UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Magistrsko delo

Kreditno tveganje v zavarovalništvu

(Credit risk in insurance)

Ime in priimek: *Tjaša Krašna*
Študijski program: *Matematika s finančnim inženiringom, 2. stopnja*
Mentor: *izr. prof. dr. Mihael Perman*

Koper, avgust 2021

Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Tjaša KRAŠNA

Naslov magistrskega dela: Kreditno tveganje v zavarovalništvu

Kraj: Koper

Leto: 2021

Število listov: 70 Število slik: 6 Število tabel: 15

Mentor: izr. prof. dr. Mihael Perman

UDK: 368.029(043.2)

Ključne besede: Solventnost II, standardna formula, tržno tveganje, kreditno tveganje, Mertonov model, KMV model, CreditMetrics model, CreditRisk+ model, tveganje neplačila nasprotne stranke, tveganje razpona

Math. Subj. Class. (2010): 91B30

Izvleček:
V zadnjih letih regulativni organi dajejo poudarek zlasti na kapitalske zahteve zavarovalnic in upravljanje tveganj s katerimi se soočajo. Kapitalske zahteve so poenotene za celoten evropski zavarovalniški trg in predpisane v direktivi Solventnost II. Zavarovalnice in pozavarovalnice se lahko odločijo za izračun zahtevanega solventnostnega kapitala po standardni formuli ali z uporabo notranjega modela. Cilj obeh pristopov je zajeti pomembna merljiva tveganja, ki jim je izpostavljena večina zavarovalnic. Poudarek v magistrski nalogi je kreditno tveganje kot del direktive Solventnost II. Kreditno tveganje je tveganje, da nasprotna stranka ne bo poravnala svojih dolgov oziroma finančnih obveznosti. Prisotno je tudi v vsakem finančnem instrumentu, zato je osrednja sestavina portfeljskih tveganj. V prvem delu se osredotočimo na zahteve Solventnosti II in standardno formulo. V drugem delu predstavimo tržno tveganje, ki je močno povezano s kreditnim tveganjem. Pomemben del kreditnega tveganja temelji na tržnih dejavnikih. Predstavimo tudi notranji model ter nekatere kritike na standardno formulo. V glavnem delu opišemo kreditno tveganje v splošnem in predstavimo štiri modele kreditnega tveganja, ki se uporabljajo v praksi. V zadnjem delu se osredotočimo še na kreditno tveganje po standardni formuli kot model tveganja neplačila nasprotne stranke in model tveganja razpona.

Key document information

Name and SURNAME: Tjaša KRAŠNA

Title of the thesis: Credit risk in insurance

Place: Koper

Year: 2021

Number of pages: 70 Number of figures: 6 Number of tables: 15

Mentor: Assoc. Prof. Mihael Perman, PhD

UDK: 368.029(043.2)

Keywords: Solvency II, standard formula, market risk, credit risk, Merton Model, KMV Model, CreditMetrics Model, CreditRisk+ Model, counterparty default risk, spread risk

Math. Subj. Class. (2010): 91B30

Abstract:
In the last few years, regulative organs mostly emphasise capital requirements of insurance companies and risk management which they face. Capital requirements are unified for the entire European insurance market and are set in the Directive Solvency II. Insurance and reinsurance companies can decide to calculate solvency capital requirements by a standard formula or with the use of the internal model. The goal of both approaches is to capture important measurable risks to which most insurance companies are exposed. The emphasis in the master's thesis is credit risk as a part of the Directive Solvency II. Credit risk is a risk that the counterparty will not pay its debt or any financial responsibility. This risk is also present in any financial instrument and that's why it is a central element of portfolio risks. In the first part, the focus is on the demands of Solvency II and the standard formula. In the second part, the market risks, which are closely linked to credit risks, are presented. An important part of credit risk is based on market factors. The internal model and some criticisms of the standard formula are also given. In the main part, credit risk is described in general and four models of credit risks, which are used in practice, are presented. In the last part, the focus is on the credit risk by the standard formula as a counterparty default risk and a spread risk.

Kazalo vsebine

Kazalo preglednic

Kazalo slik in grafikonov

Seznam kratic

ang.	angleški izraz
ASRF	asimptotični model enotnega dejavnika tveganja
AZN	Agencija za zavarovalni nadzor
CEI	Odbor za evropsko zavarovanje
CEIOPS	Odbor evropskih nadzornikov za zavarovanja in poklicne pokojnine
ECAI	Zunanje bonitetne institucije
EGP	Države članice evropskega gospodarskega področja
EIOPA	Evropski organ za zavarovanja in poklicne pokojnine
EU	Države članice Evropske unije
KSNT	kritni sklad z naložbenim tveganjem
MRS	Mednarodni računovodski standardi; IAS
MRSP	Mednarodni standardi računovodskega poročanja; IFRS
npr.	na primer
OECD	Organizacija za gospodarsko sodelovanje in razvoj
ORSA	Lastna ocena tveganj in solventnosti
QIS	kvantitativna študija učinka
t.i.	tako imenovana
tj.	to je

Zahvala

Zahvaljujem se mentorju, izr. prof. dr. Mihaelu Permanu, za vso potrpežljivost, pomoč, koristne in konstruktivne nasvete pri izdelavi magistrske naloge.
Posebna zahvala gre mojim staršem in sestrama za vso spodbudo in podporo v času študija.
Zahvaljujem se tudi prijateljem in sošolcem za vso pomoč pri študiju in za vse lepe trenutke med študijem.

1 UVOD

Zavarovanje je opredeljeno kot pogodba, s katero se ena stranka za določeno plačilo zaveže drugi za nadomestitev škode, ki se lahko pojavi zaradi določenih nevarnosti. Ko oseba, zavarovanec, sklene zavarovalno pogodbo, zavarovalnici plača premijo, ta pa obljublja kritje določenih prihodnjih izgub. Zavarovalna pogodba se s pravnega vidika šteje kot ustrezno zavarovanje, če in samo če se tveganje razdeli med večje število oseb. To primarno počnejo zavarovalnice, ki so eden najpomembnejših akterjev današnjega gospodarskega sveta. Zavarovalnice zavarovancem pomagajo pri obvladovanju tveganj, ki se lahko pojavijo v vsakdanjem življenju. S prodajo zavarovalnih pogodb prevzemajo tveganja. Zelo natančno lahko napovedo svoje potencialne izgube in temu primerno določijo višino premije. To je ključna naloga zavarovalnic, ki morajo zagotoviti, da bodo sposobne izpolniti obveznosti, ki jih imajo do zavarovancev, in preživeti v svoji panogi. Da bi dosegle ta cilj, ne samo, da morajo pravilno oceniti tveganje, temveč morajo izračunati tudi znesek kapitala, ki ga je potrebno hraniti, da se lahko med letom soočijo z morebitnimi izgubami.

Upravljanje tveganj je dejansko ključna dejavnost zavarovalnic. Učinkovito obvladovanje tveganj lahko zmanjša stroške finančne stiske in davkov na dohodek, poleg tega pa preprečuje potrebo po dragih regulativnih posegih.

Dejavnosti zavarovalnice pa niso omejene na zgolj vrednotenje tveganja, čeprav je to ena najpomembnejših nalog. Proizvodni cikel zavarovalnic je res edinstven in predstavlja glavno značilnost te panoge. Za zavarovalnice je značilen obratni proizvodni cikel. To pomeni, da "zavarovalnica prodaja obljube". Zavarovalnice pobirajo premije in s tem denar, še pred določitvijo škod ali drugih obveznosti. To je v nasprotju s tem, kar se zgodi v običajnem proizvodnem ciklu. Ena posebnost obratnega proizvodnega cikla je ta, da zavarovalnici omogoča izredne in stalne tehnične rezerve. Zavarovalno-tehnične rezerve so opredeljene kot zneski rezervirani za kritje morebitnih prihodnjih škod. Druga posebnost je dejstvo, da zavarovalnice lahko povečajo svojo produktivnost brez dodatnega povečanja kapitala. Zavarovanje ne proizvaja opredmetenih dobrin, ampak zagotavlja le zaščito pred tveganji. Pri tem zavarovalnica nima omejitve glede produktivnosti. Tako je zavarovalnica, vsaj v teoriji, vedno donosna. Nazadnje obratni proizvodni cikel pomeni povsem drugačno uporabo kapitala v primerjavi z ostalimi družbami: medtem ko ima v podjetjih lastniški kapital odločilno vlogo v proizvodnji, se v zavarovalnicah proizvodnja financira iz dobička, ki izhaja iz prodaje zavarovalnih pogodb. Zato kupci v tej panogi lastniški kapital dojemajo kot indeks trdnosti in var-

nosti.
Zavarovalnica se mora spopadati z ogromnimi in stalnimi količinami kapitala, kar pomeni, da vlaganje v naložbe in upravljanje premoženja prevzameta bistveno vlogo pri dejavnosti zavarovalnice. Vsako zavarovalnico lahko obravnavamo kot vlagatelja in kot je za vsakega vlagatelja pomembno, je portfelj zavarovalnice običajno sestavljen iz različnih finančnih naložb z različnimi profili tveganja.

Zavarovalnice delajo z denarjem drugih ljudi, zato je pomembno, da imajo pooblastila preden lahko začnejo poslovati in so pod nadzorom. Ker je finančni trg postajal vedno bolj zapleten, je Evropska unija razvijala novo direktivo Solventnost II. Cilj Solventnosti II je bil uskladiti regulativne okvire po vsej Evropski uniji, izboljšati zaščito potrošnikov in izboljšati stabilnost celotnega finančnega sistema. V prvem poglavju bomo podrobneje opisali, kaj predpisuje direktiva Solventnost II, kateri so njeni glavni nameni in cilji ter podrobneje videli njen nadzorni okvir.
V drugem poglavju bomo analizirali izračun zahtevanega solventnostnega kapitala s standardno formulo Solventnosti II. Ker zavarovalnice večino svojih sredstev vlagajo v različne finančne naložbe, ima nestabilnost finančnega trga lahko širše posledice. Osredotočili se bomo na podmodul tržnega tveganja. Podrobneje bomo predstavili komponente podmodula tržnega tveganja. V zadnjem delu poglavja bomo opisali nekatere težave in kritike standardne formule Solventnosti II in razvoj notranjega modela.
V glavnem poglavju magistrske naloge bomo predstavili kreditno tveganje, ki je del tržnega tveganja. Zavarovalnice so dolgo podcenjevale tržna tveganja. Svetovne finančne krize so vzpodbudile pomisleke glede premoženja. Ustrezno modeliranje tržnih tveganj je postalo ključno področje razvoja. Modeliranje kreditnega tveganja nasprotne stranke in tveganje razpona obveznic je eno izmed zanimivih področij. Najprej bomo predstavili različne vrste kreditnih modelov. Nato bomo pa predstavili modela kreditnega tveganja v skladu s standardno formulo Solventnosti II, ki ju v praksi uporablja večina zavarovalnic.

2 SOLVENTNOST II

Začetki projekta Solventnost II segajo v leto 1998. Evropska komisija je želela prenoviti režim zavarovalnega nadzora in ga uskladiti z bančnim sistemom, ki je že takrat veljal za države članice Evropske Unije.
Prvi večji korak je bil ustanovitev Müllerjeve komisije, sestavljene iz več različnih evropskih nadzornih organov. Njihova glavna vloga je bila, da določijo smernice za okrepitev evropskega nadzora plačilne sposobnosti zavarovalniškega sektorja. Iz teh smernic je nastala direktiva Solventnost I, ki je bila uresničitev priporočil Müllerjeve komisije. Direktiva Solventnost I je imela nekaj kritičnih pomanjkljivosti. Vključevala je strožje zahteve za zagotavljanje plačilne sposobnosti ne le ob koncu poslovnega leta, kot je bilo predpisano s prejšnjimi Direktivami, vendar v vsakem trenutku. Poleg tega je bila uvedena stopnja plačilne sposobnosti z namenom kritja nepričakovanih izgub in prihodnjih tveganj. Glavna težava Solventnosti I je bila v tem, da ni ustrezno upoštevala številnih pomembnih tveganj, kot sta kreditno in tržno tveganje. Kot prejšnje Direktive, se je osredotočala le na obveznosti v bilanci stanja. S tem se je podcenjevalo tveganja povezana z naložbenimi dejavnostmi. Tudi kapitalske zahteve niso bile skladne s tveganji in vrednostjo proizvodov, ki jih prodajajo zavarovalnice.
Evropska Unija se je morala spoprijeti z izzivom vzpostavitve novega režima plačilne sposobnosti, ki bi vključeval naložbene direktive, ki se nanašajo na tehnične rezervacije in ki bi zagotavljal nadzornim organom učinkovita kvalitativna in kvantitativna orodja za oceno in regulacijo plačilne sposobnosti zavarovalniškega sektorja.
Zato je evropska komisija leta 1998 začela z novim in učinkovitejšim "okvirjem nadzora" z namenom povečanja zaupanja potrošnikov s spodbujanjem popolne integracije na finančnih trgih in hkrati zagotoviti visoko raven varstva potrošnikov. Ta novi okvir, znan kot Solventnost II, je bil razvit v dveh fazah: v prvi fazi je bilo izvedenih veliko raziskav in skiciran splošen okvir, v drugi fazi pa so bile splošne smernice implementirane v posebna pravila. V prvi fazi razvoja je KPMG, podjetje za revizijo, priporočilo tridelno strukturo zavarovalnega nadzora, podobno kot je struktura Basel II, modela nadzora bank. V drugi fazi je bila izvedena specifikacija splošnih pogojev. Evropska komisija je uporabila štiri delovne skupine za razvoj in izvajanje pravil. Te skupine so sestavljali člani Odbora za evropsko zavarovanje (CEI) in člani Odbora evropskih nadzornikov za zavarovanje in poklicne pokojnine (CEIOPS). Solventnost II je stopila v veljavo s 1. 1. 2016.
Direktivo Solventnost II morajo upoštevati vse zavarovalnice in pozavarovalnice v

Evropski uniji, katerih bruto premijski dohodek presega 5 mio EUR ali bruto tehnične rezervacije presegajo 25 mio EUR. Države članice Evropske unije (EU) in članice evropskega gospodarskega področja (EGP, ang. *European Economic Area; EEA*) lahko določijo nižje meje.

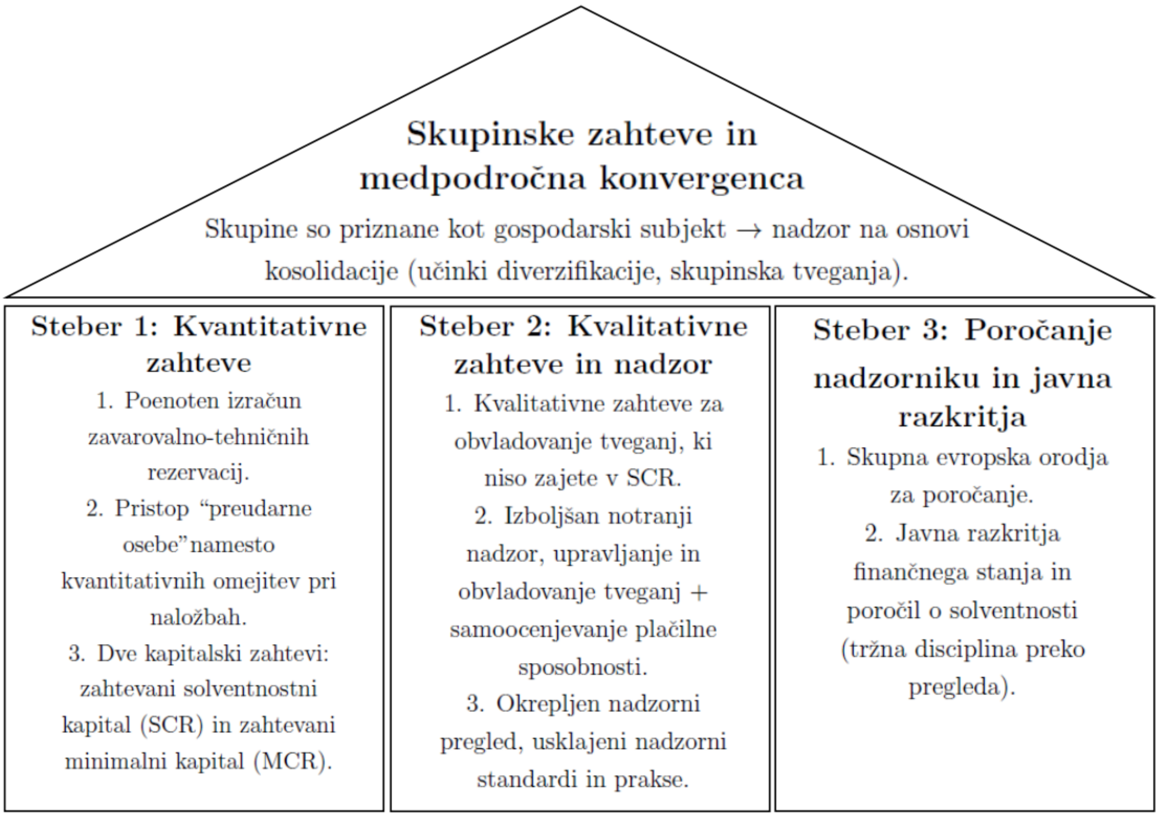
2.1 NAMEN IN CILJ SOLVENTNOSTI II

Med razvojem Solventnosti II je komisija gradila nov regulativni okvir za evropski zavarovalniški sektor. Z uskladitvijo in povečanjem plačilne sposobnosti zavarovalnic je komisija uvedla kapitalske zahteve, ki so bolj občutljive na stopnje tveganj. Eden od ciljev Solventnosti II je bil prisiliti zavarovalnice k boljšemu merjenju in spremljanju tveganj, hkrati pa ustvariti ustrezne spodbude za dobro obvladovanje tveganj.
Solventnost II je reformirala zahteve glede plačilne sposobnosti za življenjske in premoženjske zavarovalnice ter tako izboljšala varstvo zavarovancev, zavarovalcev in upravičencev. Nadomestila je prejšnjo direktivo Solventnosti I o zavarovanju in pozavarovanju. Med glavne cilje spada tudi izboljšanje ureditve in nadzora zavarovalnic in pozavarovalnic s finančno stabilnostjo in pravičnimi ter stabilnimi trgi.
Solventnost II omogoča zavarovalnicam lažje poslovanje z drugimi državami članicami EU in EGP, saj so se predpisi poslovanja zavarovalnic poenotili v vseh državah. Omogoča tudi boljše razporejanje kapitalskih virov in izboljšuje konkurenčnost zavarovalnic na trgu.
Evropske zavarovalnice so največji institucionalni vlagatelji na evropskih finančnih trgih. Ključnega pomena je, da bonitetna ureditev ne omejuje zavarovalnic pri trgovanju z dolgoročnimi naložbami, obenem pa pravilno zajema tveganje. Standardna formula za izračun tržnega tveganja mora biti dovolj podrobna, da lahko poskrbi za različne vrste sredstev in vsebuje različne profile tveganj. Direktiva spodbuja zavarovalnice k vlaganju v enostavnejše vrednostne papirje, ki so bolj pregledni in standardizirani. S tem se zmanjša zapletenost portfelja in tveganje.
Glavni cilji direktive Solventnosti II so torej zaščita zavarovancev in ustvarjanje varnega in stabilnega gospodarstva. Vendar pa je zaradi kompleksnosti direktive doseganje ciljev vprašljivo. Posledično bo ureditev zavarovalništva lahko postala manj razumljiva, pregledna in manj učinkovita.

2.2 STEBRI SOLVENTNOSTI II

Že od samega začetka je bilo jasno, da bo Solventnost II morala prevzeti okvir treh stebrov, podobnih kot jih je za bančništvo predpisal Basel II. Pogosto je zaradi tega poimenovana "Basel za zavarovalnice". Solventnost II temelji na treh stebrih, ki obsegajo poslovanje zavarovalnic. To so kvantitativne zahteve (steber I), kvalitativne zahteve in nadzor (steber II) ter poročanje nadzorniku in javna razkritja (steber III).
Ta princip daje Solventnosti II obliko hiše, ki je sestavljena iz treh stebrov in strehe, kot je prikazano v sliki 1. Za vsak steber bomo posebej opisali kaj predstavlja in obsega. Streha predstavlja zahteve glede skupinskega nadzora, ki je v okviru Solventnosti II enako pomemben kot samostojni nadzor.
Steber I vsebuje dve kapitalski zahtevi: zahtevani solventnostni kapital (SCR), tj. željeni ali ciljni kapital, ki odraža ekonomski kapital zavarovalnice ali pozavarovalnice, ki bi ga potrebovala za poslovanje z majhno verjetnostjo plačilne nesposobnosti, in zahtevani minimalni kapital (MCR), tj. varnostna mreža, ki predstavlja osnovno stopnjo sprožitve za dokončen nadzorni ukrep. SCR se izračuna ali po standardni formuli, ki jo bomo kasneje predstavili, ali po notranjih modelih tveganja, ki morajo biti odobreni s strani nadzornega organa ali s kombinacijo obeh. S tem zagotovijo, da tudi manjše zavarovalnice lahko upravljajo tveganja, ki ustrezajo njihovem poslovanju in so v okviru njihovih zmožnosti. MCR se izračuna po linearni formuli in znaša med 25 % in 45 % SCR-ja. Kvantitativne zahteve stebra I vključujejo bilanco stanja solventnosti s pravili vrednotenja sredstev in obveznosti, zavarovalno-tehničnih rezervacij, naložb in določanje lastnih virov sredstev.
Steber II vsebuje kvalitativne oziroma kakovostne elemente nadzora. Osredotoča se predvsem na pravila upravljanja in obvladovanja tveganj ter na notranje kontrole. Kvalitativne zahteve poudarjajo visoko kakovost procesov upravljanja in strokovnost človeških virov. Pomembno vlogo ima upravni odbor zavarovalnic in pozavarovalnic, ki nosi veliko mero odgovornosti. Pravila in zahteve znotraj tega stebra so razdeljena na dva dela: v prvi del spadata nadzorni organ in splošna pravila, v drugi del pa upravljanje družbe. Zaradi sistema upravljanja tveganj mora vsaka zavarovalnica in pozavarovalnica vsaj enkrat letno oziroma po vsaki pomembni spremembi v sklopu tveganj, izvesti lastno oceno tveganj in solventnosti (ang. *Own Risk and Solvency Assesment* - ORSA). Rezultate sporočijo nadzornemu organu. V Sloveniji ima funkcijo nadzora nad zavarovalnicami in pozavarovalnicami Agencija za zavarovalni nadzor (AZN).
Steber III temelji na preglednosti trga in zahtevah za razkritje. Vključuje pravila za poročanje nadzornim organom in javna razkritja zavarovalnic in pozavarovalnic. Cilj javnih razkritij je uveljavljati tržno disciplino z zahtevo, da zavarovalnice objavijo

dovolj podrobna razkritja o tveganjih, kapitalu in obvladovanju tveganj. S tem spodbujajo vodstvo zavarovalnic, da se zavedajo tveganj. Posledično tudi nadzorni organi pridobijo dovolj informacij za izvajanje nadzora. Zahteve za razkritja Stebra III je potrebno prilagoditi razvoju MSRP (Mednarodni standardi računovodskega poročanja, ang. IAS/IFRS) zaradi preprečevanja podvajanja znotraj dela poročanja. Obstaja močna povezava med Solventnostjo II in MRS (Mednarodni računovodski standardi, ang. IASB). Zavarovalnice in pozavarovalnice morajo letno razkriti poročilo - letno poročilo, ki je javno dostopno in zajema vse bistvene in zgoščene podatke finančnega stanja in solventnosti.



Slika 1: Tristeberna struktura Solventnosti II.

Vsi stebri Solventnosti II so enako pomembni. Prav tako so medsebojno povezani: če se pravilno izvaja upravljanje tveganj (Steber II), zavarovalnica ne bo poslovala brez zadostnega kapitala (Steber I). Če zavarovalnica dobro upravlja (Steber II) in posluje s potrebnim kapitalom (Steber I), potem ni težav, če je poslovanje pregledano s strani nadzornega organa in razkrito javnosti (Steber III).

3 TRŽNO TVEGANJE

3.1 TRŽNO TVEGANJE V SPLOŠNEM

Zavarovalnice večino sredstev vlagajo v različne naložbe. S tem podpirajo svojo osnovno dejavnost – zagotavljanje izplačila škod. Nestabilnost finančnega trga oziroma nihanje tržnih cen naložb ima lahko širše posledice, s katerimi se morajo zavarovalnice soočiti. V okviru prvega stebra Solventnosti II je z vidika upravljanja finančnih naložb tržno tveganje najpomembnejši modul. Predstavlja med 25% in 80% osnovnega zahtevanega kapitala solventnosti (BSCR, *Basic Solvency capital requirement*) vseh držav članic EU in EGP.
Tržno tveganje (ang. *Market risk*) pomeni nevarnost izgube ali neugodne spremembe v finančnem položaju, ki lahko neposredno ali posredno nastane zaradi nihanj v stopnji in nepredvidljivosti tržnih cen sredstev, obveznosti do zavarovalnice in finančnih instrumentov [19].
Gibanje tržnih cen lahko precej ogroža stabilnost zavarovalnice zaradi sprememb cen lastniškega kapitala, obrestnih mer, cen nepremičnin, inflacije, menjalnih tečajev ali cen surovin. Očitno je, da ta nestabilnost vpliva na dejansko tržno vrednost premoženja in dejanski presežek zavarovalnic. Nestabilne tržne cene sredstev vplivajo tudi na obveznosti. Sprememba donosnosti sredstev vpliva na tržno vrednost obveznosti skozi diskontno stopnjo denarnih tokov. Upoštevati moramo, da tržno tveganje vedno obravnavamo z vidika, da se sredstva in obveznosti vrednotijo tržno.

Modul tržnega tveganja sestavljajo naslednji podmoduli, ki jih bomo podrobneje opisali v podpoglavju 3.3:

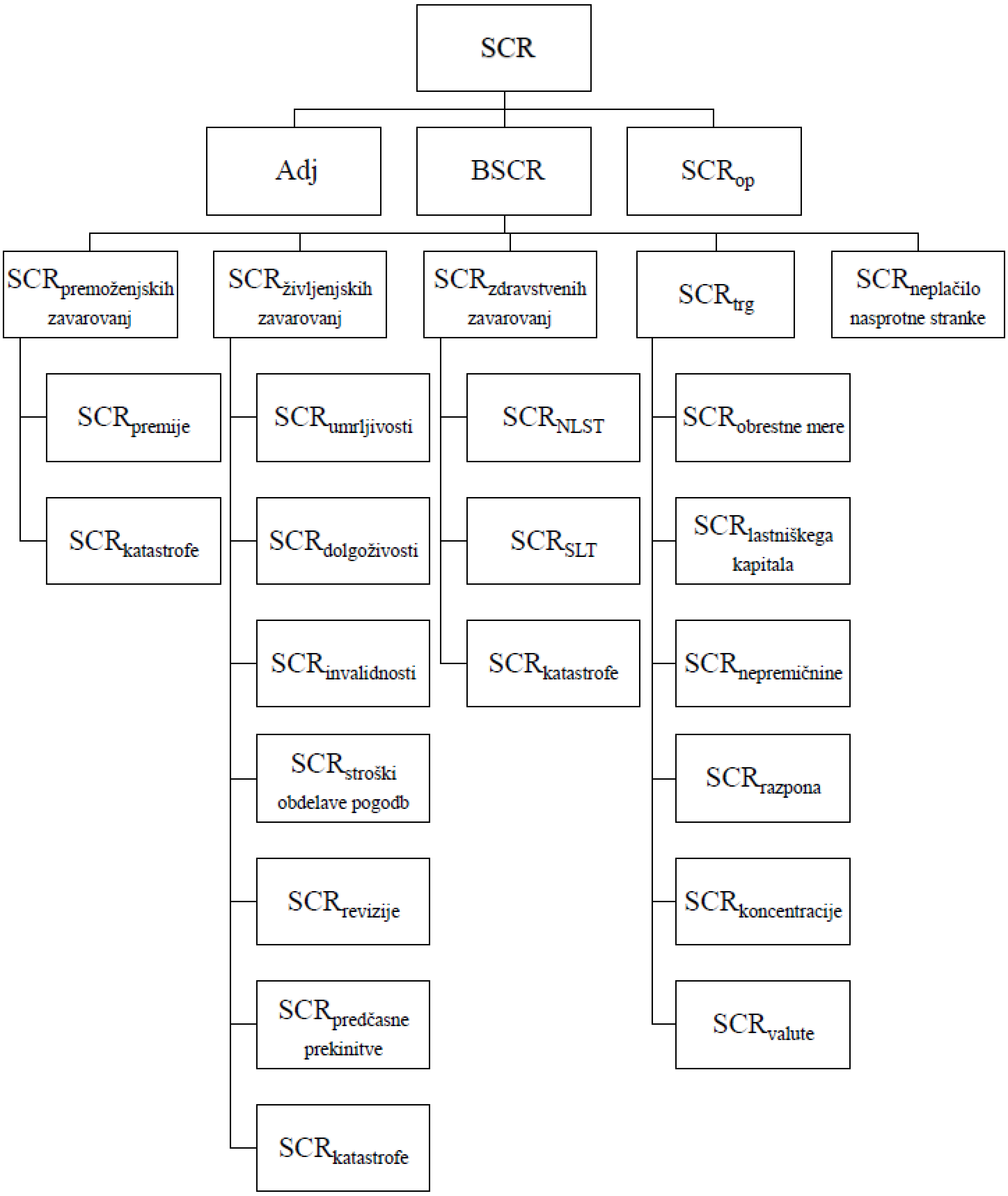
- tveganje obrestne mere (ang. *Interest rate risk*),
- tveganje lastniških vrednostnih papirjev (ang. *Equity risk*),
- tveganje spremembe cen nepremičnin (ang. *Property risk*),
- tveganje razpona (ang. *Spread risk*),
- valutno tveganje (ang. *Currency risk*) in
- tveganje tržne koncentracije (ang. *Concentration risk*).

3.2 STANDARDNA FORMULA SOLVENTNOSTI II

Zahtevani solventnostni kapital (SCR) se lahko izračuna s standardno formulo ali z uporabo notranjega modela, ki ga odobri nadzorni organ. Na podlagi tveganj bi bilo logično, da vse zavarovalnice izračunajo SCR na podlagi notranjega modela, saj le notranji model lahko v celoti zajame posebne razmere tveganj posamezne zavarovalnice. Ko se je pripravljal okvir direktive Solventnosti II, je le majhno število večjih zavarovalnic in pozavarovalnic imelo izkušnje z razvojem notranega modela. Na drugi strani tudi nadzorni organi niso imeli veliko izkušenj z odobritvijo notranjih modelov in potrebnih virov za njihovo obravnavo. Zato se standardna formula na splošno šteje za ugodno formulo za izračun, saj zagotavlja merilo, na podlagi katerega lahko zavarovalnica oceni posamezena tveganja.
Razvoj standardne formule je za večino zavarovalnic in pozavarovalnic v EGP predstavljal velik izziv. Razvila ga je skupina v okviru EIOPA in CEIOPS ter testirala z različnimi kvantitativnimi študiji učinka (ang. *Quantitative investment strategies*, QIS). Standardna formula se je v fazi testiranja močno spremenila. Dogovorjeno je bilo, da se bo redno prilagajala na podlagi izkušenj, ki bodo pridobljene pri uporabi formule. Od sprejetja direktive Solventnosti II, je bila standardna formula spremenjena že štirikrat.

Namen standardne formule je zajeti pomembna merljiva tveganja, ki jim je izpostavljena večina zavarovalnic. Standardna formula je po svoji naravi in zasnovi standarizirana metoda izračuna, zato ni prilagojena individualnemu profilu tveganja za različne zavarovalnice. Zavarovalnice lahko prilagodijo standardno formulo z uporabo posebnih parametrov, ki bolje odražajo specifična tveganja.
Obstaja več možnih pristopov za izračun kapitalskih zahtev po standardni formuli. Ti segajo od enostavnih pristopov, ki temeljijo na dejavnikih, do kompleksnejših pristopov, ki temeljijo na scenarijih.
Pristop, ki temelji na dejavnikih, vključuje množenje obsega določenega dejavnika s faktorjem izpostavljenosti tveganja. Pogosto je to postavka v bilanci stanja ali v izkazu poslovnega izida zavarovalnice. Na primer, višina rezervacij za neporavnane škode je naravni kandidat za merjenje tveganja rezervacij pri premoženjskih zavarovanjih. Pristop, ki temelji na dejavnikih, je enostavno opisati in izračunati, ni pa tako občutljiv na tveganje, ki ga pokriva vsaka zavarovalnica, na težave pri določanju porazdelitve izgube ali na pomembnosti redkih, vendar katastrofalnih izgub.
Pri pristopu, ki temelji na scenariju, pa morajo zavarovalnice preizkusiti svoj solventnosti položaj glede na vrsto neugodnih pogojev. Na primer, za namene izračuna kapitalske zahteve za obrestno tveganje bi lahko zavarovalnice zahtevale, da ocenijo spremembo čiste vrednosti sredstev vseh svojih finančnih instrumentov občutljivih na spremembo

obrestne mere. Pristop, ki temelji na scenariju, je bolj občutljiv na tveganje kot enostaven pristop, ki temelji na dejavnikih, in je lahko dinamičen (tj. lahko upošteva, kako bi se vodstvo odzvalo na dogodek, na katerem temelji scenarij v določenem časovnem obdobju). Njegova pomanjkljivost je najti scenarije, ki jih je mogoče preizkusiti z razpoložljivimi podatki in ki predstavljajo najslabši primer za veliko večino zavarovalnic, glede na edinstvenost tveganja, ki ga pokriva posamezna zavarovalnica.



Slika 2: Modularna arhitektura standardne formule.

Višina zahtevanega solventnostnega kapitala ustreza tvegani vrednosti (VaR, ang. *Value-at-Risk*) osnovnih lastnih virov sredstev zavarovalnice s stopnjo zaupanja 99,5% za obdobje enega leta [19]. Matematično je SCR opredeljen kot

$$P(AC_1 > 0 | AC_0 = x) \geq 99,5\%,$$

kjer je AC razpoložljivi kapital (opredeljen je kot razlika med tržno vrednostjo sredstev in obveznosti).

Zahtevani solventnostni kapital, izračunan na podlagi standarne formule, je sestavljen iz:

- osnovnega SCR ($BSCR$),
- kapitalske zahteve za operativno tveganje (SCR_{op}),
- prilagoditve zaradi zmožnosti absorbcije izgub zavarovalno-tehničnih rezervacij in odloženih davkov (Adj).

Osnovna standardna formula za SCR:

$$SCR = BSCR + SCR_{op} - Adj.$$

Najpomembnejši element te formule predstavlja osnovni zahtevani solventnostni kapital. Izračunamo ga tako, da združimo različne module tveganja in podmodule tveganj standardne formule z upoštevanjem korelacijskih učinkov. Vsak od modulov je kalibriran s tvegano vrednostjo VaR z $99,5\%$ stopnjo zaupanja za obdobje enega leta. Pokriva vsa merljiva tveganja za obstoječe posle, kot tudi za nove posle, za katere se pričakuje, da bodo sklenjeni v naslednjih 12 mesecih. Z uporabo korelacijskih matrik zajamemo učinke razpršenosti. V osnovi korelacije zagotavljajo upoštevanje dejstva, da se hkrati pojavijo različna tveganja. Odvisnost med tveganji lahko v celoti zajamemo z uporabo linearnega korelacijskega koeficienta. V primerih, da se tveganja pojavijo istočasno, je potrebno rezultate modulov sešteti za določitev kapitalske zahteve. Izbira korelacijskih parametov pomembno vpliva na končni rezultat SCR-ja, kot je razvidno iz formul. Združevanje rezultatov v standardni formuli temelji na predpostavki, da je odvisnost med porazdelitvami mogoče v celoti zajeti z linearnimi korelacijami. Vendar uporaba linearnih korelacij lahko privede do podcenjenih ali precenjenih kapitalskih zahtev. Razloga za to sta, da odvisnost med porazdelitvami ni linearna in osnovna porazdelitev tveganj se močno razlikuje od normalne porazdelitve. Zato morajo biti v standardni formuli korelacijski koeficienti izbrani tako, da dosežemo najboljši približek $99,5\%$ tvegane vrednosti VaR za skupno kapitalsko zahtevo. Za tveganja, ki niso povezana, je po direktivi izbran korelacijski parameter 0.

BSCR obsega naslednje module tveganja:

- tveganje premoženjskega zavarovanja,
- tveganje življenjskega zavarovanja,
- tveganje zdravstvenega zavarovanja,
- tržno tveganje,
- tveganje neplačila nasprotne stranke (kreditno tveganje) in
- tveganje neopredmetenih sredstev.

Izračuna se po naslednji formuli:

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \cdot SCR_i \cdot SCR_j} + SCR_{intagibles},$$

pri čemer vsota zajema vse možne kombinacije i in j modulov tveganja, ter kapitalske zahteve za tveganje neopredmetenih sredstev.
Korelacijski parameter $Corr_{i,j}$ označuje kombinacijo modulov tveganja iz vrstice i in stolpca j naslednje korelacijske matrike:

Tabela 1: Korelacijska matrika za izračun BSCR.

i, j	Tržno	Neplačilo nasprotne stranke	Življenjsko zavarovanje	Zdravstveno zavarovanje	Premoženjsko zavarovanje
Tržno	1	0,25	0,25	0,25	0,25
Neplačilo nasprotne stranke	0,25	1	0,25	0,25	0,5
Življenjsko zavarovanje	0,25	0,25	1	0,25	0
Zdravstveno zavarovanje	0,25	0,25	0,25	1	0
Premoženjsko zavarovanje	0,25	0,5	0	0	1

V magistrski nalogi se bomo osredotočili na kreditno tveganje v povezavi s tržnim tveganjem.

Kapitalska zahteva za tržno tveganje se po standardni formuli izračuna po naslednji formuli:

$$SCR_{market} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \cdot SCR_i \cdot SCR_j},$$

kjer:

a) $Corr_{i,j}$ označuje korelacijski parameter za podmodula i in j tržnega tveganja,

b) SCR_i in SCR_j označujeta kapitalske zahteve za podmodula i in j.

Korelacijski parameter je enak postavki iz vrstice i in stolpca j naslednje korelacijske matrike:

Tabela 2: Korelacijska matrika za izračun tržnega tveganja po Solventnosti II.

i, j	Obrestna mera	Lastniški kapital	Nepremičnina	Razpon	Koncentracija	Valuta
Obrestna mera	1	A	A	A	0	0,25
Lastniški kapital	A	1	0,75	0,75	0	0,25
Nepremičnina	A	0,75	1	0,5	0	0,25
Razpon	A	0,75	0,5	1	0	0,25
Koncentracija	0	0	0	0	1	0
Valuta	0,25	0,25	0,25	0,25	0	1

Parameter A je enak $0,5$, če je šok znižanja za tveganje obrestne mere višji od šoka zvišanja, sicer je 0.

3.3 KOMPONENTE TRŽNEGA TVEGANJA

3.3.1 Tveganje obrestne mere

Tveganje obrestne mere obstaja za vsa sredstva in obveznosti, za katere je neto vrednost občutljiva na spremembe v strukturi obrestnih mer ali na nestabilnosti obrestnih mer. Med sredstva, ki so občutljiva na spremembe obrestne mere, spadajo naložbe s fiksnim donosom, finančni instrumenti (npr. dolžniški kapital), posojila, izvedeni finančni instrumenti in nekatera zavarovalna sredstva. Diskontirana vrednost denarnih tokov prihodnjih obveznosti je občutljiva na spremembe v stopnji, po kateri se ti denarni tokovi diskontirajo.
Kapitalska zahteva za tveganje obrestne mere je enaka večji od naslednjih vsot:

- vsoti kapitalskih zahtev v vseh valutah za tveganje zvišanja v časovni strukturi obrestnih mer,
- vsoti kapitalskih zahtev v vseh valutah za tveganje znižanja v časovni strukturi obrestnih mer.

Kapitalske zahteve za tveganje obrestne mere se izračunajo na naslednji način:

$$SCR_{int} = \max(IR_{up}, IR_{down}, 0),$$

kjer sta IR_{up} in IR_{down} razliki dani z delegirano uredbo, ki ustrezata šoku zvišanja in znižanja.

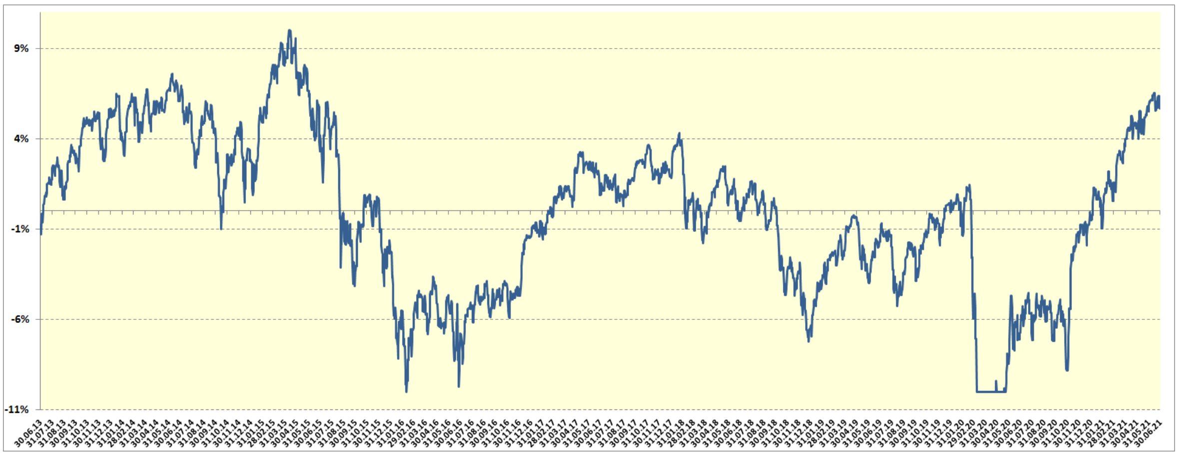
3.3.2 Tveganje lastniških vrednostnih papirjev

Tveganje lastniških vrednostnih papirjev je bilo predmet številnih razprav. V podmodul so vključeni:

- lastniški vrednostni papirji **tipa 1** - lastniški vrednostni papirji, ki kotirajo na urejenih trgih v državah članicah EGP ali OECD in
- lastniški vrednostni papirji **tipa 2** - lastniški vrednostni papirji, ki kotirajo na borzah držav, ki niso članice EGP ali OECD, lastniški vrednostni papirji, ki ne kotirajo na borzah, blago ali druge alternativne naložbe. Obsegajo tudi vsa sredstva, ki niso zajeta v podmodul tveganja obrestne mere, podmodul tveganja spremembe cen nepremičnin ali podmodul tveganja razpona vključno s sredstvi in posrednimi izpostavljenostmi.

Že pred sprejetjem direktive Solventnost II so številne zavarovalnice in pozavarovalnice znatno zmanjšale investiranje v lastniške naložbe, predvsem po krizi kapitalskega trga na začetku 21. stoletja. Solventnost II daje prednost investiranju v dolžniške vrednostne papirje, saj je vrednost teh naložb bolj stabilna in ponuja boljše ujemanje z dolgoročnimi obveznostmi ter zagotavlja redne denarne tokove. Večina strokovnjakov se strinja, da so naložbe v lastniške vrednostne papirje tvegane za obdobje enoletnega investiranja, saj se mora naložba izražati v kapitalu. Tveganje lastniških vrednostnih papirjev temelji na dveh scenarijih tveganja, ki predvidevata padec tržnih cen lastniških vrednostnih papirjev za 39% ali za 49%, odvisno od vrste lastniškega vrednostnega papirja brez upoštevanja razpršenosti.
Podmodul tveganja lastniških vrednostnih papirjev nima fiksnega šoka kot ostali podmoduli tržnega tveganja. Osnovna stopnja šoka tveganja lastniških vrednostnih papirjev je 39% za lastniške vrednostne papirje tipa 1 in 49% za lastniške vrednostne papirje tipa 2. Glede na status triletnega cikla kapitalskega trga lahko moduliramo ±10 točk.

To pomeni, da na trgu v ciklu naraščanja vrednost SCR-ja za lastniške vrednostne papirje narašča, medtem pa vrednost SCR-ja pada na trgih v ciklu padanja. Gre za tako imenovano simetrično prilagoditev zahtev lastniškega kapitala, imenovano tudi blažilec lastniškega kapitala, ki je bila v Solventnosti II uvedena kot odziv na finančni krizi leta 2008/2009. Namen je bil omiliti prociklične tržne učinke, npr. močna prodaja kot posledica kratkoročnih gibanj tržnih cen. EIOPA na svoji spletni strani objavlja na mesečni ravni podatke za simetrično prilagoditev zahtev lastniškega kapitala.
Vrednosti simetrične prilagoditve se gibljejo med 10% in −10%. Na dan 31. 12. 2019 je bila simetrična prilagoditev $-0,08\%$, 31. 3. 2020 je bila -10%, 31. 12. 2020 je bila $-0,41\%$, na 30. 6. 2021 pa je bila simetrična prilagoditev $5,66\%$.



Slika 3: Gibanje simetrične prilagoditve od 2013 − 2021.

Zaradi simetrične prilagoditve so naložbe v lastniške vrednostne papirje dražje na rastočem trgu in cenejše v času, ko indeksi lastniškega kapitala padajo. Cilj zavarovalnic je, da preprečijo prodajo naložbe zaradi neugodnih gibanj na finančnih trgih ter preprečiti množično prodajo, ki bi še dodatno vplivala na cene lastniških vrednostnih papirjev. Zato je potrebno upoštevati tudi simetrično prilagoditev. Šok z upoštevanjem simetrične prilagoditve za lastniške vrednostne papirje tipa 1 se giblje med 29% in 49%, za lastniške vrednostne papirje tipa 2 pa med 39% in 59%.
Direktiva (169. člen) določa kapitalske zahteve za lastniške vrednostne papirje na naslednji način:

- lastniške vrednostne papirje tipa 1:
  - 39% (brez uporabe simetrične prilagoditve),
  - 22% za strateške naložbe v hčerinske družbe,
  - 22% za dolgoročne naložbe;

- lastniške vrednostne papirje tipa 2:
  - 49% (brez uporabe simetrične prilagoditve),
  - 22% za strateške naložbe v hčerinske družbe,
  - 22% za dolgoročne naložbe;
- kvalificirane lastniške papirje za financiranje infrastrukture:
  - 30% in upoštevanje 77% simetrične prilagoditve,
  - 22% za strateške naložbe v hčerinske družbe,
  - 22% za dolgoročne naložbe;
- kvalificirane lastniške vrednostne papirje infrastrukturnih podjetij:
  - 36% in upoštevanje 92% simetrične prilagoditve,
  - 22% za strateške naložbe v hčerinske družbe,
  - 22% za dolgoročne naložbe.

Kapitalske zahteve za tveganje lastniških vrednostnih papirjev se izračunajo na naslednji način

$$SCR_{equity} = \sqrt{SCR^2_{type1equity} + 2 \cdot 0,75 \cdot SCR_{type1equity} \cdot SCR_{type2equity} + SCR^2_{type2equity}},$$

pri čemer $SCR_{type1equity}$ označuje kapitalske zahteve za lastniške vrednostne papirje tipa 1 in $SCR_{type2equity}$ označuje kapitalske zahteve za lastniške vrednostne papirje tipa 2 [7].

3.3.3 Tveganje spremembe cen nepremičnin

Tveganje spremembe cen nepremičnin nastane kot posledica občutljivosti sredstev, obveznosti in finančnih instrumentov na spremembo ravni ali nestabilnost tržnih cen nepremičnin.
Pri podmodulu tveganja spremembe cen nepremičnin se upoštevajo naslednje naložbe:

- zemljišča, zgradbe in pravice do nepremičnin,
- neposredna ali posredna udeležba v nepremičninskih družbah, ki ustvarjajo periodične dohodke ali pa so drugače namenjene za naložbene namene,
- naložbene nepremičnine za lastno uporabo zavarovalnice ali pozavarovalnice.

Kapitalska zahteva za neposredne naložbe v nepremičnine znaša 25%. Ne razlikuje se za različne nepremičninske razrede. Šok temelji na britanskih podatkih. Domnevalo se je, da bi lahko uporabili nepremičninski trg Velike Britanije kot dober primer za povprečni evropski nepremičninski trg. Profili tveganja izpostavljenosti do nepremičnin v tretjih državah se bistveno ne razlikujejo od profila tveganj na evropskih trgih nepremičnin. Vprašljivo je, ali lahko britanski trg nepremičnin obravnavamo kot predstavnika za evropski trg nepremičnin. Predstavniki organizacij nepremičninskih sektorjev trdijo, da raziskave, ki so jih izvedli kažejo, da bi bilo potrebno kapitalsko zahtevo znižati na 15%. Druga rešitev bi bila, da bi razvili bolj natančen podmodul v standardni formuli z nadaljnjim razlikovanjem med različnimi vrstami nepremičnin ali pa bi morale zavarovalnice z velikim portfeljem nepremičnin razviti svoj notranji model za izračun tveganja.

3.3.4 Tveganje razpona

Tveganje razpona nastane kot posledica občutljivosti sredstev, obveznosti in finančnih instrumentov na spremembe ravni ali nestabilnosti kreditnega razpona pri terminski strukturi netvegane obrestne mere.
Model tveganja razpona za izračun kapitalske zahteve vključuje obveznice, posojila zajamčena s hipotekami, strukturirane kreditne produkte in kreditne izvedene finančne instrumente.

Zavarovalnice ali pozavarovalnice za izračun SCR v skladu s standardno formulo lahko uporabijo zunanje bonitetne ocene, če jih je izdala ali potrdila zunanja bonitetna institucija (ECAI).
Imenujejo enega ali več ECAI, ki jih bodo uporabile za izračun SCR v skladu s standardno formulo. Bonitetna ocena se mora uporabljati dosledno in ne selektivno. Da se izognejo pristranskim ocenam kreditnega teganja, ki ne uporabljajo odobrenega notranjega modela, zavarovalnice ne smejo uporabljati lastne bonitetne ocene, saj bi lahko vodilo do nižje kapitalske zahteve od tiste, ki je posledica zunanje bonitetne ocene. V večini primerov morajo zavarovalnice ali pozavarovalnice imenovati več ECAI, da pokrijejo celotni portfelj.
Da bi zmanjšale zanašanje na zunanje bonitetne ocene, zavarovalnice ali pozavarovalnice poskušajo razviti lastno bonitetno oceno za vse svoje izpostavljenosti. Pripraviti morajo lastno bonitetno oceno za svoje večje ali bolj zapletene izpostavljenosti. Lastna bonitetna ocena lahko privede do višje kapitalske zahteve kot tista pridobljena z ECAI. Zavarovalnice ali pozavarovalnice morajo v svojem poročilu o solventnostnem položaju razkriti, kako ugotavljajo ustreznost bonitetnih ocen ECAI, vključno s tem kako in v kolikšni meri se uporabljajo bonitetne ocene ECAI.

Podrobneje bomo tveganje razpona predstavili v poglavju 4.4.

3.3.5 Valutno tveganje

Valutno tveganje nastane zaradi sprememb nivoja ali nestabilnosti valutnih tečajev. Zavarovalnice so zelo izpostavljene valutnemu tveganju, ki izhaja iz vseh možnih virov, predvsem iz naložb.
Lokalna valuta je valuta, v kateri zavarovalnica pripravi svoje računovodske izkaze. Vse druge valute so zavedene kot tuje valute. Za izračun valutnega tveganja je pomembna tuja valuta, saj je znesek lastnih sredstev odvisen od menjalnega tečaja med tujo in lokalno valuto.
Kapitalska zahteva valutnega tveganja je enaka vsoti kapitalskih zahtev valutnega tveganja za vsako tujo valuto. Za vsako tujo valuto je enaka višjemu od zneskov kapitalske zahteve za tveganje povečanja vrednosti tuje valute glede na lokalno valuto in kapitalske zahteve za tvegaje zmanjšanja vrednosti tuje valute glede na lokalno valuto. Kapitalska zahteva za tveganje povečanja vrednosti tuje valute glede na lokalno valuto je enaka izgubi osnovnih lastnih sredstev, ki bi bila posledica takojšnjega povečanja vrednosti tuje valute za 25% v primerjavi z lokalno valuto. Kapitalska zahteva za tveganje zmanjšanja vrednosti tuje valute glede na lokalno valuto je enaka izgubi osnovnih lastnih sredstev, ki je posledica takojšnjega zmanjšanja vrednosti tuje valute za 25% v primerjavi z lokalno valuto.

3.3.6 Tveganje tržne koncentracije

Tveganje tržne koncentracije je opredeljeno kot vse izpostavljenosti tveganju z možnostjo dovolj velike izgube, da ogroža plačilno sposobnost ali finančni položaj zavarovalnice.
Tveganje tržne koncentracije zajema predvsem sredstva, ki se upoštevajo pri tveganju obrestne mere, tveganju lastniških vrednostnih papirjev, tveganju razpona in tveganju spremembe cen nepremičnin znotraj modula tržnega tveganja, razen če so ta sredstva zajeta v modulu tveganja neplačila nasprotne stranke. S tem se izognemo podvajanju v izračunu.
Sredstva, ki so del kritnih skladov z naložbenim tveganjem (KSNT), ne upoštevamo pri izračunu tveganja. Ker te police vsebujejo jamstva, se formuli za izračun kapitalske zahteve za tveganje tržne koncentracije doda prilagoditev. Naredimo izračun na podlagi pristopa predvidenih dogodkov. S tem upoštevamo del tveganja, ki ga nosi zavarovalnica.
Zaradi enostavnosti in doslednosti je opredelitev tveganja tržne koncentracije za finančne instrumente omejena na tveganje izpostavljenosti do iste nasprotne stranke.

Ne vključuje drugih vrst koncentracij, kot je na primer geografsko območje ali industrijski sektor.
Kapitalske zahteve za koncentracijo tržnega tveganja se izračunajo na podlagi posameznih izpostavljenosti. Za ta namen se izpostavljenosti do podjetij, ki spadajo v isto skupino podjetij, obravnavajo kot ena posamezna izpostavljenost. Podobno se nepremičnine, ki se nahajajo v isti stavbi, obravnavajo kot ena posamezna nepremičnina [7].
Izpostavljenosti obveznic in posojil izdanih ali zavarovanih s strani evropske centralne banke, držav članic EGP in skladi v lokalni valuti so izvzeti iz kapitalskih zahtev za tveganje tržne koncentracije. Podobno se obravnavajo obveznice in posojila ali garancije izdani s strani regionalnih vlad in državnih organov.
Tveganje, ki izhaja iz koncentracije denarnih sredstev, ki se nahajajo na banki, je zajeto v modulu tveganja neplačila nasprotne stranke, medtem ko se tveganja, ki ustrezajo koncentraciji drugih denarnih sredstev, odražajo v tveganju tržne koncentracije. Bančni depoziti, ki jih obravnavamo v podmodulu tveganja koncentracije, so izvzeti, če njihova vrednost zajema sistem jamstva za vloge na območju EGP. Jamstvo se brezpogojno uporablja za podjetje in pod pogojem, da ne pride do dvojnega štetja v drugem podmodulu v izračunu SCR-ja.

Kapitalske zahteve za koncentracijo tržnega tveganja se izračunavajo kot

$$SCR_{conc} = \sqrt{\sum_i Conc_i^2},$$

pri čemer vsota zajema vse posamezne izpostavljenosti i in $Conc_i$ označuje kapitalske zahteve za koncentracijo tržnega tveganja v zvezi s posamezno izpostavljenostjo i [7].
Za vsako posamezno izpostavljenost i so kapitalske zahteve za koncentracijo tržnega tveganja $Conc_i$ enake izgubi osnovnih lastnih sredstev kot posledici takojšnjega zmanjšanja vrednosti sredstev, ki ustrezajo posamezni izpostavljenosti i, ki je enako

$$Conc_i = XS_i \cdot g_i,$$

pri čemer je XS_i presežek izpostavljenosti in je g_i faktor tveganja za koncentracijo tržnega tveganja [7].

Presežek izpostavljenosti za posamezno izpostavljenost i izračunamo po formuli

$$XS_i = \max(0; E_i - CT_i \cdot Assets),$$

kjer:

a) E_i označuje izpostavljenost ob neplačilu za posamezno izpostavljenost i,

b) CT_i označuje relativni prag izpostavljenosti in

c) $Assets$ označuje osnovo za izračun koncentracije tržnega tveganja.

Tabela 3: Relativni prag izpostavljenosti CT_i za vsako posamezno izpostavljenost i

Stopnja kreditne kvalitete izpostavljenosti i	Relativni prag izpostavljenosti CT_i
0-2	3%
3-6	1,5%

Tabela 4: Faktor tveganja g_i za vsako posamezno izpostavljenost i

Stopnja kreditne kvalitete izpostavljenosti i	Faktor tveganja g_i
0-1	12%
2	21%
3	27%
4-6	73 %

3.4 NOTRANJI MODEL IN KRITIKE NA STANDARDNO FORMULO

3.4.1 Težave in kritike standarne formule Solventnosti II

Obstaja več razprav v zvezi s kapitalskimi zahtevami. Najbolj zanimive so tiste o učinkoviti razporeditvi tveganj med več storitvami poslovanja in o ukrepih. Razdelitev kapitala med različne dejavnosti poslovanja je ključnega pomena. Dotaknimo se vprašanja, kako razdeliti kapital med posamezna tveganja $X_1, X_2, \ldots, X_n$, če je zahtevani kapital $\rho(X)$ določen za celotno tveganje X, kjer je X vsota posameznih tveganj. Definiramo mero tveganja $K = \rho(X)$ za celotno tveganje X. Naj bo K_i porazdelitev K na i-to tveganje. Veliko ekonomistov je poskušalo določiti učinkovito porazdelitev. Denault je v svojem delu [6] definiral skladno razporeditev kapitala. Upoštevati je potrebno naslednje:

- popolna razporeditev: celoten kapital je razporejen na tveganja,

- brez nižanja: veljati mora $K_a + K_b + \cdots + K_z \leq \rho(X_a + X_b + \cdots + X_z)$ za poljubno podmnožico $\{a, b, \ldots, z\}$ množice $\{1, 2, \ldots, n\}$: to pomeni da, če obstajajo samo posamezna tveganja, vsaka razčlenitev skupnega tveganja ne bo povečala kapitala,

- simetričnost: v okviru vsake razčlenitve, zamenjava enega tveganja X_i z enakim tveganjem X_j ne bo povzročala sprememb razporeditve,

- netvegana razporeditev: razporeditev kapitala na tveganje, ki nima negotovosti, je nič.

Te lastnosti ne zadostujejo, da bi določili samo eno metodo razporeditve kapitala. Za nekatere ekonomiste je dovolj, da sklepajo, da za razporeditev kapitala uporabljajo VaR. Splošna standardna metoda Solventnosti II ni dovolj za učinkovito razporeditev kapitala.

Naslednja pomembna kritika standardne formule je uporaba VaR kot statistične mere. VaR je tvegana vrednost "vse ali nič", kadar dogodek povzroči propad podjetja, saj ni več kapitala za amortizacijo izgub. Zato mnogi ekonomisti predlagajo uporabo alternativnih mer za tveganje. Overbeck je predlagal uporabo povprečne repne tvegane vrednosti, TVaR, ki zagotavljajo definicijo slabih časov: časi, ko izguba preseže nek prag, vendar brez porabe vsega razpoložljivega kapitala. Definiramo ga na naslednji način: $TVaR_q = E[X|X > x_q]$.
Uporaba TVaR pomeni tudi drugačno razporeditev kapitala po dejavnostih: v tem primeru bi morala biti razporeditev kapitala za vsako tveganje odvisna od porazdelitve specifičnega tveganja skupnega kapitala, tj.: $K_j = E[X_j|X > x_q]$.
Ta formula preprosto pomeni, da je zahtevani kapital za vsako tveganje pričakovan prispevek k primanjkljaju, ko do tega pride.

Predmet razprave je tudi dejstvo, da standardna formula uporablja logaritemsko normalno porazdelitev s parametroma $(1, \sigma)$. Pri tem je standardni odklon izračunan v skladu z navodili delegirane uredbe. Mnogi ekonomisti menijo, da bi morala podjetja izračunavati SCR glede na tveganja, s katerimi se posamezna podjetja srečujejo. Menijo tudi, da porazdelitev s povprečjem 1 ni ustrezna. To lahko vidimo iz preurejene formule SCR, ki so jo je predstavili tudi v QIS 5:

$$(F^{-1}(0,995) - 1) \cdot V = F^{-1}(0,995) \cdot V - V,$$

kjer je F porazdelitev celotnega tveganja in V mera izpostavljenosti.
Formula SCR je razlika med pričakovano vrednostjo in $99,5\%$ kvantilom pomnožena z mero izpostavljenosti V. Uporaba take standardne formule vodi do sistematične

pristranskosti pri izračunu SCR. Nekatere zavarovalnice imajo lahko prednosti zaradi zmanjšanja SCR. S tem pa na eni strani prihaja do težave podcenjevanja kapitalskih zahtev, ki izhajajo iz standardne formule, po drugi strani pa lahko rečemo, da so zavarovalnice, ki imajo največ koristi od uporabe standardne formule, najbolj izpostavljene tveganjem. To dejstvo je sporno s političnega vidika, saj s tem postane varstvo potrošnikov, ki je eno od osrednjih vprašanj reforme, manjše. Če standardna formula sistematično podcenjuje zgoraj navedeni izračun SCR, lahko privede do nedoslednosti v direktivi Solventnost II, kar pa je zaradi skladnosti nezaželjeno.

3.4.2 Notranji model

Solventnost II je ena prvih zavarovalniških regulativnih režimov na svetu, ki omogoča uporabo notranjega modela za izračun zahtevanega kapitala. Notranji model je lahko bolj občutljiv na tveganje, poda natančnejšo analizo, nadzor in upravljanje finančnega stanja zavarovalnice kot standardni model. V idealnem svetu bi vsa podjetja uporabljala notranji model, saj standardna formula ne zajame specifičnega položaja vsakega podjetja.
Zavarovalnice lahko razvijejo delni ali celotni notranji model. Celotni notranji model nadomesti celotno standardno formulo, delni notranji model pa nadomesti standardno formulo za izračun posameznih modulov ali podmodulov tveganj. Kot je določeno v ZZavar-1 [19], zavarovalnice lahko uporabljalo delni notranji model za izračun kapitalskih zahtev:

- enega ali več modulov ali podmodulov tveganj BSCR,
- kapitalske zahteve za operativno tveganje,
- prilagoditev zaradi možnosti pokrivanja izgub s hkratnim zmanjšanjem zavarovalno-tehničnih rezervacij in zaradi odloženih davkov.

Solventnost II zahteva odobritev notranjega modela s strani nadzornega organa. Nadzorni organ mora imeti vpogled v delovanje modela. Statistično modeliranje je nujno pri vsakem notranjem modelu, saj poskuša določiti verjetnostno porazdelitev izkazanega poslovnega izida in razpoložljivih lastnih sredstev zavarovalnice.

Splošna shema izgradnje notranjega modela:

1. korak: postavitev ciljev - ali bomo razvili delni ali celotni notranji model,
2. korak: zbiranje, pregled, obdelava in začetna anliza podatkov,
3. korak: specifikacija modela,

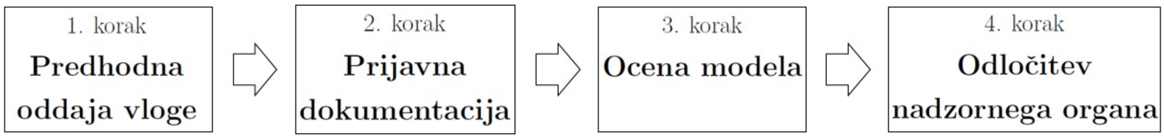
4. korak: vgradnja modela - ocena ustreznosti,

5. korak: preverjanje in potrjevanje modela,

6. korak: pripravljena dokumentacija modela,

7. korak: odobritev.

Postopek potrjevanja modela je sestavljen iz štirih korakov:



Slika 4: Koraki postopka potrjevanja notranjega modela.

Prvi korak je predhodna prijava. Ni obvezen korak, vendar ga EIOPA priporoča, saj lahko da zavarovalnici pomembne smernice pri razvoju modela. Koristno pa je tudi za nadzorni organ, ki se seznani s tem kako zavarovalnica organizira uradno prijavo za odobritev notranjega modela in drugih informacij. Posledično bo to nadzornemu organu olajšalo in pospešilo odobritev, saj bodo v naslednjem koraku prejeli prijavo z vpogledom v ozadje notranjega modela zavarovalnice.
Drugi korak je priprava dokumentacije, ki razkrije obseg modela, tehnične značilnosti, upravljanje in nabor podatkov. Od zavarovalnic se zahteva, da predložijo potrebno dokumentacijo po ZZavar-1, ki izpolnjuje pogoje testa uporabnosti, standarde kakovosti statističnih podatkov, standarde kalibracije, opredelitve vzrokov in virov dobička oziroma izgube, standarde preverjanja ustreznosti in standarde dokumentiranja.
Nato ima nadzorni organ največ 6 mesecev za analizo in oceno modela, ki je tretji korak potrjevanja. Nadzorni organ mora na podlagi dokumentacije ugotoviti ali lahko zavarovalnica model uporablja ter ga nato potrditi ali ne. Odločitev temelji na smernicah direktive Solventnosti II.
V četrtem koraku se mora nadzorni organ odločiti ali bo potrdil celotni notranji model, s čimer zavarovalnici daje možnost, da začne model uporabljati takoj, ali pa ga odobri delno, kar pomeni, da mora zavarovalnica ponovno pregledati model in odpraviti težave. Nadzornik lahko model tudi zavrne. Zavarovalnica mora še 3 leta vzporedno uporabljati standardno formulo.

Z uporabo notranjega modela imajo zavarovalnjice boljše razumevanje tveganj in posledično boljše obvladovanje tveganj, poleg tega pa lahko izboljšajo odločanje. S tem dosežejo konkurenčno prednost v primerjavi z drugimi zavarovalnicami. Razvoj trdnega notranjega modela ni lahka naloga in stroški, povezani z razvojem, potrjevanjem ter izpolnjevanjem predpisov, ki jih zahtevajo nadzorni organi, so lahko res visoki.

4 KREDITNO TVEGANJE

4.1 KREDITNO TVEGANJE V SPLOŠNEM

Kreditno tveganje je tveganje finančne izgube, ki je posledica neplačila ali gibanja kreditne kakovosti izdajateljev vrednostnih papirjev (naložbeni portfelj podjetja), dolžnikov (imetniki hipotek) ali nasprotnih strank (imetniki pozavarovalnih pogodb, izvedenih pogodb, danih posojil) in posrednikov, do katerih je podjetje izpostavljeno. Kreditno tveganje se za splošno finančno podjetje nanaša na negotovost ali bo nasprotna stranka izpolnila finančno obveznost. Ker je do neke mere prisotno v vsakem finančnem sredstvu, je osrednja sestavina portfeljskih tveganj. Pomembno vlogo ima tudi pri določanju cen finančnih sredstev, s čimer ima vpliv na obrestne mere, ki jih morajo posojilojemalci plačati. Za zavarovalnice je glavno kreditno tveganje pozavarovanje.

Obstajata dve glavni sestavini pri vrednotenju kreditnega tveganja:

- verjetnost neplačila (PD, ang. *probability of default*),
- izguba ob neplačilu (LGD, ang. *loss-given-default*).

Vrednost LGD je običajno manjša od zneska posojila. PD je določen s posebnimi strukturnimi vidiki podjetja, sektorjem, ki mu pripada posojilojemalec in splošnim gospodarskim okoljem. Obstajata dve vrsti modelov za določanje PD: računovodski modeli in tržni modeli.

Kreditno tveganje neplačila (ang. *default credit risk*) je tveganje, da podjetje zneska ne bo prejelo v celoti, delne ali zamudne denarne tokove ali sredstva, do katerih je upravičeno, ker nasprotna stranka, s katero ima sklenjeno pogodbo, ne bo plačala. V to tveganje je vključeno tveganje znižanja kreditne bonitete, posredno tveganje ali tveganje razpona. Tveganje znižanja kreditne bonitete izmerimo s spremembo bonitetne ocene. S tveganjem znižanja kreditne bonitete mislimo na prihodnje tveganje spremembe verjetnosti neplačila s strani dolžnika, ki bi vplivalo na sedanjo vrednost pogodbe.

Posredno kreditno tveganje je tveganje zaradi zaznavanja tržnega povečanja tveganja na mikro in makro osnovi. Razlog za to je, da želimo zmanjšati možnost arbitražnega tveganja od bančništva do zavarovalniškega sektorja in obratno. Tveganje poravnave

izhaja iz razlike med datumom valute in datumom poravnave transakcij z vrednostnimi papirji. S tveganjem države mislimo na zmanjšanje vrednosti tujih sredstev ali povečanje vrednosti obveznosti izraženih v tujih valutah. To obravnavamo že v okviru valutnega tveganja v podpoglavju 3.3.5.
Med kreditna tveganja spada tudi tveganje koncentracije. Nanaša se predvsem na različne vrste koncentracij ali izpostavljenosti naložb (koncentracija sredstev) in na dogodke, ki lahko povzročijo katastrofo (koncentracija obveznosti). Na primer, naložbe v velik delež specifičnih delnic se lahko štejejo za tvegane (koncentracija). Tveganje je povezano tudi s koncentracijo na geografskih območjih, gospodarskih sektorjih in povezanih straneh.
Tveganje nasprotne stranke, vključno s tveganjem pozavarovanja, je tveganje vrednosti pozavarovanja, pogojnih sredstev in obveznosti.

Elemente kreditnega tveganja lahko razvrstimo med samostojna tveganja in tveganja portfelja.
Med samostojna tveganja spadajo:

- *verjetnost neplačila*: verjetnost, da nasprotna stranka ali posojilojemalec ne izpolni pogodbenih obveznosti,
- *izguba ob neplačilu*: velikost izgube, ki nastane, ko nasprotna stranka ali posojilojemalec ne izpolni pogodbenih obveznosti,
- *tveganje znižanja kreditne bonitete*: verjetnost in vrednost vpliva prihodnjih sprememb na tveganje neplačila.

Med tveganja portfelja pa spadajo:

- *korelacija neplačila*: stopnja tveganja neplačila nasprotne stranke ali posojilojemalca v portfelju,
- *izpostavljenost*: velikost ali delež portfelja vsake nasprotne stranke ali posojilojemalca, ki je izpostavljen tveganju neplačila.

4.1.1 Tveganje vrednosti in pričakovana izguba

Mera kreditnega tveganja je tvegana vrednost (VaR, ang. *Value-at-Risk*). Izražena je v enotah valute - "izgubljeni denar". VaR je le kvantil skupne porazdelitve celotnih tveganj. Na portfelju je VaR največja potencialna izguba, ki jo lahko pričakujemo v določenem obdobju, recimo 1 leta, na določeni stopnji zaupanja ali pod določeno verjetnostjo zloma (α).

Naj bo X izguba in $\alpha \in (0,1)$ stopnja zaupanja. $VaR_\alpha(X)$ je najmanjše število x, za katerega verjetnost, da izguba X presega vrednost x, ni večja od $1-\alpha$

$$\begin{aligned} VaR_\alpha(X) &= \inf\{x \in \mathbb{R} : P(X > x) \leq 1-\alpha\} \\ &= \inf\{x \in \mathbb{R} : 1 - F_X(x) \leq 1-\alpha\} \\ &= \inf\{x \in \mathbb{R} : F_X(x) \geq \alpha\}. \end{aligned}$$

Spremenljivko X lahko interpretiramo kot potencialno izgubo, ki izhaja iz lastniškega portfelja za določeno časovno obdobje. Pri tržnem tveganju je to časovno obdobje od enega do deset dni. Pri kreditnem tveganju so lahko del portfelja posojila in zaradi njih je časovno obdobje eno leto. Skupna stopnja zaupanja je lahko 95%, 99% in 99,9%, odvisno od portfelja. Banka za mednarodne poravnave (BIS) predlaga, da se za tržno tveganje izračuna desetdnevni VaR s stopnjo zaupanja $\alpha = 99\%$. Časovno obdobje desetih dni odraža dejstvo, da trgi niso popolnoma likvidni.
Za nepadajočo funkcijo $F : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ definiramo njeno posplošeno inverzno funkcijo

$$F^{\leftarrow}(y) = \inf\{x \in \mathbb{R}; F(x) \geq x\},$$

s konvencijo $\inf \emptyset = \infty$.
S posplošeno inverzno funkcijo lahko enolično definiramo α-kvantil funkcije F:

$$q_\alpha(F) = F^{\leftarrow}(\alpha) = \inf\{x \in \mathbb{R} : F(x) \geq \alpha\}, \quad \alpha \in (0,1).$$

Iz tega sledi tudi enakost $VaR_\alpha(F) = q_\alpha(F)$, kjer je F porazdelitev izgube.

Čeprav je mera VaR postala zelo priljubljena, ima več omejitev. Nobene informacije nimamo o tem, kako kritične so lahko izgube, ko gredo stvari narobe. Kakšna je velikost "povprečne izgube", če izguba presega 99% - VaR? Da izpolnemo še ostale pogoje, definiramo t.i. povprečno repno tvegano vrednost TVaR.

Naj bo X izguba z porazdelitveno funkcijo F_X in naj bo $\alpha \in (0,1)$ stopnja zaupanja. Potem je TVaR definiran kot

$$TVaR_{1-\alpha}(X) = \frac{1}{\alpha}\int_{1-\alpha}^{1} VaR_\xi(X)d\xi, \quad \alpha \in (0,1).$$

Je mera tveganja, ki opisuje pričakovano vrednost izgube, v primeru nastanka izgube zunaj intervala zaupanja. Če je porazdelitvena funkcija izgube zvezna, je povprečna repna tvegana vrednost enaka t.i. pričakovanemu primanjkljaju ES.

Naj bo X izguba z zvezno porazdelitveno funkcijo F_X. Pričakovan primanjkljaj za stopnjo zaupanja α, $\alpha \in (0,1)$ je podan z enačbo

$$ES_\alpha(X) = E(X|X \geq VaR_\alpha(X)).$$

Definiramo indikator množice A kot

$$\mathbb{I}_A(x) = \begin{cases} 1; & x \in A \\ 0; & \text{sicer} \end{cases}$$

in enačbo zapišemo na naslednji način

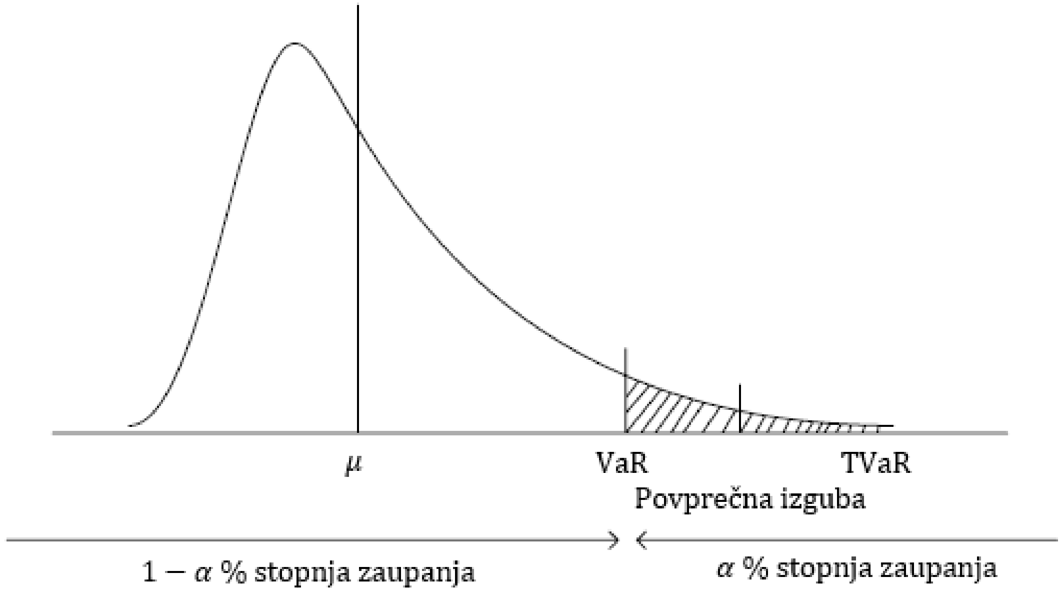
$$\begin{aligned} ES_\alpha(X) &= E(X|X \geq VaR_\alpha(X)) \\ &= \frac{E(X\mathbb{I}_{[q_\alpha(X),\infty)}(X))}{P(X \geq q_\alpha(X))} \\ &= \frac{1}{1-\alpha} E(X\mathbb{I}_{[q_\alpha(X),\infty)}(X)) \\ &= \frac{1}{1-\alpha} \int_{q_\alpha(X)}^{\infty} x dF_X(x). \end{aligned}$$

Za izgubo X z zvezno funkcijo porazdelitve izgube F_X pričakovan primanjkljaj zapišemo tudi z enačbo

$$ES_\alpha(X) = \frac{1}{1-\alpha} \int_\alpha^1 VaR_p(X) dp.$$

Da potrdimo zgornjo formulo uporabimo dejstvo $X \stackrel{d}{=} F_X^{\leftarrow}(U)$, če je U enakomerno porazdeljena spremenljivka na $(0,1)$ in funkcija $F_X^{\leftarrow}$ je strogo naraščajoča, če je F_X zvezna.

$$\begin{aligned} ES_\alpha(X) &= \frac{1}{1-\alpha} E(X\mathbb{I}_{[q_\alpha(X),\infty)}(X)) \\ &= \frac{1}{1-\alpha} E(F_X^{\leftarrow}(U)\mathbb{I}_{[F_X^{\leftarrow}(\alpha),\infty)}(F_X^{\leftarrow}(U))) \\ &= \frac{1}{1-\alpha} E(F_X^{\leftarrow}(U)\mathbb{I}_{[F_X^{\leftarrow}(\alpha),\infty)}(U)) \\ &= \frac{1}{1-\alpha} \int_\alpha^1 VaR_u(X) du. \end{aligned}$$



Slika 5: Grafična ponazoritev mer VaR in TVaR.

4.2 MODELIRANJE KREDITNEGA TVEGANJA

Predstavili bomo najprej štiri modele kreditnega tveganja, ki se uporabljabljajo v praksi: Mertonov model, KMV model, CreditMetrics model in CreditRisk+ model ter nato še model tveganja neplačila nasprotne stranke, ki se uporablja v standardni formuli.

V naslednjih modelih so za vsako podjetje i uporabljene naslednje spremenljivke:

EAD_i - izpostavljenost ob neplačilu (ang. *exposure at default*) je ocena neplačanega zneska v primeru, da posojilojemalec ne poravna svojih obveznosti;

PD_i - brezpogojna verjetnost neplačila (ang. *unconditional probability of default*) izračunana glede na bonitetni razred. S tem dobimo povprečen odstotek dolžnikov, ki v tem bonitetnem razredu niso poravnali obveznosti v enem letu;

LGD_i - izguba ob neplačilu poda odstotek izpostavljenost, ki jo zavarovalnica lahko izgubi v primeru, da posojilojemalec ne poravna obveznosti. Prikazana je kot odstotek EAD.

Mertonov model velja za najpreprostejši model kreditnega tveganja. KMV model uporablja obsežno bazo podatkov za pridobivanje verjetnosti neplačil in za simulacijo porazdelitve izgube tako za verjetnosti neplačila kot za tveganje znižanja kreditne bonitete. Opira se na koncept verjetnosti neplačila imenovan pričakovana pogostost

neplačila (EDF, ang. *Expected Default Frequency*). Metodologija temelji na Mertonovem modelu tržne vrednosti.
CreditMetrics model temelji na analizi znižanja kreditne bonitete, tj. ocena verjetnosti premikanja med različnimi kreditnimi postavkami z vključno stanjem neplačila v določenem časovnem obdobju. Običajno je časovno obdobje 1 leto. Model oceni poljuben portfelj z obveznicami ali posojili za 1 leto naprej. Spremembe vrednosti so povezane le z znižanjem kreditne bonitete. Tudi CreditMetrics model temelji na Mertonovem modelu z uporabo simulacij.
CreditRisk+ model s teoretičnimi predpostavkami omogoča, da v analitični obliki izrazimo porazdelitev izgube in se osredotočimo na modeliranje tveganja neplačila. Predpostavlja, da so trenutna neplačila Poissonov proces na $[0, \infty)$. Tveganje znižanja kreditne bonitete ni izrecno modelirano, vendar omogoča stohastične stopnje neplačila, na podlagi katerih lahko obravnavamo tveganja znižanja bonitetne ocene.

4.2.1 Mertonov model in Vasičkov model

Mertonov model je model vrednosti podjetja z enim sredstvom, kjer se posojila modelirajo kot terjatev vrednosti podjetja po Black-Sholesovem modelu za določanje vrednosti opcij. Merton in Black-Sholes sta predlagala preprost model podjetja, ki omogoča, da kreditno tveganje povežemo s strukturo kapitala podjetja.
Predpostavljamo, da vrednost sredstev podjetja, V_{A_t}, sledi geometrijskemu Brownovemu gibanju s konstantnim povprečjem. Predpostavljamo, da portfelj podjetja sestavljajo dolžniški in lastniški vrednostni papirji. Naj bo K diskontirana vrednost dolga obveznice v času t in naj velja, da se dividende ne izplačajo. Če vrednost sredstev preseže vrednost dolga K v času t, posojilodajalci plačajo obljubljeni znesek, preostalo vrednost sredstev pa dobijo delničarji. Če je vrednost sredstev podjetja nižja od K, potem podjetje ni plačilno sposobno. To pomeni, da posojilodajalci prejmejo plačilo v višini vrednosti sredstev (povračilo), delničarji ne dobijo ničesar.

Naj bo V_{A_t} vrednost sredstev in V_{E_t} vrednost kapitala podjetja v času $t > 0$. Plačilo delničarjem v času t je po Mertonovi formuli enako

$$V_{E_t} = \max(V_{A_t} - K; 0).$$

Kapital je torej nakupna opcija sredstev podjetja z izvršno ceno, ki je enaka obljubljenemu plačilu dolga K.
Za $t = 0$ imamo trenutno vrednost sredstev, V_{A_0}, in trenutno vrednost kapitala podjetja, V_{E_0}. Po Black-Sholesovi formuli je trenutna cena:

$$V_{E_0} = V_{A_0}\Phi(d_1) - Ke^{rt}\Phi(d_2), \tag{4.1}$$

kjer je

$$d_1 = \frac{\log(\frac{V_{A_0}e^{rt}}{K}) + \frac{\sigma_A^2}{2}t}{\sigma_A\sqrt{t}} \quad \text{in} \quad d_2 = d_1 - \sigma_A\sqrt{t},$$

σ_A je nestanovitnost vrednosti sredstev in r je netvegana obrestna mera. Predpostavljamo, da sta obe konstantni. Število d_1 lahko zapišemo tudi na naslednji način:

$$d_1 = \frac{\log(\frac{V_{A_0}}{K}) + \frac{r+\sigma_A^2}{2}t}{\sigma_A\sqrt{t}}.$$

Parameter d_2 je razdalja do neplačila (DD, ang. *Distance to default*) v KMV modelu.

Predpostavimo, da vrednost sredstev podjetja sledi standardnemu geometrijskemu Brownovemu gibanju, tako da je

$$V_{A_t} = V_{A_0}\exp\left\{(r - \frac{\sigma_A^2}{2})t + \sigma_A\sqrt{t}Z_t\right\},$$

kjer je $Z_t \sim N(0,1)$, $r = \mu_A$ in σ_A^2 sta povprečje in varianca prihodnje mere donosa sredstev. V_{A_t} je logaritemsko normalno porazdeljena spremenljivka s pričakovano vrednostjo $E(V_{A_t}) = V_{A_0}e^{rt}$ v času t.
Po Black-Sholesovem modelu je brezpogojna verjetnost neplačila Mertonovega modela enaka

$$PD = \Phi(-d_2) = \Phi\left(\frac{\log(\frac{K}{A_0}) - (r - \frac{\sigma_A^2}{2})t}{\sigma_A\sqrt{t}}\right),$$

kjer je K mejna vrednost obveznosti podjetja, V_{A_0} je vrednost sredstev podjetja v času $t = 0$, r in σ_A^2 sta konstanti ter t zapadlost.
Model navaja, da nasprotna stranka ne izpolnjuje svojih obveznosti, ker je vrednost njenih sredstev nižja od zneska, ki ga dolguje. PD predstavlja območje sredstev, ki so normalno porazdeljena in so pod nivojem dolga.

Ostali modeli, ki izhajajo iz Mertonovega modela, temeljijo na pristopu lantentne spremenljivke. Naj bodo neopazovane latentne spremenljivke z_i linearne funkcije dejavnikov tveganja in razpršenih komponent šuma ε_i:

$$z_i = z \cdot w_i + \eta_i \cdot \varepsilon_i, \tag{4.2}$$

kjer vektor faktorskih obremenitev w_i določa relativno občutljivost dolžnika i na dejavnike tveganja, teža η_i določa relativni pomen značilnega tveganja za dolžnika i.
Neplačilo dolžnika se zgodi, če latentna spremenljivka, ki pomeni dolžnikovo vrednost sredstev, pade pod prag, ki se običajno interpretira kot vrednost obveznosti dolžnika. Odvisnost med dogodki neplačila povzroča odvisnost latentnih spremenljivk. V modelu predpostavljamo, da so latentne spremenljivke multivariantno normalno porazdeljene.

Skupna porazdelitev izgube portfelja je občutljiva na izbiro multivariantne porazdelitve latentnih spremenljivk.
V enačbi ima ε multivariatno normalno porazdelitev s povprečno vrednostjo 0 in variančno-kovariančno matriko Ω. Matrika ima elemente na diagonali enake 1, vse robne porazdelitve so potem $N(0,1)$. Na začetku imamo bonitetno oceno G in mejno vrednost K_G. Ko latentna spremenljivka z_i pade pod mejno vrednost K_G, dolžnik ne poravna svojih obveznosti, tj. $z \cdot w_i + \eta_i \cdot \varepsilon_i < K_{G_i}$. Prag je nastavljen tako, da je PD za bonitetno oceno G enak $PD_G = \Phi(K_G)$, kjer je Φ porazdelitvena funkcija $N(0,1)$ porazdelitve.
Najenostavnejši portfelj lastniških vrednostnih papirjev je sestavljen iz N posojil enakih velikosti, ki nimajo možnosti neplačila ali pa je verjetnost neplačila enaka $\frac{1}{N}$. Kapitalske zahteve za sredstva, določene po formuli za utež tveganja, so razvite iz preprostega modela za portfelj lastniških vrednostnih papirjev imenovanega ASRF model (ang. *Asymptotic Single - Risk Factor model*). V ASRF modelu je kreditno tveganje razdeljeno na sistematično in nesistematično tveganje. Sistematično tveganje, znano tudi kot tržno tveganje, je tveganje, ki ga prevzame vsak vlagatelj. Nanaša se na tveganje, ki je značilno za celoten trg ali tržni segment. S sistematičnim tveganjem se sooča celotna industrija. Predstavlja tudi učinek nepričakovanih sprememb v makroekonomskih in finančno-tržnih razmerah na uspešnost posojilojemalcev. Nesistematično tveganje pa vpliva na posamezno podjetje. Lahko ga opišemo kot negotovost, ki je značilno za posamezno naložbo ali panogo podjetja. Nesistematično tveganje lahko zmanjšamo z diverzifikacijo. To je strategija upravljanja tveganj, ki združuje različne naložbe v portfelju. Portfelj, ki ga sestavljajo različne vrste sredstev, bo prinesel višje dolgoročne donose in zmanjšal tveganje za posamezen delež ali vrednostni papir. Glavna ideja ASRF modela je, da se portfelj vedno bolj fino granulira, torej največja izpostavljenost predstavlja vedno manjši delež portfelja. Vrednost sredstev podjetja se meri s ceno, po kateri je mogoče kupiti celotne obveznosti podjetja. Iz tega sledi, da je skupna vrednost sredstev podjetja vsota zalog in vrednosti dolgov.
Za zgornjo enačbo vzemimo naslednji poseben primer. Naj normaliziran donos sredstev Z_i v kreditnem portfelju podjetja i poganja en sam sistematski dejavnik tveganja Z in komponenta šuma ε_i, ki jo je mogoče razpršiti.

$$Z_i = \sqrt{\rho_i} \cdot Z + \sqrt{1-\rho_i} \cdot \varepsilon_i, \tag{4.3}$$

kjer sta Z in ε_i neodvisni in standardno normalno porazdeljeni slučajni spremenljivki in je $\sqrt{\rho_i}$ linearni korelacijski koeficient med donosom sredstev Z_i in skupnim tveganjem Z. $\sqrt{\rho_i}$ predstavlja občutljivost na sistematično tveganje. Torej je Z skupno sistematično tveganje vseh podjetij, ki predstavljajo makroekonomijo. Komponenta šuma ε_i predstavlja nesistematično tveganje podjetja i. Sredstva podjetij so multivariantno normalno porazdeljena. Korelacijski koeficient podjetij i in j je enak $E(Z_i Z_j) = \sqrt{\rho_i \cdot \rho_j}$.

Naj bo

$$I_i = \begin{cases} 1; & Z_i \leq \Phi^{-1}(PD_i) \\ 0; & Z_i > \Phi^{-1}(PD_i) \end{cases}$$

potem je pogojna verjetnost PD^C glede na rezultat simetričnega tveganja $Z = z$ enaka

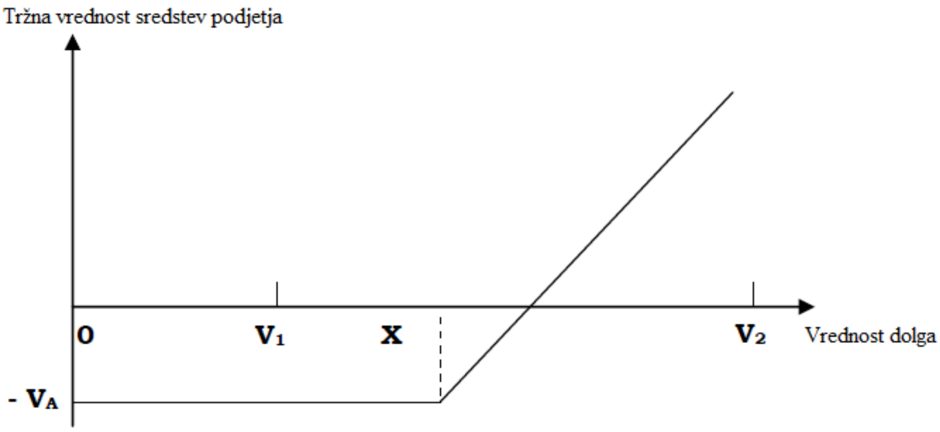
$$\begin{aligned} PD^C &= P(I_i = 1|Z = z) \\ &= P(Z_i < \Phi^{-1}(PD_i)|Z = z) \\ &= P(\sqrt{\rho_i} \cdot Z + \sqrt{1-\rho_i} \cdot \varepsilon_i < \Phi^{-1}(PD_i)|Z = z) \\ &= P(\varepsilon_i < \tfrac{\Phi^{-1}(PD_i)-\sqrt{\rho_i}\cdot Z}{\sqrt{1-\rho_i}}|Z = z) \\ &= \Phi\left(\tfrac{\Phi^{-1}(PD_i)-\sqrt{\rho_i}\cdot z}{\sqrt{1-\rho_i}}\right). \end{aligned} \tag{4.4}$$

Če je $\rho_i = 0$, je stopnja neplačila enaka PD_i ne glede na vrednost z. Če pa je $\rho_i = 1$, dobimo dva rezultata: 0, če je $Z > \Phi^{-1}(PD_i)$ in 1, če je $Z < \Phi^{-1}(PD_i)$.
Mertonov model z enim sredstvom podjetja je mogoče razširiti na model celotnega portfelja. Enačba 4.4 predstavlja Vasičkov model. Ta model je dovolj natančen za portfelj z velikim številom različnih posojil ali podjetij oziroma za portfelj z neskončno mnogo posojili ali podjetji. Vzemimo portfelj enotnih kreditov s posameznimi utežmi izpostavljenosti $w_1, w_2, \ldots, w_n$ in naj bo $\delta = \sum_{i=1}^{n} w_i$. Vasiček je pokazal, da v primeru ko spreminjamo korelacijski koeficient ρ v enačbi 4.4 v $\rho + \delta \cdot (1-\rho)$, lahko upoštevamo dejstvo, da je portfelj sestavljen iz diskretnega števila sorazmerno velikih izpostavljenosti.

V Mertonovem modelu vzamemo najprej vrednost neplačila in nato sklepamo o vrednosti PD. V Vasičkovem modelu pa najprej vzamemo vrednost PD in nato s standardno normalno porazdelitvijo dobimo vrednost neplačila. To je merilo za koliko standardnih odklonov je trenutna vrednost sredstev višja od trenutnega praga neplačila.

4.2.2 KMV model

KMV model ima ime po treh ustvarjalcih: Stephen Kealhofer, John McQuown in Oldrich Vasiček. Izpeljan je iz Mertonovega modela, ki temelji na modelu določanja vrednosti opcije. Gre za abstraktni okvir, ki se uporablja za oceno verjetnosti neplačila podjetja. KMV model predvideva, da se podjetje znajde v krizni situaciji, ko je vrednost sredstev manjša od vrednosti dolgov. Slika 6 prikazuje razmerje med ocenjenim lastnim kapitalom in vrednostjo sredstev.



Slika 6: Razmerje med tržno vrednostjo sredstev podjetja in vrednostjo dolga.

Na sliki V_A prikazuje začetno naložbo delničarjev družbe, X označuje točko neplačila, ki ustreza vsoti dolgoročnega dolga in polovici kratkoročnih sredstev. Če je vrednost sredstev V_A večja od vrednosti dolga X, si delničarji izplačajo dobiček, ki ostane po plačilu dolgov $V_A - X$. V tem primeru investitor uporabi nakupno opcijo. Če je pa vrednost sredstev nižja od dolga, delničarji glede na neplačilo izberejo prenos aktivne vsote v korist upnikov, ki je skladna s konstantno vrednostjo lastniškega kapitala. V tem primeru nakupna opcija ni izvršena. Na splošno delničarji na datum zapadlosti prejmejo $\max\{V_A - X, 0\}$.

Kreditno tveganje temelji predvsem na dinamiki vrednosti sredstev izdajatelja. PD je torej funkcija strukture kapitala podjetja, nestanovitnosti donosa sredstev in trenutne vrednosti sredstev. Če določimo stohastični model za vrednost sredstev, lahko izračunamo PD za katerokoli časovno obdobje. Mera pričakovane pogostosti neplačila (EDF, ang. *Expected Default Frequency*), ki ne vsebuje nobenih informacij o LGD, je absolutna mera tveganja neplačila.

Vzemimo enačbo 4.1 Mertonovega modela z upoštevanjem neenakost neplačila $V_{A_t} < K$ in naj bo indeks i za posamezno podjetje i. Enačba $PD = \Phi(d_2)$ z upoštevanjem neenakosti nam da

$$\frac{\log\left(\frac{K_i}{V_{A_{0,i}}}\right) - \left(\mu_{A_i} - \left(\frac{\sigma_{A_i}^2}{2}\right)\right)t}{\sigma_{A_i}\sqrt{t}} > Z_i.$$

Leva stran enačbe je enaka vrednosti $-DD_i$. Torej je DD enak

$$DD_i = \frac{\log\left(\frac{V_{A_{0,i}}}{K_i}\right) + \left(\mu_{A_i} - \left(\frac{\sigma_{A_i}^2}{2}\right)\right)t}{\sigma_{A_i}\sqrt{t}}. \tag{4.5}$$

Indeks DD je število standardnih odklonov med povprečno vrednostjo logaritemske normalne porazdelitve vrednosti sredstev in kritičnim pragom, tj. točka neplačila. Točka neplačila je določena z nominalno vrednostjo kratkoročnih obveznosti, vključno s kratkoročnim dolgom (v določenem časovnem obdobju) in polovico dolgoročnega dolga. DD je razdalja med pričakovano vrednostjo sredstev v 1 letu $E(V_1)$ in točko neplačila DPT, izraženo s standardnim odklonom prihodnjega donosa sredstev

$$DD = \frac{E(V_1) - DPT}{\sigma_A}.$$

Da lahko izračunamo vrednost DD, moramo poznati vrednosti $V_{A_{0,i}}$, μ_{A_i} in σ_{A_i}. Spremenljivke $V_{A_{0,i}}$ ne moremo opazovati, lahko jo pa izračunamo z uporabo Black-Scholesovega modela za določanje vrednosti opcij, kjer na trgu opazujemo kapital podjetja V_{E_i}. S tem dobimo vrednosti $V_{A_{0,i}}$ in σ_{A_i}.
Pri izračunu EDF portfelja moramo upoštevati, da obstaja odvisnost med sredstvi podjetja. Mera EDF kreditnega tveganja se lahko uporabi tudi pri izpeljavi kreditnih kategorij glede na mero tveganja. Ta mera srednjo vrednost stopenj EDF Aaa, Aa, Baa, Ba, B, Caa, Ca in C pretvori v EDF bonitetne ocene.

4.2.3 CreditMetrics model

CreditMetrics model izhaja iz Mertonovega modela vrednosti podjetja. Temelji na pristopu latentne spremenljivke. Osnovni model CreditMetrics je podan z enačbo 4.2, ki ga v najpreprostejšem primeru definira enačba 4.3. Model ne vključuje samo ocen verjetnosti neplačila, ampak tudi verjetnosti prehoda med različnimi bonitetnimi ocenami. Za razliko od drugih modelov, model CreditMetrics verjetnost neplačila določa na podlagi bonitetne agencije za velika podjetja in metode ocenjevanja za mala in srednja podjetja. Metodologija modela temelji na verjetnosti spreminjanja kakovosti kreditne ocene v določenem časovnem obdobju (analiza znižanja kreditne bonitete).
Najprej določimo bonitetni sistem z bonitetnimi kategorijami skupaj z verjetnostmi prehoda med različnimi bonitetnimi ocenami. Predpostavljamo, da so izdajatelji v istem bonitetnem razredu homogeni z enakimi verjetnostmi prehoda in enakimi verjetnosti neplačila. Časovno obdobje tveganja je določeno. Običajno gre za obdobje enega leta. Določena je tudi diskontna krivulja časovnega obdobja tveganja za vsako bonitetno kategorijo. V primeru neplačila je stopnja obnovitve nastavljena na sedanjo vrednost ali nominalno vrednost. V zadnjem koraku se to spremeni v nadaljno porazdelitev sprememb vrednosti portfelja, ki ustreza znižanju kreditne bonitete.

Tabela 5: Matrika prehoda med bonitetnimi ocenami s povprečnimi vrednostmi za enoletno podjetniško obveznico za obdobje 1981 – 2019 (%).

	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C	D	NR
AAA	87,03	9,08	0,53	0,05	0,11	0,03	0,05	0,00	3,12
AA	0,49	87,21	7,74	0,48	0,05	0,06	0,02	0,02	3,92
A	0,03	1,66	88,42	5,04	0,27	0,11	0,02	0,05	4,40
BBB	0,01	0,09	3,37	86,32	3,51	0,44	0,10	0,16	6,00
BB	0,01	0,03	0,11	4,73	77,80	6,57	0,54	0,61	9,60
B	0,00	0,02	0,07	0,16	4,76	74,78	4,47	3,33	12,41
CCC/C	0,00	0,00	0,11	0,19	0,58	12,96	43,64	27,08	15,45

Preprost model ocenimo s simulacijami tako, da vzamemo posamezne spremenljivke portfelja z, ki so standardno normalno porazdeljene $N(0,1)$ in niz medseboj neodvisnih slučajnih spremenljivk ε s standardno normalno porazdelitvijo $N(0,1)$. Za vsako nasprotno stranko se oblikuje latentna spremenljivka Z_i. Primerjamo jo z vrednostjo praga K_G, da lahko določimo status neplačila I_i.
Verjetnost neplačila PD je podana s formulo $PD_F = \Phi(-DD_F)$, kjer je po enačbi 4.5

$$DD_F = \frac{\log\left(\frac{V_{A_{0,F}}}{K_F}\right) + \left(\mu_{A_F} - \left(\frac{\sigma^2_{A_F}}{2}\right)\right)t}{\sigma_{A_F}\sqrt{t}}$$

in indeks F je oznaka za neuspeh.
Če je bonitetna ocena nasprotne stranke v času t enaka CCC in vrednost sredstev V_t, potem velja $V_F < V_t < V_{CCC}$. Verjetnost, da je nasprotna stranka v danem razredu je $PD_{CCC} = \Phi(-DD_{CCC}) - \Phi(-DD_F)$.
Če simuliramo gibanje portfelja 100.000-krat, potem ocenjena VaR z $99,5\%$ stopnjo zaupanja, oceni 99.500. element po velikosti razvrščenih izgub.
Pogojne verjetnosti neplačila so odvisne od tržnih uteži $\sqrt{\rho_i}$. Če so uteži blizu vrednosti 1, so korelacije sredstev visoke in to vpliva na trg. Če so uteži nizke, je to posledica razpršenosti kot je naključnost nasprotne stranke.

4.2.4 CreditRisk+ model

CreditRisk+ model je model tveganja neplačila in primer Poissonovega mešanega modela. Nasprotna stranka ima na koncu obdobja dve možnosti: plačilo ali neplačilo. Če nasprotna stranka ne poravna obveznosti, posojilodajalec utrpi izgubo LGD.

Predpostavimo, da so faktorji tveganja $Z_1, Z_2, \ldots, Z_k$ neodvisne spremenljivke z Gama porazdelitvijo $Z_j \sim \text{Gamma}(\alpha_j, \beta_j)$ in Z je linearna kombinacija faktorjev tveganja $Z_1, Z_2, \ldots, Z_k$. Definiramo

$$\lambda_i(Z) = \overline{\lambda}_i \sum_{j=1}^{k} w_{ij} \cdot Z_j, \quad \sum_{j=1}^{k} w_{ij} = 1, w_{ij} \geq 0,$$

za $i = 1, 2, \ldots, n$, pri čemer je $\overline{\lambda}_i > 0$ konstanta. Gostota spremenljivke Z_j je podana z

$$f_j(z) = \frac{z^{\alpha_j - 1} e^{-\frac{z}{\beta_j}}}{\beta_j^{\alpha_j} \Gamma(\alpha_j)}.$$

Izguba ob neplačilu LGD_i dolžnika i se oblikuje kot konstantni delež $1 - \lambda_i$ vrednosti posojila L_i,

$$LGD_i = (1 - \lambda_i) \cdot L_i, \quad i = 1, 2, \ldots, n.$$

λ_i je (deterministična) pričakovana stopnja izterjave. Vsak znesek izgube se nato izrazi kot celo število v_i fiksne osnovne izgube označene z L_0. Torej dobimo

$$LGD_i = (1 - \lambda_i) \cdot L_i \approx \left[\frac{(1 - \lambda_i) \cdot L_i}{L_0} \right] L_0 = v_i \cdot L_0, \quad i = 1, 2, \ldots, n,$$

kjer $[x]$ predstavlja najbližje celo število števila x ($x - [x] \in (-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}]$). Na ta način lahko vsako LGD_i izrazimo kot fiksno celo število v_i vnaprej določene osnovne enote izgube L_0. Glavna ideja je približati porazdelitev celotne izgube diskretni porazdelitvi. Za diskretno porazdelitev lahko izračunamo njeno rodovno funkcijo (pgf, ang. *probability generating function*).

Rodovna funkcija g diskretne slučajne spremenljivke Y z vrednostmi v množici $\{y_1, y_2, \ldots, y_k\}$ je funkcija spremenljivke t definirana kot

$$g_Y(t) = E(t^Y) = \sum_{i=1}^{k} t^{y_i} P(Y = y_i).$$

Funkcija pgf ima naslednje lastnosti:

i) Če je $Y \sim Bernoulli(p)$, potem je $g_Y(t) = 1 + p(t-1)$.

ii) Če je $Y \sim Poisson(\lambda)$, potem je $g_Y(t) = e^{\lambda(t-1)}$.

iii) Če so $X_1, X_2, \ldots, X_n$ neodvisne slučajne spremenljivke, potem je

$$g_{X_1 + X_2 + \cdots + X_n}(t) = \prod_{i=1}^{n} g_{X_i}(t).$$

iv) Naj ima Y gostoto f in naj bo $g_{X|Y=y}(t)$ pogojna rodovna funkcija pri danem pogoju $Y = y$. Potem je

$$g_X(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g_{X|Y=y}(t) f(y) dy.$$

v) Če ima spremenljivka X rodovno funkcijo $g_X(t)$, potem je

$$P(X=k)=\frac{1}{k!}g^{(k)}(0), \quad \text{kjer je} \quad g^{(k)}(t)=\frac{d^k g(t)}{dt^k}.$$

Oglejmo si pgf za porazdelitev izgube

$$L=\sum_{i=1}^{n} X_i \cdot v_i \cdot L_0.$$

Najprej določimo pogojno funkcijo pgf števila neplačil $N=X_1+X_2+\cdots+X_n$ za dani $Z=(Z_1,Z_2,\ldots,Z_k)$. Za podane Z so intezitete neplačila $\lambda_1(Z),\lambda_2(Z),\ldots,\lambda_n(Z)$ znane, zato so kazalci neplačila pogojno na Z neodvisni in Poissonovo porazdeljeni, $Poisson(\lambda_i(Z))$. Z upoštevanjem lastnosti ii) funkcije pgf dobimo

$$g_{X_i|Z}(t)=e^{\lambda_i(Z)(t-1)}, \quad i=1,2,\ldots,n.$$

Za N dobimo

$$g_{N|Z}(t)=\prod_{i=1}^{n} e^{\lambda_i(Z)(t-1)}=e^{\mu(t-1)}, \quad \mu=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i(Z).$$

Uporabimo lastnost iv) za brezpogojno porazdelitev vrednosti neplačil N

$$\begin{aligned}
g_N(t) &= \int_0^\infty \cdots \int_0^\infty g_{N|Z=(z_1,z_2,\ldots,z_k)}(t) f_1(z_1)\cdots f_k(z_k)dz_1\cdots dz_k\\
&= \int_0^\infty \cdots \int_0^\infty e^{(t-1)\sum_{i=1}^{n}(\overline{\lambda}_i \sum_{j=1}^{k} w_{ij}\cdot z_j)} f_1(z_1)\cdots f_k(z_k)dz_1\cdots dz_k\\
&= \int_0^\infty \cdots \int_0^\infty e^{(t-1)\sum_{j=1}^{k}(\sum_{i=1}^{n}\overline{\lambda}_i\cdot w_{ij})z_j} f_1(z_1)\cdots f_k(z_k)dz_1\cdots dz_k\\
&= \int_0^\infty \cdots \int_0^\infty e^{(t-1)\mu_1\cdot z_1} f_1(z_1)dz_1\cdots e^{(t-1)\mu_k\cdot z_k} f_k(z_k)dz_k,
\end{aligned}$$

kjer je $\mu_j=\sum_{i=1}^{n}\overline{\lambda}_i\cdot w_{ij}$,

$$g_N(t)=\prod_{j=1}^{k}\int_0^\infty e^{z\cdot\mu_j(t-1)}\frac{1}{\beta_j^{\alpha_j}\Gamma(\alpha_j)}z^{\alpha_j-1}\cdot e^{-\frac{z}{\beta_j}}dz.$$

Vsak integral v produktu se lahko posebej izračuna kot

$$\begin{aligned}
&\int_0^\infty e^{z\cdot\mu_j(t-1)}\frac{1}{\beta_j^{\alpha_j}\Gamma(\alpha_j)}z^{\alpha_j-1}\cdot e^{-\frac{z}{\beta_j}}dz\\
&=\frac{1}{\beta_j^{\alpha_j}\Gamma(\alpha_j)}\int_0^\infty z^{\alpha_j-1}\cdot e^{-z\cdot(\beta_j^{-1}-\mu_j(t-1))}dz,
\end{aligned}$$

uvedemo novo spremenljivko $u = z \cdot (\beta_j^{-1} - \mu_j(t-1))$ in dobimo

$$\begin{aligned}
&\frac{1}{\beta_j^{\alpha_j}\Gamma(\alpha_j)}\int_0^\infty z^{\alpha_j-1}\cdot e^{-z\cdot(\beta_j^{-1}-\mu_j(t-1))}dz\\
&= \frac{\Gamma(\alpha_j)}{\beta_j^{\alpha_j}\Gamma(\alpha_j)(\beta_j^{-1}-\mu_j(t-1))^{\alpha_j}}\int_0^\infty \frac{1}{\Gamma(\alpha_j)}u^{\alpha_j-1}e^{-u}du\\
&= \frac{1}{(1+\beta_j\cdot\mu_j(t-1))^{\alpha_j}}\\
&= \left(\frac{1-\delta_j}{1-\delta_j\cdot t}\right)^{\alpha_j},
\end{aligned}$$

kjer je $\delta_j = \frac{\beta_j\cdot\mu_j}{1+\beta_j\cdot\mu_j}$. Iz tega sledi

$$g_N(t) = \prod_{j=1}^k \left(\frac{1-\delta_j}{1-\delta_j\cdot t}\right)^{\alpha_j}.$$

S podobnim izračunom dobimo pgf porazdelitve izgube. Pogojno na Z je izguba dolžnika i podana kot $L_i|Z = v_i(X_i|Z)$. Če so spremenljivke $X_i|Z$, $i = 1, 2, \dots, n$ pogojno neodvisne, so tudi spremenljivke $L_i|Z$, $i = 1, 2, \dots, n$ neodvisne. Pogojna pgf $L_i|Z$ je enaka

$$g_{L_i|Z}(t) = E(t^{L_i}|Z) = E(t^{v_iX_i}|Z) = g_{X_i|Z}(t^{v_i}).$$

Funkcija pgf celotne izgube pogojno na Z je podana s formulo

$$\begin{aligned}
g_{L|Z}(t) &= g_{L_1+L_2+\cdots+L_n|Z}(t)\\
&= \prod_{i=1}^n g_{L_i|Z}(t) = \prod_{i=1}^n g_{X_i|Z}(t^{v_i})\\
&= e^{\sum_{j=1}^k Z_j(\sum_{i=1}^n \overline{\lambda}_i\cdot w_{ij}\cdot(t^{v_i}-1))}.
\end{aligned}$$

S podobnim izračunom kot zgoraj dobimo

$$g_L(t) = \prod_{j=1}^k \left(\frac{1-\delta_j}{1-\delta_j\cdot\Lambda_j(t)}\right)^{\alpha_j}, \quad \Lambda_j(t) = \frac{1}{\mu_j}\sum_{i=1}^n \overline{\lambda}_i\cdot w_{ij}\cdot t^{v_i}$$

z λ_j in δ_j definirana zgoraj. Porazdelitev izgube dobimo z inverzijo pgf. Torej funkcija $g_L(t)$ točno določa porazdelitev izgube.

4.2.5 Model tveganja neplačila nasprotne stranke - pozavarovalnice

Splošni Vasičkov model velja za homogene populacije. To je glavna pomanjkljivost pri obravnavanju tveganja neplačila nasprotne stranke - pozavarovalnice, saj je pozavarovalni trg omejen. Zavarovalnice običajno kupujejo pozavarovanje od majhnega števila pozavarovateljev, morda le od enega pozavarovatelja. V tretji in četrti kvantitativni študiji o učinku Solventnosti II je bil testiran Vasičkov model. Mnogi so ta pristop kritizirali. Ter Berg je leta 2008 predlagal alternativni pristop, ki je še danes v uporabi. Predpostavimo, da je PD funkcija skupne velikosti šoka in je naključna latentna spremenljivka. Ta naključna spremenljivka ustvarja korelacijo med pozavarovalnicami, kar se odraža v njihovih bonitetnih ocenah. Za modeliranje ter Bergovega modela izvedemo naslednje korake:

1. določimo porazdelitev za slučajno spremenljivko S, ki označuje skupni enakovredni šok;
2. določimo pogojno porazdelitev za PD glede na skupni šok $S = s$, $PD(s)$, za vsako nasprotno stranko;
3. definiramo osnovno vrednost verjetnosti neplačila, p_b, odvisno od tega, v kateri razred spada nasprotna stranka in neodvisno od S;
4. naj bo pričakovana verjetnost neplačila, ki jo določi bonitetna agencija PD_r enaka PD, potem lahko p_b zapišemo kot funkcijo PD, ki jo poda bonitetna agencija;
5. vzamemo niz pozavarovateljev, od katerih zavarovalnica kupi pozavarovanje. Po predpostavkah ter Berganovega modela imamo t.i. "šopek pozavarovateljev". Spremenljivko za tveganje neplačila pozavarovateljev označimo z Z. Kapitalsko zahtevo dobimo iz vrednosti $VaR(Z)$.

4.2.5.1 Model skupnega šoka

Predpostavimo, da je spremenljivka S skupnega šoka za obdobje enega leta, $S \in [0, 1]$. Če je S blizu vrednosti 0, bo to imelo manjši vpliv na industrijo, če je pa S blizu vrednosti 1, lahko privede do scenarija svetovne katastrofe. Torej je dogodek neplačila bolj verjeten za velike vrednosti S.
Spremenljivka S ima porazdelitev Beta s spremenljivkama α in $\beta = 1$. Gostota verjetnosti spremenljivke S je podana z enačbo

$$f(s|\alpha) = \alpha \cdot s^{\alpha-1}, \quad 0 \leq s \leq 1, \quad 0 < \alpha < 1.$$

Gostota monotono pada. Pomembna je pri začetnem določanju verjetnosti neplačila kot funkcije naključne vrednosti šoka.

4.2.5.2 Verjetnost neplačila PD kot funkcija velikosti šoka

Osnovna PD je določena za vsako nasprotno stranko $i = 1, 2, \ldots, k$. Verjetnost neplačila s spremembo šoka ima dva parametra: p_b in parameter moči $\tau > 0$. V ter

Berganovem modelu je definirana kot

$$PD(s) = p_b + (1 - p_b) \cdot s^{\frac{\tau}{p_b}}, \quad 0 < p_b < 1, \quad \frac{\tau}{p_b} > 0.$$

Pričakovana vrednost PD je podana z uporabo funkcije gostote verjetnosti $f(s|\alpha)$ in verjetnosti neplačila s spremembo šoka $PD(s)$, kjer za vsako nasprotno stranko definiramo indeks $\delta = \frac{\tau}{p_b}$

$$\begin{aligned} PD &= E[PD(S)] = \int_0^1 PD(s) \cdot f(s|\alpha) ds \\ &= \int_0^1 \left[p_b + (1 - p_b) \cdot s^{\delta}\right] \cdot \alpha \cdot s^{\alpha - 1} \\ &= \tfrac{\delta \cdot p_b + \alpha}{\delta + \alpha} = \tfrac{(\tau + \alpha) \cdot p_b}{\tau + \alpha \cdot p_b}. \end{aligned} \tag{4.6}$$

Uporabimo PD, ki jo je dodelila bonitetna agencija, PD_r. To je verjetnost neplačila za enak bonitetni razred. Za vsako nasprotno stranko lahko izračunamo osnovno verjetnost neplačila

$$p_b = \frac{PD_r \cdot \tau}{\alpha \cdot (1 - PD_r) + \tau}.$$

Parametra α in τ sta globalna, p_b je odvisna od vsake nasprotne stranke i in kateremu bonitetnemu razredu pripada.

4.2.5.3 Skupna izguba ob neplačilu

Predpostavimo, da imamo "šopek pozavarovateljev" $i = 1, 2, \ldots, k$. Postopek neplačila je definiran z naborom naključnih Bernoullijevih spremenljivk $I_1, I_2, \ldots, I_k$, kjer je

$$I_i = \begin{cases} 1; & \text{nasprotna stranka } i \text{ ni poravnala obveznosti} \\ 0; & \text{sicer} \end{cases}$$

Za $i \neq j$ sta I_i in I_j pogojno neodvisni sličajni spremenljivki glede na S.

Naj bo Z slučajna spremenljivka tveganja neplačila pozavarovalnice in je definirana kot

$$Z = \sum_{i=1}^{k} I_i \cdot LGD_i.$$

Za opazovani šok $S = s$ lahko izračunamo pričakovano vrednost in varianco nasprotne stranke. Najprej opazimo, da velja

$$P(I_i = 1|S = s) = E(I_i|S = s) = E(I_i^2|S = s) = PD_i(s).$$

Nato dobimo

$$E[Z|S = s] = \sum_{i=1}^{k} PD_i(s) \cdot LGD_i,$$

$$var[Z|S = s] = \sum_{i=1}^{k} PD_i(s) \cdot LGD_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{k} PD_i(s) \cdot LGD_i\right)^2.$$

Pričakovana verjetnost spremenljivke Z z upoštevanjem enačbe 4.6 je definirana kot

$$\begin{aligned} \mu_Z &= E(Z) = \\ &= \int_0^1 \sum_{i=1}^k LGD_i \cdot PD_i(s) \cdot f(s)ds \\ &= \sum_{i=1}^k LGD_i \int_0^1 PD_i(s) \cdot f(s)ds \\ &= \sum_{i=1}^k LGD_i \cdot \frac{(\tau+\alpha)\cdot p_{bi}}{\tau+\alpha\cdot p_{bi}}. \end{aligned} \tag{4.7}$$

Varianca spremenljivke Z je podaja z enačbo

$$\sigma_Z^2 = var(Z) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k w_{ij} \cdot LGD_i \cdot LGD_j, \tag{4.8}$$

kjer je $w_i = PD_i \cdot (1 - PD_i), \quad i = 1, 2, \ldots, k$, in za $i \neq j, \quad i, j = 1, 2, \ldots, k$ je

$$w_{ij} = \frac{\alpha \cdot (1 - p_{bi}) \cdot (1 - p_{bj})}{\alpha + \frac{\tau}{p_{bi}} + \frac{\tau}{p_{bj}}} - (PD_i - p_{bi}) \cdot (PD_j - p_{bj}). \tag{4.9}$$

Funkcijo kovariance z enačbo 4.11 lahko zapišemo drugače kot

$$w_{ij} = \frac{PD_i \cdot (1 - PD_i) \cdot PD_j \cdot (1 - PD_j)}{(1 + \gamma) \cdot (PD_i + PD_j) - PD_i \cdot PD_j},$$

kjer je $\gamma = \frac{\tau}{\alpha}$.
Funkcijo korelacije lahko preoblikujemo kot korelacijo med dvema nasprotnima strankama

$$\rho_{ij} = \frac{w_{ij}}{\sqrt{w_i \cdot w_j}} = \frac{\sqrt{PD_i \cdot (1 - PD_i) \cdot PD_j \cdot (1 - PD_j)}}{(1 + \gamma) \cdot (PD_i + PD_j) - PD_i \cdot PD_j}.$$

Če predpostavimo, da imajo nasprotne stranke, ki pripadajo istemu bonitetnemu razredu, enako korelacijo ρ, potem iz zgornje enačbe dobimo

$$\rho = \frac{1 - PD}{2 + 2\gamma - PD}.$$

4.2.5.4 Bonitetni razredi

Predpostavimo, da imamo C bonitetnih razredov R_c, za $c = 1, 2, \ldots, C$. Običajno jih je 7 ali 8. Nasprotna stranka i, $i = 1, 2, \ldots, k$, pripada bonitetnemu razredu R_c označimo z $i \in R_c$.
Predpostavimo, da sta α in τ dana. Osnovna PD je odvisna samo od bonitetnih razredov. Torej lahko prepišemo enačbi 4.7 in 4.8 kot

$$\mu_Z = E(Z) = \sum_{i=1}^k LGD_i \frac{(\tau + \alpha) \cdot p_{bi}}{\tau + \alpha \cdot p_{bi}} = \sum_{c=1}^C L_c \frac{(\tau + \alpha) \cdot p_{bc}}{\tau + \alpha \cdot p_{bc}}$$

in

$$\begin{aligned} \sigma_Z^2 &= var(Z) = \sum_{i=1}^k \sum j = 1^k w_{ij} \cdot LGD_i \cdot LGD_j \\ &= \sum_{i\neq j} w_{ij} \cdot LGD_i \cdot LGD_j + \sum_{i=1}^k w_i \cdot LGD_i^2 \\ &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k w_{ij} \cdot LGD_i \cdot LGD_j + \sum_{i=1}^k (w_i - w_{ii}) \cdot LGD_i^2 \\ &= \sum_{c=1}^C \sum_{d=1}^C w_{cd} \cdot L_c \cdot L_d + \sum_{c=1}^C (w_c - w_{cc}) \cdot L_{2c}, \end{aligned} \tag{4.10}$$

kjer je

$$
\begin{aligned}
L_c &= \sum_{i \in R_c} LGD_i, \\
L_{2c} &= \sum_{i \in R_c} LGD_i^2, \\
w_c &= PD_c \cdot (1 - PD_c), \\
w_{cc} &= \frac{\alpha \cdot (1 - p_{bc})^2}{\alpha + \frac{2\tau}{p_{bc}}} - (PD_c - p_{bc})^2, \\
w_{cd} &= \frac{\alpha \cdot (1 - p_{bc}) \cdot (1 - p_{bd})}{\alpha + \frac{\tau}{p_{bc}} + \frac{\tau}{p_{bd}}} - (PD_c - p_{bc}) \cdot (PD_d - p_{bd}), \quad c \neq d, \quad c, d = 1, 2, \ldots, C.
\end{aligned}
$$

Za vsak bonitetni razred c je

$$p_{bc} = PD_c \cdot \frac{\tau}{\alpha \cdot (1 - PD_c) + \tau}.$$

Naj bodo

$$
\begin{aligned}
w_c &= PD_c - p_{bc}, \\
u_{cd} &= \frac{\alpha \cdot (1 - p_{bc}) \cdot (1 - p_{bd})}{\alpha + \frac{\tau}{p_{bc}} + \frac{\tau}{p_{bd}}}, \\
v_c &= w_c - w_{cc}.
\end{aligned}
$$

Enačbo 4.10 zapišemo kot

$$
\begin{aligned}
\sigma_Z^2 &= \sum_{c=1}^{C} \sum_{d=1}^{C} (u_{cd} - w_c \cdot w_d) \cdot L_c \cdot L_d + \sum_{c=1}^{C} v_c \cdot L_{2c} \\
&= \sum_{c=1}^{C} \sum_{d=1}^{C} u_{cd} \cdot L_c \cdot L_d + \sum_{c=1}^{C} v_c \cdot L_{2c} - \left(\sum_{c=1}^{C} w_c \cdot L_c \right)^2.
\end{aligned}
$$

4.2.5.5 Kapitalska zahteva

Ob predpostavki standardno normalne porazdelitve Z je kapitalska zahteva z uporabo VaR definirana kot

$$SCR_{def,1-\alpha}(Z) = k_{1-\alpha} \cdot \sigma_Z,$$

α v tem primeru ni parameter, ampak je splošna verjetnost propadanja.
Naj bo $c_Z = \frac{\sigma_Z}{\mu_Z}$ koeficient variance. Kapitalsko zahtevo lahko zapišemo kot mero obsega pomnoženo s faktorjem

$$SCR_{def,1-\alpha}(Z) = \mu_Z \cdot [k_{1-\alpha} \cdot c_Z]. \tag{4.11}$$

Mera obsega je pričakovana LGD. Čisto mero obsega pridobimo iz celotne LGD nasprotnih strank. Recimo, da imamo k pozavarovalnic. Mera obsega je nato definirana kot $L_{(k)} = k \cdot \mu_Z$ in faktor $K = [k_{1-\alpha} \cdot \frac{c_Z}{k}]$. Poenostavimo lahko s predpostavko, da je mera obsega $L = \sum_{i=1}^{k} LGD_i$ vsota celotnih LGD. Pri tem vzamemo za faktor $K = [k_{1-\alpha} \cdot \frac{\sigma_Z}{L}] = [k_{1-\alpha} \cdot \frac{\bar{c}_Z}{k}]$, kjer je $\bar{c}_z = \frac{\sigma_Z}{\bar{L}}$.

Ogledali so bomo primer, ko imamo samo eno pozavarovalnico ali pa imamo niz pozavarovalnic s skupnim bonitetnim razredom.
Če zavarovalnica kupi pozavarovanje od ene pozavarovalnice, potem je varianca enaka $var(Z) = LGD^2 \cdot PD \cdot (1 - PD)$ in kapitalsko zahtevo izračunamo kot

$$SCR_{def,1-\alpha}(Z) = LGD \cdot k_{1-\alpha} \cdot \sqrt{PD \cdot (1 - PD)}.$$

Zdaj pa predpostavimo, da zavarovalnica kupi pozavarovanja različnih pozavarovalnic, ki imajo skupni bonitetni razred $c = r$. Varianco izračunamo po formuli

$$\begin{aligned}
\sigma_Z^2 &= w_{rr} \cdot L_r^2 + (w_r - w_{rr}) \cdot L_{2r} \\
&= L_r^2 \cdot \left[w_{rr} + (w_r - w_{rr}) \cdot \frac{L_{2r}}{L_r^2} \right] \\
&= L_r^2 \cdot \left[w_r \cdot \frac{L_{2r}}{L_r^2} + w_{rr} \cdot \left(1 - \frac{L_{2r}}{L_r^2} \right) \right].
\end{aligned}$$

Nato izračunamo kapitalsko zahtevo po formuli

$$SCR_{def,1-\alpha}(Z) = L_r \cdot k_{1-\alpha} \cdot \sqrt{\left[w_r \cdot \frac{L_{2r}}{L_r^2} + w_{rr} \cdot \left(1 - \frac{L_{2r}}{L_r^2} \right) \right]},$$

kjer je L_r vsota LGD niza pozavarovalnic in PD_r je verjetnost neplačila istega bonitetnega razreda. Z uporabo enačbe korelacij znotraj bonitetnega razreda lahko faktor K iz formule 4.11 zapišemo kot

$$K = \sqrt{PR_r \cdot (1 - PD_r) \cdot \left[\frac{L_{2r}}{L_r^2} + \frac{1 - PD_r}{2 + 2\gamma - PD_r} \cdot \left(1 - \frac{L_{2r}}{L_r^2} \right) \right]}.$$

4.3 KREDITNO TVEGANJE PO STANDARDNI FORMULI

Po standardni formuli SCR kreditno tveganje razdelimo na tveganje neplačila nasprotne stranke (ang. *Counterparty default risk*), tveganje kreditnega razpona in tveganje koncentracije, ki se šteje kot del tržnega tveganja. Tveganje razpona si bomo podrobneje ogledali v podpoglavju 4.4, v standardni formuli se šteje kot del tržnega tveganja.

4.3.1 Model tveganja neplačila nasprotne stranke

Ta model odraža možne izgube zaradi nepričakovanega neplačila ali poslabšanja kreditnega stanja nasprotnih strank in dolžnikov podjetja v obdobju 1 leta. Zajema pogodbe, ki zmanjšujejo tveganje, kot so pozavarovalni dogovori, listinjenje in izvedeni finančni instrumenti (razen kreditni izvedeni finančni instrumenti, ki so že zajeti v modulu tveganja razpona) ter terjatve do posrednikov in vse ostale kreditne izpostavljenosti, ki niso zajete v modulu kreditnega razpona. Za vsako nasprotno stranko model tveganja neplačila upošteva skupno izpostavljenost zavarovalnice ali pozavarovalnice tveganju do te nasprotne stranke, ne glede na pravno obliko pogodbenih obveznosti, ki jih ima nasprotna stranka do zavarovalnice ali pozavarovalnice.
Kapitalske zahteve za tveganje neplačila nasprotne stranke se izračunajo na podlagi izpostavljenosti tipa 1 in izpostavljenosti tipa 2.

Izpostavljenosti tipa 1 vključujejo izpostavljenosti do:

- pogodb za zmanjševanje tveganj, vključno s pozavarovanjem, namenskimi družbami, listinjenji na podlagi zavarovalniških produktov in izvedenimi finančnimi instrumenti;
- denarnih sredstev v bankah;
- depozitov pri cedentih, katerih število posameznih izpostavljenosti ni večje od 15;
- zavez prejetih s strani zavarovalnice ali pozavarovalnice, ki so bile vpoklicane vendar neplačane;
- pravno zavezujočih zavez, ki jih je podjetje zagotovilo ali se dogovorilo in ki lahko privedejo do plačilnih obveznosti, odvisno od kreditne položaja ali neplačila nasprotne stranke, vključno z jamstvi, akreditivi, in garantnimi pismi, ki jih je zagotovilo podjetje;
- izvedenih finančnih instrumentov, razen tistih kreditnih izvedenih finančnih instrumentov, ki so zajeti v modulu tveganje razpona.

Izpostavljenosti tipa 2 vključujejo vse kreditne izpostavljenosti, ki niso zajete v modulu tveganja razpona in niso del izpostavljenosti tipa 1, vključno z

- terjatvami do posrednikov;
- terjatve do imetnikov polic;
- hipotekarnimi krediti, ki izpolnjujeno zahteve delegirane Uredbe;
- depoziti pri cedentih, kjer je število posameznih izpostavljenosti večje od 15;
- zavezami, prejetimi od zavarovalnice ali pozavarovalnice, ki so bile vpoklicane, vendar niso vplačane, če število posameznih izpostavljenosti presega 15.

Prag za razlikovanje med izpostavljenostmi tipa 1 in tipa 2: če število neodvisnih nasprotnih strank z depoziti pri cedentih ne presega 15, se izpostavljenost obravnava kot izpostavljenost tipa 1. Enako velja za zaveze, ki so bile vpoklicane, vendar niso vplačane.

Kapitalska zahteva za tveganje neplačila se izračuna kot:

$$SCR_{def} = \sqrt{SCR^2_{def,1} + 1,5 \cdot SCR_{def,1} \cdot SCR_{def,2} + SCR^2_{def,2}},$$

pri čemer:

a) $SCR_{def,1}$ označuje kapitalske zahteve za tveganje neplačila nasprotne stranke pri izpostavljenostih tipa 1,

b) $SCR_{def,2}$ označuje kapitalske zahteve za tveganje neplačila nasprotne stranke pri izpostavljenostih tipa 2, [7].

Model temelji na predpostavki, da za izpostavljenosti, ki so lahko razpršene in kjer nasprotne stranke imajo bonitetno oceno velja, da so LGD za nasprotne stranke, ki ne spadajo v isto skupino, neodvisne in LGD za nasprotne stranke, ki spadajo v isto skupino, odvisne. Kapitalska zahteva za izpostavljenosti tipa 1 in 2 se določi na podlagi LGD. Vsaka obveznost do nasprotne stranke se lahko uporabi za zmanjšanje LGD, če pride do neplačila. Izpostavljenosti, ki niso zajete niti v modul tveganja razpona niti v modul tveganja neplačila nasprotne stranke kot izpostavljenosti tipa 1, so zajete v tem modelu kot izpostavljenosti tipa 2. Izvedeni finančni instrumenti se obravnavajo kot izpostavljenosti tipa 1, ker izpostavljajo zavarovalnico ali pozavarovalnico tveganju neplačila nasprotne stranke, ne glede na to ali so izvedeni finančni instrumenti za varovanje pred tveganjem ali za špekulativne namene.
Za izpostavljenosti tipa 1 tveganje neplačila nasprotne stranke ne povzroča le LGD, ampak tudi verjetnost neizpolnitve obveznosti, PD, posamezne nasprotne stranke. PD

temelji na bonitetni oceni nasprotne stranke. Za zavarovalnice ali pozavarovalnice, ki nimajo bonitetne ocene in zanje velja direktiva Solventnost II, se PD določi na podlagi količnika kapitalske ustreznosti.
Za izpostavljenosti tipa 2 kapitalska zahteva temelji na scenariju 15% padca tržne vrednosti izpostavljenosti ob predpostavlki, da je portfelj dobro razpršen in z bonitetno oceno med BBB in BB. Za izpostavljenosti terjatev do posrednikov, ki imajo datum zapadlosti do 3 mesecev, se predvideva padec za 90% vrednosti glede na večjo verjetnost neplačila in omejeno stopnjo izterjave v primeru neplačila.

Pododdelka Izpostavljenost tipa 1 in Izpostavljenost tipa 2 sta povzeta po delegirani uredbi Solventnost II [7].

4.3.1.1 Izpostavljenost tipa 1

Verjetnost, da nasprotna stranka ne izpolne obveznosti, je enaka povprečju verjetnosti neizpolnitve obveznosti za vsako od izpostavljenosti do nasprotne stranke, pomnožena z izgubo ob neplačilu. Izpostavljenost tipa 1 pokriva vse izpostavljenosti do nasprotne stranke, ki imajo pripisano bonitetno oceno, ne morejo se pa razpršiti.

Posamezni izpostavljenosti i, za katero je na voljo bonitetna ocena, se dodeli verjetnost neizpolnitve obveznosti PD_i v skladu z naslednji tabelo:

Tabela 6: Verjetnost neizpolnitve obveznosti glede na bonitetne ocene nasprotnih strank.

Stopnja kreditne kvalitete	0	1	2	3	4	5	6
Verjetnost neizpolnitve obveznosti PD_i (%)	0,002	0,01	0,05	0,24	1,20	4,20	4,20

Posameznim izpostavljenostim i do zavarovalnice ali pozavarovalnice, za katero ni na voljo bonitetna ocena in ki razpolaga z zahtevanim minimalnim kapitalom, se dodeli verjetnost neizpolnitve obveznosti PD_i glede na količnik kapitalske ustreznosti podjetja v skladu z naslednjo tabelo:

Tabela 7: Verjetnost neizpolnitve obveznosti glede na količnik kapitalske ustreznosti.

Količnik kapitalske ustreznosti	196%	175%	150%	125%	122%	100%	95%	75%
Verjetnost neizpolnitve obveznosti PD_i (%)	0,01	0,05	0,10	0,20	0,24	0,50	1,20	4,20

Količnik kapitalske ustreznosti pomeni razmerje med primernim zneskom lastnih sredstev za kritje zahtevanega solventnostnega kapitala in zahtevanim solventnostnim kapitalom na podlagi najnovejših razpoložljivih vrednosti.

Glede na verjetnost neplačila PD, izgubo ob neplačilu LGD nasprotnih strank v portfelju izpostavljenosti tipa 1, ter Bergov model poda oceno variance porazdelitve izgube portfelja. Ta ocena se uporabi za izračun kapitalske zahteve za izpostavljenost tipa 1 z enačbo

$$SCR_{def,1} = \min\left\{\sum_i LGD_i; k_{1-\alpha} \cdot \sigma_Z\right\},$$

kjer je faktor $k_{1-\alpha} \cdot \sigma_Z$ podan z enačbo 4.11. Pri tem je standardni odklon podan z enačbo

$$\sigma_Z = \sqrt{\sum_{c=1}^{C}\sum_{d=1}^{D} u_{cd} \cdot L_c \cdot L_d + \sum_{c=1}^{C} v_c \cdot L_{2c} - \left(\sum_{c=1}^{C} w_c \cdot L_c\right)^2},$$

kjer sta c in d bonitetna razreda, u_{cd}, v_c, w_c so parametri, ki so odvisni od PD nasprotne stranke, predstavljajo funkcijo njene bonitetne ocene. Spremenljivki L_c in L_{2c} se izračunata kot

$$L_c = \sum_{i \in C} LGD_i, \quad L_{2c} = \sum_{i \in C} LGD_i^2.$$

Če je standardni odklon porazdelitve izgub izpostavljenosti tipa 1 nižji ali enak 7% celotne izgube ob neplačilu za vse izpostavljenosti tipa 1, so kapitalske zahteve za tveganje neplačila nasprotne stranke pri izpostavljenosti tipa 1 enake $SCR_{def,1} = 3 \cdot \sigma$.
Če je standardni odklon porazdelitve izgub izpostavljenosti tipa 1 višji od 7% in nižji ali enak 20% celotne izgube ob neplačilu za vse izpostavljenosti tipa 1, so kapitalske zahteve za tveganje neplačila nasprotne stranke pri izpostavljenosti tipa 1 enake $SCR_{def,1} = 5 \cdot \sigma$.
Če je standardni odklon porazdelitve izgub izpostavljenosti tipa višji od 20% celotne izgube ob neplačilu za vse izpostavljenosti tipa 1, so kapitalske zahteve za tveganje neplačila nasprotne stranke pri izpostavljenosti tipa 1 enake celotni izgubi ob neplačilu za vse izpostavljenosti tipa 1.

4.3.1.2 Izpostavljenost tipa 2

Kapitalske zahteve za tveganje neplačila nasprotne stranke za izpostavljenost tipa 2 so enake izgubi osnovnih lastnih sredstev, ki bi bila posledica takojšnjega zmanjšanja vrednosti izpostavljenosti tipa 2 za naslednji znesek:

$$SCR_{def,2} = 90\% \cdot LGD_{receivables>3months} + \sum_i 15\% \cdot LGD_i,$$

pri čemer:

a) $LGD_{receivables>3months}$ označuje celotno izgubo ob neplačilu za vse terjatve do posrednikov, ki so zapadle več kot tri mesece;

b) vsota se izračuna za vse izpostavljenosti tipa 2, ki niso terjatve do posrednikov, zapadle za več kot tri mesece in LGD_i označuje izgubo ob neplačilu za izpostavljenost i tipa 2.

4.3.1.3 Izračun izgube ob neplačilu

LGD lahko opredelimo kot izgubo osnovnih lastnih sredstev, ki bi jih imela zavarovalnica v primeru, da nasprotna stranka ne poravna obveznosti. Velikost potencialne izgube se s časom spreminja. Večja verjetnost je, da bo nasprotna stranka neuspešna, kot pa da bo potencialna izguba velika. Zato je potrebno določiti LGD za primere stresnih situacij. Enostaven pristop za merjenje dodatne izgube v stresnih razmerah je približek učinka zmanjševanja tveganja v izračunu SCR z dogovori o pozavarovanju ali izvedenimi finančnimi instrumenti.
Izguba ob neplačilu za posamezno izpostavljenost je enaka vsoti izgub ob neplačilu za vsako od izpostavljenosti do nasprotnih strank, ki pripadajo posamezni izpostavljenosti. [7]
Izguba ob neplačilu za dogovor o pozavarovanju ali listinjenju na podlagi zavarovanja se izračuna po formuli:

$$LGD = \max\{50\% \cdot (Recoverables + 50\% \cdot RM_{re}) - F \cdot Collateral; 0\},$$

pri čemer:

a) $Recoverables$ označuje najboljšo oceno izterljivih zneskov dogovora o pozavarovanju ali listinjenja na podlagi zavarovanja in do ustreznih dolžnikov;

b) RM_{re} označuje učinek dogovora o pozavarovanju ali listinjenja na podlagi zavarovanja na zmanševanje zavarovalnega tveganja;

c) $Collateral$ označuje tveganju prilagojeno vrednost zavarovanja s premoženjem v zvezi z dogovorom o pozavarovanju ali listinjenju;

d) F označuje faktor, s katerim se upošteva ekonomski učinek dogovora o zavarovanju s premoženjem v zvezi z dogovorom o pozavarovanju ali listinjenjem v primeru kreditnega dogodka povezanega z nasprotno stranko [7].

Izguba ob neplačilu za izvedeni finančni instrument se izračuna po formuli:

$$LGD = \max\{90\% \cdot (Derivative + RM_{fin}) - F \cdot Collateral; 0\},$$

pri čemer:

a) $Derivative$ označuje vrednost izvedenega finančnega instrumenta;

b) RM_{fin} označuje učinek izvedenega finančnega instrumenta za zmanjševanje tržnega tveganja;

c) $Collateral$ označuje tveganju prilagojeno vrednost zavarovanja s premoženjem v zvezi z izvedenim finančnim instrumentom;

d) F označuje faktor, s katerim se upošteva ekonomski učinek dogovora o zavarovanju s premoženjem v zvezi z dogovorom o pozavarovanju ali listinjenjem v primeru kreditnega dogodka povezanega z nasprotno stranko [7].

Izguba ob neplačilu za hipotekarni kredit se izračuna po formuli:

$$LGD = \max\{Loan - 80\% \cdot Mortgage; 0\},$$

pri čemer:

a) $Loan$ označuje vrednost hipotekarnega kredita;

b) $Mortgage$ označuje tveganju prilagojeno vrednost hipoteke [7].

RM_{re} je razlika približka med kapitalsko zahtevo za zavarovalno tveganje pod pogojem, da se dogovor o pozavarovanju ali listinjenju ne upoštevata pri izračunu (SCR_{def}^{gross}) in kapitalsko zahtevo za zavarovalno tveganje brez sprememb (SCR_{def}^{net}). Ta znesek označimo z $RM_{uw} = SCR_{def,uw}^{gross} - SCR_{def,uw}^{net}$. V primeru, da je pri listinjenju potrebno upoštevati tudi tržno tveganje, dobimo RM_{re} tako, da združimo RM_{uw} in razliko med kapitalsko zahtevo za tržno tveganje pod pogojem, da učinek listinjena na podlagi zavarovanja za zmanjševanje zavarovalnega tveganja se ne upošteva pri njegovem izračunu in kapitalsko zahtevo za tržno tveganje brez sprememb. Odvisnost med učinki je enako odvisnosti med moduli za zavarovalno in tržno tveganje, t.j. $\rho = 0,25$. Torej dobimo

$$RM_{re} = \sqrt{RM_{uw}^2 + 2 \cdot 0,25 \cdot RM_{uw} \cdot RM_{mr} + RM_{mr}^2}.$$

Če je zavarovanje s premoženjem povezano z izpostavljenostjo, je oseba, ki je skrbnik zavarovanja s premoženjem, neodvisna od nasprotne stranke in so izpolnjene zahteve, opredeljene za zavarovanje s premoženjem z namenom zmanjševanja finančnega tveganja, potem se izguba ob neplačilu za izpostavljenosti tipa 1 ali vrednost izpostavljenosti tipa 2 lahko zmanjša za vrednost zavarovanja prilagojenega tveganju. Vrednost zavarovanja prilagojenega tveganju se izračuna kot

$$Collateral = 0,8 \cdot (MV_{col} - MR_{col}),$$

kjer je

a) MV_{col} tržna vrednost sredstev zavarovanih s premoženjem;

b) MR_{col} prilagoditev tržnega tveganja. Zmanjšanje tržne vrednosti zavarovanja s premoženjem mora biti v skladu s korelacijsko matriko modula tržnega tveganja glede na podmodule tveganja lastniških vrednostnih papirjev, tveganja spremembe cen nepremičnin, tveganja razpona in valutnega tveganja. Za izračun valutnega tveganja, se valuta zavarovanja s premoženjem primerja z valuto zavarovane kreditne izpostavljenosti. Če so sredstva zavarovanja s premoženjem bančni depoziti, za katera ne velja tveganje kreditne razpona, je potrebno prilagoditev povečati za kapitalsko zahtevo za tveganje neplačila nasprotne stranke depozitov.

4.4 TVEGANJE RAZPONA

Tveganje razpona odraža spremembe vrednosti sredstev in obveznosti, ki so posledica sprememb ravni ali nestanovitnosti kreditnih pribitkov nad netvegano strukturo razpona. Tveganje razpona sestavljata dva elementa:

- stopnja kreditne kakovosti (ang. *Credit quality step*, CQS), ki je enakovredna bonitetnemu razredu,
- občutljivost sredstva na šok kreditnega razpona.

Model tveganja razpona vključuje naslednje vrste sredstev:

- obveznice (vključno z depoziti pri kreditnih institucijah),
- posojila, zajamčena s hipotekami,
- strukturirani kreditni produkti (vrednostni papirji zavarovani s premoženjem in vrednostni papirji zavarovani z dolžniški instrumenti),
- kreditni izvedeni finančni instrumenti (posli kreditnih zamenjav, zamenjav skupnih donosov, kreditni zapisi).

Uporablja se za naslednje razrede obveznic:

- dolgoročne podjetniške obveznice,
- podjetniške obveznice z visoko donosnostjo,
- podrejene dolgove,
- hibridne dolžniške instrumente.

Velja za vse vrste vrednostnih papirjev zavarovanih s premoženjem, pa tudi za vse obroke strukturiranih kreditnih produktov, kot so vrednostni papirji zavarovani z dolžniškimi instrumenti. Za razred naložb vključuje transakcije shem, pri katerih se tranšira kreditno tveganje, povezano z izpostavljenostjo ali paketom izpostavljenosti, z naslednjimi značilnostmi:

- plačila v transakciji ali shemi so odvisna od kvalitete izpostavljenosti ali paketa izpostavljenosti,
- podrejenost tranš (tj. pogodbeno določen segment kreditnega tveganja, povezan z izpostavljenostjo ali več izpostavljenostmi) določa razporeditev izgub med potekom posla ali sheme.

Modul tveganja razpona bi moral nadalje zajemati zlasti kreditne izvedene finančne instrumente, kot so posli kreditnih zamenjav, zamenjava skupnih donosov, kreditni zapisi, ki niso del priznane politike za zmanjšanje tveganja.
Instrumenti, občutljivi na spremembe kreditnih razponov, lahko povzročijo tudi druga tveganja, ki jih je treba ustrezno obravnavati v ustreznih modulih. Na primer, tveganje neplačila nasprotne stranke, je treba obravnavati v modulu tveganja neplačila nasprotne stranke, ne pa v podmodulu tveganja razpona. Iz tega modula so izvzete tudi državne obveznice. Izjema se nanaša na posojila države OECD ali EGP, ki jih je izdala ali zagotovila država članica OECD ali EGP.

4.4.1 Model tveganja kreditnega razpona

Ena komponenta kreditnega razpona je pričakovana izguba na podjetniških obveznicah zaradi neplačila. Pričakovano izgubo je mogoče izmeriti v odstotkih $EL\% = PD \cdot LGD$. Kreditni razpon lahko razumemo kot presežek donosa, ki ga zahteva trg za prevzem odložene kreditne izpostavljenosti. Zato je del modula tržnega tveganja in ni del modela CreditRisk+. Da pojasnimo donosnost tveganega dolga, uporabimo Mertonov model.

Naj bo B_0 tržna cena sredstva v času $t = 0$, torej je $B_0 = V_{A_0} - V_{E_0}$. Če upoštevamo enačbo 4.1 dobimo

$$B_0 = V_{A_0} \left(\Phi(-d_1) + L \cdot \Phi(d_2) \right), \tag{4.12}$$

kjer je $L = \frac{Ke^{-rt}}{V_{A_0}} = \frac{K^*}{V_{A_0}}$ mera finančnih vzvodov in šteje sedanjo vrednost praga ali obljubljenega dolga. Donos do zapadlosti dolga je implicitno definiran kot

$$B_0 = K \cdot e^{-yt} = K^* \cdot e^{(r-y)t}. \tag{4.13}$$

Če zamenjamo $V_{A_0} = \frac{K^*}{L}$ v enačbi 4.12 in združimo enačbi 4.12 in 4.13, dobimo kreditni razpon kot razliko med donosom in netvegano stopnjo, ki ga Mertonov model implicira kot

$$Spread_M = y - r = \frac{-\ln\left(\Phi(d_2) + \frac{\Phi(-d_1)}{L}\right)}{t}.$$

Za modeliranje kreditnega razpona iz modela KMV uporabimo pristop enotnega denarnega toka in pokažemo, da je diskontna stopnja y, ki upošteva tveganje neplačila enaka $y = r + Spread$ in je rešitev enačbe

$$\frac{(1 - LGD)}{1 + r} + \frac{LGD \cdot (1 - PD)}{1 + r} = \frac{1}{1 + r + Spread},$$

kjer je PD na tveganje neobčutljiva verjetnost neplačila. Torej dobimo

$$Spread_C = \frac{LGD \cdot PD \cdot (1 + r)}{1 - LGD \cdot PD} = \frac{EL\%}{1 - EL\%}(1 + r).$$

4.4.2 Model tveganja razpona po standardni formuli

Kapitalska zahteva za tveganje razpona temelji na pristopu dveh faktorjev, pri čemer eden predstavlja povečanje kreditnega razpona, drugi pa padec kreditnega razpona. Razdeljena je na 3 komponente, obveznice, strukturirane kreditne produkte in kreditne izvedene finančne instrumente. Po standardni formuli izračunamo tveganje razpona po naslednji formuli:

$$SCR_{spread} = SCR^{bond}_{spread} + SCR^{struct}_{spread} + SCR^{cd}_{spread}.$$

Naslednji razdelki so povzeti po delegirani uredbi Solventnost II [7].

4.4.2.1 Tveganje razpona pri obveznicah

Kapitalska zahteva za tveganje razpona pri obveznicah je določena kot rezultat vnaprej določenega scenarija:

$$SCR^{bond}_{spread} = \sum_i MV_i \cdot dur_i \cdot f(rating_i) + \triangle Liab_{UL},$$

kjer je:

a) MV_i izpostavljenost ob neplačilu, tj. izpostavljenosti kreditnega tveganja i kot jo določijo referenčne tržne vrednosti,

b) dur_i trajanje izpostavljenosti kreditnega tveganja i,

c) $f(rating_i)$ funkcija bonitetnega razreda izpostavljenosti kreditnega tveganja i, ki je kalibrirana tako, da zagotavlja konsistentnost šoka z mero VaR $99,5\%$,

d) $\triangle Liab_{UL}$ povečanje zavarovalno-tehničnih rezervacij, brez marže za tveganje za police, pri katerih imetniki polic prevzemajo naložbeno tveganje z vgrajenimi opcijami in garancijami, do katerega bi prišlo zaradi takojšnjega zmanjšanja vrednosti sredstev, ki so predmet kapitalskih zahtev za tveganja razpona pri obveznicah, v stresnem scenariju z minimalno vrednostjo 0. Stresni scenarij je opredeljen kot padec vrednosti sredstev (razen državnih obveznic, ki jih je izdala vlada EGP ali OECD v svoji lokalni valuti).

Obveznicam, za katere je na voljo bonitetna ocena imenovane ECAI, se dodeli faktor tveganja $f(rating_i)$ v odvisnosti od stopnje kreditne kvalitete in spremenjenega trajanja dur_i obveznice i v skladu z naslednjo tabelo:

Tabela 8: Vrednosti faktorjev tveganja obveznic, za katere je na voljo bonitetna ocena.

Stopnja kreditne kvalitete		0		1		2	
dur_i	$f(rating_i)$	a_i	b_i	a_i	b_i	a_i	b_i
$dur_i \leq 5$	$b_i \cdot dur_i$		0,9%		1,1%		1,4%
$5 < dur_i \leq 10$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 5)$	4,5%	0,5%	5,5%	0,6%	7,0%	0,7%
$10 < dur_i \leq 15$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 10)$	7,0%	0,5%	8,4%	0,5%	10,5%	0,5%
$15 < dur_i \leq 20$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 15)$	9,5%	0,5%	10,9%	0,5%	13,0%	0,5%
$dur_i > 20$	$\min(a_i + b_i \cdot (dur_i - 20); 1)$	12,0%	0,5%	13,4%	0,5%	15,5%	0,5%

Stopnja kreditne kvalitete		3		4		5 in 6	
dur_i	$f(rating_i)$	a_i	b_i	a_i	b_i	a_i	b_i
$dur_i \leq 5$	$b_i \cdot dur_i$		2,5%		4,5%		7,5%
$5 < dur_i \leq 10$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 5)$	12,5%	1,5%	22,5%	2,5%	37,5%	4,2%
$10 < dur_i \leq 15$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 10)$	20,0%	1,0%	35,0%	1,8%	58,5%	0,5%
$15 < dur_i \leq 20$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 15)$	25,0%	1,0%	44,0%	0,5%	61,0%	0,5%
$dur_i > 20$	$\min(a_i + b_i \cdot (dur_i - 20); 1)$	30,0%	0,5%	46,5%	0,5%	63,5%	0,5%

Obveznicam, za katere bonitetna ocena imenovane ECAI ni na voljo in za katere dolžniki niso zagotovili zavarovanja s premoženjem, se dodeli faktor tveganja $f(rating_i)$ v odvisnosti od trajanja dur_i obveznice i v skladu z naslednjo tabelo:

Tabela 9: Vrednosti faktorjev tveganja obveznic, če bonitetna ocena ni na voljo.

Trajanje dur_i	Faktor $f(rating_i)$
$dur_i \leq 5$	$3\% \cdot dur_i$
$5 < dur_i \leq 10$	$15\% + 1,7\% \cdot (dur_i - 5)$
$10 < dur_i \leq 20$	$23,5\% + 1,2\% \cdot (dur_i - 10)$
$dur_i > 20$	$\min(35,5\% + 0,5\% \cdot (dur_i - 20); 1)$

4.4.2.2 Tveganje razpona pri pozicijah v listinjenju

Kapitalska zahteva SCR^{struct}_{spread} za tveganje razpona pri pozicijah v listinjenju je enaka vsoti kapitalske zahteve za pozicije v listinjenju tipa 1, kapitalske zahteve pri pozicijah v listinjenju tipa 2 in kapitalske zahteve za pozicije v relistinjenju [7].
Pozicije v listinjenju tipa 1 vključujejo pozicije v listinjenju, za katere velja:

- pozicija je razporejena v stopnjo kreditne kvalitete 3 ali višjo,
- listinjenje kotira na reguliranem trgu države članice EGP ali OECD ali je sprejeto v trgovanje na organiziranem trgovalnem mestu, ki predstavlja aktiven in obsežen trg za neposredno prodajo,
- pozicija je v najbolj nadrejeni tranši ali tranšah listinjenja in ima med trajanjem posla vseskozi najvišjo raven nadrejenosti

Povzeli smo le nekatera merila iz 177. člena delegirane Uredbe [7].
Pozicije v listinjenju tipa 2 vključujejo vse pozicije v listinjenju, ki ne sodijo med pozicije tipa 1 ali v pozicije v relistinjenju.

Kapitalska zahteva za tveganje razpona pri pozicijah v listinjenju je v splošnem določena kot rezultat vnaprej določenega scenarija:

$$SCR^{struct}_{spread} = \sum_i MV_i \frac{\max\left(G(ratingdist_i, tenure_i) \cdot (1 - R(ratingdist_i)) - attach_i; 0\right)}{detach_i - attach_i},$$

kjer je:

a) MV_i izpostavljenost ob neplačilu, tj. izpostavljenosti kreditnega tveganja i kot jo določijo referenčne tržne vrednosti,

b) $G(ratingdist_i, tenure_i)$ funkcija bonitetnega razreda in trajanja izpostavljenosti kreditnega tveganja i znotraj listinjenja sredstev, ki je kalibrirana tako, da zagotavlja konsistentnost šoka z mero VaR $99,5\%$,

c) $R(ratingdist_i)$ funkcija bonitetnega razreda izpostavljenosti kreditnega tveganja i znotraj listinjenja sredstev, ki je kalibrirana tako, da zagotavlja konsistentnost šoka z mero VaR $99,5\%$,

d) $attach_i$ zgornja meja izgub, ki jo posamezna tranša pokriva,

e) $detach_i$ spodnja meja izgub, ki jo posamezna tranša pokriva.

Kapitalske zahteve za tveganje razpona pri pozicijah v listinjenju so enake izgubi osnovnih lastnih sredstev, ki bi bila posledica takojšnjega relativnega zmanjšanja faktorja tveganja $f(rating_i)$, v vrednosti vsake pozicije i v listinjenju. Faktor tveganja $f(rating_i)$ je odvisen od spremenjenega trajanja dur_i, izraženega v letih (dur_i ni manjši od 1 leta).

Pri listinjenju se uporabljajo tranše, kjer se različne vrste naložb razdeli na dele in zapakira v sklade. S tem lahko zmanjšati tveganje. Finančni instrumenti, ki jih je mogoče razdeliti na tranše, vključujejo posojila, obveznice, hipoteke in zavarovalne police.

Nadrejenim pozicijam v listinjenju STS, ki izpolnjujejo zahteve tradicionalnega listinjenja iz 243. člena Uredbe (EU) št. 575/2013 in za katere je na voljo bonitetna ocena imenovane ECAI, se dodeli faktor tveganja v odvisnosti od stopnje kreditne kvalitete in spremenjenega trajanja pozicije v listinjenju i, kot je določeno v naslednji tabeli

Tabela 10: Vrednosti faktorjev tveganja nadrejenih pozicij v listinjenju, če je na voljo bonitetna ocena.

Stopnja kreditne kvalitete		0		1		2	
dur_i	$f(rating_i)$	a_i	b_i	a_i	b_i	a_i	b_i
$dur_i \leq 5$	$b_i \cdot dur_i$		1,0%		1,2%		1,6%
$5 < dur_i \leq 10$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 5)$	5,0%	0,6%	6,0%	0,7%	8,0%	0,8%
$10 < dur_i \leq 15$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 10)$	8,0%	0,6%	9,5%	0,5%	12,0%	0,6%
$15 < dur_i \leq 20$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 15)$	11,0%	0,6%	12,0%	0,5%	15,0%	0,6%
$dur_i > 20$	$\min(a_i + b_i \cdot (dur_i - 20); 1)$	14,0%	0,6%	14,5%	0,5%	18,0%	0,6%

Stopnja kreditne kvalitete		3		4		5 in 6	
dur_i	$f(rating_i)$	a_i	b_i	a_i	b_i	a_i	b_i
$dur_i \leq 5$	$b_i \cdot dur_i$		2,8%		5,6%		9,4%
$5 < dur_i \leq 10$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 5)$	14,0%	1,7%	28,0%	3,1%	47,0%	5,3%
$10 < dur_i \leq 15$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 10)$	22,5%	1,1%	43,5%	2,2%	73,5%	0,6%
$15 < dur_i \leq 20$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 15)$	28,0%	1,1%	54,5%	0,6%	76,5%	0,6%
$dur_i > 20$	$\min(a_i + b_i \cdot (dur_i - 20); 1)$	33,5%	0,6%	57,5%	0,6%	79,5%	0,6%

Nadrejena pozicija v listinjenu pomeni pozicijo, ki je zavarovana s prvo terjatvijo od celotne osnovne izpostavljenosti, pri čemer se v ta namen ne upoštevajo zapadli zneski, ki so predpisani po pogodbah o obrestih ali izvedenih finančnih instrumentih, provizij, nadomestil ali drugih podobnih plačil, in ne glede na razlike v zapadlosti v primerjavi z eno ali več nadrejenimi tranšami, s katerimi pozicija sorazmerno deli izgube.

Če bonitetna ocena imenovane ECAI ni na voljo, se dodeli faktor tveganja kot je določeno v naslednji tabeli

Tabela 11: Vrednosti faktorjev tveganja nadrejenih pozicij v listinjenju, če bonitetna ocena ni na voljo.

Trajanje dur_i	Faktor $f(rating_i)$	a_i	b_i
$dur_i \leq 5$	$b_i \cdot dur_i$		4,6%
$5 < dur_i \leq 10$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 5)$	23%	2,5%
$10 < dur_i \leq 15$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 10)$	35,5 %	1,8%
$15 < dur_i \leq 20$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 15)$	44,5 %	0,5%
$dur_i > 20$	$\min(a_i + b_i \cdot (dur_i - 20); 1)$	47,0%	0,5%

Nenadrejenim pozicijam v listinjenju STS, ki izpolnjujejo zahteve tradicionalnega listinjenja iz 243. člena Uredbe (EU) št. 575/2013 in za katere je na voljo bonitetna ocena imenovane ECAI, se dodeli faktor tveganja v odvisnosti od stopnje kreditne kvalitete in spremenjenega trajanja pozicije v listinjenju i, kot je določeno v naslednji tabeli

Tabela 12: Vrednosti faktorjev tveganja nenadrejenih pozicij v listinjenju, če je na voljo bonitetna ocena.

Stopnja kreditne kvalitete		0		1		2	
dur_i	$f(rating_i)$	a_i	b_i	a_i	b_i	a_i	b_i
$dur_i \leq 5$	$\min(b_i \cdot dur_i; 1)$		2,8%		3,4%		4,6%
$5 < dur_i \leq 10$	$\min(a_i + b_i \cdot (dur_i - 5); 1)$	14,0%	1,6%	17,0%	1,9%	23,0%	2,3%
$10 < dur_i \leq 15$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 10)$	22,0%	1,6%	26,5%	1,5%	34,5%	1,6%
$15 < dur_i \leq 20$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 15)$	30,0%	1,6%	34,0%	1,5%	42,5%	1,6%
$dur_i > 20$	$\min(a_i + b_i \cdot (dur_i - 20); 1)$	38,0%	1,6%	41,5%	1,5%	50,5%	1,6%

Stopnja kreditne kvalitete		3		4		5 in 6	
dur_i	$f(rating_i)$	a_i	b_i	a_i	b_i	a_i	b_i
$dur_i \leq 5$	$\min(b_i \cdot dur_i; 1)$		7,9%		15,8%		26,7%
$5 < dur_i \leq 10$	$\min(a_i + b_i \cdot (dur_i - 5); 1)$	39,5%	4,7%	79,0%	8,8%	100,0%	0,0%
$10 < dur_i \leq 15$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 10)$	63,0%	3,2%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
$15 < dur_i \leq 20$	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 15)$	79,0%	3,2%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
$dur_i > 20$	$\min(a_i + b_i \cdot (dur_i - 20); 1)$	95,0%	1,6%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%

Če bonitetna ocena imenovane ECAI nenadrejenih pozicijah v listinjenju STS ni na voljo, se dodeli faktor tveganja, ki je enak stopnji kreditne kvalitete 5 kot je določen v tabeli 10.

Pozicijam v listinjenju tipa 2, za katere je na voljo bonitetna ocena imenovane ECAI, se dodeli faktor tveganja $f(rating_i) = \min(b_i \cdot dur_i; 1)$, pri čemer se b_i določi glede na stopnjo kreditne kvalitete pozicije v listinjenju i, kot je določeno v naslednji tabeli

Tabela 13: Vrednosti parametra b_i za pozicije v listinjenju tipa 2.

Stopnja kreditne kvalitete	0	1	2	3	4	5	6
b_i	$12,5\%$	$13,4\%$	$16,6\%$	$19,7\%$	82%	100%	100%

Pozicijam v relistinjenju, za katere je na voljo bonitetna ocena imenovane ECAI, se dodeli faktor tveganja $f(rating_i) = \min(b_i \cdot dur_i; 1)$, pri čemer se b_i določi glede na stopnjo kreditne kvalitete pozicije v relistinjenju i, kot je določeno v naslednji tabeli

Tabela 14: Vrednosti parametra b_i za pozicije v relistinjenju i.

Stopnja kreditne kvalitete	0	1	2	3	4	5	6
b_i	33%	40%	51%	91%	100%	100%	100%

Pozicijam v listinjenju za katere bonitetna ocena imenovana ECAI ni na voljo, se dodeli faktor tveganja v višini 100%.

4.4.2.3 Tveganje razpona pri kreditnih izvedenih finančnih instrumentih

Kapitalska zahteva SCR^{cd}_{spread} za tveganje razpona pri kreditnih izvedenih finančnih instrumentih je enaka višji od naslednjih kapitalskih zahtev:

- izgubi osnovnih lastnih sredstev, ki bi bila posledica takojšnjega absolutnega povečanja kreditnega razpona instrumentov, na katerih temeljijo kreditni izvedeni finančni instrumenti.
- izgubi osnovnih lastnih sredstev, ki bi bila posledica takojšnjega relativnega zmanjšanja kreditnega razpona instrumentov, na katedih temeljijo izvedeni finančni instrumenti, za 75%.

Za takojšnje povečanje kreditnega razpona instrumentov, na katerih temeljijo izvedeni finančni instrumenti, za katere je na voljo bonitetna ocena imenovane ECAI, se izračuna v skladu z naslednjo tabelo

Tabela 15: Takojšnje povečanje kreditnega razpona instrumentov, na katerih temeljijo kreditni izvedeni finančni instrumenti, za katere je na voljo bonitetna ocena.

Stopnja kreditne kvalitete	0	1	2	3	4	5	6
Takojšnje povečanje razpona (v odstotnih točkah)	1,3	1,5	2,6	4,5	8,4	16,2	16,2

Če bonitetna ocena imenovane ECAI ni na voljo, potem je takojšnje povečanje kreditnega razpona instrumentov enako 5%.

5 ZAKLJUČEK

V magistrski nalogi smo analizirali okvir direktive Solventnosti II, ki je stopil v veljavo s 1. 1. 2016. Cilj je bil uskladiti nadzorne predpise v Evropski uniji, omogočiti boljše razporejanje kapitalskih virov in izboljšati konkurenčnost zavarovalnic na trgu.
Ker zavarovalnice spadajo med večje vlagatelje v finančne naložbe in so posledično podvržene nestabilnosti trga, smo v drugem poglavlju predstavili tržno tveganje, ki prispeva kar večino osnovnega zahtevanega kapitala solventnosti. Zavarovalnice vlagajo v različne vrste finačnih naložb z različnimi profili tveganj. Predstavili smo komponente tržnega tveganja in njihove izračune po standardni formuli.
Osredotočili smo se na izračun zahtevanega solventnostnega kapitala po standardni formuli, ki se na splošno šteje kot za ugodno formulo za izračun. Namen standardne formule je zajeti pomembna merljiva tveganja, ki jim je izpostavljena večina zavarovalnic. Standardna formula pa ni prilagojena individualnim profilom tveganja.
EIOPA se očitno zaveda teh težav in to je razlog, zakaj se v Solventnosti II spodbuja uporaba notranjih modelov. Dobro razvit notranji model omogoča dosleden pogled na medsebojno vplivanje tveganj, kapitala in vrednosti na različnih področjih poslovanja. Toda tudi notranji modeli imajo pomanjkljivosti. Uvedba notranjega modela, tako popolnega kot delnega, je za podjetja res draga. Stroški v zvezi s pripravo, razvojem in izobraževanjem presegajo zgolj pravilno določanje številk. To je zato, ker se mora razvoj notranjih modelov spoprijeti z zelo zapletenimi vprašanji, statistično modeliranje potrebno v fazi razvoja, pa je zares zapleteno. Kot smo videli na koncu drugega poglavja, mora notranji model za potrditev izpolnjevati stroge zahteve, ki so jih postavili nadzorni organi.
Poleg tržnih tveganj je tudi kreditno tveganje pogosto pomemben dejavnik, ki ga je potrebno upoštevati na trgu izvedenih finančnih instrumentih. Nedavne krize v Grčiji, na Irskem, v Španiji ali na Portugalskem so pokazale močno potrebo po ustreznih modelih kreditnega tveganja za zavarovalnice, saj na splošno ni samoumevno, da visoko zadolžene države dobijo finačno podporo. Zaradi tega je modeliranje kreditnega tveganja deležno večje pozornosti pri obvladovanju tveganj. V tretjem poglavju smo analizirali štiri splošne modele kreditnega tveganja, ki se uporabljajo v praksi: Mertonov model, KMV model, CreditMetrics model in CreditRisk+ model. Po standardni formuli pa kreditno tveganje razdelimo na tveganje neplačila nasprotne stranke, tveganje kreditnega razpona in tveganje koncentracije, ki se šteje kot del tržnega tveganja. Podrobneje smo analizirali model tveganja neplačila nasprotne stranke, ki odraža možne

izgube zaradi nepričakovanega neplačila ali poslabšanja kreditnega stanja nasprotnih strank in dolžnikov podjetja, in model kreditnega razpona, ki odraža spremembe vrednosti sredstev in obveznosti, ki so posledica sprememb bonitetnih ocen.

Solventnost II je nedvomno korak naprej k boljšemu regulativnemu okviru v Evropski uniji. Koristi tako zavarovalnicam pri razvoju boljšega obvladovanja tveganj in zmanjšanju verjetnosti njihove plačilne nesposobnosti kot zavarovancem, saj zaradi uvedene uskladitve lažje dostopajo do pomembnih informacij. Poleg tega spodbuja stabilnost celotnega gospodarstva. Vendar ima še vedno nekaj pomembnih težav, za katere Evropska komisija, zlasti EIOPA, že išče rešitve.

6 LITERATURA IN VIRI

[1] F. Ahlin, *Internal model for spread risk under Solvency II*, Degree project in mathematics, second cycle, Stockholm, 2017.

[2] J. Allali, O. Le Courtois in M. Majri, Credit risk and solvency capital requitements. *Eur. Actuar. J.* 8 (2018) 487–515.

[3] D. Bauer, D. Bergmann, A. Reuss, *On the Calculation of the Solvency Capital Requirement based on Bested Simulations*, Working Paper, Georgia State University and ULm University, 2010.

[4] A. Cairns, Credit Risk In Interest Rate Models: An Introduction. *Princenton, Oxford: Princeton University Press* (2004) 197–226.

[5] G. Connor, L. Goldberg in R. Korajczyk, Credit Risk In Portfolio Risk Analysis. *Princeton, oxford: Princeton University Press* (2010) 212–240.

[6] M. Denault, *Coherent Allocation of Risk Capital*, Working Paper, ETH RiskLab, Zurich, 2001.

[7] *Direktiva 2009/138/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 10. oktobra 2014 o začetku opravljanja in opravljanju dejavnosti zavarovanja in pozavarovanja (Solventnost II)*, EUR-Lex. http://publications.europa.eu/resource/cellar/e92151bf-36ca-11ea-ba6e-01aa75ed71a1.0022.02/DOC_2. (Datum ogleda: 20. 4. 2021.)

[8] P. Gagliardini, C. Gouriéroux, *Spread Term Structure and Default Correlation*, https://www.jstor.org/stable/10.15609/annaeconstat2009.123-124.0175. (Datum ogleda: 4. 9. 2020.)

[9] N. Gatzert, M. Martin, Quantifying credit and market risk under Solvency II: Standard approach versus internal model, v: Insurance: Mathematics and Economics, *Friedrich-Alexander-University (FAU) of Erlangen-Nuremberg, Germany*, 2012, 649–666.

[10] R. Herring, Credit risk and financial. *Oxford Review of Economic Policy* 15(3) (1999) 63–79.

[11] R. Kiesel, W. Perraudin, A. Taylor, *The structure of credit risk: spread volatility and ratings transitions*, `https://www.researchgate.net/publication/4796139_The_structure_of_credit_risk_Spread_volatility_and_ratings_transitions`. (Datum ogleda: 15. 3. 2021.)

[12] E. Lutkebohmert, *Concentration Risk in Credit Portfolios*, EAA Lecture Notes, Springer, Berlin, Heidelberg, 2009.

[13] K. Ng in B. Phelps, Capturing Credit Spread Premium. *Financial Analysts Journal* 67(3) (2011) 63–75.

[14] A. Olivieri in E. Pitacco, *Introduction to Insurance Mathematics: Technical and Financial Features of Risk Transfers*. Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2011.

[15] A. Sandstrom, *Handbook of Solvency for Actuaries and Risk Managers*, Chapman & Hall/CRC finance series, 2011.

[16] V. Stephan, *Modeling Credit Risk in the Solvency II Framework*, Institut des Sciences Financieres et Actuarielles, 2011.

[17] L. Torzi, prof. M. Papi, *An Analysis of Solvency II, Standard Formula for Calculation of SCR, possible corrections and a comparison with an internal model*, Universita Luiss Guido Carli, 2015.

[18] K. Van Hulle, *Solvency Requirements for EU Insurers*, Intersentia Ltd, 2019.

[19] *Zakon o zavarovalništvu (Uradni list RS, št. 93/15 in 9/19)*, Pravni red RS. `http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO6183`. (Datum ogleda: 23. 5. 2021.)