UNIVERZITET UNION U BEOGRADU
BEOGRADSKA BANKARSKA AKADEMIJA

FAKULTETA ZA BANKARSTVO, OSIGURANJE I FINANSIJE

Ljubiša M. Veljković

Osiguranje i reosiguranje rizika prirodnih katastrofa - modelovanje i optimizacija rizika

Doktorska disertacija

Beograd, 2025. godine

UNION UNIVERSITY IN BELGRADE

BELGRADE BANKING ACADEMY

FACULTY OF BANKING, INSURANCE AND FINANCE

Ljubiša M. Veljković

Natural catastrophic risk insurance and reinsurance - risk modeling and optimization

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2025. godine

ČLANOVI KOMISIJE:

Prof. dr Mališa Đukić, predsednik komisije

Beogradska bankarska akademija Fakultet za bankarstvo, osiguranje i finansije

Univerzitet Union u Beogradu

_____

Prof. dr Ivana Simeunović, mentor

Beogradska bankarska akademija - Fakultet za bankarstvo, osiguranje i finansije

Univerzitet Union u Beogradu

_____

Doc. dr Marija Paunović, član komisije

Fakultet za hotelijerstvo i turizam u Vrnjačkoj Banji

Univerzitet u Kragujevcu

_____

Datum odbrane: _____ , u Beogradu

Izjava o autorstvu

Izjavljujem da je doktorska disertacija pod naslovom

„Osiguranje i reosiguranje rizika prirodnih katastrofa - modelovanje i optimizacija rizika“

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Ljubiša Veljković

_____

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao/la za objavljivanje na portalu Digitalnog repozitorijuma Univerziteta “Union” u Beogradu.

Ljubiša Veljković

_____

Osiguranje i reosiguranje rizika prirodnih katastrofa - modelovanje i optimizacija rizika

Rezime

U teoriji rizika, procena i modeliranje rizika od katastrofalnih događaja zahtevaju posebne pristupe zbog retkosti i potencijalne veličine šteta. Modeli za procenu rizika prirodnih katastrofa (NatCat modeli) omogućavaju osiguravačima da procene verovatnoću i intenzitet različitih katastrofalnih događaja i izračunaju potencijalne gubitke, te daju uvid u očekivane ekonomske posledice različitih katastrofa. Ovo je ključno za razumevanje mogućih finansijskih obaveza osiguravača i reosiguravača i procenu rizika portfelja.

Efikasno upravljanje NatCat rizicima zahteva sveobuhvatan pristup koji uključuje identifikaciju, procenu, ublažavanje i finansiranje rizika. S obzirom na složenu prirodu problema, u disertaciji je predložen konceptualni model za osiguranje i reosiguranje rizika prirodnih katastrofa kroz najznačajnije module i podmodule modela. Cilj ovog modela je da osiguravajućim društvima omogući sistematsko i analitičko upravljanje rizicima, kroz, između ostalog, analizu istorijskih podataka o štetama, projekcije šteta, određivanje nivoa samopridržaja i optimizaciju reosiguravajućih pokrića. U okviru ovog modela predloženene su dve metode za modeliranje katastrofalnih rizika i to za analiza trenda učestalosti poplava i model na bazi verovatnoće prekoračenja i očekivanog godišnjeg gubitka koji se koristi kao osnovna mera za procenu rizika i formiranje tarifa za zemljotrese. Pored toga, kroz konceptualni model su prikazani i različiti algoritmi i modeli sa numeričkim kalkulacijama kao što je model za fitovanje kumulativnih šteta i model za procenu samopridržaja korišćenjem verovatnoće propasti.

Sistematičan pristup ovog modela, može doprineti boljem razumevanju i upravljaju rizikom od ekstremnih događaja, ali i omogućiti osiguravačima da pripreme adekvatne rezerve i strategije upravljanja rizicima. Takođe, model ispunjava standardizovan pristup u načinu na koji se modeliraju i procenjuju rizici od prirodnih katastrofa.

Ključne reči: osiguranje, reosiguranje, procena rizika, prirodne katastrofe, modeliranje

Naučna oblast: Ekonomske nauke

Uža naučna oblast: finansije, osiguranje

Natural disaster risk insurance and reinsurance - risk modeling and optimization

ABSTRACT

In risk theory, the assessment and modeling of catastrophic risks require specialized approaches due to the rarity and potentially severe magnitude of damages. Natural catastrophe models (NatCat models) enable insurers to estimate the probability and intensity of various catastrophic events, calculate potential losses, and provide insight into the expected economic consequences of different disasters. This is crucial for understanding the potential financial obligations of insurers and reinsurers and for assessing portfolio risks.

Effective management of NatCat risks requires a comprehensive approach that includes risk identification, assessment, mitigation, and financing. Given the complex nature of the problem, this dissertation proposes a conceptual model for the insurance and reinsurance of natural catastrophe risks through the most significant modules and sub-modules of the model. The goal of this model is to provide insurance companies with a systematic and analytical framework for risk management, including, among other elements, the analysis of historical loss data, damage projections, determination of retention levels, and optimization of reinsurance coverage.

Within this model, two methods for catastrophic risk modeling are proposed: one for trend analysis of flood frequency trends and a probability-based model using exceedance probability and expected annual losses as the primary measures for risk assessment and rate-making for earthquakes. Additionally, the conceptual model incorporates various algorithms and models with numerical calculations, such as a model for fitting cumulative losses and a model for retention estimation using the probability of ruin.

The systematic approach of this model can contribute to a better understanding and management of risks from extreme events, while also enabling insurers to prepare adequate reserves and risk management strategies. Furthermore, the model adheres to a standardized approach in the modeling and assessment of natural catastrophe risks.

Keywords: insurance, reinsurance, risk assessment, natural disasters, modeling

Scientific field: economic sciences

Scientific subfield: finance, insurance

SADRŽAJ

Spisak tabela

Spisak slika

1. UVOD ... 1

1.1. Aktuelnost i značaj teme ... 1

1.2. Predmet i cilj istraživanja doktorske disertacije ... 2

1.3. Naučne metode i osnovne hipoteze disertacije ... 4

1.4. Kratak pregled sadržaja disertacije ... 6

1.5. Očekivani rezultati i naučni doprinos ... 8

2. KATASTROFALNI DOGAĐAJI I RIZICI ... 10

2.1. Definicije i osnovni pojmovi ... 10

2.2. Klasifikacija katastrofalnih rizika ... 19

2.3. Tehnološki rizici ... 32

2.4. Rizici prirodnih katastrofa ... 37

2.4.1. Poplave ... 41

2.4.2. Definicija i karakteristike ekstremnih događaja povezanih sa temperaturom i padavinama ... 45

2.4.3. Zemljotresi ... 50

2.5. Makrokatastrofalni rizici ... 56

3. OSIGURANJE I REOSIGURANJE: ULOGA I FUNKCIJA ... 61

3.1. Osiguranje ... 61

3.1.1. Pokazatelji poslovanja osiguravajućih društava za neživotno osiguranje ... 65

3.2.2. Osiguranje od katastrofalnih rizika ... 73

3.2. Reosiguranje ... 81

3.2.1. Neproporcijalni ugovori o reosiguranju ... 86

3.2.2. CAT-XL reosiguranje 89
3.3. Samopridržaj 99
3.4. Maksimalna moguća šteta 104
4. MODELI ZA PROCENU I UPRAVLJANJE NATCAT RIZICIMA 111
4.1. Razvoj modela za procenu katastrofalnih rizika 111
4.2. Savremeni modeli za procenu rizika prirodnih katastrofa 117
4.3. Problemi i izazovi u modeliranju rizika prirodnih katastrofa 122
5. NATCAT MODELI 126
5.1. Konceptualni NatCAT model 127
5.2. Analiza trenda poplava 135
5.3. Modul za procenu šteta 140
5.4. Modeli za procenu samopridržaja 147
5.5. NatCat model za zemljotres 151
5.5.1. Osnovni pojmovi u modelu 151
5.5.2. NatCat model procene mogućeg maksimalnog gubitka za rizik zemljotresa 155
5.5.3. Analiza predloženog konceptualnog modela 163
ZAKLJUČAK 166
Literatura 169
Prilog 1. Intervju sa stručnjacima iz osiguranja i reosiguranja 180
Prilog 2. Seizmološke karte Srbije 181
Prilog 3. Raspodela šteta 183
Biografija

Spisak tabela

Tabela 2.1. Podela rizika

Tabela 2.4.1: Najsnažnijih zabeleženih zemljotresa u svetu

Tabela 2.4.2. Prosečni godišnji ekonomski gubitak za Srbiju

Tabela 3.1.1. Pokazatelji poslovanja društava za neživotno osiguranje u Srbiji

Tabela 3.2.3. Sektor reosiguranja u periodu od 2023. do 2025. godine.

Tabela 5.2.1. Deskriptivna statistika - poplave u svetu

Tabela 5.2.2. Predviđanje frekvencija poplava u svetu

Tabela 5.3.1. Rezultati fitovanja kumulativnih šteta sa različitim funkcijama

Tabela 5.4.1. Verovatnoće propasti za različite nivoe samopridržaja

Tabela 5.5.1. Standardni povratni periodi i njihova verovatnoća

Tabela 5.5.2. Rezultat Natcat modela za zemljotres

Tabela 5.5.3. Prosečni godišnji gubitak za rizik zemljotresa za različite kvote ugovora o reosiguranju

Spisak slika

Slika 2.2.1. Strukturirani pregled katastrofalnih događaja

Slika 2.4.1. Poplave u svetu od 1961-2023. godine

Slika 2.4.2. Poplave u Evropi od 1961-2023. godine

Slika 2.4.3. Evropski seizmološki model

Slika 3.1.1. Finansijske komponente, metrike i tokovi koji utiču na performanse osiguravajućeg društva

Slika 3.2.1. Veza između osiguranika, osiguravača i reosiguravača

Slika 3.2.2. Diversifikacija rizika tri uragana Wilma, Rita i Katrina

Slika 3.2.3. WXL/R ugovor za zaštitu 6 miliona xs 2 miliona

Slika 3.2.4. CAT-XL ugovor za zaštitu 4 miliona xs 5 miliona

Slika 4.3.1. Osnovni NatCat model

Slika 5.2.1. Broj poplava u svetu 1961-2022. godine

Slika 5.2.2. Predviđanje frekvencija poplava u svetu 2023-2027. godine

Slika 5.3.1. Linija trenda za Weibull-ovu funkciju

Slika 5.3.2. Linija trenda za inverzna stepenu funkciju sa parametrom -0,5

Slika 5.5.1. EP kriva agregiranih šteta za industriju osiguranja u SAD.

Slika 5.5.2. Funkcija MMŠ za zemljotrese

1. UVOD

1.1. Aktuelnost i značaj teme

Prirodne katastrofe predstavljaju jedan od najvećih izazova za savremena društva, sa ozbiljnim posledicama po živote ljudi, ekonomiju i infrastrukturu. Njihova učestalost i intenzitet su u porastu, što dodatno opterećuje osiguravajuće i reosiguravajuće kompanije, kao i globalnu ekonomiju u celini. Upravo u ovom kontekstu, modeliranje i optimizacija rizika povezanih sa prirodnim katastrofama postaju ključni za efikasno upravljanje ovim rizicima i ublažavanje njihovih posledica. Ovi događaji zahtevaju integraciju sofisticiranih modela za predviđanje rizika, procenu šteta i planiranje finansijskih rezervi. U ovoj disertaciji, naglasak je stavljen na konceptualni NatCat modela, koji integriše podatke, statističke metode i tehnologije u proceni rizika od prirodnih katastrofa.

Aktuelnost ove teme ogleda se i u sve većem značaju osiguravajućih tržišta na globalnom nivou. Osiguranje i reosiguranje omogućavaju preraspodelu rizika i smanjuju teret koji pojedinačne katastrofe mogu da nanesu lokalnim zajednicama i ekonomijama. Upravljanje katastrofalnim rizicima zahteva sveobuhvatnu saradnju između industrije, regulatornih tela i naučne zajednice. Nedostatak adekvatnih podataka i nepredvidiva priroda ovih događaja dodatno komplikuju procese modeliranja i donošenja odluka, čime istraživanje u ovoj oblasti postaje ključno za unapređenje postojećih praksi.

Ovaj rad doprinosi teorijskom i praktičnom razumevanju osiguranja i reosiguranja od prirodnih katastrofa, ističući značaj integracije modela za procenu rizika i strategija finansijskog upravljanja. Rezultati istraživanja mogu doprineti ne samo sektoru osiguranja već i društvenoj zajednici.

1.2. Predmet i cilj istraživanja doktorske disertacije

Rizici prirodnih katastrofa (NatCat rizici), obuhvataju širok spektar ekstremnih meteoroloških, geoloških i hidroloških događaja koji imaju potencijal da izazovu ozbiljne materijalne štete, ekonomske gubitke i ljudske žrtve. NatCat rizici se kategorizuju prema njihovom poreklu i uticaju, a njihovo razumevanje i kvantifikacija su ključni za efikasno upravljanje rizicima u oblasti osiguranja i reosiguranja. NatCat rizici takođe pokreću potrebu za sofisticiranim metodama modeliranja kako bi se tačnije predvidela učestalost i uticaj ovih događaja. Premije za reosiguranje mogu biti visoko volatilne, posebno nakon velikih katastrofalnih događaja. Ovo može dovesti do značajnih promena u troškovima osiguranja i reosiguranja, što otežava dugoročno planiranje. Efikasno upravljanje NatCat rizicima zahteva sveobuhvatan pristup koji uključuje identifikaciju, procenu, ublažavanje i finansiranje rizika.

Osiguranje i reosiguranje igraju ključnu ulogu u finansijskom upravljanju ovim rizicima, pružajući neophodnu kapitalnu podršku u slučaju katastrofa i imaju pozitivan uticaj na blagostanje i dugoročni privredni rast. Zajedno, imaju značajnu ulogu u stvaranju i distribuciji znanja i diversifikaciji rizika. Strategije kao što su diverzifikacija portfelja i portfolija, odgovarajuće tarifiranje rizika i reosiguravajući aranžmani, omogućavaju osiguravajućim društvima stabilnost finansijskih performansi i efikasno upravljanje zahtevima za solventnošću. Reosiguranje omogućava osiguravačima da raspodele rizike na veći broj entiteta, čime se smanjuje uticaj pojedinačnih katastrofa na finansijsku stabilnost osiguravajućeg društva. Ovo je posebno važno u kontekstu NatCat događaja, koji mogu izazvati ogromne gubitke unutar kratkog vremenskog perioda. Razumevanje osiguranja i posebno reosiguranja od prirodnih katastrofa je važno u rešavanju pitanja koja se odnose na transfer rizika od prirodnih katastrofa uopšte.

Određivanje samopridržaja je ključna odluka u upravljanju rizikom, jer direktno utiče na finansijsku stabilnost osiguravača, troškove reosiguranja i konkurentnost premija. Proces određivanja adekvatne visine samopridržaja je složen, a visina samopridržaja može zavisiti od više faktora. Za razliku od samopridržaja koji je fleksibilan i može se prilagoditi različitim vrstama osiguranja i promenama u portfelju, maksimalni sopstveni samopridržaj postavlja

limite koje društvo mora poštovati kako bi se zaštitilo od prekomernih gubitaka, posebno u slučaju katastrofalnih događaja. Osiguravač procenjuje najgori mogući scenario, odnosno maksimalnu štetu koja bi mogla nastati po jednom događaju. Maksimalno moguća šteta je ključna metrika u proceni rizika koja pomaže osiguravajućim društvima da procene rizik povezan sa ekstremnim događajima, kao što su i prirodne katastrofe i predstavlja najgori mogući scenario u kojem kompanija može pretrpeti velike gubitke. Ova procena pomaže u određivanju koliko bi društvo moglo izgubiti ako zadrži rizik za sebe, što direktno utiče na visinu samopridržaja. Osiguravajuća društva koristi različite modele za izračunavanje optimalnog nivoa samopridržaja, odnosno maksimalnog samopridržaja. Svaki model ima specifične karakteristike i koristi se u zavisnosti od prirode rizika, finansijske strategije i ciljeva osiguravača.

Modeli za katastrofalne događaje (CAT modeli) su pojednostavljeni prikazi složenih prirodnih procesa i metodologija zavise od ulaznih podataka. Stoga je za njihovu evaluaciju ključno proceniti ulazne podatke, pretpostavke koje se koriste i dobro razumeti implicirane neizvesnosti. U disertaciji se predlože konceptualni model za osiguranje rizika prirodnih katastrofa. U teoriji rizika, procena i modeliranje rizika od katastrofalnih gubitaka zahtevaju posebne pristupe zbog retkosti i potencijalne veličine ovih šteta. S obzirom na složenu prirodu problema, predloženi model uključije više modula i podmula, koji su međusobno povezani.

Modul šteta, kao jedna od najsloženijih komponenti u modelu, koristi složene statističke metode za procenu agregatnog iznosa šteta, kombinujući raspodele frekvencije (broja) šteta i iznosa (intenziteta) šteta kako bi se procenile očekivane štete. Različiti rizici mogu imati različite raspodele iznosa šteta. Količina i kvalitet podataka o prethodnim štetama imaju ključnu ulogu u izboru raspodele. Ukoliko postoji dovoljno istorijskih podataka, može se koristiti empirijska raspodela. Kada podaci nedostaju ili su ograničeni, koriste se teoretske raspodele. Izbor raspodele zavisi i od specifičnih karakteristika podataka kao što su asimetrija, repovi (eng. tails) i disperzija.

U okviru Modula za katastrofalne rizike predloženene su dve metode za modeliranje katastrofalnih rizika i to za analiza trenda učestalosti poplava, a koji je već publikovan i

model na bazi verovatnoće prekoračenja i očekivanog godišnjeg gubitka koji se koristi kao osnovna mera za procenu rizika i formiranje tarifa.

Sistematičan pristup ovog modela, može doprineti boljem razumevanju i upravljaju rizikom od ekstremnih događaja, ali i omogućiti osiguravačima da pripreme adekvatne rezerve i strategije upravljanja rizicima za slučajeve velikih, neočekivanih gubitaka.

Literatura koja se bavi ovim pitanjima je ograničena pristupom podacima i netransparetnošću tržišnog sistema osiguranja i naročito reosiguranja, te su predložene teme malo izučavane u naučnim i stručnm studijama, naročito u domaćoj literaturi.

U ovom kontekstu, ova teza ima za cilj da proširi razumevanje osiguranja i reosiguranja od prirodnih katastrofa, fokusirajući se na pitanja koja se odnose na tržišta reosiguranja kod nas i u svetu i modeliranje katastrofalnih rizika razmatrajući faktore od uticaja.

Specifično, ovo istraživanje će dati doprinos praktičnim implikacijama formiranjem modela za transfer rizika od poplava i zemljotresa osiguravača u reosiguranje.

1.3. Naučne metode i osnovne hipoteze disertacije

Pri izradi disertacije primenjene su metode koje su u skladu sa definisanom temom, predmetom i ciljem istraživanja i postavljenim hipotezama.

Opšte naučne metode istraživanja koje su korišćene za izradu ove teze:

a) Metode analize, sinteze i indukcije i dedukcije u cilju što kvalitetnijeg teorijskog istraživanja.

b) Metode komparacije sa ciljem utvrđivanja teorijskih postavki za kreiranje modela istraživanja. U delu komparacije NatCat modela razmatrani su probabilistički pristup modeliranju, stohastički modeli vremenskih serija, regionalno i nacionalno specifični model i savremeni NatCat modeli.

c) Metode prikupljanja podataka kroz kvalitativni pristup (posmatranjem, razgovorima, intervjuima, korišćenjem statističkih baza podataka). Baza podataka koja je korišćena za analizu trenda poplava je EM-DAT baza prirodnih katastrofa, dok se podaci,

odnosno karte seizmičkog hazarda Srbije, za različite povratne periode, Republičkog seizmološkog zavoda korišćene kao smernice za NatCat model za procenu mogućeg maksimalnog gubitka za rizik zemljotresa, kao kriva za Srbiju.

Intervju je sproveden sa stručnjacima iz sektora osiguranja i reosiguranja, u periodu od kraja 2023. godine i u toku 2024. godine, iz mreže ličnih kontakata autora. Stručnjaci, njih šest, su iz Srbije, Hrvatske i Slovenije, sa preko dvadeset godina iskustva. Svi razgovori su obavljeni lično, sa prosečnim trajanjem intervjua od 20 do 30 minuta. Postavljena pitanja su data u prilogu 1 disertacije. Informacije i podaci prikupljeni ovim putem korišćeni su, između ostalog, u predloženom konceptualnom modelu za ulazne pretpostavke modela.

Kvantitativne metode koje se koriste u istraživanju:

a) Statistička metoda.

Statističke metode koje se koriste u istraživanju su deskriptivna statistika i inferencijalna statistika. Mere centralne tendencije i mere disperzije korišćene su za analizu poplava u svetu, kao i Man-Kendall test za analizu trenda poplava.

b) Metoda modelovanja i simulacije.

U predloženom konceptualnom modelu koristi se više metoda:

- Algoritam za simulaciju raspodele agregiranog iznosa šteta korišćenjem različitih raspodela za broj događaja i za veličinu šteta,
- Model za procenu samopridržaja korišćenjem verovatnoće propasti,
- NatCat model za procenu mogućeg maksimalnog gubitka za rizik zemljotresa. Glavni elementi modela su funkcija verovatnoće prekoračenja događaja i povratni period. Rezultat modela je kriva verovatnoća prekoračenja ukupnih (kumuliranih) gubitaka, odnosno prosečni godišnji gubitak. Koeficijent varijacije kao mera relativne varijabilnosti gubitaka pruža uvid u stabilnost i predvidljivost gubitaka u odnosu na prosečni godišnji gubitak osiguravača. U modelu se koristi simulacija za različite ulazne podatke.

Na osnovu sprovedenih kvantitativnih i kvalitativnih istraživanja, a ne izlazeći iz okvira predmeta istraživanja, postavljene su sledeće hipoteze:

H_1. Modeliranje katastrofalnih rizika doprinosi optimizaciji nivoa prenosa rizika kroz reosiguranje.

H_2. NatCAT konceptualni model može doprineti boljem sagledavanju nivoa izloženosti riziku u slučaju katastrofalnih događaja.

U okviru predloženog modela za analizu poplava postavlja se i posebna hipoteza:

H_3. Trend poplava je statistički značajan, odnosno ispoljene varijacije vremenske serije nisu slučajne

1.4. Kratak pregled sadržaja disertacije

Pored dela sa ključnom dokumentacijskom informacijom, u uvodnom, prvom, delu disertacije date su napomene o metodološkom okviru naučno-istraživačkog rada za izradu disertacije, odnosno opis i predmet istraživanja, cilj istraživanja, istraživačka pitanja i hipoteze, metodološka ograničenja u istraživanju i naučni doprinos. Nadalje disertacija sadrži četiri glavne celine.

U drugom delu rada definisan je pojam rizika i hazarda i istražuju se katastrofalni rizici i njihova klasifikacija. Klasifikacija katastrofalnih rizika, posebno onih koji se odnose na prirodne katastrofe, od suštinskog je značaja za osiguravajuće kompanije. Razumevanje, kvantifikacija i klasifikacija takvih rizika omogućavaju osiguravačima da efikasnije upravljaju rizicima, formiraju uslove osiguranja i odgovarajuće premije, kao i da pravilno strukturiraju polise osiguranja. Poseban deo istraživanja posvećen je rizicima male verovatnoće, ali velikog uticaja, kao što su zemljotresi.

U trećem delu rada analizira se uloga i značaj osiguranja i reosiguranja u upravljanju rizicima prirodnih katastrofa, kao i vrste ugovora o reosiguranju rizika prirodnih katastrofa. Posebna pažnja posvećena je određivanju samopridržaja, maksimalnog samopridržaja i maksimalno

moguće štete i faktorima od uticaja. Osiguranje i reosiguranje su ključne komponente finansijskog sektora koje omogućavaju zaštitu pojedinaca, kompanija i institucija od različitih vrsta rizika. Reosiguranje omogućava osiguravaču da prihvati više rizika nego što bi mogao sa svojim kapitalom, dok ravnomernija raspodela potraživanja kroz vreme pomaže u održavanju finansijske stabilnosti osiguravača.

U četvrtom delu rada, opisan je razvoj Cat modela, kao i savremene metode procene rizika koje uključuju napredne tehnologije i analitiku. Opisan probabilistički pristup modeliranju, zatim stohastički modeli vremenskih serija, kao i savremeni modeli za procenu rizika prirodnih katastrofa. Poseban focus je usmeren na probleme i izazove u modeliranju rizika prirodnih katastrofa. Procena verovatnoće pojave veoma velikih šteta jedan je od glavnih praktičnih izazova u teoriji rizika, zbog toga što je osnova iskustava skoro uvek ograničena, a neočekivani događaji mogu dovesti do gubitaka nepredviđenih razmera. NatCat modeli često imaju problema sa preciznom kvantifikacijom rizika od veoma retkih, ali izuzetno destruktivnih događaja. Ovi modeli se oslanjaju na istorijske podatke, koji možda nisu dovoljni da precizno predvide rizike retkih događaja koji se javljaju jednom u nekoliko stotina godina. Modeliranje NatCat rizika suočava se s mnogim tehničkim i metodološkim izazovima zbog složenosti prirodnih katastrofa. Iako su novi tehnološki napreci i metodologije pomogli u poboljšanju tačnosti modela i dalje je potrebno unapređivati metode kako bi se prevazišli ovi izazovi.

Imajući u vidu prethodno navedeno, u petom delu rada predložen je konceptualni model za osiguranje rizika prirodnih katastrofa sa reosiguranjem kroz najznačajnije module i podmodule modela. Predloženi konceptualni model je podeljen u četiri glavna modula: Modul katastrofalnih rizika (Modul hazarda), Modul za procenu šteta (Modul Šteta), Finansijski modul i Rezultujući modul. Svaki modul se dalje razlaže na podmodule koji imaju specifične funkcije unutar modela i međusobno su povezani. Zatim su predloženi modeli koji se mogu koristiti za pojedine module i podmodule u konceptualnom modelu, a posebno je potrebno istaći NatCat model za zemljotres na bazi funkcije verovatnoće prekoračenja i očekivanog godišnjeg gubitka i model za analizu trenda poplava.

Zaključna razmatranja sumiraju rezultate istraživanja, naglašavajući doprinos i raspravljaju o ograničenjima i preporukama za buduća istraživanja.

1.5. Očekivani rezultati i naučni doprinos

Proučavanje koje je sprovedeno prilikom izrade doktorske disertacije bazira se na najnovijim saznanjima iz naučne i stručne literature, kao i korišćenju do sada objavljenih i verifikovanih naučnih i stručnih radova samog kandidata. Naučni doprinos ove doktorske disertacije je dvostruk, sa fokusom na teorijsko-metodološki i empirijski aspekt.

Empirijski doprinos ove disertacije ogleda se u detaljnoj analizi rizika prirodnih katastrofa u kontekstu osiguranja i reosiguranja. Disertacija može doprineti i teorijskom razumevanju veza između osiguranja i reosiguranja, ugovora, rizika, limita, troškova reosiguranja i dr. Kroz pregled i razumevanje relevantne literature identifikuju se ključni teorijski koncepti i modeli koji se koriste u proučavanju ovih veza. Teorijski doprinos uključuje i kritičko razmatranje dostupnih modela i pretpostavki koje se koriste u njima, te ističe važnost njihovog stalnog preispitivanja i poboljšanja.

Istraživanje se bazira na korišćenju savremenih naučnih metoda. Metodološki doprinos disertacije ogleda se u specifičnom prikupljanju podataka i informacija putem intervjua sa stručnjacima iz osiguranja i reosiguranja, prikupljena znanja samog autora kroz dugogodišnji rad u sektoru osiguranja, kao i kroz predlog konceptualnog modela za katastrofalne rizike.

Poseban akcenat dat je prikupljanju najnovih podataka, posebno putem intervjua s obzirom na prirodu problema, odnosno netransparentnost ugovora između osiguravača i reosiguravača. Informacije se koriste u rasvetljavanju nepoznanica u ugovorima o reosiguranju, određenih praksi i procedurama rada u osiguranju i reosiguranju rizika prirodnih katastrofa, postavljanju pretpostavki u predloženom modelu i drugo. Očekuje se da predloženi model može doprineti boljem sagledavanju NatCat rizika, kroz jasno postavljenu strukturu modela, istaknute veze među određenim faktorima i kroz simulaciju procena očekivanih gubitaka i merenja volatilnosti gubitaka. Ovim se može očekivati unapređenje u

smislu strukturne organizovanosti, bržeg i efikasnijeg načina procene NatCat rizika, što čini praktični doprinos disertacije.

Društveni doprinos se ogleda kroz rezultate disertacije koji posebno mogu biti od koristiti osiguravačima, reosiguravačima i regulatorima, kao i stručnjacima u ovim oblastima. Istraživanje aktuelnog stanja u oblasti osiguranja i reosiguranja u ovoj tezi, implicira i dopirnos široj akademskoj zajednici i društvu u celini.

2. KATASTROFALNI DOGAĐAJI I RIZICI

Katastrofalni događaji ili katastrofe su kompleksni fenomeni koji se proučavaju u različitim oblastima, društvenih, tehničkih i prirodnih nauka. Postoji više definicija katastrofalnih događaja, u različitim disciplinama, što ukazuje na multidimenzionalnu prirodu ovih događaja. U ovom poglavlju date su definicije ključnih pojmova vezanih za katastrofalne događaje i rizike i obrađeni su različiti pristupi definisanja katastrofa i njihovi osnovni elementi.

Klasifikacija katastrofa je složen proces koji zahteva uzimanje u obzir različitih faktora. Katastrofe se mogu klasifikovati prema njihovom poreklu (npr. geofizičke, meteorološke, hidrološke, klimatske i biološke katastrofe) ili prema njihovim efektima kao što su ekonomski gubici, ljudske žrtve, uticaji na životnu sredinu i dr.

2.1. Definicije i osnovni pojmovi

Rizik je neizbežan deo svakodnevnog života i poslovanja, a njegova adekvatna procena i upravljanje su ključni za postizanje uspeha i minimiziranje negativnih posledica. Razumevanje rizika kroz njegove osnovne karakteristike i metode upravljanja omogućava bolje donošenje odluka i povećava otpornost na neizvesne događaje.

Postoje brojne definicije rizika, a jedna od najčešće citiranih je dao (Knight, 1921), „Rizik se može definisati kao verovatnoća da će doći do odstupanja od očekivanog ishoda, pri čemu to odstupanje može biti negativno (gubitak) ili pozitivno (dobitak)“. Ključni aspekt rizika je neizvesnost - činjenica da se ishod nekog događaja ne može sa sigurnošću predvideti. Verovatnoća predstavlja meru mogućnosti da će se ishod desiti. U kontekstu rizika, verovatnoća se koristi za kvantitativnu procenu neizvesnosti, odnosno to je procena verovatnoće nastanka različitih ishoda (Aven, 2011).

Prema Kateru (Cutter, 1996), "Hazard, u najširem smislu, predstavlja pretnju ljudima i stvarima koje oni vrednuju. Hazardi imaju potencijal (mogu se dogoditi), ali uključuju i

stvarni uticaj događaja na ljude ili mesta. Nastaju iz interakcije između društvenih, tehnoloških i prirodnih sistema." Ova definicija naglašava ključni element interakcije između prirodnih i društvenih sistema koji transformiše prirodni proces u opasnost. S druge strane opasnost je potecijalni uzrok nastanka gubitka, štete, povrede ili drugih negativnih uticaja na ljude, imovinu, infrastrukturu ili životnu sredinu, dok je hazard okolnost koja dovodi do opasnosti ili je povećava. Termin prirodne opasnosti se često izjednačava sa terminom hazard, te će se u ovom smislu dalje i koristiti.

Jedna od često korišćenih definicija katastrofe, prema Ujedinjenim nacijama (UNDRR), je "ozbiljan poremećaj funkcionisanja zajednice ili društva koji uključuje rasprostranjene ljudske, materijalne, ekonomske ili ekološke gubitke i posledice, koje premašuju sposobnost pogođene zajednice ili društva da se sa njima nose koristeći sopstvene resurse". Definicija naglašava interakciju između opasnosti i ranjivosti zajednice, ali ne specificira tačan broj ili veličinu takvih gubitaka, bilo da su ljudski, materijalni, ekonomski ili drugi gubici.

Prema Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama Republike Srbije „katastrofa predstavlja elementarnu nepogodu ili tehničko-tehnološku nesreću čije posledice ugrožavaju bezbednost, život i zdravlje većeg broja ljudi, materijalna i kulturna dobra ili životnu sredinu u većem obimu, a čiji nastanak ili posledice nije moguće sprečiti ili otkloniti redovnim delovanjem nadležnih organa i službi.“

Postoje i druge definicije koje uključuju konkretne brojčane kriterijume za klasifikaciju događaja kao katastrofe. Na primer, prema jednom pristupu (Olawuni, Olowoporoku, & Daramola, 2020; Planić, J. & Cvetković, V., 2022), događaj se klasifikuje kao katastrofa ako: "10 ljudi pogine i/ili 100 ili više osoba bude pogođeno i/ili bude upućen apel za međunarodnu pomoć ili bude proglašeno vanredno stanje." Ova definicija je korisna, jer pruža konkretne pragove koji se mogu koristiti za brzo i jasno određivanje težine događaja.

Dakle, događaj se smatra katastrofom ako rezultira smrću 10 ili više osoba. Ovaj kriterijum pomaže u oceni direktnog uticaja katastrofe na ljudske živote i potrebu za hitnim odgovorom i resursima za oporavak zajednice. Ako katastrofa utiče na 100 ili više ljudi, bilo kroz povrede, evakuaciju, ili značajan gubitak imovine i resursa, događaj se takođe kvalifikuje

kao katastrofa. Pokazatelj odražava širinu uticaja katastrofe na populaciju i može obuhvatati sve od privremenog raseljavanja do dugoročnijih zdravstvenih i socioekonomskih posledica. Proglašenje vanrednog stanja od strane vlasti signalizira ozbiljnost situacije i potrebu za vanrednim merama i resursima. Ovo može uključivati zakonske i operativne promene koje omogućavaju brži i efikasniji odgovor na katastrofu, kao što su alokacija dodatnih finansijskih sredstava, mobilizacija vojske ili privremeno suspendovanje određenih zakona i regulativa. Upućivanje poziva za međunarodnu pomoć je jasan pokazatelj da lokalni kapaciteti nisu dovoljne za efikasan odgovor na katastrofu. Kriterijum ističe globalnu dimenziju katastrofalnih događaja i potrebu za međunarodnom solidarnošću i saradnjom u pružanju pomoći i resursa.

Još jedan primer kvantitativnog kriterijuma za katastrofu je kriterijum Fonda solidarnosti Evropske unije, osnovanog nakon katastrofalnih poplava u Evropi 2002. godine, uglavnom za pružanje pomoći u slučaju velikih prirodnih katastrofa sa ozbiljnim reperkusijama u jednom ili više regiona država članica ili zemljama kandidatima. Prirodna katastrofa se smatra „velikom“ ako je prouzrokovala štetu na teritoriji države koja se procenjuje na ili preko 3 milijarde evra (prema cenama iz 2011. godine) ili više od 0,6% njenog bruto nacionalnog dohotka, u zavisnosti od toga šta je niže. „Regionalna prirodna katastrofa“ je takođe definisana, odnosno svaka prirodna katastrofa koja rezultira direktnom štetom većom od 1,5% bruto domaćeg proizvoda (BDP) tog regiona. U slučaju najudaljenijih regiona, ovaj prag je postavljen na 1% regionalnog BDP-a.

Različite definicije katastrofe reflektuju različite potrebe i perspektive. Kako bi se razumeo fenomen ovih događajaa, potrebno je razmotriti još nekoliko ključnih aspekata.

Prema IPCC (2011) i UNDRR (2016), izloženost se odnosi na „prisustvo ljudi, infrastrukture, imovine, ekosistema ili drugih resursa na lokacijama koje mogu biti pogođene rizicima kao što su prirodne katastrofe, tehnološke nesreće ili socijalni rizici“. Merenje izloženosti rizicima je ključni korak u analizi rizika, jer omogućava procenu potencijalnog uticaja katastrofa ili nepovoljnih događaja na ljude, infrastrukturu, ekosisteme i ekonomiju. Ovaj proces kombinuje podatke iz različitih izvora kako bi se kvantifikovalo gde, kako i u kojoj meri su ljudi i resursi izloženi rizicima i podrazumeva analiziru količine, vrednosti i prostorni

raspored resursa u riziku. Važno je istaći dinamičku izloženost u ovom kontekstu. Dinamička izloženost opisuje kako se izloženost rizicima menja tokom vremena i prostora zbog kretanja ljudi, resursa ili sezonskih promena u aktivnostima. Za razliku od statične izloženosti, gde su ljudi, imovina ili infrastruktura stalno na istoj lokaciji i izloženi riziku, dinamička izloženost uzima u obzir da se stvari menjaju — ljudi putuju, resursi se premeštaju, a rizici se povećavaju ili smanjuju u različitim vremenskim i prostornim okvirima. Izloženost može rasti ili opadati tokom različitih sezona (npr. leto ili zima) zbog promena u ljudskim aktivnostima ili prirodnim uslovima. Dinamička izloženost često uključuje kombinaciju kratkoročnih (dnevnih) i dugoročnih (sezonskih) promena. Dinamička izloženost je jedan od ključnih koncepata u proceni rizika jer uzima u obzir kako kretanje ljudi i sezonske promene povećavaju ili smanjuju izloženost. Razumevanje ovih obrazaca omogućava donošenje efikasnijih odluka o prevenciji, zaštiti i upravljanju katastrofama.

„Ranjivost je sklonost ili predispozicija pojedinca, zajednice, infrastrukture, imovine ili sistema (uključujući ekosisteme) da budu pod negativnim posledicama“ (UNDRR, 2016). Ranjivost obuhvata različite pojmove i elemente, uključujući osetljivost ili podložnost šteti i nedostatak kapaciteta za suočavanje i prilagođavanje (Birkmann et al., 2013; IPCC, 2014). Identifikovanje ranjivosti ima važnu ulogu u oblikovanju sposobnosti pojedinca, zajednica, ili sistema da se prilagode nepovoljnim situacijama. Sa druge strane, adaptacija je sposobnost prilagođavanja novim uslovima, ali i sposobnost umanjenja negativnih posledica. „Adaptacija se definiše kao proces prilagođavanja stvarnim ili očekivanim promenama u okolini“ (IPCC, 2014). To podrazumeva preduzimanje mera za smanjenje štetnih posledica, iskorišćavanje mogućih koristi ili „povećanje otpornosti sistema, zajednica i pojedinaca“. Veza između ranjivosti i adaptacije je ciklična. Što je veći nivo ranjivosti, to je manja sposobnost adaptacije, jer ranjivost direktno utiče na resurse, kapacitete i strategije potrebne za prilagođavanje promenama ili krizama. Uspešna adaptacija može smanjiti ranjivost kroz povećanje otpornosti i smanjenje podložnosti štetama. Smanjenje ranjivosti kroz jačanje otpornosti, ulaganje u infrastrukturu, edukaciju i upravljanje rizicima imperativi su za stvaranje uslova za uspešnu adaptaciju i smanjenje posledica katastrofa.

Katastrofalni događaji karakterišu se niskom frekvencijom pojavljivanja, ali visokim intenzitetom šteta. To znači da se dešavaju retko, ali kada se dogode, izazivaju ogromne štete. Na primer, veliki zemljotresi i uragani su relativno retki, ali njihovi efekti mogu biti katastrofalni po infrastrukturu i ljudske živote. Katastrofa može nastati iznenada i trajati relativno kratko, poput eksplozije ili zemljotresa, ili se može odvijati tokom dužeg vremenskog intervala, kao što su suše ili klimatske promene. Kratkoročne katastrofe često imaju trenutne, ali intenzivne efekte, dok dugoročne katastrofe mogu imati kumulativne posledice koje se manifestuju tokom vremena.

Razumevanje uzroka katastrofe je ključno za razvoj strategija za prevenciju i ublažavanje posledica. Katastrofe mogu biti izazvane prirodnim fenomenima kao što su vulkani, cunamiji, poplave, ili ljudskim faktorom, kao što su industrijske nesreće, ratovi i teroristički napadi. Efekti katastrofe mogu se odraziti na finansijsku i realnu imovinu u gusto naseljenim područjima, kao i na pusta, nenaseljena mesta. Tako, poplave u urbanim sredinama mogu izazvati velike ekonomske gubitke zbog oštećenja infrastrukture i imovine, dok požari u ruralnim područjima mogu uništiti velike površine šuma bez značajnog ekonomskog uticaja. Prema Swees Re Institute (2024) nekoliko faktora ukazuje na to da će gubici zbog prirodnih katastrofa nastaviti da rastu: izloženost imovine nastavlja da se povećava, posebno u područjima sa već visokom koncentracijom imovinske vrednosti. Rast izloženosti se takođe obično fokusira na područja sa većim rizikom od katastrofa, poput poplavnih područja ili obala.

Katastrofalni događaji, odnosno štete od katastrofa, mogu biti merene prema proizvoljnim smernicama ili veoma preciznom metrikom. Ekonomski gubici mogu biti procenjeni korišćenjem standardizovanih metoda, dok se društveni i ekološki uticaji mogu meriti putem kvalitativnih analiza i studija slučaja (Broder&Tucker, 2012).

Razlika između štete i gubitka

Izveštaj „Nauka za upravljanje rizicima od katastrofa 2017: bolje znanje za manje gubitke“ Evropske komisije (European Commission: Joint Research Centre, 2017) sumira naučna

rešenja i njihovu praktičnu primenu u različitim oblastima upravljanja rizicima od katastrofa u Evropi. Pored toga, u izveštaju se predlažu načini za unapređenje komunikacije između naučnika i kreatora politika/praktičara kako bi se podržala integracija nauke u donošenje informisanih odluka. Ovaj izveštaj je rezultat multidisciplinarnog pristupa u čijoj izradi je učestvovalo 273 saradnika (autora, recenzenata i savetnika) i predstavljen je okvir zasnovan na decenijama prethodnih istraživanja. U izveštaju se definiše šteta i gubitak nastao usled katastrofa (Menoni et al., 2017) i pravi se razlika između ova dva pojma. Šteta se generalno smatra širim pojmom koji obuhvata sve vrste negativnih posledica, od fizičkog oštećenja do negativnih posledica po čitav niz društvenih sektora i segmenata, kao što su prekid poslovanja i usluga, ali i zdravstveni i psihološki efekti. Nasuprot tome, gubici češće ukazuju na negativne ekonomske uticaje, te su stoga obično merljivi u novcu. Iako ova razlika nije uvek dosledno primenjena u literaturi, može se prepoznati tendencija ka takvom razumevanju.

Ključna razlika u merenju štete i gubitaka leži u materijalnim i nematerijalnim štetama. Materijalna šteta se lako izražava u monetarnim jedinicama, kao što su troškovi popravke zgrada ili opreme. Međutim, nematerijalnoj šteti je teško ili kontroverzno dodeliti monetarnu vrednost. Gubitak života ili trajne povrede izazivaju debatu o tome da li bi im trebalo dodeliti novčanu vrednost. U principu, to je moguće, na primer, korišćenjem premija osiguranja kao referentne vrednosti. Prirodni kapital, kao što su vazduh, voda i njihov kvalitet, teško je proceniti u novcu zbog "nepostojanja" tržišta za njih. Takođe, kulturna baština je problematična za procenu, jer sadrži elemente koji definišu identitet zajednica i svedoče o njihovoj prošlosti. Njeno uništenje ne može se zameniti novim ili rekonstruisanim artefaktima. Takođe, nematerijalna šteta može dovesti do materijalne štete, kao što je gubitak zarade usled povrede.

Sledeća razlika koja se pravi u literaturi odnosi se na direktne i druge vrste štete. Direktna šteta odnosi se na fizičku štetu i destrukciju izazvanu opasnim događajem. Takva šteta se obično lako povezuje sa karakteristikama samog događaja, jer je vremenski okvir jasan (zemljotres izaziva urušavanje objekata ili uništava infrastrukturu). Ipak, fizička šteta može biti sa odloženim dejstvom, na primer kod poplava, gde vlaga izaziva pojavu buđi, što može

štetiti zdravlju ljudi ili uništiti električne komponente mašina i opreme (Walia et al., 2020). Kod zemljotresa, fizička šteta takođe može biti sa odloženim dejstvom. Tako, zbog pomeranja tla može doći do oštećenja podzemnih cevi za gas ili vodu, što možda neće odmah biti očigledno. Oštećenje može kasnije izazvati curenje gasa, što povećava rizik od požara ili eksplozija, ili curenje vode, što može dovesti do dodatne erozije, urušavanja zgrada ili kontaminacije izvora vode. Takva šteta može uticati na infrastrukturu i zdravlje ljudi nedeljama ili čak mesecima nakon same katastrofe.

Indirektna šteta je šira kategorija koja obuhvata poremećaje u normalnom funkcionisanju društva i ekonomije, kao što su društveni i psihološki stres, prekid poslovanja i usluga, a može uključivati i kratkoročne i dugoročne negativne efekte. Rose (2004) predlaže termin "sekundarne i posledice višeg reda", kako bi se preciznije opisali kratkoročni i dugoročni efekti.

Posledica višeg reda se odnosi na gubitak funkcije čitavih sistema i usluga usled fizičkog oštećenja jednog ili više kritičnih komponenti unutar tog sistema ili u povezanim sistemima od kojih zavise. Kaskadni efekti predstavljaju posledice koje se javljaju vremenski ili funkcionalno, ne nužno direktno od početnog događaja, već uglavnom od fizičke štete koju je događaj izazvao. Tako, poplava može izazvati kvar elektroenergetske mreže, što zatim remeti rad bolnica i industrije ili prevoz i transport.

Van der Veen i Logtmeijer (2005) definišu sistemsku ranjivost ne kao predispoziciju za fizičku štetu, već kao nesposobnost da se sistem nosi sa poremećajem koji fizička šteta izaziva u visoko međuzavisnim sistemima. Ključni element je međuzavisnost sistema, što znači da su različiti delovi sistema povezani kao delovi jedne velike mašine – ako jedan deo prestane da radi, cela mašina može prestati da funkcioniše. U visoko međuzavisnim sistemima (kao što su ekonomija, zdravstvo, energetika ili transport), problem u jednom delu može izazvati probleme u celom sistemu – što se naziva sistemskom ranjivošću.

Recimo da neka prirodna katastrofa, poput zemljotresa, uništi fabriku koja proizvodi ključnu komponentu za automobile. Automobilska industrija mora da zaustavi proizvodnju, jer nema potrebnih delova, dok radnici u fabrici automobila ostaju bez posla, što utiče na njihovu

sposobnost da troše novac u lokalnoj ekonomiji. Lokalni prodavci i uslužne delatnosti gube prihod, jer ljudi imaju manje novca za trošenje. Posledično, cela ekonomija regiona pati, iako je fizička šteta ograničena samo na jednu fabriku. Sistemska ranjivost i kaskadni efekti naglašavaju potrebu za međusobno povezanim planovima upravljanja rizicima koji uzimaju u obzir složene međuodnose između različitih sektora i sistema.

Posledice višeg reda mogu biti sa uzlaznim i silaznim širenjem uticaja i teško ih je empirijski meriti korišćenjem uobičajenih makroekonomskih pokazatelja, poput promena u bruto domaćem proizvodu (BDP), zbog drugih makroekonomskih poremećaja. Stoga, kvantifikacija ovih efekata zahteva matematičke, ekonometrijske ili ekonomske modele ili njihovu kombinaciju. Jedan od alata može biti model CGE (eng. Computable General Equilibrium) model za simulaciju ekonomije kao mreže međuzavisnih tržišta i sektora. Međutim ovaj model zahteva veliku količinu podataka, koji nisu uvek dostupni, a rezultati zavise od pretpostavki (npr. o ponašanju potrošača i preduzeća). Takođe, model je pogodniji za opis dugoročnih efekata.

Rizici male verovatnoće sa velikim uticajem

Ne postoji univerzalno prihvaćena definicija o tome šta je rizik male verovatnoće i velikog uticaja. Ovi rizici su retki, što znači da su šanse da se dogode male. Međutim, niska učestalost ne znači da su zanemarljivi, jer njihov potencijalni uticaj može biti ogroman. Kada se dogode, rizici male verovatnoće imaju značajan i često razoran uticaj na društvo, ekonomiju, ili infrastrukturu. Ove posledice mogu uključivati:

- Gubitke života ili ozbiljne povrede.
- Materijalnu štetu koja može da rezultira dugotrajnim ekonomskim posledicama.
- Prekid usluga ili funkcija koje su ključne za društvo, kao što su snabdevanje električnom energijom, transport, i zdravstvene usluge.

“Direktiva Saveta 2008/114/EC” je evropska regulativa koja se odnosi na identifikaciju i zaštitu kritične infrastrukture (eng. Critical Infrastructure) unutar Evropske Unije. “Kritična infrastruktura uključuje fizičke ili virtuelne sisteme i resurse koji su od suštinskog značaja za funkcionisanje društva i ekonomije (kao što su energetski sistemi, transport, komunikacije)”.

Prema ovoj direktivi, rizici male verovatnoće i velikog uticaja se često posmatraju kroz „operativnu“ definiciju, koja uzima u obzir njihov “potencijal da ugroze sigurnost i funkcionisanje kritične infrastrukture”, te ekstremne situacije karakteriše:

(a) nepredvidivost ili vanredna priroda katastrofe;

(b) razmere katastrofe, uključujući masovne žrtve i masovno raseljavanje;

(c) produženo trajanje katastrofe;

(d) stepen složenosti katastrofe;

(e) potencijalni rizik od ozbiljnog narušavanja funkcionisanja zemlje, uključujući obezbeđivanje socijalne, ekološke, ekonomske i javnozdravstvene usluge ili narušavanje kritične infrastrukture. Poseban fokus se stavlja na identifikaciju ranjivosti i pretnji kritičnoj infrastrukturi koja može biti pogođena ovim rizicima.

(f) geografsko područje, uključujući mogućnost širenja uticaja van granica;

Različiti sektori i industrije mogu imati različite pristupe definisanju i proceni rizika male verovatnoće i velikog uticaja:

- Finansijski sektor može ove rizike posmatrati kroz prizmu ekonomskih kriza, volatilnosti tržišta, ili velikih šokova koji mogu destabilizovati globalnu ekonomiju.
- Energetski sektor može fokusirati definiciju ovih rizika na velike poremećaje u snabdevanju energijom, havarije u elektroenergetskim mrežama, ili naftne katastrofe.
- Zdravstveni sektor može razmatrati pandemije ili izbijanje zaraznih bolesti kao primere ovih rizika.

Jedan od najvećih izazova upravljanja rizicima male verovatnoće i velikog uticaja jeste njihova nepredvidivost i kompleksnost. Upravo zbog niske verovatnoće, teško je predvideti kada će se dogoditi i kakve će posledice imati. Osim toga, njihov veliki uticaj može obuhvatiti širok spektar posledica koje su međusobno povezane i koje mogu dovesti do „domino efekta“, gde jedan događaj uzrokuje niz drugih. Regulatorni okvir, poput “Direktive Saveta 2008/114/EC”, naglašava potrebu za proaktivnim planiranjem i sprečavanjem ovih rizika, razvijanjem procedura odgovora i brzim oporavkom od takvih incidenata kako bi se minimizovale potencijalne štete.

2.2. Klasifikacija katastrofalnih rizika

Razumevanje i klasifikacija katastrofalnih rizika pružaju osnovu za upravljanje ovim rizicima i ublažavanje nastalih posledica usled njihovog uticaja. Razvrstavanje događaja u kategoriju katastrofe oslanja se na definisanim kriterijumima koji odražavaju ozbiljnost incidenta i njegov uticaj na društvo i okolinu.

Katastrofe mogu biti klasifikovane prema rizicima i gubicima koje izazivaju, a ti rizici i gubici mogu se dalje podeliti na rizike sa kratkoročnim posledicama i dugoročnim posledicama. Na Slici 2.2.1. je prikazan struktuiran pregled, u tri osnovne dimenzije, različitih tipova rizika i njihovih mogućih gubitaka, s fokusom na razliku između kratkoročnih i dugoročnih efekata. Prikazana kubna struktura diferencira vrste rizika, tipove gubitaka i vremenski horizont tih gubitaka.

Podela rizika je data u četiri glavne kategorije: prirodne nepogode, tehnološki rizici (uključujući infrastrukturne rizike), socijalni i politički rizici i čisti finansijski rizici.

- Prirodni rizici (NatCat rizici) su rizici povezani sa prirodnim katastrofama, a posledice ovih rizika mogu biti: materijalna šteta, povrede, gubitak života, ekološke i finansijske posledice.
- Tehnološki rizici su rizici koji se javljaju zbog tehnoloških ili ljudskih grešaka, kao što su industrijske nesreće, nuklearne katastrofe, curenje opasnih materija.
- Socijalni/politički rizici proizilaze iz društvenih i političkih problema, kao što su terorizam, ratni sukobi, politička nestabilnost, izbegličke krize ili protesti koji prerastaju u nemire. Posledice ovih rizika mogu biti gubitak života, kao i dugotrajni finansijski i društveni problemi.
- Finansijski rizici su povezani sa tržišnim fluktuacijama, bankarskim krizama, ekonomskim kolapsom i sl. Ovi rizici pogađaju ekonomiju i izazivaju dugotrajne ekonomske gubitke, nezaposlenost, recesiju.

Slika 2.2.1. Strukturirani pregled katastrofalnih događaja
Izvor: prilagađeno iz OECD (2021)

Horizontalne sekcije na vrhu kocke predstavljaju različite vrste gubitaka koji mogu proizaći iz bilo kojeg rizika. Tipovi gubitaka su:

- Gubici povezani sa životnom sredinom, ekosistemom, prirodnim resursima.
- Gubitak zbog telesnih povreda, odnosno povrede ili smrt ljudi, kao direktna posledica nekog rizika.
- Gubitak imovine se odnosi na fizičke štete na infrastrukturi, zgradama, materijalnoj imovini.
- Finansijski gubitak implicira na monetarne posledice rizika, uključujući direktne troškove, gubitke prihoda, troškove obnavljanja i kompenzacija.

Vremenska dimenzija ukazuju na vremenski horizont gubitaka:

- Kratkoročni gubici ili posledice koje se manifestuju brzo nakon događaja (npr. u roku od nekoliko dana do nekoliko meseci).
- Dugoročni gubici ili posledice koje traju duže ili se razvijaju tokom vremena (npr. godine ili decenije), kao što su dugotrajna ekonomska kriza, ekološki oporavak, dugotrajne zdravstvene posledice.

Slika omogućava holistički pregled rizika i njihovih posledica kroz tri dimenzije. U praksi, ova struktura pomaže u identifikaciji i analizi različitih vrsta katastrofa i njihovih uticaja, što pomaže donosiocima odluka u planovima za smanjenje rizika i odgovor na katastrofe. Tako, NatCat rizik kao što je zemljotres može dovesti do kratkoročnih gubitaka imovine (srušene zgrade) i povreda, ali može imati i dugoročne finansijske posledice (troškovi rekonstrukcije). Tehnološki rizik kao što je curenje opasnih materija može izazvati trenutni gubitak imovine i povrede, ali takođe može dovesti do dugoročnih ekoloških gubitaka (kontaminacija tla ili vode). Socijalni/politički rizik kao što je rat može dovesti do velikih kratkoročnih ljudskih i finansijskih gubitaka, ali i dugoročnih posledica na društvo i ekonomiju. Finansijski rizik poput bankarske krize može u početku dovesti do kratkoročnih finansijskih gubitaka, ali posledice kao što su recesija ili dugotrajna ekonomska kriza mogu trajati godinama.

Kubna struktura omogućava razumevanje kako se rizici mogu manifestovati na više različitih načina i kako mogu uticati na različite aspekte društva i ekonomije. Svaki rizik može imati kombinovani efekat kroz više vrsta gubitaka (npr. telesne povrede, gubitak imovine, finansijski troškovi), i može imati efekat u kratkom ili dugom vremenskom periodu. Dakle, cilj ove strukture je da pomogne u sveobuhvatnom razumevanju i kategorizaciji rizika i njihovih posledica, pružajući tako osnovu za bolje planiranje upravljanja rizicima i odgovora na katastrofe.

Šteta od katastrofa dešava se tokom i odmah posle date katastrofe. Ona se obično meri fizičkim jedinicama (npr. u kvadratnim metrima smeštaja, kilometrima puteva itd.) i opisuje totalno ili delimično uništenje fizičkih sredstava, prekid osnovnih usluga i štete nanete izvorima prihoda/sredstava za život u pogođenom području. Uticaj katastrofa je ukupni

efekat, uključujući negativne (npr. ekonomske gubitke) i pozitivne efekte (npr. ekonomske dobitke), opasnog događaja ili katastrofe. Taj termin uključuje privredne, ljudske i uticaje na životnu sredinu, a može uključivati i smrt, povrede, bolesti i druge negativne efekte na fizičku, mentalnu i društvenu dobrobit ljudi.

„Okvir iz Sendaija“ (paragraf 15) razmatra i termine katastrofa malih razmera, katastrofa velikih razmera i česte i retke katastrofe. „Katastrofa malih razmera je vrsta katastrofe koja utiče samo na lokalne zajednice kojima je potrebna pomoć van pogođene zajednice, dok katastrofa velikih razmera utiče na društvo, za šta je potrebna nacionalna i međunarodna pomoć“.

Česte i retke katastrofe zavise od verovatnoće i povratnog perioda date opasnosti i njenih uticaja. Uticaj čestih katastrofa može biti kumulativan ili postati hroničan za zajednicu ili društvo. Katastrofa koja sporo započinje pojavljuje se postepeno tokom vremena. Ove katastrofe mogu biti povezane npr. sa sušom, dezertifikacijom, podizanjem nivoa mora, epidemijama bolesti. Katastrofu koja iznenadno započinje pokreće opasan događaj koji se pojavljuje brzo ili neočekivano. Ove katastrofe mogu biti povezane npr. sa zemljotresom, vulkanskom erupcijom, bujicom, hemijskom eksplozijom, kvarom ključne infrastrukture ili saobraćajnom nesrećom.

Postoji jasna razlika između kratkoročnih i dugoročnih scenarija rizika i gubitaka. Tako, kratkoročno zagađenje, kao što je slučajno zagađenje vode ili vazduha, može imati trenutne efekte, dok dugoročno zagađenje tla i vode ili klimatske promene, imaju trajne posledice. Takođe, kratkoročne tehnološke rizike možemo videti u industrijskim nesrećama poput katastrofe u Bhopalu pre 20 godina, dok dugoročni rizici obuhvataju toksične sporove kao što su različite bolesti što je vezano za ovu katastrofu. Kombinacije i prelazi između ovih kategorija su često fluidni. Nesreće koje se događaju kratkoročno mogu izazvati dugoročne štete. Nuklearne nesreće, na primer, mogu rezultirati štetama koje su gotovo neograničene u vremenskom smislu. Veliki broj pojedinačnih nesreća, kao što su curenja u industrijskim postrojenjima, mogu se posmatrati kao rezultat jednog kontinuiranog rizičnog rada. Uzroci vatre u nekoj industrijskom objektu mogu biti specifični za tu industriju, ali mogu uključivati

i sabotažu ili terorizam. Uprkos ovoj kompleksnosti, diferencijacija između kratkoročnih i dugoročnih rizika ima smisla.

Evropska komisija je razvila sveobuhvatnu klasifikaciju katastrofalnih rizika i deli ih u dve osnovne kategorije, a slična podela je izvršena i u domaćoj regulativi (videti Tabelu 2.2.1). Prvu kategoriju čine rizici prirodnih katastrofa (NatCat rizici), dok drugu grupu čine tehnološki rizici. NatCat rizici su dalje klasifikovani u podgrupe na osnovu najveće učestalosti pojavljivanja na teritoriji EU. Drugu grupu čine rizici izazvani ljudskom nepažnjom ili nemarom, koji rezultiraju kvarovima i nezgodama u blizini industrijskih sistema i naselja.

Tabela 2.2.1. Podela rizika

NatCat rizici	Tehnološki rizici
Poplave	Industrijske nezgode
Teške vremenske prilike	Nuklearne/radiološke nesreće
Pandemije/epidemije	Saobraćajne nezgode
Epidemije stoke	Sajber napadi
Divlji/šumski požari	Teroristički napadi
Zemljotresi	Gubitak kritične infrastrukture
Klizišta	Javni nered
Suše	Zagađenje mora/obala
Svemirsko vreme	Kontaminacija vode/hrane
Vulkanske erupcije	CBRN napadi*
Štetni organizmi	Izbeglice/nekontrolisana migracija
Cunami	Zagađenje životne sredine

*Skraćenica za zlonamernu upotrebu hemijskih, bioloških, radioloških i nuklearnih materijala ili oružja sa namerom da izazove značajnu štetu ili poremećaj.

Izvor: Autor na osnovu Pavlović & Kerkez (2015).

U poslednjih dvadeset godina su se desile neke od najrazornijih katastrofa, kako prirodnih, tako i onih izazvanih ljudskim faktorom:

- Cunami u Indijskom okeanu (2004)**.** Veliki zemljotres magnitude 9,1-9,3 ispod Indijskog okeana izazvao je razornu seriju cunamija koji su pogodili obale Indijskog okeana, devastirajući 14 zemalja u Aziji i Africi, usmrtivši preko 230,000 ljudi, što

ga čini jednim od najsmrtonosnijih prirodnih katastrofa u modernoj istoriji. Zemljotres se dogodio duž granice gde se sudaraju Indijska i Burmanska tektonska ploča. Sudar ovih ploča uzrokovao je naglo pomeranje morskog dna za oko 10-15 metara, oslobađajući ogromnu količinu energije, a sam zemljotres je trajao neuobičajeno dugo, između 8 i 10 minuta. Cunami talasi koji su nastali nakon zemljotresa putovali su brzinom većom od 800 km/h kroz Indijski okean. Visina talasa na obalama pogođenih područja dostizala je od 15 do 30 metara.

Zahvaćeni delovi, odnosno Indijski okean nije imao efikasan sistem za rano upozoravanje na cunamije. Nakon katastrofe, postavljen je sveobuhvatan sistem za detekciju zemljotresa i cunamija, koji uključuje seizmičke senzore, plutače za pritisak okeana i komunikacione alate za brzo upozoravanje. Mnoga pogođena područja uvela su programe za obuku lokalnih zajednica o prepoznavanju znakova cunamija (npr. naglo povlačenje mora) i hitnu evakuaciju, dok se težilo da obnovljena infrastruktura i zgrade dizajnirani da izdrže buduće katastrofe. Pored toga, podignute su prirodne barijere radi ublažavanja budućih šteta.

- Zemljotres u Haitiju (2010)**.** Zemljotres magnitude 7,0 dogodio se blizu Port-au-Princea, glavnog grada Haitija. Pocene broja poginulih variraju, ali se smatra da je između 220.000 i 316.000 ljudi izgubilo život, a više od 300.000 ljudi je povređeno, dok su mnogi ostali zarobljeni ispod ruševina. Više od 1,5 miliona ljudi ostalo je bez domova, više od 250.000 kuća i 30.000 komercijalnih zgrada bilo je potpuno uništeno. Procene ukupnih ekonomskih gubitaka iznose više od 8 milijardi dolara, što je činilo više od 120% BDP-a Haitija. Uništenje poljoprivrede i trgovine dodatno je pogoršalo ekonomski oporavak.
- Zemljotres i cunami u Japanu (2011)**.** Snažan zemljotres magnitude 9,1 izazvao je cunami koji je pogodio japansku obalu, dovodeći do katastrofalne nuklearne nesreće u Fukušimi. Epicentar je bio u Tihom okeanu na dubini od 32 kilometra. Zemljotres se dogodio duž granice između Tihookeanske i Severnoameričke ploče. Tihookeanska ploča se pomerila za oko 50 metara ispod Severnoameričke ploče, oslobađajući ogromnu količinu energije. Zemljotres je izazvao razorni cunami, sa

talasima visokim i do 40 metara, Talasi su putovali brzinom od preko 700 km/h, udarivši obalu Japana u roku od nekoliko minuta.

Više od 18.500 ljudi izgubilo je živote, uključujući one koji su nestali. Procene ekonomskih gubitaka kreću se između 235 i 360 milijardi dolara. Japanska ekonomija pretrpela je značajan pad zbog prekida u proizvodnji i trgovini. Nuklearna elektrana Fukušima Daiiči ozbiljno je oštećena kada je cunami preplavio njene zaštitne zidove. Došlo je do topljenja jezgra u tri reaktora, što je izazvalo oslobađanje radioaktivnog materijala u okolinu. Više od 150.000 ljudi evakuisano je iz oblasti oko elektrane zbog kontaminacije.

- Tajfun Haiyan (2013)**.** Jedan od najjačih tropskih ciklona ikada zabeleženih je Haiyan, koji je devastirao delove jugoistočne Azije, posebno Filipine, a život je izgubilo više od 6.000 ljudi.
- Zemljotresi u Nepalu (2015)**.** Snažni zemljotresi magnitude 7,8 u aprilu i 7,3 u maju su se dogodili u Nepalu, koji se nalazi na granici Indijske i Evroazijske ploče, gde se Indijska ploča sudara sa Evroazijskom, podvlačeći se ispod nje. Ovaj sudar generiše ogromnu količinu energije, što je uzrokovalo ove snažne zemljotrese. Plitka dubina žarišta od oko 15 kilometara pojačala je razorni efekat zemljotresa uzrokujući smrt preko 9,000 ljudi i razaranje kulturnih znamenitosti, uključujući i nekoliko UNESCO-ovih svetskih baština.
- Pandemija COVID-19 (2020-2022)**.** Globalna zdravstvena kriza izazvana koronavirusom rezultirala je milionima smrtnih slučajeva širom sveta i uticajem bez presedana na globalnu ekonomiju i svakodnevni život. Do kraja 2022. godine, prema Svetskoj zdravstvenoj organizaciji, registrovano je preko 660 miliona potvrđenih slučajeva i više od 6,7 miliona smrtnih slučajeva širom sveta. Stvarni broj smrtnih slučajeva verovatno je mnogo veći zbog nedovoljnog testiranja i problema sa prijavljivanjem u nekim regionima. Prema OECD-ovom ekonomskom pregledu (OECD, 2021), globalni BDP u zemljama OECD-a je pao za 3,5% u 2020. godini, u poređenju sa predviđenim rastom od 3,0% pre COVID-a. Stopa nezaposlenosti u zemljama OECD-a više nego udvostručila se između prvog i drugog kvartala 2020.

godine (sa 5,3% na 11,4% radne snage). U mnogim ekonomijama, državni dug kao udeo u BDP-u dostignuo je najviši nivo u poslednjih nekoliko decenija (OECD, 2020).

- Požari u Australiji (2019-2020)**.** Požari, poznati kao Crno leto, su počeli u junu 2019. i trajali do maja 2020. godine. U decembru 2019. godine Australija je zabeležila najtopliji mesec ikada, sa prosečnim temperaturama preko 41°C. Požari su podstaknuti dugotrajnim sušama, a jaki vetrovi su pogoršali širenje požara, dok su gromovi izazivali nove požare. Pored toga, neki požari su izazvani ljudskom nepažnjom ili namernim podmetanjem, dok su drugi nastali zbog neadekvatnog upravljanja zemljištem. Požari su zahvatili preko 18,6 miliona hektara, a više od 3 milijarde životinja je poginulo ili ostalo bez staništa. Neke procene ukazuju na smanjenje broja koala za čak 30% u nekim područjima. U požarima je 33 ljudi je izgubilo život, uključujući vatrogasce i volontere, a više od 3,000 domova je uništeno, a hiljade ljudi evakuisano. Ukupni ekonomski troškovi procenjeni su na više od 100 milijardi australijskih dolara, uključujući troškove gašenja požara, obnavljanja infrastrukture i ekonomskih gubitaka u turizmu i poljoprivredi (Ward et al., 2020).

  Požari su oslobodili oko 400 miliona tona ugljen-dioksida u atmosferu, a dimni oblaci su dospeli čak do Južne Amerike i Antarktika. Kvalitet vazduha se značajno pogoršao. Tako su Sidnej i Melburn beležili nivoe zagađenja vazduha desetine puta veće od bezbednih granica i povećan je broj respiratornih bolesti, uključujući astmu i bronhitis, kod stanovnika pogođenih područja.

- Poplave u Nemačkoj i Belgiji (2021)**.** U julu 2021. godine, zapadnu Evropu pogodile su razorne poplave izazvane kišom od 150 mm u samo 48 sati, što je višemesečna količina padavina u tom regionu. Nemačka i Belgija su bile najteže pogođene, dok su Holandija, Luksemburg i Švajcarska takođe pretrpele značajne posledice. U Nemačkoj je poginulo više od 196 ljudi, većinom u saveznoj pokrajini Rajna-Palatinat i Severna Rajna-Vestfalija. U Belgiji je stradalo najmanje 42 osobe, dok su desetine ljudi bile prijavljene kao nestale. Desetine hiljada ljudi bilo je primorano da napusti svoje domove, jer su cela sela ostala pod vodom.

Procene ukupnih ekonomskih gubitaka iznosile su preko 40 milijardi evra, uključujući uništene domove, puteve, mostove i infrastrukturu. Veliki broj industrijskih postrojenja i preduzeća prestao je sa radom, dodatno pogoršavajući ekonomske posledice. Osiguranje imovine od poplava postalo je ključna tema, zbog malog broja osiguranih objekata u pogođenim oblastima. Nakon ovih poplava u Nemačkoj su pokrenute diskusije o uvođenju obaveznog osiguranja imovine od prirodnih nepogoda. Međutim, do danas, takvo osiguranje nije postalo obavezno na nacionalnom nivou.

- Zemljotres u Turskoj i Siriji (2023)**.** Dana 6. februara 2023. godine, dva razorna zemljotresa pogodila su jugoistočnu Tursku i severozapadnu Siriju. Prvi zemljotres, magnitude 7,8 po Rihterovoj skali, dogodio se rano ujutro, dok je drugi, magnitude 7,5, usledio nekoliko sati kasnije. Zemljotresi su bili plitki, sa dubinom od oko 17–20 kilometara, što je pojačalo razornu silu talasa na površini. Zemljotresi su se dogodili duž Istočno-anadolijskog raseda, gde se Anatolska ploča sudara sa Arabijskom pločom. Prema dostupnim podacima, broj žrtava je bio više od 50.000. U Turskoj je potvrđeno 53.537 smrtnih slučajeva, dok se procene za Siriju kreću između 5.951 i 8.476 žrtava. Procene ukazuju na direktne gubitke od preko 85 milijardi dolara, što je činilo oko 10% bruto domaćeg proizvoda (BDP) Turske (Mai et al., 2023).

Klasifikacija katastrofalnih rizika, posebno onih koji se odnose na prirodne katastrofe, od suštinskog je značaja za osiguravajuće kompanije. Razumevanje, kvantifikacija i klasifikacija takvih rizika omogućavaju osiguravačima da efikasnije upravljaju rizicima, formiraju uslove osiguranja i odgovarajuće premije, kao i da pravilno strukturiraju polise osiguranja. Definicije ovih rizika pružaju jasan okvir za analizu i kvantifikaciju mogućih gubitaka, kao i za kreiranje strategija za njihov transfer i upravljanje.

Definisanje specifičnih rizika je od ključnog značaja u određivanju osiguravajućeg pokrića, jer svaka vrsta rizika može zahtevati posebnu procenu i uslove osiguranja. Procena i jasne definicije katastrofalnih rizika pomažu osiguravačima da ograniče svoju izloženost

određenim vrstama događaja i uvrste određena isključenja u uslove osiguranja. Tako, osiguranje imovine u oblastima sa visokim rizikom od poplava može imati specifične uslove za štete izazvane poplavama ili ih može u potpunosti isključiti. Definisanje rizika omogućava precizno strukturiranje polise, čime se izbegava prekomerna izloženost visokim rizicima i smanjuje mogućnost neočekivanih gubitaka.

Osiguravajuće kompanije koriste klasifikaciju i definicije katastrofalnih rizika da precizno definišu isključenja iz pokrića i franšize (iznos koji osiguranik mora platiti pre nego što osiguranje pokrije preostali iznos štete). U slučajevima NatCat rizika osiguravači mogu postaviti veće franšize kako bi smanjili svoju izloženost velikim isplatama/štetama i podstakli osiguranike da preduzmu mere za smanjenje rizika. Diversifikacija portfelja osiguranja u kontekstu katastrofalnih događaja odnosi se na strategiju osiguravajućih kompanija da optimalno rasporede rizike kako bi smanjile ukupnu izloženost pojedinačnim katastrofalnim događajima. Zbog toga je ključno da osiguravajuće kompanije primenjuju principe diversifikacije kako bi smanjile koncentraciju rizika i stabilizovale svoje poslovanje. Jedna od najvažnijih strategija diversifikacije portfelja osiguranja je geografska diversifikacija. Katastrofalni događaji su često povezani sa specifičnim geografskim regionima. Poplave mogu biti lokalizovane i zavise od geografskih faktora kao što su reljef, nadmorska visina i blizina reka i mora. Kako bi se smanjila koncentracija rizika, osiguravač nastoji da distribuira polise osiguranja širom različitih geografskih lokacija. Na taj način, rizik od velikih finansijskih gubitaka zbog katastrofalnog događaja u jednom regionu je smanjen, jer su rizici raspoređeni na više područja sa različitim karakteristikama rizika.

Osim geografske diversifikacije, osiguravajuće kompanije diversifikuju portfelj prema vrstama osiguranja. Osiguravači mogu diversifikovati vrste imovinskog osiguranja (stambeni, komercijalni, industrijski) kako bi smanjili rizik od gubitaka u jednom sektoru. Diverzifikacija rizika uključuje i pokrivanje odgovornosti trećih strana za štete koje su nastale usled katastrofalnih događaja (npr. odgovornost preduzeća za štetu izazvanu propustima u bezbednosnim merama). Ovakav pristup smanjuje zavisnost portfelja od jednog tipa rizika i doprinosi stabilnosti osiguravajuće kompanije. Osiguravači takođe diversifikuju portfelj prema vrstama prirodnih katastrofa i njihovim specifičnostima. Polise koje pokrivaju

zemljotrese mogu se razlikovati od onih koje pokrivaju poplave, jer su ovi događaji različiti u učestalosti i veličini potencijalnih šteta. Slično, polise za vulkanske erupcije ili šumske požare mogu imati specifične uslove i ograničenja, jer se takvi događaji razlikuju po dinamici i efektima koje izazivaju. Ovakva diversifikacija proizvoda pomaže osiguravačima da izbegnu koncentraciju rizika u jednoj vrsti katastrofe, što smanjuje njihov ukupni rizik i doprinosi efikasnijem upravljanju rezervama.

Reosiguranje je još jedan ključni alat za diversifikaciju portfelja. NatCat rizici često premašuju kapacitete pojedinačnih osiguravajućih kompanija, zbog čega se koristi reosiguranje. Klasifikacija i definicija katastrofalnih rizika omogućava osiguravačima da efikasno procene premije koje će platiti reosiguravaču, kao i uslove pod kojima će se ti rizici preneti, te uskladiti međusobne definicije rizika. Osiguravači prenose deo svojih rizika na reosiguravače kako bi se zaštitili od velikih gubitaka usled katastrofalnih događaja. Rizici se prenose na reosiguravače koji imaju globalni portfelj, čime se smanjuje koncentracija rizika u jednoj kompaniji. Osiguravači mogu zadržati stabilnost i solventnost čak i u slučaju velikih potraživanja, jer reosiguranje pruža dodatni sloj finansijske zaštite.

Jedan od osnovnih ciljeva klasifikacije i definisanja NatCat rizika je pravilno određivanje premija. Precizna procena i definicija rizika omogućavaju osiguravačima da odrede odgovarajuće cene za osiguranje, koje odražavaju potencijalne troškove budućih šteta. Premije za osiguranje imovine u područjima podložnim NatCat rizicima zavise od kvantifikacije verovatnoće i potencijalnog iznosa gubitaka. Jasne definicije i razumevanje rizika su ključni za izradu takvih kalkulacija. Klasifikacija omogućava i korišćenje naprednih modela rizika koji simuliraju različite scenarije i procenjuju verovatnoću i ozbiljnost gubitaka u slučaju katastrofalnih događaja. Modeli katastrofa koriste podatke o istorijskim događajima, geografskim karakteristikama i klimatskim promenama kako bi pomogli osiguravačima da bolje razumeju rizik i pripreme odgovarajuće rezerve. Osiguravači koriste modele katastrofa koji simuliraju potencijalne gubitke u različitim scenarijima i pomažu u proceni kumulativnog rizika portfelja. Korišćenjem tih modela, osiguravači mogu preciznije da procene učestalost i ozbiljnost potencijalnih događaja.

Osiguravači sve više koriste „parametarske“ polise gde se isplaćuju unapred određene sume u slučaju određenih događaja (npr. ako nivo padavina pređe određeni prag). Ovi proizvodi mogu se kombinovati sa tradicionalnim polisama osiguranja kako bi se optimizovao portfolio rizika i smanjila izloženost katastrofalnim događajima. Parametarska osiguranja imaju prednost brzih isplata i manje administrativnih troškova, što pomaže u smanjenju ukupnih troškova isplata (World Bank, 2017). Kod parametarskog osiguranja, osigurana suma se obično određuje na osnovu osnovnih sredstava koja su izložena negativnim vremenskim uslovima, odnosno vrednost imovine ili budžeta koji bi mogli biti ugroženi određenim vremenskim uslovima. Ključni parametri ovog osiguranja su okidači (eng. *triggers*), limit i funkcija isplate. Okidači su događaji ili uslovi (kao što je nedostatak padavina) koji aktiviraju polisu osiguranja. Maksimalne ili minimalne vrednosti koje utiču na isplatu osiguranja predstavljaju limite osiguranja, dok funkcija isplate predstavlja način na koji se isplate vrše. Ovi parametri čine sastavni deo funkcije nadoknade (eng. *Indemnity Function*), koja definiše kako i kada će osiguranik primiti isplatu od osiguranja. U ovom kontekstu, parametarsko osiguranje pruža zaštitu protiv neodgovarajućih ili prevelikih vrednosti određenih vremenskih varijabli (na primer, nedostatka padavina koji se može kvantifikovati indeksom sušnih padavina, kao što je SPI – Standardizovani padavinski indeks). Isplata koju osiguranik prima kroz ovu funkciju nadoknade zasniva se na "realizaciji indeksa", odnosno na tome kako stvarna vrednost vremenskog parametra (kao što je količina padavina) odstupa od definisanih okidača. Ako je, na primer, deficit padavina (suša) ispod određenog nivoa definisanog u polisi, isplata će biti pokrenuta. Funkcija nadoknade je dizajnirana tako da pruži finansijsku zaštitu osiguraniku kada postoji nedostatak ili prekomerno odstupanje vremenskog parametra od očekivanog nivoa.

Procena učestalosti i ozbiljnosti katastrofalnih događaja, zajedno sa definisanjem tih rizika, pomaže u postavljanju rezervi i solventnosti kompanije. Razumevanje rizika omogućava osiguravačima da razviju programe za minimizaciju šteta, kao što su inicijative za jačanje struktura zgrada protiv zemljotresa ili instalaciju sistema za prevenciju poplava. Osiguravači mogu pružiti savete klijentima o tome kako da zaštite svoju imovinu i smanje rizik od katastrofa, što može smanjiti troškove potencijalnih šteta.

Standardizovane klasifikacije i definicije katastrofalnih događaja i rizika od suštinskog značaja za agencije i organizacije koje se bave upravljanjem katastrofama, što omogućava pravovremeno i organizovano reagovanje, koje je ključno za minimizaciju gubitaka i ublažavanje posledica katastrofa. Takođe, jasni kriterijumi pomažu u standardizaciji izveštavanja i analizi katastrofa, što je neophodno za razvoj efikasnih strategija za prevenciju i pripremu za buduće incidente.

2.3. Tehnološki rizici

Tehnološki rizici obuhvataju širok spektar događaja i situacija koje proizilaze iz ljudske aktivnosti, tehnološkog razvoja ili kvara na sistemima, infrastrukturi ili opremi. U kontekstu osiguranja, tehnološki rizici su sve važniji jer njihov uticaj postaje sve izraženiji u savremenom društvu, kako zbog ubrzanog tehnološkog razvoja, tako i zbog globalne povezanosti.

Industrijske nezgode su neželjeni događaji koji nastaju kao rezultat tehničkog kvara, ljudske greške ili neusaglašenosti sa bezbednosnim standardima. One obuhvataju eksplozije u fabrikama, curenje hemikalija, požare i slične događaje sa ozbiljnim posledicama za ljudske živote, životnu sredinu i imovinu. Osiguravajuće kompanije se suočavaju sa značajnim finansijskim zahtevima zbog ovih rizika. Prema izveštaju Allianz Grupe (Allianz, 2023) za 2023. godinu, industrijske nezgode predstavljaju oko 10% svih prijavljenih šteta u sektoru osiguranja imovine.

Nuklearne i radiološke nesreće predstavljaju specifičan oblik tehnoloških rizika sa katastrofalnim potencijalom. One uključuju kvarove u nuklearnim elektranama, nesreće tokom transporta nuklearnog materijala, ili nekontrolisano oslobađanje radioaktivnih supstanci. Takvi događaji, kao što su Černobil (1986) i Fukušima (2011), ne samo da uzrokuju značajne ekonomske gubitke, već imaju dugotrajne posledice po ljudsko zdravlje i životnu sredinu. Osiguranje za ove vrste rizika često je ograničeno zbog visokih troškova šteta i kompleksnosti odgovornosti.

Tehnološki napredak u saobraćaju povećava efikasnost, ali takođe može povećati rizike od saobraćajnih nesreća. Nesreće u drumskom, železničkom, vazdušnom i pomorskom saobraćaju predstavljaju značajan deo tehničkih rizika, kako u pogledu ljudskih gubitaka, tako i ekonomske štete. Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije globalno se godišnje dogodi oko 1,3 miliona smrtnih slučajeva usled saobraćajnih nesreća (WHO, 2022). Za osiguravače, saobraćajne nesreće predstavljaju jedan od najvećih izvora šteta, posebno u sektorima osiguranja vozila, putničkog osiguranja i kargo osiguranja.

Sajber napadi su tehnološki rizici sa najbržim rastom u poslednjih nekoliko godina. Oni uključuju hakovanje, phishing, ransomware napade, krađu podataka i druge oblike sajber kriminala. Ovi događaji mogu uzrokovati velike ekonomske gubitke, prekid poslovanja i povredu privatnosti podataka. Sajber incidenti su rangirani kao najveći globalni rizik za poslovanje, pri čemu 45% kompanija navodi sajber napade kao glavni izvor zabrinutosti (Allianz, 2023). U sektoru osiguranja, ovo je dovelo do značajnog rasta potražnje za sajber osiguranjem, kao i povećanja premija zbog učestalosti i obima napada.

Tehnološki napredak je doveo do sofisticiranijih oblika terorističkih napada. Ovi napadi mogu izazvati značajne ljudske žrtve i ekonomsku štetu. Osiguranje od terorizma postaje sve važniji deo portfelja osiguravajućih kompanija, naročito u velikim gradovima i ekonomskim centrima gde postoji veća verovatnoća napada. Terorizam može uključivati otkupnine, ali to zavisi od specifične definicije terorizma i vrsta aktivnosti koje su obuhvaćene tom definicijom. U kontekstu osiguranja, zahtevi za otkupninu često su povezani sa aktivnostima kao što su kidnapovanje, ucene i iznuda, i ovi rizici su deo šire kategorije poznate kao osiguranje otkupnine i iznude (eng. *Kidnap and Ransom Insurance*, K&R). Međutim, terorističke aktivnosti generalno podrazumevaju napade ili pretnje koje su politički, ideološki ili verski motivisane, s ciljem da izazovu strah, štetu ili destabilizaciju. Otkupnine mogu biti deo tih aktivnosti, na primer kada teroristička grupa kidnapuje nekoga i traži otkupninu kao sredstvo za finansiranje svojih aktivnosti ili postizanje političkih ciljeva. U praksi, osiguranje od terorizma obično pokriva štetu na imovini, prekid poslovanja, ili štetu po ljude uzrokovanu terorističkim napadima (eksplozije, oružani napadi, sajber napadi itd.). S druge strane, osiguranje otkupnine i iznude (K&R osiguranje) je specifičnije pokriće koje se fokusira na rizike kidnapovanja, otkupnine i iznude, bilo da je motivacija finansijska, politička ili nešto treće. Postavlja se pitanje da li takav rizik može biti predmet osiguranja jer nije u skladu sa zakonom, moralom i društvenim interesom. U nekim zemljama osiguranje otkupa za slučaj otmice je zakonito (npr. SAD, Velika Britanija, Francuska), dok se u drugim smatra oblikom podrške ilegalnim radnjama.

Kritična infrastruktura uključuje sisteme i objekte kao što su elektroenergetske mreže, transportne rute, vodovodi i telekomunikacije. Ovi sistemi su ključni za svakodnevno

funkcionisanje društva. Gubitak ili kvar kritične infrastrukture usled tehničkog kvara, sajber napada ili terorizma može dovesti do prekida poslovanja i značajnih ekonomskih gubitaka. Osiguravajuće kompanije nude pokrića za prekid poslovanja i gubitak prihoda usled ovakvih rizika, ali ova polisa postaje sve skuplja zbog sve većeg oslanjanja društva na tehnologiju.

Javni neredi, kao što su građanski nemiri, demonstracije ili manifestacije tokom političkih previranja, takođe spadaju u tehnološke rizike zbog njihove povezanosti sa infrastrukturom, tehnologijom i ekonomijom. Takvi događaji mogu izazvati velike gubitke, posebno za sektor maloprodaje, transporta i komercijalne imovine.

Industrijske aktivnosti i nesreće mogu izazvati zagađenje mora i obala, što može dovesti do značajnih ekoloških i ekonomskih gubitaka. Osim toga, kontaminacija vode i hrane može izazvati ozbiljne zdravstvene krize, ekološke posledice i finansijske gubitke. Ovakvi rizici sve češće postaju deo portfelja osiguravajućih kompanija, jer nesreće i incidenti ovih vrsta mogu imati velike posledice na zdravlje ljudi i ekosisteme.

CBRN napadi - hemijski, biološki, radiološki i nuklearni rizici

CBRN napadi su rizici sa visokim stepenom potencijalne štete jer uključuju upotrebu hemijskih, bioloških, radioloških ili nuklearnih supstanci. Ovi napadi mogu imati razarajuće efekte na ljude, infrastrukturu i životnu sredinu. Uticaji CBRN napada na ljude uključuje veliki broj žrtava, uključujući trenutne smrtne ishode i dugoročne zdravstvene posledice (kancer, genetske mutacije), ali i strah i psihološke efekte. CBRN napadi imaju za posledici i razaranje stambenih objekata, industrijskih kapaciteta i kritične infrastrukture. Takođe, posledice mogu biti i dugotrajna kontaminacija zemljišta, voda i vazduha i uništavanje ekosistema i poljoprivrednih resursa. Primeri CBRN incidenata su hemijski napad u Tokiju (1995), biološki napad antraksom u SAD (2001), radiološki incident u Brazilu (1987).

Osiguranje za ove vrste rizika je kompleksno i često ograničeno zbog visokih troškova i poteškoća u kvantifikaciji rizika. Razmere potencijalne štete značajno premašuju standardne osiguravajuće limite. Većina standardnih polisa osiguranja isključuje pokriće za štete izazvane ratom, terorizmom i CBRN napadima.

Mnoge države su razvile javno-privatna partnerstva za osiguranje od terorizma, koja često uključuju CBRN napade. Tako, Terrorism Risk Insurance Act (TRIA) u SAD pruža osiguranje za rizike terorizma, uključujući CBRN. Kompanije koje se bave visokorizičnim sektorima (npr. farmaceutika, hemijska industrija) mogu kupiti specijalizovane polise za CBRN rizike. Razvijeni su i alternativni oblici osiguranja, kao što je parametrijsko osiguranje, gde se isplate zasnivaju na unapred definisanim parametrima (npr. veličina eksplozije, nivo kontaminacije).

Iako osiguranje za ove rizike postoji, njegovo sprovođenje je ograničeno zbog visokih troškova, kompleksnosti i poteškoća u kvantifikaciji štete. Kvantifikacija CBRN rizika zahteva sofisticirane modele, ekspertske procene i integraciju različitih naučnih disciplina.

Nekontrolisana migracija

Nekontrolisana migracija može imati značajne posledice po društvo, uključujući ekonomske troškove, opterećenje socijalnih sistema i potencijal za društvene tenzije. U sektoru osiguranja, ove migracije mogu povećati rizik od socijalnih nemira, potrebe za humanitarnim osiguranjem i pokrića za ličnu bezbednost. Nekontrolisana migracija ima nekoliko direktnih i indirektnih efekata na sektor osiguranja:

- Povećanje rizika od socijalnih nemira

Sukobi između migranata i lokalnog stanovništva, protesti protiv vlada ili nemiri u prihvatnim centrima mogu dovesti do šteta na imovini, povreda i gubitaka. Osiguravajuće kompanije nude polise za pokriće šteta uzrokovanih civilnim nemirima i vandalizmom, ali povećana učestalost ovih događaja može podići troškove premija.

- Humanitarno osiguranje

Ovo je novi vid osiguranja koje uključuje pokriće za: zdravstvenu zaštitu, povrede i nesreće tokom putovanja, osiguranje za osnovne životne potrebe. Organizacije poput UNHCR-a često kupuju ovo osiguranje za zaštitu migranata i humanitarnih radnika u kriznim zonama.

- Osiguranje za ličnu bezbednost

Migranti često postaju mete kriminala, trgovine ljudima ili eksploatacije. Osiguranje može pokriti rizike kao što su otmice, povrede ili gubitak imovine. Humanitarni radnici koji pomažu migrantima često rade u opasnim uslovima, što zahteva specijalizovane polise za ličnu bezbednost.

- Osiguranje infrastrukture i javne imovine

Infrastruktura poput prihvatnih centara, smeštajnih objekata i medicinskih postrojenja može biti osigurana za slučajeve oštećenja ili uništenja tokom nemira.

Industrijske aktivnosti, nepravilno upravljanje otpadom, saobraćaj i drugi faktori mogu uzrokovati zagađenje vazduha, vode i zemljišta. Zagađenje životne sredine može izazvati štete po zdravlje ljudi, ekosisteme i imovinu. Osiguranje od ekološke odgovornosti pruža pokriće za štete uzrokovane zagađenjem, ali premije za ove vrste rizika mogu biti značajne zbog mogućnosti masovnih tužbi i visokih troškova sanacije.

Tehnološki rizici predstavljaju izazov za osiguravajuće kompanije zbog svoje raznovrsnosti, kompleksnosti i potencijalno katastrofalnih posledica. S obzirom na sve veću povezanost društva tehnologijom i sa kritičnom infrastrukturom, osiguravači moraju konstantno prilagođavati svoje polise i premije kako bi adekvatno pokrili potencijalne štete. Povećana učestalost i ozbiljnost ovih rizika, naročito sajber napada, saobraćajnih nesreća i ekoloških incidenata, ukazuju na potrebu za kontinuiranim istraživanjem, prevencijom i adekvatnim upravljanjem rizicima.

2.4. Rizici prirodnih katastrofa

„Prirodne nepogode su događaji koji nastaju usled prirodnih procesa i fenomena i imaju potencijal da izazovu značajnu štetu ljudima, imovini i životnoj sredini“[1]. Prirodne nepogode su često neizbežne i izvan ljudske kontrole i mogu pogoditi bilo koji deo sveta, ali su učestalije u određenim geografskim područjima. Intenzitet i učestalost prirodnih nepogoda mogu se značajno razlikovati.

Prirodne katastrofe predstavljaju stalnu pretnju globalnoj društvenoj zajednici. One ne poznaju političke prilike, ekonomsko stanje ili granice država, već nastaju djelovanjem prirodnih sila. Ove katastrofe se manifestuju kroz različite oblike, a svaka ima specifične karakteristike i posledice. Prirodne katastrofe se u literaturi najčešće klasifikuju u šest kategorija: geofizičke, hidrološke, meteorološke, klimatološki, biološke i ekstraterestrijalne katastrofe.

Geofizičke katastrofe su događaji čije poreklo dolazi iz dubine zemlje. Glavne vrste geofizičkih katastrofa uključuju zemljotrese, vulkanske erupcije i masovna pomeranja tla. Zemljotresi su izazvani naglim oslobađanjem energije u Zemljinoj kori, što rezultira seizmičkim talasima. Oni mogu izazvati razaranja infrastrukture, gubitke života i sekundarne efekte kao što su klizišta i cunamiji. Vulkanske erupcije nastaju kada magma, gasovi i fragmenti stena izbijaju na površinu Zemlje. Ove erupcije mogu uzrokovati piroklastične tokove i lavine. Cunamiji su ogromni talasi izazvani podvodnim zemljotresima ili vulkanskim erupcijama. Ova kategorija obuhvata različite štetne posledice geofizičkih događaja, kao što su: vulkanski pepeo, požari nakon zemljotresa, pomeranje tla, klizišta povezana sa vulkanima, tokovi lave i piroklastični tokovi (brza lavina vrelog gasa i materijala iz vulkana) i dr.

Hidrološke katastrofe nastaju kao posledica poremećaja u normalnom ciklusu kruženja vode u prirodi i/ili prelivanja vodnih tela. Najčešći primeri su poplave, klizište i dejstvo talasa. Poplave se javljaju kada vodene površine kao što su reke, jezera ili okeani prekorače svoja korita/obale, što može dovesti do potapanja zemljišta, štete na infrastrukturi i gubitka

[1] UNICEF, https://www.unicef.org

života. Hidrološki događaji uzrokuju različite vrste poplava i erozije, uključujući: lavine (sneg, blato, kamenje), poplave duž obala, obalne erozije, bujične poplave, nanosi zemlje i stena, ponori, led u vodi, talasi, vrtače i dr.

Meteorološke katastrofe su prouzrokovane kratkotrajnim atmosferskim procesima, a njihovo trajanje se meri u minutima ili danima. Primeri uključuju konvektivne oluje, ekstratropske i tropske oluje, ekstremne temperature, maglu. Oluje se odnose na jake vetrove često praćene kišom, grmljavinom i munjama. Njihova destruktivna snaga može uzrokovati štete na zgradama, infrastrukturi i poljoprivredi. Tornada su rotirajuće kolone vazduha koje se protežu od oblaka do tla, a mogu uništiti sve na svom putu. Meteorološki hazardi mogu izazvati niz štetnih efekata, uključujući: hladne talase, toplotne talase, olujne udare vode, tornada, vetar, zimske oluje i mećave.

Klimatske katastrofe su prouzrokovane dugotrajnim procesima klimatskih promena koje se mogu izraziti u okviru jedne sezone do promena koje se primećuju nakon više decenija. Primeri uključuju ekstremne temperature, izbijanje glacijalnog jezera, suše i požare. Ekstremne temperature mogu uključivati toplotne talase ili hladne talase, koji imaju značajan uticaj na ljudsko zdravlje, poljoprivredu i ekosisteme. Suše su dugotrajni periodi sa manjkom padavina, što uzrokuje deficit vode za piće, poljoprivredu i industriju. Posledice klimatoloških hazarda mogu biti dugotrajne i uključuju šumske požare i požare na zemlji kao što su požari grmlja ili vegetacije.

Biološke katastrofe su prouzrokovane izloženošću živih organizama patogenima i otrovnim supstancama. Uključuju incidente sa životinjama, bolesti (epidemije) i zaraza insekata. Epidemije su izbijanja bolesti koja se brzo šire među populacijom, uzrokujući veliki broj obolelih i smrtnih slučajeva (WHO, 2007). Najezde insekata mogu uništiti useve i izazvati ekonomske gubitke (WHO/FAO, 2009; FAO, 2013). Infestacije insekata mogu uticati na poljoprivredu i ekosisteme.

Ekstraterestrijalne katastrofe dolaze iz svemira, kao što su udari asteroida ili promene u klimi svemira. Posledice mogu uključivati različite udare, geomagnetske oluje, vazdušne udare, energetske čestice, radio poremećaje, šok-talase.

U 2023. godini, baza podataka o hitnim događajima (EM-DAT) zabeležila je ukupno 399 katastrofa povezanih sa prirodnim opasnostima. Ovi događaji rezultirali su sa 86.473 smrtna slučaja i pogodili 93,1 milion ljudi. Ovaj broj ljudi pogođenih katastrofama je ispod godišnjeg proseka za period 2003–2022, koji iznosi 175,5 miliona. Razlika se uglavnom pripisuje relativno malom broju prijavljenih suša koje su počele 2023. godine.

Prema istom izvoru, ekonomski gubici iznosili su 202,7 milijardi američkih dolara, što je nešto viša od godišnjeg proseka za period 2003–2022, koji iznosi 196,3 milijarde dolara. Zemljotres u Turskoj i Siriji bio je događaj sa najvećim posledicama u pogledu smrtnosti i ekonomskih šteta. Tokom godine zabeležen je visok nivo smrtnosti usled katastrofa, sa ukupno 86.473 smrtnih slučajeva, što premašuje prosečan broj smrtnih slučajeva u poslednjih 20 godina, koji iznosi 64.148, i medijanu od 19.290 smrtnih slučajeva za isti period. Važno je napomenuti da je samo trećina katastrofa obuhvaćenih ovim izveštajem za period 2003–2022. imala dokumentovane ukupne ekonomske štete, dok je procenat izveštavanja za Afriku izuzetno nizak i iznosi samo 12%.

U studiji Swees Re Institute (2024) razmatra se statistiku osiguranih katastrofalnih rizika. U 2023. godini, koja je bila najtoplija godina u istoriji, prirodne katastrofe su dovele do osiguranih gubitaka od 108 milijardi dolara i već četiri uzastopne godine ovaj pokazatelj premašuje 100 milijardi dolara. Institut prognozira da će godišnji osigurani gubici dugoročno rasti po stopi od 5–7%, što je u skladu sa stvarnim povećanjem gubitaka u poslednjih 30 godina.

Nekoliko faktora ukazuje na to da će gubici nastaviti da rastu:

- Izloženost imovine nastavlja da se povećava. To je posebno izraženo u područjima sa već visokom koncentracijom imovine, odnosno materijalne vrednosti.
- Rast izloženosti se obično fokusira na područja sa većim rizikom od katastrofa, poput poplavnih područja ili obala.
- Očekuje se da će doprinos ekstremnih vremenskih uslova i drugih katastrofalnih događaja verovatno rasti. Ekstrapolacijom dugoročnog trenda rasta, procenjeno je da

bi iznos osiguranih gubitaka od 108 milijardi dolara mogao da se udvostruči za 10 godina.

Ekonomski gubici od prirodnih katastrofa su 2023. godine iznosili 280 milijardi dolara, što znači da 62% globalnih gubitaka nije bilo osigurano. Zemljotres u Turskoj i Siriji je bio najskuplji događaj za sektor osiguranja, sa osiguranim gubicima procenjenim na 6,2 milijarde dolara. U ovom slučaju, zemljotres je pogodio područja sa niskom penetracijom osiguranja, a približno 90% ekonomskih gubitaka nije bilo pokriveno (Swees Re Institute, 2024). Ovo je još dramatičniji podsetnik na nedostatke zaštite sa kojom se mnogi ljudi širom sveta suočavaju.

Događaji srednje ozbiljnosti uključuju ozbiljne konvektivne oluje (SCS), koje su u toku 2023. godine dovele do osiguranih gubitaka od procenjenih 64 milijarde dolara (Swees Re Institute, 2024), što je do sada najviši iznos. Nakon tropskih ciklona, ove oluje su postale drugi po veličini uzrok gubitaka. Kao i kod drugih rizika, rast izloženosti usled ekonomskog i demografskog rasta i urbanizacije glavni su pokretači rasta gubitaka povezanih sa konvektivnim olujama.

Drugi pokretač rasta gubitaka su promene u ranjivostima, odnosno visoka koncentracija imovine, kao što su gradovi, je glavni faktor. Stari krovovi, na kojima se sve češće nalaze solarni sistemi, posebno su pogođeni. U Italiji se u toku 2023. godine desila serija konvektivnih oluja što je dovelo do znatnih gubitaka i što su ujedno i najviši iznosi po osiguranim gubicima u toj zemlji.

Ovi događaji ukazuju na potrebu za ažuriranjem pretpostavki o potencijalu gubitaka i periodima povrata. Takođe potvrđuju značaj i potrebu za detaljnim bazama podataka o izloženosti kako bi se bolje pratila koncentracija imovine i samim tim omogućilo modeliranje rizika.

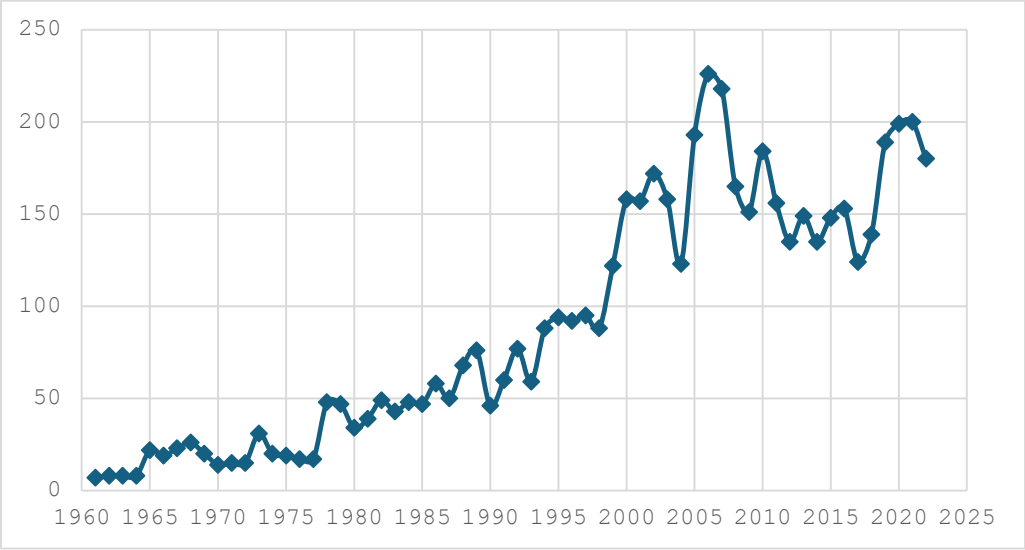
Kao što je već rečeno, najčešće prirodne katastrofe u Evropi uključuju poplave, loše vremenske uslove, pandemiju/epidemiju, šumske požare i zemljotrese. U daljem delu rada biće detaljnije razmotrene poplave, ekstremni događaji povezani sa temperaturom i padavinama, kao i zemljotresi, što osiguračima i reosiguravačima može pružiti dragocene

informacije prilikom pisanja uslova osiguranja i formiranja tarifa osiguranja. Pored navedenih definicija i određenih metrika, naredna analiza može ukazati osiguravačima na potrebu da se određeni rizici uključe ili isključiti iz osiguranja.

2.4.1. Poplave

Termin "poplava" definiše se kao „privremeno prekrivanje vodom zemljišta koje inače nije pokriveno vodom“[2]. Definicija je značajna, jer obuhvata širok spektar poplava koje mogu nastati iz različitih izvora, a ne samo iz tradicionalnih rečnih poplava. Uključuje poplave koje potiču od izlivanja reka, planinskih bujica, poplave koje nastaju u suvim rečnim koritima koja se povremeno pune vodom, kao i poplave koje nastaju kao posledica porasta nivoa mora u priobalnim područjima.

Prema podacima u bazi EM-DAT broj poplava u svetu u 2023. godini je nešto niži, 164 poplave, u odnosu na prosečan broj poplava koji iznosi 173 poplave u periodu 2003–2022. (slika 2.4.1).

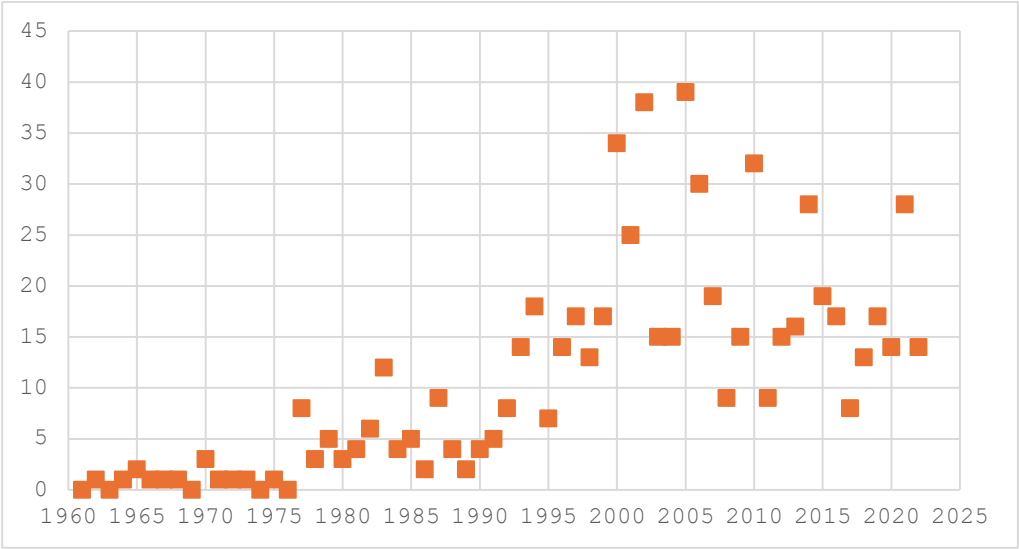


Slika 2.4.1. Poplave u svetu od 1961-2023. godine.

Izvor: Autor

[2] Prema Direktivi 2007/60/EC

Poplave su među najčešćim katastrofama i ujedno sa najštetnijim posledicama koje pogađaju Evropu. Često nastaju kao rezultat intenzivnih kiša i topljenja snega ili njihovom kombinacijom. Poplave mogu imati razorne posledice po ljude, infrastrukturu, ekonomiju i životnu sredinu. Prema EEA (2023), ekonomski gubici od klimatskih i vremenskih nepogoda, uključujući poplave, iznosili su između 450 i 520 milijardi evra u periodu od 1980. do 2020. godine. Manje od trećine ovih gubitaka bilo je pokriveno osiguranjem. Poplave su takođe imale ozbiljne posledice po ljudske živote i zdravlje. Između 85.000 i 145.000 ljudi izgubilo je život usled ekstremnih vremenskih događaja u poslednjih 40 godina, a poplave su bile jedan od ključnih uzroka tih smrtonosnih događaja[3].



2.4.2. Poplave u Evropi od 1961-2023. godine

Izvor: Autor

Trend poplava u Evropi je u porastu i prilično je raspršen po godinama (slika 2.4.2). Tokom 2023. godine, trećina evropske rečne mreže imala je protoke reka koji su premašili prag za „visok“ nivo poplava, dok je 16% protoka premašilo prag za „ozbiljan“ nivo poplava. Rekordni ili gotovo rekordni visoki protoci zabeleženi su u velikim rečnim basenima, uključujući Loaru, Rajnu i Dunav, usled serije oluja između oktobra i decembra. Prema preliminarnim procenama EM-DAT, poplave u 2023. godini pogodile su oko 1,6 miliona

[3] Prema Climate-ADAPT- open-source CAT model.

ljudi u Evropi i izazvale približno 81% ekonomskih gubitaka povezanih sa klimatskim uticajima na kontinentu.

Poplave u Srbiji

Od 12. do 18. maja 2014. godine, "u najvećem delu zemlje palo je između 50 i 100 l/m² kiše, dok je u zapadnoj Srbiji palo između 170 i 220 l/m², a u regionu Valjeva više od 300 l/m²"[4]. Srbija je pretrpela najteže poplave u svojoj istoriji, izazvane obilnim kišama koje su pogodile ceo region Zapadnog Balkana. "Poplave su bile deo ciklona Tamara, koji je doveo do rekordnih padavina"[5]. Ova količina kiše uticala je na brzo povećanje nivoa reka, posebno Save, Drine i Kolubare. Prirodna katastrofa je izazvala ljudske žrtve, ogromne materijalne gubitke i dugotrajne posledice po infrastrukturu, poljoprivredu i životnu sredinu.

Kada padne više od 50 litara kiše po kvadratnom metru, dolazi do katastrofalnog efekta iznenadne poplave, a kada takve intenzivne padavine nastave da padaju, izazivaju katastrofalnu iznenadnu poplavu. Razorna poplavna bujica, tzv. „bujični talas", pojavila se u gornjim delovima reka Kolubare i Tamnave. Bujice pritoka Kolubare probile su nasip, a zatim zajedno nastavile nizvodno. Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, Kolubara je počela da raste tokom noći između 13. i 14. maja i nastavila je da raste do ponoći 15. maja, pri čemu se njen nivo podigao za 7 metara na mernoj stanici Beli Brod kod Lajkovca. Još dramatičniji podaci odnose se na ogroman protok vode, koji je povećao brzinu čak 11 puta – sa 84,5 na 932 m³/s, kako je zabeleženo ujutru 15. maja (Kerkez &Pavlović, 2015). Samo četiri meseca nakon majskih razarajućih poplava, desile su se bujične poplave koje su pokrenule veći broj klizišta. Poplave su ponovo pogodile Kraljevo, a delovi Obrenovca su bili poplavljeni podzemnim vodama godinu dana kasnije.

Više od 1,6 miliona građana u 38 najugroženijih opština u centralnoj i zapadnoj Srbiji bilo je pogođeno poplavama. Zvanično je zabeleženo 57 smrtnih slučajeva, dok je više desetina hiljada ljudi evakuisano iz ugroženih područja (Filijović & Đorđević, 2014). Grad Obrenovac bio je najteže pogođen, gde su desetine ljudi izgubile život, a većina stanovništva morala je

[4] RHMZ, https://www.hidmet.gov.rs, Poplave u Srbiji - maj 2014.
[5] isto

da bude evakuisana. Više od 30.000 ljudi ostalo je bez domova i upućeno u privremeni smeštaj.

Poplava je ugrozila i uništila imovinu velikog broja preduzeća, institucija i ustanova u poplavljenim područjima, onemogućavajući njihov rad. Energetski sistem je bio posebno ugrožen. Poljoprivreda je pretrpela ogromne gubitke, jer su zasađene kulture u velikoj meri uništene. Poplavljeno je više od 80.000 hektara obradivog zemljišta, što je izazvalo gubitke u usevima i stočarstvu. „Ukupna procenjena šteta od poplava je 1,7 milijardi evra, što čini oko 5% tadašnjeg BDP-a Srbije“ UNDP (2024).

Na početku su poplave ugrozile rad termoelektrane “Nikola Tesla (TENT)” zbog poplava u kopu Kolubara, a zatim je voda prodrla u Obrenovac. U Studiji slučaja TENT autora Pavlović & Kerkez (2015) navodi se da uprava TENT-a nije bila unapred upozorena na potencijalnu opasnost za TENT, niti na potrebu da mobiliše zaštitu od poplava, međutim, uprava je donela odluku da isključi blok A1 u TENT A, kada je nivo vode bio samo 10 centimetara do kratkog spoja u električnoj podstanici. Mali talas je bio dovoljan da ugrozi važnu turbinu u bloku A1 čija cena iznosi preko 30 miliona evra.

Dva događaja su slučajno sprečila veću poplavu i spasila Obrenovac i TENT od mnogo veće katastrofe. Prvi je loš kvalitet nasipa u Hrvatskoj i Bosni, što je u tim zemljama dovelo do velikih poplava, pa velika količina vode nije stigla do Obrenovca. Drugi događaj je bio proboj vode iz Kolubare kroz suprotan nasip u odnosu na Obrenovac, gde se voda prelila u Savu.

Odbrana od iznenadnih poplava mora biti stalna i organizovana, sa kvalitetnim nasipima, a specijalna jezera dizajnirana da prihvate vodu koja dolazi iz reke tokom visokih vodostaja. Takvo jezero je bilo formirano (Paljuvi-Viš) da zaštiti najveći rudnik uglja u Srbiji preko tunela, ali nije bilo uspešno. Sistem poklopca na tunelu je bio uništen, mehanizam zarđao, a oprema za otvaranje pomerena i tunel zatvoren. U novinskim člancima je pomenuto je da su ribolovci zatvorili tunel kako bi lakše lovili ribu u jezeru. Zaštitni nasip na Kolubari takođe nije zaustavio bujicu, iako su nasipi oko elektrana bili ojačani sa oko 20.000 džakova peska. Nivo zaštite rečnog korita Kolubare bio je projektovan za vodu koja se pojavljuje jednom u sto godina, uz rezervu za vodostaj koji se pojavljuje jednom u hiljadu godina. Prema

hidrolozima velika voda koja se pojavljuje u periodu od hiljadu godina ima protok od 940 m^3/s. Međutim, nasipi na Kolubari nisu izdržali nešto viši maksimalni protok od 954 m^3/s. Najveću štetu pretrpeli su najvažniji površinski kopovi rudnika Tamnava – zapadno polje i Veliki Crljeni, gde se eksploatisalo dve trećine lignita iz Kolubare. Delimično su poplavljena i najstarija aktivna nalazišta, Polje B i Polje D. Važnost Kolubarskog basena potvrđuje činjenica da je Kolubarski lignit pokrivao nešto više od 50% potreba termoelektrana u Srbiji. Takođe je došlo do požara u TENT-u kada je osigurač prekinuo strujno kolo.
Ukupna šteta na TENT-u i Kolubari procenjena je na stotine miliona evra. Indirektna šteta merena dnevnim troškovima uvoza električne energije u to vreme je iznosila prosečno oko 385.000 evra dnevno. Zanimljiv detalj iz "Studije slučaja TENT" je da nakon godina osiguranja protiv poplava, površinski kop Kolubara 1. marta 2012. godine izbrisao rizik od poplava kao prirodne katastrofe iz polise osiguranja, odnosno nije ugovoreno ovo osiguranje, tako da potopljeni bageri vredni 70 miliona evra nisu bili osigurani.

2.4.2. Definicija i karakteristike ekstremnih događaja povezanih sa temperaturom i padavinama

Radni tim Komisije za klimatologiju Svetske meteorološke organizacije (WMO) za definiciju ekstremnih vremenskih i klimatskih događaja sproveo je istraživanje među članicama WMO o postojećim praksama definisanja toplotnih talasa, hladnih talasa, suša i ekstremnih padavina. Na osnovu rezultata ankete je zaključeno da jedinstvena standardna definicija za ekstremni događaj neće biti korisna i da nacionalne meteorološke i hidrološke službe (NMHS) mogu koristiti različite definicije u zavisnosti od svrhe na nacionalnom nivou; u nekim slučajevima, definicija se može razlikovati i na subnacionalnim nivoima za velike nacionalne teritorije.

Ključne karakteristike ekstremnih događaja su magnituda, trajanje i prostiranje. Magnituda meri odstupanje od osnovne vrednosti ili unapred definisanog praga i ova metrika odražava ekstremnost događaja. Osnovne vrednosti i pragovi treba da budu definisani od strane NMHS-a na nacionalnom i subnacionalnom nivou, u skladu sa lokalnim klimatskim

uslovima i primenama. Radni tim je naveo da osnovne vrednosti i pragovi treba da se navedu u zvaničnoj bazi podataka i budu dostupni korisnicima.

Trajanje na pojedinačnoj lokaciji se definiše kao razlika između vremena kada je događaj počeo (odnosno kada je prag prvi put prekoračen) i vremena kada je završio. Ukupno trajanje događaja na širem nivou, uključujući nekoliko lokacija i definiše se kao razlika između vremena kada je događaj počeo na stanici gde je prvi put zabeležen i vremena kada je završio na stanici gde je poslednji put zabeležen. Ove informacije su posebno značajne za osiguravače prilikom formiranja uslova i tarifa osiguranja.

Prostiranje se definiše kao geografsko područje gde su stanice zabeležile događaj od početka do kraja. Može biti izraženo kao procenat broja stanica gde je događaj zabeležen u odnosu na celu posmatračku mrežu. Međutim, ovaj metod može se smatrati razumnom procenom samo ako je gustina stanica dobro raspoređena u zemlji ili teritoriji. Ako to nije slučaj, i gustina je slabo raspoređena, preporučuje se da za proračun treba koristiti odgovarajuću metodu mrežnog rastera.

Indeksi za procenu ekstremnih klimatskih i vremenskih događaja igraju ključnu ulogu u analiziranju i praćenju promene klimatskih obrazaca, uključujući učestalost, intenzitet i trajanje ekstremnih vremenskih događaja. Ovi indeksi omogućavaju precizniju analizu kako klimatske promene utiču na ekstremne događaje i podržavaju donošenje odluka u vezi sa adaptacijom na nove klimatske uslove. Takođe, indeksi omogućavaju standardizaciju u praćenju i analizi ekstremnih događaja na globalnom nivou, kako bi se mogli upoređivati trendovi između različitih geografskih područja i vremenskih perioda. Indeksi koje je definisao ETCCDI[6] obuhvataju širok spektar klimatskih i vremenskih pojava. Oni se najčešće baziraju na podacima dobijenim sa meteoroloških stanica i koriste se za analizu ekstrema u parametrima kao što su temperatura i padavine. Neki od najvažnijih indeksa uključuju:

- TXx: Najviša dnevna maksimalna temperatura u određenoj godini (meri intenzitet talasa vrućine).
- TNx: Najviša dnevna minimalna temperatura u određenoj godini (meri tople noći).
- R10mm: Broj dana u godini sa padavinama od 10 mm ili više (meri jake padavine).

[6] Expert Team on Climate Change Detection and Indices

- CDD (eng. *Consecutive Dry Days*): Broj uzastopnih dana bez značajnih padavina (meri trajanje sušnih perioda).
- R95pTOT: Ukupan iznos padavina tokom dana koji spadaju u gornjih 5% padavinskih događaja (meri ekstremne padavine).

Ovi indeksi se često prate tokom više godina kako bi se identifikovali trendovi u učestalosti i intenzitetu ekstremnih događaja. Informacije koje se dobiju analizom ETCCDI indeksa koriste se za donošenje informisanih odluka u vezi sa adaptacijom na klimatske promene.

Toplotni talas je meteorološki fenomen koji dovodi do povećanja mnogih rizika, kao što su zdravstveni ili ekonomski rizici, uključujući povećanu smrtnost ljudi, gubitke u poljoprivredi, požare i nestašice energije. Trenutno ne postoji univerzalno prihvaćena definicija toplotnog talasa. Prema Međunarodnom meteorološkom rečniku (WMO-br. 182), toplotni talas je: „Izraženo zagrevanje vazduha ili invazija veoma toplog vazduha, na velikoj površini; obično traje od nekoliko dana do nekoliko nedelja".

Toplotni talasi koji su pogodili Evropu poslednjih godina pokazali su izazove sa kojima se suočavaju urbana područja u borbi sa ekstremnim temperaturama. Nekoliko godina zaredom, gradovi od severa do juga obarali su nove temperaturne rekorde, uključujući, na primer, Helsinki (33,2°C u 2019), Pariz (42,6°C u 2019) i Kordobu (46,9°C u 2017). Stotine smrtnih slučajeva izazvanih toplotom zabeleženo je tokom ovih neobično visokih temperatura. Ekstremna toplota takođe je izazvala poremećaje u javnom prevozu, uzrokovala prekide u snabdevanju električnom energijom i dovela do privremenog zatvaranja nuklearnih reaktora. Pozitivno je to što su se u poslednjih nekoliko godina nacionalne, regionalne i lokalne vlasti mnogo bolje pripremile za toplotne talase i usvojile posebne akcione planove, poboljšale sisteme ranog upozoravanja i preduzele druge mere za spasavanje života ljudi, za razliku od 2003. godine, kada je toplotni talas imao pogubne posledice na desetine hiljada Evropljana.

U gradovima, toplotni talasi predstavljaju posebne opasnosti jer se njihovi efekti pojačavaju zbog fenomena poznatog kao "urbano toplotno ostrvo". Ovaj fenomen se javlja zato što asfalt i beton apsorbuju i ponovo zrače toplotu mnogo efikasnije nego prirodno okruženje. Gradski saobraćaj, klimatizacija i industrijske aktivnosti dodatno povećavaju temperaturu jer generišu i emituju toplotu. Zbog ograničene dostupnosti otvorenih zelenih i plavih zona, toplota se

zadržava u urbanim zonama između visokih zgrada. Gustina zgrada i veličina grada utiču na intenzitet efekta toplotnog ostrva.

Urbana toplotna ostrva nisu povezana samo sa povišenim temperaturama, već i sa višim nivoima zagađenja vazduha. Visoke temperature u kombinaciji sa nivoima zagađenja vazduha imaju negativne efekte na ljudsko zdravlje, što dovodi do iscrpljenosti, respiratornih problema, toplotnog udara, ali i stresa na kardiovaskularni sistem i što može izazvati prevremene smrti. Najugroženije grupe populacije uključuju starije osobe, decu, osobe sa zdravstvenim problemima i stanovnike sa niskim prihodima koji žive u lošijim stambenim uslovima. Iako je ekstremna toplota najveća pretnja po zdravlje, ona takođe utiče na infrastrukturu i može ometati pružanje vitalnih usluga u gradovima. Projekcije za budućnost ukazuju na to da će se gradovi širom Evrope suočavati sa problemom ekstremne toplote. Iako se predviđa da će gradovi na jugu doživeti najveće povećanje broja dana sa toplotnim talasima, gradovi centralne Evrope će doživeti najveće povećanje temperatura (EEA, 2012). Ovo je zabrinjavajuće s obzirom na to da su u tim oblastima i infrastruktura i populacija generalno manje prilagođeni ekstremnoj toploti.

Hladni talas je meteorološki događaj koji se obično karakteriše naglim padom temperature vazduha u blizini površine Zemlje, što dovodi do ekstremno niskih vrednosti koje mogu biti povezane sa opasnim vremenskim prilikama, kao što su mrazevi i zaleđivanje. Hladni talas je povezan sa invazijom veoma hladnog vazduha izazvanog pomeranjem vazdušne mase polarnih ili visokih geografskih širina na niže geografske širine. Prema Međunarodnom meteorološkom rečniku (WMO-br.182), hladni talas je „izrazito hlađenje vazduha ili invazija veoma hladnog vazduha na velikom području“. Hladni talasi često uzrokuju ozbiljne posledice po zdravlje ljudi i poljoprivredu i mogu rezultirati smrtnim ishodima za ljude i životinje.

Nacionalna meteorološka služba u Sjedinjenim Američkim Državama definiše hladni talas kao „brzi pad temperature u roku od 24 sata na temperature koje zahtevaju značajno povećanu zaštitu poljoprivrede, industrije, trgovine i društvenih aktivnosti“ (AMS, 2022). U Kini se hladni talas definiše kao dramatičan vremenski proces hlađenja, sa velikim hladnim vazduhom sa visokih geografskih širina koji napada regione srednje i niže geografske širine.

Hladni talasi se takođe često definišu kao uporni ekstremno niski temperaturni događaji, koji održavaju određene temperature ispod određenih pragova tokom određenog minimalnog broja dana (Radinović i Ćurić, 2012; Peterson et al., 2013). Uticaji hladnog vremena mogu se razlikovati u zavisnosti od regiona ili sezone. Na primer, temperatura ispod 0 °C može imati mali uticaj ako se pojavi zimi, ali može imati veoma velike uticaje ako se dogodi u kritičnoj fazi razvoja useva u proleće. Za razliku od toga, hladnoća se odnosi na uporni period nenormalno hladnog vremena. Hladnoća se dešava u bilo koje doba godine, dok je upotreba termina „hladni talas“ obično rezervisana za događaje koji se dešavaju tokom hladne sezone.

Ekstremne padavine ili ekstremni događaji sa padavinama često rezultiraju, direktno ili kroz povezane poplave, klizišta i druge fenomene, smrtnim slučajevima, oštećenjem infrastrukture i velikim poljoprivrednim i socio-ekonomskim gubicima. Prema izveštaju IPCC-a (IPCC, 2021b), verovatnoća i intenzitet događaja sa obilnim padavinama su se povećali u većini kopnenih regiona i očekuje da će se obilne padavine generalno postati intenzivnije i češće sa dodatnim globalnim zagrevanjem. Pošto se obrasci padavina značajno razlikuju širom sveta, nije moguće koristiti jedinstvenu definiciju pojma "ekstremni događaj sa padavinama" koja bi bila pogodna za sve regione. Ekstremni događaji sa padavinama su takođe interesantni na širokom spektru vremenskih intervalima; na primer, naglo plavljenje često je izazvano padavinama u veoma kratkim vremenskim razmacima (od minuta do sati), dok velike reke i rezervoari često reaguju na padavine u dužim vremenskim razmacima od nekoliko dana.

Statističko modeliranje bazirano na verovatnoći distribucije dnevnih ili višednevnih padavina može se koristiti za procenu povratnog perioda ekstremnog događaja sa padavinama. Kada se razmatraju najekstremniji događaji sa padavinama, informacije o povratnom periodu izuzetno retkih događaja (100 godina ili više) su važne za mnoge modele i inženjerske aplikacije.

Suša, kao prirodni klimatološki fenomen može se značajno razlikovati od drugih ekstremnih događaja. Suše se obično razvijaju polako, što otežava određivanje početka i kraja u realnom vremenu. Uticaji suša mogu biti razarajući i ekonomski skupi. Da bi se olakšala

komunikacija, upravljanje i odgovor na ove rizike, suša se može kategorizovati u četiri osnovna tipa: meteorološka suša, poljoprivredna suša, hidrološka suša i socioekonomska suša.

Meteorološku sušu pokreću atmosferski uslovi koji rezultiraju nedostatkom ili smanjenjem padavina tokom određenog vremenskog perioda. Ona može dovesti do poljoprivredne suše, koja se identifikuje nedostatkom padavina, povećanom evapotranspiracijom i deficitom vlažnosti tla. Hidrološka suša se razvija usled iscrpljivanja površinskih ili podzemnih vodenih resursa, kao što su reke, jezera i podzemne vode, dok socioekonomska suša nastaje kao rezultat neravnoteže između ponude i potražnje vode, ili uticaja nestašice vode na ekonomiju (kao što su gubici useva) i društvo (kao što su uticaji na zdravlje). Ovi različiti tipovi suša počinju sa nedostatkom padavina tj. meteorološkom sušom, koja je definisana u Međunarodnom meteorološkom rečniku (WMO-No. 182) kao "produženi nedostatak ili izražen deficit padavina". Sušu ne treba poistovetiti sa aridnošću, koja je klimatska karakteristika i odnosi se na nedovoljnu ili neadekvatnu količinu padavina za održavanje vegetacije. Drugim rečima, suša je privremeni klimatski fenomen, dok je aridnost trajna klimatska karakteristika u područjima koja obično imaju nisku količinu padavina tokom godine. Primer aridnog mesta je Sahara, pustinjski region gde je godišnja količina padavina često ispod 25 mm godišnje.

2.4.3. Zemljotresi

Zemljotres je prirodni fenomen „izazvan oslobađanjem elastične energije akumulirane unutar Zemlje, što stvara seizmičke talase koji putuju u svim pravcima, dostižući površinu Zemlje sa dovoljno energije da izazovu pomeranje tla“. Talasi mogu biti mali, detektabilni samo putem seizmografa, ili veliki, ostavljajući za sobom devastaciju i menjajući čitave krajolike, jer mogu čak pomeriti korita reka. Pored prirodnih zemljotresa, koji su izazvani kretanjem tektonskih ploča, vulkanskim erupcijama ili klizištima i urušavanjima tla, postoje i veštački zemljotresi izazvani nuklearnim eksplozijama.

Zemljotresi se kvantifikuju pomoću magnitude, koja meri oslobođenu energiju, ili intenziteta, koji meri efekte podrhtavanja tla izazvanog zemljotresom. Magnituda se meri

Rihterovom skalom koja, teoretski, nema gornju granicu. Najjači zabeleženi zemljotres po magnitudi bio je zemljotres u Čileu 1960. godine sa magnitudom od 9,5. Zemljotres iz 2004. godine u Indijskom okeanu, koji je izazvao katastrofalni cunami i odneo 230.000 života, dostigao je magnitudu od 9,0 i bio je jedan od najmoćnijih u poslednjih nekoliko decenija. Zemljotres u Nepalu dostigao je magnitudu od 7,9. Veza između energije E, koja se oslobađa u talasima i meri se u džulima, i magnitude M, je $\log_{10}E=4.8+1.5M$. To znači da za svako povećanje magnitude za jednu jedinicu, energija mora porasti za faktor od $10^{1.5}$ ili približno 32 (Lipovec, 2023). S druge strane, intenzitet se procenjuje pomoću diskretnih 12-stepenih skala, kao što su Merkali-Kankani-Siebergova (MCS) skala, Medved-Sponhojer-Karnikova (MSK) skala ili Evropska makroseizmička skala (EMS). Intenzitet zavisi od magnitude i dubine zemljotresa, kao i od udaljenosti od epicentra i lokalnih uslova tla. Više od 90% zemljotresa nastaje na granicama tektonskih ploča. Procenjuje se da je u svetu broj zemljotresa 20.000 godišnje, što je oko 55 zemljotresa na dan i oko 16 se klasifikuje kao zemljotresi visokog intenziteta (magnituda 7 ili više) po godini.

U tabeli 2.4.1. su prikazani podaci o lokacijama, datumima i magnitudama najsnažnijih zabeleženih zemljotresa u svetu.

Tabela 2.4.1: Najsnažnijih zabeleženih zemljotresa u svetu

Lokacija	Datum	Magnituda (M_{pp})
Valdivija, Čile	22. maj 1960	9.5
Aljaska, SAD	27. mart 1964	9.2
Sumatra	26. decembar 2004	9.1 do 9.3
Tohoku	11. mart 2011	9.1
Kamčatka, Rusija	5. novembar 1952	9.0
Čile	27. februar 2010	8.8
Ostrvo Rat	3. februar 1965	8.7
Asam-Tibet	15. avgust 1950	8.6
Aleutska ostrva	1. april 1946	8.6
Indijski okean	11. april 2012	8.6

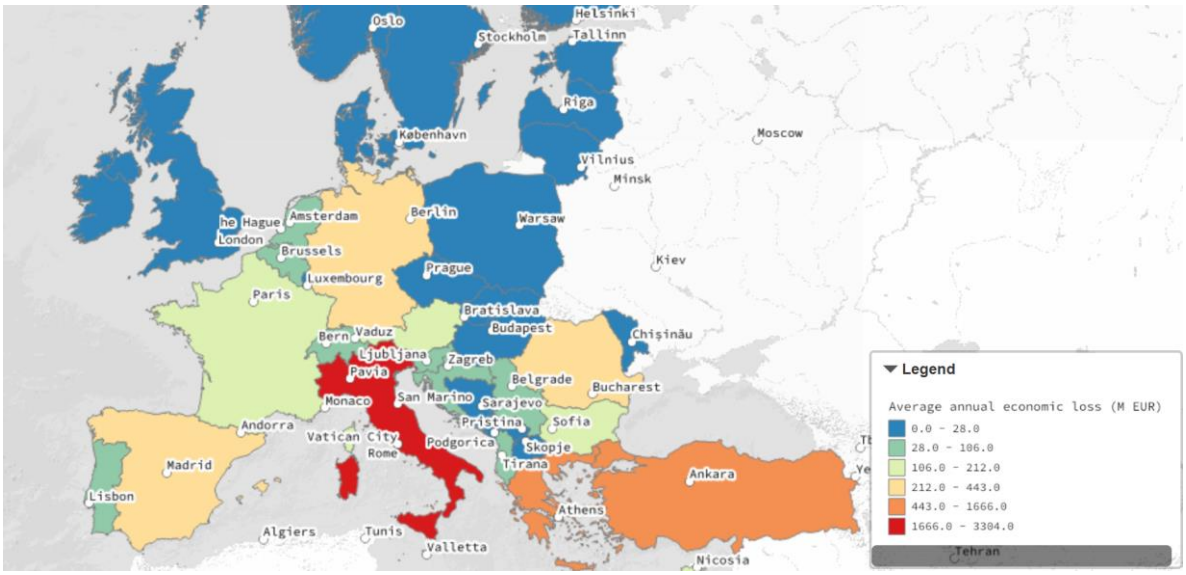
Izvor: Autor na osnovu više izvora

Posledice opasnosti od zemljotresa je teško proceniti, jer zemljotresi mogu izazvati sekundarne efekte kao što su klizišta, poplave uzrokovane pucanjem brana, cunamiji i dr. Pored toga, za procenu potencijalnog rizika za infrastrukturu i stanovništvo potrebne su informacije o ranjivosti i izloženosti na specifičnim lokacijama, uključujući i građevinske karakteristike objekata. Takođe, treba uzeti u obzir ranjivost stanovništva, kao što je socio-ekonomski ugroženo stanovništvo, sa lošijim uslovima stanovanja, za koje se može očekivati da bude ranjivije. Ovi podaci generalno nisu dostupni na nacionalnim nivoima što dovodi do procene rizika odozgo ka dole, a samim tim i postpostavke, što ih čini manje preciznim.

Evropska komisija finansira projekte u okviru okvirnog programa“ (FP7) koji se bave zemljotresima, kao što je projekat SHARE (Procena seizmičkog rizika u Evropi), koji pruža prvi kompletan model seizmičkog rizika širom Evrope na osnovu najobuhvatnijih baza podataka. Nova referentna evropska seizmička karta (Danciu et al., 2021) [7] opasnosti prikazuje seizmičko trešenje tla (eng. *Peak Ground Acceleration*) koje bi moglo biti dostignuto ili premašeno sa 10% verovatnoće u narednih 50 godina, što odgovara prosečnoj učestalosti takvih seizmičkih pokreta na svakih 475 godina, kako je propisano nacionalnim građevinskim propisima u Evropi za standardne zgrade. Vrednosti očekivanog seizmičkog trešenja tla u mnogim područjima su veće nego što se ranije procenjivalo i dostižu preko 0,5g[8] u područjima sa najvećom seizmičkom aktivnošću.

U okviru projekta SHARE su izračunata i veća seizmička trešenja za celu evropsku teritoriju tla koja se očekuju na svakih 1.000–5.000 godina, što je važno za procenu rizika i zaštitu kritične infrastrukture, kao što su brane ili mostovi, uzimajući u obzir odgovarajuće periode rezonance. Drugi projekti, poput Syner-G (Pitilakis et al., 2014a, 2014b), istražuju nove načine procene sistemske seizmičke ranjivosti i povezanih rizika za infrastrukturne sisteme, kao što je projekat REAKT (CORDIS, 2014) - strategije i alati za smanjenje rizika od zemljotresa u realnom vremenu, koji radi na unapređenju prognoziranja, ranog upozoravanja i smanjenja rizika u realnom vremenu.

[7] Videti na https://maps.eu-risk.eucentre.it/
[8] g označava gravitacionu akceleraciju



Slika 2.4.3. Evropski seizmološki model

Izvor: EFEHR Risk Map

Pokazatelji za Srbiju su dati u sledećoj tabeli

Tabela 2.4.2. Prosečni godišnji ekonomski gubitak za Srbiju

Vrsta ekonomskog gubitka	AAL (mil. EUR)
Komercijalni AAL	9
Industrijski AAL	4
Stambeni	32
Ukupan AAL	45

Izvor: Autor na osnovu podataka EFEHR Risk Map

Ukupni trošak zamene predstavlja trošak rekonstrukcije konstrukcijskih i nekonstrukcijskih elemenata, kao i sadržaja zgrada. Ovaj trošak je za 2020. godinu procenjen na 228 milijardi EUR.

Gutenberg-Richterova formula (Woo, 1999) koristi se za opisivanje odnosa između broja zemljotresa i njihove magnitude u određenom vremenskom periodu. Ona predviđa koliko često zemljotresi određene magnitude ili više mogu da se dogode. Formula izgleda ovako:

$$\log_{10} N(M) = a - bM, \qquad (1)$$

gde su:

N(M)– broj zemljotresa sa magnitudom M ili većom u nekom vremenskom periodu,

a i *b* – parametri koji zavise od podataka o zemljotresima u posmatranoj oblasti,

M – magnituda zemljotresa.

Pretpostavimo da se, na osnovu podataka o zemljotresima u određenoj oblasti, utvrdi da za M=6 (magnituda 6 ili viša) važe parametri *a*=4 i *b*=1. Ovi parametri govore o tome koliko često se dešavaju zemljotresi određene magnitude ili više magnitude. Kako bi se izračunao broj zemljotresa za ove parametre, koristi se formulu (1) i dobija se $\log_{10} N(6) = 4 - 1 \cdot 6 = -2$. Dalje, koristeći logaritamsku funkciju izračunava se $N(6) = 10^{-2} = 0,01$.

Rezultat pokazuje da se, u vremenskom periodu od, recimo, 100 godina, može očekivati 0,01 zemljotresa magnitude 6 ili više. Dakle, može se očekivati jedan zemljotres magnitude 6 ili više otprilike svakih 100 godina.

Verovatnoća da se dogodi jedan zemljotres sa magnitudom 6 ili višo u jednoj godini može se izračunati pomoću formule:

$$p = \frac{N(M)}{L} = \frac{0,01}{100} = 0,0001.$$

Verovatnoća da se dogodi zemljotres magnitude 6 ili više magnitude u jednoj godini je 0,0001 ili 0.01%.

Kako bi se izračunala magnitudu zemljotresa koji se očekuje u periodu od *n* godina (npr. svakih 1000 godina), može se koristiti sledeću formulu:

$$M_n = \frac{a - \log_{10} L + \log_{10} n}{b},$$

gde su:

L – vremenski period za koji su podaci prikupljeni (recimo, 100 godina),

n– povratni period u godinama (recimo, 1000 godina),

a i *b* – parametri specifični za područje.

Sada se može izračunati magnituda

$$M_n = \frac{4 - \log_{10} 100 + \log_{10} 1000}{1} = 5.$$

Dakle, magnituda zemljotresa koji bi se očekivao jednom u 1000 godina je 5.

Gutenberg-Richterova formula omogućava da se proceni koliko često se događaju zemljotresi određene magnitude, kao i za izračunavanje verovatnoće za različite magnitude zemljotresa. Na osnovu konkretnih podataka iz regiona, parametri *a* i *b* se prilagođavaju kako bi se dobila što tačnija procena rizika od zemljotresa.

2.5. Makrokatastrofalni rizici

Makrokatastrofalni rizici predstavljaju opasnosti koje imaju potencijal da izazovu ogromne posledice na globalnom nivou, uključujući ekonomske, socijalne i ekološke aspekte. Razumevanje i upravljanje ovim rizicima postaje sve važnije u svetu koji je sve više međusobno povezan i zavisan od složenih tehnoloških i ekonomskih sistema. Ovi rizici se razvijaju tokom vremena i postaju sve ozbiljniji, često zbog društvenih promena, tehnološkog napretka ili klimatskih faktora.

Kaskadni ili povezani rizici se javlja kada inicijalni događaj izazove niz drugih događaja, odnosno pokrene lančanu reakciju drugih rizika. Sve ovo dodatno komplikuje upravljanje i ublažavanje posledica. Prirodna katastrofa poput zemljotresa može oštetiti infrastrukturu, što može dovesti do prekida snabdevanja električnom energijom, vodosnabdevanja ili komunikacijskih linija. Takva događanja mogu prouzrokovati društveni nemir i političke konflikte. Primer kaskadnog rizika je cunami koji je 2011. pogodio Japan i doveo do havarije u nuklearnoj elektrani Fukušima, što je izazvalo ekološku katastrofu, evakuaciju stanovništva i krizu u energetskom sektoru.

Umreženi rizici proizilaze iz povezanosti unutar kompleksnih sistema i izazivaju gubitke u više linija poslovanja ili na geografski rasprostranjenim tržištima zbog visoke međusobne povezanosti ekonomskih i poslovnih sistema. Današnje društvo je sve više umreženo preko globalizacije i digitalne infrastrukture. Jedan od najvažnijih umreženih rizika su kibernetički napadi. Na primer, sajber napad na mreže elektrodistribucije može izazvati ozbiljne poremećaje, ne samo u elektroenergetskom sektoru već i u bolnicama, transportu, bankarskim uslugama, i drugim kritičnim sistemima. Napad "WannaCry" ransomware-a 2017. godine je pogodio stotine hiljada računara u preko 150 zemalja i paralisao zdravstvene sisteme i mnoge kompanije. Takođe, poplave na Tajlandu 2011. godine uticale su na globalnu industriju zbog prekida u lancima snabdevanja.

Sistemski rizik se odnosi na potencijal jednog događaja da izazove značajne poremećaje ili kolaps u celom finansijskom sistemu ili ekonomiji, često preko lanca međuzavisnih reakcija. Finansijska kriza iz 2008. godine gde su problemi u bankarskom sektoru doveli do globalne

recesije i ozbiljnih društvenih i ekonomskih posledica je primer sistemskog rizika. Ova kriza je počela kolapsom tržišta nekretnina u SAD-u, što je dovelo do lančane reakcije u finansijskim institucijama globalno, kroz povezanost u kreditnim i investicionim portfolijima. Poteškoće jedne institucije ili tržišta brzo su se širile na druge institucije i zemlje, zbog čega su vlade i centralne banke morale intervenisati kako bi stabilizovale finansijske sisteme. Uticaj na globalnu ekonomiju bio je ogroman, sa dugoročnim posledicama koje su preoblikovale kako finansijske tako i političke strukture širom sveta. Sve ovo je dovelo do dugoročnih ekonomskih posledica, promena u regulativi (npr. Dodd-Frank Act u SAD) i redefinisanja globalne finansijske arhitekture.

Drugi primer sistemskog rizika je Evropska dugovna kriza. Počevši 2010. godine, ova kriza je istakla probleme visokog duga i ekonomske nestabilnosti u nekoliko evropskih zemalja, što je dovelo do straha od širenja finansijskih teškoća širom Evrozone. Postojala je realna opasnost da bi bankrot jedne zemlje mogao dovesti do široko rasprostranjenih finansijskih gubitaka u bankama koje drže taj dug, potencijalno izazivajući dalje bankrote i ekonomske probleme u drugim zemljama. Kriza je dovela do značajnih međunarodnih finansijskih paketa pomoći, strožijih fiskalnih politika unutar EU i rasprava o strukturi i politici Evropske unije.

Ovakvi rizici zahtevaju složene strategije upravljanja, jer se ne mogu lako izolovati ili kontrolisati. Sistemski rizik je i globalni poremećaj u snabdevanju hranom usled kombinacije klimatskih promena, sukoba i poremećaja u trgovinskim lancima. Upravljanje sistemskim rizicima zahteva koordinisane napore na nacionalnom i međunarodnom nivou, kao i razumevanje složenih međuzavisnosti unutar globalne ekonomije. Identifikacija i mitigacija sistemskih rizika postaju sve važniji u svetu koji je sve više finansijski i ekonomski povezan.

Treba istaći da većina modela rizika nije uspela da predvidi mogućnost ili obim krize, delomično zbog prethodne stabilnosti i rasta tržišta nekretnina i složenosti finansijskih proizvoda koji su bili uključeni.

Društveni i politički rizici obuhvata ratove, političke nemire, terorizam, i masovne migracije. Arapsko proleće (2010-2012) pokrenulo je seriju društvenih pobuna i revolucija koje su rezultirale promenom režima u nekoliko zemalja, dovodeći do političke nestabilnosti,

oružanih sukoba i izbegličkih kriza. Ovakvi događaji imaju tendenciju da destabilizuju čitave regione i utiču na globalnu bezbednost i ekonomiju.

Rastući rizici postaju sve značajniji zbog povećanja učestalosti ili zbog povećane ranjivosti društava na te rizike. Globalno zagrevanje dovodi do rastuće učestalosti ekstremnih vremenskih događaja kao što su suše, poplave i uragani. Ovi događaji utiču na poljoprivredu, infrastrukturu i zdravlje ljudi, što dodatno povećava ekonomske i društvene troškove. Tako, povećanje temperature na Arktiku rezultira topljenjem leda i podizanjem nivoa mora, ugrožavajući priobalne zajednice.

"Black Swan"[9] događaji su izuzetno retki i nepredvidivi događaji sa potencijalno ogromnim posledicama. Primer je teroristički napad 11. septembra 2001. godine, koji je promenio globalne politike bezbednosti i osiguranja. Terminologija u vezi sa rizicima može biti prilično kompleksna jer se određeni događaji mogu klasifikovati u više kategorija, zavisno od aspekta koji se analizira. Finansijska kriza 2008. godine može biti razmatrana i kao "Black Swan" događaj zbog svoje nepredvidljivosti i retkosti, ali i kao sistemski rizik zbog dubokog i širokog uticaja koji je imala na globalni finansijski sistem. Takođe, još jedan primer "Black Swan" događaja mogla bi biti pandemija COVID-19. Ovaj događaj je takođe bio izuzetno redak i teško predvidljiv, sa ozbiljnim globalnim zdravstvenim, ekonomskim i socijalnim posledicama, pokazujući kako iznenadni zdravstveni događaji mogu imati dubok i širok uticaj na globalnom nivou.

"Dragon King[10]**"** događaji su **e**kstremni i retki događaji koji se izdvajaju po svojoj veličini, uticaju ili mehanizmu nastanka od drugih događaju i izazivaju ogromne posledice, često nadmašujući sve prethodne modele i očekivanja. Termin je uveo Didier Sornette, profesor koji se bavi teorijom rizika, kako bi opisao događaje koji su veći i ozbiljniji nego što bi se očekivalo na osnovu standardnih teorija distribucije rizika (kao što je teorija crnog labuda, koju je popularizovao Nassim Taleb). Dok "crni labudovi" predstavljaju neočekivane događaje sa velikim posledicama, "dragon king" događaji su još ređi i obično nastaju usled

[9] Crni labud
[10] Kralj zmajeva

specifičnih uslova ili akumuliranih tenzija u sistemu. U nekim slučajevima, ovi događaji mogu biti donekle predvidivi, jer nastaju usled određenih uzročnih obrazaca, što ih razlikuje od potpuno slučajnih i nepredvidivih "crnih labudova". Dot-com balon 2000. godine, berzanski kolaps vezan za preterane vrednosti internet kompanija krajem 1990-ih je još jedan primer "dragon king" događaja, jer je pad bio izuzetno velik i imao globalne posledice. Zemljotres u Indijskom okeanu 2004. godine i posledični cunami su uzrokovali ogromne gubitke, uništenje i ljudske žrtve koje su bile nesrazmerne. Inflacija koja je kulminirala u 2008. godini u Zimbabveu dostigla je nezamislive nivoe i uzrokovala pad vrednosti novca i ekonomsku propast zemlje. To je bio sistemski ekonomski kolaps mnogo veći nego što bi se moglo očekivati u uobičajenim uslovima. Takođe, bankrot investicione banke Lehman Brothers 2008. godine bio je katalizator globalne finansijske krize, sa nesrazmernim uticajem na čitav finansijski sektor i šire.

Jedna od najgorih industrijskih katastrofa u istoriji, Bhopal katastrofa 1984. godine, kada je curenje metil izocijanata iz fabrike pesticida u Indiji uzrokovalo hiljade smrti i trajno zagađenje, može se ubrojati u "dragon king" događaje (Eckerman, 2004).

Nemodelirani rizici su teško kvantifikativno procenjivi zbog nedostatka podataka ili zbog njihove retkosti. Primeri uključuju velike vulkanske erupcije ili udare asteroida, koji su retki ali mogu imati katastrofalne posledice. Ovakvi rizici su izazovni za analizu jer se događaju retko ili su čak bez presedana u savremenoj istoriji, što otežava njihovo modelovanje i procenu verovatnoće.

Jedna od najvećih vulkanskih erupcija u zabeleženoj istoriji, erupcija vulkana Tambora (1815), dovela je do takozvane "godine bez leta" zbog ekstremnih klimatskih promena prouzrokovanih izbacivanjem pepela i gasova u atmosferu. Takve erupcije se dešavaju veoma retko, što znači da postoji vrlo malo istorijskih podataka na osnovu kojih se mogu proceniti verovatnoće i potencijalni uticaji budućih sličnih događaja. Super vulkani, poput onog ispod Nacionalnog parka Yellowstone u SAD-u, predstavljaju ogroman rizik zbog svoje veličine i snage. Međutim, pošto su ovi događaji izuzetno retki i desili su se samo nekoliko puta u geološkoj istoriji, kvantifikacija rizika je veoma teška.

Iako je bio relativno mali u poređenju sa potencijalno katastrofalnim udarima, eksplozija meteora iznad Čeljabinska u Rusiji 2013. godine oslobodila je energiju ekvivalentnu nuklearnoj bombi, povredila je više od 1.500 ljudi i izazvala veliku materijalnu štetu. Ovakvi događaji su retki, a veći asteroidi bi mogli imati katastrofalne posledice ako bi udarili u naseljeno područje.

Najjača zabeležena geomagnetska oluja u istoriji koja je izazvala poremećaje u telegrafskom sistemu širom sveta je Karingtonov događaj (1859). Danas, slična oluja bi mogla da izazove značajne poremećaje u elektroenergetskim mrežama, satelitskim komunikacijama i GPS sistemima. Iako postoje modeli za procenu učestalosti geomagnetskih oluja, izuzetno je teško precizno kvantifikovati verovatnoću i posledice događaja takve magnitude.

Efikasno upravljanje makrokatastrofalnim rizicima zahteva inovativne pristupe i saradnju na međunarodnom nivou. Osiguranja, vlade i međunarodne organizacije moraju raditi zajedno na razvijanju strategija koje uključuju raznolike alate upravljanja rizikom, kao što su prenos rizika putem osiguranja i reosiguranja, NatCat obveznice i novi modeli za procenu rizika. S obzirom na globalnu prirodu ovih rizika, potrebno je i poboljšanje regulative i standarda za upravljanje rizikom, kao i razvoj međunarodnih mreža za brzi odgovor i oporavak nakon katastrofa. Takođe, potrebno je jačanje lokalnih kapaciteta za ublažavanje posledica katastrofa i razvoj održivih zajednica koje mogu efikasno da odgovore na ove izazove.

3. OSIGURANJE I REOSIGURANJE: ULOGA I FUNKCIJA

U ovom delu rada biće dat pregled osnovnih koncepata i funkcija osiguranja i reosiguranja, kao i njihove međusobne povezanosti. Osiguranje i reosiguranje su ključne komponente finansijskog sektora koje omogućavaju zaštitu pojedinaca, kompanija i institucija od različitih vrsta rizika. Dok se osiguranje bavi pružanjem pokrića od određenih rizika osiguranicima, reosiguranje omogućava osiguravačima da prenesu deo svojih rizika na reosiguravajuća društva.

3.1. Osiguranje

Osiguranje je finansijska usluga koja omogućava pojedincima i pravnim licima da se zaštite od rizika i nesigurnosti. Osiguranje je višedimenzionalni koncept, pa nije jednostavno dati jednu definiciju koja obuhvata sve aspekte. Kompleksnost osiguranja ogleda se i u različitim mogućim pristupima definisanju, kao što su ekonomski, tehnički i pravni pristup. Najšire prihvaćena definicija osiguranja opisuje ga kao mehanizam za uzajamno i solidarno podnošenje šteta koje će nastati kod malog broja osiguranih subjekata, a kao rezultat nepredvidivih rizika (Zweifel & Eisen, 2012). Autori Baranoff et al. (2013) definišu osiguranje kao aktivnost zasnovanu na uzajamnosti i teoriji verovatnoće. Vaughan & Vaughan (2020) ističe dva ključna aspekta osiguranja: prenos rizika sa pojedinca na grupu i ravnomerno raspoređivanje gubitaka na sve članove zajednice. U suštini, osiguranje predstavlja ugovor (polisu) između osiguranika i osiguravača, prema kojem osiguranik plaća premiju osiguravaču u zamenu za finansijsku kompenzaciju u slučaju nastanka određenog štetnog događaja (Gollier, 2003). Štetni događaji mogu uključiti gubitak imovine, prirodne katastrofe, nesreće, bolest i druge nepredviđene okolnosti.

Različite definicije osiguranja naglašavaju različite aspekte u zavisnosti od potreba autora, ali se u osnovi svi slažu da osiguranje uključuje sledeće ključne elemente: prenos rizika na osiguravača, princip uzajamnosti, adekvatnu procenu verovatnoće realizacije rizika i mogućih šteta, rešavanje i isplata odštetnih zahteva.

Osnovna funkcija osiguranja je prenos rizika sa osiguranika na osiguravača. Osiguravači akumuliraju premije od velikog broja osiguranika i koriste taj fond da isplate potraživanja onima koji su pretrpeli gubitke. Ova funkcija omogućava pojedincima i organizacijama da se zaštite od velikih finansijskih gubitaka koje bi sami teško mogli da podnesu (Swiss Re, 2019). Osim toga, osiguranje igra ključnu ulogu u stabilizaciji ekonomije, jer pruža sigurnost i predvidljivost, omogućavajući kontinuitet poslovanja.

Postoje brojne podele na vrste osiguranja, ali ne postoji opšteprihvaćena podela i često je zakonski određena. Osiguranje se može podeliti na različite vrste, u zavisnosti od predmeta osiguranja, prirode rizika koje pokriva, načina nastanka, kao i drugih kriterijuma, ali jedna od osnovnih podela je na životna i neživotna osiguranja. Osiguranje od posledica prirodnih katastrofa je vrsta neživotnog osiguranja, jer pruže zaštitu od rizika koji utiču na imovinu, odgovornost ili događaje koji ne uključuju ljudski život u kontekstu smrtnosti ili doživljenja. Ovo osiguranje konkretno pokriva materijalne štete na imovini (kao što su kuće, zgrade, infrastruktura) i finansijske gubitke koji proizlaze iz takvih katastrofa. Uprkos tome što katastrofe mogu indirektno uticati na ljudske živote, fokus ovog osiguranja je prvenstveno na materijalnim štetama i finansijskom gubitku. Dakle, za razliku od životnog osiguranja, koje obuhvata rizike povezane sa smrću, invaliditetom ili doživljenjem, osiguranje od posledica prirodnih katastrofa pokriva imovinske i druge ekonomske posledice katastrofalnih događaja.

Kako bi osiguranje ispunilo svoju osnovnu ulogu pružanja sigurnosti osiguranicima, neophodno je obezbediti dovoljan iznos novčanih sredstava za rešavanje i isplatu odštetnih zahteva. Osiguravajuća kompanije do tih sredstava dolaze kroz naplatu premija koja predstavlja cenu osiguranja i to je način za prenos rizika na osiguravajuće društvo. Takođe, dodatni prihodi se ostvaruju ulaganjem na finansijskom tržištu. Sa tehničkog aspekta, osiguranje mora uspostaviti ravnotežu između tri ključna elementa: premije osiguranja, rizika i isplata po osnovu odštetnih zahteva. Održavanje ove ravnoteže omogućava osiguravajućem društvu da ispuni obaveze prema osiguranicima, osigura finansijsku stabilnost i istovremeno ostane konkurentno na tržištu.

Procena rizika je ključna za određivanje adekvatnih premija, kao i za održavanje stabilnosti osiguravajućeg fonda. Pojmovi rizik i neizvesnost često se koriste kao sinonimi, ali između njih postoji suštinska razlika. Autori LeRoy & Singell (1987) su objasnili Najtovu[11] neodređenost. Naime, Najt je naglasio da se rizik i neizvesnost razlikuju po mogućnosti merenja i predviđanja – dok je rizik merljiv i procenjiv, neizvesnost je mnogo subjektivnija i ne može se lako kvantifikovati. Neizvesnost je najbolje razumeti kao suprotnost izvesnosti. Izvesnost znači sigurnost da će se nešto dogoditi, dok neizvesnost podrazumeva sumnju i nesigurnost u ishod. Rizik je objektivan jer se može meriti i kvantifikovati. Recimo, kada osiguravač procenjuje rizik i koristi istorijske podatke o štetama kako bi izračunao verovatnoću realizacije rizika, u ovom slučaju, rizik je merljiv i osiguravač može odrediti premiju zasnovanu na toj verovatnoći. S druge strane, neizvesnost je subjektivna jer ne postoji način da se tačno izmeri ili predvidi budući ishod.

Ambigvitet se odnosi na dodatnu složenost kada nema jasne verovatnoće za neki događaj. Kod ambigviteta, postoji ne samo neizvesnost o budućem ishodu, već i nesigurnost u pogledu samih verovatnoća. U osiguranju, to znači da osiguravač ne može pouzdano odrediti premiju jer nema dovoljno podataka ili jasnu predstavu o verovatnoćama. Takva situacija može obeshrabriti osiguravača da pruži osiguranje za određeni rizik ili da premiju postavi veoma visoko.

Nedostatak predvidljivosti i uticaj na osiguranje ambigvitetnih rizika

Kao što je već napomenuto, neki rizici nemaju jasnu verovatnoću pojavljivanja jer ili nedostaju podaci o ranijim događajima ili postoji neadekvatno naučno razumevanje prirode tih rizika. Primera radi, ne može se lako odrediti tačna verovatnoća ozbiljnog curenja u nuklearnoj elektrani ili prenosa „bolesti ludih krava“ na ljude ili prosečnog porasta globalne temperature za više od 2,8 °C u narednom veku. Odsustvo podataka ili naučne utemeljenosti otežava izračunavanje premije osiguranja jer nema jasne istorijske osnove za procenu

[11] Frank Knight - ekonomista koji je formalizovao razliku između rizika i neizvesnosti u svojoj knjizi iz 1921. godine, Rizik, neizvesnost i profit.

verovatnoće ovih događaja. S tim u vezi, Cabantous (2003) je izveo eksperiment dajući zadatak Francuskim osiguravačima da odrede cenu za dva različita rizika:

- Rizik 1: Postoji jasno utvrđena, nesporna verovatnoća od 0,2% da će se dogoditi određena šteta (gubitak).
- Rizik 2: Verovatnoća za isti gubitak je nepoznata i varira između 0,1% i 0,3%, pri čemu nije sigurno koji će se scenario desiti.

Iako oba rizika imaju sličnu očekivanu vrednost (jer se srednja vrednost verovatnoća može smatrati istom), osiguravači su procenili Rizik 2 gotovo dvostruko skuplje od Rizika 1. Tako je Rizik 1 imao prosečan dodatak sigurnosti od 35% na osnovnu cenu, dok je Rizik 2 imao dodatak od čak 78% zbog neizvesnosti.

Razlika u dodatku za rizik pokazuje da osiguravači često favorizuju „najgori scenario“ kad se suoče s nepoznatim rizicima. Ovakvo ponašanje naziva se averzija prema ambigvitetu – osiguravači su skloniji da traže višu premiju kad je verovatnoća neizvesna. Visoke premije koje proističu iz averzije prema ambigvitetu mogu smanjiti potražnju za osiguranjem, jer osiguranici ne žele da plate premiju koja je povećana zbog nesigurnosti osiguravača. Ako osiguranik i osiguravač imaju isti stepen averzije prema neizvesnosti, ne bi trebalo da nastane problem – premija bi odražavala stvarni “doživljaj” rizika obe strane. Međutim, istraživanja pokazuju da osiguravači često imaju veću averziju prema ambigvitetu od osiguranika (npr. Kunreuther, et al. 1993), što može uzrokovati dodatne probleme. Averzija osiguravača prema ambigvitetu može proizaći i iz pristrasnosti. Naime, osiguravači su strože “kažnjeni” kada potcene rizik i ostvare gubitke nego kada precene rizik. Ako osiguravač potceni rizik i dođe do štete, kompanija se suočava sa velikim gubicima, kao u slučajevima azbesta u SAD ili skandala sa kontaminiranom krvlju u Francuskoj. U većini slučajeva, ukoliko se rizik preceni, dobit se često ne ističe i menadžment to obično ne primećuje kao problem.

Osiguranje se razvija na naučnoj osnovi primenom naprednih statističkih i matematičkih metoda za procenu rizika i određivanje visine premija. Aktuarska matematika igra ključnu ulogu, jer omogućava osiguravačima da koriste istorijske podatke i statističke modele kako bi kvantifikovali verovatnoću pojave različitih rizika i odredili potrebne rezerve za buduće isplate šteta.

Matematičke teorije koje se bave neizvesnošću i neodređenostima kao što su teorija neizvesnosti, teorija mogućnosti, fazi teorija i dr. su evoluirale tokom poslednjih nekoliko decenija, nadovezujući se na klasičnu teoriju verovatnoće. Navedene teorije su razvijene kako bi opisale i modelovale situacije u kojima informacije nisu potpune, precizne ili pouzdane. Ove teorije se sve više koriste u mnogim disciplinama, uključujući veštačku inteligenciju, ekonomiju, statistiku, inženjering i donošenje odluka, naročito u delu izbegavanja subjektivnosti u donošenju odluka.

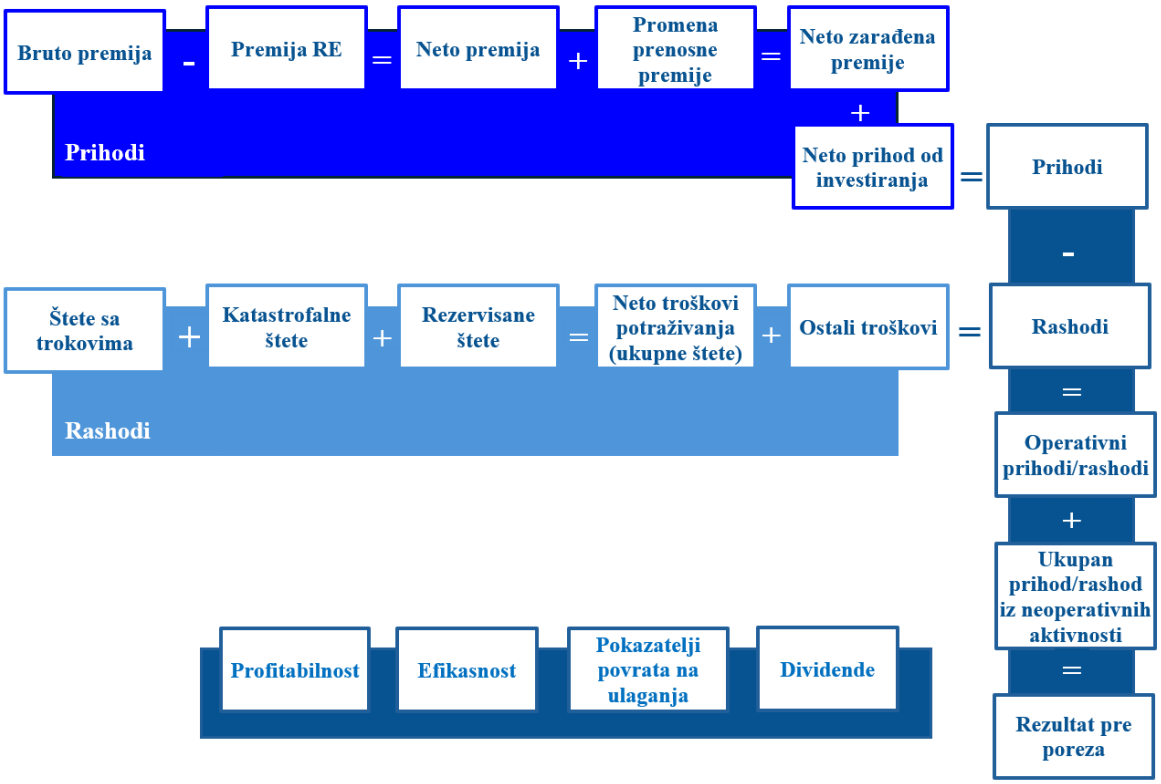
Pored standardnih metoda, sve češće se primenjuje i fazi matematika, koja omogućava procenu neizvesnih i nejasnih podataka, posebno kada su dostupne informacije nepotpune ili neprecizne. Fazi pristup koristi fazi skupove i fazi logiku za modeliranje subjektivnih i nesigurnih informacija, što može pomoći aktuarima da preciznije procene rizike u uslovima nesigurnosti i donošenja odluka u situacijama kada su podaci nedovoljno definisani. Teorija neodređenosti takođe igra značajnu ulogu u proceni rizika u osiguranju. Koristi se za kvantifikaciju i razumevanje neizvesnosti u procenama gde nije moguće izračunati precizne verovatnoće, kao što su katastrofalni događaji ili rizici s ograničenom istorijskom osnovom. Neodređenost u verovatnoćama, kao što je predviđanje posledica prirodnih katastrofa ili pandemija, može se modelirati kroz teoriju neodređenosti, što omogućava osiguravačima da pristupe ovim situacijama s više opreza.

3.1.1. Pokazatelji poslovanja osiguravajućih društava za neživotno osiguranje

Finansijske komponente, metrike i tokovi koji utiču na performanse osiguravajućeg društva su prikazane na slici 3.1.1. Ovaj dijagram pruža sveobuhvatan pregled finansijskih tokova i ključnih metrika koje se koriste za ocenu performansi osiguravajućeg društva, kako bi se ocenila njegova profitabilnost, efikasnost i sposobnost ostvarenja dobiti.

Ključni element prihoda osiguravajućeg društva je bruto premija (fakturisana premija), odnosno ukupan iznos premija koje osiguravač naplaćuje za osiguranje u određenom periodu. Ova metrika je osnovna u osiguranju i ukazuje na obim posla koji je osiguravač prihvatio. Deo bruto premije koji osiguravač prenosi na reosiguravača kao deo upravljanja rizikom je

premija reosiguranja. Bruto fakturisana premija umanjena za cedovane premije reosiguravaču je neto premija i to je premija koju osiguravač zapravo zadržava nakon prenosa rizika na reosiguravača. Razlika između fakturisanih premija koje nisu zarađene tokom određenog perioda su promene u prenosnoj premiji (nezarađenoj premiji). Ove premije će biti priznate kao prihod u budućnosti. Neto zarađena premija (merodavna premija) je ključna metrika koja pokazuje stvarni prihod osiguravača za pruženo pokriće tokom posmatranog perioda.



Slika 3.1.1. Finansijske komponente, metrike i tokovi koji utiču na performanse osiguravajućeg društva

Izvor: Autor

Prihod koji osiguravač ostvaruje investiranjem svojih sredstava (npr. rezervi, kapitala) u različite finansijske instrumente je neto prihod od investicija. Zbir neto zarađene premije i neto prihoda od investicija je ukupni prihod osiguravajuće kompanije.

Rashodi osiguravajućeg drušva su troškovi za štete uključujući i troškove obrade tih potraživanja, kao i troškovi povezani sa velikim gubicima uzrokovanim katastrofalnim

događajima. Ovo su često izuzetno veliki iznosi koji mogu značajno uticati na finansijsko stanje osiguravača. Ovaj deo uključuje i ponovne procene rezervi, tj. prilagođavanja rezervi za potraživanja (iznosi koje osiguravač očekuje da će platiti u budućnosti) na osnovu novih procena budućih isplata. Operativne troškove čine troškovi poslovanja, uključujući troškove pribave i opšte administrativne troškove. Ukupan prihod/rashod iz neoperativnih aktivnosti odnosi se na prihode ili rashode koji nisu direktno vezani za osnovnu delatnost osiguranja, tj. pružanje osiguravajućih usluga. Rezultat pre poreza čini zbir operativnog rezultata i neoperativnog rezultata. Ovo je ukupni rezultat poslovanja kompanije pre oporezivanja.

Među osnovnim pokazateljima poslovanja koje osiguravajuće društvo prati su profitabilnost, efikasnost, povrat na ulaganje i isplate dividendi.

Profitabilnost osiguravajućih kompanija meri se različitim pokazateljima, od kojih su profitna margina i margina profitabilnosti pre oporezivanja ključni. Ovi pokazatelji pomažu da se oceni koliko efikasno osiguravač upravlja svojim poslovanjem u odnosu na troškove i koliko uspešno ostvaruje profit u odnosu na prikupljenu premiju. Prema stručnjacima iz oblasti osiguranja, prosečna profitna margina je od 2% do 10%.

Pokazatelji efikasnosti osiguravajućeg društva mogu biti različiti raciji, kao što su racio šteta, kombinovani racio, racio šteta u samopridržaju, racio samopridržaja, CAT racio i dr.

Racio šteta je odnos merodavnih šteta i merodavne premije i pokazuje koliko efikasno osiguravač upravlja štetama u odnosu na prihod od premija. Visok racio šteta znači da značajan deo premija odlazi na pokriće šteta. Nizak racio šteta obično ukazuje na profitabilnije poslovanje, ali ako je prenizak, može značiti da osiguravač nije dovoljno konkurentan u postavljanju premije osiguranja. Racio šteta u samopridržaju je količnik merodavnih šteta u samopridržaju i merodavne premije u samopridržaju. Racio pokazuje koliko uspešno osiguravač upravlja sopstvenim rizikom kroz pokriće šteta iz premija koje zadržava. Ovaj pokazatelj je važan jer daje uvid u politiku cena i dovoljnost premija u odnosu na stvarne štete i rizike koje osiguravač snosi, kao i adekvatnost prenosa rizika na reosiguranje i/ili u saosiguranje.

Racio retencije premije i racio samopridržaja se odnose na sličan koncept, ali nisu identični i imaju različite naglaske u analizi rizika koji osiguravač zadržava u svom portfoliju u poređenju sa rizicima prenetim na reosiguranje ili saosiguranje.

Racio retencije premije meri udeo merodavne premije u samopridržaju u ukupnoj merodavnoj premiji. Ovaj pokazatelj daje uvid u to koliki procenat ukupno prikupljene premije osiguravač zadržava u svom portfelju za pokriće rizika, a koliko prenosi na reosiguranje ili suosiguranje, odnosno koristi se kao indikator politike prenosa rizika na reosiguranje ili saosiguranje. Visok racio retencije premije znači da osiguravač zadržava veći deo premije (i rizika) u svom portfoliju, čime preuzima veću odgovornost za pokriće potencijalnih šteta. Nizak racio retencije premije ukazuje na to da osiguravač prenosi značajan deo rizika na reosiguranje ili suosiguranje, što može smanjiti njegovu izloženost štetama.

Racio samopridržaja je sličan pokazatelj, ali se prvenstveno fokusira na procenat premija koje osiguravač zadržava za rizike koje direktno snosi. To je mera interne politike osiguravača u pogledu zadržanog rizika i koristi se za razumevanje stepena samostalnosti osiguravača u upravljanju rizicima bez oslanjanja na reosiguranje. Racio samopridržaja se računa na sličan način kao racio retencije premije, ali ima širi značaj u analizi kapaciteta osiguravača da snosi preuzete rizike i može uključivati dodatne parametre u zavisnosti od poslovne politike osiguravača.

Racio samopridržaja ima širi kontekst od racija retencije premije i može uključivati dodatne pokazatelje o strukturi premija, kapacitetima osiguravača i strategiji rizika, te je često bliže povezano sa internim procenama i politikama zadržavanja rizika. Ukratko, racio retencije premije može se posmatrati kao deo racia samopridržaja, ali racio samopridržaja često pruža detaljniji uvid u sposobnost i politiku osiguravača u zadržavanju rizika i odgovornosti za preuzete obaveze.

Kombinovani racio je količnik zbira merodavnih šteta i merodavnih troškova sprovođenja osiguranja i merodavne premije, tj. kombinovani racio je zbir racia šteta i racia troškova. To je opšti pokazatelj operativne efikasnosti osiguravača. Ako je kombinovani racio ispod jedan, osiguravač posluje profitabilno jer troškovi i štete čine manje od 100% premije.

Kombinovani racio u samopridržaju je važan pokazatelj profitabilnosti osiguravajućih društava i pokazuje u kojoj meri osiguravač može da pokrije troškove i štete isključivo iz premija koje je zadržao, bez oslanjanja na prihode od investicija. Ovaj racio je specifičan jer se odnosi na deo poslovanja koji osiguravač sam snosi, bez oslanjanja na reosiguranje.

Kombinovani racio u samopridržaju izračunava se kao:

„zbir troškova koji uključuju merodavne štete u samopridržaju, troškove sprovođenja osiguranja umanjene za proviziju od reosiguranja i retrocesije u odnosu na merodavne premije u samopridržaju“.[12]

Vrednost kombinovanog racija u samopridržaju manja od jedan ukazuje na to da osiguravajuće društvo može da pokrije sve zadržane štete i troškove upravljanja osiguranjem samo iz prikupljene premije u samopridržaju, bez oslanjanja na dodatne prihode od investicija. To znači da je poslovanje u osnovi profitabilno i da bi premija mogla biti dovoljna za pokriće troškova i obaveza. Vrednost kombinovanog racija u samopridržaju iznad jedan ukazuje na to da prihod od premija nije dovoljan da pokrije štete i troškove osiguranja. U tom slučaju, osiguravajuće društvo se verovatno oslanja na prihode od investicija (kao što su dobit od nekretnina i finansijskih ulaganja) da bi nadoknadilo troškove. Ovo može biti rizično u nestabilnim tržišnim uslovima, jer ulaganja mogu imati promenljive prinose i nositi rizike kao što su tržišni rizik i rizik neispunjenja obaveza druge ugovorne strane[13].

CAT racio pokazuje odnos između šteta prouzrokovanih katastrofalnim događajima i ukupnih premija. Ovaj pokazatelj koristi se da bi se razumelo kolika je izloženost osiguravača prema katastrofalnim rizicima. Visok CAT racio ukazuje na značajnu izloženost katastrofalnim rizicima, što može ugroziti solventnost osiguravača. CAT racio je ključan u analizi rizika, jer pokazuje koliko su katastrofalni događaji opterećujući za osiguravajuće društvo i koliko bi efikasno društvo moglo da odgovori na takve situacije kroz rezervisanje ili reosiguranje.

Pokazatelji povrata na ulaganja su ROE (povrat na kapital), prinos od investicija i dr.

[12] NBS: https://www.nbs.rs/sr/finansijske-institucije/osiguranj
[13] NBS: https://www.nbs.rs/sr/finansijske-institucije/osiguranje

Odnos neto rezultata i ukupne aktive (ROA[14]) je pokazatelj profitabilnosti koji meri koliko efikasno osiguravajuće društvo koristi svoju ukupnu imovinu (aktivu) da ostvari profit. U kontekstu osiguranja, ovaj pokazatelj pokazuje koliko je uspešno društvo u generisanju dobiti, ne samo iz osnovnog poslovanja (osiguranja), već i iz investicija i drugih poslovnih aktivnosti. Ovaj pokazatelj je izračunava kao količnik neto rezultata posle oporezivanja (predstavlja profit koji je društvo ostvarilo nakon odbitka poreza) i ukupne aktive. Visok ROA ukazuje na efikasno korišćenje imovine, tj. da osiguravač uspeva da generiše visok prihod u odnosu na vrednost imovine kojom raspolaže. Pozitivan pokazatelj ukazuje da društvo dobro upravlja svojim resursima i ostvaruje povrat na ono što poseduje. Nizak ROA može ukazivati na to da društvo ne koristi optimalno svoju imovinu za ostvarivanje dobiti, što može značiti slabiju profitabilnost ili veće troškove u odnosu na imovinu. ROA u osiguranju je posebno koristan jer meri ukupnu profitabilnost u svim segmentima poslovanja, uključujući:

- Poslove osiguranja – osnovnu delatnost, koja uključuje prikupljanje premija i isplatu šteta.
- Investicione aktivnosti – kao što su prihodi od ulaganja u hartije od vrednosti, nekretnine ili druge investicione fondove.
- Ostale aktivnosti – sve druge poslovne delatnosti koje mogu doprineti ukupnoj dobiti društva.

Pokazatelji isplata dividendi uključuje procenat prihoda koji se isplaćuje akcionarima kroz dividende.

U tabeli 3.1.1 su prikazani neki od pomenutih pokazatelja poslovanja društava za osiguranje iz Republike Srbije koja se većim delom bave poslovima neživotnog osiguranja za period 2020-2023. godine.

Racio šteta u samopridržaju pokazuje kontinuiran rast tokom analiziranih godina, od 45,8% u 2020. godini do 58,8% u 2023. godini. Ovaj porast može ukazivati na sve veće troškove

[14] Eng. Return on Assets.

šteta koje osiguravač pokriva iz sopstvenih sredstava ili sa druge strane slabiji rast merodavne premije.

Tabela 3.1.1. Pokazatelji poslovanja društava za neživotno osiguranje u Srbiji.

Godina / Pokazatelj	2020.	2021.	2022.	2023.
Racio šteta u samopridržaju	0,458	0,489	0,552	0,588
Kombinovani racio u samopridržaju	0,793	0,853	0,934	0,934
Racio retencije premije	0,812	0,798	0,773	0,757
RoA	4,7%	3,8%	2,4%	2,7%

Izvor: Autor na osnovu izveštaja NBS (https://www.nbs.rs)

Kombinovani racio u samopridržaju takođe raste od 2020. do 2022. godine, sa 79,3% na 93,4%, ali ostaje stabilan u 2023. na nivou od 93,4%. Porast kombinovanog racija do 2022. godine sugeriše da su troškovi osiguravajućeg društva u samopridržaju (uključujući merodavne štete u samopridržaju i TSO umanjene za proviziju od reosiguranja i retrocesija) značajno porasli u odnosu na zadržane premije. Stabilnost ovog pokazatelja u 2023. godini može ukazivati na određenu kontrolu nad troškovima, ali ukazuje na njihov visok nivo, blizu granice profitabilnosti.

Racio retencije premije opada svake godine, sa 81,2% u 2020. godini na 75,7% u 2023. godini i ukazuje na obim prenosa rizika i primljenih rizika.

ROA opada od 2020. do 2022. godine, sa 4,7% na 2,4%, ali beleži blago povećanje u 2023. na 2,7%. Ovaj pad pokazuje da je profitabilnost osiguravača u odnosu na ukupnu imovinu smanjena tokom godina, što može biti posledica većih troškova šteta (koji su povećali racio šteta u samopridržaju) ili smanjenih prihoda od investicija. Blagi rast u 2023. sugeriše da su društva možda uspela da povećaju efikasnost upravljanja imovinom ili povećala profitabilnost kroz neke dodatne mere.

CARMEL pokazatelji poslovanja osiguravajućih društava služe za procenu finansijske stabilnosti, profitabilnosti, likvidnosti i upravljanja rizicima. Ovi pokazatelji su razvijeni

prema metodologiji MMF-a[15] i obuhvataju šest ključnih kategorija: „Adekvatnost kapitala, Kvalitet imovine, Reosiguranje i aktuarske pozicije, Kvalitet upravljačke strukture, Zarade i profitabilnost i Likvidnost." U nastavku će detaljnije biti objašnjena dva pokazatelja - Reosiguranje i aktuarske pozicije i Zarada i profitabilnost.

CARMEL pokazatelji reosiguranja i aktuarskih pozicija uključuju:

- Merodavna premija u samopridržaju / Merodavna ukupna premija: Količnik ukupnih premija u samopridržaju i ukupne premije pokazuje koliko kompanija koristi reosiguranje. Niska vrednost sugeriše da se osiguravač oslanja na reosiguravača, dok visoka vrednost znači veći preuzeti rizik.
- Tehničke rezerve u samopridržaju / Prosečne rešene štete: Ovaj pokazatelj prikazuje pokrivenost prosečnih šteta kroz tehničke rezerve, što je ključno za stabilnost društva u vanrednim situacijama.
- Tehničke rezerve u samopridržaju/ Prosečna premija: Sličan prethodnom pokazatelju, pokazuje koliko su rezerve dovoljne u poređenju sa prosečnom premijom. Veći odnos znači bolju pokrivenost, posebno u slučaju neočekivanih gubitaka.

CARMEL pokazatelji profitabilnosti mere efikasnost i održivost profita:

- Merodavne štete / Merodavna premija: Mera sposobnosti osiguravača da pokrije štete premijama. Visoka vrednost može značiti da društvo ima teškoće sa pokrivanjem zahteva za štetama.
- Troškovi sprovođenja osiguranja / Merodavna premija: Mera troškova koji prate sprovođenje osiguranja. Visoke vrednosti pokazuju da troškovi sprovođenja osiguranja utroše značajan deo premija.
- Investiciona dobit / Merodavna premija: Prikazuje koliko osiguravač ostvaruje iz investicija kao dodatni prihod. Visoke vrednosti signaliziraju uspešnu investicionu politiku.

[15] https://www.nbs.rs/sr/finansijske-institucije/osiguranje

- Kombinovani pokazatelji prethodnih je mera za profitabilnost osiguranja bez prihoda od investicija i ukupnu profitabilnost društva.
- Dodatni pokazatelji uključujući troškove likvidacije šteta, investicioni prinos na prosečna investiciona sredstva, i različite pokazatelje neto profita u odnosu na kapital, zaposlenost i ukupnu aktivu.

3.2.2. Osiguranje od katastrofalnih rizika

Katastrofalni rizici predstavljaju izazov za osiguranje. Potencijal ovih rizika da dovedu do velikih i često povezanih gubitaka, kao i složenost i relativna retkost mnogih tipova katastrofalnih događaja, često ne zadovoljavaju tradicionalne kriterijume za "osigurljiv rizik". Ovaj problem je dodatno pojačan niskim stepenom pokrivenosti osiguranjem ovih rizika. U studiji OECD-a (OECD, 2021) se navodi da procenat katastrofalnih gubitaka koji su neosigurani dostiže i do 60% za prirodne katastrofe, 85% za sajber rizike i više od 99% za gubitke u poslovanju prouzrokovane epidemijama zaraznih bolesti.

U mnogim zemljama su uspostavljeni programi osiguranja od katastrofalnih rizika kako bi se odgovorilo na neke od izazova osiguranja katastrofalnih rizika. Programi se razlikuju, od tipova osiguravajućeg pokrića, obima pokrivenih rizika i osiguranika, do strukture cena primenjene pri određivanju premija. Takođe, ovi programi mogu biti obavezni, a mogu uključiti i različite nivoe deljenja gubitaka između sektora osiguranja i reosiguranja, kao i veću ili manju uključenost države. Različite karakteristike programa imaju različite uticaje na dostupnost i pristupačnost osiguranja od katastrofalnih događaja.

Razne studije i analize (Melecky i Raddatz, 2011; Von Peter, et al., 2012) su pokazale da osiguranje značajno doprinosi smanjenju ekonomskih posledica od katastrofalnih događaja, posebno prirodnih katastrofa, i utiče na visinu poreza, kreditni rejting države i dr. Studija (Cambridge Centre for Risk Studies i AXA XL, 2020) je ispitivala ekonomske posledice preko sto katastrofalnih događaja i ukazala na to da se zemlje sa višim nivoom pokrivenosti osiguranjem oporavljaju u proseku za jednu godinu, dok se one sa nižim nivoom suočavaju sa prosečnim periodom oporavka od četiri godine. Međutim, za brojne katastrofalne rizike,

bilo zbog ograničene ponude ili ograničenog interesovanja, tržišta osiguranja ne obezbeđuju značajnu pokrivenost. Nivo pokrivenosti osiguranjem je nizak u mnogim zemljama za brojne katastrofalne rizike. Tako, zdravstvena kriza izazvana COVID-19 je ukazala na nizak nivo pokrivenosti osiguranjem za određene tipove gubitaka nastalih zbog izbijanja zaraznih bolesti.

Kako bi određeni rizik bio osigurljiv potrebno je da karakteristike rizika ispunjavaju određene kriterijume za osiguranje (Berliner, 1982). Uobičajeno se ovi kriterijumi klasifikuju u tri kategorije:

Aktuarski kriterijumi:

(i) Pojava rizika mora biti slučajna i nezavisna,
(ii) Rizik mora biti merljiv/kvantifikovan,
(iii) Gubici (maksimalni i prosečni) ne smeju biti preveliki u odnosu na kapacitet pružaoca osiguranja;
(iv) Mora postojati veliki broj nezavisnih i slučajnih rizika koje pokriva pružalac osiguranja, i
(v) Preuzimanje rizika ne bi trebalo da prate značajne asimetrije informacija, moralni hazard i/ili negativnu selekciju.

Tržišni kriterijumi:

(i) Iznos premije koji se može prikupiti za preuzimanje rizika mora biti adekvatan (dovoljnost premije),
(ii) Iznos pokrića (tj. osigurana suma) mora biti prihvatljiv za onog ko traži pokriće.

Društveni kriterijumi:

(i) Pružanje pokrića mora biti u skladu sa društvenim vrednostima,
(ii) Ne sme biti zakonskih ili javnih politika koje sprečavaju pružanje pokrića.

Neki od ovih kriterijuma su nepromenljivi, tj. uvek su isti. Jasno je da rizik čija je pojava pod kontrolom osiguranika nije osigurljiv, dok drugi kriterijumi mogu biti dinamični ili subjektivni. Tako, kapacitet pružaoca pokrića varira tokom vremena, što utiče na prihvatljiv nivo maksimalnog gubitka. Slično tome, sposobnost kvantifikacije rizika (ili percepcija

osiguravača o sposobnosti da kvantifikuje rizik) može se poboljšati tokom vremena ili se može razlikovati među pružaocima pokrića. Osim toga, osiguravač se može odlučiti da naplati višu premiju kako bi nadoknadio neizvesnost u svojoj sposobnosti da tačno kvantifikuje rizik, što može omogućiti da rizik postane osigurljiv, ali po višoj ceni. Takođe, neki od kriterijuma su međusobno povezani, kao što su spremnost ili kapacitet ugovarača osiguranja da plati višu premiju, što dalje utiče na finansijski kapacitet osiguravača. Rizik koji može biti neosigurljiv za jednog pružaoca pokrića možda nije za drugog, što stvara „sivu zonu“ rizika između jasno osigurljivih i jasno neosigurljivih rizika (Berliner, 1985). Dakle, da bi rizik bio “osigurljiv” potrebno je da ispuni aktuarske kriterijume i da bude u skladu sa zakonom, moralom i društvenim interesom.

Nizak nivo pokrivenosti osiguranjem katastrofalnih rizika može biti i zbog cene osiguranja i spremnosti osiguranika da plate za ovo pokriće. Kao što je već istaknuto, katastrofalni događaji dešavaju se relativno retko, ali kada se dogode, mogu uzrokovati ogromne štete. Ovi događaji su manje predvidivi u smislu frekvencije, ali vrlo ozbiljni u pogledu potencijalnih gubitaka, što otežava osiguravačima da precizno izračunaju rizik i cenu osiguranja. Katastrofe često utiču na veliki broj osiguranika istovremeno, pogađajući različite regione i sektore. Kada je mnogo osiguranika pogođeno u isto vreme, osiguravači ne mogu iskoristiti prednosti diversifikacije rizika, na kojima se zasniva model poslovanja osiguranja. Sa druge strane, pošto su katastrofalni događaji relativno retki, mnogi ne osećaju potrebu za osiguranjem, jer im se rizik čini malim. Mogu imati osećaj da je verovatnoća da budu pogođeni minimalne, što smanjuje njihovu spremnost da plate visoku premiju za ovo pokriće. U mnogim slučajevima, veruje se da će, u slučaju velikog katastrofalnog događaja, država pružiti pomoć kroz finansijske kompenzacije ili druge oblike podrške.

U mnogim područjima ili za određene rizike, nema dovoljno istorijskih podataka o prethodnim događajima koji bi omogućili preciznu procenu verovatnoće i veličinu potencijalnih šteta. Zbog toga se osiguravači suočavaju sa visokom neizvesnošću prilikom određivanja cena, što utiče na visinu premije. Kako bi osiguravajuće kompanije bile sposobne da ispune svoje obaveze u slučaju katastrofe, moraju da imaju značajne rezerve i kapital za pokriće šteta. Zbog visokih potencijalnih gubitaka, ovaj zahtev za kapitalom implicira višu

premiju. Previsoka premija, u poređenju sa onim što su osiguranici spremni da plate, odnosno nisu voljni ili nisu u mogućnosti da plate, može dovesti do procene rizika od strane osiguravača kao neosigurljiv bez dodatne podrške države. „Neosigurljivost“ u ovom kontekstu znači da osiguravač ne može ponuditi pristupačno osiguranje bez pomoći države, jer bi se u suprotnom moralo ili značajno smanjiti pokriće ili postaviti premija na nivo koji većina osiguranika ne može platiti. To znači da mnogi osiguranici ostaju nedovoljno pokriveni osiguranjem, dok se neki rizici isključeni iz osiguranja.

U mnogim zemljama su formirani programa osiguranja od katastrofalnih rizika koji su implicirani ili motivisani regulativom koja obavezuju ili osiguranike da pribave osiguranje ili osiguravače da učine pokriće dostupnim za određene rizike. Tako, na Islandu i u nekim švajcarskim kantonima domaćinstva i privreda su u zakonskoj obavezi da osiguraju pokriće za većinu prirodnih katastrofa. Takođe, osiguravači u Norveškoj, Francuskoj i Španiji moraju da uključe pokriće za neke ili većinu prirodnih katastrofa uz osiguranje imovine (OECD, 2021). U Japanu i Kaliforniji, osiguravači moraju ponuditi pokriće za zemljotrese za domaćinstva kao opcioni dodatak polisi osiguranja imovine (ili kao posebnu, samostalnu polisu u slučaju Kalifornije), dok, iako se na Floridi nudi osiguranje od poplava, isključeno je pokriće za prizemlje građevinskog objekta. Takođe, banke često zahtevaju od svojih klijenata da pribave osiguranje za određene katastrofalne rizike.

Programi osiguranja od katastrofalnih rizika mogu imati različit obim pokrića u zavisnosti od ciljeva i specifičnih potreba tržišta – neki pružaju zaštitu od širokog spektra prirodnih katastrofa, dok su drugi usmereni na jedan ili manji broj specifičnih ili povezanih rizika.

Programi koji pokrivaju širok spektar katastrofalnih rizika

Osnivanje ovih programa koji pokrivaju različite prirodne katastrofe zasnovano je na pretpostavci da su ovi rizici suviše veliki i nepredvidivi da bi ih pojedinačni osiguravači sami pokrili bez pomoći. Ovako široki programi često imaju podršku države kako bi obezbedili sveobuhvatnu zaštitu. Programi koji pokrivaju više različitih rizika omogućavaju da osiguranici iz regiona sa manjim rizikom doprinose zaštiti onih koji su izloženi većem riziku. Na primer, stanovnici oblasti manje izložene poplavama mogu delom podržavati pokriće za one koji žive u rizičnijim zonama. Ovi programi omogućavaju bržu reakciju i sveobuhvatnu

podršku u slučaju katastrofe, jer je osiguranje već uspostavljeno za niz različitih rizika. Ovakav pristup može biti praktičan za smanjenje administrativnih troškova i efikasnije upravljanje velikim gubicima.

Programi fokusirani na specifičan rizik ili manji skup povezanih rizika

Ovi programi osiguranja se obično formiraju kao odgovor na specifične nedostatke u dostupnosti ili pristupačnosti osiguranja za pojedinačne rizike. Na primer, u oblastima podložnim zemljotresima, ponekad nema dovoljno ponude osiguranja od zemljotresa zbog visokih troškova i potencijalnih gubitaka. Većina programa fokusiranih na pojedinačni rizik obuhvata zemljotrese (u SAD i poplave), jer mogu biti posebno destruktivni i teški za predviđanje.

Oba pristupa, bilo da se radi o širokom pokriću više rizika ili specifičnom fokusu na jedan rizik ili povezane rizike, imaju različite prednosti i izazove. Programi sa širokim spektrom pokrića omogućavaju veću solidarnost i sistematsku zaštitu stanovništva, ali zahtevaju značajne resurse i često državnu podršku. S druge strane, specijalizovani programi za pojedinačne rizike omogućavaju ciljanu podršku tamo gde je najpotrebnije, ali su obično usmereni na najrizičnije i najteže predvidive događaje.

Programi osiguranja od katastrofalnih rizika se takođe razlikuju u pogledu tipa osiguranika koji imaju pravo na osiguranje, saosiguranje ili reosiguranje u okviru programa. Različiti pristupi u pogledu podobnosti obično su povezani sa različitim ciljevima programa. Tako, neki programi osiguranja od prirodnih katastrofa ograničavaju pravo osiguranja domaćinstvima. Ugovaranje saosiguranja i reosiguranja može osiguravačima omogućiti dostupnost (pristupačnog) pokrića. Saosiguranje se primenjuju u zemljama u kojima je obavezno ovo osiguranje. Slično, neki reosiguravajući programi obezbeđuju pokriće za obavezna osiguranja ili osiguranja koje osiguravači moraju uključiti u ponudu. Uticaj programa saosiguranja i reosiguranja na pristupačnost osiguranja zavisiće od strukture cena za pokriće u okviru saosiguranja i reosiguranja, kao i od udela u pokriću šteta.

U mnogim zemljama šteta od oluje standardno je uključena u polise osiguranja imovine, kao i osiguranje od prekida poslovanja. U zemljama izloženim ciklonskim vetrovima, pokriće može biti dostupno samo kao dodatak polisi (doplatno osiguranje) ili kroz program osiguranja od katastrofalnih rizika ili može biti predmet različitih uslova pokrića. Tako, u Francuskoj i Španiji, šteta od vetrova iznad određene brzine je automatski pokrivena. U Norveškoj je oluja uključena u rizike koje pokriva program kolektivnog osiguranja od katastrofa formiran od strane osiguravajućih kompanija. U Švajcarskoj oluju pokrivaju osiguravači u određeni kantonima koji su osnovali javne entitete.

Pokriće osiguranja za štetu od šumskih požara uključeno je u standardno osiguranje imovine u mnogim zemljama i obično se tretira kao i svaka druga šteta od požara. Osiguranje za rizik od zemljotresa često je dostupno samo kao opcionalni dodatak uz polise osiguranja imovine (bilo za zemljotres samostalno ili za više katastrofalnih rizika). Neka zemlje sa visokom izloženošću riziku uspostavilo je programe osiguranja od katastrofalnih rizika fokusirane na pokriće za zemljotrese, kao što su Japan i Turska.

Osiguranje za štete od poplava je raznovrsnija nego u slučaju oluje i u mnogim zemljama obuhvaćeno je programima osiguranja od katastrofalnih rizika. U Australiji osiguranje domaćinstva uglavnom pokriva poplave uzrokovane rečnim tokovima, dok je npr. u Nemačkoj i Italiji za neke vrste poplava dostupan samo opcioni dodatak, bilo samostalno ili kao deo dodatnog osiguranja od katastrofalnih rizika. Takođe, osiguranje od poplava (ili za neke tipove poplava) nije uopšte dostupno (npr. Holandija) ili je tek nedavno postalo dostupno (npr. Kanada). Višerizični programi osiguranja od katastrofalnih rizika u Francuskoj, na Islandu i u Španiji pokrivaju poplave, kao i kolektivni program osiguranja od katastrofa u Norveškoj. U UK osnovan je program za reosiguranje od poplava (OECD, 2021).

Struktura premija u programima osiguranja od katastrofalnih rizika često nije u potpunosti zasnovana na individualnom nivou rizika za svakog osiguranika. Umesto toga, mnogi programi koriste jednostavnije kriterijume, poput vrednosti osigurane imovine, tržišnog učešća ili šire definisanih zona rizika. Ovaj pristup može imati za cilj podršku solidarnosti među osiguranicima, ili proizlazi iz složenosti ili želje za jednostavnijim načinom određivanja premija. Na taj način premije za visokorizične osiguranike nisu značajno veće

od onih s niskim rizikom. Iako je ova struktura premija povoljnija za osiguranike u visokorizičnim područjima, može uticati na manja ulaganja u prevenciju i smanjenje rizika, jer premija osiguranja u tom slučaju ne odražava pravi nivo rizika. Ujedinjeno Kraljevstvo je uvelo program Flood Re koji transparentno subvencioniše osiguranje za visokorizične nekretnine uz određeni doprinos svih osiguravača. Takođe, ovaj pristup može uticati na popuste na premije tako da ne odgovaraju stvarnom smanjenju rizika, jer takve premije mogu dovesti do nedovoljnih rezervi za pokriće šteta.

U Republici Srbiji osiguranje od prirodnih katastrofa nije obavezno. Jedno od najčešćih osiguranja od prirodnih katastrofa je osiguranje imovine od opasnosti zemljotresa i osiguranje od prekida rada usled opasnosti zemljotresa. Najčešće se ovo osiguranje može ugovoriti samo ako je ta imovina osigurana od opasnosti požara i nekih drugih opasnosti. "Osiguranjem se pruža osiguravajuća zaštita od razornog dejstva zemljotresa koji svojom snagom ošteti ili uništi osiguranu stvar, gde se zemljotresom razornog dejstva smatra zemljotres intenziteta pet i više stepeni prema skali Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS). Obično je određeno uzastopno vremensko trajanje događaja zemljotresa na 72 sata, tj. svi događaji nastali u toku 72 sata se smatraju jednim događajem." [16] Uslovima osiguranja su navedena isključenja iz osiguranja, koja kod različitih osiguravača variraju, ali većinom obuhvataju sledeća isključenja:

- posledice zemljotresa intenziteta manjeg od pet ili manjeg od šest (kod nekih osiguravača) po skali MCS;
- štete od odgovornosti prema trećim licima;
- štete od zemljotresa koji su nastali u rudnicima; štete kao posledica pucanja brana, poplava, lavine, plimnog tala i dr.;
- štete izazvane ljudskom aktivnošću, npr. kao što su eksplozije klasičnih ili nuklearnih naprava; štete koje su prouzrokovane delovanjem nuklearne energije i radioaktivne kontaminacije;
- štete na objektima slabe gradnje, stakla, molersko-farbarski radovi, štete na freskama, mozaicima i drugim ukrasnim dodacima na građevinama;

[16] Milenijum osiguranje a.d.o.

- "koje su prouzrokovane, neposredno ili posredno: ratom, revolucijom, ustankom, minama, torpedima, bombama, ili drugim ratnim oruđem, sabotažom ili terorizmom počinjenim iz političkih pobuda, građanskim nemirima i sl."[17];
- troškovi sanacije tla;
- sve indirektne štete koje su nastale kao posledica zemljotresa, kao što su: provalne kradje, razbojništva, remećenja rada elektronskih uredjaja i slično.

Predmet osiguranja prekida rada usled opasnosti od zemljotresa mogu biti dobit pre oporezivanja i određeni troškovi poslovanja fisknog karaktera.

Premija osiguranja zavisi od zone rizika, kao i tipa građevinskog objekta (stambeni, komercijalni ili industrijski) i obavezna je franšiza.

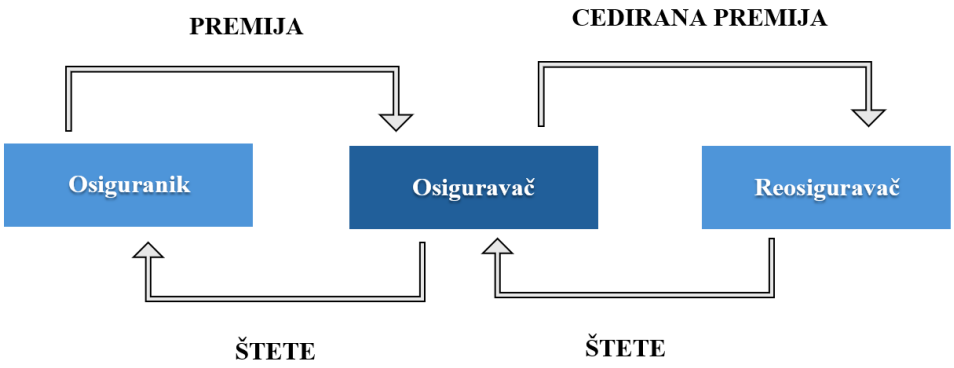
Zone makroseizmičkog intenziteta MCS-Mercalli-Concani-Sieberg su određene prema karti Seizmičkog hazarda Republike Srbije. Karta sa povratnim periodom od 95 godina je data u prilogu 2.

[17] Posebni uslovi za osiguranje imovine od opasnosti zemljotresa, Milenijum osiguranje a.d.o.

3.2. Reosiguranje

Reosiguranje je proces u kojem osiguravač prenosi deo svojih rizika na reosiguravača. Ova praksa omogućava osiguravaču da smanji rizik koncentracije i izloženost velikim potraživanjima, povećava kapacitet preuzimanja rizika, i stabilizuje svoje finansijske rezultate (Culp, 2001). Dakle, osnovni ciljevi reosiguranja uključuju ograničavanje rizika, povećanje kapaciteta osiguravača i stabilnost poslovanja. Reosiguranje omogućava osiguravaču da prihvati više rizika nego što bi mogao sa svojim kapitalom, dok ravnomernija raspodela potraživanja kroz vreme pomaže u održavanju finansijske stabilnosti osiguravača. Reosiguranje doprinosi stabilnosti tržišta osiguranja i pruža sigurnost osiguravačima kada je reč o preuzimanju velikih rizika ili rizika koji imaju potencijalno katastrofalne posledice (Vaughan, 2014).

Na slici 3.2.1. je prikazan odnos između osiguranika, osiguravača i reosiguravača.



Slika 3.2.1. Veza između osiguranika, osiguravača i reosiguravača

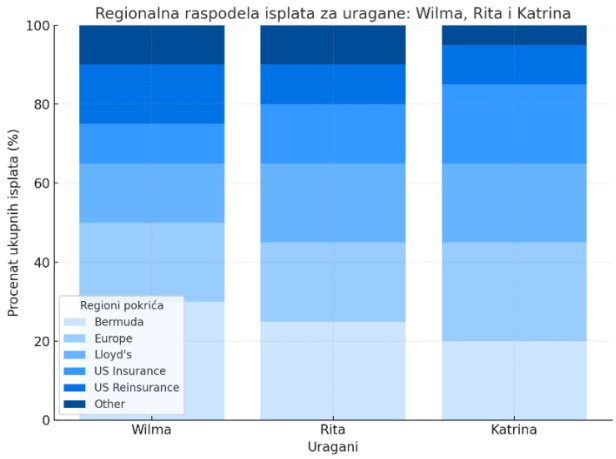
Izvor: Autor

Osiguranje i reosiguranje su međusobno povezani kroz zajednički cilj zaštite od rizika i pružanja sigurnosti finansijskog sistema. Dok osiguranje služi potrebama pojedinaca i pravnih lica, reosiguranje služi potrebama osiguravača, omogućavajući im da efikasno upravljaju rizicima koje preuzimaju. Ovaj odnos stvara lanac zaštite u kojem se rizik premešta i disperguje na više nivoa, pružajući sigurnost za sve učesnike u sistemu i omogućava veću otpornost na velike potraživanja i katastrofalne događaje. Osiguravači se

oslanjaju na reosiguravače kako bi upravljali rizicima i obezbedili stabilnost, dok reosiguravači koriste sofisticirane modele upravljanja rizicima kako bi odredili optimalne strategije preuzimanja rizika (Cummins & Weiss, 2009).

Osiguranje omogućava zaštitu od različitih rizika kroz prenos rizika sa osiguranika na osiguravača, dok reosiguranje pruža dodatni nivo zaštite osiguravaču. U savremenom društvu, ove dve komponente su ključne za održavanje ekonomske stabilnosti i otpornosti na nepredviđene događaje. Osiguravač može preneti deo rizika (ili celokupni rizik) na reosiguravača. Da bi to uradio, osiguravač plaća deo premije reosiguravaču (cedirana premije). Cedovanje rizika je proces u kojem osiguravač umanjuje svoj potencijalni finansijski gubitak tako što prenosi deo rizika na reosiguravača. Retrocesionar je kompanija koja prihvata deo rizika od reosiguravača kroz proces koji se naziva retrocesija. Ova praksa dodatno raspodeljuje rizik i pomaže u smanjenju opterećenja pojedinačnih reosiguravača, što stabilizuje celokupni sistem osiguranja i reosiguranja.

Koliko je važna diversifikacija rizika, odnosno učestvovanje više aktera u apsorpciji velikih gubitaka izazvanih prirodnim katastrofama, može se videti iz primera tri uragana Wilma, Rita i Katrina iz 2005. godine. Samo uragan Katrina je prouzrokovao štetu od preko 125 milijardi dolara.



Slika 3.2.2. Diversifikacija rizika tri uragana Wilma, Rita i Katrina

Izvor: Autor na osnovu Mahalingam, 2018.

Na slici 3.3.2. su prikazani procentualni doprinosi različitih geografskih i tržišnih segmenata osiguranja i reosiguranja u pokrivanju ukupnih gubitaka izazvanih ovim katastrofama. Prikazani podaci naglašavaju potrebu za međunarodnom saradnjom i strategijama za raspodelu rizika kako bi se ublažili finansijski gubici u slučajevima velikih katastrofa.

Globalno tržište reosiguranja zabeležilo je pad kapitala u 2022. godini u poređenju sa 2021. godinom. Prema izveštaju kompanije Gallagher Re (2022), ukupni namenski kapital za reosiguranje zabeležio je smanjenje od 12%. Ovo smanjenje uglavnom je rezultat pada vrednosti investicija. U 2023. godini, veličina tržišta reosiguranja procenjena je na 418,14 milijardi dolara, a očekuje se da će dostići 444,36 milijardi dolara u 2024. godini i sa godišnjom stopom rasta od 5,90% (CAGR[18]) dostići 592,87 milijardi dolara do 2029. godine (Mordor Intelligence, 2024).

U Tabeli 3.2.3. su prikazane ključne finansijske metrike i prognoze za globalni sektor reosiguranja u periodu od 2023. do 2025. godine urađene od strane Fitch Ratings.

Tabela 3.2.3. Sektor reosiguranja u periodu od 2023. do 2025. godine.

Metric	2023	2024F	2025F
Neto premija (mlrd $)	162,8	173,4	183,8
Katastrofalni gubici (mlrd $)	11,1	14,3	16,4
Neto razvoj rezervi iz prethodnih godina (mlrd $)	4,1	3,3	1,8
Kombinovani racio kalendarske godine (%)	87,3	88,2	90,2
Kombinovani racio godine nastanka štete (%)	89,9	90,1	91,2
Kombinovani racio godine nastanka štete bez katastrofalnih šteta (%)	83	81,8	82,2
Kapital[19]	254	266,7	280
Neto prinos na kapital	21,8	20,7	18,9

Izvor: Fitch Ratings

Očekuje se da će veličina tržišta reosiguranja rasti zbog povećane zaštite od prirodnih katastrofa. Pored toga, beleži se sve veća potražnja za reosiguranjem imovine i nezgode (Mordor Intelligence, 2024).

[18] Eng. Compound Annual Growth Rate
[19] Isključena je kompanija Berkshire Hathaway u prikazu iznosa kapitala i prinosa na kapital.

Prognoza pokazuje rast neto premija signalizirajući stabilan rast industrije. Očekuje se značajan porast katastrofalnih gubitaka sa 11,1 milijardi dolara u 2023. na 16,4 milijardi dolara u 2025. Primećuje se blago pogoršanje kombinovanog racija sa 87.3% u 2023. na 90.2% u 2025, kao i kod ovog pokazatelja za godinu nastanka šteta sa 89.9% u 2023. na 91.2% u 2025. Ovaj racio sa isključenim katastrofalnim štetama ostaje relativno stabilan oko 83%. Takođe, prognozira se rast kapitala, što ukazuje na jačanje sektora reosiguranja. Fitch Ratings je promenio prognozu sa "poboljšano" na "neutralno", jer je vrhunac cenovnog ciklusa (povećanje premija) prošao. Kapital i rezerve reosiguravača su ojačane zahvaljujući rekordnim profitima u 2023. i prvoj polovini 2024. godine.

Tržište reosiguranja se uobičajeno deli na dva glavna segmenta prema vrsti proizvoda: životno i zdravstveno osiguranje i neživotno osiguranje. Segment neživotnog osiguranja imao je preko 57% tržišnog udela u 2022. godini i očekuje se da će značajno rasti u narednim godinama. Rast ovog segmenta podstiče povećanje učestalosti i jačine prirodnih katastrofa širom sveta (GMI, 2023).

Pored ovog, postoji više kriterijuma za podelu reosiguranja, kao što su prema vrsti posla, prostornoj distribuciji, načinu ugovaranja i prema načinu raspodele obaveza.

Prema načinu ugovaranja, tržište reosiguranja je podeljeno na fakultativno reosiguranje i obligatorno reosiguranje, sa najvećim delom okvirnih ugovora. U obligatornom reosiguranju obaveze su obostrane i ne postoji sloboda izbora za bilo koju ugovornu stranu. Umesto da se dogovaraju pojedinačno za svaki rizik (kao u fakultativnom reosiguranju), primarni osiguravač automatski cedira deo svog portfelja na reosiguravača bez obzira na to da li bi možda želeo da zadrži neki od tih rizika.

Okvirni ili generalni (eng. *treaty*) ugovor o reosiguranju predstavlja oblik obligatornog reosiguranja. Ovaj ugovor obezbeđuje pokriće za ceo portfelj osiguravača koji obuhvata specifičnu vrstu rizika, te omogućava osiguravaču da brzo i efikasno prenosi rizike, bez potrebe za pojedinačnim pregovorima za svaki ugovor. To donosi predvidljivost i stabilnost poslovanja osiguravača, dok reosiguravaču obezbeđuje i stabilan portfelj i prlaniran priliv premija. Na taj način se izbegava opasnost da se reosiguranju ustupe samo najveći

(najrizičniji) rizici. Okvirni ugovori su danas veoma popularni, jer smanjuju i administrativne troškove i omogućavaju lakše upravljanje rizicima kroz standardizovani proces reosiguranja.

Međutim, sprovedeni intervju navodi na zaključak da osiguravači i reosiguravači radije biraju ugovore koji nude više fleksibilnosti i prilagodljivosti. Na ovaj način se značajno smanjuju administrativni troškovi i olakšava upravljanje kapitalom.

Stručnjak 1. "Da bi se povećala praktičnost, okvirni ugovori se često kombinuju sa fakultativnim ugovorima".

Stručnjak 2. "Kombinovani aranžmani su najčešći. Određeni deo rizika može se cedirati po obligatornim pravilima, dok se ostatak može cedirati fakultativno, što daje više slobode u izboru rizika".

Osiguravač može imati obligatorni ugovor za sve rizike iz jedne grupe (npr. imovinske rizike do određene vrednosti), gde je obavezan da sve rizike iz te grupe prenese reosiguravaču. Međutim, za velike pojedinačne rizike koji prelaze taj prag, osiguravač može sklopiti fakultativni ugovor, gde reosiguravač ima mogućnost izbora da li želi da prihvati rizik ili ne. Ova kombinacija okvirnih i fakultativnog ugovora omogućava veću fleksibilnost, za obe strane. Potražnju za ovim ugovorima podstiču faktori kao što su sve veći obim i složenost portfelja osiguranja.

Reosiguranje, prema načinu raspodele obaveza između osiguravača i reosiguravača, može biti proporcionalno i neproporcionalno reosiguranje. Proporcionalno reosiguranje je ugovor u kojem su premije i gubici dele u unapred dogovorenom procentu između obe strane, dok u neproporcionalnom reosiguranju, reosiguravač preuzima obavezu kada šteta pređe određeni iznos (tzv. prioritet), do ugovorom definisanog limita pokrića.

Glavne vrste ugovora proporcionalnog reosiguranja su kvotno reosiguranje (eng. *Quota share*) i ekscedentni ugovori (eng. *Surplus treaty*), kao i njihova kombinacija[20]. Reosiguranje za prirodne katastrofe spada u neproporcijalne ugovore tako da će veća pažnja biti posvećena ovom reosiguranju.

[20] Više o ovim ugovorima se može pročitati u Swiss Re, 1997.

3.2.1. Neproporcijalni ugovori o reosiguranju

Reosiguranje viška štete (Excess of Loss-XL)

Glavne vrste ovih ugovora su po riziku WXL/R (eng. *Working XL per Risk*) i po katastrofalnom događaju CAT-XL (eng. *Catastrophe XL*). WXL/R ugovor je fokusiran na pojedinačne velike rizike i svaka šteta koja se dogodi na svakom pojedinačnom riziku može da aktivira reosiguranje, dok aktivaciju reosiguranja kod CAT-XL ugovora implicira štetni događaj koji obuhvata više pokrivenih pojedinačnih rizika nastalih u isto vreme, odnosno kumulativne gubitke iz više rizika.

Kod XL ugovora, osiguravač pokriva štetu do unapred definisanog praga samopridržaja M koji se naziva i prioritet, dok reosiguravač preuzima iznos štete iznad tog praga.

Neka je pojedinačna šteta X, tada osiguravač plaća Y, tako da:

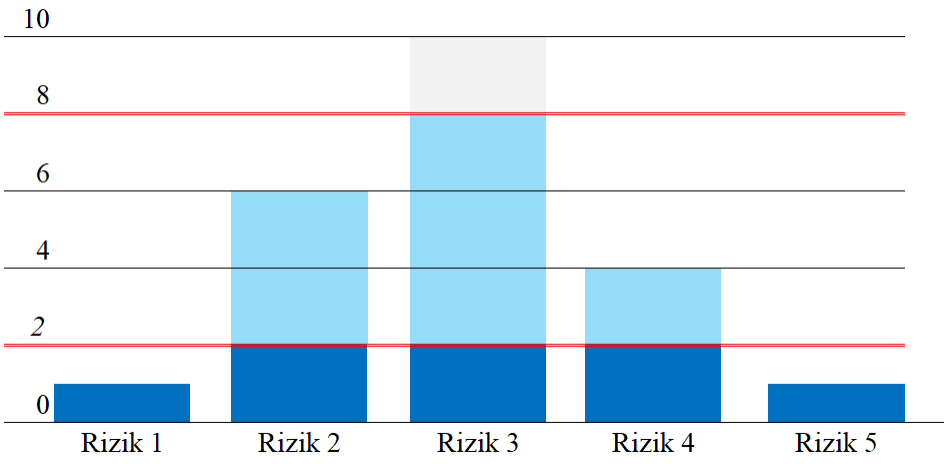
$$Y = \begin{cases} X, & \text{ako je } X \le M, \\ M, & \text{ako je } X > M. \end{cases}$$

Reosiguravač preuzima iznos Z, koji predstavlja razliku između štete X i učešća osiguravača Y:

$$Z = \begin{cases} 0, & \text{ako je } X \le M, \\ X - M, & \text{ako je } X > M. \end{cases}$$

Reosiguravač posmatra samo štete koje su iznad praga M, tj. $X>M$ i ima potpune informacije samo za veće štete od M, dok štete koje su manje ili jednake M nisu “vidljive” za reosiguravača. Ovo može otežati procenu raspodele iznosa šteta za reosiguravača jer ima samo cenzurisani uzorak šteta (u statističkom smislu).

Na slici 3.3. je prikazano pokriće WXL/R ugovorom za zaštitu 6 miliona xs 2 miliona n.j., gde je samopridržaj 2 miliona n.j., a rizici označeni sa 1 do 5 su kao na slici.



Slika 3.2.3. WXL/R ugovor za zaštitu 6 miliona xs 2 miliona n.j.

Izvor: Autor

Nakon proporcionalnih pokrića osiguravač zadržava 8 miliona. Za dodatnu zaštitu ugovara WXL/R reosiguranje 6 miliona xs 2 miliona n.j.. Dakle, po takvom reosiguranju, reosiguravač preuzima rizike iznad samopridržaja, a do 8 miliona n.j., što predstavlja deo rizika između crveno označenih granica. Razlika od 8 miliona do 10 miliona n.j. ostaje bez pokrića.

Glavni efekti ovog ugovora su smanjenje očekivanog iznosa isplata i smanjenje varijabilnosti isplaćenog iznosa. Kada osiguravač koristi reosiguranje viška šteta zadržava samo deo gubitaka (do određenog praga), dok reosiguravač preuzima iznose iznad tog praga. To znači da osiguravač u proseku isplaćuje manje gubitaka nego što bi isplaćivao bez reosiguranja, te reosiguranje smanjuje prosečan iznos gubitaka koje osiguravač mora da pokrije. Velike štete (npr. iznad retencije) imaju manju učestalost, ali čine značajan deo ukupnih troškova. Reosiguravač preuzima velike i retke gubitke, smanjujući prosečan gubitak osiguravača. Takođe, reosiguranje smanjuje varijansu isplaćenog iznosa. Oba efekta su posledice činjenice da ovo reosiguranje ograničava velike štete odozgo.

Ugovor o reosiguranju viška gubitka (Stop Loss – SL) (ograničenje ukupnog gubitka)

Ugovor o reosiguranju viška gubitka (eng. *Stop Loss*) pruža zaštitu osiguravaču od prekomernih godišnjih gubitaka za određenu vrstu osiguranja. Reosiguravač preuzima gubitke koji prelaze ugovoreni samopridržaj, koji može biti procenat godišnjeg premijskog prihoda ili fiksni iznos.

Ugovor pokriva kumulativne gubitke (od više malih šteta ili nekoliko velikih) i aktivira se na nivou celokupnog godišnjeg rezultata portfelja. Na ovaj način se osiguravač štiti od velikih oscilacija u rezultatima tokom godine. S druge strane, reosiguravači su oprezni pri sklapanju ovih ugovora, jer preuzimaju značajan rizik i imaju ograničen uvid u poslovanje osiguravača tokom godine.

Reosiguravač preuzima obaveze kada ukupni gubitak (S_u) osiguravača pređe unapred definisani prag L u određenom periodu. Samopridržaj M u stop loss ugovoru se može interpretirati kao unapred definisani prag (prioritet) koji osiguravač mora pretrpeti pre nego što reosiguravač počne da snosi gubitke. U ovom kontekstu, stop loss ugovor se prilagođava tako da osiguravač snosi štete do ukupnog praga M, a reosiguravač pokriva sve iznad M, ali samo do limita L (ako je ugovor postavljen s limitom).

Ako je ukupna šteta osiguravača S_u , tada osiguravač plaća Y, gde je:

$$Y = \begin{cases} S_u, & \text{ako je } S_u \le M, \\ M, & \text{ako je } M < S_u \le M + L, \\ M + L, & \text{ako je } S_u > M + L. \end{cases}$$

Reosiguravač preuzima iznos Z, koji se računa kao razlika između ukupne štete Su i osiguravačevog učešća Y:

$$Z = \begin{cases} 0, & \text{ako je } S_u \le M, \\ S_u - M, & \text{ako je } M < S_u \le M + L, \\ L, & \text{ako je } S_u > M + L. \end{cases}$$

3.2.2. CAT-XL reosiguranje

CAT-XL (eng. *Catastrophe Excess of Loss***)** reosiguranje za prirodne katastrofe je vrsta neproporcionalnog reosiguranja za slučaj prirodnih katastrofa ("*per event*") i deli se u slojeve (lejere). Slojevi određuju koliko štete osiguravač mora da pokrije pre nego što se aktivira reosiguranje i koliko štete reosiguravač pokriva po svakom sloju. Osiguravač i reosiguravač dele obaveze prema unapred definisanim slojevima pokrića.

Ako je ukupan gubitak po događaju *X*, osiguravač plaća *Y*, gde:

$$Y = \begin{cases} X, & \text{ako je } X \le M, \\ M, & \text{ako je } M < X \le M + L, \\ M + (n-1)\cdot L, & \text{ako je } M + (n-1)\cdot L < X \le M + n\cdot L, \end{cases}$$

Osiguravač pokriva sve gubitke do iznosa M, odnosno samopridržaja. *L* predstavlja visinu jednog sloja (lejera) koji reosiguravač pokriva, dok je *n* redni broj sloja pokrića u strukturi višeslojnog CAT-XL ugovora. Reosiguravač pokriva deo gubitaka iznad M, i to do visine svakog pojedinačnog sloja *L*, sve dok se ukupni gubici nalaze u okviru ukupnog kapaciteta ugovora o reosiguranju (npr. *n*-tog sloja).

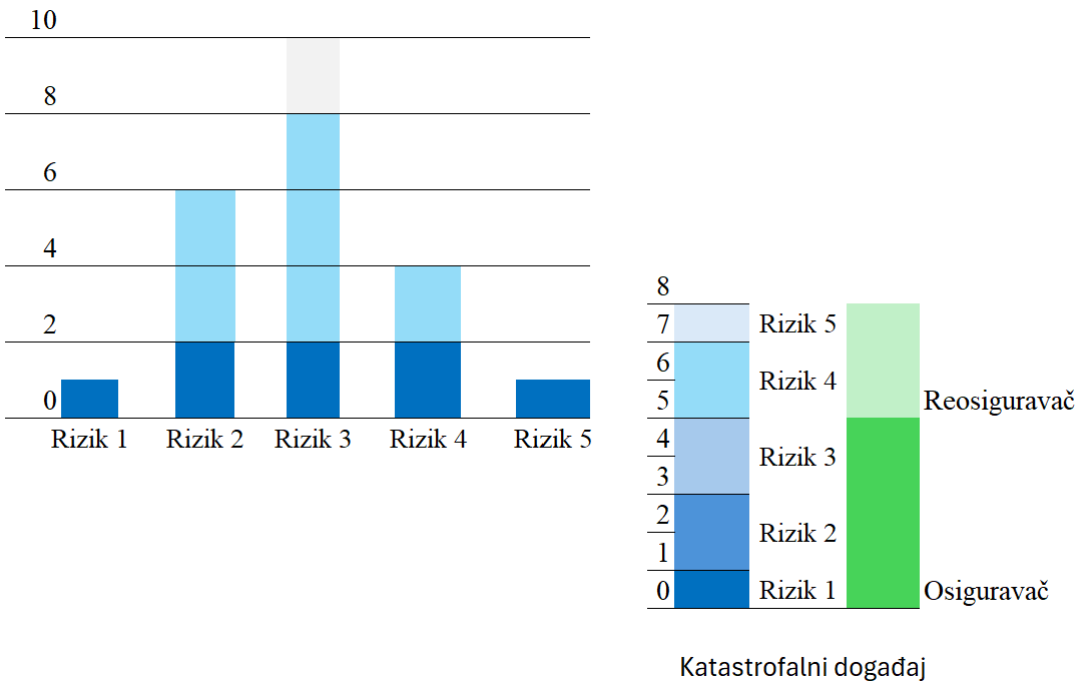
Ukoliko je svaki sloj ima različit iznos $L_1, L_2, \ldots, L_n$, prethodna formula se može predstaviti na sledeći način:

$$Y = \begin{cases} X, & \text{ako je } X \le M, \\ M, & \text{ako je } M < X \le M + L_1, \\ M + L_1, & \text{ako je } M + L_1 < X \le M + L_1 + L_2, \\ \vdots & \\ M + L_1 + L_2 + \ldots + L_{n-1}, & \text{ako je } M + \sum_{i=1}^{n-1} L_i < X \le M + \sum_{i=1}^{n} L_i. \end{cases}$$

Pretpostavimo da je osiguravač dodatno, pored WXL/R ugovora (slika 3.2.4), zaštitio svoju retenciju od katastrofalnih događaja, npr. zemljotresa. Osiguravač je ugovorio CAT-XL pokriće sa limitom od 4 miliona preko 5 miliona n.j. (4 miliona xs 5 miliona). To znači da je

neto gubitak direktnog osiguravača od katastrofe 5 miliona n.j.. Neto gubitak reosiguravača u ovom slučaju je 3 miliona n.j.

Na slici 3.2.4. prikazana je raspodela gubitaka za pet rizika, prema dogovorenim granicama CAT-XL reosiguranja.



Slika 3.2.4. CAT-XL ugovor za zaštitu 4 miliona xs 5 miliona n.j.

Izvor: Autor

Zadržani gubici na teret osiguravača po katastrofalnom događaju, do granice od 5 miliona n.j. po svakom riziku predstavljeni su plavom bojom, odnosno tamnije zelenom bojom. Reosigurani gubici su predstavljeni svetlije zelenom bojom i to je deo gubitka po CAT-XL ugovoru koji iznosi 3 miliona n.j.

Procena cene slojeva u CAT-XL ugovorima reosiguranja je složen proces koji uključuje analizu verovatnoće, očekivanog gubitka i rizika povezanog sa svakim slojem. Cene se određuju tako da pokriju očekivane štete, varijabilnost rizika i profitnu marginu reosiguravača.

CAT-XL slojevi se analiziraju korišćenjem prošlih podataka o štetama i modelovanjem scenarija za buduće katastrofe. Cena svakog sloja zasniva se na očekivanom gubitku i varijansi gubitka.

Prilikom određivanja cena sloja, uzimaju se u obzir (Morel, 2013):

- Prosečna vrednost gubitka unutar sloja bazirana na istorijskim podacima ili simulacijama.
- Verovatnoća aktivacije sloja (eng. *Probability of Attachment*), odnosno verovatnoća da šteta premaši donju granicu sloja i da će sloj biti "uključen".
- Verovatnoća iscrpljenja sloja (eng. *Probability of Exhaustion*), odnosno verovatnoća da šteta premaši gornju granicu sloja.
- Varijabilnost šteta unutar sloja i reosiguravači naplaćuju dodatnu premiju zbog nepredvidivosti velikih gubitaka.
- Reosiguravač uključuju trošak kapitala potreban za pokriće sloja, tako da veći slojevi (viši rizik) zahtevaju veće rezerve kapitala, što povećava cenu.
- Profitna margina, koja predstavlja dodatak ceni za osiguranje reosiguravačevog profita.

Troškovi kapitala i profitne margine se dodaju na osnovnu premiju.

Reosiguravač mora držati kapital kao rezervu za pokriće potencijalnih gubitaka u sloju. Određivanje profitne margine za sloj u CAT-XL reosiguranju je ključni korak u formiranju cene premije. Profitna margina osigurava pokriće očekivanih šteta i troškove kapitala, ali i da se ostvari odgovarajući povrat na kapital. Slojevi bliži donjoj granici rizika imaju veću verovatnoću aktivacije i manju varijabilnost, pa je njihova profitna margina obično niža. Viši slojevi imaju manju verovatnoću aktivacije, ali veću varijabilnost, što zahteva veću profitnu marginu.

Reosiguravači obično postavljaju ciljni povrat na kapital (ROC). Stručnjaci iz redova reosiguravača (Stručnjak 5 i Stručnjak 6) su ukazali da je uobičajeni ROC oko 8% -15%, za svaku jedinicu kapitala rezervisanu za pokriće sloja. Posle velikih katastrofa profitne margine se povećavaju jer su rizici veći i manje je dostupnog kapitala.

Profitna margina se obično izražava kao procenat očekivanog gubitka (EL) i računa se prema formuli:

$$\text{Profitna margina} = \frac{\text{Ciljni povrat na kapital} \times \text{Rekvizicija kapitala za sloj}}{\text{Premija sloja}}$$

Prilikom ugovaranja višeslojnih CAT-XL ugovor, margine se prilagođavaju tako da slojevi zajedno zadovolje cilj reosiguravača.

Kada osiguravajuće društvo (cedent) odlučuje o strukturi svog reosiguranja, ono može da bira između reosiguravanja kod jednog reosiguravača ili kod više reosiguravača. Obe opcije imaju svoje prednosti i mane, koje zavise od specifičnih potreba osiguravača, tržišnih uslova i vrste rizika koji se prenose na reosiguranje. Sva četiri stručnjaka iz redova osiguravača su navela da imaju ugovore sa više reosiguravajućih kompanija kako domaćih tako i sa reosiguravačima u inostranstvu.

U Republici Srbiji trenutno su registrovana četiri društva za reosiguranje koja imaju dozvolu za rad Narodne banke Srbije. Prema članu 274. Zakona o osiguranju je propisano da "Do dana pristupanja Republike Svetskoj trgovinskoj organizaciji, kod stranog društva za reosiguranje mogu se reosigurati rizici za koje se u Republici ne može obezbediti reosiguranje, odnosno za koje se u Republici ne vrši reosiguranje, kao i drugi rizici za koje to propiše Vlada Republike Srbije."

Takođe, prema članu 7. Zakona o osiguranju "…društvo za osiguranje može celokupan rizik osiguranja imovine od elementarnih nepogoda (grad, mraz i druge opasnosti i/ili prirodne nepogode kakve su zemljotres, poplava i suša), kao i osiguranja finansijskih gubitaka zbog lošeg vremena, da reosigura u Republici, odnosno u inostranstvu."

Prilikom razgovora sa stručnjacima iz osiguranja postavljeno je pitanje o broju reosiguravača sa kojima društvo ima sklopljene ugovore, kao i potpitanje o ugovorima sa reosiguravačimo u inostranstvu. Dobijeni odgovori su u nastavku.

Stručnjak 1. "Do nedavno smo imali ugovore sa više društava za reosiguranje [….] zbog povoljnijih uslova i bolje komunikacije trenutno imamo ugovore sa dva reosiguravača."

Stručnjak 2. „Da, imamo ugovore sa više reosiguravajućih kompanija. Veličina portfelja i specifični rizici su osnovni razlog.“

Stručnjak 3. „Najviše radimo sa jednim domaćim partnerom, dok određene rizike plasiramo kod ino reosiguravača.“

Stručnjak 4 je dao sličan odgovor kao i Stručnjak 3.

Prednosti koje donosi saradnja sa jednim ili manjim brojem reosuravača je u jednostavnijim bržim pregovorima i administraciji. Takođe, dugoročni odnos sa jednim reosiguravačem može doneti dodatnu fleksibilnost tokom pregovora i potencijalno povoljnije uslove, jer reosiguravač ima veći interes da održi dobar poslovni odnos. Pored toga, različite definicije u ugovorima u reosiguranju mogu proizvesti konfuziju i neusklađenost u pokriću, ali i sa aktima društva za osiguranje. Kada osiguravač sarađuje sa više reosiguravača, svaki od njih može imati sopstvenu definiciju ključnih pojmova, kao što su:

- Šta se tačno podrazumeva pod "katastrofalnim događajem",
- Na koji način se agregiraju štete iz više događaja,
- Šta predstavlja "početak" ili "kraj" jednog događaja.

Ove razlike mogu stvoriti konfuziju prilikom podnošenja zahteva za nadoknadu štete, jer osiguravač mora prilagoditi svoju internu politiku različitim ugovorima. Takođe, postoji i rizik da određeni štetni događaji ne budu potpuno pokriveni, jer definicije u ugovorima mogu biti preuske ili preširoke. Jedan reosiguravač može pokrivati štete izazvane poplavom, ali isključiti štete nastale usled poplave uzrokovane pucanjem brane, dok drugi može imati drugačiju definiciju.

Međutim, ako se osiguranje oslanja na jednog reosiguravača, postoji rizik da taj reosiguravač neće biti u mogućnosti da ispuni svoje obaveze u slučaju velike katastrofe ili finansijskih problema. To može dovesti do značajnog gubitka za osiguravača.

Stručnjak 5 je ukazao na prednosti dugoročnih odnosa u smislu intertemporalne diversifikacije i smanjenja uticaja neizvesnosti, odnosno nesigurnosti:

„Postoje tri glavna načina da se portfelj izbalansira - diversifikacija po liniji poslovanja, prostorno i kroz vreme. Rekao bih da je dugoročni odnos u zajedničkom interesu.“

Prelazak kod drugog reosiguravača povećava troškove, a novi reosiguravači nailaze i na veću nesigurnost u svojim procenama (Finken i Laux, 2009). Kada novi reosiguravač procenjuje rizik, suočava se sa nepoznanicama koje mogu povećati verovatnoću greške u proceni očekivanih gubitaka. Veća nesigurnost za novog reosiguravača proizilazi iz nedostatka iskustva sa portfeljem osiguravača. Zbog ove neizvesnosti, novi reosiguravač često uključuje dodatnu premiju kao kompenzaciju za preuzimanje rizika. Zbog ovih razloga, osiguravači često preferiraju dugoročne odnose sa postojećim reosiguravačima, jer im to omogućava povoljnije uslove, manju neizvesnost i smanjenje transakcionih troškova.

Dva stručnjaka su spomenuli troškove koji proizlaze iz pravne nesigurnosti u formulacijama reosiguravajućih ugovora. Ovo je uglavnom povezano sa nedostatkom standardizacije i privatnim arbitražama kada dođe do sporova.

Stručnjak 5: „Već godinama industrija pokušava da definiše standarde za određene klauzule. Veliki reosiguravači imaju svoje specifične definicije i klauzule.“

Stručnjak 2: „[…] ponekad je više pravnika uključeno u tumačenju naplativosti nekog rizika. Suočili smo se sa različitim gledištima i sa strane reosiguravača, tako da je to rezultiralo brojnim pregovorima sa reosiguravačima, ali i sporovima.“

Tokom pandemije COVID-19, mnogi sporovi u reosiguranju nastali su upravo zbog različitog tumačenja definicija u ugovorima. Neki reosiguravači su smatrali da pandemija nije pokrivena ugovorom, jer nije bila jasno definisana kao "katastrofalan događaj", dok su osiguravači tvrdili suprotno. Ovaj primer jasno pokazuje kako nedostatak standardizacije može dovesti do skupih i dugotrajnih sporova.

U primarnom osiguranju često postoje standardizovani ugovori koji su široko prihvaćeni i koji jasno definišu obaveze i prava svih strana. U reosiguranju, međutim, ne postoje univerzalni standardi koji bi se primenjivali na sve ugovore. Svaki reosiguravač može kreirati svoj ugovor sa specifičnim uslovima i definicijama. Ovaj nedostatak standardizacije otežava osiguravačima upravljanje rizikom i povećava troškove pregovaranja i pravne analize. Kada

dođe do spora između osiguravača i reosiguravača, sporovi se često rešavaju putem privatne arbitraže, a ne putem redovnog pravnog sistema. Arbitraža može biti skupa i dugotrajna, jer uključuje angažovanje stručnjaka iz oblasti reosiguranja i pravnika specijalizovanih za ovu oblast. Nedostatak standardizacije dodatno komplikuje arbitražu, jer se sporovi često vode oko različitog tumačenja definicija u ugovorima. U Republici Srbiji u slečaju spora po nekim ugovorima o reosiguranju je nadležna Privredna komora Srbije.

Korišćenjem više reosiguravača, osiguravač smanjuje rizik koncentracije. Osiguravač može dizajnirati više slojeva reosiguranja i dodeliti različitim reosiguravačima specifične delove rizika, što omogućava prilagođavanje zaštite različitim vrstama rizika i troškovima kapitala.

Uključivanje više reosiguravača zahteva značajno više vremena i resursa za pregovore, koordinaciju i administraciju ugovora. Svaki reosiguravač ima svoje zahteve, što može otežati postizanje jedinstvenih uslova. Iako su ugovori između osiguravača i svakog pojedinačnog reosiguravača poverljivi, a cene i učešća mogu varirati, osiguravači preferiraju ujednačene uslove za sve ugovore kako bi smanjili administrativnu složenost.

Stručnjak 6: „Većina klijenata preferira ujednačene uslove kako bi se povećala doslednost i transparentnost, ali i smanjila administrativna složenost i mogućnost za praznine u pokriću.“

Dalje je stručnjacima postavljeno pitanje o tipovima ugovora o reosiguranju od prirodnih katastrofa koje su njihova društva ugovorila, kao i potpitanje koje se odnosilo na uslove u pogledu rekonstrukcije i visine premije za obnovu pokrića.

Svi ispitanici su naveli da njihova društva imaju više ugovora o reosiguranju od prirodnih katastrofa kao što su: ugovori na bazi viška šteta, CAT XL na bazi viška šteta, ekscedentne ugovore po riziku ili po događaju, agregatne XL ugovore, posebne ugovore za zemljotrese, kao i određene hibridne ugovore kao što je ekscedentno reosiguranje sa zaštitom od kumulativnih gubitaka tokom određenog perioda.

Rekonstrukcija (eng. *reinstatement*) u ugovoru o reosiguranju odnosi se na obnovu ugovorenog limita reosiguranja nakon što je taj limit iscrpljen usled isplate šteta. Drugim rečima, ako osiguravač pretrpi velike štete koje dovedu do iscrpljenja celokupnog pokrića

definisanog ugovorom, može se dogovoriti da se pokriće obnovi (rekonstruiše) kako bi osiguravač imao dodatnu zaštitu za buduće štete, ali uz plaćanje dodatne premije.

Stručnjak 1. „Ugovor o reosiguranju za rizike prirodnih katastrofa na bazi viška šteta koji imamo sadrži odrednicu o rekonstrukciji. Uslovi rekonstrukcije se razlikuju po limitu, odnosno nivoima i kod nas je izražen u procentima. Obično je za viši nivo puna rekonstrukcija uz 100% dodatne premije.“

Ekspert 2. „Različiti su uslovi rekonstrukcije po ugovorima. Provizija se obično ne plaća na premije za obnovu … Rekonstrukcija nam omogućava da zadržimo zaštitu i nakon što je iscrpljen inicijalni limit pokrića i određenu fleksibilnost.”

Rekonstrukcija je posebno važna u slučaju kada osiguravač očekuje dodatne štete tokom iste godine (npr. grad ili poplava). Iako dolazi uz dodatne troškove, rekonstrukcija pruža fleksibilnost osiguravaču jer omogućava da izbegne traženje novog reosiguranja u toku godine, što bi moglo biti skuplje i komplikovanije.

Svi stručnjaci su naveli glavne aktivnosti u procesu ugovaranja reosiguranja za prirodne katastrofe koji se mogu sistematizovati u šest koraka:

1. Prikupljanje i priprema podataka,
2. Modeliranje katastrofa,
3. Aktuarska analiza i dizajn strukture reosiguranja,
4. Dostavljanje informacija o portfelju i strukturi reosiguranja reosiguravaču,
5. Pregovaranje i definisanje konačnih uslova (konačna cena),
6. Potpisivanje konačnih uslova.

Svi parametri ugovora definišu se tokom faza modeliranja katastrofa i dizajna strukture reosiguranja (Koraci 1–3).

*Stručnjak 1***.** „Prvo prikupljamo i sastavljamo podatke o našoj izloženosti kako bismo videli šta se dogodilo u portfelju. Zatim, uz pomoć brokera, modeliramo ovu izloženost kako bismo razumeli promene i razvoj našeg PML-a [maksimalno moguća šteta].“

Neki od podataka prikupljenih tokom ovih koraka prosleđuju se reosiguravačima radi procene rizika i donošenja njihove odluka o saradnji. Reosiguravači obično zahtevaju prospektivne i retrospektivne informacije o portfelju, koje uključuju lokaciju rizika, istoriju agregiranih gubitaka, kao i istoriju i projekciju broja polisa i prihoda od premija. Kada preuzimaju deo rizika osiguravača, reosiguravači se suočavaju se sa određenom asimetrijom informacija. Stoga učesnici na tržištu ulažu značajne napore da smanje ovu asimetriju putem dodatne komunikacije nakon podnošenja zahteva.

Stručnjak 3. „Mnogo toga se mora objasniti reosiguravaču kako bi se omogućilo razumevanje naše izloženosti. Odgovoramo na dosta pitanja koja se tiču recimo promene u modelima, promene u našoj strategiji osiguravanja ili promene u [osiguravajućim] proizvodima. Zatim, da li je bilo promena u načinu na koji upravljamo maksimalnim mogućim štetama i izloženosti u određenim geografskim zonama koje mogu biti podložnije prirodnim katastrofama. Dakle, mnogo je diskusija kako bi se definisao obim ugovora i rizik koji reosiguravač treba da preuzme.“

Stručnjak 6. „Za neke klijente i veće programe, organizujemo online sastanke. Uglavnom se odnose na analitiku podataka“.

Nakon dostavljanja i objašnjavanja potrebnih informacija reosiguravačima (Korak 4), osiguravač, u nekim slučajevima uz pomoć brokera pregovaraju o početnim uslovima (ponudama) koje reosiguravači daju.

Kao rezultat iterativnih pregovora definiše se ugovor i cena (Korak 5).

Reosiguravač sa najvećim udelom u ugovoru obično preuzima vodeću ulogu u pregovorima o konačnim uslovima i upravljanju odštetnim zahtevima. Opisani proces odražava sve odgovore učesnika intervjua, pri čemu su stručnjaci iz redova osiguravača više istakli trud i vreme potrebno za prikupljanje i analizu podataka (Koraci 1-3). Nasuprot tome, stručnjaci iz redova reosiguravača opisali su proces počevši od primanja zahteva (Korak 4) i dalje.

Početak većine ugovora o reosiguranju za prirodne katastrofe je početak nove godine, dok krajem leta, osiguravači i brokeri započinju prikupljanje podataka i počinju sa modeliranjem,

kako bi se na vreme obezbedila zaštita reosiguranja krajem leta. Početni razgovori sa reosiguravačima uglavnom se vode u septembru.

Takom razgovora postavljeno je pitanje o iskustvu u obnavljanju ugovora o reosiguranju nakon neke prirodne katastrofe. Jedan od stručnjaka je detaljnije opisao dešavanja u promenama u lejerskoj strukturi reosiguranja nakon značajnih prirodnih katastrofa.

„Tokom godina, lejerska struktura reosiguranja se prilagođavala uslovima na tržištu i učestalosti prirodnih katastrofa. Na primer, 2008. godine, prvi lejer je imao zadržavanje od 5 miliona evra, dok je sledećih godina, zbog intenzivnog razvoja šteta i učestalih događaja (poplave, oluje sa gradom), prioritet podignut na 7,5 miliona evra. U 2023. godini, nakon velikih poplava u našoj zemlji, prioritet prvog lejera povećan je na 10 miliona evra.

Povećana učestalost i ozbiljnost prirodnih katastrofa povećali su troškove reosiguranja, što je dovelo do "neugodnih" ponuda za obnovu reosiguravajućih programa. RoL (rate-on-line) je za 2023. godinu porastao na 25% sa obnovom lejera, što znači da je osiguravajućim kompanijama bilo skupo da obnove prve slojeve reosiguranja.”

Osiguravači su se suočili sa potrebom da bolje razumeju rizike, modeliraju potencijalne štete i prilagode reosiguravajuće programe. Ključna je bila priprema adekvatnih rezervi i zadržavanja (samopridržaja), kao i podrška procesu odlučivanja kroz praćenje razvoja šteta iz prošlosti i korišćenje adekvatnih modela rizika.

3.3. Samopridržaj

Samopridržaj je deo rizika koji osiguravajuća kompanija zadržava za sebe pre nego što prenese ostatak rizika na reosiguravača. Može biti izražen kao apsolutna vrednost ili kao procenat ukupnog osiguranog iznosa. Ovaj koncept se odnosi na iznos štete koji kompanija mora da pokrije iz svojih sredstava pre nego što reosiguranje stupi na snagu. Veći samopridržaj može smanjiti premije reosiguranja, ali povećava rizik za društvo, dok manji samopridržaj povećava sigurnost društva, ali povećava troškove reosiguranja. Utvrđivanje iznosa obaveza koje društvo, može prema načelima ekonomike osiguranja pokriti svojim sredstvima, odnosno preuzimati rizike u osiguranje do visine svojih ukupnih kapaciteta nošenja rizika (sopstveni kapacitet + saosiguranje + reosiguranje) i vodići se politikom raspodele rizika kako bi trajno mogli izvršavati svoje obaveze, jedan je od složenijih procesa u osiguranju.

Kapacitet osiguravajućeg društva odnosi se na njegovu sposobnost da preuzme i nosi rizike bez ugrožavanja finansijske stabilnosti. Ova kategorija je složena, jer uključuje mnoge faktore koji se međusobno prožimaju, kao što su finansijski i organizacioni kapaciteti, kapital, rezerve, ali i verovatnoća propasti. Kapacitet društva nije fiksan; on može varirati u zavisnosti od promena u ovim faktorima, kao i od uslova na tržištu.

U skladu sa domaćom regulativom, osiguravajuće društvo je dužno da uvek zadrži deo rizika u samopridržaju. Izuzetno, ako su ispunjeni uslovi predviđeni pozitivnim propisima, osiguravajuće društvo "može celokupan rizik osiguranja imovine od elementarnih nepogoda (grad, mraz i druge opasnosti i/ili prirodne nepogode kakve su zemljotres, poplava i suša) kao i osiguranje finansijskih gubitaka zbog lošeg vremena, da reosigura u Republici Srbiji, odnosno u inostranstvu". [21]

Faktori koja društva uzimaju u obzir prilikom određivanja samopridržaja su:

- Finansijska snaga osiguravača, garantne rezerve i tehničke rezerve,
- Troškovi reosiguranja i oblik reosiguravajućeg pokrića,

[21] Član 7. Poslovi reosiguranja, Zakon o osiguranju.

- Struktura i stanje portfelja i planovi razvoja portfelja,

kao i drugi faktori koji mogu uticati na visinu samopridržaja.

Određivanje samopridržaja je ključna odluka u upravljanju rizikom, jer direktno utiče na finansijsku stabilnost osiguravača, troškove reosiguranja i konkurentnost premija. Proces određivanja adekvatne visine samopridržaja je složen, a visina samopridržaja može zavisiti od više faktora. Svaki od faktora predstavlja specifičan aspekt poslovanja osiguravača i rizike koje preuzima, pa se visina samopridržaja u vremenu j za rizik veličine τ može modelirati kao funkcija različitih faktora i ima sledeći oblik (Beard, 1984):

$$\text{Samopridržaj} = f(N_\tau, P_{\tau,j}, S_\tau, u, q, \Pi, Ps, O, I, Re),$$

gde je:

N_τ - veličina portfelja

Portfelj se sastoji od različitih osiguranika ili polisa osiguranja, pa je veličina portfelja suma proizvoda broja osiguranih jedinica i rizika povezanih s tim jedinicama. Veći portfelj znači veću difersifikaciju rizika, što može omogućiti osiguravaču da zadrži veći samopridržaj. Dovoljno raznovrstan portfelj smanjuje verovatnoću da će jedan događaj izazvati značajan gubitak. S druge strane, veća izloženost riziku može smanjiti samopridržaj.

$P_{\tau,j}$ - verovatnoća da će se desiti šteta u određenom vremenskom periodu j za rizik veličine τ.

$S\tau$ – očekivani iznos štete koja bi nastala ako bi se dogodila šteta po riziku veličine τ.

u - označava odnos između kapitala i rezervi osiguravajućeg društva i indikator je finansijske snage društva.

Viša vrednost ovog faktora znači da osiguravač ima više sredstava na raspolaganju za pokrivanje potencijalnih gubitaka, što može omogućiti zadržavanje većeg samopridržaja.

q - predstavlja stopu povraćaja kapitala, tj. koliko društvo zarađuje na uloženi kapital

Veća stopa povraćaja kapitala može podstaći osiguravača da preuzme više rizika i poveća samopridržaj, jer veći prinosi omogućavaju lakše pokrivanje eventualnih gubitaka.

Π - označava premiju koju osiguravač mora naplatiti kako bi pokrio očekivane troškove šteta i ostvario dobit.

Ps - predstavlja verovatnoću da će stvarne štete (u samopridržaju) premašiti očekivane iznose.

O – ukupna cena osiguranja

Ako je cena osiguranja visoka, osiguravač može biti motivisan da zadrži veći deo rizika (viši samopridržaj), jer veće premije pružaju bolju zaštitu od gubitaka.

I - označava strategiju ulaganja sredstava

Agresivnija investiciona politika može dovesti do većih prinosa, što može povećati sklonost osiguravača ka većem samopridržaju. Konzervativna politika može značiti niži rizik i manji samopridržaj.

Re - označava vrstu ugovora o reosiguranja koju osiguravač koristi.

Svaki od ovih faktora treba pažljivo analizirati kako bi se postigao optimalan balans između preuzetog rizika i finansijske sigurnosti osiguravajućeg društva.

Osiguravači sa većim kapitalnim rezervama mogu sebi priuštiti veći samopridržaj, jer su u mogućnosti da pokriju veće gubitke iz sopstvenih sredstava bez potrebe za reosiguranjem ili njegovim minimalnim učešćem. Osiguravači sa nižim kapitalom često zadržavaju manji deo rizika i prenose veći deo na reosiguravača kako bi smanjili izloženost velikim gubicima. Reosiguranje direktno utiče na visinu margine solventnosti društva. Regulatori često postavljaju minimalne standarde za kapitalne rezerve i zadržavanje rizika. Osiguravač mora da osigura da zadržavanje rizika (samopridržaj) ne ugrožava njegovu solventnost, odnosno vršiti plasman rizika u saosiguranje i reosiguranje u potrebnom iznosu radi očuvanja stabilnosti portfelja, održavanja likvidnosti i solventnosti i ostvarivanja dobitka u poslovanju. S druge strane, ako osiguravač teži povećanju profitabilnosti, može se odlučiti za viši nivo samopridržaja kako bi zadržao veći deo premija za sebe, ali to nosi veći rizik od viših gubitaka.

Rezerve su sredstva koja društvo izdvaja za isplatu budućih potraživanja i pomažu društvu da ispuni svoje obaveze čak i u slučaju većih od očekivanih gubitaka. Visina i adekvatnost ovih rezervi direktno utiču na kapacitet društva, jer omogućavaju preuzimanje većeg broja rizika.

Osiguravač analizira istorijske podatke o štetama kako bi procenio učestalost i ozbiljnost gubitaka. Na osnovu ovih podataka, može se odrediti nivo samopridržaja koji bi optimalno balansirao između pokrivanja manjih šteta iz sopstvenih sredstava i prenosa većih rizika na reosiguravača. Nakon što se odredi optimalni nivo samopridržaja, osiguravač odlučuje o vrsti i obimu reosiguranja koje će kupiti. To može uključivati proporcijalno reosiguranje, gde se rizici dele proporcionalno između osiguravača i reosiguravača, ili neproporcionalno reosiguranje (npr. *excess of loss*), gde reosiguravač preuzima gubitke iznad određenog praga.

Troškovi reosiguranja mogu biti visoki, te se osiguravač može odlučiti da zadrži veći deo rizika kako bi smanjio troškove. Međutim, to mora biti balansirano sa sposobnošću osiguravača da pokrije potencijalne gubitke. Neki regulatori postavljaju ograničenja na minimalni ili maksimalni samopridržaj kako bi osigurali da osiguravač adekvatno upravlja rizikom. U zavisnosti od tipa reosiguranja (proporcionalno, neproporcionalno), samopridržaj se može postaviti na različite nivoe.

Osiguravači koji pokrivaju rizike sa većom učestalošću ili intenzitetom u pogledu mogućnosti nastanka većih šteta, obično zadržavaju manji deo rizika i prenose veći deo na reosiguravača. Diversifikovaniji portfelj (npr. različite vrste osiguranja ili geografske lokacije), implicira veći samopridržaj, jer su rizici u manjoj korelaciji. Takođe, ukoliko portfelj pokazuje dobre rezultate, osiguravač može povećati svoj samopridržaj, u suprotnom, ako su rezultati loši ili je portfelj nestabilan, osiguravač će verovatno smanjiti svoj samopridržaj. Važan faktor predstavlja i apetit za rizikom, odnosno, osiguravači sa većim apetitom za rizik mogu odlučiti da zadrže veći deo rizika, dok konzervativniji osiguravači mogu preferirati manji samopridržaj i veće oslanjanje na reosiguranje. Osiguravač koji planira da značajno proširi svoj portfelj ili uđe u nove, potencijalno rizičnije segmente tržišta, može odlučiti da smanji samopridržaj kako bi umanjio rizik dok ne postigne stabilnost u novim segmentima.

Drugi faktori takođe mogu uticati na visinu samopridržaja, kao što su tržišni uslovi, regulatorni zahtevi, istorija šteta, strategija kompanije, odnos sa reosiguravačima i dr.

Za razliku od samopridržaja koji je fleksibilan i može se prilagoditi različitim vrstama osiguranja i promenama u portfelju, maksimalni sopstveni samopridržaj postavlja limite koje društvo mora poštovati kako bi se zaštitilo od prekomernih gubitaka, posebno u slučaju katastrofalnih događaja. Maksimalni sopstveni samopridržaj je strateški definisan, a u domaćoj praksi kroz tabelu maksimalnog samopridržaja.

Maksimalni sopstveni samopridržaj određuje se na osnovu vrste i veličine portfelja, prirode osiguranog objekta i osiguranih rizika, kao i veličine potencijalnog rizika, maksimalno moguće štete po jednom događaju ili osiguranoj sumi, iznosa ukupne premije u samopridržaju, očekivanih poslovnih rezultata u budućnosti, visine rezervi za sigurnost i garantnih rezervi, kao i mogućnosti plasiranja viškova rizika u reosiguranje.

Različite vrste osiguranja nose različite nivoe rizika, što se mora uzeti u obzir prilikom određivanja maksimalnog sopstvenog samopridržaja. Potrebno je pažljivo proceniti prirodu osiguranih objekata (npr. zgrade, vozila, ljudski život) i specifičnih rizika od kojih su osigurani (npr. požar, krađa, smrt). Neki objekti i rizici mogu biti mnogo rizičniji od drugih, pa društvo mora odlučiti koliko rizika može zadržati na osnovu ove procene. Procenjuje se i potencijalna veličina pojedinačnog rizika. Na primer, koliko bi osiguravajuće društvo moglo izgubiti u slučaju da se desi jedan konkretan događaj (npr. požar u fabrici)? Veći rizici zahtevaju pažljivije razmatranje i mogu rezultirati nižim samopridržajem. Osiguravač mora proceniti najgori mogući scenario, odnosno maksimalnu štetu koja bi mogla nastati po jednom događaju. Ova procena pomaže u određivanju koliko bi društvo moglo izgubiti ako zadrži rizik za sebe, što direktno utiče na visinu samopridržaja.

Može se zaključiti da je određivanje samopridržaja jedna od ključnijih odluka u upravljanju rizikom za osiguravače. Ova odluka mora uzeti u obzir kapitalne rezerve osiguravača, profil rizika portfelja, troškove reosiguranja, regulatorne zahteve i strategiju osiguravača. Cilj je da se postigne optimalni balans između zadržavanja rizika i prenosa rizika na reosiguravača, kako bi se obezbedila dugoročna solventnost i profitabilnost osiguravača.

3.4. Maksimalna moguća šteta

Maksimalna moguća šteta (MMŠ)[22], odnosno procenjena maksimalna verovatna šteta se odnosi na najveći verovatni gubitak koji bi osiguravajuće društvo mogla da pretrpi po osnovu određenog rizika koji je preuzet u osiguranje. MMŠ predstavlja najveći iznos štete koji se može očekivati u slučaju štetnog događaja, uzimajući u obzir da ne dolazi uvek do potpunog uništenja materijalnog dobra. MMŠ je obično niži od osigurane sume, osim u retkim situacijama kada je totalna šteta moguća. Dakle, ona predstavlja iznos najveće štete koja se prema proceni može očekivati na nekom predmetu osiguranja, odnosno jedinstvenom riziku koji je preuzet, od opasnosti s obzirom na okolnosti koje su značajne za taj rizik i sve ostale uticaje koji proizilaze iz osiguranog slučaja. MMŠ je ključna metrika u proceni rizika koja pomaže osiguravajućim društvima da procene rizik povezan sa ekstremnim događajima, kao što su i prirodne katastrofe i predstavlja najgori mogući scenario po kojem društvo može pretrpeti velike gubitke. Utvrđuje se na osnovu stručnog i pažljivog razmatranja svih okolnosti i svih rizika, pa se kod specifičnih rizika podrazumeva i angažovanje eksternih eksperata.

MMŠ je važan faktor u određivanju dela rizika koji osiguravajuće društvo prenosi na reosiguravača. Na taj način se evidentiraju i ponude/polise koje zahtevaju eksterno izravnanje rizika, odnosno prenos viška rizika iznad samopridržaja u reosiguranje. Osiguravač analizira visinu premija koje zadržava nakon reosiguranja. Ovo je važan indikator koliko, odnosno koji deo rizika društvo može da zadrži. Takođe, radi se projekcija budućih rezultata poslovanja, uključujući predviđanja o broju osiguranja, visini premija i očekivanim gubicima. Rezerve sigurnosti su sredstva koja društvo drži kao zaštitu od nepredviđenih događaja. Što su veće rezerve, to osiguravač može zadržati više rizika. Garantne rezerve dodatno povećavaju sigurnost osiguravača u ispunjavanju budućih obaveza.

Na osnovu sprovedenog intervjua se može zaključiti da osiguravajuća društva imaju razvijenu proceduru i smernice za procenu MMŠ, naročito za složene rizike i imovinu velike vrednosti, gde se obavezno pristupa izradi elaborata o proceni rizika, koji uključuje i

[22] Eng. *Probable Maximum Loss* - PML

procenjeni iznos MMŠ-a, kao i druge relevantne informacije, uključujući izviđaje, fotografije, tehničku dokumentaciju i izjave svedoka. Uobičajeno je da posebno formirana komisija donosi odluku o MMŠ za određeni rizik, koristeći smernice za taj rizik i tabelu za određivanje maksimalno moguće štete u procentu čiji je minimum i maksimum određen ovom tabelom, a u % od Celokupne Vrednosti Sredstava (CVS) u jednom (npr. požarnom) kompleksu. Takođe, bitan deo ove procene predstavlja i mogućnost kumuliranja rizika, kao što je to kod rizika od poplave. Na celom području koje poplava može iznenada da zahvati, na nivou celog društva za osiguranje treba uzeti u obzir sve ponude, odnosno polise koje pokrivaju rizik za osiguranje od poplave i na osnovu toga proceniti ukupni MMŠ, što dalje služi za uređenje ukupnog reosiguravajućeg aranžmana. Kod većih osiguravajućih društava, ovaj proces je automatizovan kroz sistem, gde se direktno iz ponude/polise preuzimaju elementi od značaja i kroz implementirane smernice za rizike određuju MMŠ.

Dakle, faktori koji mogu uticati na ovu procenu su:

1. Opasnosti koje ugrožavaju osiguranu imovinu

Društvo detaljno proučava sve potencijalne opasnosti koje mogu ugroziti osiguranu imovinu. Ovo mogu biti prirodne katastrofe, tehničke nesreće (npr. požari, eksplozije) ili ljudski faktori (npr. vandalizam, terorizam).

2. Verovatnoća ostvarenja tih opasnosti

Verovatnoća ostvarenja opasnosti određuje se kroz analizu istorijskih podataka, geografskih karakteristika, industrijskih standarda i drugih relevantnih informacija. Društvo koristi ove podatke da proceni koliko je verovatno da će se neka opasnost realizovati. Klimatske promene, urbanizacija, ekonomski uslovi i promena u ljudskom ponašanju mogu povećati ili smanjiti verovatnoću određenih opasnosti. Na primer, povećana urbanizacija može povećati rizik od požara ili poplava u određenim područjima.

3. Visina očekivane maksimalno moguće štete

Društvo mora da proceni vrednost imovine koja je u potencijalnom riziku da bi odredilo maksimalni gubitak u slučaju realizacije opasnosti. Ovo uključuje ne samo procenu fizičke vrednosti imovine već i indirektnih troškova kao što su prekid poslovanja. Procenjuje se

intenzitet mogućih posledica i mogućnost kumuliranja rizika. Na primer, u slučaju zemljotresa, intenzitet potresa i otpornost zgrada su ključni faktori. Maksimalni prostor na kom se mogu ostvariti opasnosti uključuje procenu geografskog ili fizičkog prostora u kojem bi mogla nastati šteta. Tako, u slučaju poplave, potrebno je proceniti rizik područja koje bi moglo biti pogođeno jednim događajem.

4. Mere za smanjenje verovatnoće i posledica osigurane opasnosti

Društvo treba da identifikuje i implementira preventivne mere koje mogu smanjiti verovatnoću nastanka štetnih događaja. Ovo može uključivati poboljšanje infrastrukture, uvođenje strožih građevinskih standarda ili ulaganje u zaštitne sisteme kao što su protivpožarni sistemi. Pored smanjenja verovatnoće, važno je raditi na smanjenju potencijalnih posledica štetnog događaja. Ovo može uključivati planove evakuacije, obuke zaposlenih, poboljšanje sistema za rano upozoravanje i druge mere koje mogu umanjiti štetu u slučaju realizacije opasnosti.

Pored ovih osnovnih faktora razmatraju se i dodatni faktori koji mogu uticati na procenu maksimalno moguće štete kao što su: ekonomski faktori (inflacija, promena vrednosti imovine), regulatorni zahtevi, tehnološki faktori, reputacioni rizik. Iako poslednje navedeni faktor nije direktno povezan sa materijalnom štetom, osiguravač mora uzeti u obzir i potencijalni gubitak ugleda u slučaju neadekvatnog odgovora na katastrofalni događaj, a što može imati dugoročne posledice na poslovanje.

Određivanje maksimalno moguće štete (MMŠ) za osiguranje od požara je proces kojim se procenjuju potencijalni gubici koji bi mogli nastati u slučaju požara, uzimajući u obzir celokupnu vrednost sredstava (C.V.S.) unutar jednog požarnog kompleksa. Ovo uključuje procenu koliko bi sredstava moglo biti oštećeno ili uništeno u slučaju požara. MMŠ se izražava kao procenat celokupne vrednosti sredstava i uzima u obzir prisustvo pasivne i aktivne protivpožarne zaštite.

Stručnjak 1. “Što se tiče požarnih rizika …tabela MMŠ-a daje okvirne procente koji predstavljaju procene maksimalne moguće štete za različite vrste delatnosti (proizvodne i

neproizvodne), uzimajući u obzir i protivpožarnu zaštitu. Ovi procenti se koriste kao naš vodič da se odredi koliko treba da pokrijemo u slučaju požara. ”

Stručnjak 2. Društvo postupa u skladu sa pravilnikom, smernicama i procedurama. Formira se posebna komisija za procenu MMŠ. U nekim slučajevima dragocena je pomoć eksternog eksperta. Društvo nema razvijen sofver za ove potrebe.

Stručnjak 3. “MMŠ kod NatCat rizika utvrđuje vendor. Neki ugovori o reosiguranju sadrže odrednice o PML-u. Na primer kod ekscedentnog ugovora o reosiguranju definisan je iznos samopridržaja u određenom iznosu na PML osnovi, kao i limit u određenom iznosu po riziku na PML osnovi”

Pretpostavimo da se određuje MMŠ za industrijski objekat (proizvodna delatnost) sa sledećim karakteristikama:

- Celokupna Vrednost Sredstava (C.V.S.) u požarnom kompleksu iznosi 10 miliona EUR.
- MMŠ za ovu delatnost prema tabeli je procenjen između 40% i 70% C.V.S., zavisno od nivoa protivpožarne zaštite.

Razlika između najnižeg (40%) i najvišeg (70%) procenta MMŠ-a iznosi 30%. Ova razlika od 30% MMŠ-a može biti dodatno analizirana u pogledu doprinosa pasivne i aktivne protivpožarne zaštite:

Na primer, ako pasivna protivpožarna zaštita doprinosi sa 75% razlike, imamo 30%×75%=22,5%, što znači da prisustvo pasivne zaštite doprinosi 22,5% ukupne razlike od 30%. Ako aktivna protivpožarna zaštita doprinosi sa 25% razlike, tada je 30%−22,5%=7,5%, odnosno prisustvo aktivne zaštite doprinosi sa preostalih 7.5% ukupne razlike.

Precizna procena MMŠ je važna jer utiče na određivanje samopridržaja i raspodelu rizika između osiguravača i reosiguravača. Procena zahteva stručan tim profesionalaca, kako bi se osigurala tačnost i pouzdanost procene.

Stručnjak 6. "Da bi se sprečila manipulacija niskim procenama MMŠ-a radi smanjenja premija za reosiguranje, reosiguravači često uključuju klauzule koje omogućavaju korekciju u slučaju pogrešne procene, sa "penalima" u zavisnosti od iskustva i poverenja u cedenta."

MMŠ direktno utiče na potrebne kapitalne rezerve osiguravajuće kompanije. Važna je što preciznija procena što pomaže kompanijama da zadrže adekvatan nivo kapitala, usklade se sa regulatornim zahtevima, i optimizuju svoje finansijsko poslovanje kako bi obezbedile dugoročnu stabilnost i sigurnost u slučaju ekstremnih događaja. Takođe, omogućava kompanijama da optimizuju svoju kapitalnu strukturu. Na primer, ako je veoma visok, kompanija može odlučiti da poveća nivo reosiguranja kako bi smanjila potrebu za držanjem velikih rezervi kapitala. Ovo oslobađa kapital koji se može koristiti za druge investicije ili poslovne aktivnosti. To pomaže kompanijama da balansiraju između rizika i troškova kapitala, što je ključno za održavanje profitabilnosti. MMŠ se koristi u scenarijskim analizama kako bi se pripremile strategije za različite potencijalne ishode katastrofalnih događaja. Ovo omogućava menadžmentu da bolje razume kako različiti nivoi rizika utiču na kapitalne rezerve i ukupnu stabilnost kompanije.

Određivanje samopridržaja i maksimalnog samopridržaja

Osiguravajuća društva koristi različite modele za izračunavanje optimalnog nivoa samopridržaja, odnosno maksimalnog samopridržaja. Svaki model ima specifične karakteristike i koristi se u zavisnosti od prirode rizika, finansijske strategije i ciljeva osiguravača.

Osiguravači često porede svoj samopridržaj sa industrijskim standardima kako bi osigurali da su konkurentni, ali i da adekvatno upravljaju rizikom. Ovo poređenje može uključivati analizu sličnih osiguravača i njihovih politika zadržavanja rizika. Međutim, ove politike se mogu u mnogome razlikovati i kod društava koja su slične veličine i portfelja, što se najbolje može ilustrovati odgovorima na pitanje postavljeno putem intervjua o trenutnoj visini maksimalnog samopridržaja za osiguranje motornih vozila (kasko) po vozilu u tri osiguravajuća društva. Odgovor prva dva stručnjaka čija su osiguravajuća društva slična po

veličini su, za prvo društvo 400.000 eura, kod drugog društva to je 700.000 eura i kod trećeg (većeg) društva 1.200.000 eura po vozilu. Iako sva tri osiguravajuća društva posluju u sličnom tržišnom okruženju i pružaju slične vrste osiguranja za motorna vozila, evidentne su značajne razlike u njihovim maksimalnim samopridržajima po vozilu. Veće osiguravajuće društvo može priuštiti zadržavanje većeg samopridržaja (1.200.000 eura) zbog svoje veće kapitalne baze i finansijske snage. Ovakva politika omogućava im da preuzmu veće rizike, jer imaju dovoljno kapitala za pokrivanje eventualnih gubitaka. Srednje velika društva imaju manju finansijsku snagu u poređenju s velikim društvom, što objašnjava niže maksimalne samopridržaje (400.000 eura i 700.000 eura). Različite strategije upravljanja rizikom mogu značajno uticati na odluke o samopridržaju. Prvo osiguravajuće društvo sa samopridržajem od 400.000 eura možda preferira konzervativniji pristup, čime minimizuje izloženost velikim pojedinačnim gubicima i oslanja se više na reosiguranje za pokriće rizika iznad ovog praga. Društvo sa samopridržajem od 700.000 eura možda ima drugačiji pristup, balansirajući između zadržavanja rizika i prenosa na reosiguravača, čime optimizuje troškove i korist od reosiguranja.

Razlike u portfelju i profilu klijenata takođe mogu doprineti različitim nivoima samopridržaja. Na primer, osiguravajuće društvo sa višim samopridržajem može imati portfelj koji se sastoji od skupljih vozila ili klijenata sa nižim rizikom, što im omogućava da zadrže veći deo rizika. Društvo sa nižim samopridržajem možda osigurava vozila niže vrednosti ili ima portfelj sa većom frekvencijom šteta, što zahteva oprezniji pristup zadržavanju rizika. Odluke o samopridržaju često se zasnivaju i na troškovima reosiguranja i trenutnim tržišnim uslovima.

Empirijski metod određivanja samopridržaja

U osiguranju, pravila zasnovana na iskustvu se često koriste u praksi za određivanje samopridržaja umesto na korišćenju detaljnih matematičkih ili statističkih modela. Ova pravila sugerišu da je samopridržaj (M) određeni udeo (empirijski) od prihoda od premija ili rezervi. Samopridržaj može biti izračunat kao

$$M = q' \cdot \Pi \text{ ili } M = q'' \cdot U,$$

gde su q' i q'' proporcije ili koeficijenti koji određuju udeo samopridržaja u odnosu na premiju (Π) ili rezerve (U).

Odnosno, prema Beard et al. (1984) je $M \approx \lambda \cdot U$, gde je λ koeficijent za sigurnost dat u procentima i pod pretpostavkom da ne postoje varijacije u raspodeli verovatnoća šteta ili su zanemaljivo male ili su uključene u ovaj parametar. Ova formula je zasnovana na vrlo pojednostavljenim pretpostavkama i koristi se kada je poznato da su štete veoma predvidljive. Na primer, ako je λ =5% (što znači da se procenjuje da će potencijalni gubici biti 5% od ukupnih rezervi), tada je samopridržaj M jednaka 0,05U. Empirijska metoda može biti korisna u nekim specifičnim slučajevima ili kao početna procena samopridržaja u procesu njegovog određivanja.

Ukupan iznos šteta u portfelju je neprekidna slučajna veličina, što znači da može uzeti neprebrojivo mnogo vrednosti iz nekog skupa (na primer, sve moguće iznose šteta koje mogu nastati u portfelju ili vrsti osiguranja). Kako bi se olakšalo modeliranje, šteta se razvrstavaju u intervale prema veličini i razmatraju prosečni iznosi šteta u svakom od ovih intervala. Na ovaj način, neprekidna slučajna veličina se diskretizuje (pretvara u diskretnu slučajnu veličinu) što je pogodnije za analizu. Matematički model za određivanje samopridržaja na osnovu verovatnoće propasti sa primerom dat je u poglavlju 5 disertacije.

4. MODELI ZA PROCENU I UPRAVLJANJE NATCAT RIZICIMA

Modeliranje NatCat rizika suočava se s brojnim izazovima i problemima zbog složenosti prirodnih katastrofa, velikog broja nepoznatih faktora i nedostataka u dostupnih podataka. U ovom delu rada, biće opisan razvoj ovih modela, odnosno opisan je probabilistički pristup modeliranju, zatim stohastički modeli vremenskih serija, kao i savremene metode procene rizika koje uključuju napredne tehnologije i analitiku.

4.1. Razvoj modela za procenu katastrofalnih rizika

Model je pojednostavljena reprezentacija realnog sveta koja koristi različite koncepte i matematičke metode za opisivanje, objašnjavanje i predviđanje ponašanja složenih sistema ili fenomena. Modeli se koriste u širokom spektru disciplina, uključujući nauku, inženjering, ekonomiju, društvene nauke i druge oblasti. Cilj modeliranja je da se stvore matematičke ili konceptualne strukture koje omogućavaju razumevanje i analizu ključnih elemenata sistema, kao i njihove međusobne odnose. Modeliranje je proces stvaranja modela koji može biti matematički, statistički, ekonomski, bihevioralni ili simulacioni, zavisno od cilja istraživanja i prirode sistema koji se proučava. Prema Tufteu (2001), modeliranje uključuje selektivno fokusiranje na specifične aspekte stvarnosti kako bi se omogućilo bolje razumevanje kompleksnih fenomena, uz istovremeno zanemarivanje manje važnih detalja. Uopšteno, model se sastoji od tri osnovne komponente: komponenta za unos informacija, komponenta za obradu i komponenta za rezultate.

Razvoj modela za procenu katastrofalnih rizika (CAT modeli), posebno u segmentu prirodnih katastrofa (NatCat modeli), predstavlja značajan napredak u analizi i kvantifikaciji rizika od prirodnih katastrofa, što je od ključne važnosti za industriju osiguranja, reosiguranja, ali i za šire planiranje upravljanja rizicima. Prvi CAT modeli razvijeni su krajem 20. veka kao odgovor na rastuću potrebu osiguravajućih društava za

kvantifikovanjem rizika od katastrofalnih događaja, poput uragana, zemljotresa i poplava. Tradicionalne metode osiguranja bazirane na aktuarskim procenama istorijskih podataka nisu bile dovoljne za razumevanje kompleksnih i retkih događaja kao što su prirodne katastrofe. CAT modeli su stoga evoluirali iz kombinacije statističke analize i numeričkih simulacija, omogućavajući kvantifikaciju verovatnoće i posledica događaja koji se javljaju s različitom učestalošću. Najraniji modeli fokusirali su se pretežno na zemljotrese, uragane i poplave, jer su to najrazornije prirodne katastrofe sa ogromnim ekonomskim posledicama. Modeli za procenu katastrofalnih rizika brzo su evoluirali od njihovog uvođenja 1980-ih, delimično zahvaljujući tehnološkom napretku. Iako su prvobitno razvijeni za procenu verovatnoće gubitaka izazvanih ekstremnim vremenskim prilikama, proširili su se na primenu i na rizike koji nisu povezani s vremenskim prilikama, uključujući gubitke zbog terorističkih napada, kibernetičkih napada i drugih neklimatskih rizika.

Tokom 1990-ih i ranih 2000-ih godina, CAT modeli su postali sofisticiraniji, integrišući napredne meteorološke i geofizičke podatke sa modelima izloženosti i ranjivosti ovim rizicima. CAT modela su se razvijali u naučnoj literaturi, ali i praksi od ranih verzija koje su bile zasnovane na jednostavnim statističkim analizama, do savremenih modela koji koriste stohastičke simulacije i regionalno specifične podatke.

Probabilistički pristup modeliranju

Umesto na oslanjaje samo na istorijske podatke, u modelima su počele da se koristite tehnike simulacija zasnovane na velikom broju mogućih scenarija (stohastički pristup), čime je omogućen veći uvid u potencijalne varijacije i retke događaje. Ovaj probabilistički pristup omogućio je osiguravajućim društvima i regulatorima da kvantifikuju verovatnoće događaja koji se javljaju jednom u sto, petstotina ili čak hiljadu godina.

Probabilistički model seizmičkog rizika za Kaliforniju (Field et al., 2009), poznat i kao UCERF2 (Uniform California Earthquake Rupture Forecast) modelira predviđanje seizmički rizik u Kaliforniji. U modelu se koriste podaci o geološkim rascjepima, istorijskim potresima i geofizičkim karakteristikama tla kako bi se kvantifikovala verovatnoća budućih

zemljotresa. Model procenjuje verovatnoću potresa različitih magnituda u narednih 30 godina, uzimajući u obzir složene interakcije između tektonskih ploča.

Globalna inicijativa (GEM Framework - Global Earthquake Model) je razvila jedan od najpoznatijih probabilističkih modela za seizmičke rizike na globalnom nivou (Pagani et al., 2014). U modelu GEM se koriste stohastičke simulacije koje integrišu podatke o globalnim seizmičkim zonama, istorijskim potresima i regionalnim specifičnostima za procene verovatnoće zemljotresa i mogućih ekonomskih gubitaka. Ovaj model je posebno važan jer omogućava dosledne procene za različite regione sveta, uzimajući u obzir različite seizmičke aktivnosti i lokalne karakteristike.

Model CAPRA je probabilistički model razvijen za procenu rizika od prirodnih katastrofa u Centralnoj Americi (Cardona et al., 2012). Ovaj model integriše podatke o opasnostima kao što su zemljotresi, uragani i poplave, zajedno sa podacima o izloženosti i ranjivosti, kako bi se procenili potencijalni gubici. U modelu se koristi probabilistički pristup kako bi se kvantifikovao rizik u različitim vremenskim horizontima i omogućava planiranje strategija za smanjenje rizika. Ovaj model se često koristi u donošenju odluka na nivou vlada i u osiguravajućih kompanija u Centralnoj Americi.

RMS-ov model za uragane na severnom Atlantiku koristi probabilističke tehnike kako bi simulirao stohastičke scenarije uragana, procenjujući njihov uticaj na obalna područja Sjedinjenih Američkih Država. Ovaj model koristi meteorološke podatke i simulacije putanja uragana kako bi procenio verovatnoću događaja kao što su vetrovi i poplave povezani sa olujama, a zatim kvantifikuje ekonomske gubitke za različite scenarije (Zeng, 2000).

Jongman et al. (2014) su razvili probabilistički model koji procenjuje verovatnoću različitih scenarija poplava širom evropskog kontinenta, koristeći podatke o istorijskim poplavama, meteorološke obrasce, topografiju i geografske podatke. Model kvantifikuje ekonomske i socijalne gubitke uzimajući u obzir stohastičke scenarije različitih nivoa vode i vremenskih uslova.

Probabilistički model za cunamije (Lorito et al., 2015) razvijen je kako bi procenio rizik od cunamija na globalnom nivou, sa fokusom na seizmički aktivna područja poput Tihog

okeana. Model integriše seizmičke podatke i numeričke simulacije kretanja cunami talasa, zajedno sa podacima o ranjivosti i izloženosti priobalnih područja. Korišćenjem probabilističkih scenarija, model pruža procene o učestalosti i intenzitetu budućih cunamija i njihovom potencijalnom uticaju na stanovništvo i infrastrukturu.

Stohastički modeli vremenskih serija

Stohastičke vremenske serije su ključni alat u modeliranju prirodnih katastrofa, jer omogućavaju generisanje simulacija vremenskih ili prostorno-vremenskih obrazaca za ekstremne događaje. Ove tehnike se koriste kako bi se generisalo više mogućih scenarija na osnovu statističke distribucije istorijskih podataka, čime se omogućava probabilističko modeliranje rizika i gubitaka.

Vogel i suradnici (1999) razvili su stohastički model vremenskih serija za procenu rizika od suša. Model koristi vremenske serije podataka o padavinama i protoku reka, simulirajući dugačke nizove vremenskih podataka kako bi se generisali scenariji za buduće suše. Ovaj model koristi ARMA (AutoRegressive Moving Average) pristup za predviđanje verovatnoće i trajanja sušnih perioda u određenom regionu. Primena ovog modela je posebno korisna za planiranje u oblasti upravljanja vodnim resursima.

Clark (2001) je razvio stohastički model vremenskih serija za simulaciju obrazaca ponašanja uragana. Ovaj model koristi podatke o istorijskim olujama u kombinaciji sa vremenskim serijama i stohastičkim simulacijama kako bi se generisao veliki broj sintetičkih oluja za analizu budućih rizika. Ovaj pristup je posebno važan u proceni intenziteta i učestalosti oluja koje utiču na obalna područja SAD-a i Kariba. Model koristi Markovljeve lance za modeliranje prelaza između različitih vremenskih stanja (npr. mirni periodi, početak i kraj oluje).

Stohastički model vremenskih serija koji simulira tropske ciklone, koristeći podatke o sezonskoj variabilnosti u kombinaciji sa simulacijama putanja i intenziteta oluja su razvili autori Emanuel et al. (2006). Ovaj model se oslanja na stohastičke tehnike za generisanje mogućih tropskih ciklona u budućnosti na osnovu podataka o temperaturi površine mora i

atmosferskim uslovima. Primena ovog modela bila je ključna za analizu promena u obrazcima ciklona u kontekstu klimatskih promena.

Stohastički vremenski model za pljuskove i poplave razvijen od strane Cowpertwait (2004) koristi vremenske serije padavina i generiše stohastičke scenarije za procenu učestalosti ekstremnih događaja. Ova metoda se koristi za analizu poplava u urbanim područjima, posebno u proceni kratkoročnih padavina koje mogu izazvati iznenadne poplave. Model integriše Poissonove procese kako bi generisao nasumične vremenske serije pljuskova, što omogućava preciznije predviđanje poplava.

Model pod nazivom Actuarial Models for Casualty Catastrophes koristi kombinaciju stohastičkih vremenskih serija i aktuarskih algoritama za procenu katastrofalnih rizika u segmentu osiguranja. Ove tehnike omogućavaju procenu kako često će se katastrofe desiti i koliko štete mogu prouzrokovati u smislu osiguranih potraživanja. Modeli su takođe dizajnirani da simuliraju agregirane scenarije iz prošlih podataka, što je od velikog značaja za industriju osiguranja u kontekstu globalnih rizika.

Regionalno i nacionalno specifični modeli

Tokom kasnijih faza razvoja CAT modela, modeli su postali specifičniji za određene geografske regione, omogućavajući detaljnije i preciznije procene rizika za specifične prirodne pretnje. Naročito tokom poslednjih decenija evoluirali su od generičkih, globalno primenljivih pristupa ka specifičnijim modelima prilagođenim regionalnim i nacionalnim karakteristikama. Ovo je omogućilo preciznije i pouzdanije procene rizika, prilagođene specifičnim prirodnim pretnjama i lokalnim karakteristikama, kao što su klima, geologija i izgrađena infrastruktura. Na primer, RMS North Atlantic Hurricane Model je referentan u modeliranju uragana na Atlantiku, dok je AIR Worldwide razvio modele specifične za zemljotrese u Japanu i cunamije (Grossi & Kunreuther, 2005). Oba modela su dalje razvijana i danas se koriste u osiguranju i reosiguranju i može se reći da spadaju u modele koji se najviše koriste.

RMS je razvio i model za procenu rizika od olujnih vetrova koji pogađaju evropske zemlje. Ovaj model integriše meteorološke podatke o istorijskim olujama, vremenske obrasce i lokalne geografske karakteristike kako bi pružio detaljne procene rizika za različite zemlje. Model obuhvata više od 50 zemalja u Evropi, uključujući specifičnosti infrastrukture i građevinskih materijala. Još jedna specifičnost je integrisana baza osigurane imovine. Poseban naglasak stavljen je na učestalost ekstremnih vremenskih događaja u severnoj Evropi i njihov uticaj na urbane centre. CoreLogic je razvio model koji omogućava osiguravačima procenu rizika od šumskih požara, koji postaju sve češći u SAD, posebno u zapadnim državama poput Kalifornije. Model koristi kombinaciju podataka o vegetaciji, vremenskim obrascima i gustini naseljenosti kako bi simulirao širenje požara. Platforma uključuje i podatke o lokalnim merama za suzbijanje požara i strategijama upravljanja zemljištem, čime se omogućava precizna procena potencijalnih gubitaka. Kancelarija Ujedinjenih nacija je razvila model, pod nazivom GAR, za tropske regione. Model obuhvata simulacije ciklona za Karibe, Pacifik i Indijski okean, uključujući analize udara vetra, oborinskih voda i olujnih talasa. Koristi se za procene gubitaka u osiguravanju, ali i za procese donošenja odluka na nacionalnom nivou. Poseban fokus modela EQECAT je stavljen na visokorizične oblasti od zemljotresa poput Indonezije, Filipina i Himalajske regije. U modelu se koriste podaci o tektonskim aktivnostima, geološkim karakteristikama, kao i istorijski podaci o zemljotresima kako bi se procenila učestalost i intenzitet seizmičkih događaja. Model simulira i domino efekat, što ga čini ključnim alatom za reosiguravače u regionu.

Razvoj NatCat modela predstavlja kontinualni napredak u oblasti kvantifikacije rizika, omogućavajući osiguravačima, donosiocima politika i planerima urbane infrastrukture da donose bolje informisane odluke. Nakon što je uragan Endru 1992. godine prouzrokovao sektoru osiguranja štete u vrednosti 20 milijardi dolara, što je dovelo do insolventnosti nekoliko osiguravača, industrija osiguranja počela je intenzivnije da koristi modele katastrofa za procenu gubitaka i upravljanje rizicima. Savremeni CAT modeli, kroz integraciju probabilističkih metoda, vremenskih serija i regionalno specifičnih podataka, značajno doprinose razumevanju potencijalnih posledica klimatskih i geoloških rizika. Kako klimatske

promene i dalje utiču na obrasce prirodnih katastrofa, budući razvoj modela će morati sve više uzimati u obzir neizvesnosti povezane sa promenama vremenskih uslova.

4.2. Savremeni modeli za procenu rizika prirodnih katastrofa

Nove metodologije i tehnološki napredak značajno doprinose prevazilaženju izazova u modeliranju prirodnih katastrofa, unapređujući tačnost i sveobuhvatnost procene rizika. Osiguravajuća društva, reosiguravači i organizacije koje se bave upravljanjem rizicima sve više koriste ove inovacije kako bi poboljšale kvantifikaciju rizika. Nedavni razvoji u oblasti veštačke inteligencije i mašinskog učenja počeli su da utiču na NatCat modele. Ove tehnologije mogu da automatizuju detekciju hazarda, poboljšaju preciznost procene rizika i analizu ranjivosti obradom velikih skupova podataka iz različitih izvora, uključujući satelitske snimke.

Upotreba Big Data tehnologija i mašinskog učenja transformiše način na koji se rizici od prirodnih katastrofa modeliraju. Ovi pristupi omogućavaju analizu ogromnih količina podataka prikupljenih iz različitih izvora, uključujući meteorološke podatke, satelitske snimke, podatke o tlu i obrasce vremenskih prilika. Mašinsko učenje pomaže u prepoznavanju složenih obrazaca i odnosa između ovih podataka, poboljšavajući tačnost modela. Tako, u proceni rizika od poplava, satelitski snimci se koriste za identifikaciju područja podložnih poplavama, dok algoritmi mašinskog učenja analiziraju istorijske meteorološke podatke kako bi predvideli verovatnoću poplavnih događaja u budućnosti (Moy de Vitry et al., 2019). Ovi modeli su ključni za preciznije prognoze, naročito u regijama koje nemaju istorijske podatke o poplavama. Integracija “real-time” podataka poboljšava sposobnost modela da predviđaju događaje u realnom vremenu, što je od suštinskog značaja za ranija upozorenja i smanjenje šteta.

Jedan od najnovijih pristupa u modeliranju prirodnih katastrofa je razvoj integrisanih modela. Ovi modeli kombinuju različite metodologije i izvore podataka kako bi pružili celovitu analizu rizika. Na primer, za modeliranje rizika od klizišta, ovi modeli integrišu podatke o

topografiji, vremenskim uslovima, geološkim karakteristikama i ljudskoj aktivnosti. Ova integracija omogućava holistički pristup koji poboljšava tačnost predviđanja klizišta u odnosu na modele koji koriste samo jedan skup podataka. Studije su pokazale da kombinacija podataka o promenama u pokrivenosti zemljišta (npr. seče šuma ili urbanizacije), uz podatke o padavinama i konfiguraciji terena, značajno poboljšava preciznost modela klizišta (Froude & Petley, 2018). Takođe, integrisani modeli omogućavaju procenu rizika u složenim ekosistemima, gde pojedinačni faktori međusobno utiču na verovatnoću događaja.

Participativno modelovanje, koje uključuje lokalne zajednice u proces modeliranja, postaje sve popularnije kao metoda koja povećava tačnost i relevantnost modela, posebno u ruralnim i teško dostupnim područjima. Uključivanje lokalnog stanovništva omogućava prikupljanje specifičnih podataka o istorijskim događajima i lokalnim rizicima koji su često nedostupni u standardnim bazama podataka. Na primer, u nekim regijama u jugoistočnoj Aziji, lokalne zajednice su uključene u mapiranje područja podložnih poplavama na osnovu iskustava sa prethodnim događajima. Ovi podaci su kombinovani sa satelitskim snimcima i geološkim informacijama kako bi se kreirali modeli specifični za lokalne uslove, koji omogućavaju precizniju procenu rizika (Gaillard & Mercer, 2013). Participativno modelovanje ne samo da poboljšava tačnost modela, već doprinosi i boljoj komunikaciji rizika između naučne zajednice i lokalnih donosioca odluka, čime se omogućava bolje planiranje i prevencija.

Tehnološki napredak i nove metodologije, uključujući korišćenje Big Data, mašinskog učenja, integrisanih modela i participativnog modelovanja, značajno unapređuju sposobnost modela za kvantifikaciju i procenu rizika od prirodnih katastrofa. Ove inovacije pomažu u poboljšanju tačnosti predviđanja i omogućavaju donošenje informisanih odluka u upravljanju rizicima. Kako se tehnologija dalje razvija, ovi pristupi će igrati sve važniju ulogu u smanjenju gubitaka izazvanih prirodnim katastrofama i poboljšanju otpornosti na globalnom nivou.

U novije vreme razvijeno je puno platformi za NatCat modeliranje u industriji osiguranja uključuju vodeće softverske i analitičke alate koje koriste osiguravajuća društva i reosiguravači za kvantifikaciju rizika od prirodnih katastrofa. Najpoznatijih platforme, pored gore navedenih, su:

- CLIMADA (CLIMate ADAptation). Ovo je besplatni open-source CAT model razvijen od strane ETH Zürich, koji omogućava korisnicima da modeliraju uticaj klimatskih promena na katastrofalne događaje. CLIMADA se ističe po tome što integriše klimatske modele sa podacima o ekonomskim gubicima, omogućavajući analizu dugoročnih klimatskih rizika (Aznar-Siguan & Bresch, 2019). Obuhvaćeni su toplotni talasi, suše i poplave, uz integraciju socioekonomskih podataka. Model se koristi u planiranju klimatske adaptacije i optimizaciji ulaganja u otpornost na klimatske promene.
- Global Flood Model (JBA Risk Management). JBA je razvio jedan od najdetaljnijih globalnih modela poplava, koji koristi hidrometeorološke podatke, topografiju i modele protoka vode kako bi simulirao rizik od poplava na globalnom nivou. Ovaj model je posebno važan za procenu rizika u regionima gde istorijski podaci o poplavama nisu dostupni ili su ograničeni (JBA, 2018). Koristi podatke o topografiji i hidrološkim karakteristikama uz slike visoke rezolucije.Model obuhvata procene za rečne, obalne i urbane poplave. Specifičan je po tome što uzima u obzir efekte promena u korišćenju zemljišta i urbanizaciji, kao i uticaj klimatskih promena na nivo mora i rečnih tokova.
- CoreLogic je specijalizovan za modeliranje poplava, požara i rizika vezanih za vremenske nepogode u urbanim sredinama. Njihovi modeli poplava koriste satelitske slike kako bi mapirali rizična područja u urbanim zonama u realnom vremenu.
- Platformu MetaRisk omogućava analizu rizika od prirodnih katastrofa i simulaciju scenarija koji pomažu osiguravačima da optimizuju portfelje i smanje rizike. MetaRisk kombinuje stohastičke modele sa aktuarskim analizama i pruža alate za procenu gubitaka od velikih katastrofa. Omogućava osiguravačima da simuliraju složene događaje i prilagode svoje strategije za smanjenje rizika.
- KCC je kompanija koja je specijalizovana za probabilističko modeliranje prirodnih katastrofa i nudi prilagođene modele za osiguravajuće i reosiguravajuće kompanije. Njihov model RiskInsight® omogućava korisnicima da kvantifikuju rizike od oluja, zemljotresa i poplava uz visok nivo prilagodljivosti. RiskInsight® koristi otvorene

platforme za fleksibilno modeliranje katastrofa, omogućavajući osiguravačima da razvijaju sopstvene prilagođene scenarije za procenu rizika.

Sigma bazu podataka je jedna od najopsežnijih baza za istorijske podatke o katastrofama. Oslanjajući se na ovu bazu razvijeni su modeli za sve vrste prirodnih katastrofa. Swiss Re Sigma modeli obuhvataju procene rizika za različite prirodne pretnje, uključujući zemljotrese, poplave, oluje i suše i koriste se, između ostalog, za strateško planiranje i procenu rezervi reosiguranja na globalnom nivou.

Modeli prirodnih katastrofa omogućavaju preciznije određivanje premija koje osiguravači naplaćuju svojim klijentima. Ove premije moraju biti dovoljno visoke da pokriju potencijalne gubitke od katastrofalnih događaja, ali i konkurentne na tržištu. Korišćenjem NatCat modela, osiguravači mogu bolje odrediti koje premije odgovaraju realnom riziku, kao i izračunati kapitalne rezerve koje su im potrebne za pokrivanje potencijalnih potraživanja u slučaju katastrofe (Kousky & Cooke, 2012).

NatCat modeli igraju ključnu ulogu u planiranju strategija zaštite (*risk mitigation*) i reosiguranja. Reosiguravači koriste ove modele kako bi procenili rizik vezan za portfelje koje osiguravajuće kompanije cediraju, dok osiguravači koriste modele za izračunavanje optimalnog nivoa reosiguranja koje im je potrebno za zaštitu od potencijalnih velikih gubitaka. Ovi modeli omogućavaju osiguravačima da shvate maksimalne potencijalne gubitke i očekivane gubitke koristeći različite scenarije. Takođe, omogućavaju osiguravačima i reosiguravačima da analiziraju rizik svog portfelja osiguranja na globalnom ili regionalnom nivou. Ovo uključuje identifikaciju područja sa visokom koncentracijom rizika, optimizaciju portfelja prema diversifikaciji rizika i razvoj strategija za smanjenje izloženosti.

Regulatori u mnogim zemljama zahtevaju da osiguravači imaju dovoljno kapitala za pokrivanje rizika, uključujući rizike od prirodnih katastrofa. NatCat modeli omogućavaju osiguravačima da pokažu regulatornim telima da imaju adekvatne rezerve i strategije upravljanja rizikom kako bi ispunili ove zahteve. U Evropskoj uniji, regulativa Solventnost 2 zahteva da osiguravači procene svoje potencijalne gubitke i kapitalne potrebe na osnovu

realnih rizika, uključujući one od prirodnih katastrofa (European Insurance and Occupational Pensions Authority, 2014).

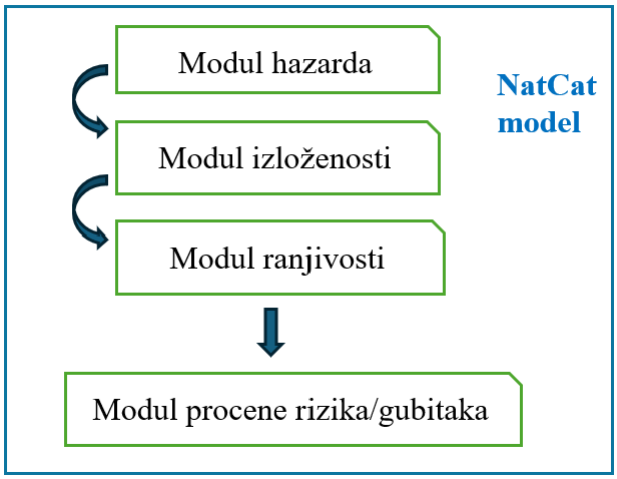
Korišćenjem "real-time" podataka i simulacija, NatCat modeli mogu pružiti rano upozorenje o katastrofalnim događajima omogućavajući osiguravačima da brzo procene potencijalne gubitke i pripreme se za moguća potraživanja osiguranika. Ove informacije su takođe korisne za klijente osiguravača i lokalne zajednice kako bi preduzeli mere smanjenja šteta pre nego što se katastrofa dogodi (Kunreuther & Michel-Kerjan, 2011).

Modeli katastrofa simuliraju hiljade mogućih scenarija katastrofalnih događaja. Simulirani scenariji zasnovani su na realnim parametrima događaja i koriste podatke iz meteorološke istorije, geologije i geografije kako bi se probabilistički modelovalo šta bi moglo da se dogodi u budućnosti. Ovi scenariji koriste se za kvantifikaciju očekivanih šteta za portfelj, koristeći inženjerski pristup. Na kraju, osigurani gubitak se izračunava uzimajući u obzir pokriće iz osiguravajućih polisa. Ovi modeli pružaju dragocene uvide za identifikaciju rizika, kvantifikaciju rizika i strategije upravljanja rizicima, primenjujući multidisciplinarni pristup koji uključuje nauku, inženjering i matematiku/statistiku.

4.3. Problemi i izazovi u modeliranju rizika prirodnih katastrofa

NatCat modeli su pojednostavljeni prikazi složenih prirodnih procesa i njihova tačnost zavisi od ulaznih podataka. Stoga je za njihovu evaluaciju ključno proceniti ulazne podatke, pretpostavke koje se koriste i dobro razumeti implicirane neizvesnosti.

Uobičajeno, NatCat modeli imaju četiri glavne komponente: modul hazarda (opasnost), modul izloženosti (exposure), modul ranjivosti (vulnerability) i modul procene rizika/gubitaka (Slika 4.3.1).



Slika 4.3.1. Osnovni NatCat model

Izvor: Autor

Modul hazarda sadrži obiman katalog simuliranih događaja koji predstavljaju širok spektar verovatnih scenarija. Ovaj modul daje informacije o učestalosti događaja određene veličine i gde će se takvi događaji verovatno dogoditi. Svaki događaj karakteriše specifična snaga ili veličina, lokacija i godišnja verovatnoća pojave (poznata i kao stopa događaja). Obično sadrži dva podmodula za procenu geofizičkih i hidro-meteoroloških rizika.

Modul za izloženost identifikuje šta je potencijalno ugroženo u slučaju katastrofe, bilo da se radi o ljudima, zgradama, infrastrukturi ili imovini. Ovaj modul procenjuje koliki deo stanovništva, imovine i resursa može biti pogođen u različitim scenarijima.

Modul ranjivosti meri koliko je svaka izložena stavka osetljiva na određeni rizik. Ovaj modul procenjuje različite faktore, kao što su starost zgrada, kvalitet materijala, kao i otpornost na

prirodne nepogode. Modul ranjivosti kvantifikuje očekivane štete za izložene objekte na osnovu karakteristika zgrada i intenziteta događaja. Ranjivost se određuje pomoću funkcija šteta, tj. matematičke funkcije za izračunavanje iznosa očekivane štete u odnosu na intenzitet opasnosti.

Poslednji modul je procena rizika i gubitaka. Kombinujući podatke o opasnosti, izloženosti i ranjivosti, NatCat model procenjuje potencijalne gubitke u različitim scenarijima katastrofa. Ovo uključuje procenu ekonomskih gubitaka, broja povreda ili smrtnih slučajeva, kao i oštećenja infrastrukture.

Potpunost ulaznih podataka je od velike važnosti za procenu rizika. Međutim, potpunost ulaznih podataka za događaje niske frekvencije i visokog intenziteta predstavlja veliki izazov i ne može se rešiti korišćenjem istorijskih zapisa jer su prekratki. Ako je vremenski opseg podataka previše mali da obuhvati retki događaj, tada će propuštanje ekstremnog gubitka rezultirati mnogo nižom procenom prosečnog godišnjeg gubitka. S druge strane, ako je vremenski opseg zabeležio ekstremni događaj, tada će godišnji gubitak biti precenjen. Zbog ograničenog broja slučajeva, teško je napraviti tačne procene verovatnoće i potencijalnog obima tih šteta. Zbog toga su različite tehnike simulacija koje se koriste u modelima za kvantifikaciju finansijskih uticaja različitih potencijalnih katastrofa od velikog značaja.

Takođe, jedan od osnovnih problema u modeliranju NatCat rizika je i nedostatak tačnih, visokokvalitetnih podataka, naročito u zemljama u razvoju ili u ruralnim oblastima gde ne postoje istorijski zapisi o prethodnim katastrofama. Podaci koji su ključni za modeliranje, poput meteoroloških ili geoloških informacija, često su nedostupni ili neprecizni. Bez pouzdanih podataka, teško je precizno kvantifikovati rizik ili simulirati moguće scenarije (Kappes et al., 2012). Stoga, neadekvatni istorijski podaci o frekvenciji i intenzitetu katastrofa predstavljaju veliki izazov prilikom modeliranja ovi rizika. Pored toga, neohodna je i bolja standardizacija podataka.

Procena verovatnoće pojave veoma velikih šteta jedan je od glavnih praktičnih izazova u teoriji rizika, zbog toga što je osnova iskustava skoro uvek ograničena, a neočekivani događaji mogu dovesti do gubitaka nepredviđenih razmera. Zbog toga je teško precizno proceniti rizik od katastrofalnih šteta.

Klimatske promene dodaju značajnu neizvesnosti u procene NatCat rizika, jer menjaju obrasce vremenskih nepogoda kao što su uragani, poplave, suše i požari. Istovremeno, nedostatak preciznih predviđanja o dugoročnim promenama u klimi otežava prilagođavanje modela budućim uslovima. NatCat modeli moraju biti fleksibilni kako bi uključili ove promene, ali predviđanje intenziteta i učestalosti događaja kao što su ekstremne padavine ili rast nivoa mora je i dalje veoma složeno.Više o neizvesnosti u proceni dugoročnih klimatskih scenarija koji utiču na NatCat rizike se može pročitati u studiji Međunarodni panel za klimatske promene IPCC (2021).

Kao što je rečeno, prirodne katastrofe često nisu izolovani događaji, već se mogu pojaviti u kombinaciji s drugim rizicima. Tako, zemljotres može izazvati cunami, koji zatim uzrokuje poplave, a te poplave mogu dovesti do klizišta. Modeli koji uzimaju u obzir više različitih rizika (multi-hazard models) još uvek su u razvoju, jer je teško modelirati interakcije između različitih opasnosti i utvrditi njihove kumulativne efekte. Zbog toga modeliranje međuzavisnosti i kaskadnih efekata različitih katastrofa predstavlja izazov za naučnu i stručnu ekspertizu. Posebno treba imati u vidu nedostatak podataka o interakcijama između različitih tipova opasnosti (Gill & Malamud, 2014).

Procena ranjivosti i izloženosti infrastrukture, populacije i ekosistema jedan je od najvećih izazova u modeliranju NatCat rizika. Iako modeli mogu precizno simulirati neke od prirodnih pretnji (npr. intenzitet poplava ili vetra), procena kolika će šteta biti u zavisnosti od različitih činioca, npr. starost zgrada, materijal, građevinski standardi ili društvena ranjivost, mnogo je teža. Dinamičnost izloženosti i ranjivosti, koja se menja s urbanizacijom i demografskim promenama se u novije vreme sve više izučava u literaturi. Međutim, još uvek su prisutne teškoće u integrisanju socijalnih i ekonomskih faktora u tehničke modele. Tehnološka ograničenja vezana za softverske alate i računske kapacitete takođe predstavljaju izazov u NatCat modeliranju. Iako su modeli sve sofisticiraniji, mnogi od njih još uvek ne mogu obuhvatiti sve faktore potrebne za sveobuhvatnu procenu rizika. Pored toga, kompleksni stohastički modeli mogu zahtevati značajne računske resurse, što ograničava njihovu primenu u realnom vremenu.

Tokom intervjua postavljeno je pitanje o NatCat modelima, odnosno platformama koje društva u regionu koriste. Stručnjaci iz Slovenije i Hrvatske dali su slične odgovore u pogledu modela koje koriste.

"Slovenačka osiguravajuća društva imaju svoj agregatni PML koji izračunavaju (na osnovu prikupljenih podataka) strane kompanije za reosiguranje i brokeri, kao što su Munich Re, Aon Benfield i Gui Carpenter koristeći RMS ili AIR model ili sopstveni model za zemljotres."

Stručnjak iz Hrvatske je pomenuo da njegovo društvo koristi AON za rizik poplave i zemljotresa.

Društva u Srbiji imaju različite modele i uglavnom su upućeni na modele koje koristi grupa, dok su neka od većih društava razvila svoje modele za pojedine rizike.

5. NATCAT MODELI

U ovom delu rada biće predložen konceptualni model za osiguranje i reosiguranje rizika prirodnih katastrofa kroz najznačajnije module i podmodule modela. U teoriji rizika, procena i modeliranje rizika od katastrofalnih šteta zahtevaju posebne pristupe zbog retkosti i potencijalne veličine ovih šteta. S obzirom na složenu prirodu problema, predloženi model uključije više modula i podmula, koji su međusobno povezani. Sistematičan pristup ovog modela, može omogućuje bolje razumeju i upravljaju rizikom od ekstremnih događaja, ali i omogućiti osiguravačima da pripreme adekvatne rezerve i strategije upravljanja rizicima za slučajeve velikih, neočekivanih gubitaka. U tom smislu postavlja se sledeća hipoteza:

H_2. NAT CAT konceptualni model može doprineti boljem sagledavanju nivoa izloženosti riziku u slučaju katastrofalnih događaja.

Cilj ovog modela je da osiguravajućim društvima omogući sistematsko i analitičko upravljanje rizicima, naročito katastrofalnim rizicima, kroz, između ostalog, analizu istorijskih podataka o štetama, projekcije šteta, određivanje nivoa samopridržaja i optimizaciju reosiguravajućih pokrića, što na kraju rezultira konstrukcijom funkcija verovatnoće prekoračenja (Exceedance Probability - EP). Specifičnost predloženog modela je da je dizajniran tako da se može prilagodi jedinstvenom portfelju polisa osiguranja i specifičnim vrstama izloženosti riziku određenog osiguravača. Sa druge strane, model ispunjava uslov “harmonizacije” ovih modela. Naime, poslednjih godina, rating agencije i regulatori zahtevaju "harmonizovanu" upotrebu modela za procenu NatCat rizika, odnosno standardizovan pristup u načinu na koji se modeliraju i procenjuju rizici od prirodnih katastrofa.

Model je podeljen u četiri glavna modula:

1. Modul katastrofalnih rizika (Modul hazarda)
2. Modul za procenu šteta (Modul Šteta)
3. Finansijski modul
4. Rezultujući modul

Svaki modul se dalje razlaže na podmodule koji imaju specifične funkcije unutar modela i međusobno su povezani.

5.1. Konceptualni NatCAT model

1. Modul hazarda

Identifikacija glavnih katastrofalnih rizika sa kojima se društvo može suočiti, kao i prostorna procena, učestalost i intenzitet prirodnih katastrofa, obavljaju se u ovom modulu. Takođe, kroz ovaj modul se generišu potencijalni scenariji rizika na osnovu fizičkih karakteristika događaja.

Ključni elementi modula hazarda su lokacija, jačina/intenzitet i učestalost događaja za svaki hazard.

i) Identifikaciji geografskih oblasti podložnih katastrofalnim događajima

Prvi korak u identifikaciji podložnih geografskih oblasti je prikupljanje i analiza istorijskih podataka o prethodnim katastrofalnim događajima u određenom regionu. Ovi podaci mogu uključiti:

- Zemljotrese: magnituda, epicentar, frekvencija, dubina i štete prouzrokovane prethodnim zemljotresima.
- Poplave: istorijske poplave, obim poplavnog talasa, lokacije poplavnih područja, sezonske pojave poplava.
- Oluje i uragani: putanje uragana, učestalost, brzina vetra, intenzitet oluja.
- Šumski požari: učestalost, geografija zahvaćenih područja, sezonalnost požara.

Podaci se najčešće prikupljaju iz nacionalnih meteoroloških i seizmoloških instituta, kao i od specijalizovanih međunarodnih organizacija.

Hazardne mape

Hazardne mape su ključni alat u identifikaciji područja podložnih katastrofama. Ove mape vizualizuju geografske regione sa povećanom verovatnoćom pojave određenih događaja. Najčešće se koriste seizmičke i hazardne mape poplava.

Seizmičke hazardne mape prikazuju područja sa povišenim rizikom od zemljotresa, koristeći podatke o seizmičkim rasedima i učestalosti događaja. One se baziraju na geološkim istraživanjima koja identifikuju područja gde dolazi do pomeranja tektonskih ploča. Osiguravajuća društva u Republici Srbiji koriste podatke i mape Republičkog seizmološkog zavoda. Radi ilustracije, u prilogu 2 su date mape seizmičkog hazarda - po parametru makroseizmičkog intenziteta, za povratne periode od 95 i 975 godina.

Pomoću poplavnih hazardnih mapa se dentifikuju područja koja su podložna poplavama na osnovu blizine vodenih površina (reke, jezera, obale mora) i istorijskih obrazaca poplava. Poplavne mape se često koriste u kombinaciji sa meteorološkim podacima o padavinama i hidrološkim modelima koji procenjuju rizik od poplava.

Geološka i klimatska istraživanja

Geološka i klimatska istraživanja pružaju osnovu za dugoročne prognoze katastrofalnih događaja u određenim regijama. Korišćenje podataka o geološkim formacijama, raspodeli rasjeda i vulkanskim aktivnostima omogućava identifikaciju oblasti sa povećanim rizikom od zemljotresa i vulkanskih erupcija. Tako su u Japanu redovna geološka istraživanja koja prate kretanje tektonskih ploča zbog visokog rizika od zemljotresa i cunamija. Identifikacija područja podložnih olujama, uraganima, poplavama i sušama zavisi i od klimatskih obrazaca i sezonalnosti.

Satelitsko snimanje i GIS (Geografski informacioni sistemi)

Satelitske slike i GIS tehnologija pružaju detaljne podatke o geografskim karakteristikama regiona i omogućavaju vizualizaciju područja podložnih katastrofama. GIS softver koristi kombinaciju podataka o zemljištu, vremenskim prilikama i istorijskim katastrofalnim događajima za kreiranje prostorne analize. Satelitski sistemi kao što su Landsat i Sentinel pružaju slike visoke rezolucije koje omogućavaju praćenje promena u zemljištu, poplavnih područja, erozije tla, širenja urbanih područja i druge relevantne podatke.

GIS tehnologija integriše satelitske podatke sa geološkim i meteorološkim podacima za stvaranje složenih modela rizika. GIS može prikazati mapiranje poplavnih zona, seizmičkih rizika, putanja oluja i drugih događaja u visokoj rezoluciji. Identifikuju se geografske oblasti

podložne katastrofalnim događajima, poput oblasti koje leže na seizmičkim rasjedima (zemljotresi) ili oblasti sa visokim rizikom od poplava.

U okviru ovog modula procenjuje se verovatnoću učestalosti katastrofalnih događaja. Veoma retki događaji mogu imati ozbiljne posledice, ali njihova učestalost može biti toliko niska da otežava procenu. Takođe, intenzitet događaja (npr. magnitude zemljotresa, visina poplavnog talasa) direktno utiče na štetu. Za retke događaje, poput velikih zemljotresa, istorijski podaci su ograničeni i nedovoljni za precizne procene. Procene događaja visokog intenziteta i niske frekvencije mogu biti pristrasne u zavisnosti od širine vremenskog okvira posmatranja. U ovom delu modela se mogu koristiti i podaci i simulacije vendora, odnosno specijalizovani softverski alati kao referentne tačke i podaci reosiguravača imajući u vidu da raspolažu većim bazama podataka od osiguravača.

ii) Podmodul izloženosti

Osiguravajuća društva moraju da izvrše procenu imovine/objekate koji su izloženi riziku od katastrofalnih događaja. Ovaj podmodul sadrži podatke o portfelju i obuhvata informacije o osiguranim objektima, njihovu lokaciju i vrednost, kao i vrsti imovine koja je osigurana (npr. stambeni, komercijalni objekti, industrijski kompleksi), kao i specifične rizike. Takođe uključuje detalje o uslovima osiguravajućih polisa, kao što su odbici i limiti.

Ključni elementi modula izloženosti su geografska lokacija objekata, vrednost imovine i vrsta imovine.

Lokacija imovine igra ključnu ulogu u proceni rizika. Imovina u oblastima sa većom učestalošću prirodnih katastrofa nosi veći rizik. Vrednost imovine koja je osigurana je ključna za procenu potencijalnih gubitaka. Različiti tipovi imovine (npr. zgrade, oprema, transportna infrastruktura) mogu biti različito pogođeni istim događajem. Ove informacije su neophodne za tačnu procenu šteta. Nedostatak podataka o specifičnoj lokaciji može otežati tačnost procene rizika, jer može dovesti do potcenjivanja ili precenjivanja gubitaka.

iii) Procena maksimalno moguće štete (MMŠ)

U ovom podmodulu se procenjuju maksimalni potencijalni gubitak za svaki od katastrofalnih događaja na način kao što je ranije opisano. MMŠ se procenjuje kroz ovaj modul i koristi se

u finansijskom modulu kako bi osiguravač mogao da optimizuje strategiju samopridržaja i reosiguranja.

iv) Scenarijska analiza

Scenarijska analiza za simulaciju potencijalnih katastrofalnih događaja, procenu njihove verovatnoće i ozbiljnosti i kvantifikaciju mogućih finansijskih gubitaka.

2. Modul za procenu šteta (Modul Šteta)

Modul koristi podatke iz modula hazarda kao i iz knjige šteta društva za osiguranje po vrstama osiguranja, odnosno istorijske podatke o štetama, kako bi se razumeli obrasci šteta i predvideli potencijalni budući gubici. Modul za procenu šteta ima tri glavne funkcije:

i) Evidencija istorijskih podataka o štetama

Prikupljanje podataka iz evidencija osiguranja (podaci o prethodnim štetama po vrstama osiguranja i rizicima ukoliko postoje). Ovi podaci uključuju iznos štete, datum nastanka, lokaciju događaja i druge relevantne informacije. Takođe, koriste se podaci iz izvora opisanih u prethodnom modulu.

ii) Statistička analiza podataka.

Nakon prikupljanja podataka, sprovodi se statistička analiza kako bi se identifikovali obrasci u distribuciji šteta, kao što su: distribucija po veličini štete, frekvencija događaja (učestalost šteta), geografska analiza (koji regioni su podložniji određenim vrstama rizika) i sl.

iii) Funkcija šteta

Podmodul ranjivosti procenjuje kako hazard utiče na izloženu imovinu i izračunava potencijalne štete koje bi mogle nastati usled katastrofalnog događaja. To se postiže korišćenjem funkcija ranjivosti koje povezuju intenzitet katastrofe sa veličinom štete na različitim tipovima imovine.

Ključni elementi modula ranjivosti su: funkcije šteta, tipovi štete i ranjivost imovine.

Korišćenjem istorijskih podataka o štetama, funkcije šteta se razvijaju za različite vrste imovine, kako bi se kvantifikovala potencijalna šteta u zavisnosti od jačine katastrofalnog događaja. Procenjuju se različite vrste šteta, uključujući delimične gubitke i totalne gubitke. Različite vrste objekata imaju različite nivoe ranjivosti u odnosu na isti događaj. Na primer, stambene zgrade mogu biti ranjivije na poplave nego industrijske zgrade.

Na osnovu istorijskih podataka, vrši se projekcija potencijalnih budućih šteta korišćenjem:

- Scenarijske analize, odnosno projekcija šteta pod različitim scenarijima (npr. blagi, srednji, katastrofalni događaji).
- Trend analize, tj. razmatranje promena u obrascima šteta kroz vreme.

Ovaj modul predstavlja osnovu za modeliranje rizika i odluke o zadržavanju rizika.

3. Finansijski modul

U ovom modulu integrišu sve prethodne komponente i izračunava finansijski gubitak koji osiguravač može pretrpeti zbog događaja određenog intenziteta, tj. kvantifikuje se gubitak koji će osiguravač ili reosiguravač snositi.

i) Integracija katastrofalnih rizika u model samopridržaja i reosiguranja

Na osnovu procenjenih katastrofalnih rizika, vrši se prilagođavanje nivoa samopridržaja i reosiguranja uzimajući u obzir potencijalne katastrofalne događaje i njihovu učestalost.

Ključni elementi finansijskog modula su:

- Gubitak osiguravača: izračunava se ukupan iznos šteta koji osiguravač mora da isplati na osnovu zadržanih rizika (samopridržaja) i ugovora o reosiguranju.
- Reosiguranje: procena troškova i koristi reosiguranja u zaštiti od velikih gubitaka.
- Prosečni godišnji gubitak (eng. *Annual Average Loss* - AAL) koji osiguravač može očekivati na godišnjem nivou na osnovu mogućih scenarija.

Prosečni godišnji gubitak predstavlja osnovni element u kvantifikaciji rizika i finansijskom upravljanju u sektoru osiguranja.

ii) Korišćenje MMŠ

Neophodna je stalna provera i preispitivanje MMŠ. S obzirom da predstavlja procenu najgoreg scenarija gubitaka u slučaju katastrofalnog događaja, ovaj koncept je ključan za osiguravače da razumeju koliko mogu izgubiti u ekstremnim slučajevima, što direktno utiče na nivo samopridržaja i potrebu za reosiguranjem.

MMŠ je direktno povezan sa modulom hazarda, koji procenjuje intenzitet i učestalost katastrofalnih događaja. Na osnovu funkcije šteta, u finansijskom modulu se koristi procena intenziteta događaja iz modula hazarda kako bi se procenilo koliki bi bio maksimalni gubitak po najgorem mogućem scenariju. Ovaj iznos koristi se za odluke o samopridržaju i reosiguranju.

iii) Podmodul za utvrđivanje samopridržaja

Određivanje samopridržaja pripada finansijskom modulu, jer se kvantifikuje koliko šteta osiguravač može preuzeti samostalno pre nego što angažuje reosiguranje. Samopridržaj se definiše na osnovu rezultata za izloženost i ranjivosti (koliko izložene imovine može biti pogođeno i koliko su ranjive), ali konačne odluke o zadržanom riziku dolaze iz finansijskog modula gde se analizira optimalan nivo zadržavanja rizika, kao i potencijalni gubici. U ovaj podmodul se mogu integrisati različititi modeli za utvrđivanja samopridržaja i direkno je u vezi sa procenjenim MMŠ i bazom ponuda/polisa osiguranja i ključan je za optimizaciju strategije zadržavanja rizika i povezivanje sa reosiguravanjem. Kako se modul za samopridržaj može direktno povezati sa bazom podataka polisa/ponuda osiguranja, to omogućava automatsku procenu i ažuriranje samopridržaja po osnovu novih polisa, promena premija i istorijskih podataka o štetama (ukoliko postoje).

Modeli za utvrđivanje samopridržaja

- Proporcionalni model, gde se samopridržaj određuje kao procenat premije, gde veći nivo premija implicira veći nivo zadržavanja rizika.
- Model na osnovu rezervi se zasniva na ukupnim rezervama osiguravajućeg društva i proceni samopridržaja u odnosu na njih, gde viši nivo rezervi omogućava veći stepen zadržavanja rizika.

- U modelu prinosa i rizika se koristi metodologija analize rizika i prinosa da bi se optimizovao nivo samopridržaja, balansirajući potencijalne gubitke i prinos iz osiguranja.

iv) Podmodul za reosiguranje

Ovaj modul omogućava optimizaciju strategije reosiguranja, što je ključno za zaštitu osiguravajućih društava od katastrofalnih rizika. Ako je MMŠ procenjen kao veoma visok, osiguravač može sklopiti ugovore o reosiguranju kako bi se zaštitio od katastrofalnih rizika i smanjio finansijski teret. U ovom podmodulu se izračunava koliko šteta osiguravač može da podnese samostalno, povezano sa modulom za samopridržaj i koliko šteta treba da prenese na reosiguravača. Prilikom izbora reosiguravajućeg pokrića koriste se i podaci o izloženosti imovine i ranjivosti. Na osnovu tih podataka, osiguravač može da odredi koliko rizika treba da prenese na reosiguranje i da izabere tip reosiguravajućeg ugovora. Izbor reosiguravajućeg pokrića se preispituje korišćenjem funkcije verovatnoće prekoračenja pomoću koje se procenjuje koliko često osiguravač može očekivati ekstremne gubitke. Dakle, ovaj podmodul se sastoji od tri ključne komponente:

1) Procena dostupnih reosiguravajućih pokrića

- Analizira raspoloživa reosiguravajuća pokrića na tržištu,
- Razmatraju se različiti reosiguravajući proizvodi koji su dostupni.

2) Izbor vrste reosiguranja i integracija reosiguranja u strategiju zadržavanja rizika

U podmodulu se vrši procena kako različiti reosiguravajući ugovori utiču na ukupnu strategiju zadržavanja rizika, uzimajući u obzir troškove reosiguranja i prednosti zaštite od katastrofalnih rizika.

3) Pregovaranje i zaključivanje ugovora

Nakon analize, pregovara se sa reosiguravačima i zaključuju se ugovori u skladu sa optimalnom strategijom upravljanja rizicima.

4. Rezultujući modul

U okviru modela, ključni korak nakon prikupljanja podataka kroz različite module je njihovo sistematsko sumiranje i analiza. Prethodni moduli pružaju osnovu za sveobuhvatno razumevanje rizika sa kojima se osiguravač suočava. Integracijom izlaznih podataka iz svakog modula moguće je dobiti agregatni prikaz učestalosti, veličine i geografskog rasporeda potencijalnih gubitaka. Ova analiza obuhvata kvantifikaciju ukupnih očekivanih gubitaka, modelovanje različitih scenarija, kao i procenu neizvesnosti vezanih za učestalost i intenzitet događaja. Jednom kada se implementira strategija zadržavanja rizika i reosiguranja, neophodno je sprovesti kontinuirano praćenje i evaluaciju rezultata. Ovaj proces može uključiti redovno praćenje stvarnih šteta i gubitaka u odnosu na predviđene scenarije, što omogućava osiguravaču da prati uspešnost trenutne strategije i identifikuje potencijalne slabosti. Evaluacija rezultata takođe uključuje procenu performansi reosiguravajućih ugovora i prilagođavanje nivoa zadržavanja rizika u skladu sa promenama u tržišnim uslovima, promenama u učestalosti katastrofalnih događaja, kao i internim financijskim performansama osiguravača.

Kako bi osiguravač održao optimalan nivo zaštite od rizika, neophodno je ažurirati i prilagođavati strategiju na osnovu novih podataka i analiza. To uključuje periodično reevaluiranje hazardnih scenarija, analizu novih informacija o rizicima, te ažuriranje procene verovatnoće i veličine gubitaka. Ažuriranje strategije može uključivati prilagođavanje nivoa samopridržaja, uslove reosiguranja ili redefinisanje prioriteta u upravljanju rizicima. Povećana učestalost određenih rizika ili promene u regulatornim okvirima, mogu zahtevati fleksibilnu reakciju i prilagođavanje osiguravajućih strategija.

Funkcija verovatnoće prekoračenja (eng. *Exceedance Probability* - EP) je krajnji rezultat analize podataka i implementacije strategije upravljanja rizicima. Na osnovu izlaza iz prethodna četiri modula, model generiše funkciju verovatnoće prekoračenja. Ova funkcija prikazuje verovatnoću da bilo koji finansijski gubitak bude prekoračen.

U nastavku su predloženi modeli koji se mogu koristiti za pojedine module i podmodule u konceptualnom modelu.

5.2. Analiza trenda poplava

Model predložen u radu autora Radovanović, et al. (2023) istražuje trend u učestalosti poplava u svetu koristeći vremenske serije podataka radi procene daljeg kretanja frekvenci poplava do 2030. godine. U istraživanju su korišćeni podaci iz baze prirodnih katastrofa EM-DAT Univerziteta u Luvanu kako bi se sprovela empirijska analiza trenda poplava u periodu od 1961. do 2022. godine. Na ovoj vremenskoj seriji testirana je hipoteza:

H_3: Trend poplava je statistički značajan, odnosno ispoljene varijacije vremenske serije nisu slučajne.

Man-Kendall test (MK test) je korišćen za testiranje hipoteza. Ovo je neparametarski statistički test koji se koristi za detekciju trenda u vremenskim serijama podataka i to proveru postojanja monotonog trenda u vremenskoj seriji podataka. Test ne pretpostavlja specifičnu raspodelu podataka, pa je veoma koristan za analizu ekoloških i klimatskih podataka. Razlike između svih mogućih parova podataka (pozitivna ili negativna) se koriste za izračunavanje statistike testa, koja se dalje koristiti za procenu postojanja trenda.

Neka je data vremenska serija podataka $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$, tada je statistika testa

$$S_{MK} = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \operatorname{sgn}(\omega_j - \omega_i)$$

gde je $\operatorname{sgn}(\omega_j - \omega_i)$ funkcija znaka definisana na sledeći način:

$$\operatorname{sgn}(\omega_j - \omega_i) = \begin{cases} +1 & \text{ako } (\omega_j - \omega_i) > 0 \\ 0 & \text{ako } (\omega_j - \omega_i) = 0 \\ -1 & \text{ako } (\omega_j - \omega_i) < 0, \end{cases}$$

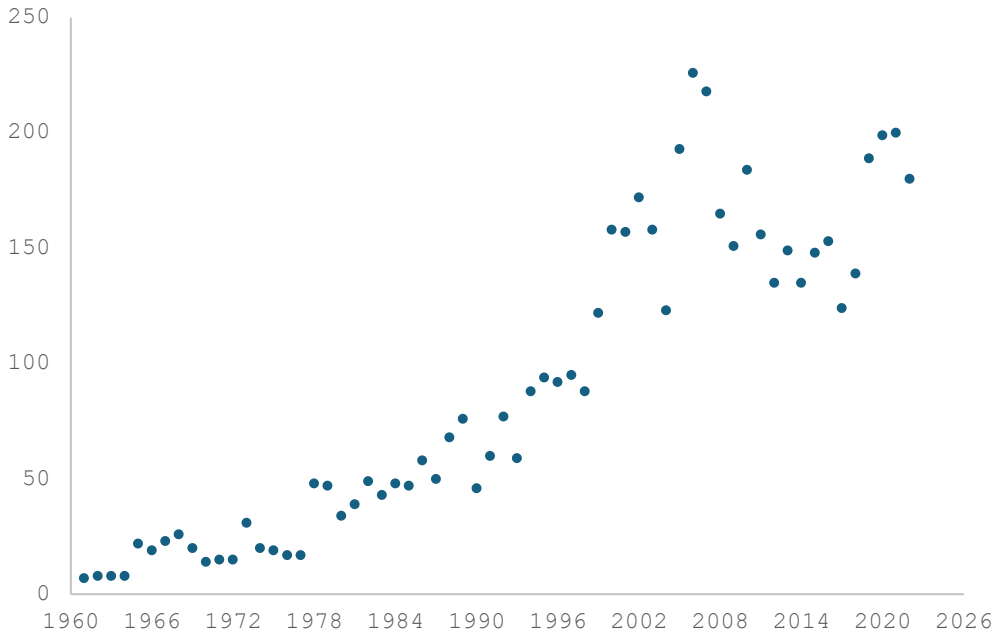
dok je varijansa:

$$\operatorname{Var}(S_{MK}) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{m} t_p(t_p - 1)(2t_p + 5)}{18},$$

gde je *m* broj različitih vezanih grupa u podacima, a t_p je broj observacija u p-toj grupi.

Kako bi se utvrdilo postojanje trenda, koristi se standardizovana statistika testa, što omogućava procenu p-vrednosti i određivanje značajnosti trenda:

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S_{MK} - 1}{\sqrt{\mathrm{Var}(S_{MK})}} & \text{ako } S_{MK} > 0 \\ 0 & \text{ako } S_{MK} = 0 \\ \dfrac{S_{MK} + 1}{\sqrt{\mathrm{Var}(S_{MK})}} & \text{ako } S_{MK} < 0. \end{cases}$$



Slika 5.2.1. Broj poplava u svetu 1961-2022.

Izvor: Autor na osnovu podataka iz baze EM-DAT (2023)

Na slici 5.2.1. je prikazan broj poplava u svetu u periodu od 1961. do 2022. godine, gde je primetan rastući trend. Na početku perioda, šezdesetih godina, godišnji broj poplava je bio vrlo nizak, često ispod 10 događaja godišnje, što bi se moglo donekle pripisati i nedovoljno dobrom izveštavanju. Prvi značajan pik se pojavljuje krajem 1990-ih, naročito 1998. godine i 1999. godine. Kada su se desile poplave širom sveta (Venecuela, Kina, Vijetnam, Evropa-Francuska, Švajcarska i Italija). Ozbiljne sezonske poplave zabeležene su i u periodu 2005-

2007. u raznim delovima sveta, uključujući Južnu Aziju (npr. Bangladeš, Indija) i Afriku. Još jedan veliki pik je vidljiv 2010. godine, sa brojem poplava koji ponovo dostiže visok nivo od preko 180. Tokom ove godine, velike poplave su pogodile Pakistan i procenjene su kao najgore poplave u poslednjih 80 godina, uzrokujući ogromne ljudske i materijalne gubitke. Poslednji značajan pik se pojavljuje od 2019-2021. godine, kada broj poplava ponovo raste u skoro celom svetu. Globalne poplave 2021. bile su najfrekventnije, 48% više od istorijskog prosečnog nivoa.

Iako grafik pokazuje opšti rastući trend u učestalosti poplava, postoje fluktuacije između godina. Ove varijacije mogu biti uzrokovane mnogim faktorima, uključujući prirodne klimatske cikluse, regionalne varijacije u padavinama, i socio-ekonomske promene koje utiču na izveštavanje i evidentiranje poplava.

Statističkih pokazatelja iz Tabele 5.1. ukazuju na to da podaci o poplavama imaju širok opseg vrednosti i umerenu asimetriju. Prosečna vrednost od 90,365 je relativno visoka u poređenju sa medijanom (76), što ukazuje na prisustvo nekoliko većih vrednosti koje utiču na prosek. Standardna devijacija i opseg između minimalne i maksimalne vrednosti pokazuju veliku varijabilnost, što je uobičajeno kod prirodnih pojava koje se razlikuju po intenzitetu i obimu uticaja.

Deskriptivna statistika vremenske serije prikazana je u sledećoj tabeli.

Tabela 5.2.1. Deskriptivna statistika - poplave u svetu

Statistika (poplave u svetu)	
Broj observacija	63
Srednja vrednost	90,365
St. greška	8,343
Medijana	76
St. devijacija	66,219
Kurtosis	-1,254
Skewness	0,380
Min	7
Max	226

Izvor: Sopstvena kalkulacija na osnovu podataka iz baze EM-DAT (2023)

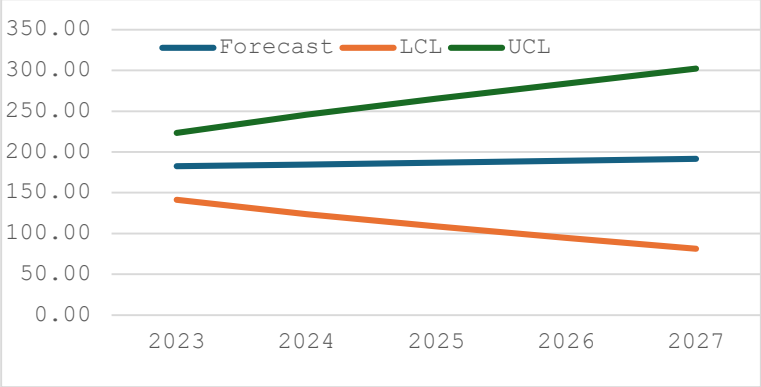
Provera hipoteza je urađena pomoću MK testa zasnovanom na značajnosti od 5%. MK test je urađen u XLSTAT programskom paketu. Test pokazuju da postoji značajan pozitivan trend u vremenskoj seriji, što može sugerisati povećanje učestalosti ili intenziteta poplava tokom vremena. Vrednost Kendal tau od 0,78 ukazuje na jak pozitivan monoton trend u seriji podataka. Pozitivna vrednost S_{MK} (1463) implicira da postoji više pozitivnih razlika nego negativnih, što sugeriše rastući trend. Verovatnoća, *p*-vrednost je manja od 0,0001, što znači da postoji izuzetno mala verovatnoća da je posmatrani trend rezultat slučajnosti, odnosno trend je statistički značajan i varijacije vremenske serije nisu slučajne, čime je povrđena hipoteza H_3.

Dalje se mogu uraditi različite simulacije i predviđanja. Pomoću alata Expert Modeler urađeno je predviđanje frekvencija poplava u narednih pet godina prema tri scenarija, što je prikazano u narednoj tabeli, sa odgovarajućim grafikom.

Tabela 5.2.2. Predviđanje frekvencija poplava u svetu

	2023	2024	2025	2026	2027
Forecast	182,38	184,71	187,03	189,36	191,69
LCL	141,36	123,82	108,84	94,83	81,21
UCL	223,40	245,59	265,23	283,89	302,17

Izvor: Sopstvena kalkulacija



Slika 5.2.2. Predviđanje frekvencija poplava u svetu 2023-2027. godine

Izvor: Na osnovu sopstvene kalkulacije

Predloženi model pruža solidnu osnovu za predviđanje poplava na osnovu serije podataka i pogodan je za tarifiranje rizika u osiguranju, ali su potrebna dalja unapređenja. Ukoliko osiguravajuće društvo raspolaže dovoljnih brojem podataka, rizik od prirodnih katastrofa se može modelirati očekivanom vrednošću ukupnih šteta unutar određene oblasti i dalje primeniti koncept razvijen od strane Fournier d'Albe (UNDRO, 1991), uzimajući u obzir opasnost, izloženost i ranjivost.

Važno je napomenuti da promene u klimatskim obrascima mogu značajno promeniti učestalost i intenzitet poplava, te je potrebno kontinuirano praćenje i preispitivanje modela tokom vremena.

5.3. Modul za procenu šteta

Modul za procenu šteta u osiguravajućim modelima koristi složene statističke metode za procenu agregatnog iznosa šteta, kombinujući raspodele frekvencije (broja) šteta i iznosa (intenziteta) šteta kako bi se procenile očekivane štete. Agregirani iznos šteta je ukupna suma svih šteta koje osiguravač mora da pokrije u određenom periodu.

Frekvencija šteta je broj šteta koje se dogode u određenom vremenskom periodu. To je diskretna, nenegativna slučajna promenljiva. Za modeliranje intenziteta šteta koriste se različite neprekidne raspodele. Kako bi se modelirao agregirani iznos šteta, koristi se kombinacija diskretne raspodele broja šteta i neprekidne raspodele iznosa šteta. Izbor raspodele iznosa šteta je ključni korak u modeliranju rizika u osiguranju, jer direktno utiče na procene rezervi, premija i potreba za reosiguranjem. Odabir prave raspodele iznosa šteta može biti izazovan zbog složenosti podataka i prirode rizika.

Različiti rizici mogu imati različite raspodele iznosa šteta. Količina i kvalitet podataka o prethodnim štetama imaju ključnu ulogu u izboru raspodele. Ukoliko postoji dovoljno istorijskih podataka, može se koristiti empirijska raspodela. Kada podaci nedostaju ili su ograničeni, koriste se teorijske raspodele. Izbor raspodele zavisi i od specifičnih karakteristika podataka kao što su asimetrija, repovi (eng. *tails*) i disperzija. U nastavku su opisane glavnije raspodele koje se koriste u osiguranju za modeliranje šteta sa njihovim svojstvima.

Normalna raspodela se koristi za modeliranje simetričnih podataka sa srednjom vrednošću i standardnom devijacijom, ali nije pogodna za podatke sa debelim repovima ili ekstremnim vrednostima (Bland, 2000). Log-normalna raspodela se može koristi kada podaci imaju asimetrične karakteristike (desno nagnuti rep). Raspodela je pogodna za modeliranje podataka sa mnogo manjih gubitaka, ali gde postoji mogućnost vrlo velikih gubitaka (Limpert, Stahel, & Abbt, 2001). Gama raspodela je fleksibilna raspodela koja može modelirati različite oblike podataka (McLachlan & Peel, 2000). Eksponencijalna raspodela se koristi za modeliranje šteta sa konstantnom stopom događanja (memori-less svojstvo) (Ross, 2014). Pareto raspodela se može koristi za modeliranje ekstremnih događaja i velikih

šteta (debeli repovi) i pogodna je za modeliranje podataka o štetama gde postoji mogućnost izuzetno velikih gubitaka, kao u osiguranju katastrofalnih događaja. Vejbulova raspodela je fleksibilna raspodela koja može modelirati različite oblike podataka i često se koristi u analizi razvoja šteta kroz vreme i u analizi pouzdanosti, a pomoću ove raspodele se mogu modelirati i kratki i dugi repovi zavisno od parametara.

Jedan od glavnih problema u izboru raspodele iznosa šteta je nedostatak podataka, posebno za retke događaje ili nove vrste osiguranja. U takvim situacijama, teško je precizno odrediti raspodelu iznosa šteta, jer se model mora zasnivati na ograničenim informacijama ili homogenim rizicima, što može dovesti do netačnih procena. Ekstremne vrednosti mogu značajno uticati na izbor raspodele i njene parametre. Ako model ne uzme u obzir ove vrednosti na odgovarajući način, može doći do značajnih grešaka u proceni rizika. Takođe, mnoge raspodele ne uzimaju adekvatno u obzir asimetriju i debljinu repova, što može dovesti do podcenjivanja ili precenjivanja rizika (Mandelbrot & Hudson, 2004).

Priroda šteta može se promeniti tokom vremena zbog različitih faktora kao što su promene u zakonodavstvu, tehnologiji, klimatskim uslovima i ponašanju osiguranika, tako da modeli zasnovani na istorijskim podacima mogu biti neprikladni u trenutnim uslovima.

Algoritam za simulaciju raspodele agregiranog iznosa šteta

Korišćenjem Puasonovu raspodelu za broj događaja i određenu raspodelu (npr. Gama raspodelu) za veličinu štete, može se simulirati agregirani iznos šteta korak po korak sa konkretnim raspodelama.

Pretpostavimo da imamo:

- N polisa u portfelju.
- Za svaku polisu, broj događaja (npr. incidenata, šteta) u određenom vremenskom periodu prati Puasonovu raspodelu sa stopom λ_i, tj. očekivani broj tih događaja. To znači da ako je $\lambda_i = 2$ u proseku se očekuje dva takva događaja godišnje.
- Iznos štete svakog događaja prati Gama raspodelu sa parametrima α i β.

Koraci algoritma

1. Inicijalizacija parametara:

Broj iteracija simulacije M (npr. 10.000 simulacija).

Za svaku polisu i:

λ_i: srednja stopa događaja (parametar Puasonove raspodele).

α_i, β_i: parametri Gama raspodele za veličinu štete.

2. Pokretanje simulacije za agregirani gubitak:

Postaviti S_m=0 za svaku iteraciju m, gde je S_m ukupni agregirani iznos šteta za tu iteraciju.

3. Iteracija simulacija m (od m = 1 do M):

Za svaku polisu i (i=1 do N):

Simuliraj broj događaja N_i za tu polisu koristeći Puasonovu raspodelu sa srednjom vrednošću λ_i:

$$N_i \sim Poisson(\lambda_i)$$

Simuliraj iznos štete X_{ij} za svaki događaj j (od j = 1 do N_i):

$$X_{ij} \sim Gamma(\alpha_i, \beta_i)$$

Sumiraj štete za sve događaje te polise: $S_i = \sum_{j=1}^{N_i} X_{ij}$

Sumiraj agregirane štete za sve polise: $S_m = \sum_{i=1}^{N} S_i$

4. Ponoviti korak 3 za svih M iteracija:

Na kraju, skup svih agregiranih iznosa šteta je $\{S_1, S_2, ..., S_M\}$.

5. Analiza rezultata:

Analiziraj raspodelu agregiranih šteta $\{S_1, S_2, ..., S_M\}$ kako bi se procenile mere rizika kao što su srednja vrednost, varijansa, kvantili (npr. 95. percentil za procenu verovatnoće velikih gubitaka).

Modul šteta može sadržati i podmodul za testiranje podataka sa različitim teoretskim raspodelama, koristeći statističke metode za proveru hipoteza, kao što je test fitovanja (goodness-of-fit test). Za svaku raspodelu koja se testira, postavlja se hipoteza:

H0: Podaci o štetama slede raspodelu **X** (odabrana raspodela).

Dalje se mogu koristiti statistički testovi kao što su Kolmogorov-Smirnov test, Anderson-Darling test ili Chi-kvadrat test kako bi se uporedili podaci sa odabranim teorijskim raspodelama. Na primer, koristeći Chi-kvadrat test može se testirati da će teorijska distribucija dobro opisati opaženu raspodelu frekvencija.

Testovi porede raspodelu podataka sa teorijskom raspodelom i izračunavaju p-vrednost koja ukazuje na verovatnoću da podaci potiču iz odabrane raspodele. Tipično, ako je "*p*-vrednost" veća od 0,05 (ili drugog izabranog nivoa značajnosti), nulta hipoteza se ne odbacuje. To znači da se ne može odbaciti mogućnost da podaci slede odabranu raspodelu. Ako je "p-vrednost" manja od 0,05, odbacuje se nulta hipoteza i zaključuje se da podaci ne slede odabranu raspodelu. Zatim se porede dobijene p-vrednosti za svaku raspodelu i raspodela sa najvećom p-vrednošću (koja je iznad nivoa značajnosti) biće ona koja najbolje odgovara unetim podacima.

Kako bi se implementirala ova funkcionalnost u podmodul može se na primer koristiti Python i biblioteku scipy.stats za sprovođenje testova fitovanja. Kod za testirate normalne, log-normalne i gama raspodele koristeći Kolmogorov-Smirnov test dat je u nastavku.

```
# Pretpostavimo da su podaci o štetama učitani pod nazivom "podaci"

podaci = np.array([10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100])  # zameniti stvarnim podacima

# Normalna raspodela

D, p_norm = stats.kstest(podaci, 'norm', args=(np.mean(podaci), np.std(podaci)))

# Log-normalna raspodela

D, p_lognorm = stats.kstest(podaci, 'lognorm', args=(np.std(np.log(podaci)),
np.mean(np.log(podaci))))
```

```
# Gama raspodela

shape, loc, scale = stats.gamma.fit(podaci)  # Procena parametara gama raspodele

D, p_gamma = stats.kstest(podaci, 'gamma', args=(shape, loc, scale))

# Ispis rezultata

print(f'Normalna raspodela p-vrednost: {p_norm}')

print(f'Log-normalna raspodela p-vrednost: {p_lognorm}')

print(f'Gama raspodela p-vrednost: {p_gamma}')
```

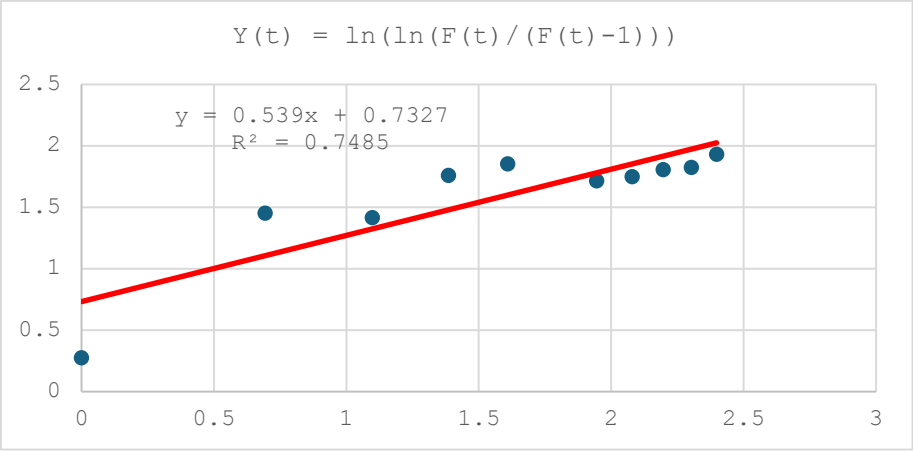
U tabeli 5.3.1. je prikazana simulacija fitovanja kumulativnih šteta, za 13 godina u ovom modelu, pri čemu se kao pokazatelj najbolje funkcije koristi koeficijent determinacije (najveća vrednost), tako da se problem nelineranog modela svodi na linearni regresioni model korišćenjem odgovarajućih smena. Pomoću dobijene linije trenda se dalje mogu vršiti projekcija šteta.

Tabela 5.3.1. Rezultati fitovanja kumulativnih šteta sa različitim funkcijama

God.	Eksponencijalna funkcija	Stepena funkcija	Weibull-ova funkcija	Inverzna stepena (-0,5)	Inverzna stepena (5)
1	1,037419	1,035992	1,142667	1,175306	1,05845
2	1,025462	1,024542	1,051139	1,028416	1,03032
3	1,017326	1,016764	1,023801	1,012193	1,01717
4	1,01179	1,011465	1,012525	1,006984	1,01040
5	1,008022	1,007847	1,007106	1,004606	1,00664
6	1,005459	1,005374	1,004249	1,003303	1,00443
7	1,003715	1,003682	1,002642	1,002505	1,00306
8	1,002528	1,002523	1,001694	1,001976	1,002025
9	1,00172	1,001729	1,001114	1,001606	1,001552
10	1,00117	1,001185	1,000749	1,001336	1,00122
11	1,000796	1,000813	1,000512	1,001132	1,00098
12	1,000542	1,000557	1,000356	1,000974	1,000801
13	1,000369	1,000382	1,000251	1,000848	1,000664
R^2	**61,23%**	**61,94%**	**74,85%**	**86,69%**	**70,01%**

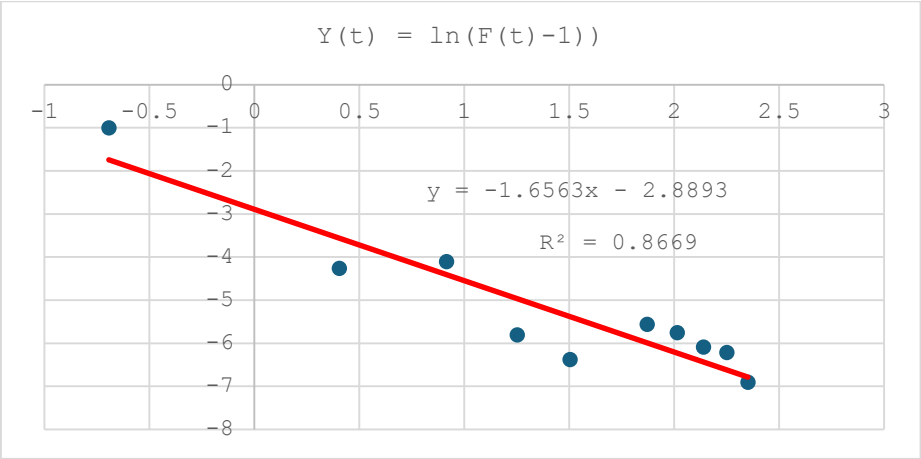
Izvor: Autor

Radi ilustracije, u nastavku su prikazani grafikoni sa linijom trenda za Weibull-ovu funkciju i inverzna stepenu funkciju sa parametrom -0,5.



Slika 5.3.1. Linija trenda za Weibull-ovu funkciju

Izvor: Autor



Slika 5.3.2. Linija trenda za inverzna stepenu funkciju sa parametrom -0,5

Izvor: Autor

Puasonova raspodela je jednoparametarska raspodela koja se često koristi u praksi, kao prvi izbor u modeliranju šteta. Ukoliko postoji "overdispersion" (veća varijansa od očekivane vrednosti) ili kada postoji varijabilnost u frekvenciji šteta zbog različitih rizika, može se koristiti Negativna binomna raspodela (Kass et al, 2008).

Pretpostavimo da se raspodela ukupnog broja šteta može aproksimirati Puasonovom raspodelom. Puasonova raspodela je pogodna za modeliranje retkih događaja koji se dešavaju nezavisno, a raspodela ukupnog iznosa šteta u portfelju se može aproksimirati normalnom raspodelom, posebno kada se koristi centralna granična teorema.

Neka su "$z_1, z_2, z_3, \ldots, z_k$ očekivani (prosečni) iznosi šteta na intervalima i $n_1, n_2, n_3, \ldots, n_k$ frekvence očekivanih šteta po intervalima i *n* ukupan očekivani broj šteta", tada je primenom standarnih formula matematičkog očekivanja očekivana prosečna šteta:[23]

$$E(Z) = \sum_{i=1}^{k} \frac{n_i}{n} \cdot z_i .$$

Očekivana vrednost ukupnog iznosa šteta se dobija množenjem ukupnog očekivanog broja šteta prosečnim iznosom pojedinačne štete:

$$E(X) = n \cdot E(Z) = \sum_{i=1}^{k} z_i \cdot n_i ,$$

Odnosno varijansa je:

$$\sigma^2(X) = \sum_{i=1}^{k} z_i^2 \cdot n_i .$$

Diskretizacija neprekidne slučajne veličine (kao što je ukupan iznos šteta) i pretpostavka raspodele omogućavaju osiguravačima da bolje modeliraju i analiziraju potencijalne gubitke.

Modul šteta kombinuje modele frekvencije i intenziteta šteta kako bi se stvorio sveobuhvatan model agregatnih gubitaka. Ova kombinacija omogućava aktuarima i menadžerima rizika da bolje predvide potencijalne gubitke i optimizuju reosiguranje i postavljanje premija. Korišćenje odgovarajućih raspodela osigurava da modeli tačno odražavaju stvarne uslove i omogućavaju bolje donošenje odluka u upravljanju rizicima.

[23] Detaljnije se može pogledati u Daykin et al, (1995), str. 26-27, 59-60.

5.4. Modeli za procenu samopridržaja

Postoje različiti modeli procene samopridržaja i u ovom delu rada biće predstavljena dva modela zasnovana na verovatnoći propasti. Cilj je da se proceni verovatnoća da osiguravajuća kompanija neće zapasti u stanje platežne nesposobnosti, tj. da ukupne štete ne premaše raspoloživa sredstva (uključujući kapital i rezerve) za pokriće šteta. Procena se zasniva na statističkoj analizi raspodele šteta. Ove metode omogućava osiguravaču da kvantifikuje maksimalan nivo rizika koji može zadržati bez ugrožavanja svoje finansijske stabilnosti, koristeći statističke mere i postavljajući pragove prihvatljive verovatnoće propasti.

Verovatnoća propasti odnosi se na šansu da osiguravajuće društvo doživi finansijski kolaps zbog preuzimanja previše rizika. Ovaj koncept je povezan sa statistikom i teorijom verovatnoće, gde se procenjuje koliko je verovatno da će agregirani gubici premašiti raspoložive resurse društva.

Pretpostavimo da je ukupan iznos šteta koji se može "pokriti" sredstvima osiguravača

$$S = g + \Pi = g + (1+\lambda)\cdot E(X),$$

gde su g, Π i $E(X)$ respektivno, sredstva sigurnosti, tehnička premija, očekivana vrednost ukupnog iznosa šteta, dok je λ faktor koji se koristi da bi se obezbedila sigurnost iznad očekivanog iznosa šteta. Ova formula modelira kapacitet pokrića osiguravača u odnosu na očekivane gubitke.

Faktor λ predstavlja dodatni sloj zaštite ili marginu sigurnosti i koristi se za povećanje rezerve za pokriće šteta, uzimajući u obzir nepredviđene događaje ili greške u proceni rizika. Ako je λ=1, to znači da se sredstva predviđena za pokriće šteta tačno podudaraju sa očekivanom vrednošću šteta. Ukoliko je λ>1, tada osiguravač zadržava dodatnu rezervu kao zaštitu i konzervativan je u svojoj proceni rizika. Pažljivim odabirom ovog faktora (u zavisnosti od tolerancije osiguravača na rizik), osiguravač može smanjiti verovatnoću insolventnosti (situacija kada ukupni gubici premašuju sredstva), jer ovaj dodatni sloj sigurnosti pomaže u apsorpciji većih od očekivanih gubitaka. Na primer, ako je λ=1,25,

osiguravač planira da zadrži dodatnih 25% sredstava iznad očekivane vrednosti šteta, pružajući time sigurnost u slučaju izuzetno visokih gubitaka.

Kapacitet pokrića ($g + \Pi$) su sredstva koja su odmah dostupna za pokriće šteta, uključujući kapital i tehničke premije prikupljene od osiguranika, dok je očekivana vrednost ukupnog iznosa šteta $\lambda \cdot E(X)$. Potrebno je obezbediti da ukupna sredstva ($g + \Pi$) budu veća od očekivanih šteta uz marginu sigurnosti.

Neka je dalje verovatnoća da štete neće premašiti raspoloživa sredstva je $1 - p = q$. Koristeći osnovne osobine verovatnoće dobija se

$$P(X \leq g + (1+\lambda)E(X)) = q.$$

Ovo znači da je verovatnoća da ukupne štete budu manje ili jednake zbiru sredstava sigurnosti g i prikupljene tehničke premije sa dodatkom margine sigurnosti jednaka q. Poznatim postupkom za standardizaciju slučajne promenljive dobija se

$$\text{P}\left(\frac{X - E(X)}{\sigma(X)} \leq \text{A}\right) = \text{q, gde je A} = \frac{g - \lambda E(X)}{\sigma(X)}.$$

Osiguravajuće društvo postavlja granicu verovatnoće propasti, a zatim se određuje visina maksimalnog samopridržaja putem simulacije.

Pretpostavimo da sredstva sigurnosti iznose 180.000 n.j. i da je faktor sigurnosti 10%. Raspodela šteta po jednoj liniji osiguranja data je u prilogu 3. Simulacijom za različite nivoe samopridržaja izračunate su verovatnoće propasti date u tabeli 5.4.1.

Tabela 5.4.1. Verovatnoće propasti za različite nivoe samopridržaja

Iznos samopridržaja	A	q%
9.000	3,64	0,01
15.000	2,87	0,21
23.000	2,33	0,99
26.000	2,22	1,33
Bez reosiguranja	1,59	5,59

Izvor: Sopsvena kalkulacija.

Cilj analize je pronaći optimalan nivo samopridržaja koji minimizira verovatnoću propasti. Granica prihvatljivog nivoa verovatnoće propasti zavisi od regulatornih zahteva, poslovne strategije i nivoa rizika koje osiguravajuće društvo želi da preuzme, ali je preporuka da vrednost ne prelazi 1%. Ukoliko osiguravajuće društvo ne koristi reosiguranje tada je verovatnoća propasti 5,59%. Kada je samopridržaj 9.000, verovatnoća propasti je najniža (0,01%). Sa daljim povećanjem samopridržaja (15.000, 23.000, 26.000), verovatnoća propasti postepeno raste.

Cramér-Lundbergov model (Asmussen, 2000; Rolski et al., 1999) za određivanje samopridržaja preuzet iz klasične teorije rizika takođe je baziran na verovatnoći propasti. Cilj ovog modela je procena verovatnoće da će osiguravajuća kompanija doživeti finansijski krah (propast) ako kumulativni gubici premaše raspoloživa sredstva.

Neka je kapital osiguravača

$$K(t) = k + c_{\Pi} t - S(t),$$

gde je:

$K(t)$ kapital osiguravajućeg društva u vremenu *t*,

k je početni kapital,

c_n je konstanta premije koja se prikuplja kroz vreme.

$S(t)$ je proces agregiranih šteta do vremena *t*, $S(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} X_i$, gde je $N(t)$ broj šteta do vremena *t*.

Verovatnoća propasti $\psi(k)$ je definisana kao verovatnoća da će kapital osiguravača pasti ispod nule (ili nule) u vremenu *t*:

$$\psi(u) = P(K(t) < 0 \text{ za neko } t \geq 0)$$

Recimo početni kapital (*k*) je 10 miliona eura i premija po vremenskoj jedinici (c_{Π}) 2 miliona eura godišnje. Dalje, pretpostavimo da broj šteta/događaja godišnje prati Puasonovu raspodelu sa parametrom $\lambda = 5$ i da su iznosi šteta distribuirani prema eksponencijalnoj raspodeli sa srednjom vrednošću od 1 milion eura.

Verovatnoća propasti $\psi(k)$ za Cramér-Lundbergov model može se aproksimirati sledećom formulom kada se koristi eksponencijalna distribucija za veličinu šteta:

$$\psi(k) \approx \exp\left(-\frac{(c_{\Pi} - \lambda \cdot \mu)}{\sigma} \cdot k\right)$$

gde je σ margina sigurnosti koja se može aproksimirati kao razlika između premija i očekivanog iznosa šteta $\sigma = c_{\Pi} - \lambda \cdot \mu$ što je u ovom slučaju - 3 miliona eura (2-5)[24].

Postoje različite proširene verzije ovog modela koje uzimaju u obzir dodatne pokazatelje:

- Stohastička premija, gde premije nisu konstantne, već variraju tokom vremena.
- Diskretne vremenske simulacije, gde se umesto kontinualnog praćenja vremena koristi diskretno vreme (npr. kvartalno ili godišnje praćenje).

[24] $\lambda \cdot \mu = 5 \cdot 1 = 5$ i $\sigma = c_{\Pi} - \lambda \cdot \mu = 2 - 5 = -3$.

5.5. NatCat model za zemljotres

5.5.1. Osnovni pojmovi u modelu

Funkcija verovatnoće prekoračenja

Funkcija verovatnoće prekoračenja je ključni rezultat koji se dobija iz NatCat modela i koristi se za kvantifikaciju rizika u vezi sa potencijalnim finansijskim gubicima usled katastrofalnih događaja. EP funkcija opisuje verovatnoću da ukupni finansijski gubitak u datom vremenskom periodu (najčešće na godišnjem nivou) premaši određeni prag. Ova funkcija je od suštinske važnosti za osiguravače i reosiguravače jer pruža informacije o riziku retkih, ali ekstremnih događaja, i koristi se za donošenje odluka o strategiji reosiguranja i iznosu samopridržaju.

U statističkom kontekstu, EP funkcija predstavlja verovatnoću da će finansijski gubitak L usled jednog ili više katastrofalnih događaja tokom određenog vremenskog perioda (obično jedne godine) premašiti neki unapred definisani iznos l.

Matematički, funkcija se može definisati kao

$$EP(l) = P(L > l),$$

gde je:

$EP(l)$ - verovatnoća da će gubitak biti veći od definisanog iznosa,

L - slučajna promenljiva koja predstavlja ukupne gubitke u toku vremenskog perioda,

l - prag (iznos gubitka).

EP funkcija je rezultat integracije podataka iz četiri osnovne komponente (modula) predloženog modela. Kombinovanjem ovih modula, EP funkcija kvantifikuje verovatnoću gubitaka različitih veličina, dajući osiguravaču uvid u to koliko često se mogu desiti gubici koji premašuju određene vrednosti.

Dve osnovne vrste EP funkcija su očekivana funkcija verovatnoće prekoračenja i funkcija verovatnoće prekoračenja pojedinačnog događaja.

Očekivana funkcija verovatnoće prekoračenja (eng. *aggregate* EP) meri verovatnoću da ukupni godišnji gubitak zbog jednog ili više katastrofalnih događaja premaši određeni iznos. Koristi se za procenu godišnjeg finansijskog rizika. Funkcija verovatnoće prekoračenja pojedinačnog događaja (eng. *occurrence* EP) meri verovatnoću da će pojedinačni događaj izazvati gubitak koji premašuje određeni iznos.

Primer funkcije verovatnoće prekoračenja (EP)

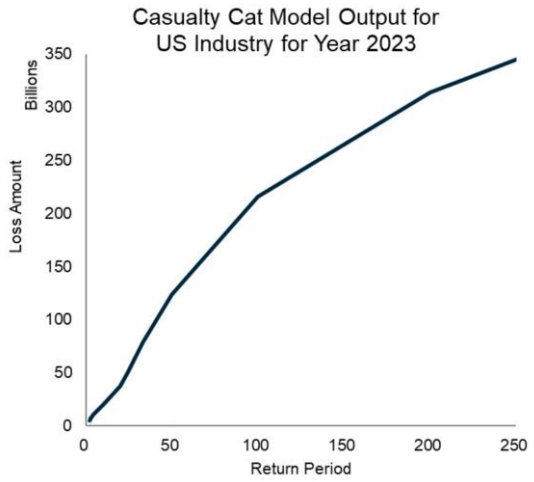
Pretpostavimo da osiguravač koristi NatCat model da proceni rizik od gubitaka izazvanih poplavama u nekoj regiji i da je rezultat modela funkcija EP, koja može izgledati ovako:

Iznos gubitka (l) u evrima	Verovatnoća prekoračenja
10 miliona	0,5
20 miliona	0,2
50 miliona	0,05
100 miliona	0,01

EP funkcija omogućava osiguravaču da preciznije proceni koliki su maksimalni očekivani gubici (štete) tokom godine, kao i koliko često bi mogli da se suoče sa ekstremnim gubicima. Ukoliko postoji 5% verovatnoće da gubici premaše 50 miliona evra, osiguravač može odlučiti da zadrži gubitke ispod ovog praga, a sve iznad toga pokrije reosiguranjem. Ovim putem se optimizuje strategija reosiguranja jer osiguravač može da odlučiti da zaključi ugovor o reosiguranju kako bi pokrio gubitke samo za retke, ekstremne događaje sa niskom verovatnoćom, poput onih čija verovatnoća prelazi prag od 1%. EP izračunava gubitke za svaki događaj u portfelju i rangira ih prema verovatnoći da događaj premaši određeni prag gubitka. Takođe, može se izračunati prosečan godišnji gubitak (AAL), koji predstavlja prosečan iznos gubitka za sve godine u skupu događaja.

Na Slici 5.5.1. prikazana je EP kriva agregiranih šteta za procenjeni portfelj industrije osiguranja u Sjedinjenim Američkim Državama u 2023. godini.

Procenjeni gubitak od $345 milijardi za 2023. godinu je gubitak koji ima verovatnoću da će se dogoditi jednom u 250 godina. Ovo se odnosi na agregirani gubitak (ukupni kumulativni gubitak) za celu industriju osiguranja u SAD-u.



Slika 5.5.1. EP kriva agregiranih šteta za industriju osiguranja u SAD.

Izvor. CAS E-Forum[25]

EP funkcija se koristi i za određivanje visine premija osiguranja. Premije moraju biti dovoljno visoke da pokriju očekivane gubitke na godišnjem nivou, a da se pritom uzmu u obzir i izuzetno retki, ali katastrofalni događaji.

Povratni period

Još jedan način korišćenja EP funkcije je kroz povratni period (eng. *return period*), koji predstavlja očekivano vreme između dva događaja koji izazivaju gubitak veći od određenog praga (*l*). Definiše se kao verovatnoća da će gubitak X premašiti određeni prag $VaR\, p(X)$.

Povratni period predstavlja verovatnoću da određeni modelirani prag gubitka bude premašen u određenom vremenskom intervalu. U kontekstu upravljanja rizicima i finansijama, *VaR* tačke se često izražavaju u terminima povratnog perioda (npr. gubitak na 100 ili 250 godina), a ne samo prema nivou verovatnoće. Na primer, gubitak sa povratnim periodom od 100 godina znači da se takav gubitak očekuje da se desi jednom u 100 godina, u proseku.

Povratni periodi su inverzna vrednost verovatnoće prekoračenja:

[25] https://eforum.casact.org/

$$\text{Povratni period} = \frac{1}{EP(l)}$$

Recimo da je $EP(l) = 0,05$ za gubitak od 50 miliona evra, povratni period bi bio

$$\text{Povratni period} = \frac{1}{0,05} = 20 \text{ godina.}$$

To znači da se očekuje da će gubitak od 50 miliona evra biti premašen jednom u 20 godina. Slično, ako je verovatnoća prekoračenja 1% (0,01), povratni period je 100 godina. To znači da se događaj sa ovakvom verovatnoćom prekoračenja očekuje da se dogodi u proseku jednom svakih 100 godina. Ako su godine nezavisne, prosečno vreme čekanja na događaj koji premašuje određeni prag je najmanje $1/(1-p)$, gde je p verovatnoća prekoračenja. U sledećoj tabeli su date standardni povratni periodi i njihove verovatnoće prekoračenja.

Tabela 5.5.1. Standardni povratni periodi i njihova verovatnoća

Verovatnoća prekoračenja	Povratni period	Primena
0,01	100 godina	Standardno, koristi se u osiguranju za tarifiranje
0,004-0,005	200 i 250 godina	AM Best, S&P, RBC analize
0,005	200 godina	Evropa
0,001	1.000 godina	Specifične primene u finansijskom sektoru

Izvor: Autor na osnovu sprovedenog intervjua, AON (2021), Clark et al. (2015) i Marsh (2024).

Stručnjak 2. "Koristimo period od 1000 godina za izveštavanje prema grupi … da, za poplave i zemljotrese.

Stručnjak 3. "Za tarifu osiguranje imovine od opasnosti zemljotresa korišćen je povratni period od 95 ili 100 godina. Verovatnoće u modelima su do 1000 godina."

U Evropi se češće koristi procena od 0,005 poena, koja odgovara 200-godišnjem PML-u (Clark et al, 2015), što se i koristiti u modelu, odnosno kriva za Srbiju.

Funkcija omogućava kvantifikaciju rizika u smislu verovatnoće prekoračenja različitih nivoa finansijskih gubitaka, što pomaže osiguravačima i reosiguravačima da donesu informisane odluke o samopridržaju, reosiguranju i kreiranju premija. EP funkcija omogućava detaljno

razumevanje potencijalnih finansijskih gubitaka, posebno u kontekstu retkih, ali katastrofalnih događaja koji mogu imati izuzetno destruktivne posledice.

5.5.2. NatCat model procene mogućeg maksimalnog gubitka za rizik zemljotresa

KORAK 1. Prikupljanje podataka

Podaci se prikupljaju iz baza podataka osiguravača XX i raspoloživi su podaci iz polisa/ponuda. Prema poštanskom broju lokacije građevinskog objekta mapiraju se zone rizika (I, II, III, IV) za intenzitet od MCS VII do max MCS VIII (videti Prilog 2), kao i nameni objekta (stambeni, komercijalni i industrijski) za dodelu faktora rizika mapiranih sa 1, 2 i 3.

KORAK 2. Polazne pretpostavke modela

Pretpostavka 1. Namena objekta, izgradnja i dodatni detalji

Namena objekta može da bude stambena, komercijalna, industrijska, a pokriće se odnosi i na sadržaj unutar objekata. Iz baze podataka se određuju procenti učešća svake vrste objekta i sadržaja unutar tih zgrada.

Reosiguranje: Radi jednostavnijih kalkulacija izabran je Quota Share Treaty ugovor.

Povratni period: 1000 godina.

Franšiza se izračunavaju kao procenat od ukupne osigurane sume, dok je limit u iznosu osigurane sume.

KORAK 3. Gubici po događaju i kumulativni gubici

Neka $\psi(x)$ opisuje distribuciju najvećeg događaja (štete, gubitaka) koji se dogodi u jednoj godini, odnosno funkcija izražava verovatnoću da će najveći događaj u godini premašiti određeni nivo štete x:

$$\psi(x) = P(\text{najveći događaj u jednoj godini} > x)$$

Drugim rečima, $\psi(x)$ je verovatnoća da će najveći događaj u godini izazvati gubitak veći od vrednosti *x* i naziva se funkcija verovatnoće prekoračenja događaja.[26]

Umesto izražavanja verovatnoće prekoračenja preko funkcije $\psi(x)$, često se koristi se i povratni period *r*, koji predstavlja očekivani broj godina između događaja koji premašuju nivo *x*. Povratni period *r* je recipročna vrednost $\psi(x)$

$$r = \frac{1}{\psi(x)}$$

MMŠ je novčana vrednost gubitka koja se očekuje za dati povratni period *r*. Ako se koristi povratni period *r*, MMŠ se definiše kao vrednost *x* koju će najveći događaj premašiti sa verovatnoćom $1/r$, tako da je

$$\frac{1}{r} = \psi(x) = \psi(MM\check{S}_{\text{o}})$$

ili ekvivalentno

$$MM\check{S}o(r) = \psi^{-1}(1/r)$$

gde je $\psi^{-1}(x)$ inverzna funkcija $\psi(x)$. Ova funkcija omogućava pronalaženje vrednosti MMŠ za određeni povratni period *r*. Ove dve funkcije daju informaciju o veličini gubitaka i njihovoj verovatnoći.

Kriva verovatnoća prekoračenja ukupnih (kumuliranih) gubitaka $A(x)$ prikazuje verovatnoću da će ukupan zbir svih događaja (gubitaka) tokom jedne godine premašiti određenu vrednost *x*. Drugim rečima, za razliku od krive $\psi(x)$ koja se odnosi na verovatnoću da najveći pojedinačni događaj premaši *x*, ova kriva razmatra zbir svih događaja koji se dogode tokom godine i izražava verovatnoću da će zbir šteta svih događaja tokom jedne godine premašiti prag *x*:

$$A(x) = P\left(\sum_{i=1}^{N} X_i > x\right)$$

[26] Eng. Occurrence Exceedance Probability – OEP

gde je N broj događaja tokom godine, a X_i veličina ili šteta od svakog pojedinačnog događaja i.

Važno je napomenuti da ako je verovatnoća da se desi više od jednog događaja mala ili nepostojeća, ove krive će biti veoma slične ili čak identične. Međutim, u praksi može biti korisno obrnuto rekonstruisati krive i proceniti distribuciju broja događaja $B_N(n)$, tj. koliko se često događaji dešavaju i distribuciju veličine šteta $V_X(x)$, tj. kolika je veličina štete svakog događaja. Kombinovanjem ove dve distribucije, može se simulirati niz gubitaka tokom godine i primeniti uslovi reosiguranja na simulirane podatke. Procedura je prikazana u nastavku.

Neka je L maksimalna veličina štete među svim događajima $L = \max(X_1, X_2, \ldots, X_N)$ i neka je verovatnoća prekoračenja najveće štete u godini $\psi(x) = P(L > x)$, odnosno

$$\psi(x) = 1 - P(X_i \leq x \text{ za sve } i = 1, 2, \ldots, N)$$

Ako se koristi kumulativna funkcija raspodele veličina šteta $V_X(x)$, onda

$$\psi(x) = 1 - \Gamma(V_X(x)),$$

gde je Γ funkcija generisanja verovatnoće za broj događaja N.

Različite distribucije broja događaja mogu dovesti do različitih funkcija distribucije veličine šteta, ali svi rezultati će biti konzistentni sa početnim $\psi(x)$ krivama i pretpostavkom o distribuciji broja događaja.

Puasonova distribucija se obično koristi za simulaciju broja zemljotresa unutar određenog vremenskog perioda (npr. godinu dana). Eksponencijalna raspodela ili Pareto raspodela se često koriste za modelovanje veličine štete izazvane zemljotresima. Ove distribucije omogućavaju procenu verovatnoće velikih gubitaka, jer se štete od zemljotresa mogu značajno razlikovati po veličini, s većinom manjih događaja i retkim ali veoma destruktivnim velikim događajima.

Lognormalna distribucija se takođe često koristi za modelovanje gubitaka uzrokovanih zemljotresima jer omogućava reprezentaciju širokog opsega mogućih vrednosti, uključujući

ekstremne gubitke. Ovo je korisno za modelovanje kumulativnih gubitaka u portfelju koji može imati veoma različite nivoe izloženosti.

KORAK 4. Rezultati modela

Procena maksimalnog mogućeg gubitka izražava se kao procenat ukupne osigurane sume, u bruto i neto obliku (nakon primene reosiguranja).

Prosečni godišnji gubitak ($\bar{L}$) predstavlja očekivani prosečni godišnji gubitak. Izračunava se kao ponderisani prosek mogućih gubitaka, uzimajući u obzir verovatnoću svakog događaja

$$\bar{L} = \sum_{i=1}^{n} (\text{Verovatnoća događaja}_i \times \text{Gubitak}_i)$$

Da bi adekvatno osigurao rizik, osiguravač mora angažovati određeni nivo kapitala iznad očekivanog godišnjeg gubitka da bi pokrio potencijalni katastrofalni gubitak. Pošto je rizik od katastrofe promenljiv, opterećenje rizika može biti i višestruko veće od AAL. Postoje različiti načini da se izmeri volatilnosti gubitaka i samim tim iznos dodatnog kapitala (eng. *risk load*) koji je potrebno obezbediti. Obično se koristi standardna devijacija modelovanih šteta (Cleary et al., 2018):

$$\sigma = \sqrt{\sum_i p_i L_i^2 - AAL^2}$$

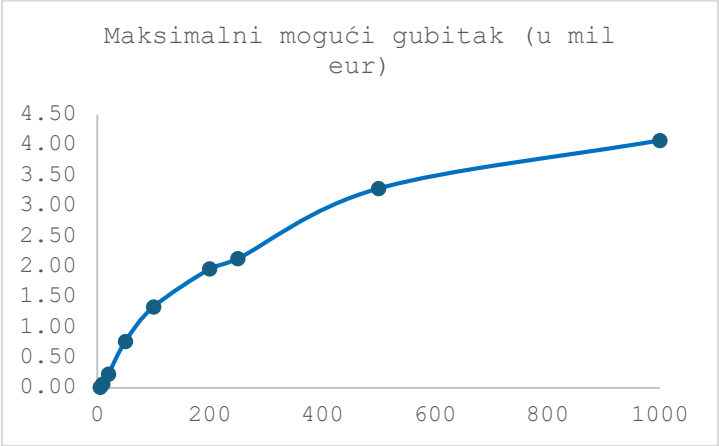
Koeficijent varijacije (C_v) je mera relativne varijabilnosti gubitaka, koja pruža uvid u stabilnost i predvidljivost gubitaka u odnosu na prosečni godišnji gubitak osiguravač može proceniti koliko su gubici varijabilni u odnosu na prosečni gubitak. Koeficijent varijacije se definiše kao odnos između standardne devijacije gubitaka (σ) i očekivanog gubitka (prosečnog godišnjeg gubitka $\bar{L}$):

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{L}},$$

U ovom modelu C_v se koristi za procenu stabilnosti i neizvesnosti gubitaka za određene povratne periode mogućeg maksimalnog gubitka. Visok C_v (≥ 1) ukazuje na to da gubici za

neki povratni period mogu značajno odstupati od proseka, što povećava neizvesnost procene maksimalno moguće štete.

Recimo da je u portfelju ukupna osigurana suma za rizik zemljotresa 576.400.232 eura sa 85% osigurane imovine komercijalne i industrijske namene. Limit osiguranja je osigurana suma. Rezultat modela na bruto osnovi je prikazan u narednoj tabeli i slici.



Slika 5.5.2. Funkcija MMŠ za zemljotrese

Izvor: Autor

Tabela 5.5.2. Rezultat Natcat modela za zemljotres

Povratni period	MMŠ	EP
5	7.201	0,0012%
10	62.262	0,0108%
20	226.392	0,0393%
50	764.105	0,1326%
100	1.332.869	0,2312%
200	1.958.621	0,3398%
250	2.127.891	0,3692%
500	3.281.776	0,5694%
1000	4.073.432	0,7067%
Prosečni godišnji gubitak (AAL)		66.174
Standardna devijacija		457.009
Koeficijent varijacije (CoV)		6,91

Izvor: Sopstvena kalkulacija

Podaci o povratnom periodu i odgovarajućim vrednostima MMŠ pokazuju kako se očekivani gubici povećavaju s povećanjem povratnog perioda. Za kratke povratne periode (5 i 10

godina), vrednosti MMŠ su relativno niske (7.201 i 62.262), što znači da je malo verovatno da će se desiti veliki gubici u tom vremenskom okviru. Za duže povratne periode (100, 200, 250 godina), MMŠ značajno raste (za povratni period od 250 godina, MMŠ iznosi 2.127.891). Dalje, za povratne periode od 500 i 1000 godina, MMŠ i dalje raste do ekstremnih gubitaka. Verovatnoća prekoračenja su vrlo male što je u skladu sa verovatnoćom pojave zemljotresa.

Prosečni godišnji gubitak (66.174 eur) je očekivana vrednost godišnjih gubitaka, dok koeficijent varijacije iznosi 6,91, što je vrlo visok pokazatelj i ukazuje da su gubici vrlo promenljivi i nepredvidivi u odnosu na prosečni godišnji gubitak. Ovakva velika varijabilnost znači da osiguravač mora uzeti u obzir veliku neizvesnost u gubicima i uključiti značajne rezerve u svoje premije za pokriće rizika. Standardna devijacija od 457.009 eur ukazuje na visok stepen varijabilnosti gubitaka oko prosečnog godišnjeg gubitka. U kombinaciji sa visokim koeficijentom varijacije ukazuje da su potencijalni gubici vrlo raspršeni, sa velikim varijacijama od godine do godine.

Visok koeficijent varijacije ukazuje na visok nivo volatilnosti u gubicima od zemljotresa, što osiguravačima sugeriše da trebaju zadržati značajne kapitalne rezerve kako bi pokrili potencijalne gubitke i da treba pažljivo razmotriti strategiju reosiguranja. Budući da povratni periodi za velike gubitke (npr. 250, 500 godina) nose značajan rizik, osiguravači bi trebalo da procene koliko su sposobni da apsorbuju gubitke u slučaju da se dogodi neki od ovih ekstremnih događaja. Iako rezultati pokazuju da se očekuju relativno niski prosečni godišnji gubici postoji značajna varijabilnost, što znači da osiguravači moraju pažljivo planirati rezerve i premije kako bi se pripremili za potencijalno visoke gubitke uzrokovane zemljotresima.

U narednom delu rada predstavlja se kvantitativna analiza čiji je cilj empirijski potvrditi hipotezu H_1.

H_1: "Modeliranje katastrofalnih rizika doprinosi optimizaciji nivoa prenosa rizika kroz reosiguranje."

Osnovna premisa istraživanja jeste da primena aktuarskih i statističkih modela na području katastrofalnih rizika omogućava donosiocima odluka u osiguranju da prelaze sa subjektivnih procena na objektivne, kvantifikovane osnove za upravljanje rizikom.

Za potrebe testiranja hipoteze, korišćen je simulacioni model za rizik od zemljotresa, uz primenu kvotnog ugovora o reosiguranju kao instrumenta za prenos rizika. Kvotni ugovor predstavlja jedan od najtransparentnijih oblika reosiguranja, gde se premija i rizik od gubitka dele između osiguravača (cedent) i reosiguravača po unapred utvrđenom, fiksnom procentu (kvoti). Analiza je sprovedena na neto osnovi, što podrazumeva da su rezultati prikazani nakon prenosa rizika, čime se jasno izoluje efekat reosiguranja.

Kĺjučni pokazatelji korišćeni za evaluaciju su Prosečni godišnji gubitak (AAL - Average Annual Loss)**,** odnosno očekivana vrednost gubitka u toku jedne godine, što predstavlja centralnu tendenciju rizika i Standardna devijacija gubitka kao mera disperziju ili varijabilnost mogućih gubitaka oko AAL vrednosti, što je direktna mera nesigurnosti i volatiliteta koju osiguravač snosi.

U narednoj tabeli su prikazani rezultati modela iz tabele 5.5.2. i simulirani su podaci za različite kvote reosiguranja i izračunat je novi AAL.

Tabela 5.5.3. Prosečni godišnji gubitak za rizik zemljotresa za različite kvote ugovora o reosiguranju

Prosečni godišnji gubitak	Bruto	30% kvora	60% kvota	70% kvota
	1	2	3	4
AAL (u eur)	66.174	46.322	26.470	19.852
Standardna devijacija	457.009	319.906	182.803	137.103

Izvor: Sopstvena kalkulacija

U Tabeli 5.5.3. prikazan je uticaj rastućeg nivoa prenosa rizika (kvote od 30%, 60% i 70%) na navedene pokazatelje u poređenju sa baznim scenarijem bez reosiguranja (kolona 1). Vrednost AAL konzistentno opada sa povećanjem kvote. Konkretno, na bruto osnovi AAL iznosi 66.174 €, da bi se sa 70% kvotom smanjio na 19.852 €. To znači da osiguravač prenosi veći deo rizika na reosiguravača, smanjujući svoj očekivani godišnji gubitak. Uočljivo je još

značajnije smanjenje standardne devijacije, sa 457.009 € na bruto osnovi na 137.103 € pri 70% kvoti. Ovo znači da se ne samo očekivani gubitak, već i rizik od devijacije od tog očekivanja (tj. nesigurnost) drastično smanjuje. Posledično, portfolij rizika postaje statistički predvidljiviji i stabilniji.

Upravo je kvantifikacija ovih efekata kroz modeliranje direktan dokaz hipoteze H1. Hipoteza je dokazana jer se putem modela:

1. Precizno je izmeren finansijski učinak različitih strategija prenosa rizika (različitih kvota) na kĺjučne performance pokazatelje osiguravača (AAL i volatilitet).
2. Dobijeni rezultati pružaju jasne, brojčane podloge za donošenje odluke o optimalnom nivou prenosa. Optimizacija ne podrazumeva mehanički odabir najveće kvote, već uključivanja i troškova reosiguranja (koji nisu uključeni u ovu tabelu i predmet razmatranja) sa beneficijama smanjenja očekivanog gubitka i volatiliteta. Model upravo omogućava ovu analizu troškova i koristi, što je suština optimizacije.
3. Donošenje odluka o reosiguranju nije zasnovano isključivo na intuiciji, već na preciznim, simuliranim podacima koji osiguravaču pokazuju trade-off između sopstvenog zadržanog rizika i cene za njegovo smanjenje.

Dakle, hipoteza H_1 se smatra testiranom i potvrđenom jer je empirijski demonstrovano da modeliranje katastrofalnih rizika ne samo da opisuje rizik, već aktivno doprinosi optimizaciji procesa odlučivanja. Međutim, treba uzeti u obzir i troškove reosiguranja, kao i činjenicu da viša kvota reosiguranja može dovesti do većih premija koje osiguravač plaća reosiguravaču.

Prikazan model i analiza, tj. dobijeni podaci mogu se koristiti i za formiranje tarife osiguranja od zemljotresa. Takođe, smanjenje volatiliteta (standardne devijacije) direktno utiče na smanjenje kapitala koji osiguravač mora da drži kao rezervu za nepovoljne scenarije, čime se povećava efikasnost korišćenja kapitala.

Konačno, mogu se implementirati složeniji oblici ugovora o reosiguranju, čime bi se analiza dodatno produbila i proširila okvir optimizacije, što izlazi iz okvira ovog rada.

5.5.3. Analiza predloženog konceptualnog modela

Cilj ovog odeljka je da se, putem analize predloženog konceptualnog modela, potvrdi hipoteza H_2.

H_2: "NAT CAT konceptualni model može doprineti boljem sagledavanju nivoa izloženosti riziku u slučaju katastrofalnih događaja."

Testiranje hipoteze se zasniva na demonstraciji kako model, kroz svoju strukturu i integrisane analitičke alate, sistematizuje kompleksnost upravljanja katastrofalnim rizicima i transformiše je u kvantifikovane, analitičke podatke.

Imovinsko osiguranje predstavlja složen sistem međusobno zavisnih procesa, gde su procena rizika, tarifiranje, upravljanje štetama, određivanje samopridržaja i strategije reosiguranja i dr. neraskidivo povezani. Nedostatak holističkog pristupa otežava stvarno sagledavanje ukupne izloženosti osiguravača. Upravo rešavanju ovog problema može doprineti predloženi konceptualni model, tj. doprineti boljem sagledavanju nivoa izloženosti kroz svoju modularnu arhitekturu (Modul katastrofalnih rizika, Modul šteta, Finansijski modul, Rezultujući modul). Svaki modul, sa specifičnim podmodulima, ima jasno definisanu funkciju u procesu kvantifikacije rizika, čime se obezbeđuje strukturiran i celovit okvir za analizu.

Dokazni kapacitet modela manifestuje se kroz sledeće ključne analitičke komponente:

1. Integrisana procena hazarda i izloženosti. Modul hazarda omogućava ne samo identifikaciju prirodnih pretnji (učestalost, intenzitet), već i njihovu geografsku vizualizaciju. Ovo mapiranje, u kombinaciji sa Modulom izloženosti koji procenjuje ranjivost izložene imovine, doprinosi boljem sagledavanju time što prostorno lokalizuje i kvantifikuje izvor rizika, pružajući jasnu sliku o koncentraciji izloženosti u visokorizičnim regionima. Takođe, prikazana je analiza trenda u učestalosti poplava u svetu koristeći vremenske serije podataka kao i mogućnost njihove predikcije.
2. Napredna kvantifikacija potencijalnih gubitaka. Kroz Modul za procenu šteta koriste se istorijski podaci o štetama ili teorijske funkcije šteta za procenu potencijalnih gubitaka, kao i procena maksimalno mogućih šteta za različite scenarije. Pored

predloženoh algoritma, u konceptualnom modelu prikazana je i simulacija fitovanja kumulativnih šteta. Modul omogućava kvantifikaciju potencijalnih šteta, što je ključno za procenu posledica katastrofalnih događaja. U modelu je prikazana i analiza samopridržaja kroz simulaciju šteta u cilju pronalaženja optimalnog nivoa samopridržaja koji minimizira verovatnoću propasti. Takođe, prikazana je analiza trenda u učestalosti poplava u svetu koristeći vremenske serije podataka kao i mogućnost njihove predikcije. Model objedinjuje podatke o hazardu, izloženosti, štetama i finansijskim posledicama, omogućavajući holistički pregled rizika. Kroz Modul za procenu šteta, model nadilazi jednostavnu analizu istorijskih podataka. Primena simulacija fitovanja kumulativnih šteta, na različite teorijske distribucije i procena Maksimalno mogućeg gubitka za različite scenarije, doprinosi boljem sagledavanju pružanjem robustnijih, zasnovanih na verovatnoći prognoza gubitka, umesto oslanjanja isključivo na retke istorijske podatke.

3. Optimizacija finansijskih strategija kroz simulaciju. Model eksplicitno doprinosi boljem sagledavanju finansijske strane izloženosti. Analiza samopridržaja putem simulacije šteta za minimizaciju verovatnoće propasti, kao i korišćenje funkcija verovatnoće prekoračenja i koeficijenata varijacije, omogućava donošenje informisanih odluka o zadržavanju rizika. Ovi alati direktno kvantifikuju finansijski uticaj i volatilnost koju osiguravač snosi.

4. Holistička integracija i sinergija. Kĺjučni dokazni element leži u strukturi modela, odnosno integraciji podatataka iz svih modula. Na primer, rezultujući pokazatelji kao što su Prosečni godišnji gubitak (AAL) i standardna devijacija nisu izolovani, već su direktna posledica ulaznih parametara iz modula hazarda, izloženosti i šteta. Ova sinergija doprinosi boljem sagledavanju sistema time što pruža kvantitativni pregled koji povezuje fizičke karakteristike katastrofe sa njenim konačnim finansijskim implikacijama za osiguravača.

Na osnovu svega navedenog, može se konstatovati da je hipoteza H_2 povrđena. Predloženi NAT CAT konceptualni model neposredno doprinosi "boljem sagledavanju nivoa izloženosti" na tri nivoa:

- Kvalitativno, kroz strukturiranje kompleksnih procesa u jasan logički okvir,
- Kvantitativno, kroz primenu naprednih statističkih metoda (simulacije, fitovanje distribucija, EP krive) za generisanje preciznih metrika rizika (AAL, MMG, koeficijent varijacije).
- analitičko-strategijski, kroz omogućavanje optimizacije kĺjučnih finansijskih odluka, poput nivoa samopridržaja i izbora reosiguranja.

Stoga, model doprinosi razumevanje međusobne povezanosti elemenata u sistemu osiguranja i u pogledu katastrofalnih rizika omogućava osiguravačima da unaprede svoje strategije. Integracija modula i podmodula pruža jasniji uvid u analizu i kvantifikaciji ovih rizika. Rezultati analize, kao što su AAL, standardna devijacija i EP funkcije, omogućavaju osiguravačima donošenje informisanih odluka o strategijama upravljanja rizicima i reosiguranjem.

ZAKLJUČAK

Rizici od prirodnih katastrofa su u sve većem fokusu uglavnom zbog nedavnih velikih zemljotresa i oluja u raznim delovima sveta. Katastrofe rezultiraju iznenadnim i masovnim uništenjem imovine, ljudskih života, životne sredine i/ili ekonomije. Učestalost i veličina gubitaka izazvanih katastrofama raste tokom poslednjih nekoliko decenija, uglavnom zbog sve veće koncentracije populacije i imovine u geografskim oblastima sklonim katastrofama. Postoje brojni izazovi u proceni i kvantifikaciji ovih rizika.

Katastrofe primarno pogađaju društvo, a osiguravače samo do mere u kojoj su štete osigurane. Zbog svoje retkosti, analiza prošlih gubitaka ne može adekvatno meriti rizik od katastrofa, pa mnogi osiguravači koriste modele katastrofa za procenu potencijalnih gubitaka. Neizvesnost u modelima je neizbežna i zavisi kako od problema sa podacima, njihovog kvaliteta i dostupnosti, tako i dodatne neizvesnosti povezane sa slučajnim događajima.

NatCat modeli su deo procesa upravljanja rizikom, kako u smislu određivanja cena i preuzimanja rizika, tako i u smislu upravljanja solventnošću i kapitalom osiguravača i reosiguravača. Stoga se u disertaciji nastojalo da se pruži sistematičan uvid u modeliranje i optimizaciju rizika prirodnih katastrofa kroz predloženi konceptualni model. Predloženi konceptualni model se zasniva na četiri osnovne komponente, odnosno glavna modula: modul hazarda, modul za procenu šteta, finansijski modul i rezultujući modul, kao i odgovarajuće podmodule u ovom složenom sistemu međusobno povezanih faktora.

Koristeći napredne metodologije i analitičke pristupe, istraživanje je potvrdilo značaj modeliranja katastrofalnih rizika za procenu očekivanih gubitaka, optimizaciju samopridržaja i unapređenje strategija reosiguranja. Model je fleksibilan i prilagodljiv specifičnim potrebama osiguravača, omogućavajući analizu različitih rizika. Analiza trenda poplava pokazala je značajan porast učestalosti poplava u svetu. Model za zemljotrese zasnovan na funkciji verovatnoće prekoračenja dao procenu maksimalno mogućih gubitaka. Na osnovu podataka o maksimalno mogućim štetama kroz različite povratne periode,

odnosno EP funkciji, može se odrediti optimalni nivo zadržavanja rizika i potrebne rezerve, te optimizuje strategija reosiguranja. Podaci iz predloženog modela pokazuju da se prosečni godišnji gubitak i standardna devijacija značajno smanjuju sa promenom uslova reosiguranja i doprinosi boljim odluka osiguravača. Rezultati za zemljotres odražavaju specifičnu geografsku oblast i potfelj osiguravajućeg društva iz Srbije, pa je neophodno prilagođavanje za druge regione.

Sistematičan pristup ovog modela, može omogućiti bolje razumevanje i upravljaju rizikom od ekstremnih događaja, ali i omogućiti osiguravačima da pripreme adekvatne rezerve i strategije upravljanja rizicima za slučajeve velikih, neočekivanih gubitaka.

Nedostatak adekvatnih istorijskih podataka za retke događaje može uticati na tačnost procene katastrofalnih rizika. Iako model pruža sveobuhvatan pristup, njegova primena zahteva specifična znanje. Model se dalje može proširiti integracijom modela zasnovanih na veštačkoj inteligenciji, modelima na bazi teorije neodređenosti, kao i razvojem adaptivnih modela koji koriste mašinsko učenje za automatsko prilagođavanje promenama u riziku. Takođe, model se može dalje nadograditi modelima za druge vrste prirodnih katastrofa, ali i implementirati različite strategije reosiguranja.

Generalno, NatCat modeli igraju ključnu ulogu u delatnosti osiguranja i reosiguranja, pružajući okvir za analizu, kvantifikaciju i upravljanje rizikom od prirodnih katastrofa. Oni omogućavaju osiguravajućim društvima i reosiguravačima da procene potencijalne finansijske gubitke povezane sa katastrofalnim događajima, što je od suštinske važnosti za donošenje odluka o osiguravanju, određivanje premija i strategiju upravljanja rizicima. Kroz poboljšanu procenu rizika, određivanje premija, planiranje zaštite, donošenje strateških odluka o portfelju, regulatorne usklađenosti i rano upozorenje, ovi modeli omogućavaju osiguravačima da donesu bolje odluke, efikasnije upravljaju rizikom i smanje finansijske gubitke uzrokovane katastrofalnim događajima. Dakle, ovi modeli omogućavaju kompanijama i da bolje razumeju svoj rizik i da optimizuju svoje reosiguranje.

Korišćenje ovih modela pomaže u određivanju koliki kapital treba da bude izdvojen za pokriće potencijalnih gubitaka, čime se osigurava usklađenost sa regulatornim zahtevima, kao što su Solventnost 2 i IFRS 17. Ovi elementi pomažu osiguravajućim kompanijama da

bolje upravljaju rizicima i osiguraju dugoročnu finansijsku stabilnost u suočavanju sa potencijalno katastrofalnim događajima.

Modeliranje NatCat rizika suočava se s mnogim tehničkim i metodološkim izazovima zbog složenosti prirodnih katastrofa. Iako su novi tehnološki napreci i metodologije pomogli u poboljšanju tačnosti modela i dalje je potrebno unapređivati metode kako bi se prevazišli ovi izazovi. Važno je napomenuti da je potrebno kontinuirano praćenje i preispitivanje podataka i modela tokom vremena.

Literatura

1. Allianz Global Corporate & Specialty. (2023), *Risk Barometer 2023*, Allianz.

2. American Meteorological Society (AMS). (2022), *Glossary of Meteorology: Cold wave*. (https://www.ametsoc.org, pristupljeno: 23. marta, 2024. godine).

3. AON (2021) Catastrophe Risk Tolerance Study: Public disclosures by sector Year-end 2021.

4. Asmussen, S. (2000). *Ruin Probabilities*. World Scientific.

5. Aven, T. (2011), *Quantitative Risk Assessment: The Scientific Platform*, Cambridge: Cambridge University Press.

6. Aznar-Siguan, G., & Bresch, D. N. (2019). CLIMADA v1: a global weather and climate risk assessment platform, *Geoscientific Model Development*, 12(7), 3085–3097.

7. Baranoff, E. G., Sager, T. W. & Shi, B. (2013), *Capital and Risks Interrelationships in the Life and Health Insurance Industries: Theories and Applications*, London: Springer.

8. Beard, R. E., Pentikäinen, T., & Pesonen, E. (1984). *Risk Theory*. Chapman and Hall.

9. Berliner, B. (1982), *Limits of Insurability of Risks*, Prentice-Hall.

10. Berliner, B. (1985), "Large Risks and Limits of Insurability", *The Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice*, Vol. 10/4, pp. 313-329.

11. Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P., & Welle, T. (2013), 'Framing vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework', *Natural Hazards*, Vol. 67, pp. 193–211.

12. Bland, M. (2000), *An Introduction to Medical Statistics*, Oxford University Press.

13. Bugmann C. (1997). Proportional and Non-proportional Reinsurance, *Swiss Re*, 1997, str.7-26.

14. Cabantous, L. (2003), Ambiguity and conflict aversion in the field of insurance: Insurers' attitude towards to imprecise probabilities, unpublished manuscript, University of Toulouse.

15. Cardona, O. D., Ordaz, M., Reinoso, E., Yamín, L. E., & Barbat, A. H. (2012). "CAPRA - Comprehensive Approach to Probabilistic Risk Assessment: International Initiative for Disaster Risk Management Effectiveness", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 4, 58–66. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2012.06.001

16. Clark, K. M. (2001). A Critical Look at Catastrophe Models, *Casualty Actuarial Society Forum*, Fall 2001, 1–45.

17. Cleary, K et al., (2018). Uses of catastrophe model output, Extreme Events and Property Lines, *Committee American Academy of Actuaries*.

18. CORDIS - EU. REAKT-Strategies and tools for Real Time EArthquake RisK ReducTion (https://cordis.europa.eu/project/id/282862, pristupljeno: 28. novembar 2023.).

19. Cowpertwait, P. S. P. (2004). A Poisson Cluster Model of Rainfall: Application to the Study of Rainfall-Runoff Models, *Journal of Hydrology*, 226(1), 138–149. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.03.012

20. Culp, C. L. (2001), *The Risk Management Process: Business Strategy and Tactics*. John Wiley & Sons.

21. Cummins, J. D., & Weiss, M. A. (2009). Reinsurance and its Role in the Global Market, *Risk Management and Insurance Review*, 12(1), 7-24.

22. Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards, *Progress in Human Geography*, 20(4), 529-539.

23. Danciu L., Nandan S., Reyes C., Basili R., Weatherill G., Beauval C., Rovida A., Vilanova S., Sesetyan K., Bard P-Y., Cotton F., Wiemer S., & Giardini D. (2021), "The 2020 update of the European Seismic Hazard Model: Model Overview", *EFEHR Technical Report 001*, v1.0.0, https://doi.org/10.12686/a15, https://maps.eu-risk.eucentre.it/

24. Daykin C.D., Pentikainen T., & Pesonen M. (1995), *Practical Risk Theory for Actuaries*, Chapman & Hall, London.

25. Delforge, D. et al. (2023) EM-DAT: The Emergency Events Database, Preprint, https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3807553/v1, 2023.

26. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks (https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/60/oj)

27. DODD-FRANK WALL STREET REFORM AND CONSUMER PROTECTION ACT - Congress.gov. https://www.cftc.gov/LawRegulation/

28. EEA (2012), Urban adaptation to climate change in EuropeChallenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies, EEA Report No 2/2012, Europian Environment Agency.

29. EFEHR Risk Map (https://maps.eu-risk.eucentre.it/, pristupljeno, 14, februar 2024.)

30. Emanuel, K., Ravela, S., Vivant, E., & Risi, C. (2006), „A Statistical-Deterministic Approach to Hurricane Risk Assessment“, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 87(3), 299–314. https://doi.org/10.1175/BAMS-87-3-299

31. European Commission, „The European Union Solidarity Fund (EUSF)“ (https://ec.europa.eu/regional_policy/funding/solidarity-fund_en, pristupljeno: 20. maja, 2024. godine).

32. European Commission: Joint Research Centre, Marin Ferrer, M., Poljanšek, K., Clark, I. and De Groeve, T.(2017), *Science for disaster risk management 2017 – Knowing better and losing less*, editors: Ferrer, M., Poljanšek, K., Clark, I. and De Groeve, T., Publications Office, https://data.europa.eu/doi/10.2788/842809

33. European Environment Agency. (2023). *Economic losses from climate-related extremes in Europe (1980-2022)*, https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/77389680-ecd2-4f56-926f-8106061a5570

34. European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA). (2014), *Guidelines on own risk and solvency assessment (ORSA).*

35. Field, E. H., Dawson T. E., Felzer, K. R., Frankel, A. D., Gupta, V., Jordan, T. H., Parsons, T., Petersen, M. D., Stein, R. S. Weldon, R. J. & Wills, C. J. (2009), Working Group on California Earthquake Probabilities, "Uniform California Earthquake Rupture Forecast, Version 2 (UCERF 2)", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 99(4), 2053–2107. https://doi.org/10.1785/0120080049

36. Filijović, M., & Đorđević, I. (2014), "Uticaj 'majskih poplava' na stanje ljudske bezbednosti u Republici Srbiji", *Bezbednost, Beograd*, vol. 56, br. 3, str. 115-128.

37. Food and Agriculture Organization (FAO). (2013), *Integrated Pest Management*, Rome: FAO.

38. Froude, M. J., & Petley, D. N. (2018), „Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(8), 2161–2181. https://doi.org/10.5194/nhess-18-2161-2018

39. Gaillard, J. C., & Mercer, J. (2013). „From knowledge to action: Bridging gaps in disaster risk reduction", *Progress in Human Geography*, 37(1), 93–114. https://doi.org/10.1177/0309132512446717

40. Gallagher Re (2022), *Reinsurance market report*, Arthur J. Gallagher & Co.

41. Gill, J. C., & Malamud, B. D. (2014). „Reviewing and visualizing the interactions of natural hazards", *Reviews of Geophysics*, 52(4), 680-722. https://doi.org/10.1002/2013RG000445

42. Global Market Insights (GMI). 2023. Reinsurance Market Report.

43. Gollier, C. (2003), „To Insure or Not to Insure?: An Insurance Puzzle", *The Geneva Papers on Risk and Insurance Theory*, 28(1), 5-24.

44. Grossi, P., & Kunreuther, H. (2005), *Catastrophe Modeling: A New Approach to Managing Risk*. Springer.

45. Ingrid Eckerman (2004), *The Bhopal Saga – Causes and Consequences of the World's Largest Industrial Disaster*, Universities Press (India) Private Limited 2005, ISBN 81 7371 515 7

46. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2012), *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: A special report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds. Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F. Qin, D., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G.-K., Allen, S. K., Tignor, M., Midgley, P. M., Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY.IPCC, 2014, 'Summary for policymakers', in: Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.), *Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects – contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

47. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021b), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

48. James F. Broder & Eugene Tucker. (2012), *Risk Analysis and the Security Survey*, Elsevier.

49. JBA Risk Management. (2018), *Global Flood Model*. JBA Risk Management.

50. Jongman, B., Ward, P. J., & Aerts, J. C. J. H. (2014), „Global Exposure to River and Coastal Flooding: Long Term Trends and Changes", *Global Environmental Change*, 22(1), 227–235. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.09.016

51. Kaas, R.,Goovaerts, M., Dhaene, J. & Denuit, M. (2008), *Modern Actuarial Risk Theory Using R*, Springer, 2008

52. Kappes, M. S., Keiler, M., von Elverfeldt, K., & Glade, T. (2012), „Challenges of analyzing multi-hazard risk: A review", *Natural Hazards*, 64(2), 1925-1958. https://doi.org/10.1007/s11069-012-0294-2

53. Kerkez, M. & Pavlović, B. (2015), *Catastrophic risks and Sustainable development*. „Power plants insurance against catastrophic risks“, Kočović et. al (eds), University of Belgrade, Faculty of Economics Publishing Centre, Ch. 12, pp. 201 - 221, ISBN: 978-86-403-1418-3.

54. Knight, F. H. (1921), *Risk, Uncertainty, and Profit*, Boston: Houghton Mifflin.

55. Kousky, C., & Cooke, R. M. (2012), „Explaining the Failure to Insure Catastrophic Risks“, *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 37(2), 206-227. https://doi.org/10.1057/gpp.2012.14

56. Kunreuther, H., & Michel-Kerjan, E. O. (2011), *At War with the Weather: Managing Large-Scale Risks in a New Era of Catastrophes*, MIT Press.

57. Kunreuther, H., Hogarth, R. & Meszaros, J. (1993), „Insurer ambiguity and market failure“, *Journal of Risk and Uncertainty*, 7, 71-87.

58. LeRoy, S. F. & Singell, L.D. Jr. (1987), „Knight on Risk and Uncertainty“, *Journal of Political Economy*, Vol. 95, No. 2, pp. 394-406, Published By: The University of Chicago Press.

59. Limpert, E., Stahel, W. A., & Abbt, M. (2001), „Log-normal Distributions across the Sciences: Keys and Clues“, *BioScience*, 51(5), 341-352.

60. Lorito, S., Selva, J., Basili, R., Romano, F., & Volpe, M. (2015), „Probabilistic Tsunami Hazard for the Euro-Mediterranean Region“, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 120(1), 634–640. https://doi.org/10.1002/2014JB011776

61. Mahalingam, A., Carpenter, O., Coburn, A., Tuveson, M., (2018), *Disaster Recovery Case Studies: US 2005 Storms: Katrina, Rita, and Wilma*, Cambridge Centre for Risk Studies i AXA XL, Cambridge Centre for Risk Studies University of Cambridge Judge Business School.

62. Mai, P.M et al. (2023). The Destructive Earthquake Doublet of 6 February 2023 in South-Central Türkiye and Northwestern Syria: Initial Observations and Analyses. The Seismic Record 2023;; 3 (2): 105–115. doi: https://doi.org/10.1785/0320230007

63. Mandelbrot, B. B., & Hudson, R. L. (2004), *The (Mis)Behavior of Markets: A Fractal View of Risk, Ruin, and Reward*. Basic Books.

64. Marsh (2024) Catastrophe Modeling: Why All the Fuss? https://www.marsh.com/pr/en/services/property-risk-management/insights/catastrophe-modeling.html

65. McLachlan, G., & Peel, D. (2000), *Finite Mixture Models*. Wiley-Interscience.

66. Melecky, M. and C. Raddatz (2011), "How Do Governments Respond after Catastrophes Natural-Disaster Shocks and the Fiscal Stance", *Policy Research Working Paper*, No. 5564, World Bank,

67. Menoni, S., Bondonna, C., Garcia Fernandez, M., Schwarze, R. (2017), "Recording disaster losses for improving risk modelling capacities", in: Poljansek, K., Martin Ferrer, M., De Groeve, T., Clark, I. (eds.), *Science for Disaster Risk Management 2017: Knowing better and losing less*, EUR 28034 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-60679-3, doi:10.2788/842809, JRC102482, pp. 83-95.

68. Mordor Intelligence (2024). Reinsurance Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029). https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-reinsurance-market

69. Morel, D. (2013). Pricing Catastrophe Excess of Loss Reinsurance using Market Curves Casualty Actuarial Society E-Forum, Spring 2013-Volume 2, 1-17.

70. Moy de Vitry, R., Leitão, J. P., & Wegner, J. D. (2019), „Flood risk prediction from heterogeneous data sources: A framework based on machine learning", *Water*, 11(11), 2316. https://doi.org/10.3390/w11112316

71. Nacionalnu strategiju zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama "Službeni glasnik RS", br. 86/2011 od 18.11.2011. godine.

72. Neil, B.,Eric Dynda, E., Stevens, B., & Kamdar, K. 2023. "An Actuarial Approach to Stochastic Modeling of Casualty Catastrophe (Cat) Risk." CAS E-Forum Spring (May).

73. OECD (2021), Enhancing financial protection against catastrophe risks: the role of catastrophe risk insurance programmes. www.oecd.org/daf/fin/insurance/Enhancing-financial-protection-againstcatastrophe-risks.htm

74. OECD Economic Outlook, Volume 2020 Issue 2

75. OECD Economic Outlook, Volume 2021 Issue 1.

76. Olawuni, P., Olowoporoku, O., & Daramola, O. (2020). Determinants of Residents'Participation in Disaster Risk Management in Lagos Metropolis Nigeria. International Journal of Disaster Risk Management, 2(2), 1-19.

77. Pagani M, Garcia-Pelaez J, Gee R, et al. (2020), „The 2018 version of the Global Earthquake Model, Hazard component". *Earthquake Spectra*, 36:226-251. doi:10.1177/8755293020931866

78. Pagani, M., & Monelli, D. (2014), The Global Earthquake Model (GEM) Seismic Hazard Map. *Bulletin of the Earthquake Engineering*, 13, 357–372.

79. Peterson, T. C., et al. (2013), "Monitoring and understanding changes in heat waves, cold waves, floods, and droughts in the United States: State of knowledge." *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(6), 821–834.

80. Peterson, T. C., Stott, P. A., & Herring, S. (2013), „Explaining Extreme Events of 2012 from a Climate Perspective", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(9), S1-S74.

81. Pitilakis K, Crowley E, & Kaynia A (eds) (2014b), *SYNER-G: Typology definition and fragility functions for physical elements at seismic risk, Series: Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering* 27, ISBN 978-94-007-7872-6, Springer Science+Business Media, Dordrecht.

82. Pitilakis, K., Franchin, P., Khazai, B. & Wenzel, H. (2014a). "SYNER-G: Systemic Seismic Vulnerability and Risk Assessment of Complex Urban, Utility, Lifeline Systems and Critical Facilities - Methodology and Applications", *Geotechnical* 31, DOI: 10.1007/978-94-017-8835-9

83. Planić, J. ., & Cvetković, V. (2022). Fenomenološke i etiološke dimenzije katastrofa izazvanih zemljotresom: Phenomenological and etiological dimensions of earthquake disasters. Zbornik Radova Naučno-stručnog društva Za Upravljanje Rizicima U Vanrednim Situacijama (Collection of Papers, Scientific-Professional Society for Disaster Risk Management and International Institute for Disaster

Research, 140–156. Retrieved from https://zbornik.upravljanje-rizicima.edu.rs/index.php/d/article/view/34

84. Radinović, D., & Ćurić, M. (2012), „Criteria for Heat and Cold Wave Duration Indexes“, *Theoretical and Applied Climatology*, 107(3-4), 505-510.

85. Radovanović, S. V., Mihailović, N. R., Radovanović, Ž. M., & Veljković, Lj. M. (2023). „Flood frequency analysis in the World“, *Tokovi osiguranja*, No. 3/2023, pp. 378-388.

86. Rolski, T., Schmidli, H., Schmidt, V., & Teugels, J. (1999). Stochastic Processes for Insurance and Finance. Wiley.

87. Rose, A. (2004), ‘Economic principles, issues, and research priorities of natural hazard loss estimation’, in: Okuyama, Y., Chang, S. (eds.), *Modeling of Spatial Economic Impacts of Natural Hazards*, Springer, Heidelberg.

88. Ross, S. M. (2014), *Introduction to Probability Models*, Academic Press.

89. Rudi Lipovec, (2023), „Katastrofalni događaji u Sloveniji“. XIV Kontinuiranu edukaciju aktuara i drugih stručnjaka u osiguranju: *Aktuelni izazovi u reosiguranju*, Udruženje aktuara Srbije i Institut za osiguranje i aktuarstvo, 3. i 4. novembar 2023.

90. Svetska zdravstvena organizacija (WHO). (2022). *Global Status Report on Road*.

91. Swees Re Institute (2024) Natural catastrophes in 2023: gearing up for today’s and tomorrow’s weather risks, Sigma 1/2024, Swiss Re Institute.

92. Swiss Re Institute (2019). *Understanding Reinsurance: How Risk is Managed and Transferred*, Swiss Re Institute.

93. Tufte, E. R. (2001), *The Visual Display of Quantitative Information*, Graphics Press.

94. UNDP (2024). Gde smo 10 godina posle poplava 2014? Regionalna konferencija „Deset godina posle poplava 2014“, 22-23. Oktobar 2024, Beograd https://www.undp.org/sr/10godinaPoslePoplavaKonferencija?utm_source=chatgpt.com

95. UNDRO (1991), *Mitigating Natural Disasters (Phenomena, Effects and Options*, United Nations.

96. UNDRR (2016), *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction*, https://www.unisdr.org/we/inform/publications/51748.

97. UNDRR, „Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction." https://www.undrr.org/terminology/disaster (pristupljeno: 3. jun, 2024. godine)

98. Vaughan, E. J. (2014), *Risk Management and Insurance*. Wiley.

99. Vaughan, E., & Vaughan, T. (2000). *Osnove osiguranja – Upravljanje rizicima*, Zagreb: MATE.

100. Veće Europske unije, "Direktiva Saveta 2008/114/EC." https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hr/ (pristupljeno: 8. april, 2024. godine)

101. Vogel, R. M., & Stedinger, J. R. (1999), „Stochastic Streamflow Models for Unregulated Rivers in the United States", *Journal of Hydrology*, 214(1–4), 213–232. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00294-1

102. Von Peter, G., S. Von Dahlen & S. Saxena (2012), "Unmitigated disasters: New evidence on the macroeconomic cost of natural catastrophes", *BIS Working Papers*, No. 394, Bank for International Settlements.

103. Walia, A., Menoni, S., Dell'Aringa, M.F., Bakon, M., Rovnak, M., Milenov, K., Dyulgerov, A., Radkov, R., Posthuma, L., Shopov, T, Markov, K., van de Guchte, C., Altamirano, M.A., & Wagenaar, D., "Methodologies for disaster impact assessment", in: Casajus Valles, A., Marin Ferrer, M., Poljanšek, K., Clark, I. (eds.), *Science for Disaster Risk Management 2020: acting today, protecting tomorrow*, EUR 30183 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-18182-8, doi:10.2760/571085, JRC114026.

104. Ward, M., Tulloch, A.I.T., Radford, J.Q. et al. Impact of 2019–2020 mega-fires on Australian fauna habitat. Nat Ecol Evol 4, 1321–1326 (2020). https://doi.org/10.1038/s41559-020-1251-1

105. WMO. International Meteorological Dictionary -METEOTERM, No. 182.

106. Woo, G. (1999), The Mathematics of Natural Catastrophes, London: Imperial College Press.

107. World Bank (2017), Parametric Insurance for Natural Disasters: Risk Management Solutions for Developing Countries, World Bank.

108. World Health Organization (WHO) & Food and Agriculture Organization (FAO). (2009), Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture, Geneva and Rome: WHO/FAO.

109. World Health Organization (WHO). (2007), Communicable disease control in emergencies: A field manual, Geneva: WHO Press.

110. Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama Republike Srbije, „Sl. glasnik RS", br. 87/2018.

111. Zeng, Z. (2000). „Probabilistic Catastrophe Modeling“, *Natural Hazards*, 21(2–3), 157–174. https://doi.org/10.1023/A:1008151914742

112. Zweifel, P., & Eisen, R. (2012), *Insurance Economics*, Berlin: Springer New York.

Prilog 1. Intervju sa stručnjacima iz osiguranja i reosiguranja

Pitanja

Molim da ukratko opišete vašu trenutnu ulogu i iskustvo u vezi sa reosiguranjem.

Da li ste reosigurani kod jednog ili više reosiguravača?

a) Da li imate ugovore sa stranim društvima za reosiguranje?

Da li prema Vašem saznanju postoje ugovori o reosiguranju koji se više preferiraju?

Molim da navedete tipove ugovora o reosiguranju od prirodnih katastrofa koje ste ugovorili u prethodnoj godini.

b) Možete li više reći o odrednici o rekonstrukciji.

Molim Vas da opišete glavne korake/proces u obnavljanju ugovora o reosiguranja za prirodne katastrofe (NatCat). Kako se odvijaju pregovori?

Molim za informaciju u iznosu samopridržaja za osiguranje motornih vozila.

Molim da opišete proces utvrđivanja MMŠ i vezu sa reosiguranjem.

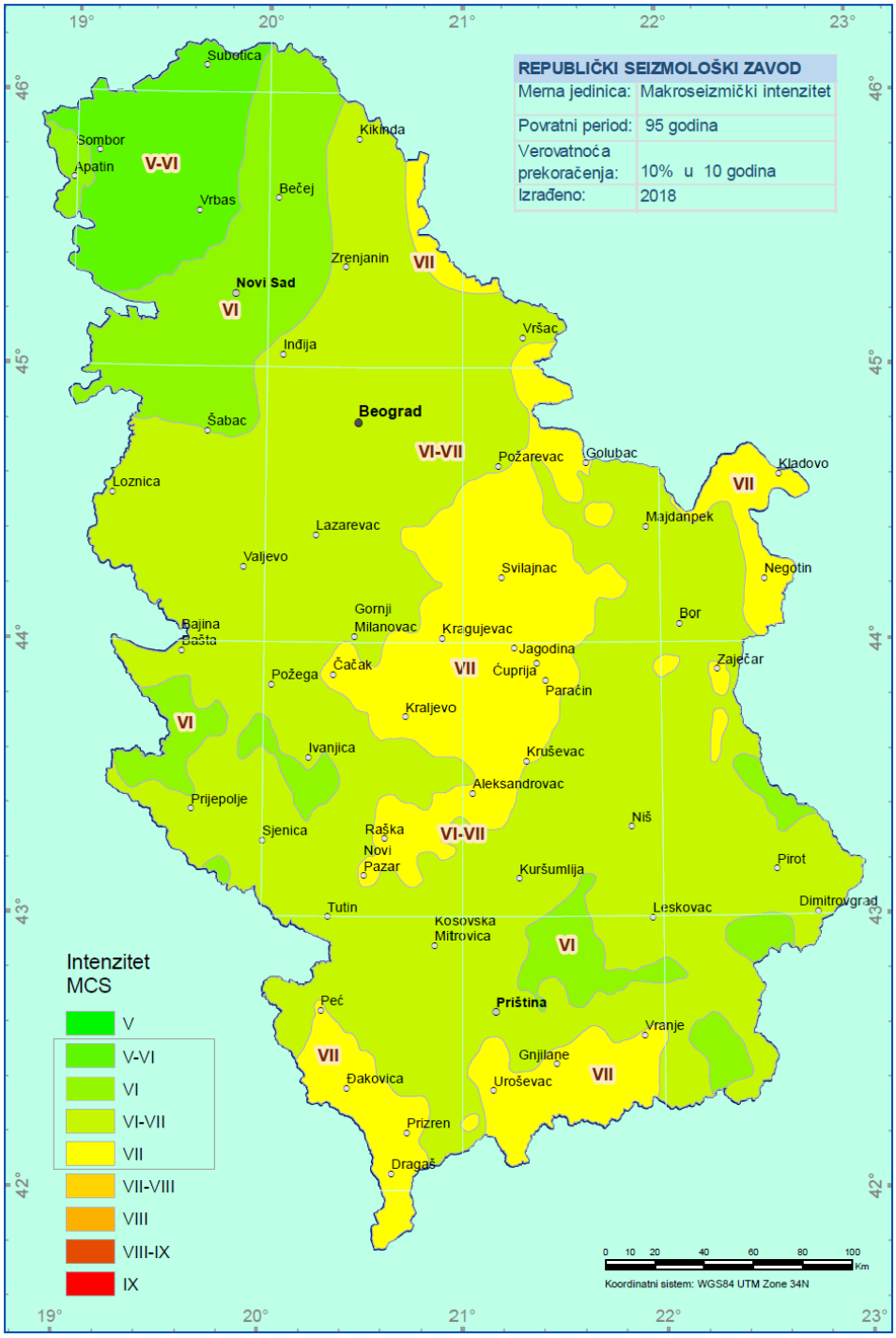
Da li je Vaše društvo razvilo svoje modele ili koristite usluge vendora za MMŠ za NatCat rizike?

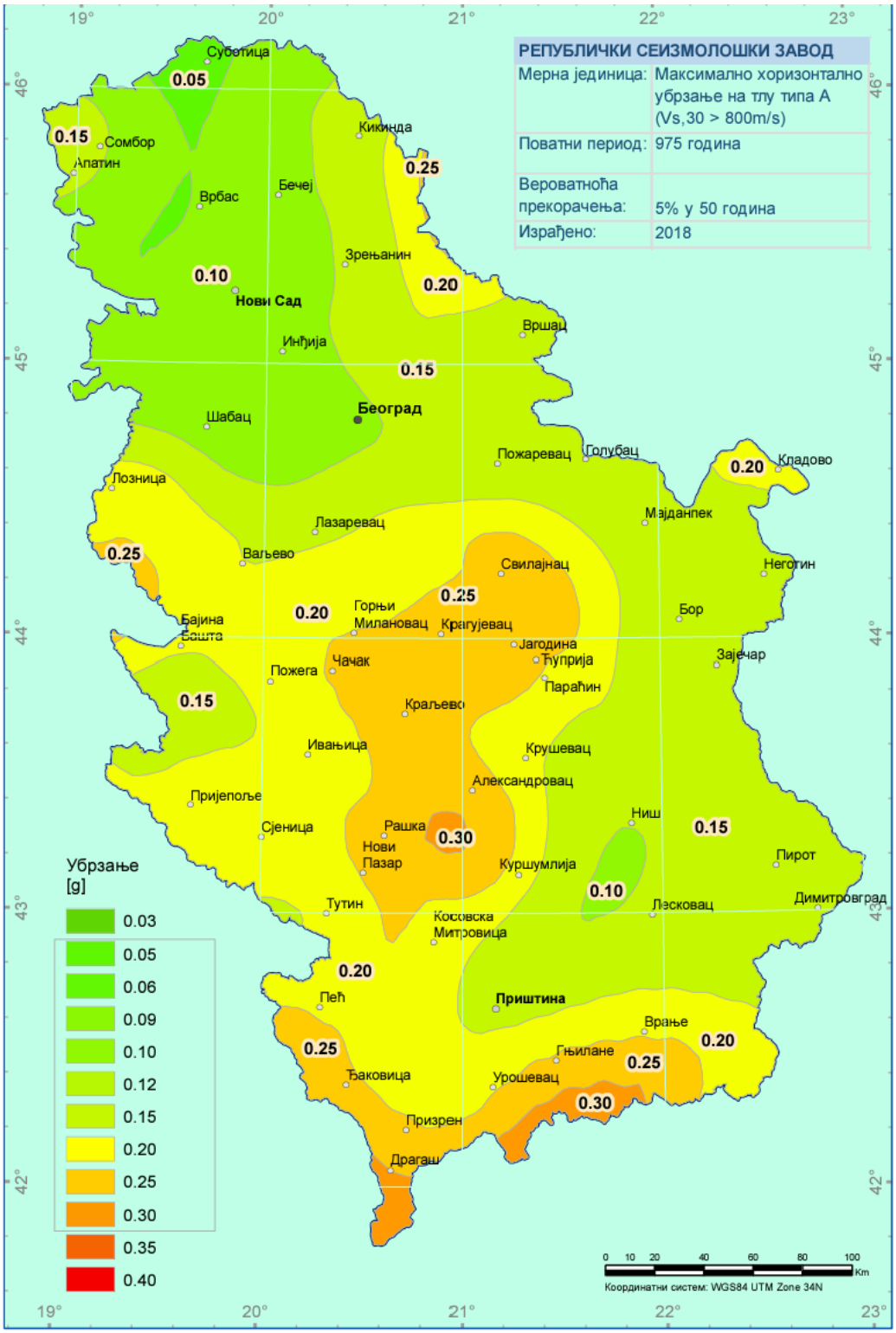
c) Da li imate ovu informaciju za druga društva u Vašoj zemlji?
d) Da li Vam je poznato koji povratni periodi se koriste u modelima za pojedine NatCat rizike?

Možete li reći koji je uobičajeni ROC u Vašoj zemlji.

Da li ste imali iskustva u obnavljanju ugovora o reosiguranju nakon neke prirodne katastrofe?

Prilog 2. Seizmološke karte Srbije




РЕПУБЛИЧКИ СЕИЗМОЛОШКИ ЗАВОД
Мерна јединица: Максимално хоризонтално убрзање на тлу типа А (Vs,30 > 800m/s)
Поватни период: 975 година
Вероватноћа прекорачења: 5% у 50 година
Израђено: 2018
Убрзање [g]
0.03
0.05
0.06
0.09
0.10
0.12
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
0.40
Координатни систем: WGS84 UTM Zone 34N
Km
Суботица
Сомбор
Апатин
Кикинда
Бечеј
Врбас
Зрењанин
Нови Сад
Инђија
Вршац
Београд
Шабац
Пожаревац
Голубац
Кладово
Лозница
Лазаревац
Мајданпек
Ваљево
Свилајнац
Неготин
Бајина Башта
Горњи Милановац
Крагујевац
Бор
Јагодина
Ћуприја
Зајечар
Чачак
Пожега
Параћин
Краљево
Ивањица
Крушевац
Александровац
Пријепоље
Сјеница
Рашка
Нови Пазар
Ниш
Пирот
Куршумлија
Тутин
Лесковац
Димитровград
Косовска Митровица
Пећ
Приштина
Врање
Гњилане
Ђаковица
Урошевац
Призрен
Драгаш

Prilog 3. Raspodela šteta

br šteta	prosečan iznos šteta
93	48
55	121
91	246
53	436
43	653
68	1.470
35	1.803
86	2.803
24	3.658
11	5.222
19	7.632
10	9.855
9	14.769
11	22.906
7	27.709
9	37.607
4	46.350
1	60.684
2	74.573
1	117.521

Biografija

Ljubiša Veljković je rođen u Vrnjačkoj Banji, gde je završio osnovnu školu i Gimnaziju. Diplomirao je na Ekonomskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, studijski program Makroekonomske analize. U skladu sa planom i programom, položio sve predviđene ispite na doktorskim studijama „Finansije“, Beogradske bankarska akademije - Fakultet za bankarstvo, osiguranje i finansije.

Svoje veliko poslovno iskustvo, dugo dvadeset godina, sticao je većim delom u oblasti osiguranja. Karijeru je započeo kao preuzimač imovinskih rizika, a kasnije i kao Rukovodilac imovinskih rizika u Delta Generali osiguranju, a nakon toga je prešao u DDOR osiguranje na poziciju Višeg stručnog saradnika za velike klijente i brokere. Poslovne veštine i znanja dalje je nadograđivao radeći kao Direktor centralne prodaje, a potom i Direktor poslovne mreže u Wiener Stadtische osiguranju. Od 2018. godine do 2021. godine, bio je predsednik Skupštine Udruženja osiguravača Srbije.

Ljubiša Veljković bio na poziciji predsednika Izvršnog odbora Milenijum osiguranja devet godina, a godinu dana pre toga vršio je funkciju pomoćnika Generalnog direktora ove kompanije. Bio je i član Nadzornog odbora Udruženja osiguravača Srbije i član Američke privredne komore. Takođe, bio je član Srpske asocijacije menadžera i Asocijacije lizing kompanija Srbije, Potpredsednik Odbora za lizing i osiguranje Saveta stranih investitora i član Upravljačkog komiteta Erste Banke i Wiener Städtische Osiguranje. Trenutno obavlja poziciju Predsednika odbora direktora u Croatia osiguruvanje život i član odbora direktora u Croatia osiguravanje neživot u Severnoj Makedoniji i Savetnik je Uprave društva Croatia osiguranje u Republici Hrvatskoj.

Ljubiša Veljković je završio više kurseve u zemlji i inostranstvu. Autor je više naučnih i stručnih radova, kao novinskih članaka iz oblasti ekonomije i osiguranja.