

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**INTERNI MODEL ZA ZAHTEVANI SOLVENTNOSTNI KAPITAL
ZA OPERATIVNO TVEGANJE ZAVAROVALNICE**

Ljubljana, september 2025

ANDRAŽ DRAŽUMERIČ

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Andraž Dražumerič, študent Univerze v Ljubljani Ekonomske fakultete, avtor predloženega dela z naslovom Interni model za zahtevani solventnostni kapital za operativno tveganje zavarovalnice, pripravljenega v sodelovanju z mentorjem dr. Mihaelom Permanom

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravil/-a samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo pisnih del UL EF, kar pomeni, da sem poskrbel/-a, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo pisnih del UL EF;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Univerze v Ljubljani Ekonomski fakulteti v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil/-a;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi;
11. da sem preveril/-a verodostojnost informacij, ki izhajajo iz zapisov na podlagi uporabe orodij umetne inteligence.

V Ljubljani, dne 10. 10. 2025

Podpis študenta:



POVZETEK

V magistrskem delu obravnavam izzive obstoječega regulatornega pristopa k izračunu kapitalске zahteve za operativna tveganja (v nadaljevanju SCR), ki temelji predvsem na obsegu premij in zavarovalno-tehničnih rezervacij, ne pa na dejanskih podatkih o škodnih dogodkih. Ta pristop pogosto ne odraža realne izpostavljenosti posamezne zavarovalnice.

Za bolj realistično oceno operativnih tveganj sem razvil interni model, ki temelji na dveh metodah: (1) pristopu porazdelitve izgub (v nadaljevanju LDA) z uporabo baze podatkov dejanskih in simuliranih škodnih dogodkov ter (2) scenarijskih ocenah strokovnjakov znotraj zavarovalnice. Obe metodi sem kvantitativno analiziral, rezultate pa sem primerjal z rezultati standardne regulatorne formule.

Analiza je pokazala, da interni model daje primerljive rezultate kot standardna formula, vendar se ti rezultati opirajo na bolj točne, specifične in smiselno utemeljene podatke. To pomeni, da interni model bolje zajame specifičen profil tveganja zavarovalnice in lahko prispeva k bolj optimalni uporabi kapitala.

Rezultati potrjujejo, da bi uporaba internih modelov v praksi omogočila natančnejše in pravičnejše določanje kapitalskih zahtev, zlasti za zavarovalnice z drugačnim ali bolj specifičnim profilom operativnih tveganj.

KLJUČNE BESEDE: operativno tveganje, kapitalska zahteva, interni model, pristop porazdelitve izgub (LDA), scenarijska analiza, Solventnost II

CILJI TRAJNOSTNEGA RAZVOJA



ABSTRACT

This master's thesis addresses the shortcomings of the current regulatory approach to calculating the Solvency Capital Requirement (SCR) for operational risk, which is primarily based on the volume of premiums and technical provisions rather than actual loss data. Such an approach often fails to reflect the true risk profile of individual insurance companies.

To provide a more realistic risk assessment, I developed an internal model based on two complementary methodologies: (1) the Loss Distribution Approach (LDA) using a dataset of actual and simulated operational loss events, and (2) expert-driven scenario analysis from

within the insurance company. Both approaches were quantitatively evaluated and their results compared to those obtained using the standard regulatory formula.

The analysis showed that the internal model yields results comparable to the regulatory model but is based on more accurate, specific, and relevant input data. This indicates that the internal model better captures the company's actual operational risk exposure and allows for more efficient capital allocation.

The findings support the notion that internal models can lead to more precise and fair capital requirement assessments, particularly for insurance companies with specific or atypical risk profiles.

KEY WORDS: operational risk, capital requirement, internal model, Loss Distribution Approach (LDA), scenario analysis, Solvency II

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



KAZALO

1	UVOD	1
2	TEORETIČNI OKVIR.....	1
2.1	Operativno tveganje	1
2.1.1	Operativno tveganje v zavarovalnici	2
2.1.2	Primerjava z drugimi vrstami tveganj	4
2.1.3	Primeri operativnih škodnih dogodkov iz zgodovine.....	4
2.2	Pregled Solventnosti II in SCR.....	5
2.2.1	Uvod v regulativo Solventnost II.....	5
2.2.2	Pomen SCR	7
2.2.3	Standardna formula za izračun SCR za operativno tveganje	7
2.2.4	Kalibracija faktorjev operativnega tveganja v standardni formuli	11
2.2.4.1	<i>Prva analiza – nediverzificirani faktorji.....</i>	<i>11</i>
2.2.4.2	<i>Druga analiza – diverzificirani faktorji.....</i>	<i>12</i>
2.3	Problematika regulatorne ocene SCR.....	13
2.3.1	Odobritev internega modela SCR.....	13
2.3.2	Vpliv diverzifikacije in združevanja.....	13
3	IZDELAVA INTERNEGA MODELA SCR ZA OPERATIVNO TVEGANJE ..	14
3.1	Glede na zgodovinske podatke.....	14
3.1.1	Pristop porazdelitve izgub – LDA	15
3.1.1.1	<i>Ocena porazdelitve resnosti izgube</i>	<i>16</i>
3.1.1.2	<i>Ocena porazdelitve verjetnosti škodnega dogodka.....</i>	<i>17</i>
3.1.1.3	<i>Tvegana vrednost – VaR.....</i>	<i>18</i>
3.1.2	Zbiranje in analiza podatkov	20
3.1.3	Agregacija s simulacijo Monte Carlo	26
3.2	Glede na scenarijsko oceno tveganj	26
4	Končne ugotovitve	29
4.1	Primerjava notranjega modela in regulatornega modela	29
4.2	Omejitve notranjega modela in regulatornega modela.....	31
4.2.1	Omejitve notranjega modela.....	31
4.2.2	Omejitve regulatornega modela.....	32

4.2.3	Omejitve modela glede na scenarijsko oceno	33
4.3	Izboljšave	34
4.3.1	Model z vključitvijo premajhnega poročanja	34
4.3.2	Boljši zunanji podatki	35
4.3.3	Upoštevanje korelacije med poslovnimi procesi in kategorijami tveganj... 35	
4.3.4	Porazdelitev repa	36
4.3.4.1	<i>Model maksimumov v blokih podatkov</i>	36
4.3.4.2	<i>Model preseganja mejne vrednosti</i>	36
5	SKLEP	37
	SEZNAM KLJUČNE LITERATURE	37
	VIRI IN LITERATURA	38

KAZALO TABEL

Tabela 1: Korelacijska matrika različnih tveganj	9
Tabela 2: Revidirani faktorji prve analize QIS4	11
Tabela 3: Revidirani faktorji druge analize QIS4	12
Tabela 4: Končni faktorji QIS4	12
Tabela 5: Lastnosti verjetnostnih porazdelitev	17
Tabela 6: Izbrani parametri za uporabljene verjetnostne porazdelitve	22
Tabela 7: Osnovna analiza podatkov	22
Tabela 8: Rezultati testnih statistik KS in AD	25
Tabela 9: Zahtevan solventnostni kapital glede na pristop porazdelitve izgub	26
Tabela 10: Zahtevan solventnostni kapital glede na scenarijsko oceno tveganj po procesih	29
Tabela 11: Zahtevan solventnostni kapital glede na regulatorni izračun	30

KAZALO SLIK

Slika 1: 10 največjih operativnih tveganj 2023	3
Slika 2: Razdelitev zahtevanega solventnostnega kapitala	8
Slika 3: Proces pristopa porazdelitve izgub	18

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Grafi lognormalne, Paretove, Gama in Weibullove porazdelitve	16
--	----

Graf 2: Prikaz tvegane vrednosti (VaR)	19
Graf 3: Škode glede na število škod	23
Graf 4: Škode glede na velikost škode	23
Graf 5: Histogram s prileganjem lognormalne porazdelitve	24
Graf 6: Kvantilno-kvantilni diagram empiričnih in teoretičnih podatkov	24
Graf 7: Tridimenzionalen prikaz agregacije tveganj	28

SEZNAM KRATIC

AD – (angl. Anderson-Darling test); Anderson-Darlingov test

AMA – (angl. Advanced measurement approach); Pristop z naprednimi meritvami
angl. – angleško

AZN – Agencija za zavarovalni nadzor

BIA – (angl. Basic indicator approach); Pristop z osnovnim kazalnikom

BSCR – (angl. Basic solvency capital requirement); Osnovni zahtevan solventnostni kapital

CEIOPS – (angl. Committee of European insurance and occupational pensions supervisors);
Evropski organ za zavarovanja in poklicne pokojnine

EIOPA – (angl. European insurance and occupational pensions authority); Evropski organ
za zavarovanja in poklicne pokojnine

EU – (angl. European Union); Evropska unija

GDPR – (angl. General data protection regulation); Splošna uredba o varstvu podatkov

G10 – (angl. Group of ten); Skupina desetih (sodelujejo v Splošnem dogovoru o
zadolževanju (GAB))

i.i.d. – (angl. Independent and identically distributed); Neodvisne in enako porazdeljene

IMA – (angl. Internal measurement approach); Pristop notranjega merjenja

KS – (angl. Kolmogorov-Smirnov test); Kolmogorov-Smirnov test

KRI – (angl. Key risk indicators); Ključni kazalnik tveganja

LDA – (angl. Loss distribution approach); Pristop porazdelitve izgub

MCR – (angl. Minimum capital requirement); Minimalna kapitalska zahteva

ORSA – (angl. Own risk and solvency assessment); Lastna ocenitev tveganja in solventnosti

SA – (angl. Standardized approach); Standardizirani pristop

sbAMA – (angl. Scenario based AMA); AMA na podlagi scenarija

SCA – (angl. Scorecard approach); Pristop z ocenjevalno lestvico

SCR – (angl. Solvency capital requirement); Zahtevan solventnostni kapital

QIS – (angl. Quantitative impact study); Kvantitativna študija vpliva

VaR – (angl. Value at risk); Tvegana vrednost

1 UVOD

V okviru regulative Solventnost II se zahtevan solventnostni kapital za operativno tveganje (v nadaljevanju SCR) v večini primerov izračunava na podlagi standardne formule, ki temelji predvsem na obsegu premij in zavarovalno-tehničnih rezervacij. Ta pristop je zasnovan kot univerzalna rešitev za vse zavarovalnice, vendar pogosto ne odraža dejanskega profila tveganja posamezne institucije. Standardna formula zanemara specifične značilnosti poslovanja, notranje kontrole ter dejanske izkušnje z operativnimi škodnimi dogodki, kar lahko vodi do precenjenih ali podcenjenih kapitalskih zahtev in s tem do kapitalske neučinkovitosti.

Operativna tveganja so zaradi svoje kompleksnosti, redkosti in raznolikosti posebej zahtevna za kvantifikacijo. Klasičen regulatorni pristop se zato izogiba uporabi dejanskih podatkov o škodah in namesto tega uporablja posredne mere izpostavljenosti. V praksi pa se vse večja pozornost namenja možnostim uporabe notranjih modelov, ki temeljijo na bolj realističnih ocenah tveganj bodisi preko zgodovinskih podatkov bodisi preko strokovnih scenarijskih ocen.

Namen tega magistrskega dela je razviti interni model izračuna kapitalske zahteve za operativno tveganje, ki temelji na dveh različnih, vendar dopolnjujočih se pristopih: prvi izhaja iz dejanske baze podatkov o zgodovinskih operativnih škodnih dogodkih, drugi pa iz scenarijskih ocen strokovnjakov znotraj zavarovalnice. Modela bosta ocenjena ločeno, rezultat pa bo primerjan s standardnim regulatornim pristopom. S tem želim prikazati, kako lahko z uporabo ustrezno prilagojenega internega modela bolje zajamemo specifično izpostavljenost operativnemu tveganju in s tem optimiziramo kapitalske zahteve zavarovalnice.

Magistrsko delo tako naslavlja vrzel med obstoječo regulatorno prakso in dejanskim tveganjem, s ciljem zagotoviti bolj učinkovit in podatkovno utemeljen pristop k obvladovanju operativnega tveganja v zavarovalniškem sektorju.

2 TEORETIČNI OKVIR

2.1 Operativno tveganje

Odbor Basel II in III definira operativno tveganje kot tveganje izgube zaradi neustreznosti ali neuspeha notranjih procesov ljudi in sistemov ali zunanjih dogodkov. Ta definicija vključuje pravno tveganje, vendar izključuje strateško tveganje in tveganje ugleda (Basel Committee on Banking Supervision, 2006).

Operativno tveganje se lahko enači tudi z možnostjo nepričakovanih dogodkov, ki se zgodijo kot posledica sprememb v normalnem delovanju. To bi torej pomenilo, da ob prekinitvi operacij ne bi več prišlo do teh dogodkov. Zato operativno tveganje vključuje vse dogodke, ki se zgodijo v vsakodnevni dejavnosti (Bolancé in drugi, 2012).

Operativno tveganje je najmlajše izmed glavnih treh vrst tveganj, poleg tržnega in kreditnega. Prvič se je termin uporabil leta 1995, ko je 28-letni Nick Leeson s svojim nespametnim trgovanjem z nedovoljenimi posli banki Barings izgubil 1,3 milijarde dolarjev (Chen, 2024). Na začetku se je termin sicer uporabljal pogosto kot tveganje, ki ni tržno ali kreditno, kasneje pa se je tudi okoli njega sestavila bolj definirana regulacija.

G10, skupina desetih najbolj industrializiranih držav, se je sestajala v Baslu in ustanovljen je bil Baselski odbor. Guvernerji centralnih bank teh desetih držav so ga ustanovili leta 1974, od takrat pa se redno sestajajo štirikrat letno. Baselski odbor ni nadzorni organ in njihovi sklepi nikoli niso bili namenjeni za pravno veljavo. Cilj odbora je zgolj oblikovati široke nadzorniške standarde in smernice ter priporočati najboljše prakse z željo, da bodo posamezni organi sprejeli ukrepe za njihovo izvajanje prek svojih zakonskih ureditev glede na njihov sistem. Tako se približujejo skupnim standardom, brez standardizacije in nadzora držav članic (Cruz in drugi, 2015).

Sprva se je Baselski odbor ukvarjal samo s tržnim in kreditnim tveganjem finančnih institucij. Z novim regulatornim okvirjem, ki so ga ustvarili v sodelovanju z bankami, industrijskimi skupinami in nadzornimi organi, imenovanim Basel II, so leta 2004 vključili tudi operativno tveganje. V primerjavi s tržnim in kreditnim tveganjem, kjer so regulacijo sestavili na podlagi dobrih praks v finančni industriji, so imeli pri operativnem tveganju težjo nalogo. Na prelomu tisočletja se področje operativnega tveganja ni preveč izboljšalo. Nekatere večje banke, kot na primer Lehman Brothers, operativnega tveganja v svoj sistem niti niso imeli vključenega do leta 2004. Baselski odbor je moral torej sprejeti predloge brez podlage dobre prakse v industriji. Za reševanje teh izzivov je Baselski odbor finančnim institucijam dovolil nekaj različnih možnosti za ocenjevanje kapitala: (i) pristop z osnovnim kazalnikom (v nadaljevanju BIA), (ii) standardizirani pristop (v nadaljevanju SA) in pristop z naprednimi meritvami (v nadaljevanju AMA). Finančne institucije so si tako lahko izbrale optimalen pristop glede na njihov profil tveganja (Cruz in drugi, 2015).

2.1.1 Operativno tveganje v zavarovalnici

V finančnem sektorju so glavne dejavnosti pogodbene, naložbene, transakcijske in odnosi s strankami, vendar je tveganje, da katera od teh dejavnosti ne bi delovala, težje zaznано kot pri drugih gospodarskih dejavnostih. Zelo pogosti so dogodki brez fizičnih posledic, pri čemer je težje oceniti škodo ter potencialne posledice teh dogodkov. Poleg tega pa so lahko posledice vidne po daljšem časovnem obdobju ali jih celo ne opazimo. Zato se je na takšna tveganja najtežje pripraviti in imeti zanj namenjene rezerve (Bolancé in drugi, 2012).

Operativno tveganje ima poudarek na dveh ključnih vidikih:

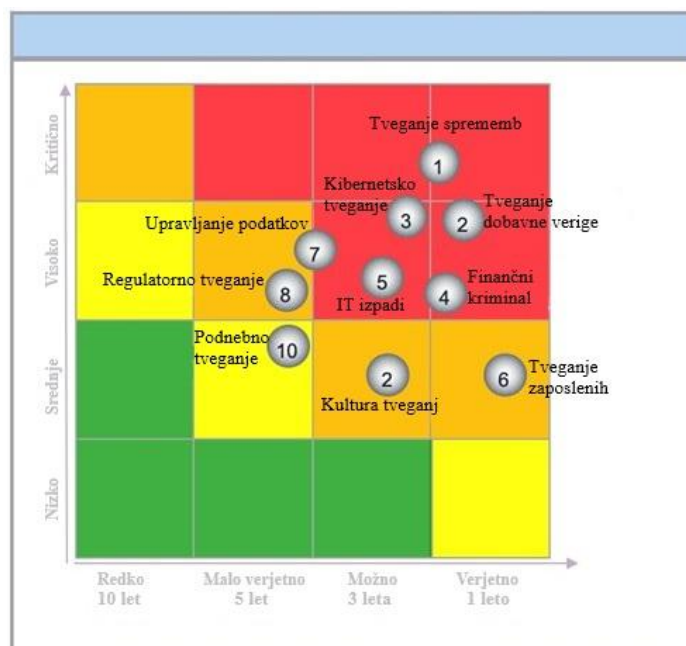
1. Preventivni, ki predvsem prepoznava in ocenjuje potencialna operativna tveganja in z njimi povezane notranje kontrole. S pomočjo tega se izvaja ukrepe ter prihodnje izboljšave procesov in sistemov.
2. Kurativni, ki obvladuje realizirana operativna tveganja ali operativne škodne dogodke. Vključuje predvsem spremljanje in poročanje o operativnih škodnih dogodkih in sprejemanje ukrepov za odpravo njihovih posledic.

Upravljanje operativnega tveganja je tako sestavljeno iz štirih korakov (Vicente, 2024):

1. **Prepoznavanje tveganja** – upoštevati je potrebno zunanje in notranje dejavnike, ki so lahko vzrok za realizacijo katere koli osnovne skupine operativnih tveganj. S tem procesom se zbere register identificiranih potencialnih operativnih tveganj.
2. **Ocenjevanje tveganja** – zbrana potencialna tveganja v tej fazi strokovnjaki področij ocenijo z verjetnostjo nastanka škodnega dogodka in resnostjo posledic v primeru nastanka dogodka glede na vnaprej določeno metodologijo. Bolje je, če ocene vključujejo kvantitativne faktorje, kar pomaga pri kasnejši analizi. Na Sliki 1 je prikazana transformacijska tabela za določitev kombinirane ocene tveganja na osnovi 4-točkovne matrike, glede na katero se lahko oceni, katero tveganje je potrebno podrobneje obravnavati.

Na sliki 1 je slikovno prikazanih 10 največjih operativnih tveganj leta 2023.

Slika 1: 10 največjih operativnih tveganj 2023



Vir: prirejeno po Pykhova (2023).

3. **Obvladovanje tveganja** – pri obvladovanju tveganja se zavarovalnica lahko odloči med štirimi možnostmi:
- Prenos tveganja na drugo organizacijo, kar po navadi pomeni prenos na zunanje izvajanje ali zavarovanje.
 - Zavarovalnica se tveganju lahko izogne na način, da ne vstopa v situacije ali okolje, kjer je tveganje mogoče.
 - V primeru prevelikih stroškov nadzora lahko vodstvo sprejme tveganje in nadaljuje s tvegano izbiro. To je pogost pojav pri redkejših dogodkih, ki nimajo velikih učinkov.
 - Zmanjševanje tveganja vključuje izvajanje akcijskih načrtov in nadzora, ki zmanjšuje verjetnost in vpliv tveganja. Za preprečitev nastanka škodnega dogodka se vzpostavi notranje kontrole glede na pretekle dogodke in potencialna tveganja, v primeru nastanka škodnega dogodka pa se ukvarja z vsakim posebej. Ker celotnega tveganja navadno ni mogoče popolnoma izničiti, preostalo tveganje sprejmejo kot je navedeno v točki c.
4. **Spremljanje tveganja** – ker kontrole izvajajo ljudje, ki delajo napake, ali pa se okoliščine lahko spremenijo, je kontrole potrebno spremljati in prilagajati. Veliko organizacij se odloči za uporabo ključnih kazalnikov tveganja (v nadaljevanju KRI), ki pomagajo pri zgodnjem opozarjanju in stalnem spremljanju tveganj. Ob večjih spremembah teh kazalnikov se odgovorne osebe še bolj posvetijo določenemu tveganju.

2.1.2 Primerjava z drugimi vrstami tveganj

Druge vrste tveganj v zavarovalnici, kot so zavarovalno, kreditno, tržno, valutno, likvidnostno tveganje in druga, se ocenjuje glede na podatke pridobljene pri poslovanju oz. podatke nihanja finančnih trgov v povezavi z zunanjimi podatkovnimi bazami, kot so na primer rating ocene za oceno kreditnega tveganja ali napovedi rasti obrestnih mer regulatorjev pri tržnem tveganju.

Zaradi narave operativnega tveganja regulator ali druga agencija težko postavi predpostavke ali vnaprej določene vrednosti, ki bi enako vplivale na vse finančne institucije, saj je tveganje nefinančno in izhaja iz človeškega vedenja, tehnologije ali poslovnih procesov.

2.1.3 Primeri operativnih škodnih dogodkov iz zgodovine

Poleg prej omenjenega, prvega večjega operativnega škodnega dogodka Nicka Leeson je podobno ravnal tudi Jerome Kerviel, ki je bil mlajši trgovelec z izvedenimi finančnimi instrumenti za francosko družbo Société Générale. Med letoma 2006 in 2008 je z več nepooblaščenimi in lažnimi posli izgubil več kot 4,9 milijarde evrov premoženja podjetja. Da bi svoje enostranske posle prikril, je v računalniških sistemih ustvaril lažne nasprotnne posle. Ko so vodilni v družbi za to izvedeli, so likvidirali vse posle, kar je povzročilo še dodatne izgube zaradi takratnega padajočega trga. Kerviel je bil zaradi svojih dejanj obsojen na 5 let zapore (Chen, 2022).

Še en udaren operativni škodni dogodek se je zgodil podjetju Knight Capital. V njihovem primeru je prišlo do napake v trgovalnem algoritmu, ki jih je stal 10 milijonov dolarjev na minuto, oziroma skupno 440 milijonov dolarjev. Prišlo je do računalniške napake, kjer je sistem po odprtju trga začel izvajati več sto tisoč nenamernih poslov. Izguba se je pojavila, ko je sistem potem prodal precenjene delnice nazaj po nižji ceni. Dogodek je podjetje pripeljalo skoraj do stečaja (Popper, 2012).

Ena nevarnejših kategorij operativnih škodnih dogodkov so primeri zlorabe osebnih podatkov. To je bil tudi primer iz leta 2018, kjer so ukradli podatke 400.000 strankam British Airways. Hakerji so vdrli v plačilni sistem podjetja, ki ni bil dovolj zaščiten in s tem dostopali do imen, naslovov, števil kreditnih kartic in podobnih osebnih podatkov. Dejanska škoda takšnih dogodkov je težko ocenljiva, je pa to huda kršitev Splošne uredbe o varstvu podatkov (v nadaljevanju GDPR), podjetje British Airways pa je bilo kaznovano za 20 milijonov britanskih funtov (Tidy, 2020).

2.2 Pregled Solventnosti II in SCR

2.2.1 Uvod v regulativo Solventnost II

25. novembra 2009 sta Evropski Parlament in Svet sprejela Direktivo 2009/138/ES, ki določa splošna načela o opravljanju dejavnosti zavarovalništva in pozavarovalništva. Načela morajo upoštevati vse članice Evropske unije, ki lahko v nekaterih primerih same določajo, kako bodo implementirale načela Direktive (EIOPA, brez datuma).

Razlogov za regulacijo finančnih institucij obstaja precej, glavna pa sta krepitev stabilnosti mednarodnega finančnega sistema in vzpostavitev pravičnega okvirja z visoko stopnjo doslednosti finančnih institucij v različnih državah, da bi zmanjšali obstoječe konkurenčne neenakosti med mednarodnimi zavarovalnicami. Regulacija je sestavljena iz vnaprej postavljenih pravil ter priporočil oziroma vzpodbud (Franzetti, 2011).

Pri finančnih institucijah je tržna pomanjkljivost posledica težav prepoznavanja verodostojnosti svoje ocene tveganja pri poslovanju s svojimi strankami. Teorija pravi celo, da bi finančne institucije samostojno precenile lastno tveganje, kar bi posledično sledilo v še več propadov finančnih institucij, finančni sistem pa bi bil nestabilen. Kljub temu ta teorija ni obveljala v krizi leta 2008, kjer so bile ocene tveganj finančnih institucij precej prenizke (Franzetti, 2011).

Propadi finančnih trgov so navadno posledica tako imenovanih eksternalij ali zunanjih učinkov. Ekonomisti so eksternalije vedno reševali z gospodarsko regulacijo ali obdavčitvijo, kjer bi gospodarstvo poskrbelo za zmanjšanje eksternalij glede na njihov vpliv in vnaprej določene limite. Ker pa je finančni trg preobsežen za tako regulacijo, se je z regulacijo ponotranjilo ocene tveganj in pripravo na posledice eksternalij. Še vedno obstaja

praksa vladnih ukrepov, ki jih finančni trg skuša preprečiti, pri kateri bi v primeru hujših zlomov trgov iz državnih rezerv reševali finančne institucije, saj bi njihov propad lahko še bolj destabiliziral finančni trg. Temu pojavu rečemo »prevelik, da bi propadel« (»Too big to fail«), ki štiti finančno institucijo pred kakršnokoli zavestjo o svojem finančnem stanju in s tem celo spodbuja tveganje. To imenujemo moralno tveganje (angl. moral hazard), ki pravi, da stranka po sklenjenem poslu napravi nekaj drugega, kot je obljubila pri sklepanju posla. S tem pojavom se ekonomisti pogosto srečujemo in ga skušamo kar se da izničiti (Franzetti, 2011).

Začetki regulative na zavarovalniškem trgu segajo v sedemdeseta leta prejšnjega stoletja z Evropskim regulatornim okvirjem, znanim tudi pod imenom Solventnost I. Delovala je na podlagi svobode ustanavljanja in svobode opravljanja storitev v Evropski uniji. Ker pa se je čez čas izkazalo, da okvir ni primeren za nadzor industrije in zaradi pomanjkanja gospodarskega pristopa, je Evropska komisija leta 1999 izdala dokument Pregled splošnega finančnega položaja zavarovalnic, s katerim se je povečalo zanimanje po posodobitvi zakonodaje za nadzor zavarovalnic in pozavarovalnic. Zanimanje in razprave so se povečale predvsem po finančni krizi leta 2008, kjer je bilo opazno pomanjkanje regulacije na področju upravljanja tveganja. Tako so leta 2009 izdali poročilo s poudarki na pomanjkljivostih na nadzornem in regulatornem področju, ki so prispevale k finančni krizi. Kmalu za tem je bila kasneje tega leta sprejeta Direktiva Solventnost II. Leta 2014 je Evropska komisija sprejela Delegirano uredbo 2016/467 o spremembi Delegirane uredbe Komisije EU 2015/35 z dne 10. oktobra 2014 (Delegirana uredba), v zvezi z izračunom regulativnih kapitalskih zahtev za več kategorij sredstev, ki jih imajo v posesti zavarovalnice in pozavarovalnice. Solventnost II je dokončno prišla v veljavo 1. januarja 2016 (EIOPA, brez datuma).

Direktiva Solventnost II je sestavljena iz treh stebrov (Kang, 2015):

1. Kvantitativne kapitalske zahteve

Prvi steber postavlja kvantitativna pravila za izračun lastnih sredstev zavarovalnice. Dve področji lastnih sredstev, MCR in SCR, s katerim se bom več ukvarjal v tem magistrskem delu, zagotavljata solventnost zavarovalnice in zavarovanje strank v primeru stečaja. Vsi izračuni bazirajo na 99,5 % VaR stopnji zaupanja za obdobje enega leta.

2. Kvalitativni nadzorni pregled

Drugi steber določa zahteve za upravljanje zavarovalnic in obvladovanje tveganj. Definirane so nove ključne funkcije: skladnost, notranja revizija, notranji nadzor in upravljanje tveganj. Vse zavarovalnice pa morajo opraviti tudi notranji proces ocenjevanja tveganja ORSA4.

3. Tržna disciplina

Zadnji steber Solventnosti II poudarja pomen razkritja in transparentnosti zavarovalnic do različnih deležnikov. Vzpostavljeni so bili novi postopki poročanja, ki omogočajo usklajeno

izpolnjevanje zahtev po celi Evropi. Eden pomembnejših vidikov tega stebra je tudi uvedba merjenja operativnega tveganja.

2.2.2 Pomen SCR

Solventnost II se osredotoča k pristopu obvladovanja tveganja v smeri zahtevanih kapitalskih standardov. Njen glavni cilj je zagotoviti, da imajo zavarovalnice zadostna lastna sredstva za zaščito zavarovancev, saj želi zmanjšati tveganje, da zavarovalnica ne bo zmožna izpolniti svojih finančnih obveznosti. Zahtevan solventnostni kapital ali SCR temelji na tveganjih, s katerimi se sooča zavarovalnica. EIOPA opredeljuje SCR zavarovalnice ali pozavarovalnice kot tvegana vrednost (v nadaljevanju VaR) osnovnih lastnih sredstev, za katero velja 99,5-odstotna stopnja zaupanja za enoletno obdobje (Boonen, 2017).

VaR je pogosto uporabljena mera tveganj, ki jo lahko opišemo kot največjo izgubo znotraj določene stopnje zaupanja. V primeru zavarovalnic ta znaša 99,5 %, kar pomeni, da lahko pričakujemo, da lahko zavarovalnica v enem letu z 99,5-odstotno gotovostjo izgubi največ VaR, tako da bo v povprečju le enkrat na 200 let ta raven presežena. Mera VaR je tudi deležna kritik, da ni subaditivna, kar načeloma zagotavlja, da je uporaba diverzifikacije nagrajena. Poleg tega VaR tudi ne upošteva oblike repa nad stopnjo zaupanja. Torej se ne ozira na najslabše možne scenarije, ki pa so pri operativnem tveganju najbolj pomembni. Že ta dejstva bi lahko vzbujala dvom o uporabi pri izračunu kapitalskih zahtev (Boonen, 2017).

Standardni model Solventnosti II predpostavlja Gaussovo porazdelitev učinka nekaterih vrst tveganj. Če bi to držalo za vse primere, bi standardna formula lahko zagotavljala dovolj dober VaR. Ker pa v praksi pri večini vrst tveganj, posebno pri operativnem, tveganje ni porazdeljeno po Gaussovi porazdelitvi, uporaba VaR lahko povzroči neusklajenost SCR in dejanskega tveganja. Zaradi tega pa se pri zavarovalnicah uporablja tako visoka stopnja zaupanja in se s tem osredotoči na rep porazdelitve. Lahko rečemo, da se 99,5-odstotni VaR približa pričakovanemu primanjkljaju iz stresnih scenarijev. Je pa posledica tega povišan zahtevan solventnosti kapital, kar zavarovalnicam zmanjšuje dobiček (Boonen, 2017).

2.2.3 Standardna formula za izračun SCR za operativno tveganje

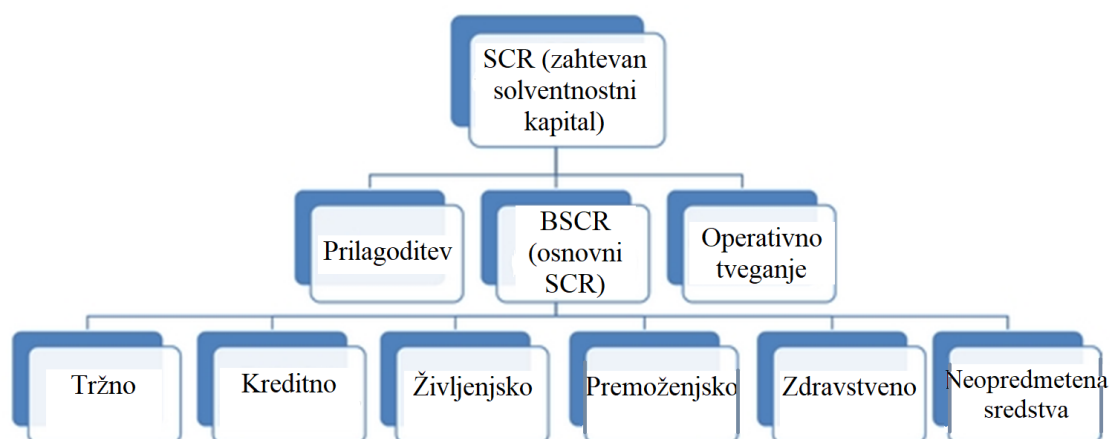
Solventnost II zahteva kapitalsko obremenitev izračunano na podlagi standardne formule ponujene s strani regulatorja ali po metodi internega modela, ki ga potrdijo organi nadzora.

Ker je, kot omenjeno, izdelava notranjega modela in njegova odobritev težko odobrena in zahteva veliko dela ter časa, se velika večina zavarovalnic odloči za izračun po metodi standardne formule. Evropski organ za zavarovanja in poklicne pokojnine (v nadaljevanju EIOPA), prej znana kot CEIOPS, je standardno formulo testiral na trgu preko raziskav in vprašalnikov imenovanih Kvantitativne študije vpliva (v nadaljevanju QIS), s katerimi so prilagodili formulo glede na opažanja in probleme družb (Karam, 2013).

SCR predstavlja sposobnost finančne institucije, da je zmožna pokriti znatne izgube z lastnimi osnovnimi sredstvi. To prikazuje tvegana vrednost podjetja z 99,5 % stopnjo zaupanja v enoletnem obdobju, ki se uporablja za vse modele tveganja. Poleg tega se uporabljajo tudi korelacijski koeficienti, ki odražajo morebitne odvisnosti različnih tveganj (Karam, 2013).

Na sliki 2 je prikazana razdelitev SCR po tveganjih, kjer večinski del predstavlja BSCR ali osnovni SCR, ki je sestavljen iz tržnega, zavarovalnega (premoženjskega, življenjskega in zdravstvenega) ter kreditnega tveganja, temu pa se doda posebej izračunan SCR za operativno tveganje in prilagoditve.

Slika 2: Razdelitev zahtevanega solventnostnega kapitala



Vir: prirejeno po Karam (2013).

BSCR je izračunan po standardni linearni združevalni formuli (1):

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \rho_{ij} \times SCR_i \times SCR_j}, \quad (1)$$

kjer so diagonale v korelacijski matriki ρ_{ij} predvidene kot navedeno v Tabeli 1:

Tabela 1: Korelacijska matrika različnih tveganj

	Tržno	Kreditno	Življenjsko	Zdravstveno	Premoženjsko
Tržno	1				
Kreditno	0,25	1			
Življenjsko	0,25	0,25	1		
Zdravstveno	0,25	0,25	0,25	1	
Premoženjsko	0,25	0,5	0	0	1

Vir: prirejeno po Karam (2013).

Šesto, operativno tveganje, pa se za zaključek združene formule samo doda izračunu BSCR kot navedeno v enačbi (2):

$$SCR_{TOT} = BSCR + SCR_{Operational} \quad (2)$$

Če se osredotočimo na kapitalske zahteve za modul operativnega tveganja, se $SCR_{Operational}$ glede na delegirano uredbo izračuna kot navedeno v enačbi (3) (Evropska komisija, 2015):

$$SCR_{Operational} = \min(0,3 \cdot BSCR; Op) + 0,25 \cdot Exp_{ul} \quad (3)$$

pri čemer:

- $BSCR$ označuje osnovni zahtevani solventnostni kapital;
- Op označuje osnovne kapitalske zahteve za operativno tveganje;
- Exp_{ul} označuje znesek odhodkov v zadnjih 12 mesecih v zvezi s pogodbami življenjskega zavarovanja, pri katerih naložbeno tveganje nosijo imetniki police.

Osnovne kapitalske zahteve za operativno tveganje se izračuna po formuli (4):

$$Op = \max(Op_{premiums}; Op_{provisions}) \quad (4)$$

pri čemer:

- $Op_{premiums}$ označuje kapitalske zahteve za operativna tveganja na podlagi prihodkov od premij;
- $Op_{provisions}$ označuje kapitalske zahteve za operativna tveganja na podlagi zavarovalno-tehničnih rezervacij.

Kapitalske zahteve za operativno tveganje na podlagi prihodkov od premij se izračunajo po enačbi (5):

$$Op_{premiums} = \begin{cases} 0,04 \cdot (Earn_{life} - Earn_{life-ul}) + 0,03 \cdot Earn_{non-life} \\ + \max\left(0; 0,04 \cdot \left(Earn_{life} - 1,2 \cdot pEarn_{life} - \right. \right. \\ \left. \left. - (Earn_{life-ul} - 1,2 \cdot pEarn_{life-ul})\right)\right) \\ + \max\left(0; 0,03 \cdot (Earn_{non-life} - 1,2 \cdot pEarn_{non-life})\right) \end{cases} \quad (5)$$

pri čemer:

- a) $Earn_{life}$ označuje prihodke od premij v zadnjih 12 mesecih za obveznosti iz življenjskih zavarovanj in pozavarovanj, brez odbitka premij za pozavarovalne pogodbe;
- b) $Earn_{life-ul}$ označuje prihodke od premij v zadnjih 12 mesecih za obveznosti iz življenjskih zavarovanj in pozavarovanj, pri katerih naložbeno tveganje nosijo imetniki police, brez odbitka premij za pozavarovalne pogodbe;
- c) $Earn_{non-life}$ označuje prihodke od premij v zadnjih 12 mesecih za obveznosti iz neživljenjskih zavarovanj in pozavarovanj, brez odbitka premij za pozavarovalne pogodbe;
- d) $pEarn_{life}$ označuje prihodke od premij v 12 mesecih pred zadnjimi 12 meseci za obveznosti iz življenjskih zavarovanj in pozavarovanj, brez odbitka premij za pozavarovalne pogodbe;
- e) $pEarn_{life-ul}$ označuje prihodke od premij v 12 mesecih pred zadnjimi 12 meseci za obveznosti iz življenjskih zavarovanj in pozavarovanj, pri katerih naložbeno tveganje nosijo imetniki police, brez odbitka premij za pozavarovalne pogodbe;
- f) $pEarn_{non-life}$ označuje prihodke od premij v 12 mesecih pred zadnjimi 12 meseci za obveznosti iz neživljenjskih zavarovanj in pozavarovanj, brez odbitka premij za pozavarovalne pogodbe.

Tukaj so za namene tega odstavka prihodki od premij kosmati prihodki od premij, brez odbitka premij za pozavarovalne pogodbe.

Kapitalske zahteve za operativno tveganje na podlagi zavarovalno-tehničnih rezervacij se izračunajo po enačbi (6):

$$Op_{provision} = 0,0045 \cdot \max(0; TP_{life} - TP_{life-ul}) + 0,03 \cdot \max(0; TP_{non-life}) \quad (6)$$

pri čemer:

- TP_{life} označuje zavarovalno-tehnične rezervacije za obveznosti iz življenjskih zavarovanj in pozavarovanj;
- $TP_{life-ul}$ označuje zavarovalno-tehnične rezervacije za obveznosti iz življenjskih zavarovanj, pri katerih naložbeno tveganje nosijo imetniki police;

- $TP_{non-life}$ označuje zavarovalno-tehnične rezervacije za obveznosti iz neživljenjskih zavarovanj in pozavarovanj.

Za namene tega odstavka zavarovalno-tehnične rezervacije ne vključujejo marže za tveganje in se izračunajo brez odbitka izterljivih zneskov iz pozavarovalnih pogodb in namenskih družb (Evropska komisija, 2015).

2.2.4 Kalibracija faktorjev operativnega tveganja v standardni formuli

Kalibracija operativnega tveganja v okviru standardne formule Solventnosti II je bila zaradi pomanjkanja zanesljivih in primerljivih podatkov velik izziv. CEIOPS je ciljalo na 99,5 % mero tveganja (VaR), vendar takrat še ni obstajal standardiziran način ocenjevanja distribucije izgub operativnega tveganja. Zato je CEIOPS kot približek uporabil rezultate iz internih modelov zavarovalnic, ki so sodelovale v kvantitativnih študijah vpliva QIS, zlasti v študiji QIS4.

V poročilu QIS4 (CEIOPS, 2010) je bilo ugotovljeno, da je približno 25 % sodelujočih zavarovalnic imelo ustrezno razvite notranje modele za operativno tveganje. Zaradi tega je obstajala velika nevarnost podcenjevanje tega tveganja v primeru, da ne bi bilo ustrezno regulirano. Pridobljene podatke so primerjali s premijami in tehničnimi rezervacijami za življenjske in neživljenjske zavarovalnice.

2.2.4.1 Prva analiza – nediverzificirani faktorji

Na podlagi mediane (50. percentila) razmerij med izpostavljenostjo in ocenami operativnega tveganja iz notranjih modelov je bilo ugotovljeno, da je standardna formula QIS4 podcenjevala tveganje. Zato je CEIOPS izvedel dodatno analizo diverzifikacije operativnega tveganja z drugimi tveganji, razvidno v Tabeli 2. Predpostavili so, da znaša učinek diverzifikacije približno 50 %, kar pomeni, da je diverzificirana komponenta kapitalskih zahtev za operativno tveganje polovica nediverzificirane.

Tabela 2: Revidirani faktorji prve analize QIS4

	Novi faktorji prve analize	QIS4 faktorji
Tretje osebe – življenje	0,6 %	0,3 %
Tretje osebe – premoženje	3,6 %	2,0 %
Premije – življenje	5,5 %	3,0 %
Premije – premoženje	3,8 %	2,0 %

Vir: prirejeno po CEIOPS (2010).

2.2.4.2 Druga analiza – diverzificirani faktorji

Rezultati druge analize, razvidne v Tabeli 3, so pokazali, da diverzificirani faktorji standardne formule bolje sovpadajo z ocenami notranjih modelov. Povprečno so bili ti rezultati bližje internim modelom in s tem bolj skladni z zahtevo po 99,5 % VaR. Vendar pa bi se po pravilih morali ujemati nediverzificirani rezultati notranjih modelov in standardne formule. Ker so bile ocene internih modelov nižje, je sledil sklep, da ti modeli podcenjujejo operativno tveganje.

Tabela 3: Revidirani faktorji druge analize QIS4

	Novi faktorji druge analize	QIS4 faktorji
Tretje osebe – življenje	0,6 %	0,3 %
Tretje osebe – premoženje	4,0 %	2,0 %
Premije – življenje	6,0 %	3,0 %
Premije – premoženje	4,0 %	2,0 %
UL faktor	50 %	25 %

Vir: prirejeno po CEIOPS (2010).

CEIOPS se je zato odločil uporabiti prvotne (nediverzificirane) faktorje iz prve analize, saj je bila ta podprta z večjim vzorcem podatkov. Končni faktorji QIS4 za izračun SCR operativnega tveganja so predstavljeni v Tabeli 4.

Tabela 4: Končni faktorji QIS4

	Končni faktorji	QIS4 faktorji
Tretje osebe – življenje	0,6 %	0,3 %
Tretje osebe – premoženje	3,6 %	2,0 %
Premije – življenje	5,5 %	3,0 %
Premije – premoženje	3,8 %	2,0 %
UL faktor	25 %	25 %
BSCR kapica – življenje	30 %	30 %
BSCR kapica – premoženje	30 %	30 %

Vir: prirejeno po CEIOPS (2010).

Poročilo QIS5 (EIOPA, 2011) je vključevalo večje število sodelujočih zavarovalnic, vendar pri operativnem tveganju ni prišlo do večjih sprememb. Večina družb se je še vedno odločala za uporabo standardne formule, predvsem zaradi pomanjkanja podatkov za razvoj internih modelov in zaradi spoznanja, da bi bili ti modeli pogosto preveč neobčutljivi na operativno tveganje.

Kljub temu so številne zavarovalnice izpostavile, da je standardna formula preveč poenostavljena in ne zagotavlja ustreznih spodbud za učinkovito upravljanje operativnega tveganja.

2.3 Problematika regulatorne ocene SCR

2.3.1 Odobritev internega modela SCR

Velika večina evropskih zavarovalnic za izračun SCR operativnega tveganja uporablja regulatorno standardno formulo, vendar to ne pomeni, da je standardna formula tudi najbolj primerna. Težava bi lahko bila, da so omejitve za uporabo internega modela pretirane in zahtevajo previsoke stroške za odobritev modela s strani regulatorja (Davidson, 2014).

Več velikih zavarovalnic se odloča za uporabo standardne formule, saj naj bi po njihovem mnenju zagotavljala še dovolj dobro prileganje glede na dejanska operativna tveganja in se jim ne bi izplačalo vlagati v delo in stroške odobritve internega modela za manjše spremembe. Na drugi strani pa imajo manjše zavarovalnice zaradi drugačnega in bolj specifičnega profila tveganja priložnost optimizirati izračun SCR operativnega tveganja. Žal pa ravno manjše zavarovalnice za to nimajo sredstev in ljudi, kar jih postavi v neoptimalno situacijo, saj standardna formula za njih ne prikazuje dejanskega profila tveganja, izdelave in odobritve internega modela pa si ne morejo privoščiti (Davidson, 2014).

Kljub temu pa bi se manjšim zavarovalnicam v določenih primerih lahko splačalo investirati v interni modeli SCR za operativno tveganje in s tem boljšo vključitev upravljanja tveganj in kapitala v organizacijo ter boljše odražanje specifičnega profila tveganja in narave poslovanja, kar lahko na koncu povzroči nižje regulativne kapitalske zahteve (Davidson, 2014).

Ker pa so zahteve in postopki za sprejetje internega modela s strani regulatorja tako dolgoročni in zahtevni, se zavarovalnicam v to še vedno ne splača investirati. Še posebej zato, ker je lahko vodi v zavrnitev internega modela in izgubljen čas ter sredstva.

Glede na podatke poročila Clive Davidsona na Risk.net se je več kot tretjina zavarovalnic Združenega Kraljestva, ki so imele prvotno načrt za razvoj in odobritev internega modela za Solventnost II, umaknilo iz postopka odobritve internega modela. Le nekaj jih je to tudi javno komentiralo. Pri nekaterih je bil razlog njihova posebna narava poslovanja glede na nova pravila, druge pa imajo težave z odobritvijo in se začasno umikajo iz procesa. Ostale pa so se odpovedale možnosti, da bi morebitne prednosti odtehtale stroške in napor, povezan z odobritvijo modela (Davidson, 2014).

2.3.2 Vpliv diverzifikacije in združevanja

Standardna formula predvideva, da je korelacija med operativnim tveganjem in ostalimi tveganji zelo velika, kar je v nasprotju z večino empiričnih dokazov in pogledi večine udeležencev v industriji.

To korelacijo pa je izredno težko oceniti iz več razlogov. Prvič, ker so operativni škodni dogodki redki, posledica česar je pomanjkanje podatkov. Drugič zato, ker se škoda škodnih dogodkov ne pokažejo nujno takoj, ampak s časovnim zamikom glede na tržne razmere. Tretjič, operativna tveganja so zelo raznolika in jih je težko povezovati z drugimi tržnimi spremembami. Tako na primer zlonamerno uničenje opreme verjetno ne korelira s tržnim tveganjem, medtem ko lahko tveganje izvršitve procesa hitro pokaže nezanemarljivo stopnjo korelacije s tržnim tveganjem. In četrtič zaradi problematike pogostosti in resnosti posledic operativnega tveganja. Največja nevarnost operativnega tveganja je velik škodni dogodek, ki lahko povzroči propad finančne institucije, kot na primer Barings, ali pa posamezen dogodek z zelo veliko škodo namesto številnih manjših dogodkov z omejenimi izgubami. Pri računanju korelacije pogostosti škodnih dogodkov je pri matematičnem izračunu precej manj težav kot pri izračunu korelacije glede na resnost posledic (Cifuentes in Charlin, 2016).

Vseeno pa je potrebno sprejeti neke predpostavke o korelaciji operativnega tveganja z drugimi vrstami tveganj. Zavarovalniška industrija meni, da je ta korelacija zelo nizka, ali celo nična, saj ob pomanjkanju podatkov težko pridemo do nekih oprijemljivih povezav (Cifuentes in Charlin, 2016).

3 IZDELAVA INTERNEGA MODELA SCR ZA OPERATIVNO TVEGANJE

3.1 Glede na zgodovinske podatke

Za analizo zgodovinskih podatkov o izgubah kot posledico operativnih škodnih dogodkov Baselski odbor ponuja izračun po metodi Naprednega pristopa merjenja (v nadaljevanju AMA), ki mora biti odobren s strani državnega nadzornika. V Sloveniji je to Agencija za zavarovalni nadzor (v nadaljevanju AZN), ki preveri, da podatki zadostujejo kvalitativnim in kvantitativnim kriterijem. Podatki se zbirajo glede na kategorije škodnih dogodkov na letni bazi in z 99,9 % stopnjo zaupanja. Kapitalska zahteva izračunana po metodi AMA je omejena navzdol na 75 % vrednosti izračunane po standardnem pristopu (Karam, 2013).

Večina AMA modelov trenutno izhaja iz štirih metod:

- pristop porazdelitve izgub (LDA),
- pristop notranjega merjenja (IMA),
- AMA na podlagi scenarija (sbAMA),
- pristop Scorecard (SCA).

V tem magistrskem delu pa se bom posvetil predvsem metodi LDA.

3.1.1 Pristop porazdelitve izgub – LDA

LDA je parametrična tehnika, ki temelji predvsem na zaznanih zgodovinskih podatkih operativnih škodnih dogodkov (potencialno obogatenih z zunanjimi podatki). Temelji na aktuarskem konceptu, ki pri podatkih ločeno oceni porazdelitev frekvence in porazdelitev resnosti posameznih izgub. V splošnem metoda poteka po naslednjih korakih:

1. Ocena porazdelitve izgube.
2. Ocena porazdelitve frekvence izgub.
3. Izračun kapitalske zahteve.
4. Vključeno mnenje strokovnjakov.

Za vzpostavitev porazdelitev resnosti izgube in frekvence izgube moramo poiskati verjetnostne distribucije, ki najbolj opisujejo obe porazdelitvi glede na podatke, nato pa obe združimo s pomočjo simulacije Monte Carlo, da dobimo skupno porazdelitev izgube bazirano na simuliranih dogodkih. Glede na izračunano skupno izgubo izračunamo VaR pri 99,9 % stopnji zaupanja in dobimo zahtevani kapital za Basel II (Karam, 2013).

Za uporabo pristopa porazdelitve izgub Basel II zahteva sledeče podatke za operativno tveganje (Basel Committee on Banking Supervision, 2006):

– Notranji podatki

Notranje podatke morajo finančne institucije beležiti po vnaprej določenih kriterijih, ki jih poda Basel II, kot so razvrstitev v določene kategorije tveganj. Notranji podatki so ključni za povezovanje ocene tveganj določene banke z dejanskimi izgubami te banke. Meritve podatkov morajo temeljiti na najmanj petletnem obdobju, razen v primeru, ko finančna institucija prvič preide na pristop AMA. Takrat je dovolj triletno obdobje.

– Zunanji podatki

Zunanji podatki so ključni predvsem v primerih finančnih institucij, ki so izpostavljene redkim, a potencialno hudim izgubam, pod katere spada večina manjših in srednje velikih finančnih institucij.

– Scenarijske analize

Strokovnjaki področij in strokovnjaki upravljanja tveganj morajo za finančno institucijo s pomočjo zunanjih podatkov postaviti analizo scenarijev. Glede na zunanje podatke ocenijo, kakšno izpostavljenost do dogodkov z visoko težo imajo sami. Te strokovne ocene se lahko na primer izrazijo kot parametri predpostavljene statistične porazdelitve izgub.

– Notranje kontrole in poslovno okolje

Za celovito oceno tveganj je potrebno vključiti tudi poslovno okolje in notranje kontrole, ki lahko vplivajo na profil tveganja finančne institucije. S pomočjo tega se neposredno odražajo kakovosti kontrolnega sistema in operativnega okolja banke ter omogočajo hitrejšo prepoznavanje izboljšav ali poslabšanj pri obvladovanju operativnega tveganja.

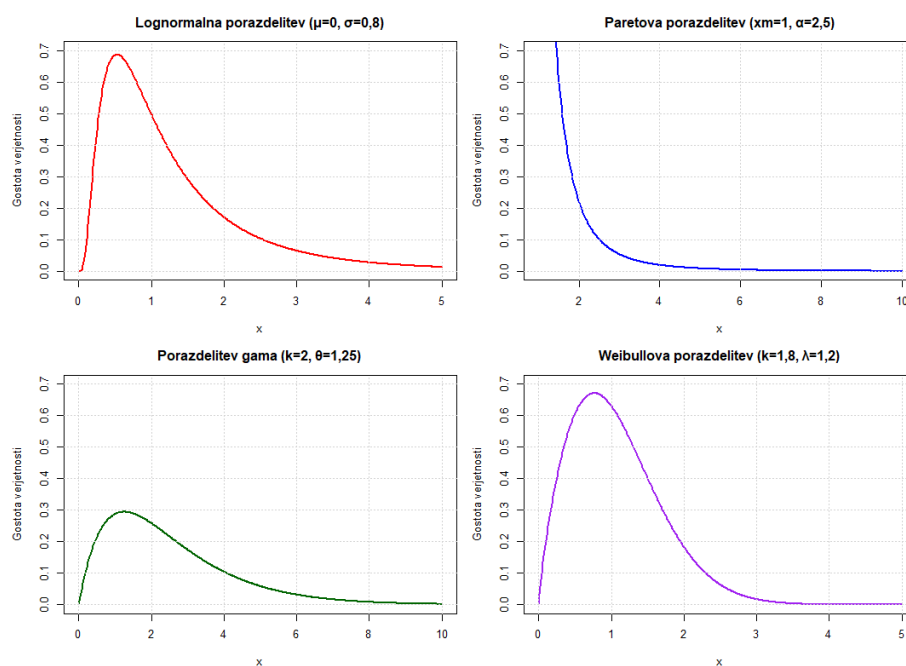
3.1.1.1 Ocena porazdelitve resnosti izgube

Resnost izgube je spremenljivka, ki meri ekonomski vpliv tveganja ob škodnem dogodku, torej višino škode. Predpostavljeno je, da so izgube neodvisne in enako porazdeljene (angl. independent and identically distributed) (Corrigan in Luraschi, 2013).

Pri izbiri statistične porazdelitve glede na podatke mora porazdelitev zadovoljiti sledeče kriterije: porazdelitev mora prikazovati resnično naravo podatkov, mora biti dobro določena in se jo lahko prilagaja. Poleg tega je zelo pomembno, da porazdelitev ni bolj kompleksna kot mora biti. Torej želimo si enostavno in prilagodljivo statistično porazdelitev, ki bo zajemala realno stanje operativnega tveganja. Porazdelitve naj se ne izbira zgolj na podlagi prilagajanja podatkov (angl. data-fitting), temveč z uporabo statistične teorije (Corrigan in Luraschi, 2013).

V splošnem se resnost posledic lahko modelira kot spremenljivka pozitivnih, realnih vrednosti, z največjo verjetnostjo blizu nič. Najbolj pogoste porazdelitve uporabljene za modeliranje resnosti posledic so lognormalna, Pareto, Gamma in Weibull, grafično prikazane v Grafu 1 in funkcijsko obrazložene v Tabeli 5 (Corrigan in Luraschi, 2013).

Graf 1: Grafi lognormalne, Paretove, Gama in Weibullove porazdelitve



Vir: lastno delo.

Tabela 5: Lastnosti verjetnostnih porazdelitev

Porazdelitev	Gostota verjetnostne porazdelitve $f(x)$	Parametri	Pričakovana vrednost $E[x]$	Standardni odklon σ
Lognormalna	$\frac{1}{x\sigma}\sqrt{2\pi}e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}$	$\mu > 0$ $\sigma > 0$	$e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$	$\sqrt{(e^{\sigma^2} - 1)e^{2\mu + \sigma^2}}$
Pareto	$\frac{\alpha x_m^\alpha}{x^{\alpha+1}}$	$x_m > 0$ $\alpha > 0$	$\begin{cases} \infty, & \text{za } \alpha \leq 1 \\ \frac{\alpha x_m}{\alpha - 1}, & \text{za } \alpha > 1 \end{cases}$	$\begin{cases} \infty, & \text{za } \alpha \leq 2 \\ \frac{x_m \sqrt{\alpha}}{(\alpha - 1)\sqrt{\alpha - 2}}, & \text{za } \alpha > 2 \end{cases}$
Gamma	$\frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$	$\alpha > 0$ $\beta > 0$	$\alpha\beta$	$\sqrt{\alpha}\beta$
Weibull	$\frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\frac{x^\alpha}{\beta}}$	$\alpha > 0$ $\beta > 0$	$\beta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$	$\beta \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}$

Vir: lastno delo.

3.1.1.2 Ocena porazdelitve verjetnosti škodnega dogodka

Pri operativnem tveganju imamo opravka z diskretnimi dogodki, predpostavljeno so škode teh dogodkov neodvisne druga od druge in identično porazdeljene (i.i.d). Verjetnost je spremenljivka, ki meri, kolikokrat se je v določenem obdobju zgodil določen dogodek. Načeloma bi za naš primer ocenjevanja verjetnosti pojava škodnega dogodka lahko uporabili katerokoli diskretno porazdelitev, vendar se glede na študije skoraj vedno uporablja Poissonovo, binomsko ali negativno binomsko porazdelitev. Izbira je odvisna od razmerja variance in aritmetične sredine podatkov. V primeru, da je varianca večja od aritmetične sredine oziroma so podatki prerazpršeni, uporabimo negativno binomsko porazdelitev; primeru, da je varianca manjša od aritmetične sredine oziroma so podatki premalo razpršeni, uporabimo binomsko porazdelitev; in v primeru, da sta varianca in aritmetična sredina enaki, uporabimo Poissonovo porazdelitev. V zavarovalnicah in aktuarskih izračunih je najbolj pogosta uporaba Poissonove porazdelitve, saj dobro modelira število nastalih dogodkov v določenem časovnem obdobju, kar pokažejo tudi statistike ankete (BCBS, 2009), kjer 93 % finančnih institucij izbere Poissonovo distribucijo (Cruz in drugi, 2015).

Slučajna spremenljivka N ima Poissonovo distribucijo označeno kot $Poisson(\lambda)$: $N \sim Poisson(\lambda)$, če je njena verjetnostna funkcija (7) (Cruz in drugi, 2015):

$$p(k) = \Pr[N = k] = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}, \lambda > 0 \quad (7)$$

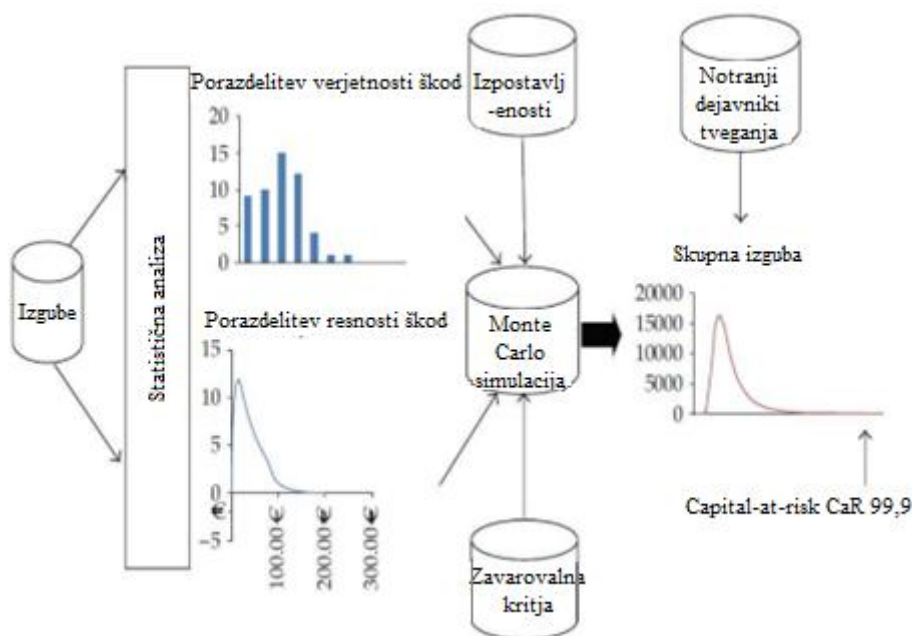
za vse $k \in \{0, 1, 2, \dots\}$. Pričakovana vrednost in varianca naključne spremenljivke $N \sim Poisson(\lambda)$ sta izračunani kot enačbi (8):

$$\mathbb{E}[N] = \lambda, \text{Var}[N] = \lambda. \quad (8)$$

Simulacije so na področju, kjer zaporedja dogodkov niso primarnega pomena, zelo primerna rešitev pri problematiki kvantifikacije. V nasprotju z matematičnimi enačbami pri simulacijah navadno ne dobimo končne rešitve v obliki ene enačbe, temveč s simulacijo rešujemo probleme, ker so analitične rešitve pretežke. Uporabijo se numerične metode – približno reševanje s pomočjo računalnika (Franzetti, 2011).

Kadar so simulacije omejene na probleme, kjer čas in zaporedna povezanost med dogodki nista pomembna ter so opazovane vrednosti med seboj neodvisne, govorimo o metodi Monte Carlo (Law in Kelton, 1991). V praksi se Monte Carlo razume kot katerakoli simulacija, ki vključuje naključna števila, torej kot stohastična metoda (Franzetti, 2011). Celoten postopek je predstavljen v Sliki 3.

Slika 3: Proces pristopa porazdelitve izgub



Vir: prirejeno po Maurer (2007).

3.1.1.3 Tvegana vrednost – VaR

Tvegana vrednost ali VaR je metoda določanja najslabšega možnega izida določenega pojava glede na verjetnostno porazdelitev pojava pri vnaprej določeni stopnji zaupanja v določenem časovnem obdobju. Razvila ga je družba J. P. Morgan okoli leta 1980, sprva za spremljanje tržnega tveganja lastnega finančnega portfelja (Jorion, 2007).

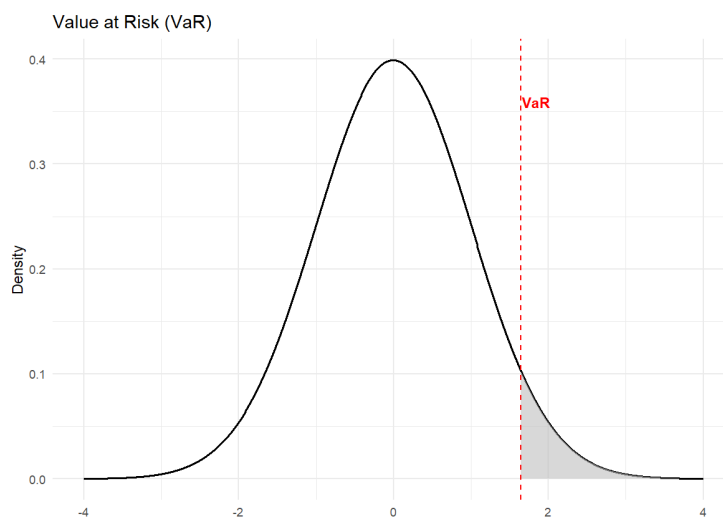
VaR naključne spremenljivke $X \sim F(x)$ pri α -ti stopnji tveganja ali $VaR_\alpha[X]$ je definiran kot α -ti kvantil porazdelitve X v enačbi (9):

$$VaR_\alpha[X] = F_Y^{-1}(1 - \alpha) = -\inf\{x: F(x) \geq \alpha\} \quad (9)$$

R je najnižji prag, ki ga preseže X z verjetnostjo največ $1 - \alpha$.

Zgornji VaR je definiran kot levo zvezna generalizirana inverzna porazdelitvena funkcija kot prikazano na Grafu 2.

Graf 2: Prikaz tvegane vrednosti (VaR)



Vir: lastno delo.

V nadaljevanju je VaR iz enostavne mere tržnega merjenja postal uporaben za oceno vseh vrst tveganj. Z uporabo aktuarskih metod določanja verjetnostnih porazdelitev škodnih dogodkov na podlagi zgodovinskih podatkov se danes VaR uporablja pri večini ocen tveganj – tudi pri oceni operativnega tveganja (Cruz in drugi, 2015).

Za združitev porazdelitve verjetnosti in resnosti posledic škodnega dogodka v en model pa se privzame sledeče predpostavke (Klugman in drugi, 2008):

- Pri danem številu škodnih dogodkov so resnosti posledic škod med seboj neodvisne in identično porazdeljene pozitivne slučajne spremenljivke.
- Pri danem številu škodnih dogodkov n so porazdelitve resnosti posledic škod neodvisne od n .
- Porazdelitev celotnega števila dogodkov je neodvisna od resnosti posledic škod teh dogodkov.

Z uporabo VaR lahko operativno tveganje kvantificiramo in uporabimo ta izračun pri kapitalskih zahtevah ter primerjavi tveganja z drugimi, lažje kvantificiranimi tveganji (Jorion, 2007).

Čeprav je mera tveganja VaR pogosto uporabljena v financah, je potrebno omeniti, da to ni koherentna mera tveganja, saj bi morala slediti sledečim lastnostim (Corrigan in Luraschi, 2013):

- Monotonost: Če ima A vedno boljše izide kot B, mora biti tveganje A manjše od tveganja B.
- Subaditivnost: Če seštejemo dve tveganji, njuno skupno tveganje ne sme biti večje od vsote posameznega tveganja – načelo diverzifikacije.
- Homogenost: Če osnovno spremenljivko pomnožimo s skalarnim faktorjem, naj se tudi mera tveganja ustrezno prilagodi.
- Translacijska invariantnost: Dodajanje netveganega elementa spremenljivki zmanjša tveganja za enak znesek.

Če mera tveganja ni koherentna in so porazdelitve močno nagnjene, z debelejšimi repi ali različne od normalnih, lahko pride do težav, kot so na primer negativne koristi diverzifikacije. Učinek nesubaditivnosti je še posebej izrazit pri nekaterih porazdelitvah z močno asimetričnimi desnimi repi, kot je lognormalna porazdelitev, ki jo uporabljamo v magistrskem delu (Corrigan in Luraschi, 2013). V mojem primeru uporaba metode VaR zaradi nesubaditivnosti vodi v precenjevanje kapitalskih zahtev finančne institucije, saj ne upošteva korelacij in razpršitve tveganj med poslovnimi procesi (Turk, 2009).

3.1.2 Zbiranje in analiza podatkov

Interni model torej temelji na ideji napovedovanja števila škodnih dogodkov v posameznem letu ter ocenjevanja njihovih posledic. Zato najprej ocenim, kolikokrat se lahko zgodi operativni škodni dogodek na leto – temu pravimo frekvenca. Nato ocenim povprečno izgubo ob takem dogodku – temu pravimo resnost posledic. Obe oceni združim s pomočjo simulacije Monte Carlo, kjer na računalniku večkrat naključno simuliram leto z različnim številom dogodkov in izgubami, glede na ocenjene parametre. S tem dobim predstavo najslabših možnih izidov, ki so ključni za izračun 99,9 % stopnje VaR. To pove, kolikšen kapital bi morala zavarovalnica imeti, da pokrije morebitne izgube v 1 izmed 200 let, kar je cilj Solventnosti II.

Za analizo podatkov sem uporabljal programski jezik R in program Microsoft Excel. R sem uporabljal predvsem za statistično obdelavo podatkov in vizualizacijo rezultatov, medtem ko sem Excel uporabljal za osnovno urejanje podatkov in pripravo vhodnih tabel ter nekaj grafov. Vsa uporabljena programska koda v okolju ni vključena v magistrsko delo, je pa na voljo na zahtevo za namen pregleda ali ponovljivosti analize.

Za kvantifikacijo operativnega tveganja in oceno prihodnih dogodkov je potrebno veliko podatkov. Kot priporoča Basel II, bi bilo optimalno uporabiti notranje, zunanje in scenarijske podatke ter podatke o notranjih kontrolah za najboljšo oceno tveganja. V mojem primeru bom za notranje podatke uporabil hipotetično srednje veliko zavarovalnico, ki večinoma posluje na področju Slovenije. Zbrani začetni podatki so pridobljeni iz pogovorov in ocen specialistov na področju operativnega tveganja v Sloveniji, vendar so zaradi varstva podatkov prilagojeni.

Obstaja več zunanjih podatkovnih baz operativnega tveganja, kot je na primer ORX (O.R.X, brez datuma). Te podatkovne baze pa niso namenjene posameznikom, ampak drugim finančnim institucijam, ki lahko podatke pridobijo samo pod pogojem, da v zameno pošljejo svoje interne podatke, kar ohranja nadaljnjo uporabno vrednost baze podatkov. V tem primeru trpijo raziskovalci na tem področju, saj do zunanjih podatkov nimajo dostopa. Seveda je to razumljivo zaradi narave operativnih škodnih dogodkov. Pogosto vključujejo notranje napake, goljufije, regulatorne kršitve in druge incidente, ki lahko hitro vzbudijo pozornost javnosti in se neposredno povežejo s posamezno družbo. Javna objava takšnih podatkov lahko negativno vpliva na ugled podjetja, povzroči izgubo zaupanja strank, slabše pogoje financiranja, zniževanje bonitetnih ocen in celo padec vrednosti delnice.

Zaradi teh razlogov sem se podobno kot avtorji večine ostalih študij (Corrigan in Luraschi, 2013; Karam, 2013; Kang, 2015; Wang in drugi, 2017) odločil za razširitev lastne interne baze podatkov s simuliranimi podatki glede na raziskane študije, ki uporabljajo zunanje podatkovne baze. S tem pristopom bom ohranil lastnosti opazovane zavarovalnice in imel razširjeno bazo podatkov, ki bo zadostna za izpeljavo statističnih analiz.

Pri ocenjevanju parametrov sem se za verjetnost nastanka dogodkov odločil, da upoštevam zgolj lastne podatke, saj se tako najbolj približam realnim okoliščinam družbe. Najbolj pogosta in v teoriji najbolj ustrezna porazdelitev za opazovanje diskretnih dogodkov je v mojem primeru Poissonova porazdelitev, saj podatki niso ne preveč niti premalo razpršeni, prav tako pa večina opazovanih študij v primeru ocene operativnega tveganja po principu pristopa porazdelitve izgub uporablja Poissonovo porazdelitev. Pri tem je potrebno upoštevati premajhno poročanje (angl. underreporting) poročevalcev, kar pa je večna omejitev pri upravljanju operativnega tveganja. Odločil sem se, da zaradi pretežke ocene realnega stanja števila letnih dogodkov premajhno poročanje zanemarim.

Za oceno parametrov porazdelitve velikosti posledic sem naredil bolj poglobljeno raziskavo več primerov (glej vire: (Corrigan in Luraschi, 2013; Karam, 2013; Kang, 2015; Wang in drugi, 2017)) kvantifikacije operativnega tveganja po principu pristopa porazdelitve izgub. Pogoj za vključitev primera je bil, da za ocenjevanje resnosti posledic uporabljajo lognormalno porazdelitev in da je raziskava na področju finančne institucije, najboljše zavarovalnice. Štiri primere sem imel zgolj za opazovanje in primerjavo, saj finančne institucije delujejo pretežno na kitajskem in libanonskem trgu, kar mi ne pomaga dovolj natančno, saj je moja opazovana zavarovalnica v Sloveniji. Ostali štirje vsi delujejo v Evropi. V opazovanih primerih so uporabljeni interni in zunanji podatki – tudi iz baze ORX, tako da je opazovan spekter dovolj širok in zanesljiv. Kot sem omenil, sem pri oceni parametrov uporabil tudi izračunane parametre lastnih internih podatkov ter ocene tveganj ekspertov, ki sta bila ključna za prikaz realnih podatkov opazovane zavarovalnice. Na podlagi teh štirih opazovanih primerov, internih podatkov ter ocene tveganj ekspertov sem izračunal tehtano povprečje parametrov lognormalne porazdelitve in prišel do sledečih parametrov za nadaljnjo analizo prikazanih v Tabeli 6:

Tabela 6: Izbrani parametri za uporabljene verjetnostne porazdelitve

Parameter	Vrednost
λ	35
μ	8,055
σ	2,3

Vir: lastno delo.

Na podlagi teh parametrov sem simuliral dodatno bazo podatkov, ki jo bom uporabil za namene zunanje baze podatkov in jo za skupno končno bazo združil z notranjimi podatki zavarovalnice.

Za bolj natančne rezultate bi bilo idealno, da bi parametre ocenil glede na vsako podkategorijo operativnega tveganja, vendar bi zaradi kakovosti in pomanjkljivosti podatkov v tem primeru prišlo do še večje napake. V tem primeru bi izračunal letne porazdelitve izgube z Monte Carlo simulacijo in nato 99,9 % VaR. Izračunane VaR po podkategorijah pa bi na koncu agregiral v enoten SCR. Pri tem bi lahko upošteval tudi korelacije med podkategorijami, na primer s pomočjo korelacijskih matrik ali kupol (Corrigan in Luraschi, 2013).

Baza podatkov vsebuje škodne dogodke, datum nastanka, kategorijo dogodka po Basel II in bruto škodo za posamezni dogodek. Iz podatkov sem izključil vse škodne dogodke brez nastale škode.

Poleg zbranih škodnih dogodkov sem v analizo vključil tudi podane ocene ekspertov, ki so glede na posamezno poslovno področje ocenili verjetnost in resnost posledic posameznega škodnega dogodka. S temi ocenami sem si pomagal pri oceni parametrov za simulacijo dodatne podatkovne baze ter izračuna SCR po pristopu porazdelitve izgub.

Tabela 7: Osnovna analiza podatkov

Aritmetična sredina	42.366,9
Standardni odklon	310.019,7
Asimetrija	18,8
Sploščenost	399,4

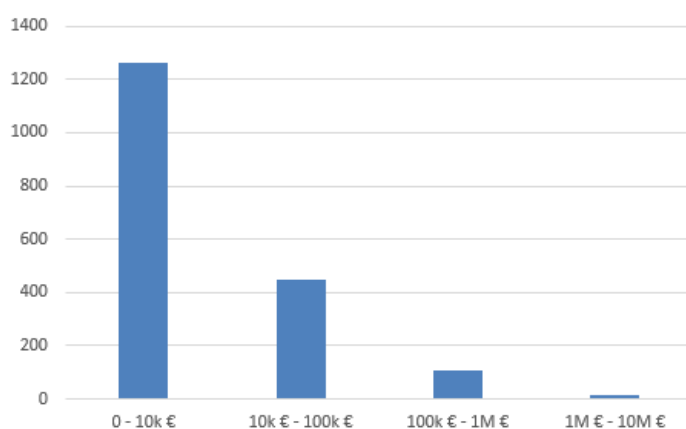
Vir: lastno delo.

V Tabeli 7 osnovne analize podatkov lahko vidim izračune aritmetične sredine, standardnega odklona, asimetrija in sploščenost. Opazim lahko precej velik standardni odklon, ki pa je predviden glede na naravo operativnih škodnih dogodkov, ki so nepredvidljivi in zajemajo večjo zalogo vrednosti. Asimetrija je pozitivna, kar pomeni, da so podatki precej desno usmerjeni. Tudi to je normalna lastnost podatkov operativnih škodnih dogodkov, saj se pričakuje veliko več manjših škod blizu nič in nekaj posameznih škodnih dogodkov z večjimi škodami. Tudi sploščenost je precej velika, zato lahko v tem primeru rečem, da

imamo leptosploščenost, kar pomeni, da ima porazdelitev debele repe – je nagnjena k prisotnosti izstopajočih vrednosti, ker ima večina točk blizu povprečja manjši standardni odklon (University of Southampton, 2024).

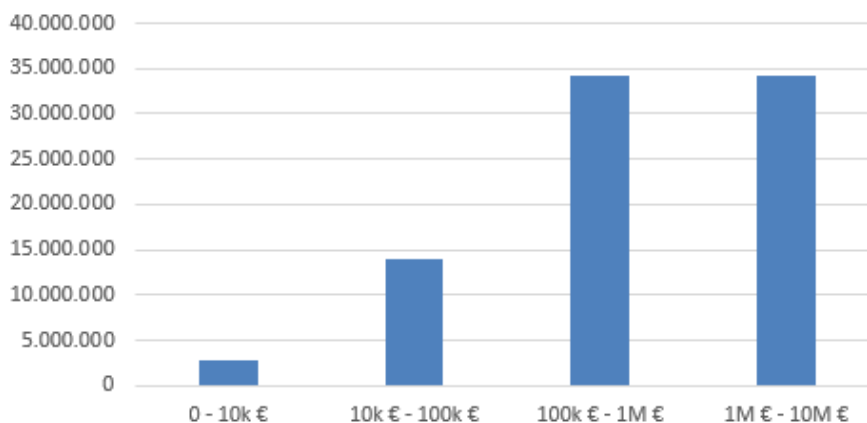
Ko dodatno analiziram podatke, lahko iz Grafa 3 in Grafa 4 potrdim, da zelo majhen delež večjih dogodkov prispeva k veliki večini vsote škod. Škodni dogodki s škodo pod 10.000 € predstavljajo 69 % vseh dogodkov, njihova škoda pa skupno znaša le 3 % vse škode. Na drugi strani škodni dogodki s škodami med 100.000 € in 1.000.000 € predstavljajo 6 %, tisti med 1.000.000 in 10.000.000 pa 1 % vseh škodnih dogodkov ter vsaka po 40 % skupne vsote vse škode.

Graf 3: Škode glede na število škod



Vir: lastno delo.

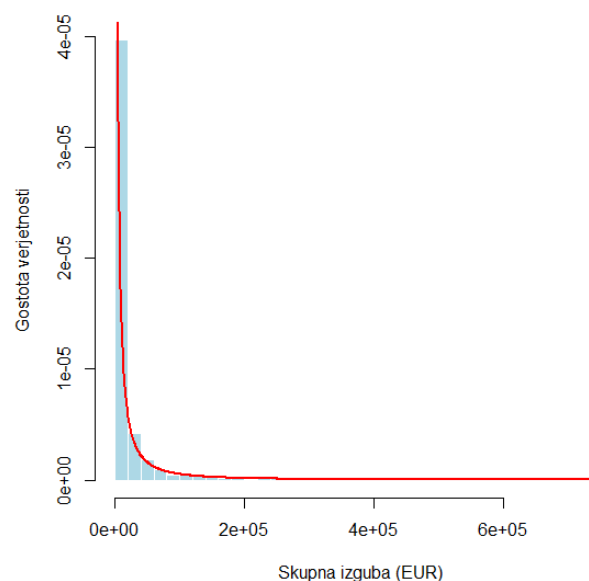
Graf 4: Škode glede na velikost škode



Vir: lastno delo.

Glede na to, da so simulirani zunanji podatki generirani z lognormalno porazdelitvijo, bi morali skupni podatki prav tako slediti tej distribuciji. Prav tako bi v teoriji podatkom najbolj ustrezala lognormalna porazdelitev, saj so podatki operativnih škodnih dogodkov desno usmerjeni z debelimi repi, kar dobro modelira lognormalna distribucija.

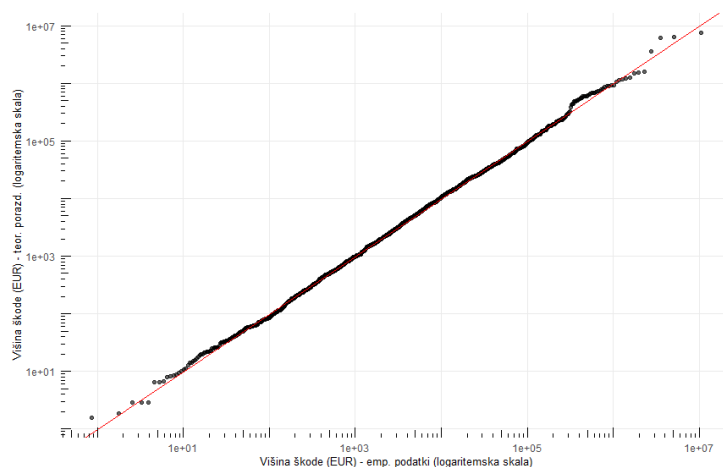
Graf 5: Histogram s prileganjem lognormalne porazdelitve



Vir: lastno delo.

Na Grafu 5 so prikazani podatki v primerjavi z lognormalnim prilagajanjem. Prvo opazimo, da so podatki zelo desno usmerjeni in se jih velika večina približuje 0. Razlog za to je relativno visok standardni odklon, ki pa je nujen za prikaz narave operativnih škodnih dogodkov, ki so precej razpršeni in lahko zavzemajo veliko zalogo vrednosti. Vidim pa, da rdeča črta prilagajane lognormalne porazdelitve sledi podatkom.

Graf 6: Kvantilno-kvantilni diagram empiričnih in teoretičnih podatkov



Vir: lastno delo.

Kot vidim na kvantilno-kvantilnemu diagramu empiričnih in teoretičnih podatkov (angl. QQ-Plot) na Grafu 6, se lognormalna porazdelitev zelo dobro prilega razponu podatkov, kar je pričakovano, saj zunanji podatki sledijo lognormalni porazdelitvi.

Za preverjanje ustreznosti statistične porazdelitve sem uporabil tudi dva neparametrična preizkusa modela: Kolmogorov-Smirnov test (v nadaljevanju KS) in Anderson-Darlingov test (v nadaljevanju AD).

Dvostranska testna statistika Kolmogorov-Smirnov, označena z D_n , se pogosto uporablja za merjenje skladnosti (angl. goodness-of-fit) med empirično porazdelitvijo niza n opazovanj in dano zvezno porazdelitvijo verjetnosti. Definirana je kot enačba (10) (Simard in L'Ecuyer, 2011)

$$D_n = \sup_x |G(x) - \widehat{G}_n(x)|, \quad (10)$$

kjer je n število (neodvisnih) opazovanj, $\widehat{G}_n$ empirična kumulativna porazdelitev in G dana zvezna teoretična kumulativna porazdelitev. Naj F_n označuje kumulativno porazdelitveno funkcijo D_n pod ničelno hipotezo $\mathcal{H}_0$, da je n opazovanj neodvisnih in imajo porazdelitveno funkcijo G , kar je prikazano v enačbi (11):

$$F_n(x) = P[D_n \leq x | \mathcal{H}_0] \quad \text{za } x \in [0,1]. \quad (11)$$

Ta F_n lahko imenujemo KS porazdelitev.

Ker izračun $F_n(x)$ ni tako hiter in preprost za poljubne vrednosti n in x , je na tem področju več matematikov iskalo enostavnejše izračune (Simard in L'Ecuyer, 2011). Tudi v tem magistrskem delu uporabljenem statističnem programskem okolju R je bila nedavno implementirana metoda (Marsaglia, Tsang, in Wang, 2003), ki pa je zelo počasna za visoke n . Zato je za $n \geq 100$ uporabljena asimptotična aproksimacija, katere rezultat je natančen le na nič do dve decimalni polji (Simard in L'Ecuyer, 2011).

Anderson-Darlingov test je opredeljen v enačbi (12) (Anderson in Darling, 1952):

$$AD^2 = n \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{[F_n(x) - F(x)]^2}{F(x)(1 - f(x))} dF(x). \quad (12)$$

Tabela 8: Rezultati testnih statistik KS in AD

Neparametričen preizkus modela	Lognormalna porazdelitev
KS	0,0115 (p-vrednost = 0,969)
AD	0,318 (p-vrednost = 0,538)

Vir: lastno delo.

Rezultati testov v Tabeli 8, kot predvideno, kažejo, da ničelne hipoteze o lognormalni porazdelitvi ne moremo zavrniti, saj sta p-vrednosti obeh testov bistveno večji od 0,05. Podatki se torej statistično značilno ne razlikujejo od lognormalne porazdelitve s parametri $\mu = 8,055$ in $\sigma = 2,3$.

Testna statistika KS-testa znaša 0,0115, kar je manj kot 0,02, in predstavlja odlično prilaganje. Testna statistika AD-testa znaša 0,318, kar je manj kot 0,5, in predstavlja majhno odstopanje.

3.1.3 Agregacija s simulacijo Monte Carlo

Kot že prej omenjeno, izbrane statistične porazdelitve z določenimi parametri na koncu agregiram s simulacijo Monte Carlo. V mojem primeru sem simuliral 10.000 let škodnih dogodkov in glede na to izračunal 99,9 % VaR oziroma vzel 99,9 kvantil dobljene simulacije.

To pomeni 9.990. največja vrednost vseh simulacij, s tem pa končna ocena SCR glede na pristop porazdelitve izgub, prikazana v Tabeli 9, znaša:

Tabela 9: Zahtevan solventnostni kapital glede na pristop porazdelitve izgub

99,9 % VaR – SCR	30.246.756 €
-------------------------	---------------------

Vir: lastno delo.

3.2 Glede na scenarijsko oceno tveganj

Pomemben del ocene operativnega tveganja je upoštevanje scenarijske ocene ekspertov področij ter upravljalcev tveganj. Eksperti glede na svoje raziskave drugih finančnih institucij in svoje izkušnje lahko zelo realno ocenijo tveganje. Pri operativnem tveganju, ki ga je zelo težko kvantificirati je to včasih celo boljša in bolj natančna ocena kot z uporabo zgodovinskih dogodkov, ki jih navadno ni dovolj, poleg tega pa podatki niso nujno najbolj zanesljivi, saj je pri poročanju prisotno premajhno poročanje (angl. underreporting), ki ga eksperti lahko vključijo v svojo oceno in se s tem približajo bolj realnem rezultatu.

Scenarijska analiza lahko prikaže marsikatero situacijo, ki bi bila drugače iz analize izvzeta. Glede na trenutno stanje poskuša predvideti prihodnje pomembne dogodke in scenarije. V glavnem scenarijska analiza vključuje vrednotenje prihodnjih verjetnosti glede na določene značilnosti in trenutno znanje o teh značilnostih. Ti scenariji morajo seveda vključevati smiselno časovno obdobje, saj sčasoma postanejo zastareli. Navadno se take analize posodablja enkrat letno ali v primeru večjih sprememb v instituciji (Dutta in Babbel, 2013). Pomemben problem scenarijske analize ekspertov pa je, da so v osnovi grajeni na njihovem mnenju in ne upoštevajo kvantitativnih podatkov, kar lahko privede do nerealističnih in nezanesljivih podatkov, ki ne vključijo nekaterih pomembnih informacij (Peters in drugi, 2009).

Zbrani podatki ocen operativnega tveganja, ki jih zagotavljajo eksperti poslovnih področij in upravljalci tveganj, zajemajo ocene 200-letne škode posameznih tveganj oziroma 99,5-

odstotni VaR, razdeljene po poslovnih procesih, za katere predpostavljamo, da so med seboj neodvisni. Čeprav je jasno, da škodni dogodki med poslovnimi procesi korelirajo, je te korelacije tako težko oceniti in so tako majhne, da jih lahko v mojem primeru zanemarimo. Že operativno tveganje samo po sebi po predpostavki raziskav Basel II ne korelira z drugimi vrstami tveganj, tako da z enakim premislekom lahko to predpostavim tudi znotraj operativnega tveganja samega (Basel Committee on Banking Supervision, 2006). To mi bo omogočalo tudi lažjo agregacijo ocen v skupno oceno 200-letne škode operativnega tveganja, kar predstavlja 99,5-procentni VaR in SCR operativnega tveganja.

Standardna formula za izračun SCR sledi modularnemu pristopu ocene tveganja, ki je razdeljeno na podtveganja. Za vsako podtveganje se določi kapitalska zahteva SCR, ki jih potem združijo za pridobitev skupne ocene tveganja (CEIOPS, 2010). V mojem primeru so podtveganja tveganja posameznega poslovnega procesa oziroma podprocesa.

Osnovna tehnika agregacije podtveganj v osnovi zahteva korelacijsko matriko med posameznimi podtveganji (CEIOPS, 2010). Ker sem za moj primer predpostavil, da korelacij med podtveganji ni, tega ne potrebujem. Osnovno formulo za agregacijo podtveganj zapišem v enačbi (13):

$$SCR_{overall} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \cdot SCR_i \cdot SCR_j} \quad (13)$$

kjer i in j pokrivata vsa podtveganja, $Corr_{i,j}$ pa označuje elemente korelacijske matrike (CEIOPS, 2010).

Ker sem v mojem izračunu predpostavil $Corr_{i,j} = 0, \forall i \neq j \in \mathbb{N}$, lahko preoblikujem formulo v formulo (14):

$$SCR_{overall} = \sqrt{\sum_i SCR_i^2} \quad (14)$$

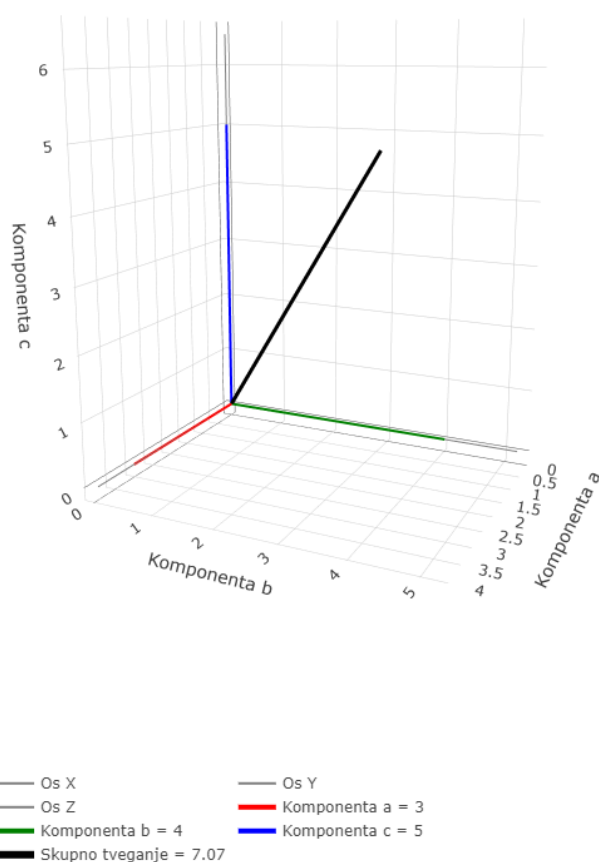
kar po definiciji predstavlja Evklidovo normo vektorja v v n -dimenzionalnem prostoru, prikazano v enačbi (15):

$$\|v\| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2}, \quad (15)$$

ki za neodvisne vektorje a_i predstavlja normo na razliki med temi vektorji.

Za boljšo predstavbo je prikazan Graf 7 v tridimenzionalnem prostoru z vektorji $a = 3$, $b = 4$ in $c = 5$.

Graf 7: Tridimenzionalen prikaz agregacije tveganj



Vir: lastno delo.

Moji zbrani podatki v Tabeli 10 ocen ekspertov sestavljajo ocene tveganj 22 procesov in 66 podprocesov. Najprej sem agregiral ocene tveganj podprocesov pod vsakim procesom, da sem dobil 22 ocen SCR glede na vsak proces, nato pa agregiral še vse procese za izračun skupnega SCR operativnega tveganja glede na ocene ekspertov in upravljalcev tveganj.

Za prvi proces sem SCR_1 izračunal po postopku korena seštevka kvadratov scenarijskih ocen stoletnih dogodkov vseh podprocesov:

$$\sqrt{250.000^2 + 25.000^2 + 1.000.000^2 + \dots + 25.000^2} = 2.362.475,29$$

Po enakem postopku sem nadaljeval za ostalih 21 procesov in prišel do naslednjih rezultatov:

Tabela 10: Zahtevan solventnostni kapital glede na scenarijsko oceno tveganj po procesih

Kategorija	SCR_i
1.	2.362.475,29 €
2.	3.779.515,36 €
3.	2.460.458,33 €
4.	3.617.473,32 €
5.	1.508.996,85 €
6.	103.109,56 €
7.	1.769.663,12 €
8.	1.494.653,10 €
9.	679.825,03 €
10.	647.894,13 €
11.	3.540.903,08 €
12.	1.209.265,19 €
13.	2.649.210,67 €
14.	349.159,38 €
15.	1.795.951,43 €
16.	1.108.088,34 €
17.	121.413,25 €
18.	30.674,58 €
19.	263.595,72 €
20.	211.192,88 €
21.	1.654.386,65 €
22.	3.459.995,52 €
SCR	34.817.900,78 €

Vir: lastno delo.

Dobljen rezultat je zelo uporaben in enostaven za izračun, se pa zavedam, da bazira na scenarijski oceni in nikoli ne bo dovolj natančen za samostojno uporabo kot interna ocena za izračun SCR operativnega tveganja. Poleg tega je predpostavka, da procesi med seboj niso korelirani, čeprav utemeljena, prevelika, da bi se lahko na končno vrednost zanesel. Je pa izračun odličen za preverjanje ostalih izračunov po internih modelih ali po standardni formuli.

4 KONČNE UGOTOVITVE

4.1 Primerjava notranjega modela in regulatornega modela

Na podlagi podatkov, zahtevanih za izračun zahtevanega solventnostnega kapitala za operativno tveganje moje opazovane zavarovalnice – premije, rezervacije in odhodki v zvezi s pogodbami življenjskega zavarovanja, pri katerih naložbeno tveganje nosijo imetniki police – sem izračunal kapitalsko zahtevo za primerjavo z notranjim modelom. Za osnovne kapitalske zahteve za operativno tveganje so bile višje zahteve izračunane na podlagi prihodkov iz premij kot tiste na podlagi zavarovalno-tehničnih rezervacij, zato je po formuli uporabljena prva možnost. Vrednost znaša manj kot 0,3-kratnik BSCR, kar pomeni, da jo

lahko uporabim za nadaljevanje izračuna. Po dodanemu deležu odhodkov v zvezi s pogodbami življenjskega zavarovanja, pri katerih naložbeno tveganje nosijo imetniki police, je končna vrednost zahtevanega solventnostnega kapitala prikazana v Tabeli 11.

Tabela 11: Zahtevan solventnostni kapital glede na regulatorni izračun

TP life	1.389.375.337
TP life-ul	669.787.357
TP non-life	520.228.618
Op provisions	21.859.048
Earn life	74.978.658
Earn life-ul	118.811.730
Earn non-life	937.592.033
pEarn life	80.471.045
pEarn life-ul	100.985.080
pEarn non-life	856.779.578
Op premiums	31.126.907
Op = max(Op provisions; Op premiums)	31.126.907
0,3 * BSCR	117.527.641
min(0,3 * BSCR; Op)	31.126.907
0,25 * Exp ul	887.839
SCR Operational = min(0,3 * BSCR; Op) + 0,25 * Exp ul	32.014.746

Vir: lastno delo.

Notranji model daje rezultat, ki je nekoliko nižji kot regulatorni model, vsekakor pa ta rezultat ni drastično nižji, kar kaže na konsistentno in možno ustreznost notranjega modela v primerjavi z regulatornim modelom. Notranji model bi torej zavarovalnici olajšal položaj z nižjim zahtevanim kapitalom, hkrati pa ne bi bil predaleč od regulatornega izračuna. Hkrati model motivira zavarovalnico k njegovi implementaciji in morebitnim izboljšavam za še bolj točen rezultat. Zavarovalnice navadno raje izberejo bolj konzervativno opcijo, saj so ob potencialnem propadu zavarovalnice izgube enormne in če se le da, to verjetnost poizkušajo zmanjšati. Ta odločitev je na koncu odvisna od vodstva zavarovalnice, je pa v vsakem primeru bolje imeti več izbire.

Model, izračunan glede na scenarijsko oceno tveganj, pričakovano daje najvišjo vrednost, saj so scenarijski modeli običajno konservativni in temeljijo na hipotetičnih stresnih dogodkih, ki jih strokovnjaki oblikujejo z namenom zajeti čim širši spekter tveganj. Drugače kot notranji model, ki temelji na zgodovinskih podatkih in težko zajame vsa možna tveganja – bodisi zato, ker se nekatera še niso zgodila, bodisi ker se vsako leto pojavljajo nova – scenarijski pristop omogoča oceno tudi teh potencialnih, a še neizkušenih tveganj. Niti notranji niti regulatorni model pa nista bistveno različna od scenarijskega modela, kar pomeni, da so vsi trije modeli korektni in noben izmed njih ni preveč optimističen ali konzervativen.

Čeprav je razlika med regulatornim in notranjim modelom relativno majhna, absolutno vseeno ni zanemarljiva, saj znaša skoraj 1,8 milijona EUR. Zgodovinski podatki torej

prikazujejo različno in v mojem primeru celo nižjo kapitalsko zahtevo, kar zavarovalnici dovoljuje večji razpoložljivi kapital in posledično verjetno višji dobiček. Razlika ni dovolj velika, da bi regulatorni model popolnoma zavrnil oziroma bi celo lahko še dodatno potrdil, da je model izračunan na popolnoma drugih spremenljivkah relativno ustrezen. Je pa za zavarovalnico bolj ustrezen notranji model, saj deluje na lastnih podatkih, poleg tega pa bo notranji model zavarovalnici pomagal bolje spremljati škodne dogodke in jih omejevati, saj bo to neposredno vplivalo na zahtevan solventnostni kapital, ki si ga zavarovalnica načeloma želi znižati.

Notranji model za implementacijo potrebuje celoten proces odobritve s strani regulatorja, kar bi verjetno zahtevalo še manjše popravke pri zapisu notranjih podatkov in dodane boljše zunanje podatke, za kar bi zavarovalnica potrebovala še kar nekaj dela in časa, vendar bi bil končni rezultat zanjo zelo koristen.

Po drugi strani rezultati kažejo, da je za manjše zavarovalnice, ki si ne morejo privoščiti notranjega modela, regulatorni model zelo primerna izbira. Na podlagi podatkov, ki jih zavarovalnica v vsakem primeru ima, lahko izračuna zahtevan solventnostni kapital, ki glede na dejansko operativno tveganje ne bo bistveno različen.

4.2 Omejitve notranjega modela in regulatornega modela

4.2.1 Omejitve notranjega modela

Uporabljeni podatki pri ocenjevanju statističnih porazdelitev so omejeni na kvaliteto in kvantiteto. Za večino finančnih institucij je pomanjkanje podatkov možno rešiti le z uporabo realnih podatkov industrije. Zato se je po Baslu II začelo zbirati podatke na enak način, da lahko iz njih sestavljajo skupne baze podatkov, ki bi bile zadostne za vse finančne institucije. Žal pa te podatkovne baze niso tako enostavno dostopne oziroma je za dostop potrebno deliti lastne podatke, ki jih za to magistrsko delu nisem imel dovolj.

Glavna omejitev notranjega modela je zagotovo premajhna količina podatkov, ki jih je bilo potrebno za namen tega magistrskega dela razširiti s pomočjo simulacije glede na obstoječe podatke ter druge raziskave. To mi je sicer pomagalo do končnih ocen ter pridobitve zaključnih približkov izračuna SCR, se pa ob tem zavedam, da prileganje podatkov na statistično porazdelitev v mojem primeru ni imelo bistvenega pomena, saj je bila večina podatkov generiranih na podlagi teoretične predpostavke o statistični porazdelitvi. Omejevanje delitve podatkovne baze je zelo razumljivo, saj bi ob prekomernem deljenju podatkov o škodah hitro prišlo do sklepanja, kateri finančni instituciji se je dogodek pripetil, čeprav so podatki anonimizirani, kar lahko privede do tveganja ugleda, ki bi glede na velikost dogodka lahko imel katastrofalne posledice (Franzetti, 2011).

Pri oceni verjetnosti nastanka škodnega dogodka je pogost pojav premajhnega poročanja škodnih dogodkov zaradi malomarnosti odgovornih oziroma bolj pogosto zaradi želje po prikritju dogodka, saj ima poročanje škodnega dogodka slab prizvok, ker to pomeni, da je prišlo do neke napake. Čeprav v praksi zelo spodbujajo poročanje in za korist podatkovni bazi manj sankcionirajo krivce za škodne dogodke ali celo ponujajo možnost anonimnega poročanja, se kljub temu pojavijo nekatere ovire pri poročanju. Poleg tega na trgu obstajajo filtri za prepoznavanje nastanka operativnega tveganja, ki hkrati izračuna še končno izgubo. So pa ti filtri precej dragi, vendar zelo uporabni za končni rezultat zbiranja podatkov (Cruz in drugi, 2015). Verjetnost poročanja se prav tako povečuje z večjimi škodami in posledicami škodnega dogodka in se približuje ena za zelo velike škode. Poleg tega se operativni škodni dogodki pridobivajo preko mnogih virov, kar tudi omeji zanesljivost podatkovne baze. V mojem primeru sem problem skušal omejiti z vključitvijo ekspertnega mnenja, ki naj bi bilo nepristransko in bolj natančno kot poročanja odgovornih poročevalcev področij. Vseeno pa gre v takem primeru za zgolj oceno ekspertov, kar ponovno ne da najbolj zanesljivih podatkov.

Za izračun po pristopu porazdelitve izgub se skupna izguba izračuna kot seštevek vseh izgub, kjer so si verjetnosti in velikosti škod med seboj neodvisne glede na posamezno škodo. Čeprav sem podatkovno bazo ustvarjal glede na posamezne poslovne procese in kategorije škodnih dogodkov, pri izračunu tega nisem upošteval. Po predpostavki naj bi tudi poslovni procesi in kategorije škodnih dogodkov bili nekorelirani, kar v vseh primerih seveda ni res. V primeru, da nastane škodni dogodek v kategoriji informacijske varnosti, npr. vdor v računalniške sisteme, se bo to kmalu pokazalo kot škodni dogodek v kategoriji poškodb fizičnih sredstev. Kategorije škodnih dogodkov in poslovni procesi torej niso popolnoma neodvisni, je pa to korelacijo zelo težko oceniti. Finančne institucije imajo na voljo zelo omejene podatke, v nekaterih primerih komaj dovolj zadostne za oceno škode operativnega tveganja v prihodnjih letih, kaj šele za oceno korelacij znotraj poslovnih procesov in kategorij škodnih dogodkov, kjer se število opazovanj še zmanjša (Frachot in drugi, 2004). S tem razlogom Baselski odbor predlaga predpostavko, da so poslovni procesi in kategorije škodnih dogodkov med seboj neodvisni, saj se s tem izognemo slabi oceni korelacije in olajšamo izračun.

4.2.2 Omejitve regulatornega modela

Kot je bilo že omenjeno v analizi regulatornega modela, ima model največjo pomanjkljivost pri izbiri podatkov za izračun zahtevanega solventnostnega kapitala, saj uporablja zgolj podatke količin premij, rezervacij in odhodkov v zadnjih 12 mesecih v zvezi s pogodbami življenjskega zavarovanja, pri katerih naložbeno tveganje nosijo imetniki police. Nič od tega ni neposredno povezano z operativnim tveganjem, kar na prvi pogled nima smisla.

Poleg tega se z večanjem obsega zavarovalnice večja tudi operativno tveganje, ne glede na upravljanje tega tveganja znotraj zavarovalnice, kar zavarovalnice ne spodbuja k še večjem

spremljanju in omejevanju tega tveganja, saj na koncu nima vpliva na končni zahtevan solventnostni kapital. Torej ima zavarovalnica, ki ima vzpostavljene vse kontrole in nadzira vse vrste tveganja, enak zahtevan solventnostni kapital kot zavarovalnica z identičnim obsegom poslovanja, ki nima vzpostavljenih notranjih kontrol in ukrepov, čeprav očitno njuno dejansko tveganje ne bi smelo biti enako.

Dejstvo pa je, da kot sem že večkrat omenil, podatki o operativnih tveganjih in škodnih dogodkih niso najboljši in so zelo težko dostopni, kar privede do nenatančne ocene in težjega nadziranja tega tveganja. Baselska komisija zato raje zanemari dejansko upravljanje operativnega tveganja in vsem zavarovalnicam določi enak način izračuna zahtevanega solventnostnega kapitala glede na dobre, zanesljive podatke, kar je po njihovem mnenju v slabi situaciji s slabimi podatki druga najboljša možna rešitev. To za večino zavarovalnic zagotovo tudi velja, seveda pa je to le kratkoročna rešitev, dokler zavarovalnice ne vzpostavijo dovolj dobrega spremljanja škodnih dogodkov in tveganj, ki bi v skupni bazi podatkov več zavarovalnic lahko pomenilo dovolj dobre podatke za uporabo le teh pri izračunu zahtevanega solventnostnega kapitala operativnega tveganja.

Čeprav je za manjše zavarovalnice v povprečju ta pristop še vedno najboljši, bi morala regulativa stremeti k rešitvi, ki upošteva dejanske podatke operativnega tveganja. To sicer trenutno omogoča z AMA, vendar je proces odobritve kvalitete podatkov za odobritev notranjega modela tako otežen in dolgotrajen, da se veliki večini zavarovalnic cel postopek ne splača in se raje poslužujejo enostavnejšega izračuna. Iz leta v leto pa se operativno tveganje na zavarovalnicah veča in ima večji pomen na skupni zahtevan solventnostni kapital, tako da se tega ne bo moglo več dolgo zanemarjati. Postopek implementacije internega modela bi moral biti poenostavljen, regulator pa bi moral zavarovalnice k temu spodbujati, jim pomagati pri pridobivanju podatkov ter zagotavljati skupno bazo podatkov več zavarovalnic in druge zunanje podatke.

4.2.3 Omejitve modela glede na scenarijsko oceno

Kot sem že omenil, se ta model uporablja zgolj za potrditev rezultata drugih modelov, saj vsebuje preveč predpostavk, ocen in ni dovolj zanesljiv. Vseeno pa ima zelo uporabno vrednost, saj z njim lahko potrdim ali ovržem izračune modelov po novih metodah.

Za izračun po metodi razdalje med vektorji je potrebna enaka predpostavka kot pri pristopu porazdelitve izgub, da so vektorji med seboj nekorelirani. V mojem primeru to pomeni, da morajo biti podtveganja med seboj nekorelirana in dogodek pri enem procesu ne sme vplivati na verjetnost in velikost pojava dogodka pod drugim procesom. To v teoriji v vseh primerih seveda ni res, je pa pri scenarijski oceni prednost, da ocenjevalci sami podajajo oceno in korelacijo intuitivno vključijo v oceno tveganja. Ocena vsakega podtveganja ocenjevalcev je torej lahko zelo dober približek nekoreliranih ocen vsakega podtveganja.

4.3 Izboljšave

Napredni pristop merjenja za izračun zahtevanega solventnostnega kapitala pod Solventnostjo II dovoljuje izdelavo internih modelov, če so ti kakovostni in zanesljivi ter če kažejo, da standardizirane metode zahtevajo preveč preudarne modele (Buch-Kromann in drugi, 2006). Zato bom v tem poglavju omenil še dodatne možne razširitve svojega internega modela, ki pa jih sam nisem uporabil zaradi pomanjkljivosti podatkov ali zaradi prevelike zapletenosti modela, kar bi omejilo uporabnost in potencialno odobritev regulatorja v primeru, da bi zavarovalnica ta model uporabila.

4.3.1 Model z vključitvijo premajhnega poročanja

Premajhno poročanje (angl. underreporting) pomeni, da niso poročani vsi operativni škodni dogodki podjetja. Za kvantifikacijo tega problema uporabimo funkcijo premajhnega poročanja, ki je verjetnost, da se prijavi izguba določene velikosti. Ker se verjetnost poročanja povečuje z velikostjo škode, ima gostota opazovanih operativnih škodnih dogodkov v poročanem naboru podatkov večje repe kot gostota vseh operativnih škodnih dogodkov (Buch-Kromann in drugi, 2006).

V tem primeru bi uporabil mnjenja strokovnjakov za oceno premajhnega poročanja, ki bi vplivalo na končne ocene letnih škod operativnega tveganja. Torej za vsako kategorijo operativnega tveganja pod Basel II morajo strokovnjaki določiti procentualno verjetnost, da se tam pojavlja premajhno poročanje. S temi faktorji bi lahko potem sestavil funkcijo premajhnega poročanja, ki bi jo združil s prvotnim notranjim modelom in tako pridobil končne podatke letnih izgub operativnega tveganja (Bolancé in drugi, 2012).

Pomembno je, da funkcija premajhnega poročanja močno vpliva na majhne škode in manj na velike, zaradi dejstva, da se pojav premajhnega poročanja bolj pogosto pojavlja pri manjših škodnih dogodkih (Bolancé in drugi, 2012).

Taka razširitev modela pa bi še dodatno omejila notranji model, saj bi se s še eno oceno strokovnjakov zmanjšala kakovost podatkov in povečala potencialna napaka modela. Poleg tega so že zgodovinski podatki o operativnih škodnih dogodkih omejeni, kaj šele podatki o obsegu premalo pogostega poročanja. Zato bi na podlagi teh slabih podatkov strokovnjaki naredili oceno, ki pa prav tako ne bi bila zanesljiva in bi lahko samo še bolj škodovala končnemu rezultatu.

Rešitev, ki je bolj pogosto uporabljena v praksi, je, da izračun temelji zgolj na večjih škodah. Torej določen je prag, ki določa, nad katero škodo bi upoštevali škodne dogodke. To odpravi problem premalo pogostega poročanja, saj pri večjih škodah to ni preveč pogost pojav, hkrati pa bi se lahko osredotočil samo na rep porazdelitve, ki je pri operativnih škodnih dogodkih najbolj pomemben. Se pa tudi tukaj pojavi problem, ker lahko že tako omejene podatke še dodatno skrčim in z njimi še težje opravljam zanesljivo statistično analizo. Poleg tega bi

moral v izračun nekako vključiti tudi manjše škodne dogodke, drugače rezultati ne bi bili pravilni.

4.3.2 Boljši zunanji podatki

Pri izdelavi lastnega notranjega modela sem kot zunanje podatke uporabil druge raziskave omenjene v poglavju 3.1.2. Model pa omejuje njegova uporabnost, saj ni najbolj prilagodljiv; z leti bi bilo treba stalno izvajati nove raziskave za pridobitev zunanjih podatkov, pri čemer ni zagotovila, da bi bile te na voljo.

Za pridobitev zunanje baze podatkov obstaja več načinov. Najlažji in najcenejši način je z lastnim pridobivanjem podatkov o škodnih dogodkih iz različnih medijev, novic ter člankov. Tako z iskanjem po javnih virih sam sestavlja bazo podatkov o zaznanih dogodkih. Pri tem načinu se seveda pojavi velik problem, da baza podatkov ni dovolj celovita in ne zajema vseh škodnih dogodkov, poleg tega pa za vse škodne dogodke ne obstajajo vsi potrebni podatki. Drugi način pridobivanja zunanje baze podatkov bi lahko bil preko konzorcija, ki zbira in deli bazo podatkov vseh vključenih zavarovalnic. Tak primer je ORX, ki vključuje ene največjih bank in zavarovalnic v industriji. Žal pa njihovo deljenje podatkov deluje po principu daj – dam, pri čemer bi potreboval dovolj dobro bazo podatkov in dovoljenje za delitev te baze, da bi lahko v zameno za njo dobil celostno bazo podatkov ORX. Baza podatkov uporablja prag 20.000 EUR, kar zaobide tudi prej omenjen problem premajhnega poročanja, ne vključuje pa širših podatkov o škodah, tako da je baza uporabljena zgolj za kvantifikacijo tveganja (Cruz in drugi, 2015). Ta pristop je za zavarovalnico verjetno najbolj primeren, saj razpolaga z dovolj kakovostnimi podatki, poleg tega pa jih lahko deli, ker zanje odgovarja sama. Za moj model bi bila ta možnost najverjetneje uporabljena, če bi zavarovalnica želela notranji model uporabiti za dejanski izračun zahtevanega solventnostnega kapitala. Kot tretji način obstajajo tudi prodajalci baz podatkov, kot so IBM, OpVantage in SAS, ki poleg ocenjene škode dodajo tudi podrobno analizo škode, kar pomaga tudi pri upravljanju tveganja ter scenarijskih analizah. So pa v teh primerih pragi škod navadno visoki (okoli 1 milijon USD), ker so škodni dogodki pogosto zbrani iz medijev in časopisov. Torej druga podjetja opravijo delo, namesto da bi ga sam, kot omenja prvi način (Cruz in drugi, 2015).

4.3.3 Upoštevanje korelacije med poslovnimi procesi in kategorijami tveganj

V mojem notranjem modelu sem, kot že omenjeno, zanemaril korelacijo med poslovnimi procesi in kategorijami tveganj, poleg tega pa sem za izračun glede na zgodovinske podatke uporabil samo surove podatke, ne da bi jih združeval po poslovnih procesih ali kategorijah tveganj, saj za to nisem imel dovolj velike količine podatkov, poleg tega rezultati ne bi bili zanesljivi.

Za izboljšanje modela, predvsem če bi bili na voljo boljši zunanji podatki, bi lahko v model vključil korelacijo, čeprav raziskave kažejo, da je ta med agregiranimi operativnimi škodami zelo nizka.

4.3.4 Porazdelitev repa

Več raziskav (Corrigan in Luraschi, 2013; Cruz in drugi, 2015; Karam, 2013; Turk, 2009) se je odločilo za bolj natančno preučevanje statistične porazdelitve repa resnosti posledic škodnih dogodkov, saj se tam nahajajo ključni podatki in je ravno tam porazdelitev najbolj pomembna za končni rezultat. Takemu načinu se reče teorija ekstremnih vrednosti ali TEV. Obstajata dva tipa teorije ekstremnih vrednosti: tradicionalen model maksimumov v blokih podatkov (angl. Block maxima approach), ki modelira največje izgube glede na časovno obdobje, ki nas zanima, in model preseganja mejne vrednosti (angl. Peak over threshold approach), ki upošteva samo vrednosti, višje od določene mejne vrednosti, kar je zelo uporabno pri izračunavanju kapitala (Cruz in drugi, 2015).

Vseeno je pri uporabi metode ekstrapolacije potrebno pri naboru podatkov predpostaviti, da obstaja en sam fizikalni proces, odgovoren za opazovane podatke in vse prihodnje izgube, ki presegajo opazovano raven. Pri operativnem tveganju nekateri sicer trdijo, da so ekstremne vrednosti anomalije in niso močno povezane s preostalimi podatki, vendar večina raziskav to zanemari (Cruz in drugi, 2015).

4.3.4.1 Model maksimumov v blokih podatkov

Opazovani podatki v tem modelu so razdeljeni v bloke in v vsakemu od njih je izbran maksimum. Bloki morajo biti enake velikosti. Nato podatke modeliramo s posplošeno porazdelitvijo ekstremnih vrednosti (angl. Generalized extreme values). Ena od najpogostejših porazdelitev je Posplošena Pareto porazdelitev v enačbi (16):

$$G_{\xi,\sigma} = \begin{cases} 1 - \left(1 + \frac{\xi x}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}} & \text{if } \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-\frac{x}{\sigma}} & \text{if } \xi = 0 \end{cases} \quad (16)$$

kjer $\sigma > 0$ in $x \leq 0$, ko $\xi \leq 0$ in $0 \leq x \leq -\frac{\sigma}{\xi}$, ko $\xi < 0$ (Cruz in drugi, 2015).

4.3.4.2 Model preseganja mejne vrednosti

Model preseganja mejne vrednosti upošteva zgolj opazovanja, ki presegajo dani zgornji prag. Metoda je postala priljubljena, saj učinkoviteje uporablja podatke kot model maksimumov v blokih podatkov. Za uporabo modela najprej izberem prag in nato na podatkih prilagodim posplošeno Pareto porazdelitev. Pri določanju mejne vrednosti si želim čim višje vrednosti, vendar se zavedam, da višja meja pomeni, da ostane manj podatkov za

oceno parametrov repa porazdelitvene funkcije. Najbolje je mejno vrednost izbrati ročno s pomočjo grafa (Cruz in drugi, 2015).

5 SKLEP

V magistrskem delu sem analiziral obstoječi regulatorni pristop k ocenjevanju kapitalske zahteve za operativno tveganje ter razvil interni model, ki temelji na dveh komplementarnih metodah: kvantitativni analizi zgodovinskih škodnih dogodkov in scenarijskih ocenah strokovnjakov. Cilj je bil oceniti, ali bi interni model lahko bolje odražal dejansko izpostavljenost do operativnega tveganja določene zavarovalnice, kot to omogoča standardna regulatorna formula.

Rezultati analize so pokazali, da moj interni model prinaša podobne vrednosti kapitalske zahteve kot standardni regulatorni model. Vendar pa je pomembno poudariti, da interni model do teh rezultatov pride na podlagi bolj relevantnih in realnih vhodnih podatkov – z upoštevanjem dejanskega profila tveganja, pogostosti in resnosti škod ter ocene strokovnjakov, ki poznajo specifične okoliščine poslovanja zavarovalnice.

To kaže, da regulatorni pristop v povprečju sicer ni nujno napačen, vendar zaradi svoje poenostavljenosti in vezanosti na obseg premij ter zavarovalno-tehničnih rezervacij ne omogoča dovolj natančne in dinamične ocene kapitalske zahteve za vsako posamezno zavarovalnico. Interni model omogoča boljšo prilagoditev realnim okoliščinam, boljšo integracijo upravljanja tveganj in potencialno bolj učinkovito uporabo kapitala.

Na tej podlagi lahko zaključim, da bi bilo za zavarovalnice, še posebej za tiste z bolj specifičnim profilom tveganj, smiselno razmisliti o razvoju in uporabi internih modelov, ob upoštevanju, da imajo dostop do dovolj kvalitetnih zgodovinskih podatkov o škodnih dogodkih znotraj zavarovalnice ter kvalitetni oceni strokovnjakov kljub zahtevnosti njihove implementacije in odobritve. S tem bi pridobile ne le bolj natančno oceno kapitalskih zahtev, temveč tudi boljši vpogled v lastno izpostavljenost in možnosti za izboljšave obvladovanja operativnega tveganja.

SEZNAM KLJUČNE LITERATURE

1. Basel Committee on Banking Supervision. (2006, junij). *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards*. Bank for International Settlements. Pridobljeno 27. marca 2025 s <https://www.bis.org/publ/bcbs128.pdf>
2. Bolancé, C., Guillén, M., Gustafsson, J. in Nielson, J. P. (2012). *Quantitative Operational Risk Models*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC.
3. CEIOPS. (2010). *Solvency II Calibration Paper*. Pridobljeno 20. marca 2025 s <https://register.eiopa.europa.eu/CEIOPS-Archive/Documents/Advices/CEIOPS-Calibration-paper-Solvency-II.pdf>

4. Corrigan, J. in Luraschi, P. (2013, februar). *Operational risk modelling framework*. Milliman Research Report. Pridobljeno 12. marca 2025 s https://web.actuaries.ie/sites/default/files/erm-resources/operational_risk_modelling_framework.pdf
5. Cruz, M. G., Peters, G. W., in Shevchenko, P. V. (2015). *Fundamental Aspects of Operational Risk and Insurance Analytics. A Handbook of Operational Risk*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118573013>
6. Evropska komisija. (2015). *Delegirana uredba Komisije (EU) 2015/35 z dne 10. oktobra 2014 o dopolnitvi Direktive 2009/138/ES Evropskega parlamenta in Sveta o začetku opravljanja in opravljanju dejavnosti zavarovanja in pozavarovanja (Solventnost II)*. Bruselj: Uradni list Evropske unije L12.
7. Franzetti, C. (2011). *Operational Risk Modelling and Management*. Boca Raton: CRC Press.
8. Karam, E. (2013, 21. avgust). *Measuring and managing operational risk in the insurance and banking sectors*. [Diplomsko delo, Universit'e Claude Bernard Lyon I, Ecole Doctorale Sciences ' Economiques et de Gestion]. HAL open science. Pridobljeno 2. maja 2025 s <https://theses.hal.science/tel-01057040v1/document>
9. Turk, A. B. (2009, 28. maj). *Model kvantitativnega merjenja operativnega tveganja v finančnem sektorju* [Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta]. Repozitorij Univerze v Ljubljani. Pridobljeno 2. maja 2025 s <http://www.cek.ef.uni-lj.si/doktor/brdar280.pdf>

VIRI IN LITERATURA

1. Anderson, T. W. in Darling, D. A. (1952). Asymptotic Theory of Certain "Goodness of Fit" Criteria Based on Stochastic Processes. *The Annals of Mathematical Statistics*, 23(2), 193-212. Pridobljeno 27. marca 2025 s <https://doi.org/10.1214/aoms/1177729437>
2. Basel Committee on Banking Supervision. (2006, junij). *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards*. Bank for International Settlements. Pridobljeno 27. marca 2025 s <https://www.bis.org/publ/bcbs128.pdf>
3. Basel Committee on Banking Supervision. (2009). *Observed Range of Practice of Key Elements of the Advanced Measurement Approaches*. Bank for International Settlements. Pridobljeno 27. marca 2025 s <https://www.bis.org/publ/bcbs160b.pdf>
4. Bolancé, C., Guillén, M., Gustafsson, J. in Nielson, J. P. (2012). *Quantitative Operational Risk Models*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC.
5. Boonen, T. J. (2017, junij). *Solvency II solvency capital requirement for life*. *European Actuarial Journal*, 7(2), 337-352. Pridobljeno 27. marca 2025 s <https://doi.org/10.1007/s13385-017-0160-4>
6. Buch-Kromann, T., Englund, M., Gustafsson, J., Nielsen, J. P. in Thuring, F. (2006, 15. november). *Nonparametric Estimation of Operational Risk Losses adjusted for*

- Underreporting*. SSRN. Pridobljeno 14. maja 2025 s
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=943951
7. CEIOPS. (2010). *Solvency II Calibration Paper*. Pridobljeno 20. marca 2025 s
<https://register.eiopa.europa.eu/CEIOPS-Archive/Documents/Advices/CEIOPS-Calibration-paper-Solvency-II.pdf>
 8. Chen, J. (2022, 26. junij). *Jerome Kerviel: History and Work With Derivatives*. Investopedia. Pridobljeno 8. maja 2025 s
<https://www.investopedia.com/terms/j/jerome-kerviel.asp>
 9. Chen, J. (2024, julij). *Barings Bank: Its Collapse, Acquisition, and Lessons Learned*. Investopedia. Pridobljeno 6. avgusta 2025 s
<https://www.investopedia.com/terms/b/baringsbank.asp>
 10. Cifuentes, A. in Charlin, V. (2016, 10. oktober). *Operational risk and the Solvency II capital aggregation formula: implications of the hidden correlation assumptions*. Risk.net. Pridobljeno 27. marca 2025 s
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146257/Operational-risk.pdf?sequence=1>
 11. Corrigan, J. in Luraschi, P. (2013, februar). *Operational risk modelling framework*. Milliman Research Report. Pridobljeno 12. marca 2025 s
https://web.actuaries.ie/sites/default/files/erm-resources/operational_risk_modelling_framework.pdf
 12. Cruz, M. G., Peters, G. W., in Shevchenko, P. V. (2015). *Fundamental Aspects of Operational Risk and Insurance Analytics. A Handbook of Operational Risk*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118573013>
 13. Davidson, C. (19. avgust 2014). *Internal models versus standard formula: South Africa's experience*. Risk.net. Pridobljeno 14. maj 2025 s <https://www.risk.net/asset-management/insurance/2360773/internal-models-versus-standard-formula-south-africas-experience?ref=search>
 14. Drew, J. H., Glen, A. G., in Leemis, L. M. (2000). Computing the Cumulative Distribution Function of the Kolmogorov Statistic. *Computational Statistics & Data Analysis*, 34(1) 1-15.
 15. Dutta, K. K. in Babbel, D. F. (2013). *Scenario Analysis in the Measurement of Operational Risk Capital: A Change of Measure Approach*. *The Journal of Risk and Insurance*. 80(1), 121-153. Pridobljeno 2. junija 2025 s
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1539-6975.2012.01506.x>
 16. EIOPA. (2011, 13. marec). *EIOPA Report on the fifth Quantitative Impact Study (QIS5) for Solvency II*. Pridobljeno 29. marca 2025 s
https://register.eiopa.europa.eu/Publications/Reports/QIS5_Report_Final.pdf
 17. EIOPA. (brez datuma). *Solvency II*. European Insurance and Occupational Pensions Authority. Pridobljeno 27. marca 2025 s:
https://www.eiopa.europa.eu/browse/regulation-and-policy/solvency-ii_en
 18. Evropska komisija. (2015). *Delegirana uredba Komisije (EU) 2015/35 z dne 10. oktobra 2014 o dopolnitvi Direktive 2009/138/ES Evropskega parlamenta in Sveta o*

- začetku opravljanja in opravljanju dejavnosti zavarovanja in pozavarovanja (*Solventnost II*). Bruselj: Uradni list Evropske unije L12.
19. Frachot, A., Roncalli, T. in Salomon, E. (2004). *The Correlation Problem in Operational Risk*. Group Risk Management, Credit Agricole SA. Pridobljeno s <http://www.thierry-roncalli.com/download/lda-correlations.pdf>
 20. Franzetti, C. (2011). *Operational Risk Modelling and Management*. Boca Raton: CRC Press.
 21. Jorion, P. (2007). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. New York: McGraw-Hill.
 22. Kang, S. W. (2015, 9. oktober). *Quantification of Operational Risk within an Insurance company*. [Magistrsko delo, l'Université Paris Dauphine, Master Actuariat de Dauphine]. Institut de Actuaires. Pridobljeno 2. maja 2025 s <https://www.institutdesactuaires.com/docs/mem/b70927361fe2ffede706ffadadf12696.pdf>
 23. Karam, E. (2013, 21. avgust). *Measuring and managing operational risk in the insurance and banking sectors*. [Diplomsko delo, Université Claude Bernard Lyon I, Ecole Doctorale Sciences Economiques et de Gestion]. HAL open science. Pridobljeno 2. maja 2025 s <https://theses.hal.science/tel-01057040v1/document>
 24. Klugman, S. A., Panjer, H. H. in Willmot, G. E. (2008). *Loss Models: From Data to Decisions*. John Wiley & Sons, Inc.
 25. Law, A. M. in Kelton, W. D. (1991). *Simulation Modeling & Analysis*. McGraw-Hill.
 26. Marsaglia, G., Tsang, W. W. in Wang, J. (2003). *Evaluating Kolmogorov's distribution*. *Journal of Statistical Software*, 8(18). Journal of Statistical Software. Pridobljeno 16. junija 2025 s <https://www.jstatsoft.org/v08/i18/>
 27. Maurer, F. (2007). *Les développements récents de la mesure du risque opérationnel*. Université Montesquieu-Bordeaux IV & Bordeaux École de Management. Prodobljeno 16. junija s [https://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/1226.nsf/0/fab6e9d2c35626cac1257815003b458b/\\$FILE/31.pdf](https://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/1226.nsf/0/fab6e9d2c35626cac1257815003b458b/$FILE/31.pdf)
 28. O.R.X. (brez datuma). *Operational Risk Management in Financial Services*. Pridobljeno 16. junija 2025 s <https://orx.org/>
 29. Peters, G. W., Shevchenko, P. V. in Wüthrich, M. V. (2009). Dynamic operational risk: modeling dependence and combining different sources of information. *The Journal of Operational Risk*, 4(2), 69-104.
 30. Popper, N. (2012, 2. avgust). *Knight Capital Says Trading Glitch Cost It \$440 Million*. The New York Times. Pridobljeno 6. avgusta 2025 s <https://archive.nytimes.com/dealbook.nytimes.com/2012/08/02/knight-capital-says-trading-mishap-cost-it-440-million/>
 31. Pykhova, E. (2023, 6. februar). *The Institute of Internal Auditors*. Top Operational Risks 2023. Pridobljeno 19. junija 2025 s <https://iia.no/top-operational-risks-2023/>

32. Simard, R. in L'Ecuyer, P. (2011). Computing the Two-Sided Kolmogorov-Smirnov Distribution. *Journal of Statistical Software*, 39(11). 1-18.
33. Tidy, J. (16. oktober 2020). *British Airways fined £20m over data breach*. BBC. Pridobljeno 6. avgusta 2025 s <https://www.bbc.com/news/technology-54568784>
34. Turk, A. B. (2009, 28. maj). *Model kvantitativnega merjenja operativnega tveganja v finančnem sektorju* [Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta]. Repozitorij Univerze v Ljubljani. Pridobljeno 2. maja 2025 s <http://www.cek.ef.uni-lj.si/doktor/brdar280.pdf>
35. University of Southampton. (2024). *Skewness and Kurtosis*. University of Southampton. Pridobljeno 18. junija 2025 s <https://library.soton.ac.uk/skewness-and-kurtosis>
36. Vicente, V. (16. 2 2024). *Operational Risk Management: Overview and Guide*. AuditBoard. Pridobljeno 17. junija 2025 s <https://auditboard.com/blog/operational-risk-management>
37. Wang, Y., Li, J., & Zhu, X. (2017). *A Method of Estimating Operational Risk: Loss Distribution Approach with Piecewise-defined Frequency Dependence*. *Procedia Computer Science*, 122, 261-268.