i katastrofalnih šteta i ublažava fluktuacije agregatnog iznosa šteta, što doprinosi smanjenju rizika od njihove nesolventnosti. Međutim, transfer dela obaveze iz ugovora o osiguranju u pokriće reosiguravača ima svoju cenu, koja umanjuje profitabilnost osiguravača. Trenutni rast cena reosiguranja, koji je izazvan konstelacijom prirodnih, makroekonomskih i političkih šokova, jedan je od najvećih do sada zabeleženih. U takvim uslovima određivanje adekvatnog samopridržaja od krucijalnog je značaja za performanse osiguravača. U radu je predstavljen mogući pristup određivanju nivoa samopridržaja na osnovu prinosa i rizika. Pristup se zasniva na stohastičkim simulacijama raspodele verovatnoća agregatnog iznosa šteta na nivou portfelja osiguranja i efekata različitih programa reosiguranja na tu raspodelu, kako bi bio izabran onaj program pri kome se postiže maksimalan odnos između prinosa i rizika. Takvom programu reosiguranja odgovara nivo samopridržaja koji je optimalan za datog osiguravača.

***Cljučne reči:*** reosiguranje, samopridržaj, kapital pod rizikom, prinos na kapital pod rizikom

<sup>1</sup> Redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Ekonomski fakultet, Kamenička 6, 11000 Beograd, jelena.kocovic@ekof.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu – Ekonomski fakultet, Kamenička 6, 11000 Beograd, marija.koprivica@ekof.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Ekonomski fakultet, Kamenička 6, 11000 Beograd, tatjana.rakonjac@ekof.bg.ac.rs

Rad je primljen: 29. novembra 2023.

Rad je prihvaćen: 22. decembra 2023.

## I. Uvod

Reosiguranje predstavlja najvažniji metod upravljanja rizicima pomoću koga osiguravač (cedent) prenosi reosiguravaču (cesionaru) delove rizika osiguranja, koji prevazilaze njegov samopridržaj. Prenoseći na reosiguravača delove rizika, čija realizacija može višestruko da prevaziđe njegove finansijske kapacitete, osiguravač na najefikasniji način upravlja solventnošću i profitabilnošću. Primarna svrha reosiguranja jeste da zaštiti osiguravača od velikih i katastrofalnih šteta, kao i od gubitka portfelja značajno većeg od očekivanog. Sve te neželjene situacije, u odsustvu reosiguravajuće zaštite, mogu dovesti do propasti osiguravača, koji je jedini odgovoran za obeštećenje osiguranika. Reosiguranje povećava homogenost portfelja i smanjuje volatilnost tehničkog rezultata, što je naročito značajno za male osiguravače. Značaj reosiguranja upravo se i ogleda u zaštiti finansijske snage osiguravača, kojom se povećava osiguravačev kapacitet za apsorbovanje velikih potencijalnih gubitaka. Zahvaljujući svom iskustvu i ekspertizi, reosiguravači pružaju korisnu pomoć u domenu dizajniranja i tarifiranja novih i kompleksnih usluga osiguranja, kao i pri ulasku osiguravača na nova poslovna ili geografska područja. Ustupanjem dela obaveze u pokriće reosiguravača, osiguravač je u mogućnosti da preuzima rizike koji prevazilaze njegov sopstveni kapacitet. Rizici od prirodnih katastrofa bi, u odsustvu reosiguranja koje omogućuje njihovu diverzifikaciju na globalnom nivou, bili neosigurljivi. Reosiguranje predstavlja najbrži i najrasprostranjeniji način atomizacije rizika i raspodele nastalih šteta, kako osiguravač ne bi došao u situaciju da ugrozi svoju likvidnost, odnosno da plati više nego što može da podnese.

Koristi od reosiguranja za osiguravače, iako nesumnjive, imaju svoju cenu. Premija reosiguranja direktno umanjuje profitabilnost osiguravača. Predmet rada je određivanje samopridržaja osiguravača u uslovima rastućih cena reosiguranja. Kada cene reosiguranja rastu, efikasno korišćenje ovog važnog instrumenta upravljanja rizicima postaje sve značajnije za osiguravače. Zadržavanjem isuviše velikog dela rizika u sopstvenom pokriću osiguravač se izlaže riziku od nemogućnosti izmirenja preuzetih obaveza prema osiguranicima. Ustupanjem isuviše velikog dela rizika iz ugovora o osiguranju u pokriće reosiguravača, s druge strane, osiguravač se izlaže visokim troškovima reosiguranja. Stoga određivanje samopridržaja povlači uravnoteženje međusobno suprotstavljenih zahteva za solventnošću i profitabilnošću osiguravača. Rad ima za cilj da prikaže mogući pristup određivanju nivoa samopridržaja kojim se postiže optimalan odnos između rizika i prinosa za osiguravača.

## II. Aktuelne tendencije na svetskom tržištu reosiguranja

Ključni izazovi za svetsko tržište reosiguranja su sve učestalije prirodne katastrofe, visoka inflacija, kriza izazvana pandemijom kovida 19 i sukob Rusije i

Ukrajine. Pod dejstvom tih faktora, reosiguravači širom sveta trpe gubitke koji umanjuju njihov kapacitet za preuzimanje rizika, što, u kombinaciji s rastućom tražnjom za reosiguranjem, neminovno dovodi do rasta cena reosiguranja. Raspoloživi kapital na svetskom tržištu reosiguranja u 2022. godini bio je za 15,7% niži u poređenju sa 2021. godinom, a to je najveći pad kapitala reosiguravača od 2008. godine.<sup>4</sup> Počev od januara 2023. godine, cene reosiguranja na globalnom nivou beleže značajan rast, nakon višegodišnjeg relativno niskog nivoa. Time je svetsko tržište reosiguranja ušlo u tzv. *hard* fazu, koja podrazumeva da je reosiguravajuće pokriće skuplje i manje dostupno.

Broker reosiguranja *Guy Carpenter* procenjuje da su od januara 2023. godine u poređenju sa januarom 2022. godine cene reosiguranja na globalnom nivou u proseku bile veće za 27,5%,<sup>5</sup> dok je, prema procenama brokera *Howden*-a, taj rast iznosio čak 37%, što je najveća zabeležena godišnja stopa rasta cena reosiguranja od 1992. godine.<sup>6</sup> U Severnoj Americi cene reosiguranja imovine od 1. januara 2023. godine povećane su u rasponu od 40% do 60%. Povećanje cena evropskih reosiguravača bilo je nešto manje, u rasponu od 25% do 35%.<sup>7</sup> Rast cena se beleži u svim linijama poslovanja, iako neujednačenim tempom. Naročito veliki gubici zabeleženi u (re) osiguranju vazduhoplova od početka sukoba u Ukrajini doveli su do porasta cena u ovom sektoru reosiguranja čak i za 200%.<sup>8</sup>

Indeks cena na svetskom tržištu reosiguranja ostvario je značajan pad počev od 2014. godine, tako da su cene na ovom tržištu bile relativno niske tokom gotovo cele prethodne decenije. Primetno je da su od 2017. godine godišnji iznosi osiguranih šteta od katastrofalnih događaja na globalnom nivou značajno veći u poređenju s prethodnim godinama (Slika 1). Samo u 2017. godini, imovinske štete od prirodnih katastrofa iznosile su 147 milijardi dolara. Poređenja radi, 1994. godine te štete iznosile su oko 20 milijardi dolara, dok su cene reosiguranja u 2017. godini bile za 24% niže u poređenju sa 1994. godinom (indeks cena 2017 = 76, indeks cena 1994 = 100).<sup>9</sup> Godišnja stopa rasta osiguranih šteta usled prirodnih katastrofa tokom

---

<sup>4</sup> Howden, *The Great Realignment*, 2023, <https://www.howdengroup.com/sites/g/files/mwlfey566/files/2023-01/the-great-realignment-report-2023.pdf>, pristupljeno: 20. 10. 2023, str. 10.

<sup>5</sup> Luke Gallin, „Global property cat rates-on-line up 27.5% at Jan 1 renewals: Guy Carpenter“, *Reinsurance News*, 2023, <https://www.reinsurancene.ws/global-property-cat-rates-on-line-up-27-5-at-jan-1-renewals-guy-carpenter/>, pristupljeno 21. 10. 2023.

<sup>6</sup> Howden, *The Great Realignment*, str. 3.

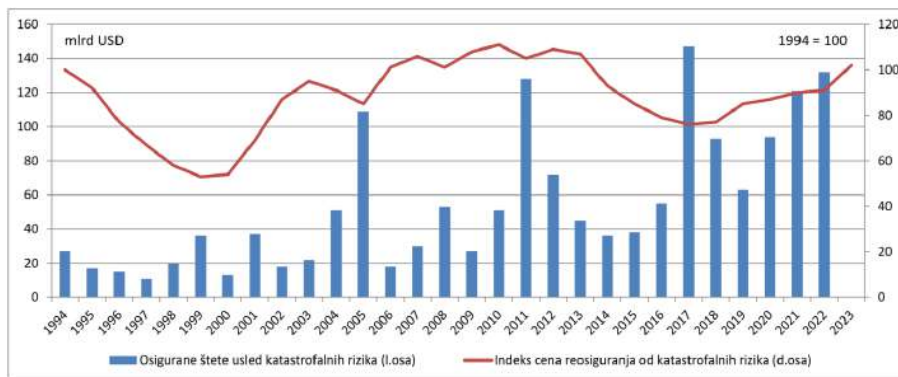
<sup>7</sup> Guy Carpenter, „Reinsurance Renewal Insights“, January 2023, [https://www.guycarp.com/content/dam/guycarp-rebrand/pdf/Insights/2022/2023 Jan Renewal Briefing v5.pdf](https://www.guycarp.com/content/dam/guycarp-rebrand/pdf/Insights/2022/2023%20Jan%20Renewal%20Briefing%20v5.pdf), pristupljeno 25. 10. 2023, str. 3.

<sup>8</sup> The Financial Times, „Reinsurance costs rise up to 200% as Ukraine war and extreme weather bite“, 2023, <https://www.ft.com/content/f5f9d450-c539-47a7-bc5c-44a8db57e74e>, pristupljeno: 20. 10. 2023.

<sup>9</sup> Mohit Pande, „The State of the Reinsurance Property Catastrophe market“, *Swiss Re*, 2023, <https://www.swissre.com/risk-knowledge/mitigating-climate-risk/state-of-reinsurance-property-cat-market.html>, pristupljeno 22. 10. 2023.

prethodne tri decenije kretala se u rasponu od 5 do 7%.<sup>10</sup> Imajući u vidu klimatske promene, urbanizaciju i ubrzani rast ekonomskih vrednosti na područjima koja su podložna prirodnim nepogodama, može se očekivati da će se tendencija osiguranih šteta koje prevazilaze 100 milijardi dolara godišnje nastaviti.

**Slika 1. Osigurane katastrofalne štete i indeks cena reosiguranja od katastrofalnih rizika (1994–2023)**



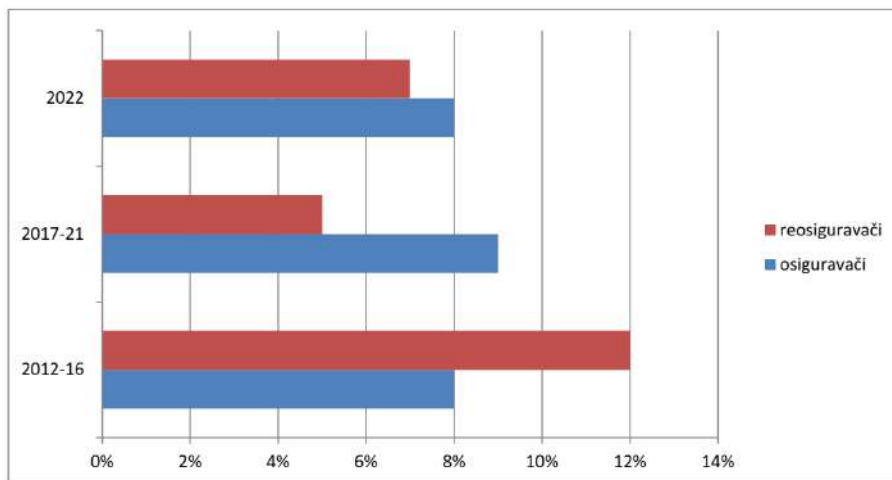
Izvor: Pripremljeno prema M. Pande, „The State of the Reinsurance Property Catastrophe market“, Swiss Re

Od 2017. do 2022. godine, sektor (re)osiguranja isplatio je 650 milijardi USD (po cenama iz 2022. godine) za pokriće šteta na imovini po osnovu katastrofalnih vremenskih nepogoda.<sup>11</sup> Međutim, premije nisu pratile rast šteta, što je dovelo do pada profita (re)osiguravača i narušavanja adekvatnosti njihovog kapitala. Kao posledica, zabeležen je pad prinosa na kapital (*Return on equity* – ROE): u periodu 2012–2016. godine prosečan prinos na kapital u sektoru reosiguranja iznosio je 12%, da bi u periodu 2017–2021. godine bio smanjen na svega 5%. Ipak, u 2022. godini ostvaren je blagi oporavak pa je ovaj pokazatelj iznosio 7% na nivou globalnog tržišta reosiguranja. Dok je prinos na kapital tradicionalno bio veći u sektoru reosiguranja nego u sektoru osiguranja, situacija se izmenila od 2017. godine, od kada u proseku veći ROE ostvaruju osiguravači nego reosiguravači (Slika 2).

<sup>10</sup> Swiss Re Institute, „Natural catastrophes and inflation in 2022: a perfect storm“, *Sigma*, No. 1/2023, <https://www.swissre.com/institute/research/sigma-research.html>, pristupljeno 26. 11. 2023, str. 5.

<sup>11</sup> Ibid, str. 21.

**Slika 2. Stopa prinosa na kapital (ROE) osiguravača i reosiguravača  
(2012–2022)**



Izvor: Pripremljeno prema Swiss Re Institute, „Natural catastrophes and inflation in 2022: a perfect storm“, Sigma, No. 1/2023, str. 21.

Imajući u vidu prikazane podatke, može se zaključiti da se nakon više godina slabih performansi, opterećenih gubicima usled prirodnih katastrofa, globalno tržište reosiguranja vraća na putanju održivog razvoja i cena koje odgovaraju stvarnim rizicima. U septembru 2023. godine rejting agencija S&P objavila je svoju ocenu rejtinga za globalni sektor reosiguranja. Sektor je ocenjen kao „stabilan“, što je poboljšanje u odnosu na prethodnu negativnu ocenu. Ta agencija je negativno ocenjivala sektor od maja 2020. godine nakon što je započela pandemija kovida 19, ali je ocena sada promenjena zbog strukturnih promena koje su se unutar sektora dogodile tokom 2023. godine. Promene se odnose na povećanje cena i pooštavanje uslova reosiguranja, kao i na povećanje prihoda od investiranja reosiguravača zahvaljujući blagom porastu kamatnih stopa.<sup>12</sup> Prema agenciji S&P, kombinovani racio 20 najvećih reosiguravača u svetu bio je 96% u 2022. godini. Povoljna tendencija je nastavljena u prvoj polovini 2023. godine, kada su ti reosiguravači zabeležili kombinovana racija u rasponu od 80 do 90%.<sup>13</sup>

Rejting agencija Fitch Ratings je takođe u septembru 2023. godine poboljšala rejting ocenu globalnog sektora reosiguranja od „neutralne“ ka „unapređenoj“. To poboljšanje je odraz očekivanja da će finansijske performanse sektora biti bolje

<sup>12</sup> S&P Global Ratings, *Global Reinsurance Stabilizes As Green Shoots Emerge in Underwriting*, 2023, <https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/230905-global-reinsurance-stabilizes-as-green-shoots-emerge-in-underwriting-12838027>, pristupljeno 30. 10. 2023.

<sup>13</sup> Ibid.

u 2024. godini kao rezultat povećanja cena reosiguranja, povećanja investicionih prinosa reosiguravača i visoke tražnje za reosiguranjem. Predviđa se da će se rast cena reosiguranja na svetskom nivou nastaviti u 2024. godini, iako u manjoj meri nego u 2023. godini, a da će u 2025. rast cena biti zaustavljen.<sup>14</sup>

### III. Određivanje samoprdržaja

Polazeći od raspoloživih podataka o realizacijama šteta u prošlosti, moguće je predvideti ukupan (agregatni) iznos šteta u budućnosti, kao osnov za određivanje premije osiguranja. U praksi se javljaju odstupanja stvarnih od predviđenih šteta, koja su slučajne prirode. Fluktuacije agregatnog iznosa šteta dovode do nestabilnosti rezultata poslovanja osiguravača. Reosiguranje omogućuje da se rizik nepovoljnih odstupanja od predviđenih šteta svede na prihvatljiv nivo.

Međutim, postavlja se pitanje kakav je zaista efekat reosiguranja na rezultat poslovanja osiguravača. S jedne strane pozitivan, jer reosiguranje štiti osiguravača od velikih i katastrofalnih šteta i ublažava fluktuacije agregatnog iznosa šteta, koje ugrožavaju njegovu solventnost. Ali s druge strane, reosiguranje ima svoju cenu. Iznos premije reosiguranja, koja negativno utiče na rezultat poslovanja osiguravača, može biti značajan. U dugom roku, premija reosiguranja najčešće prevazilazi deo naknada šteta koji snosi reosiguravač.<sup>15</sup> Prosečna cena reosiguranja od katastrofalnih rizika koju plaćaju osiguravači višestruko prevazilazi aktuarsku cenu tih rizika.<sup>16</sup> Stoga, neto efekti reosiguranja na performanse osiguravača nisu nužno pozitivni. Pokazano je da stepen korišćenja reosiguranja, meren odnosom između naknada iz reosiguranja i premije prenete u reosiguranje, negativno utiče na stopu prinosa na sopstveni kapital osiguravača.<sup>17</sup> Empirijska istraživanja takođe potvrđuju da reosiguranje značajno umanjuje volatilnost racija šteta i, u isto vreme, značajno povećava troškove pružanja usluga osiguranja.<sup>18</sup> U zavisnosti od stvarnih realizacija šteta, rezultat poslovanja osiguravača u konkretnoj godini može, po osnovu reosiguranja, da se poboljša, ali i da se pogorša. Stoga je veoma važno adekvatno odrediti samoprdržaj, kao maksimalan iznos obaveze koji osiguravač može da preuzme na sebe, a da pritom ne ugrozi svoju likvidnost.<sup>19</sup>

---

<sup>14</sup> Fitch Ratings, *Global Reinsurance Outlook 2024*, 2023, <https://www.fitchratings.com/research/insurance/global-reinsurance-outlook-2024-07-09-2023>, pristupljeno 30. 10. 2023.

<sup>15</sup> Anthony Bradshaw, Martin Bride, Andrew English, David Hindley, George Maher, *Reinsurance and Retentions – A London Market Actuaries Group Paper*, Volume 1, Casualty Actuarial Society, Arlington, 1991, str. 19.

<sup>16</sup> Kenneth A. Froot, „The market for catastrophe risk: A clinical examination“, *Journal of Financial Economics*, 60, 2001, str. 540.

<sup>17</sup> Yu Lei, „Reinsurance and Insurers' Risk-Return Profile“, *Journal of Insurance Issues*, 42(1), 2019, str. 37–65.

<sup>18</sup> David J. Cummins, Georges Dionne, Robert Gagné, Abdelhakim Nouira, „The costs and benefits of reinsurance“, *The Geneva Papers on Risk and Insurance – Issues and Practice*, 46, 2021, str. 195.

<sup>19</sup> Jelena Kočović, Tatjana Rakonjac Antić, Marija Koprivica, Predrag Šulejić, *Osiguranje u teoriji i praksi*, Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2021, str. 340.

U zavisnosti od vrste osiguranja i od ugovora o reosiguranju, samopridržaj se izražava u apsolutnom iznosu ili procentualno. Regulativom se u pojedinim zemljama zahteva da samopridržaj odgovara određenom procentu kapitala osiguravača. U praksi se takođe susreću pravila prema kojima se iznos samopridržaja definiše procentualno u odnosu na ukupnu premiju osiguranja, profit ili aktivu osiguravača. Važan pravac u literaturi iz oblasti aktuarske nauke tiče se razvoja matematičkih modela za određivanje samopridržaja osiguravača. Interesovanje aktuarske nauke za rešavanje tog problema ne jenjava još od prvog doprinosa koji je dao *De Finetti* 1940. godine, označivši optimalnim onaj nivo samopridržaja pri kome je varijansa profita iz poslovanja osiguravača najmanja.<sup>20</sup> Do sada razvijeni matematički modeli uglavnom su zasnovani na teoriji korisnosti<sup>21</sup> ili teoriji propasti<sup>22</sup> i više ili manje striktnim pretpostavkama koje otežavaju njihovu praktičnu primenu. Ipak, visinu samopridržaja u većini slučajeva određuju faktori kao što su sklonost menadžmenta ka preuzimanju rizika, finansijski kapacitet osiguravača, ali i trenutne tržišne okolnosti, tj. cena reosiguranja. U nastavku rada biće predstavljen mogući pristup određivanju optimalnog samopridržaja osiguravača na osnovu prinosa i rizika.<sup>23</sup>

#### **IV. Pristup određivanju samopridržaja na osnovu prinosa i rizika**

Rezultat poslovanja osiguravača, kao slučajna veličina, može biti predstavljen na sledeći način:

$$R = P - S - C, \quad (1)$$

gde su:

$R$  – rezultat poslovanja osiguravača (ne uzimajući u obzir neto prinos od investicija),

$P$  – ukupna premija,

$S$  – ukupni (agregatni) iznos šteta,

$C$  – troškovi sprovođenja osiguranja.

---

<sup>20</sup> Bruno De Finetti, *Il problema dei pieni*, Istituto italiano degli actuari, 1940.

<sup>21</sup> Na primer, Phelim P. Boyle, Jennifer Mao, „Optimal risk retention under partial insurance“, *Insurance: Mathematics and Economics*, 1(1), 1982, pp. 19–26; Nan Zhang, Zhuo Jin, Linyi Qian, Rongming Wang, „Optimal quota-share reinsurance based on the mutual benefit of insurer and reinsurer“, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 342, 2018, pp. 337–351.

<sup>22</sup> Na primer, Ervin Straub, *Non life insurance mathematics*, Springer-Verlag Berling Heidelberg, 1988; David C.M. Dickson, Howard R. Waters, „Reinsurance and ruin“, *Insurance: Mathematics and Economics*, 19(1), 1996, pp. 61–80.

<sup>23</sup> Виктор Н. Салин, Александр А. Пилипчук, „Статистический подход к определению оптимального уровня собственного удержания для страховой компании“, *Финансы: теория и практика*, 2, 2007, стр. 34–43.

Stohastička priroda rezultata poslovanja proizlazi iz stohastičke prirode šteta, budući da je ukupne premije i troškove sprovođenja osiguranja za narednu godinu lakše predvideti. Kapital pod rizikom (*Capital at Risk* – CaR) treba da pokrije nepovoljna odstupanja stvarnog od očekivanog rezultata poslovanja (Slika 3). Neka su:

$\alpha$  – prihvatljiva verovatnoća propasti,

$H_\alpha$  – kvantil raspodele rezultata poslovanja na nivou poverenja  $\alpha$ ,

$E(R)$  – očekivana vrednost rezultata poslovanja.

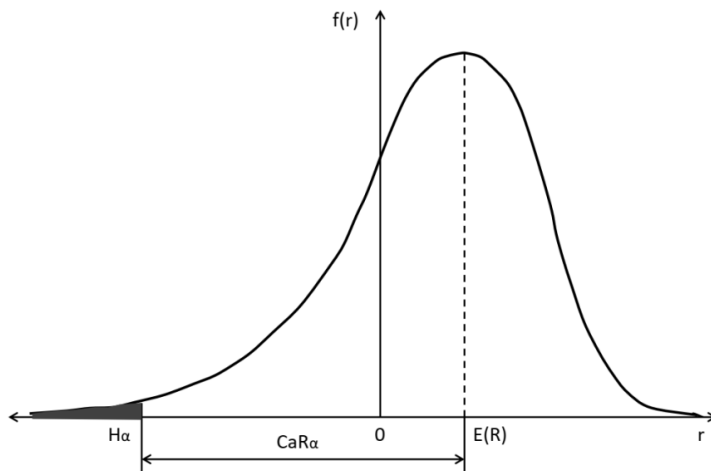
Tada važi:

$$\Pr(R \leq H_\alpha) = \alpha, \quad (2)$$

a kapital pod rizikom može biti predstavljen kao:

$$CaR_\alpha = E(R) - H_\alpha. \quad (3)$$

**Slika 3. Funkcija gustine rezultata poslovanja**



Izvor: Adaptirano prema B. H. Салин, А. А. Пилипчук, стр. 36.

Da bi se na adekvatan način upravljalo rizicima koji ugrožavaju solventnost osiguravača, potrebno je identifikovati faktore koji mogu uticati na raspodelu verovatnoća godišnjeg rezultata poslovanja, i samim tim na veličinu kapitala pod rizikom. Iznad očekivani rast premija uz isti nivo rizika znači veći profit uz isti nivo kapitala pod rizikom. Snižavanje troškova poslovanja povećava rezultat poslovanja i smanjuje potrebe za kapitalom. Takođe, promena strukture portfelja može izmeniti raspodelu



verovatnoća rezultata poslovanja. Ipak, sve su to faktori na koje osiguravač ne može značajno uticati u kratkom roku. Instrument pomoću kog osiguravač može uticati na raspodelu verovatnoća rezultata poslovanja jeste reosiguranje.

Koncept kapitala pod rizikom kombinuje dve važne veličine: rizik i prinos. Naime, kvantil raspodele verovatnoća rezultata poslovanja odražava rizik propasti kompanije pri izabranom nivou poverenja. Očekivana vrednost raspodele verovatnoća rezultata poslovanja odgovara očekivanom profitu. Vezu između tih veličina odražava prinos na kapital pod rizikom (*Return on Capital at Risk* – *RoCaR*):

$$RoCaR = \frac{E(R)}{CaR}. \quad (4)$$

Prinos na kapital pod rizikom (*RoCaR*) može da se koristi kao kriterijum za poređenje različitih programa reosiguranja. U opštem slučaju, pri istom nivou rizika, bolji je onaj program reosiguranja pri kome je očekivani rezultat poslovanja osiguravača veći. Pri istom očekivanom profitu, bolji je onaj program reosiguranja pri kome je kapital pod rizikom niži. Otuda proizlazi da je potrebno izabrati program reosiguranja pri kome je prinos na kapital pod rizikom (*RoCaR*) najveći, jer se time postiže maksimalan odnos prinosa i rizika.

Kako bi se u praksi odredilo pri kom programu reosiguranja se ostvaruje najveći prinos na kapital pod rizikom (*RoCaR*), može se koristiti stohastičko modeliranje. Model za određivanje samopridržaja sastoji se od tri modula: modula šteta, modula koji uključuje reosiguranje i rezultujućeg modula.<sup>24</sup>

## 1. Modul šteta

U okviru modula šteta izvodi se složena raspodela verovatnoća agregatnog iznosa šteta  $S$  kombinovanjem raspodele broja (frekvencije) i iznosa (intenziteta) šteta. Osnov za opisivanje raspodele verovatnoća šteta jesu raspoloživi podaci o realizovanim štetama. U date svrhe najčešće se koristi analitička metoda koja podrazumeva da se usvaja odgovarajući teorijski model raspodele i koja se, u najboljoj mogućoj meri, prilagođava datom skupu podataka.<sup>25</sup>

Polazište modeliranja agregatnog iznosa šteta predstavlja izbor odgovarajuće teorijske raspodele broja šteta  $N$ , kao diskretne, nenegativne slučajne promenljive. U praktičnim primenama, Puasonova raspodela, koja ima samo jedan parametar ( $\lambda$ ) uvek je prvi izbor.<sup>26</sup> Kao očekivani broj šteta po polisi osiguranja, parametar  $\lambda$

<sup>24</sup> В. Н. Салин, А. А. Пилипчук, стр. 37.

<sup>25</sup> Krzysztof Burnecki, Adam Misiorek, Rafał Weron, „Loss Distributions“, *Statistical Tools for Finance and Insurance* (editors Pavel Čížek, Rafał Weron, Wolfgang Härdle), Springer-Verlag, Berlin, 2005, str. 289.

<sup>26</sup> Rob Kaas, Marc Goovaerts, Jan Dhaene, Michel Denuit, *Modern Actuarial Risk Theory Using R*, Springer, 2008, str. 45.

može da se oceni na osnovu prosečne frekvencije šteta.<sup>27</sup> Poznato je da su očekivana vrednost i varijansa slučajne promenljive koja ima Puasonovu raspodelu sa parametrom  $\lambda$  jednake  $\lambda$ . Stoga, Puasonova raspodela nije adekvatna u situaciji u kojoj varijansa date promenljive prevazilazi njenu očekivanu vrednost, pa se umesto nje može primeniti negativna binomna raspodela.

U svrhe modeliranja promenljive iznosa (intenziteta) šteta  $X$  koriste se apsolutno neprekidne raspodele verovatnoća. Iako je skup mogućih vrednosti date promenljive realno ograničen, uobičajeni domen definisanosti korišćenih raspodela je  $(0, +\infty]$ . Podaci o iznosima šteta u neživotnom osiguranju najčešće se opisuju raspedelama kao što su gama, eksponencijalna, log-normalna, Vejbulova, Pareto, Burova i log-gama raspodela.

Na osnovu zasebno modeliranih broja šteta  $N$  i iznosa individualnih šteta  $X_i, i = 1, 2, \dots$  metodom simulacija izvodi se složena raspodela agregatnog iznosa svih šteta  $S$  na nivou osiguravajućeg portfelja u toku jedne godine:

$$S = \sum_{i=1}^N X_i. \quad (5)$$

Ukoliko je, na primer, za raspodelu broja šteta izabrana Puasonova raspodela, raspodela ukupnog iznosa šteta je složena Puasonova raspodela. Slično, za negativnu binomnu raspodelu broja šteta, raspodela ukupnog iznosa šteta je složena negativna binomna raspodela. Algoritam kojim se simulira raspodela agregatnog iznosa šteta  $S$  podrazumeva sledeće korake:

- 1) Iz izabrane raspodele slučajne promenljive  $N$ , pomoću generatora slučajnih brojeva, izvlači se broj šteta  $n_1$  i isto toliko vrednosti  $x_1, x_2, \dots, x_{n_1}$  iz raspodele slučajne promenljive iznosa individualnih šteta  $X$ .
- 2) Suma  $s_1 = x_1 + x_2 + \dots + x_{n_1}$  predstavlja prvu slučajnu realizaciju ukupnog iznosa šteta  $S$ .

Koraci 1)-2) se ponavljaju  $n$  puta da bi se kreirao „pseudo“ slučajni uzorak podataka  $s_1, s_2, \dots, s_n$ , na osnovu koga se izvodi empirijska funkcija raspodele kojom se aproksimira nepoznata funkcija raspodele promenljive  $S$ .<sup>28</sup>

## 2. Modul koji uključuje reosiguranje

U narednom modulu potrebno je da se u raspodelu agregatnog iznosa šteta metodom simulacija inkorporiraju efekti različitih programa reosiguranja koji se razmatraju. Inputi za taj modul jesu parametri ugovora o reosiguranju: tip ugovora, koliki deo rizika se prenosi u reosiguranje, broj nivoa zaštite (engl. *layer*) i njihova

---

<sup>27</sup> Marija Jovović, *Merenje rizika pri utvrđivanju solventnosti neživotnih osiguravača*, doktorska disertacija, Ekonomski fakultet Beograd, 2015, str. 165.

<sup>28</sup> M. Jovović, str. 291.

širina, premija reosiguranja itd. Kroz proizvoljno veliki broj simulacija, agregatni iznos šteta na nivou portfelja osiguravača raspoređuje se po nivoima zaštite za svaki od programa reosiguranja.

U opštem slučaju, efekat reosiguranja ogleda se u smanjenju disperzije agregatnog iznosa šteta. Pri tome, različiti vidovi reosiguranja na različiti način utiču na raspodelu agregatnog iznosa šteta.<sup>29</sup> Proporcionalno reosiguranje smanjuje očekivanu vrednost raspodele agregatnog iznosa šteta srazmerno procentu u kome se deo obaveze iz ugovora u osiguranju prenosi u pokriće reosiguravača. U slučaju neproporcionalnog reosiguranja, reosiguravač nadoknađuje (neograničeno ili limitirano) višak štete preko definisanog samopridržaja osiguravača, po pojedinačnim slučajevima (reosiguranje viška štete) ili na godišnjem nivou (reosiguranje viška godišnjih šteta). Efekat neproporcionalnog reosiguranja na raspodelu šteta ogleda se u njenom odsecanju na nivou definisanog praga (samopridržaja). Dakle, proporcionalnim reosiguranjem rizik osiguravača smanjuje se linearno, dok neproporcionalno reosiguravajuće pokriće skraćuje, ili čak eliminiše, rep raspodele šteta cedenta, smanjujući time izloženost katastrofalnim štetama.<sup>30</sup>

Kombinovanjem simuliranog agregatnog iznosa šteta koji uključuje efekte jednog programa reosiguranja s premijom i troškovima poslovanja osiguravača prema obrascu (1) dobija se jedna realizacija rezultata poslovanja osiguravača  $R$  uz dati program reosiguranja. Sprovedenjem proizvoljno velikog broja simulacija, dobija se raspodela verovatnoća rezultata poslovanja osiguravača koji bi bio ostvaren pri svakom od posmatranih programa reosiguranja pojedinačno.

### **3. Rezultujući modul**

U rezultujućem modulu se za svaku od izvedenih raspodela rezultata poslovanja osiguravača uz različite programe reosiguranja izračunavaju očekivana vrednost rezultata poslovanja  $E(R)$  i kapital pod rizikom  $CaR_\alpha$  (kao razlika očekivanog rezultata i kvantila raspodele rezultata pri izabranom nivou poverenja  $\alpha$ ). Stavljanjem u odnos te dve veličine prema obrascu (4) izračunava se prinos na kapital pod rizikom  $RoCaR$ . Zatim se određuje pri kome od razmatranih programa reosiguranja se postigne maksimalna vrednost  $RoCaR$ . Tom programu reosiguranja odgovara nivo samopridržaja koji je adekvatan za datu osiguravajuću kompaniju uvažavajući prinos i rizik.

---

<sup>29</sup> Jorge W. Euphasio, João V. F. Carvalho, „Reinsurance and Solvency Capital: Mitigating Insurance Companies' Ruin Probability“, *Revista de Administração Contemporânea*, 26(1), 2022.

<sup>30</sup> M. Jovović, str. 69.

## V. Zaključak

Usled sve učestalijih i razornijih prirodnih katastrofa, inflatornog rasta i krize izazvane pandemijom kovida 19 i konfliktom između Rusije i Ukrajine, reosiguravači širom sveta se suočavaju s gubicima koji umanjuju njihov kapacitet za preuzimanje rizika. Usled pada kapitala reosiguravača i istovremenog rasta tražnje za njihovim uslugama, cene reosiguranja na globalnom nivou beleže rekordni rast. Sve skuplje reosiguravajuće pokriće iziskuje određivanje adekvatnog samopridržaja, pri kome će biti očuvana solventnost osiguravača, ali ne po cenu ugrožavanja njihove profitabilnosti. U radu je predstavljen mogući pristup određivanju nivoa samopridržaja na osnovu prinosa i rizika. Pristup se zasniva na stohastičkim simulacijama raspodele verovatnoća agregatnog iznosa šteta na nivou portfelja osiguranja i efekata različitih programa reosiguranja na tu raspodelu, kako bi bio izabran onaj program pri kome se postiže maksimalan odnos između prinosa i rizika. Takvom programu reosiguranja odgovara nivo samopridržaja koji je optimalan za datog osiguravača.

## Literatura

- Boyle, P. Phelim, Mao, Jennifer „Optimal risk retention under partial insurance“, *Insurance: Mathematics and Economics*, 1(1), 1982, pp. 19–26.
- Bradshaw, A., Bride, M., English, A., Hindley, D., Maher, G., *Reinsurance and Retentions – A London Market Actuaries Group Paper*, Volume 1, Casualty Actuarial Society, Arlington, 1991.
- Burnecki, K., Misiorek, A., Weron, R., „Loss Distributions“, *Statistical Tools for Finance and Insurance* (editors Pavel Čížek, Rafał Weron, Wolfgang Härdle), Springer-Verlag, Berlin, 2005, pp. 289–317.
- Cummins J. David, Dionne Georges, Gagné Robert, Noura Abdelhakim, „The costs and benefits of reinsurance“, *The Geneva Papers on Risk and Insurance – Issues and Practice*, 46, 2021, pp. 177–199.
- De Finetti Bruno, *Il problema dei pieni*, Istituto italiano degli attuari, 1940.
- Dickson C. M. David, Waters R. Howard, „Reinsurance and ruin“, *Insurance: Mathematics and Economics*, 19(1), 1996, pp. 61–80.
- Euphasio, J. W., Carvalho, J. V. F., „Reinsurance and Solvency Capital: Mitigating Insurance Companies’ Ruin Probability“, *Revista de Administração Contemporânea*, 26(1), 2022.
- Fitch Ratings, *Global Reinsurance Outlook 2024*, 2023, <https://www.fitchratings.com/research/insurance/global-reinsurance-outlook-2024-07-09-2023>, pristupljeno 30. 10. 2023.
- Froot A. Kenneth, „The market for catastrophe risk: A clinical examination“, *Journal of Financial Economics*, 60, 2001, pp. 529–571.

- Gallin, L. "Global property cat rates-on-line up 27.5% at Jan 1 renewals: Guy Carpenter", Reinsurance News, 2023, <https://www.reinsurancene.ws/global-property-cat-rates-on-line-up-27-5-at-jan-1-renewals-guy-carpenter/>, pristupljeno 21. 10. 2023.
- Guy Carpenter, "Reinsurance Renewal Insights", January 2023, [https://www.guycarp.com/content/dam/guycarp-rebrand/pdf/Insights/2022/2023 Jan Renewal Briefing v5.pdf](https://www.guycarp.com/content/dam/guycarp-rebrand/pdf/Insights/2022/2023%20Jan%20Renewal%20Briefing%20v5.pdf), pristupljeno 25. 10. 2023.
- Howden, *The Great Realignment*, 2023, <https://www.howdengroup.com/sites/g/files/mwfley566/files/2023-01/the-great-realignment-report-2023.pdf>, pristupljeno: 20. 10. 2023.
- Jovović, M., *Merenje rizika pri utvrđivanju solventnosti neživotnih osiguravača*, doktorska disertacija, Ekonomski fakultet Beograd, 2015.
- Kaas, R., Goovaerts, M., Dhaene, J., Denuit, M., *Modern Actuarial Risk Theory Using R*, Springer, 2008.
- Kočović, Jelena, Rakonjac Antić, Tatjana, Koprivica, Marija, Šulejić, Predrag, *Osiguranje u teoriji i praksi*, Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2021.
- Lei, Y., „Reinsurance and Insurers' Risk-Return Profile", *Journal of Insurance Issues*, 42(1), 2019, pp. 37-65.
- Pande, M., „The State of the Reinsurance Property Catastrophe market", Swiss Re, 2023, <https://www.swissre.com/risk-knowledge/mitigating-climate-risk/state-of-reinsurance-property-cat-market.html>, pristupljeno 22. 10. 2023.
- S&P Global Ratings, *Global Reinsurance Stabilizes As Green Shoots Emerge in Underwriting*, 2023, <https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/230905-global-reinsurance-stabilizes-as-green-shoots-emerge-in-underwriting-12838027>, pristupljeno 30. 10. 2023.
- Straub Ervin, *Non life insurance mathematics*, Springer-Verlag Berling Heidelberg, 1988.
- Swiss Re Institute, „Natural catastrophes and inflation in 2022: a perfect storm", *Sigma*, No. 1/2023, <https://www.swissre.com/institute/research/sigma-research.html>, pristupljeno 26. 11. 2023.
- The Financial Times, „Reinsurance costs rise up to 200% as Ukraine war and extreme weather bite", 2023, <https://www.ft.com/content/f5f9d450-c539-47a7-bc5c-44a8db57e74e>, pristupljeno: 20. 10. 2023.
- Zhang Nan, Jin Zhuo, Qian Linyi, Wang Rongming, „Optimal quota-share reinsurance based on the mutual benefit of insurer and reinsurer", *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 342, 2018, pp. 337–351.
- Салин, В. Н., Пилипчук, А. А., „Статистический подход к определению оптимального уровня собственного удержания для страховой компании", *Финансы: теория и практика*, 2, 2007, стр. 34–43.