

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

Finančna matematika – 2. stopnja

Tina Janša

**Izračun zahtevanega solventnostnega kapitala za
zavarovalnice in pozavarovalnice po standardni formuli v
programskem jeziku R**

Magistrsko delo

Mentor: doc. dr. Matija Pretnar

Somentorica: Nataša Đukić, univ. dipl. mat.

Ljubljana, 2015

Podpisana Tina Janša izjavljam:

- da sem magistrsko delo z naslovom *Izračun zahtevanega solventnostnega kapitala za zavarovalnice in pozavarovalnice po standardni formuli v programskem jeziku R* izdelala samostojno pod mentorstvom doc. dr. Matije Pretnarja in Nataše Đukić, univ. dipl. mat., ter
- da Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani dovoljujem objavo elektronske oblike svojega dela na spletnih straneh.

Ljubljana, 12. 10. 2015

Podpis:

Zahvala

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Matiji Pretnarju in somentorici Nataši Đukić za vso strokovno pomoč in koristne nasvete pri izdelavi magistrskega dela.

Zahvaljujem se tudi družini in prijateljem, ki so mi stali ob strani v času celotnega študija.

Kazalo

1 Solventnost II	1
1.1 Zakonodajni okvir	1
1.2 Kapitalske zahteve	1
1.3 Izračun zahtevanega solventnostnega kapitala po standardni formuli	2
2 Aplikacija za izračun SCR	5
2.1 Uporaba aplikacije	5
2.2 Testiranje pravilnosti izračuna	8
3 Program v R-u	11
3.1 Modul tveganja iz pogodb neživljenjskega zavarovanja (Non-life)	13
3.1.1 Podmodul tveganja premije in rezervacije neživljenjskega zavarovanja (NL_{pr})	13
3.1.2 Podmodul tveganja predčasne prekinitve neživljenjskih zavarovanj (NL_{lapse})	17
3.1.3 Podmodul tveganja katastrofe neživljenjskih zavarovanj (NL_{CAT})	19
3.2 Modul tveganja iz pogodb življenjskega zavarovanja (Life)	28
3.3 Modul tveganja zdravstvenega zavarovanja (Health)	30
3.3.1 Podmodul tveganja NSLT zdravstvenih zavarovanj ($Health_{NSLT}$)	30
3.3.2 Podmodul tveganja SLT zdravstvenih zavarovanj ($Health_{SLT}$)	31
3.3.3 Podmodul tveganja katastrofe zdravstvenih zavarovanj ($Health_{CAT}$)	31
3.4 Modul tržnega tveganja (Market)	32
3.4.1 Podmodul tveganja obrestne mere (Mkt_{int})	33
3.4.2 Podmodul tveganja lastniških vrednostnih papirjev (Mkt_{eq})	35
3.4.3 Podmodul tveganja spremembe cen nepremičnin (Mkt_{prop})	36
3.4.4 Podmodul tveganja razpona (Mkt_{spread})	37
3.4.5 Podmodul koncentracije tržnega tveganja (Mkt_{conc})	38
3.4.6 Podmodul valutnega tveganja (Mkt_{curr})	40
3.5 Modul tveganja neplačila nasprotne stranke (CDR)	41
3.5.1 Izpostavljenosti tipa 1 (CDR_{type1})	41
3.5.2 Izpostavljenosti tipa 2 (CDR_{type2})	45
3.6 Modul tveganja neopredmetenih sredstev (Intangibles)	46
3.7 Operativno tveganje (Op)	46

3.8 Prilagoditev zaradi absorpcijske zmožnosti zavarovalno-tehničnih rezervacij in odloženih davkov (Adj)	48
4 Zaključek	50

Program dela

V magistrskem delu predstavite uporabo in implementacijo programa za izračun zahtevanega solventnostnega kapitala za zavarovalnice in pozavarovalnice po standardni formuli, kot jo predpisuje direktiva Solventnost II.

Mentor: dr. Matija Pretnar

Ljubljana, 1. 2. 2015

Somentorica: Nataša Đukić, univ. dipl. mat.

Izračun zahtevanega solventnostnega kapitala za zavarovalnice in pozavarovalnice po standardni formuli v programskem jeziku R

POVZETEK

Za zavarovalnice in pozavarovalnice bo z letom 2016 v veljavo stopila nova zakonodaja Solventnost II. Zakonodaja vpeljuje precej novosti, ena izmed njih je tudi nov način izračunavanja zahtevanega solventnostnega kapitala. Trenutno ni na voljo ustrezne prosto dostopne rešitve za izračun zahtevanega solventnostnega kapitala po standardni formuli, zato je glavni poudarek magistrskega dela izdelava omenjenega izračuna v programskem jeziku R. V delu je najprej prikazan primer uporabe aplikacije. Nato sledita opis standardne formule in razlaga implementacije. Opisane so tudi možnosti za nadgradnjo aplikacije.

Calculation of Solvency Capital Requirement for Insurance and Reinsurance Undertakings According to the Standard Formula in programming language R

ABSTRACT

The new legislation Solvency II for insurance and reinsurance undertakings will come into force in the beginning of 2016. Solvency II introduces a number of changes, one of which is a new method for the calculation of solvency capital requirements. At the moment there is no appropriate freely available solution for the calculation of solvency capital requirement according to the standard formula. Due to this, the main focus of the thesis is to develop the application in the programming language R, which supports this calculation. First an example of the application use is described. It is followed by the overview of the standard formula and the explanation of its implementation. The thesis also describes the possibilities for application upgrades.

Math. Subj. Class. (2010): 68 Computer science, 91 Game theory, economics, social and behavioral sciences

Ključne besede: Solventnost II, kapitalne zahteve, R

Keywords: Solvency II, Capital Requirement, R

1 Solventnost II

Solventnost je sposobnost poravnati svoje plačilne obveznosti (SSKJ). V primeru zavarovalnice¹ je to v osnovi sposobnost poplačila škod in ostalih obveznosti iz zavarovalnih pogodb. Zavarovalnica lahko postane insolventna, če skupna izplačila zavarovancem in stroški delovanja zavarovalnice presegajo prejete premije, ter zavarovalnica nima oblikovanih zadostnih zavarovalno-tehničnih rezervacij za pokritje obveznosti. Za te primere zavarovalnica potrebuje kapital, s katerim pokrije primanjkljaj. Kapital zavarovalnice je razlika med njenimi sredstvi in obveznostmi in ga imenujemo tudi lastna sredstva.

V Zakonu o zavarovalništvu 104. člen določa:

Zavarovalnica mora zagotoviti, da vedno razpolaga z ustreznim kapitalom, glede na obseg in vrste zavarovalnih poslov, ki jih opravlja, ter tveganja, ki jim je izpostavljena pri opravljanju teh poslov (kapitalska ustreznost).

V večini držav je minimalna količina kapitala, ki ga zavarovalnice morajo imeti, zakonsko predpisana in temelji na različnih metodah izračuna. S 1. 1. 2016 bo v Evropski uniji za zavarovalnice začela veljati nova zakonodaja Solventnost II. Zakonodaja predpisuje tudi izračun višine kapitala, ki ga zavarovalnice morajo imeti, na osnovi glavnih tveganj, ki so jim izpostavljene.

1.1 Zakonodajni okvir

Direktiva Solventnost II (Direktiva 2009/138/ES [1], v nadaljevanju Direktiva) je bila sprejeta novembra 2009 in je bila v aprilu 2014 spremenjena z Omnibus II direktivo (Direktiva 2014/51/EU [2]).

Oktobra 2014 je Evropska komisija sprejela Delegirano uredbo (Delegirana uredba Komisije (EU) 2015/35 [3], v nadaljevanju Delegirana uredba), ki vsebuje pravila za izvajanje Solventnosti II. Delegirana uredba je bila objavljena v Evropskem uradnem listu januarja 2015.

V februarju 2015 je EIOPA (Evropski organ za zavarovanja in poklicne pokojnine) objavila prvi sklop smernic o Solventnosti II v vseh uradnih jezikih Evropske unije.

1.2 Kapitalske zahteve

Solventnost II temelji na treh stebrih:

1. steber zajema kvantitativne zahteve, ki pokrivajo:

- vrednotenje sredstev in obveznosti po tržni vrednosti,

¹V nadaljevanju zavarovalnica predstavlja tako zavarovalnice kot pozavarovalnice, razen če ni drugače navedeno.

- izračun najboljše ocene zavarovalno-tehničnih rezervacij²,
- izračun dejanskega kapitala, s katerim razpolaga zavarovalnica,
- izračun zahtevanega solventnostnega kapitala,
- izračun zahtevanega minimalnega kapitala, ki predstavlja najnižjo raven, pod katero se lastna sredstva zavarovalnice ne smejo zmanjšati.

2. steber pokriva kvalitativne zahteve, ki zajemajo:

- pravila za nadzor,
- zahteve glede sistema upravljanja zavarovalnic, kamor sodijo upravljanje tveganj, notranje kontrole, revizija, aktuarska funkcija,
- izvedbo lastne ocene tveganj in solventnosti (ORSA).

3. steber ureja poročanje nadzornim organom in javno razkritje informacij, katerega namen je izboljšati preglednost poslovanja.

V magistrskem delu se bom osredotočila na 1. steber, natančneje na izračun zahtevanega solventnostnega kapitala.

Zahtevani solventnostni kapital je kapital, ki ga morajo imeti zavarovalnice, da bodo lahko v naslednjih 12 mesecih z 99,5-odstotno verjetnostjo izpolnile svoje obveznosti do zavarovancev, oziroma da bo prišlo do propada zavarovalnice največ enkrat v 200 primerih. Izračunati ga je potrebno vsaj enkrat letno z upoštevanjem vseh merljivih tveganj, ki jim je zavarovalnica izpostavljena. [1]

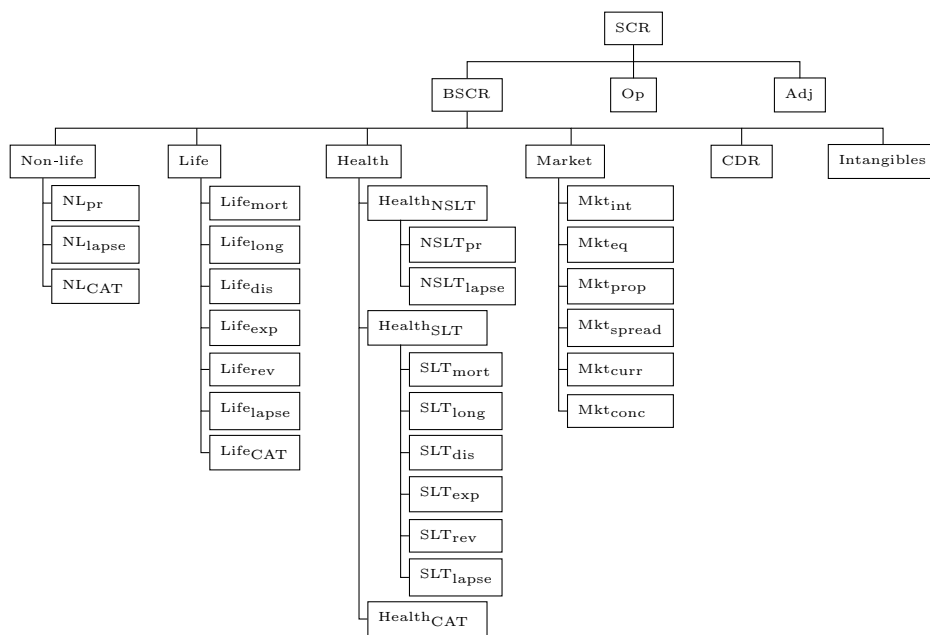
Zahtevani solventnostni kapital se lahko izračuna s pomočjo standardne formule ali z uporabo delnega oziroma popolnega notranjega modela. Metodologija standardne formule je predpisana znotraj zakonodaje Solventnost II. Za uporabo notranjega modela je potrebno pridobiti dovoljenje nadzornega organa (v Sloveniji je to Agencija za zavarovalni nadzor, AZN). V nadaljevanju bom podrobneje predstavila izračun zahtevanega solventnostnega kapitala s pomočjo standardne formule.

1.3 Izračun zahtevanega solventnostnega kapitala po standardni formuli

Standardna formula sledi modularnemu pristopu, kjer je celotno tveganje, ki mu je zavarovalnica izpostavljena, razdeljeno na skupine tveganj (module). Nekateri moduli tveganj so razdeljeni še na podskupine tveganj (podmodule), ki se lahko delijo še naprej. Tveganja, ki jih je potrebno upoštevati pri izračunu zahtevanega solventnostnega kapitala (v nadaljevanju SCR, Solvency Capital Requirement), lahko predstavimo z drevesno strukturo, ki je razvidna iz Slike 1.

Za vsak modul oz. podmodul tveganj je potrebno določiti kapitalske zahteve (delni SCR). Delni SCR-i se nato z uporabo korelacijske matrike postopoma po nivojih združijo v kapitalske zahteve za celotno tveganje (SCR). Z uporabo korelacij je upoštevana diverzifikacija med tveganji.

²Najboljša ocena zavarovalno-tehničnih rezervacij se izračuna kot neto sedanja vrednost prihodnjih denarnih tokov, kjer za diskontiranje uporabimo netvegano obrestno mero.



Slika 1: Drevesna struktura SCR modulov in podmodulov

Izračun delnega SCR za posamezni (pod)modul iz delnih SCR podrejenih podmodulov lahko zapišemo z naslednjo formulo:

$$SCR_M = \sqrt{\sum_{i,j} CorrM_{i,j} \cdot SCR_i \cdot SCR_j}, \quad (1)$$

kjer:

- SCR_M predstavlja delni SCR izbranega (pod)modula M ,
- i in j zajameta vse podrejene podmodule (pod)modula M ,
- SCR_i in SCR_j označujeta delni SCR za podrejena podmodula i in j ,
- $CorrM_{i,j}$ označuje korelacijski koeficient med moduloma i in j in je določen s korelacijsko matriko $CorrM$ za (pod)modul M .

V standardni formuli je predpisano, kako je potrebno izračunati delni SCR za posamezni modul oz. podmodul tveganja, za vse nivoje pa so predpisani tudi korelacijski koeficienti med moduli oz. podmoduli tveganj. Standardna formula je opisana v Direktivi in Delegirani uredbi.

Zahtevani solventnostni kapital na podlagi standardne formule se izračuna kot (Direktiva, 103. člen):

$$SCR = BSCR + SCR_{Op} + Adj, \quad (2)$$

kjer je:

- $BSCR$ osnovni zahtevani solventnostni kapital,

- SCR_{Op} zahtevani kapital za operativno tveganje,
- Adj prilagoditev zaradi absorpcijske zmožnosti zavarovalno-tehničnih rezervacij in odloženih davkov.

Osnovni zahtevani kapital se izračuna po naslednji formuli (Delegirana uredba, 87. člen):

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \cdot SCR_i \cdot SCR_j} + SCR_{Intangibles}, \quad (3)$$

kjer

- i in j zajameta vse glavne module tveganj:
 - a) tveganje neživljenjskega zavarovanja³ (Non-life),
 - b) tveganje življenjskega zavarovanja (Life),
 - c) tveganje zdravstvenega zavarovanja (Health),
 - d) tržno tveganje (Market),
 - e) tveganje neplačila nasprotne stranke (CDR);
- SCR_i in SCR_j označujeta kapitalske zahteve za vsakega od zgoraj naštetih modulov tveganj;
- $Corr_{i,j}$ označuje korelacijski koeficient med modulom i in j in je določen s korelacijsko matriko prikazano v Tabeli 1;
- $SCR_{Intangibles}$ označuje kapitalske zahteve za tveganje neopredmetenih sredstev.

Tabela 1: Korelacijska matrika za glavne module tveganj

	Market	CDR	Life	Health	Non-life
Market	1	0,25	0,25	0,25	0,25
CDR	0,25	1	0,25	0,25	0,5
Life	0,25	0,25	1	0,25	0
Health	0,25	0,25	0,25	1	0
Non-life	0,25	0,5	0	0	1

Standardna formula za izračun SCR naj bi odražala profil tveganj večine zavarovalnic. Ker so parametri v izračunu določeni za povprečne zavarovalnice, lahko posamezna zavarovalnica pri izračunu modulov tveganj življenjskega, neživljenjskega in zdravstvenega zavarovanja nadomesti podskupino parametrov v standardni formuli s parametri, ki so specifični za podjetje (USP), pod pogojem, da to odobri nadzorni organ (Direktiva, 104. člen).

³V nadaljevanju zavarovanje označuje tako zavarovanje kot pozavarovanje, razen če ni drugače navedeno.

2 Aplikacija za izračun SCR

EIOPA je za kvantitativne študije učinka (QIS, Quantitative Impact Studies), ki jih je izvedla pred sprejetjem Solventnosti II, v Microsoft Excelu [5] (v nadaljevanju Excel) pripravila predloge, ki so bile v pomoč zavarovalnicam pri izračunu zahtevanega solventnostnega kapitala po standardni formuli. Predpisan izračun se je od takrat nekoliko spremenil, zato te predloge niso več uporabne za izvedbo izračuna. Večja pomanjkljivost predlog je tudi v tem, da se določeni podatki oz. deli izračuna pojavijo v več datotekah, zato je precej težko slediti konsistentnosti podatkov med njimi.

Ker morajo zavarovalnice in pozavarovalnice vsaj enkrat letno izračunati zahtevani solventnostni kapital, na voljo pa ni primernega prosto dostopnega programa za izračun, sem se odločila, da izdelam aplikacijo, ki bo ta izračun omogočila.

Aplikacija za izračun SCR je napisana v programskem jeziku R [4], za pripravo podatkov in prikaz izračuna pa sem uporabila Excel, ki je v praksi najbolj razširjen. Za povezavo med programom v R-u in podatki v Excelu sem uporabila knjižnico XLConnect [6], ki omogoča branje, pisanje in urejanje Excelovih datotek neposredno iz R-a.

V Excelu je pripravljena predloga, v katero vnesemo vhodne podatke za izračun. Podatke lahko vnesemo na več nivojih, bolj ali manj podrobne, odvisno od tega, kako podroben izračun želimo.

Pri izdelavi aplikacije sem si pomagala z Excelovimi predlogami, ki jih je pripravila EIOPA.

2.1 Uporaba aplikacije

Vhodne podatke vnesemo v Excelovo predlogo, ki je sestavljena iz več listov:

- **Splošne informacije:** kjer so podatki o družbi, za katero se računa SCR, na kateri dan poteka izračun, kakšna je davčna stopnja ipd.
- **Nastavitve:** kjer se definira, kako podrobni so vhodni podatki in kako podroben izračun želimo.
- **Premije:** kjer so podatki o premijah, razdeljeni po zavarovalnih vrstah.
- **Najboljše ocene zavarovalno-tehničnih rezervacij:** kjer so podatki o najboljših ocenah zavarovalno-tehničnih rezervacij, razdeljeni po zavarovalnih vrstah.
- **Terjatve:** kjer so podatki o terjatvah, ki so potrebni za izračun modula tveganja neplačila nasprotne stranke tipa 2.
- **SCR izračun:** kjer so vhodni podatki in vmesni izračuni, ki so potrebni za izračun zahtevanega solventnostnega kapitala.

- **CAT:** kjer so podrobnejši podatki za izračun podmodula tveganj katastrof neživiljenjskih zavarovanj.
- **Nasprotne stranke za po-/so-zavarovanje:** kjer se podatki razdeljeni na posamezne nasprotne stranke pri pozavarovanju oz. sozavarovanju. Podatki so potrebni za izračun modula tveganja neplačila nasprotne stranke tipa 1.
- **Seznam naložb:** kjer so podatki o naložbah zavarovalnice, ki so potrebni za izračun modula tržnega tveganja in modula tveganja neplačila nasprotne stranke tipa 1.
- **Naložbe:** kjer so podatki o naložbah združeni glede na posamezno vrsto naložb.
- **CDR:** kjer so rezultati vmesnih izračunov za izračun podmodula tveganja neplačila nasprotne stranke tipa 1.
- **Tveganje koncentracije:** kjer so rezultati vmesnih izračunov za izračun podmodula tveganja koncentracije.
- **Kreditno tveganje:** kjer so rezultati vmesnih izračunov za izračun podmodula tveganja kreditnega razpona.

Ob posameznem vnosnem polju ali skupini vnosnih polj je običajno tudi polje za dodatne informacije. V njem povemo, ali je v polju vhodni podatek (*Input*) ali ne. Glede na to informacijo aplikacija ve, ali naj nadaljuje izračun ali naj vzame podatek, ki je v polju. V polja za dodatne informacije aplikacija tudi zapiše, ali je bil podatek izračunan (*Calculated*), s čimer nam omogoči pregled, kaj se je v aplikaciji izračunalo. Polja so obarvana glede na to, kakšne vrste so (Slika 2):

- svetlomodra: polja, kjer so vhodni podatki,
- temnomodra: polja, v katerih so lahko vhodni podatki, če pa je izračun bolj granularen, se napolnijo z izračunom,
- rumena: polja, ki se napolnijo z izračunom; v njih ni možno vnesti vhodnih podatkov,
- svetlooranžna: polja, ki vsebujejo informacijo, ali je podatek v izračunu vhodni podatek ali je bil dobljen z izračunom.

Input	
Calculated or input	
Only calculated	
Additional information	

Slika 2: Barve vnosnih polj

Možnost vnosa podatkov na različnih nivojih bom predstavila na primeru izračuna kapitalskih zahtev za tveganje spremembe cen nepremičnin (izračun je opisan v poglavju 3.4.3):

- Pri najbolj granularnem izračunu moramo vnesti podatke v seznam naložb (Slika 3a). Iz teh podatkov aplikacija izračuna vrednost naložb pred šokom, vrednost naložb po predpisanem šoku in kapitalске zahteve (Slika 3b).

ID	Name of the issuer	Asset type	S2 value in EUR
1	issuer_1	Investment property	100,00
2	issuer_2	Investment property	70,00
3	issuer_3	Property for own use	150,00
4	issuer_4	Property for own use	50,00
5	issuer_5	Investment property	30,00
6			

(a) Vhodni podatki

	Gross	Net	Additional information
PROPERTY RISK	100,00	100,00	Calculated

	Before shock	After shock	Additional information
Investments	400,00	300,00	Calculated

(b) Po izračunu

Slika 3: Izračun kapitalških zahtev, kjer kot vhodni podatek podamo seznam naložb

- Namesto da bi vnesli vse naložbe, ki so povezane z nepremičninami, v seznam naložb, lahko podamo skupno vrednost teh naložb. To vnesemo kot vrednost naložb pred šokom in označimo, da je to vhodni podatek (Slika 4a). Aplikacija nato izračuna vrednost naložb po predpisanem šoku in kapitalске zahteve (Slika 4b).

	Gross	Net	Additional information
PROPERTY RISK			

	Before shock	After shock	Additional information
Investments	500,00		Input

(a) Vhodni podatki

	Gross	Net	Additional information
PROPERTY RISK	125,00	125,00	Calculated

	Before shock	After shock	Additional information
Investments	500,00	375,00	Input

(b) Po izračunu

Slika 4: Izračun kapitalških zahtev, kjer kot vhodni podatek podamo vrednost naložb pred šokom

- Vnesemo lahko tudi kapitalске zahteve za dani (pod)modul in označimo, da je to vhodni podatek. V tem primeru aplikacija ne naredi nobenega izračuna za ta (pod)modul, ampak pri nadaljnjih izračunih uporabi vneseni podatek (Slika 5).

	Gross	Net	Additional information
PROPERTY RISK	100,00	100,00	Input

	Before shock	After shock	Additional information
Investments			

Slika 5: Izračun kapitalških zahtev, kjer kot vhodni podatek podamo kapitalске zahteve

Ko vnesemo vse potrebne podatke v Excelovo predlogo, sledi zagon programa. Glavna datoteka, s pomočjo katere zaženemo program, je `calculation.R`. V tej datoteki se naložijo vse funkcije, ki so potrebne za izračun (delovanje programa je natančneje opisano v poglavju 3). Podati moramo ime datoteke, v katero smo shranili vhodne podatke, in zagnati vso kodo (Slika 6).

Ko aplikacija zaključi izračun, ustvari novo Excelovo datoteko, v kateri lahko vidimo rezultate izračuna.

```

1 # install.packages("XLConnect")
2 library("XLConnect")
3 source("general_functions.R")
4 source("SCR.R")
5 source("Market.R")
6 source("Non-life.R")
7 source("Life.R")
8 source("Health.R")
9 source("CDR.R")
10
11 input_file <- "Inputs.xlsx"
12
13 calculate(current_file = input_file, parameters_file = "Parameters.xlsx")

```

Slika 6: Zagon programa v R

2.2 Testiranje pravilnosti izračuna

Med razvijanjem programa sem stalno preverjala pravilnost izračuna. Ali je izračun ustrezen ali ne, sem testirala tako, da sem primerjala dve Excelovi datoteki. V prvi so bili rezultati, ki jih je generirala aplikacija iz vhodnih podatkov, v drugi pa so bili rezultati, za katere sem pričakovala, da bi jih aplikacija morala vrniti. Te rezultate sem dobila s pomočjo ročnega izračuna v Excelu, ki je večinoma temeljil na predlogah, ki jih je pripravila EIOPA.

Za lažjo primerjavo dveh Excelovih datotek oz., natančneje, njunih poimenovanih območij sem napisala funkcijo `compare_namedRegions`, ki primerja dve Excelovi datoteki in vrne njune razlike (Koda 1).

```

1 compare_namedRegions <- function(file_1, file_2, tolerance = 0.000001){
2   wb_1 = loadWorkbook(file_1)
3   wb_2 = loadWorkbook(file_2)
4   names_1 <- getDefinedNames(wb_1)
5   names_2 <- getDefinedNames(wb_2)
6   print(all(names_1 == names_2))
7   NamedRegions_1 <- readNamedRegion(wb_1, names, header = T, check.names = F)
8   NamedRegions_2 <- readNamedRegion(wb_2, names, header = T, check.names = F)
9   NamedRegions_1 <- lapply(NamedRegions_1, get_rownames)
10  NamedRegions_2 <- lapply(NamedRegions_2, get_rownames)
11  differences <- c()
12  for (region in names){
13    for (row in rownames(NamedRegions_1[[region]])){
14      for (column in colnames(NamedRegions_1[[region]])){
15        data_1 <- set_0(NamedRegions_1[[region]][row, column])
16        data_2 <- set_0(NamedRegions_2[[region]][row, column])
17        if (is.numeric(data_1) & is.numeric(data_2)){
18          if (abs(data_1 - data_2) > tolerance){
19            differences <- cbind(differences, c(region, row, column, data_1,
20              data_2, data_1 - data_2))
21          } else {
22            if(data_1 != data_2){
23              differences <- cbind(differences, c(region, row, column, data_1,
24                data_2, ""))
25            }
26          }
27        }
28      }
29    }
30    if(length(differences) > 0){
31      rownames(differences) <- c("region", "row", "column", file_1, file_2,
32        "difference")
33      return (t(differences))
34    } else {
35      print("No difference between two files")
36    }
37  }
38 }

```

Koda 1: Testiranje pravilnosti izračuna

Pri primerjavi se pokaže, v katerem polju poimenovanega področja je prišlo do razlike, kakšna je vrednost v prvi in kakšna v drugi datoteki ter kako velika je ta razlika, če so vrednosti številske. Če je razlika dovolj majhna, jo zanemarimo. Kako majhne razlike želimo zanemariti, lahko določimo z argumentom `tolerance`, ki ima privzeto vrednost 10^{-6} .

Do razlik med primerjanima datotekama lahko pride iz dveh razlogov:

- v izračunu aplikacije je napaka,
- podatek v testni datoteki je napačen.

Oglejmo si uporabo testiranja pravilnosti na primeru izračuna kapitalskih zahtev za tveganje spremembe cen nepremičnin. Imamo dve datoteki, eno s pravilnim izračunom, drugo pa z izračunom, v katerem je napačen parameter za izračun vrednosti naložb po šoku za podmodul tveganja spremembe cen nepremičnin. Na Sliki 7 sta prikazani obe Excelovi datoteki, ki ju aplikacija vrne po izračunu. Na Sliki 7a je prikazan izračun s pravilnim parametrom, na Sliki 7b pa izračun z napačnim parametrom.

	Value	Additional information	
SOLVENCY CAPITAL REQUIREMENT	162,12	Calculated	
	Gross	Net	Additional information
BASIC SOLVENCY CAPITAL REQUIREMENT	195,32	195,32	Calculated
Sum of risk components	195,32	195,32	
Diversification effect	-	-	
	Gross	Net	Additional information
MARKET	195,32	195,32	Calculated
Sum of risk components	220,00	220,00	
Diversification effect	24,68	24,68	
	Gross	Net	Additional information
PROPERTY RISK	100,00	100,00	Calculated
	Before shock	After shock	Additional information
Investments	400,00	300,00	Calculated

(a) Izračun s pravilnim parametrom

(b) Izračun z napačnim parametrom

Slika 7: Primerjava Excelov, generiranih s pravilnim oz. napačnim parametrom pri izračunu kapitalskih zahtev za tveganje spremembe cen nepremičnin

Napačna vrednost parametra vpliva na:

- vrednost naložb po šoku,
- višino kapitalskih zahtev za tveganje spremembe cen nepremičnin,
- višino kapitalskih zahtev za tržno tveganje,
- višino osnovnega zahtevanega solventnostnega kapitala in
- višino zahtevanega solventnostnega kapitala.

Na Sliki 8 je prikazan rezultat funkcije `compare_NamedRegions`, ki pokaže, kje so razlike med danima Excelovima datotekama. V prvih treh stolpcih so podani ime poimenovanega področja, ime vrstice in ime stolpca, da vemo, v kateri celici je prišlo do razlike. V naslednjih dveh stolpcih sta zabeleženi vrednosti, ki sta v dani celici v prvi in drugi datoteki. V zadnjem stolpcu pa je razlika med obema vrednostma, če sta vrednosti številske, da hitreje vidimo, kako velika je napaka.

	region	row	column	file_1	file_2	difference
1	BSCR	SCR	Gross	195.320249846246	159.843673631458	35.4765762147883
2	BSCR	SCR	Net	195.320249846246	159.843673631458	35.4765762147883
3	BSCR	sum	Gross	195.320249846246	159.843673631458	35.4765762147883
4	BSCR	sum	Net	195.320249846246	159.843673631458	35.4765762147883
5	Mkt_prop	investments	After shock	300	340	-40
6	SCR	SCR	Value	162.115807372384	132.67024911411	29.4455582582743
7	SCR_mkt	SCR	Gross	195.320249846246	159.843673631458	35.4765762147883
8	SCR_mkt	SCR	Net	195.320249846246	159.843673631458	35.4765762147883
9	SCR_mkt	sum	Gross	220	180	40
10	SCR_mkt	sum	Net	220	180	40
11	SCR_mkt	DIV	Gross	-24.6797501537539	-20.1563263685422	-4.52342378521172
12	SCR_mkt	DIV	Net	-24.6797501537539	-20.1563263685422	-4.52342378521172
13	SCR_prop	SCR	Gross	100	60	40
14	SCR_prop	SCR	Net	100	60	40

Slika 8: Rezultat primerjave Excelov, dobljenih z različnim parametrom pri izračunu kapitalnih zahtev za tveganja spremembe cen nepremičnin

Ker sem pravilnost izračuna preverjala na dejanskih podatkih zavarovalnice, je bilo običajno precej lahko odkriti, zakaj je prišlo do napake.

Testiranje pravilnosti je nujno, saj z njim preverimo, ali smo dobili pravi rezultat, omogoča pa tudi kasnejše nadgradnje in čiščenje kode. Ker je pravo preverjanje pravilnosti kode zahteven in dolgotrajen proces, sem se v magistrskem delu osredotočila le na zgoraj opisano testiranje pravilnosti.

3 Program v R-u

V nadaljevanju bom opisala delovanje programa, standardno formulo in njeno implementacijo.

Programska koda je razdeljena na module in podmodule. Sledi drevesni strukturi tveganj, ki jih predpisuje standardna formula (Slika 1). Najprej je potrebno naložiti splošne funkcije, kjer so definirane funkcije, ki so uporabljene pri več (pod)modulih. Nato naložimo še datoteke, v katerih so izračuni za posamezne module in izračun SCR. V datoteki za izračun SCR so vključeni tudi izračuni za operativna tveganja (Op) in prilagoditve (Adj) (Koda 2).

```
1 source("general_functions.R")
2 source("Market.R")
3 source("Non-life.R")
4 source("Life.R")
5 source("Health.R")
6 source("CDR.R")
7 source("SCR.R")
```

Koda 2: Datoteke, ki vsebujejo funkcije z izračuni

Izračun zaženemo s klicem funkcije `calculate(current_file, parameters_file, selected_calculation)`, ki kot argumente dobi Excelovo datoteko z vhodnimi podatki (`current_file`), datoteko s parametri standardne formule, kot so korelacijske matrike, specifični parametri za posamezne (pod)module, ipd. (`parameters_file`), ter funkcijo, s katero želimo začeti izračun (`selected_calculation`). Običajno je to funkcija, ki izračuna celoten SCR, lahko pa ponovno izračunamo le določen modul.

Funkcija `calculate` najprej naloži obe Excelovi datoteki, prebere njuna poimenovana območja in jih shrani v spremenljivki (`current`, `parameters`). Med izračunom so vsi podatki in rezultati izračunov shranjeni v spremenljivki `current`. Nato funkcija pripravi podatke, to je, naredi določene vsote bolj granularnih podatkov, kajti predpostavljeno je, da so v Excelovi datoteki samo osnovni vhodni podatki. Torej, če poleg potrebnih vhodnih podatkov vnesemo tudi dodatne podatke, jih bo aplikacija prepisala z izračunanimi. Potem funkcija `calculate` zažene SCR izračun, na koncu pa rezultate izračuna zapiše v Excel.

Funkcije za posamezne module in podmodule so sestavljene na enak način. Funkcija za dani (pod)modul najprej preveri, ali so vse komponente tega (pod)modula vhodni podatek ali jih je potrebno izračunati. Če jih je potrebno izračunati, pokliče ustrezno funkcijo, ki naredi izračun. Ko so na voljo podatki za vse komponente, se izvede izračun za dani (pod)modul in rezultat zapiše na ustrezno mesto v spremenljivko `current`. Vsakič se doda tudi informacija, da je bil posamezni del izračunan. Tako lahko preverimo, kateri deli so bili izračunani, kateri pa so bili vhodni podatki.

Kot primer si pogledjmo izračun BSCR iz glavnih modulov tveganj, ki je opisan s formulo 3 v poglavju 1.3 (Koda 3).

```
1 BSCR ← function (current, parameters){
2   if(notProvided(current$SCR_mkt["SCR", ])){
3     current ← Market(history_data, current, parameters)
4   }
5   if(notProvided(current$SCR_nl["SCR", ])){
6     current ← NL(current, parameters)
7   }
```

```

8   if(notProvided(current$SCR_life["SCR", ])){
9     current ← Life(current, parameters)
10  }
11  if(notProvided(current$SCR_health["SCR", ])){
12    current ← Health(current, parameters)
13  }
14  if(notProvided(current$SCR_intangibles["SCR", ])){
15    current ← Intangibles(current, parameters)
16  }
17  if(notProvided(current$SCR_CDR["SCR", ])){
18    current ← CDR(current, parameters)
19  }
20  Corr ← as.matrix(parameters$Corr)
21
22  BSCR_submodules ← list("SCR_mkt" = current$SCR_mkt, "SCR_CDR" = current$SCR_CDR,
23    "SCR_life" = current$SCR_life, "SCR_health" = current$SCR_health, "SCR_nl" =
24    current$SCR_nl)
25
26  BSCR_submodules_gross ← lapply(BSCR_submodules, function(X) X["SCR", "Gross"])
27  BSCR_submodules_net ← lapply(BSCR_submodules, function(X) X["SCR", "Net"])
28  BSCR_submodules_net$SCR_nl ← BSCR_submodules_gross$SCR_nl
29
30  BSCR_submodules_gross ← unlist(BSCR_submodules_gross)
31  BSCR_submodules_net ← unlist(BSCR_submodules_net)
32
33  BSCR_gross ← sum(correlations(BSCR_submodules_gross, Corr),
34    current$SCR_intangibles["SCR", "Gross"], na.rm = T)
35  BSCR_net ← sum(correlations(BSCR_submodules_net, Corr),
36    current$SCR_intangibles["SCR", "Gross"], na.rm = T)
37
38  BSCR_div_gross ← diversification(BSCR_submodules_gross, BSCR_gross)
39  BSCR_div_net ← diversification(BSCR_submodules_net, BSCR_net)
40
41  current$BSCR[ , ] ← list(BSCR_div_gross, BSCR_div_net, c("Calculated", NA, NA))
42  return(current)
43 }

```

Koda 3: Izračun BSCR

Funkcija `notProvided` glede na vrednost argumenta določi, ali je potreben podrobnejši izračun ali je dana komponenta že vhodni podatek.

Funkcija `correlations` združi delne SCR-e posameznih (pod)modulov z upoštevanjem formule 1 v poglavju 1.3, funkcija `diversification` pa doda podatek, kakšen je učinek diverzifikacije med moduli, zaradi korelacij med njimi, v primerjavi z vsoto SCR-ov.

Poleg osnovnega zahtevanega solventnostnega kapitala (BSCR oz. bruto BSCR) je potrebno izračunati tudi neto osnovni zahtevani solventnostni kapital (nBSCR oz. neto BSCR), ki se uporabi pri izračunu absorpcijske zmožnosti zavarovalno-tehničnih rezervacij (kot je opisano v poglavju 3.8). Neto BSCR se izračuna na enak način kot bruto BSCR, le da se v okviru modula tveganja pogodb iz življenjskih zavarovanj, podmodula tveganja SLT zdravstvenih zavarovanj, podmodula tveganja katastrofe zdravstvenih zavarovanj, modula tržnega tveganja in modula tveganja neplačila nasprotne stranke upoštevajo tudi učinki scenarijev⁴ na prihodnja diskrecijska upravičenja, vključena v zavarovalno-tehnične rezervacije⁵ (Delegirana uredba, člen 206(2)). To pomeni, da je za vse naštete (pod)module potrebno izračunati tudi neto SCR, za ostale (pod)module pa je neto SCR enak bruto SCR.

⁴Scenariji so definirani pri izračunu posameznega modula.

⁵Med prihodnja diskrecijska upravičenja, vključena v zavarovalno-tehnične rezervacije, spada delitev dobička pri življenjskih zavarovanjih.

3.1 Modul tveganja iz pogodb neživljenjskega zavarovanja (Non-life)

Modul tveganja iz pogodb neživljenjskega zavarovanja (Delegirana uredba, 114. člen) sestavljajo naslednji podmoduli:

- podmodul tveganja premije in rezervacije neživljenjskega zavarovanja (NL_{pr}),
- podmodul tveganja predčasne prekinitve neživljenjskih zavarovanj (NL_{lapse}),
- podmodul tveganja katastrofe neživljenjskega zavarovanja (NL_{CAT}).

Kapitalske zahteve za tveganje iz pogodb neživljenjskega zavarovanja se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika določena s Tabelo 2.

Tabela 2: Korelacijska matrika tveganj neživljenjskih zavarovanj

	NL_{pr}	NL_{CAT}	NL_{lapse}
NL_{pr}	1	0,25	0
NL_{CAT}	0,25	1	0
NL_{lapse}	0	0	1

3.1.1 Podmodul tveganja premije in rezervacije neživljenjskega zavarovanja (NL_{pr})

Izračun kapitalskih zahtev za tveganje premije in rezervacije neživljenjskega zavarovanja je opisan v členih 115–117 Delegirane uredbe.

V izračunu je potrebno za vsako zavarovalno vrsto neživljenjskih zavarovanj (s) določiti standardni odklon in mero obsega, ločeno za tveganje premije in tveganje rezervacije ($\sigma_{prems,s}$, $\sigma_{res,s}$, $V_{prems,s}$, $V_{res,s}$).

Mera obsega za tveganje rezervacije zavarovalne vrste s ($V_{res,s}$) je enaka najboljši oceni čistih škodnih rezervacij⁶ za to zavarovalno vrsto (Delegirana uredba, člen 116(6)).

Izračun mere obsega za tveganje premije zavarovalne vrste s ($V_{prems,s}$) pa je naslednji (Delegirana uredba, člen 116(3)):

$$V_{prems,s} = \max(P_s; P_{last,s}) + FP_{existing,s} + FP_{future,s}, \quad (4)$$

kjer so:

- P_s ocena čistih premij⁷, ki jih bo zavarovalnica prejela v okviru zavarovalne vrste s v naslednjih 12 mesecih,

⁶Čiste škodne rezervacije so škodne rezervacije z upoštevanjem pozavarovanja.

⁷Čiste premije so prejete premije, od katerih je bila odšteta premija za pozavarovanje.

- $P_{last,s}$ čiste premije, ki jih je zavarovalnica prejela v okviru zavarovalne vrste s v zadnjih 12 mesecih,
- $FP_{existing,s}$ pričakovana sedanja vrednost⁸ čistih premij, ki naj bi jih zavarovalnica prejela v okviru zavarovalne vrste s po naslednjih 12 mesecih v okviru obstoječih pogodb,
- $FP_{future,s}$ pričakovana sedanja vrednost čistih premij, ki naj bi jih prejela zavarovalnica v okviru zavarovalne vrste s za pogodbe, pri katerih je prvotni datum pripoznanja v naslednjih 12 mesecih, vendar brez prihodkov od premije, ki naj bi jih zavarovalnica prejela v 12 mesecih po prvotnem datumu pripoznanja.

Aplikacija kot vhodne podatke sprejme:

- čisto zaslužno premijo v zadnjih 12 mesecih,
- planirano čisto zaslužno premijo v naslednjih 12 mesecih,
- $FP_{existing}$,
- FP_{future} ,
- najboljšo oceno čistih škodnih rezervacij.

Vsi vhodni podatki so razdeljeni po zavarovalnih vrstah. Iz teh podatkov aplikacija izračuna mere obsega tveganja za tveganje premije in rezervacij za vsako zavarovalno vrsto (vrstice 17–24 v Kodi 4).

Standardni odklon za tveganje premije zavarovalne vrste s ($\sigma_{prem,s}$) je enak zmnožku standardnega odklona za tveganje kosmate premije ($\tilde{\sigma}_{prem,s}$) in prilagoditvenega faktorja za neproporcionalno pozavarovanje (NP) (Delegirana uredba, člen 117(3)). Standardna formula predpisuje vrednosti za oba parametra ($\tilde{\sigma}_{prem,s}$ in NP), lahko pa ju posamezna zavarovalnica ob soglasju nadzornika določi iz zgodovinskih podatkov lastnih škodnih rezultatov (podjetju specifični parametri oz. USP). Enako velja tudi za standardni odklon za tveganje rezervacije zavarovalne vrste s ($\sigma_{res,s}$). V Tabeli 3 so za posamezne zavarovalne vrste navedene predpisane vrednosti za vse tri parametre.

V aplikaciji sta omogočeni tako uporaba USP kot uporaba predpisanih parametrov. V primeru, da ne vnesemo vrednosti za parametre $\tilde{\sigma}_{prem,s}$, $\sigma_{res,s}$ ali NP , aplikacija avtomatično vzame zakonsko predpisane parametre (vrstice 4–7 ter 26–33 v Kodi 4).

Mera obsega za tveganje premije in rezervacije za zavarovalno vrsto s (V_s) se izračuna kot vsota mere obsega za tveganje premije ($V_{prem,s}$) in mere obsega za tveganje rezervacije ($V_{res,s}$), z upoštevanjem geografske razpršenosti (DIV_s) (Delegirana uredba, člen 116(2)):

$$V_s = (V_{prem,s} + V_{res,s}) \cdot (0,75 + 0,25 \cdot DIV_s) \quad (5)$$

⁸Pričakovana sedanja vrednost je vrednost, ki upošteva časovno vrednost denarja oz. diskontiranje.

Tabela 3: Standardni odklon za tveganje kosmate premije, standardni odklon za tveganje rezervacije in prilagoditveni faktor za neproporcionalno pozavarovanje

ZV	$\tilde{\sigma}_{\text{prem},s}$	$\sigma_{\text{res},s}$	NP
4	0,1	0,09	0,8
5	0,08	0,08	1
6	0,15	0,11	1
7	0,08	0,1	0,8
8	0,14	0,11	0,8
9	0,12	0,19	1
10	0,07	0,12	1
11	0,09	0,2	1
12	0,13	0,2	1
26	0,17	0,2	1
27	0,17	0,2	1
28	0,17	0,2	1

Privzeti faktor za geografsko razpršenost vsake zavarovalne vrste je enak 1, lahko pa se izračuna po naslednji formuli (Delegirana uredba, Priloga III):

$$DIV_s = \frac{\sum_r (V_{\text{prem},r,s} + V_{\text{res},r,s})^2}{(\sum_r (V_{\text{prem},r,s} + V_{\text{res},r,s}))^2} = \frac{\sum_r (V_{\text{prem},r,s} + V_{\text{res},r,s})^2}{(V_{\text{prem},s} + V_{\text{res},s})^2}, \quad (6)$$

kjer:

- r zajame vse geografske regije⁹,
- $V_{\text{prem},r,s}$ označuje mero obsega za tveganje premije za zavarovalno vrsto s in regijo r in se izračuna na enak način kot mera obsega za tveganje premije za celotno zavarovalno vrsto, le da se upošteva samo obveznosti v regiji r ,
- $V_{\text{res},r,s}$ označuje mero obsega za tveganje rezervacije za zavarovalno vrsto s in regijo r in se izračuna na enak način kot mera obsega za tveganje rezervacije za celotno zavarovalno vrsto, le da se upošteva samo obveznosti v regiji r .

Aplikacija ne omogoča izračuna geografske diverzifikacije, kar ne predstavlja večje pomanjkljivosti, kajti večina slovenskih zavarovalnic ima zavarovance le znotraj Slovenije, kar pomeni, da je geografska diverzifikacija 1; omogoča pa, da jo za vsako zavarovalno vrsto podamo kot vhodni podatek (vrstice 35–37 v Kodi 4).

Standardni odklon za tveganje premije in rezervacije zavarovalne vrste s (σ_s) se izračuna iz standardnega odklona za tveganje premije ($\sigma_{\text{prem},s}$), standardnega odklona za tveganje rezervacije ($\sigma_{\text{res},s}$), mere obsega za tveganje premije ($V_{\text{prem},s}$) in mere obsega za tveganje rezervacije ($V_{\text{res},s}$) po naslednji formuli (Delegirana uredba, člen 117(2)):

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{\sigma_{\text{prem},s}^2 \cdot V_{\text{prem},s}^2 + \sigma_{\text{prem},s} \cdot V_{\text{prem},s} \cdot \sigma_{\text{res},s} \cdot V_{\text{res},s} + \sigma_{\text{res},s}^2 \cdot V_{\text{res},s}^2}}{V_{\text{prem},s} + V_{\text{res},s}} \quad (7)$$

⁹Geografske regije so našteje v Prilogi III Delegirane uredbe.

Celotna mera obsega za tveganje premije in rezervacije neživljenjskega zavarovanja (V_{nl}) se izračuna kot vsota mer obsega za posamezno zavarovalno vrsto (V_s) (Delegirana uredba, člen 116(1)):

$$V_{nl} = \sum_s V_s \quad (8)$$

Celotni standardni odklon za tveganje premije in rezervacije neživljenjskega zavarovanja (σ_{nl}) pa se izračuna po formuli (Delegirana uredba, člen 117(1)):

$$\sigma_{nl} = \frac{1}{V_{nl}} \cdot \sqrt{\sum_{s,t} CorrS_{s,t} \cdot \sigma_s \cdot V_s \cdot \sigma_t \cdot V_t}, \quad (9)$$

kjer:

- $CorrS_{s,t}$ označuje faktor korelacije med zavarovalno vrsto s in t in je določen s korelacijsko matriko v Tabeli 4.

Tabela 4: Korelacijska matrika za zavarovalne vrste

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	26	27	28
4	1	0,5	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25
5	0,5	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25
6	0,5	0,25	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,5	0,25
7	0,25	0,25	0,25	1	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5
8	0,5	0,25	0,25	0,25	1	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25
9	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	1	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25
10	0,5	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	1	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25
11	0,25	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	1	0,5	0,25	0,25	0,5
12	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,25	0,5	0,25
26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	1	0,25	0,25
27	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	1	0,25
28	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	1

Kapitalske zahteve za tveganje iz pogodb neživljenjskega zavarovanja se nato izračunajo iz celotne mere obsega ter celotnega standardnega odklona za tveganje premije in rezervacije po naslednji formuli (Delegirana uredba, 115. člen):

$$SCR_{NL_{pr}} = 3 \cdot \sigma_{nl} \cdot V_{nl} \quad (10)$$

Opisan izračun je del funkcije `Premium_and_reserve` (Koda 4).

```

1 NL_PR ← function(current, parameters){
2   NL_lobs ← get_lobs("NL")
3
4   Sigma_prem_gross_NL ← as.matrix(parameters$Sigma_prem_gross_NL)
5   NP_lob_NL ← as.matrix(parameters$NP_lob)
6   Sigma_res_NL ← as.matrix(parameters$Sigma_res_NL)
7   Corr_S ← as.matrix(parameters$Corr_S)
8

```



```

9   SCR_NL_PR ← Premium_and_reserve(current, submodule = "Nl_pr", LoBs = NL_lobs,
   Corr_S = Corr_S, Sigma_prem_gross = Sigma_prem_gross_NL, NP_lob = NP_lob_NL,
   Sigma_res = Sigma_res_NL)
10  current$NL_pr[ , "Vlob"] ← as.numeric(SCR_NL_PR$V_lob)
11  current$NL_pr[ , c("Vprem", "Vres", "DIV")] ← list(SCR_NL_PR$V_prem,
   SCR_NL_PR$V_res, SCR_NL_PR$DIV)
12  current$SCR_nl_pr[ , ] ← list(c(SCR_NL_PR$NL_pr, SCR_NL_PR$Sigma_nl,
   SCR_NL_PR$V_nl), "Calculated")
13  return(current)
14 }
15
16 Premium_and_reserve ← function(current, submodule, LoBs, Corr_S, Sigma_prem_gross,
   NP_lob, Sigma_res) {
17   P_last ← set_0(current$Premiums_S2[LoBs, "earned_net_total"])
18   P ← set_0(current$Premiums_S2[LoBs, "P_s_net_total"])
19   FP_existing ← set_0(current$Premiums_S2[LoBs, "FP_existing_net_total"])
20   FP_future ← set_0(current$Premiums_S2[LoBs, "FP_future_net_total"])
21   PCO ← set_0(current$BE_S2[LoBs, "net_claimsBE_total"])
22
23   V_prem ← pmax(P, P_last) + FP_existing + FP_future
24   V_res ← PCO
25
26   S_prem ← as.matrix(current[[submodule]][ , "Sprem", drop = F])
27   S_res ← as.matrix(current[[submodule]][ , "Sres", drop = F])
28   NP ← as.matrix(current[[submodule]][ , "NP", drop = F])
29
30   S_prem[is.na(S_prem)] ← Sigma_prem_gross[is.na(S_prem)]
31   S_res[is.na(S_res)] ← Sigma_res[is.na(S_res)]
32   NP[is.na(NP)] ← NP_lob[is.na(NP)]
33   Sigma_prem ← Sigma_prem * NP
34
35   DIV ← as.matrix(current[[submodule]][ , "DIV", drop = F])
36   DIV[is.na(DIV)] ← 1
37   V_lob ← (V_prem + V_res) * (0.75 + 0.25 * DIV)
38
39   Sigma ← sqrt((Sigma_prem * V_prem)^2 + Sigma_prem * Sigma_res * V_prem * V_res +
   (Sigma_res * V_res)^2) / (V_prem + V_res)
40   V_nl ← sum(V_lob, na.rm = T)
41   Sigma_nl ← 1/V_nl * correlations(V_lob * Sigma, Corr_S)
42   NL_pr ← 3 * Sigma_nl * V_nl
43   return(list("V_lob" = V_lob, "V_prem" = V_prem, "V_res" = V_res, "V_nl" = V_nl,
   "Sigma_nl" = Sigma_nl, "NL_pr" = NL_pr, "DIV" = DIV))
44 }

```

Koda 4: Izračun SCR za tveganja iz pogodb neživljenjskega zavarovanja

Funkcija `set_0` manjkajoče vrednosti (NA) zamenja z 0. S spremenljivko `LoBs` (line of business) so določene zavarovalne vrste, ki pridejo v poštev pri izračunu. V spremenljivki `current$Premiums_S2` so shranjene premije, v `current$BE_S2` pa najboljše ocene zavarovalno-tehničnih rezervacij po zavarovalnih vrstah.

V Excelu so prikazani tudi rezultati vmesnih izračunov, kajti zavarovalnice morajo nadzorniku poročati tudi podatke o merah obsega in standardnih odklonih za vsako zavarovalno vrsto.

3.1.2 Podmodul tveganja predčasne prekinitve neživljenjskih zavarovanj (NL_{lapse})

Izračun kapitalskih zahtev za tveganje predčasne prekinitve neživljenjskih zavarovanj temelji na scenarijih, ki so opisani v 118. členu Delegirane uredbe:

Kapitalske zahteve za tveganje predčasne prekinitve neživljenjskih zavarovanj so enake izgubi lastnih sredstev zavarovalnice ali pozavarovalnice

zaradi kombinacije naslednjih takojšnjih dogodkov:

- a) prekinitve 40 % zavarovalnih polic, pri katerih bi prekinitev povzročila povečanje zavarovalno-tehničnih rezervacij brez marže za tveganje,
- b) če pozavarovalne pogodbe krijejo zavarovalne ali pozavarovalne pogodbe, ki bodo sklenjene v prihodnosti, 40-odstotnega zmanjšanja števila navedenih prihodnjih zavarovalnih ali pozavarovalnih pogodb, uporabljenih pri izračunu zavarovalno-tehničnih rezervacij.

Za namene določanja izgub osnovnih lastnih sredstev zavarovalnice ali pozavarovalnice v primeru dogodka iz točke a) podjetje opravi izračun na podlagi vrste prekinitve, ki najbolj negativno vpliva na osnovna lastna sredstva podjetja glede na posamezne police.

Ker standardna formula predpisuje izračun na nivoju posamezne police, kar zahteva ogromno podatkov, in ker je tak izračun tudi precej odvisen od specifik posamezne zavarovalnice, aplikacija ne podpira najbolj granularnega nivoja izračuna. Aplikacija kot vhodni podatek sprejme najboljšo oceno zavarovalno-tehničnih rezervacij pred šokom in vrednosti po obeh zgoraj opisanih šokih. Iz teh podatkov se nato izračuna SCR, ki je enak izgubi lastnih sredstev (Koda 5).

```
1 NL_Lapse ← function(current, parameters){
2   NL_Lapse ← NL_Lapse_calculation(current$NL_lapse, current$Settings)
3   current$SCR_nl_lapse[ , ] ← list(NL_Lapse$SCR_NL_Lapse, "Calculated")
4   current$NL_lapse[ , ] ← NL_Lapse$NL_lapse
5   return(current)
6 }
7
8 NL_Lapse_calculation ← function(submodule, Settings){
9   Liab_before ← submodule["before", "Net best estimates"]
10  Liab_after ← sum(submodule[c("after_shock_1", "after_shock_2"), "Net best
    estimates"], na.rm = T)
11  SCR_NL_Lapse ← deltaBOF_0(Liabilities_before = Liab_before, Liabilities_after =
    Liab_after)
12  return(list("SCR_NL_Lapse" = SCR_NL_Lapse, "NL_lapse" = submodule))
13 }
```

Koda 5: Izračun SCR za tveganje predčasne prekinitve

Izračun izgube lastnih sredstev je določen s funkcijo `deltaBOF_0` (Koda 6).

```
1 deltaBOF_0 ← function(Assets_before = 0, Assets_after = 0, Liabilities_before = 0,
    Liabilities_after = 0) {
2   deltaBOF ← deltaBOF(Assets_before, Assets_after, Liabilities_before,
    Liabilities_after)
3   deltaBOF[deltaBOF < 0] ← 0
4   return(deltaBOF)
5 }
6
7 deltaBOF ← function(Assets_before, Assets_after, Liabilities_before,
    Liabilities_after) {
8   BOF_before ← subtract(Assets_before, Liabilities_before)
9   BOF_after ← subtract(Assets_after, Liabilities_after)
10  deltaBOF ← subtract(BOF_before, BOF_after)
11  return(deltaBOF)
12 }
```

Koda 6: Izračun spremembe lastnih sredstev

Funkcija `subtract` izračuna razliko med podanima argumentoma, pri čemer pretvori manjkajoče vrednosti (`NA`) v `0`.

3.1.3 Podmodul tveganja katastrofe neživljenjskih zavarovanj (NL_{CAT})

Podmodul tveganja katastrofe neživljenjskih zavarovanj (Delegirana uredba, 119. člen) je sestavljen iz naslednjih podmodulov:

- podmodul tveganja naravnih katastrof (`natCAT`),
- podmodul tveganja katastrofe neproporcionalnega premoženjskega zavarovanja (`NPproperty`),
- podmodul tveganja katastrof zaradi človeškega ravnanja (`mmCAT`),
- podmodul za druga tveganja katastrofe neživljenjskih zavarovanj (`CATother`).

Kapitalske zahteve za tveganje katastrofe neživljenjskih zavarovanj se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika določena s Tabelo 5.

Tabela 5: Korelacijska matrika tveganja katastrofe neživljenjskih zavarovanj

	natCAT	NPproperty	mmCAT	CATother
natCAT	1	1	0	0
NPproperty	1	1	0	0
mmCAT	0	0	1	0
CATother	0	0	0	1

Aplikacija združi kapitalske zahteve za tveganje katastrofe neživljenjskih zavarovanj s pomočjo funkcije `SCR_module_CAT`. Agregacija pri tveganju katastrofe neživljenjskih zavarovanj se od agregacije, opisane s Kodo 3 v poglavju 3, razlikuje v tem, da je tu potrebno izračunati še učinek dogovora o pozavarovanju (Koda 7).

```

1 SCR_module_CAT ← function(submodules, corr_matrix){
2   Submodules_SCR_gross ← sapply(submodules, get_SCR, "Gross")
3   Submodules_SCR_net ← sapply(submodules, get_SCR, "Net")
4   Submodules_SCR_mitigation ← sapply(submodules, get_SCR, "Mitigation")
5
6   Module_SCR_gross ← correlations(Submodules_SCR_gross, corr_matrix)
7   Module_SCR_net ← correlations(Submodules_SCR_net, corr_matrix)
8
9   Module_SCR_RM ← subtract(Module_SCR_gross, Module_SCR_net)
10
11  Module_SCR_div_gross ← diversification(Submodules_SCR_gross, Module_SCR_gross)
12  Module_SCR_div_net ← diversification(Submodules_SCR_net, Module_SCR_net)
13  Module_SCR_div_RM ← diversification(Submodules_SCR_RM, Module_SCR_RM)
14
15  Module_SCR ← list(Module_SCR_div_gross, Module_SCR_div_RM, Module_SCR_div_net,
16    c("Calculated", NA, NA))
}
```

Koda 7: Izračun SCR za tveganje katastrofe

Za vsa tveganja v podmodulu tveganja katastrofe neživiljenjskih zavarovanj čiste kapitalske zahteve (net SCR) pomenijo kapitalske zahteve z upoštevanjem učinka dogovora o pozavarovanju (risk mitigation effect, RM) in se jih izračuna kot razlika med kosmatimi kapitalskimi zahtevami (gross SCR) ter učinkom dogovora o pozavarovanju:

$$SCR_{\text{net}} = SCR_{\text{gross}} - RM \quad (11)$$

Izračun velja za tveganja na najnižjem nivoju. Ko tveganja združimo na višji nivo, učinek dogovora o pozavarovanju izračunamo kot razliko med združenimi kosmatimi kapitalskimi zahtevami in združenimi čistimi kapitalskimi zahtevami:

$$RM = SCR_{\text{gross}} - SCR_{\text{net}} \quad (12)$$

3.1.3.1 Podmodul tveganja naravnih katastrof (natCAT)

Podmodul tveganja naravnih katastrof (Delegirana uredba, 120. člen) sestavljajo naslednji podmoduli:

- podmodul tveganja neurja (windstorm),
- podmodul tveganja potresa (earthquake),
- podmodul tveganja poplave (flood),
- podmodul tveganja toče (hail),
- podmodul tveganja pogrezanja tal (subsidence).

Kapitalske zahteve za tveganje naravnih katastrof se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika identiteta.

Natančnejši izračun vsakega izmed podmodulov je opisan v Delegirani uredbi v členih 121–125. V osnovi so izračuni za vse podmodule (naravne nevarnosti) precej podobni. Izračun za vsako naravno nevarnost je sestavljen iz dveh delov:

- izračun kapitalskih zahtev za določene evropske regije¹⁰ ($SCR_{\text{peril}_{EU}}$),
- izračun kapitalskih zahtev za ostale regije ($SCR_{\text{peril}_{\text{other}}}$).

Izračun kapitalskih zahtev za določene evropske regije: Za vsako predpisano regijo je potrebno določiti izpostavljenost posamezni naravni nevarnosti (zavarovalna vsota), kjer je upoštevana diverzifikacija med območji v regiji¹¹. Na primer za podmodul tveganja toče so predpisane naslednje regije:

- Republika Avstrija,

¹⁰Za posamezno naravno nevarnost so regije, ki jih je potrebno upoštevati pri izračunu, naštetje v Prilogah V–VIII Delegirane uredbe.

¹¹Korelacije med posameznimi območji v določeni regiji so podane v prilogah XXII–XXVI Delegirane uredbe.

- Kraljevina Belgija,
- Švicarska konfederacija in Kneževina Lihtenštajn,
- Francoska republika, Kneževina Monako in Kneževina Andora,
- Zvezna republika Nemčija,
- Italijanska republika, Republika San Marino in Vatikanska mestna država,
- Veliko vojvodstvo Luksemburg,
- Kraljevina Nizozemska,
- Kraljevina Španija.

Za vsako naravno nevarnost sta predpisana dva scenarija, ki vsebujeta po dva dogodka. Izjema je izračun kapitalske zahteve za potres, kjer je predpisan samo en scenarij z enim dogodkom.

Na primer za podmodul tveganja toče je za scenarij A predpisano naslednje zaporedje dogodkov:

- takojšnja izguba, ki je enaka 70 % celotne izpostavljenosti v dani regiji, in
- takojšnja izguba, ki je enaka 50 % celotne izpostavljenosti v dani regiji.

Za scenarij B je predpisano naslednje zaporedje dogodkov:

- takojšnja izguba, ki je enaka 100 % celotne izpostavljenosti v dani regiji, in
- takojšnja izguba, ki je enaka 20 % celotne izpostavljenosti v dani regiji.

Na osnovi predpisanih dogodkov zavarovalnica določi, kakšna bi bila njena izguba, če bi se posamezen dogodek zgodil in kakšen bi bil v tem primeru učinek dogovora o pozavarovanju. To so vhodni podatki, na podlagi katerih aplikacija za vsako predpisano regijo izračuna kosmate in čiste kapitalske zahteve.

Ob upoštevanju korelacij med regijami¹² se nato izračunajo kapitalske zahteve za prvi del ($SCR_{\text{peril}_{\text{EU}}}$).

Izračun kapitalskih zahtev za ostale regije: Kapitalske zahteve za ostale regije se določijo na osnovi premije, za katero zavarovalnica pričakuje, da jo bo prejela v naslednjih 12 mesecih za dano naravno nevarnost. Tudi tu se upošteva diverzifikacija med regijami, ki se izračuna na enak način kot diverzifikacija pri tveganju premije in rezervacije neživljenjskega zavarovanja (formula 6 v poglavju 3.1.1).

Vhodni podatki za izračun so pričakovana premija in učinek dogovora o pozavarovanju za posamezno regijo, na podlagi katerih aplikacija z upoštevanjem diverzifikacije izračuna kosmate in čiste kapitalske zahteve za drugi del ($SCR_{\text{peril}_{\text{other}}}$).

¹²Korelacije med posameznimi regijami so določene v prilogah V–VII Deleagirane uredbe.

Kapitalske zahteve za oba dela se nato združijo v kapitalske zahteve za posamezno naravno nevarnost z naslednjo formulo:

$$SCR_{\text{peril}} = \sqrt{SCR_{\text{peril}_{\text{EU}}}^2 + SCR_{\text{peril}_{\text{other}}}^2} \quad (13)$$

Nekoliko poseben je izračun kapitalskih zahtev za podmodul tveganja pogrezanja tal, ki je omejen le na Francijo. Ker slovenske zavarovalnice tveganju pogrezanja tal v Franciji niso izpostavljene, ta del izračuna v aplikaciji ni podrobneje podprt.

V aplikaciji je izračun kapitalskih zahtev za vsako naravno nevarnost določen na enak način. V Kodi 8 je predstavljen izračun za tveganje toče.

```

1 hail ← function(current, parameters){
2   Corr_hail ← as.matrix(parameters$Corr_hail)
3   NAT_CAT_hail ← NAT_CAT_perils("hail", current$hail_EU, current$hail_other,
4     current$hail_total, parameters, Corr_hail)
5   current$hail_EU[ , ] ← NAT_CAT_hail$peril_EU
6   current$hail_other[ , ] ← NAT_CAT_hail$peril_other
7   current$hail_total[ , ] ← NAT_CAT_hail$peril_total
8   current$SCR_nat_CAT["hail", ] ← NAT_CAT_SCR("hail", current$SCR_nat_CAT["hail",
9     ], current$hail_total)
10  return(current)
11 }

```

Koda 8: Izračun SCR za tveganje toče

Funkcija NAT_CAT_perils izračuna kapitalske zahteve $SCR_{\text{peril}_{\text{EU}}}$ in $SCR_{\text{peril}_{\text{other}}}$, funkcija NAT_CAT_SCR pa jih združi v kapitalske zahteve za dano nevarnost (Koda 9).

```

1 NAT_CAT_perils ← function(peril, peril_EU, peril_other, peril_total, parameters,
2   Corr_peril){
3   if(peril == "earthquake"){
4     peril_EU[ , "Net CAT Risk Charge"] ← subtract(peril_EU[ , "Gross CAT Risk
5     Charge"], peril_EU[ , "Risk Mitigation Effect"])
6   } else {
7     EU_parameter ← parameters[[peril]]
8     peril_EU[ , "Gross Loss Event 1 and 2"] ← sum(EU_parameter[1, ] * peril_EU[,
9     "Gross CAT Risk Charge"])
10    for (scenario in c("A", "B")){
11      for (event in c(1, 2)){
12        peril_EU[ , paste("Gross Loss Event ", scenario, event, sep = "")] ←
13          peril_EU[ , "Gross CAT Risk Charge"] * EU_parameter[paste("Scenario",
14            scenario), paste("Event", event)]
15      }
16      peril_EU[ , paste("Scenario", scenario)] ← apply(cbind(subtract(peril_EU[,
17        paste("Gross Loss Event ", scenario, 1, sep = "")], peril_EU[,
18        paste("Risk Mitigation Effect ", scenario, 1, sep = "")]),
19        subtract(peril_EU[, paste("Gross Loss Event ", scenario, 2, sep = "")],
20        peril_EU[, paste("Risk Mitigation Effect ", scenario, 2, sep = "")])),
21        1, sum, na.rm = T)
22    }
23    peril_EU[ , "Net CAT Risk Charge"] ← apply(peril_EU[, c("Scenario A", "Scenario
24      B")], 1, max, na.rm = T)
25  }
26  peril_other ← NAT_CAT_other(peril_other)
27
28  if (peril == "earthquake"){
29    gross_SCR ← "Gross CAT Risk Charge"
30  } else {
31    gross_SCR ← "Gross Loss Event 1 and 2"
32  }
33  total_parameter ← parameters$NAT_CAT_other[peril, "Parameter"]
34  peril_total["SCR_other", "Gross CAT Risk Charge"] ← total_parameter * (0.5 *
35    peril_other["DIV", 1] + 0.5) * peril_other["Total", "Gross Earned Premium in
36    following 12 months"]

```

```

25 peril_total["SCR_other", "Risk Mitigation Effect"] ← peril_other["Total",
    "Mitigation"]
26 peril_total["SCR_other", "Net CAT Risk Charge"] ←
    subtract(peril_total["SCR_other", "Gross CAT Risk Charge"],
    peril_total["SCR_other", "Risk Mitigation Effect"])
27
28 peril_total["SCR_eu", "Gross CAT Risk Charge"] ← correlations(peril_EU[,
    gross_SCR], Corr_peril)
29 peril_total["SCR_eu", "Net CAT Risk Charge"] ← correlations(peril_EU[, "Net CAT
    Risk Charge"], Corr_peril)
30 peril_total["SCR_eu", "Risk Mitigation Effect"] ← subtract(peril_total["SCR_eu",
    "Gross CAT Risk Charge"], peril_total["SCR_eu", "Net CAT Risk Charge"])
31
32 return(list("peril_EU" = peril_EU, "peril_other" = peril_other, "peril_total" =
    peril_total))
33 }
34
35 NAT_CAT_other ← function(peril_other){
36   peril_other["DIV", 1] ← calculate_DIV(peril_other)
37   peril_other["Total", "Gross Earned Premium in following 12 months"] ←
    sum(peril_other[1:18, "Gross Earned Premium in following 12 months"], na.rm =
    T)
38   peril_other["Total", "Mitigation"] ← sum(peril_other[1:18, "Mitigation"], na.rm
    = T)
39   return(peril_other)
40 }

```

Koda 9: Izračun SCR za posamezno naravno nevarnost

Spremenljivka `peril` pove, za katero naravno nevarnost računamo kapitalske zahteve. V matriki `peril_EU` so shranjeni podatki za predpisane evropske regije, v `peril_other` pa podatki za ostale regije. Predpisani parametri so shranjeni v spremenljivki `parameters`, `Corr_peril` pa je korelacijska matrika med predpisanimi evropskimi regijami.

3.1.3.2 Podmodul tveganja katastrofe neproporcionalnega premoženjskega pozavarovanja (NPproperty)

Podmodul pride v pošev za pozavarovalnice, ki sklepajo neproporcionalna premoženjska pozavarovanja. Izračun kapitalskih zahtev je opisan v 127. členu Delegirane uredbe.

Izračun je podoben izračunu kapitalskih zahtev za naravne nesreče za ostale regije ($SCR_{peril_{other}}$, opisano v poglavju 3.1.3.1). Aplikacija pri izračunu uporabi funkcijo `NAT_CAT_other`.

3.1.3.3 Podmodul tveganja katastrof zaradi človeškega ravnanja (mmCAT)

Podmodul tveganja katastrof zaradi človeškega ravnanja (Delegirana uredba, 128. člen) sestavljajo naslednji podmoduli:

- podmodul tveganja zavarovanja avtomobilske odgovornosti (motor),
- podmodul tveganja pomorskega zavarovanja (marine), ki ga sestavljata tveganje trčenja tankerjev (tanker) in tveganje eksplozije ploščadi (platform),
- podmodul tveganja zavarovanja zrakoplovov (aviation),

- podmodul tveganja požarnega zavarovanja (fire),
- podmodul tveganja kreditnega in kavcijskega zavarovanja (credit), ki ga sestavljata tveganje neizpolnitve pomembne kreditne obveznosti (default) in tveganje recesije (recession),
- podmodul tveganja zavarovanja odgovornosti (liability).

Kapitalske zahteve za tveganje katastrof zaradi človeškega ravnanja se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika identiteta.

Kapitalske zahteve za **tveganje zavarovanja avtomobilske odgovornosti** se izračunajo kot (Delegirana uredba, 129. člen):

$$SCR_{\text{motor}} = \max(p_1; p_2 \cdot \sqrt{N_a + p_3 \cdot N_b + p_4 \cdot \min(N_b; p_5)}), \quad (14)$$

kjer so:

- p_1, p_2, p_3, p_4 in p_5 predpisani parametri,
- N_a število vozil, ki so zavarovana s strani zavarovalnice, pri katerih skupna zavarovalna vsota presega 24 mio EUR,
- N_b število vozil, ki so zavarovana s strani zavarovalnice, pri katerih je skupna zavarovalna vsota nižja ali enaka 24 mio EUR.

Aplikacija kot vhodne podatke sprejme števili vozil (N_a in N_b) in učinek dogovora o pozavarovanju, iz katerih izračuna kosmate in čiste kapitalske zahteve za tveganje zavarovanja avtomobilske odgovornosti (Koda 10).

```

1 motor ← function(current, parameters){
2   N_a ← current$motor["Na", "Value"]
3   N_b ← current$motor["Nb", "Value"]
4   if(sum(N_a, N_b, na.rm = T) > 0){
5     RM ← current$motor["RM", "Value"]
6     p1 ← parameters$motor_param["p1", "Parameter"]
7     p2 ← parameters$motor_param["p2", "Parameter"]
8     p3 ← parameters$motor_param["p3", "Parameter"]
9     p4 ← parameters$motor_param["p4", "Parameter"]
10    p5 ← parameters$motor_param["p5", "Parameter"]
11    SCR_motor ← max(p1, p2 * sqrt(sum(N_a, p3 * N_b, p4 * min(N_b, p5, na.rm = T),
12    na.rm = T)))
12    SCR_motor_net ← subtract(SCR_motor, RM)
13    current$SCR_mm_CAT["motor", ] ← list(SCR_motor, RM, SCR_motor_net,
14    "Calculated")
14  }
15  return(current)
16 }

```

Koda 10: Izračun SCR za tveganje zavarovanja avtomobilske odgovornosti

Kapitalske zahteve za **tveganje trčenja tankerjev** (Delegirana uredba, člen 130(2)), **tveganje eksplozije ploščadi** (Delegirana uredba, člen 130(3)), **tveganje zavarovanja zrakoplovov** (Delegirana uredba, 131. člen) in **tveganje požarnega zavarovanja** (Delegirana uredba, 132. člen) so enake največji zavarovalni vsoti v povezavi z danim tveganjem.

Aplikacija za vsakega izmed naštetih tveganj kot vhodne podatke dobi največjo zavarovalno vsoto ter učinek dogovora o pozavarovanju, iz katerih izračuna kosmate in čiste kapitalске zahteve za posamezno tveganje. V Koda 11 je prikazan izračun kapitalskih zahtev za tveganje požara, izračuni za ostala tveganja so enaki.

```

1 fire ← function(current, parameters){
2   SCR_fire ← current$fire["SI_fire", "Value"]
3   RM ← current$fire["RM_fire", "Value"]
4   SCR_fire_net ← subtract(SCR_fire, RM)
5   current$SCR_mm_CAT["fire", ] ← list(SCR_fire, RM, SCR_fire_net, "Calculated")
6   return(current)
7 }

```

Koda 11: Izračun SCR za tveganje požara

Kapitalske zahteve za **tveganje neizpolnitve pomembne kreditne obveznosti** (Delegirana uredba, člen 134(2)) so enake 10 % zavarovalne vsote dveh največjih izpostavljenosti v povezavi s kreditnimi zavarovanji. Aplikacija kot vhodne podatke sprejme prvo in drugo največjo zavarovalno vsoto za kreditna zavarovanja ter učinek dogovora o pozavarovanju, iz katerih izračuna kosmate in čiste kapitalске zahteve (Koda 12).

```

1 SI_1 ← current$default["SI_default_1", "Value"]
2 SI_2 ← current$default["SI_default_2", "Value"]
3 RM ← current$default["RM_default", "Value"]
4 SCR_default ← 0.1 * sum(SI_1, SI_2, na.rm = T)
5 SCR_default_gross ← subtract(SCR_default, RM)
6 current$SCR_mm_CAT["credit_default", ] ← list(SCR_default, RM, SCR_default_gross,
"Calculated")

```

Koda 12: Izračun SCR za tveganje neizpolnitve pomembne kreditne obveznosti

Kapitalske zahteve za **tveganje recesije** (Delegirana uredba, člen 134(3)) so enake prihodkom od premije, ki jih zavarovalnica pričakuje v naslednjih 12 mesecih v okviru kreditnega in kavcijskega zavarovanja. Aplikacija kot vhodne podatke sprejme pričakovane premije in učinek dogovora o pozavarovanju, iz katerih izračuna kosmate in čiste kapitalске zahteve (Koda 13).

```

1 SCR_recession ← current$recession["P_recession", "Value"]
2 RM ← current$recession["RM_recession", "Value"]
3 SCR_recession_net ← subtract(SCR_recession, RM)
4 current$SCR_mm_CAT["credit_recession", ] ← list(SCR_recession, RM, , "Calculated")

```

Koda 13: Izračun SCR za tveganje recesije

Kapitalske zahteve za **tveganje pomorskega zavarovanja** (Delegirana uredba, 103. člen) in **tveganje kreditnega in kavcijskega zavarovanja** (Delegirana uredba, 134. člen) se iz podmodulov izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika identiteta.

Tveganje zavarovanja odgovornosti (Delegirana uredba, 133. člen) je sestavljeno iz naslednjih skupin odgovornostnih zavarovanj:

- zavarovanje in proporcionalno pozavarovanje poklicne odgovornosti ($liab_{prof}$),
- zavarovanje in proporcionalno pozavarovanje delodajalčeve odgovornosti ($liab_{employers}$),
- zavarovanje in proporcionalno pozavarovanje odgovornosti članov uprav in nadzornih svetov ($liab_{directors}$),

- ostala zavarovanja in proporcionalna pozavarovanja iz naslova odgovornosti ($liab_{other}$),
- neproporcionalno pozavarovanje odgovornosti ($liab_{NP}$).

Kapitalske zahteve za tveganje zavarovanja odgovornosti se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika določena s Tabelo 6.

Tabela 6: Korelacijska matrika odgovornostnih zavarovanj

	$liab_{professional}$	$liab_{employers}$	$liab_{directors}$	$liab_{other}$	$liab_{NP}$
$liab_{professional}$	1	0	0,5	0,25	0,5
$liab_{employers}$	0	1	0	0,25	0,5
$liab_{directors}$	0,5	0	1	0,25	0,5
$liab_{other}$	0,25	0,25	0,25	1	0,5
$liab_{NP}$	0,5	0,5	0,5	0,5	1

Kapitalske zahteve za skupino odgovornostnih zavarovanj i so enake (Delegirana uredba, člen 133(2)):

$$SCR_i = f_i \cdot P_i, \quad (15)$$

kjer je:

- f_i faktor tveganja¹³ za skupino odgovornostnih zavarovanj i ,
- P_i pričakovana kosmata premija, ki jo bo zavarovalnica prejela v naslednjih 12 mesecih v okviru odgovornostnih zavarovanj v skupini i .

Aplikacija kot vhodne podatke sprejme pričakovano kosmato premijo in učinek dogovora o pozavarovanju za vsako izmed skupin odgovornostnih zavarovanj, iz katerih izračuna kosmate in čiste kapitalske zahteve za posamezno skupino (Koda 14).

```

1 liability <- function(current, parameters){
2   for (liab in c("liab_professional", "liab_employers", "liab_directors",
3     "liab_other", "liab_NP")){
4     if(notProvided(current$SCR_mm_CAT[liab, "Additional information"])){
5       factor <- parameters$liability_factors[liab, "Factor"]
6       P <- current$liability[liab, "Gross premiums expected to be earned during the
7         following 12 months"]
8       RM <- current$liability[liab, "Risk Mitigation Effect"]
9       SCR <- factor * P
10      SCR_net <- subtract(SCR, RM)
11      current$SCR_mm_CAT[liab, ] <- list(SCR, RM, SCR_net, "Calculated")
12    }
13  }
14  liability_submodules <- list(current$SCR_mm_CAT["liab_professional", ],
15    current$SCR_mm_CAT["liab_employers", ], current$SCR_mm_CAT["liab_directors",
16    ], current$SCR_mm_CAT["liab_other", ], current$SCR_mm_CAT["liab_NP", ])
17  Corr_liability <- as.matrix(parameters$Corr_liability)
18  current$SCR_mm_CAT["liability", ] <- SCR_submodule_CAT(liability_submodules,
19    Corr_liability)
20  return(current)
21 }

```

Koda 14: Izračun SCR za tveganje zavarovanja odgovornosti

¹³Faktorji tveganja so določeni v Prilogi XI Delegirane uredbe.

3.1.3.4 Podmodul za druga tveganja katastrofe neživljenjskih zavarovanj (otherCAT)

Druga tveganja katastrofe neživljenjskih zavarovanj (Delegirana uredba, 135. člen) sestavlja pet skupin zavarovalnih obveznosti¹⁴. Kapitalske zahteve za skupino i se izračunajo kot:

$$SCR_{\text{otherCAT}_i} = c_i \cdot P_i, \quad (16)$$

kjer je P_i kosmata premija, ki zavarovalnica pričakuje, da jo bo prejela v naslednjih 12 mesecih v skupini i , c_i pa je faktor tveganja za skupino zavarovalnih obveznosti i . Faktorji tveganja za vse skupine so določeni v Prilogi XII Delegirane uredbe.

Kapitalske zahteve za druga tveganja katastrofe neživljenjskih zavarovanj se nato izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika določena s Tabelo 7.

Tabela 7: Korelacijska matrika drugih tveganj katastrofe neživljenjskih zavarovanj

	otherCAT ₁	otherCAT ₂	otherCAT ₃	otherCAT ₄	otherCAT ₅
otherCAT ₁	1	1	0	0	0
otherCAT ₂	1	1	0	0	0
otherCAT ₃	0	0	1	0	0
otherCAT ₄	0	0	0	1	0
otherCAT ₅	0	0	0	0	1

Aplikacija kot vhodne podatke dobi pričakovano kosmato premijo in učinek dogovora o pozavarovanju za vsako skupino zavarovalnih obveznosti, povezanih z drugimi tveganji katastrofe neživljenjskih zavarovanj, iz katerih izračuna kosmate in čiste kapitalske zahteve (Koda 15).

```

1 CAT_other <- function(current, parameters){
2   for (other_CAT in c("other_CAT_1", "other_CAT_2", "other_CAT_3", "other_CAT_4",
3     "other_CAT_5")){
4     if(notProvided(current$SCR_other_CAT[other_CAT, ])){
5       c <- parameters$other_CAT_factors[other_CAT, "Factor"]
6       P <- current$other_CAT[other_CAT, "Gross premiums expected to be earned
7         during the following 12 months"]
8       RM <- current$other_CAT[other_CAT, "Risk Mitigation Effect"]
9       SCR <- c * P
10      current$SCR_other_CAT[other_CAT, ] <- list(SCR, RM, subtract(SCR, RM),
11        "Calculated")
12    }
13  }
14  other_CAT_submodules <- list(current$SCR_other_CAT["other_CAT_1", ],
15    current$SCR_other_CAT["other_CAT_2", ], current$SCR_other_CAT["other_CAT_3",
16    ], current$SCR_other_CAT["other_CAT_4", ],
17    current$SCR_other_CAT["other_CAT_5", ])
18  Corr_other_CAT <- as.matrix(parameters$Corr_other_CAT)
19  SCR_other_CAT <- SCR_module_CAT(other_CAT_submodules, Corr_other_CAT)
20  current$SCR_other_CAT["SCR", ] <- lapply(SCR_other_CAT, function(X) X[1])
21  return(current)
22 }

```

Koda 15: Izračun SCR za druga tveganja katastrofe neživljenjskih zavarovanj

¹⁴Skupine zavarovalnih obveznosti, povezanih z drugimi tveganji katastrofe neživljenjskih zavarovanj, so opisane v Prilogi XII Delegirane uredbe.

3.2 Modul tveganja iz pogodb življenjskega zavarovanja (Life)

Modul tveganja iz pogodb življenjskega zavarovanja (Delegirana uredba, 136. člen) sestavljajo naslednji podmoduli:

- podmodul tveganja umrljivosti ($\text{Life}_{\text{mort}}$),
- podmodul tveganja dolgoživosti ($\text{Life}_{\text{long}}$),
- podmodul tveganja invalidnosti in obolevnosti (Life_{dis}),
- podmodul tveganja stroškov izvajanja življenjskih zavarovanj (Life_{exp}),
- podmodul tveganja revizije (Life_{rev}),
- podmodul tveganja predčasne prekinitve pogodb ($\text{Life}_{\text{lapse}}$),
- podmodul tveganja katastrofe življenjskega zavarovanja (Life_{CAT}).

Kapitalske zahteve za tveganje iz pogodb življenjskega zavarovanja se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika določena s Tabelo 8.

Tabela 8: Korelacijska matrika tveganj življenjskih zavarovanj

	$\text{Life}_{\text{mort}}$	$\text{Life}_{\text{long}}$	Life_{dis}	Life_{exp}	Life_{rev}	$\text{Life}_{\text{lapse}}$	Life_{CAT}
$\text{Life}_{\text{mort}}$	1	-0,25	0,25	0,25	0	0	0,25
$\text{Life}_{\text{long}}$	-0,25	1	0	0,25	0,25	0,25	0
Life_{dis}	0,25	0	1	0,5	0	0	0,25
Life_{exp}	0,25	0,25	0,5	1	0,5	0,5	0,25
Life_{rev}	0	0,25	0	0,5	1	0	0
$\text{Life}_{\text{lapse}}$	0	0,25	0	0,5	0	1	0,25
Life_{CAT}	0,25	0	0,25	0,25	0	0,25	1

Izračun kapitalskih zahtev za posamezni podmodul temelji na scenarijih oz. šokih. Šoki za vsak podmodul so opisani v členih 137–143 Delegirane uredbe:

- $\text{Life}_{\text{mort}}$: takojšnje trajno 15-odstotno povečanje stopenj umrljivosti,
- $\text{Life}_{\text{long}}$: takojšnje trajno 20-odstotno zmanjšanje stopenj umrljivosti,
- Life_{dis} : takojšnje trajno 35-odstotno povečanje stopenj invalidnosti in obolevnosti v naslednjih 12 mesecih, 25-odstotno povečanje za vse mesece po naslednjih 12 mesecih ter 20-odstotno zmanjšanje stopenj izboljšanja invalidnosti in obolevnosti za naslednjih 12 mesecev in za vsa leta po tem,
- Life_{exp} : takojšnje trajno 10-odstotno povečanje zneska stroškov in povečanje stopnje inflacije stroškov za 1 odstotno točko,
- Life_{rev} : takojšnje trajno 3-odstotno zvišanje zneska rent,

- $Life_{lapse}$: sestavljen je iz treh delov:
 - $Lapse_{up}$: takojšnje trajno 50-odstotno povečanje stopenj predčasne prekinitve,
 - $Lapse_{down}$: takojšnje trajno 50-odstotno zmanjšanje stopenj predčasne prekinitve,
 - $Lapse_{mass}$: množične predčasne prekinitve
- $Life_{CAT}$: takojšnje povečanje stopenj umrljivosti v naslednjih 12 mesecih za 0,15 odstotne točke.

Kapitalske zahteve za posamezni podmodul so enake izgubi lastnih sredstev zaradi predpisanega šoka. Ker vsi šoki temeljijo na posameznih zavarovalnih policah in so odvisni od specifik posamezne zavarovalnice, bi bilo podpreti tak izračun precej kompleksno. Zato aplikacija kot vhodni podatek sprejme najboljšo oceno zavarovalno-tehničnih rezervacij pred šokom in vrednost najboljše ocene zavarovalno-tehničnih rezervacij po predpisanih šokih. Iz teh podatkov se nato izračuna SCR, ki je enak spremembi lastnih sredstev.

Izračun je v aplikaciji enak za vse podmodule in je definiran s funkcijo `Life_submodule` (Koda 16).

```

1 Life_submodule ← function(submodule){
2   Liab_before ← submodule["before", "Best estimates"]
3   Liab_after_gross ← submodule["after", "Best estimates"]
4   Liab_after_net ← submodule["after_net", "Best estimates"]
5   SCR_submodule_gross ← deltaBOF_0(Liabilities_before = Liab_before,
6     Liabilities_after = Liab_after_gross)
7   SCR_submodule_net ← deltaBOF_0(Liabilities_before = Liab_before,
8     Liabilities_after = Liab_after_net)
9   SCR_submodule ← list(SCR_submodule_gross, SCR_submodule_net, "Calculated")
10 }

```

Koda 16: Izračun SCR za posamezni podmodul življenjskih zavarovanj

Argument `submodule` pove, za kateri podmodul je potrebno izračunati SCR, funkcija `deltaBOF_0` pa izračuna spremembo lastnih sredstev in je opisana v poglavju 3.1.2.

Nekoliko poseben je le izračun kapitalskih zahtev za tveganje predčasne prekinitve pogodb ($SCR_{Life_{lapse}}$), ki se izračunajo kot (Delegirana uredba, 142. člen):

$$SCR_{Life_{lapse}} = \max(SCR_{Lapse_{down}}; SCR_{Lapse_{up}}; SCR_{Lapse_{mass}}), \quad (17)$$

kjer so:

- $SCR_{Lapse_{down}}$ kapitalske zahteve za tveganje trajnega povečanja stopenj predčasnih prekinitvev,
- $SCR_{Lapse_{up}}$ kapitalske zahteve za tveganje trajnega zmanjšanja stopenj predčasnih prekinitvev,
- $SCR_{Lapse_{mass}}$ kapitalske zahteve za tveganje množičnih predčasnih prekinitvev zavarovanj.

Kapitalske zahteve za posamezni del ($SCR_{Lapse_{down}}$, $SCR_{Lapse_{up}}$, $SCR_{Lapse_{mass}}$) se izračunajo na enak način kot kapitalske zahteve za posamezne podmodule tveganja življenjski zavarovanj, tj. kot izguba lastnih sredstev zaradi predpisanega šoka.

3.3 Modul tveganja zdravstvenega zavarovanja (Health)

Modul tveganja zdravstvenega zavarovanja (Delegirana uredba, 144. člen) je sestavljen iz naslednjih podmodulov:

- podmodul tveganja zdravstvenih zavarovanj, ki se ne izvajajo na podobnih osnovah kot življenjsko zavarovanje (NSLT zdravstvena zavarovanja, $\text{Health}_{\text{NSLT}}$),
- podmodul tveganja zdravstvenih zavarovanj, ki se izvajajo na podobnih osnovah kot življenjsko zavarovanje (SLT zdravstvena zavarovanja, $\text{Health}_{\text{SLT}}$),
- podmodul tveganja katastrofe zdravstvenih zavarovanj ($\text{Health}_{\text{CAT}}$).

Kapitalske zahteve za tveganje zdravstvenega zavarovanja se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika določena s Tabelo 9.

Tabela 9: Korelacijska matrika tveganj zdravstvenih zavarovanj

	$\text{Health}_{\text{NSLT}}$	$\text{Health}_{\text{SLT}}$	$\text{Health}_{\text{CAT}}$
$\text{Health}_{\text{NSLT}}$	1	0,5	0,25
$\text{Health}_{\text{SLT}}$	0,5	1	0,25
$\text{Health}_{\text{CAT}}$	0,25	0,25	1

3.3.1 Podmodul tveganja NSLT zdravstvenih zavarovanj ($\text{Health}_{\text{NSLT}}$)

Podmodul tveganja NSLT zdravstvenih zavarovanj (Delegirana uredba, 145. člen) sestavljata naslednja podmodula:

- tveganje premije in rezervacije NSLT zdravstvenih zavarovanj (NSLT_{pr}),
- tveganje predčasne prekinitve NSLT zdravstvenih zavarovanj ($\text{NSLT}_{\text{lapse}}$).

Kapitalske zahteve za tveganje NSLT zdravstvenih zavarovanj se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika identiteta.

Kapitalske zahteve za tveganje premije in rezervacije NSLT zdravstvenih zavarovanj se izračunajo na enak način kot kapitalske zahteve za tveganje premije in rezervacije neživljenjskega zavarovanja (poglavje 3.1.1) in so natančneje opisane v členih 146–149 Delegirane uredbe. Kapitalske zahteve za tveganje predčasne prekinitve NSLT zdravstvenih zavarovanj se izračunajo na enak način kot kapitalske zahteve za tveganje predčasne prekinitve neživljenjskega zavarovanja (poglavje 3.1.2) in so natančneje opisane v členu 150 Delegirane uredbe.

Ker je izračun enak kot pri neživljenjskih zavarovanjih, je tudi v aplikaciji določen z istima funkcijama: `Premium_and_reserve` in `ML_Lapse_calculation`, ki sta opisani v poglavjih 3.1.1 in 3.1.2.

3.3.2 Podmodul tveganja SLT zdravstvenih zavarovanj (Health_{SLT})

Podmodul tveganja SLT zdravstvenih zavarovanj (Delegirana uredba, 151. člen) je sestavljen iz naslednjih podmodulov:

- podmodul tveganja umrljivosti zdravstvenih zavarovanj (SLT_{mort}),
- podmodul tveganja dolgoživosti zdravstvenih zavarovanj (SLT_{long}),
- podmodul tveganja invalidnosti in obolevnosti zdravstvenih zavarovanj (SLT_{dis}),
- podmodul tveganja stroškov izvajanja zdravstvenih zavarovanj (SLT_{exp}),
- podmodul tveganja revizije zdravstvenih zavarovanj (SLT_{rev}),
- podmodul tveganja predčasne prekinitve SLT zdravstvenih zavarovanj (SLT_{lapse}),

Kapitalske zahteve za tveganje SLT zdravstvenih zavarovanj se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika določena s Tabelo 10.

Tabela 10: Korelacijska matrika tveganja SLT zdravstvenih zavarovanj

	SLT _{mort}	SLT _{long}	SLT _{dis}	SLT _{exp}	SLT _{rev}	SLT _{lapse}
SLT _{mort}	1	-0,25	0,25	0,25	0	0
SLT _{long}	-0,25	1	0	0,25	0,25	0,25
SLT _{dis}	0,25	0	1	0,5	0	0
SLT _{exp}	0,25	0,25	0,5	1	0,5	0,5
SLT _{rev}	0	0,25	0	0,5	1	0
SLT _{lapse}	0	0,25	0	0,5	0	1

Vsi podmoduli se izračunajo na enak način kot ustrezni podmoduli tveganj življenjskih zavarovanj. Izračun je nekoliko drugačen le za podmodul tveganja invalidnosti in obolevnosti zdravstvenih zavarovanj, ki je sestavljen iz dveh delov: kapitalskih zahtev za tveganje invalidnosti in obolevnosti zdravstvenega zavarovanja za stroške zdravljenja ter kapitalskih zahtev za tveganje invalidnosti in obolevnosti zavarovanja izpada dohodka, kjer se oba dela izračunata na enak način kot ostali podmoduli, tj. kot izguba lastnih sredstev zaradi predpisanih šokov. Izračuni in šoki za posamezni podmodul so opisani v členih 152–159 Delegirane uredbe.

Aplikacija kot vhodne podatke dobi vrednosti najboljše ocene zavarovalno-tehničnih rezervacij pred in po šoku, iz katerih s pomočjo funkcije `Life_submodule`, opisane v poglavju 3.2, izračuna SCR.

3.3.3 Podmodul tveganja katastrofe zdravstvenih zavarovanj (Health_{CAT})

Podmodul tveganja katastrofe zdravstvenih zavarovanj (Delegirana uredba, 160. člen) je sestavljen iz naslednjih podmodulov:

- podmodul tveganja množičnih nezgod ($\text{Health}_{\text{ma}}$)
- podmodul tveganja koncentracije nezgod ($\text{Health}_{\text{ac}}$),
- podmodul tveganja pandemije (Health_{p}).

Kapitalske zahteve za tveganje katastrofe zdravstvenih zavarovanj se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika identiteta.

Izračun vsakega izmed podmodulov je precej kompleksen in je opisan v členih 160–163 Delegirane uredbe. Aplikacija podpira le vnos kosmatih in čistih¹⁵ kapitalskih zahtev ter vrednost učinka dogovora o pozavarovanju za vsakega izmed podmodulov. Iz teh podatkov s pomočjo funkcije `SCR_module_CAT`, opisane v poglavju 3.1.3, izračuna kapitalske zahteve za celoten podmodul tveganja katastrofe zdravstvenih zavarovanj.

3.4 Modul tržnega tveganja (Market)

Modul tržnega tveganja (Delegirana uredba, 164. člen) sestavljajo naslednji podmoduli:

- podmodul tveganja obrestne mere (Mkt_{int}),
- podmodul tveganja lastniških vrednostnih papirjev (Mkt_{eq}),
- podmodul tveganja spremembe cen nepremičnin (Mkt_{prop}),
- podmodul tveganja spremembe kreditnih pribitkov (podmodul tveganja razpona, $\text{Mkt}_{\text{spread}}$),
- podmodul valutnega tveganja (Mkt_{curr}),
- podmodul koncentracije tržnega tveganja (Mkt_{conc}).

Kapitalske zahteve za tržno tveganje se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika določena s Tabelo 11.

Izračun za posamezni podmodul tržnega tveganja se lahko izvede na različnih nivojih granularnosti, odvisno od podatkov, ki jih vnesemo. Najosnovnejši nivo je izračun iz seznama naložb zavarovalnice, lahko pa se vnesejo tudi vrednosti naložb pred in po predpisanem šoku za posamezni podmodul.

Vsem modulom je skupna funkcija `Market_investments`, ki pridobi vrednost tistih naložb, ki pridejo v poštev pri izračunu kapitalskih zahtev posameznega podmodula. S to funkcijo aplikacija dobi vrednost naložb pred šokom (Koda 17).

¹⁵Čiste kapitalske zahteve, tako kot pri podmodulu tveganja katastrofe neživiljenjskih zavarovanj, tu pomenijo kapitalske zahteve z upoštevanjem učinka pozavarovanja.

Tabela 11: Korelacijska matrika za tržno tveganje. Parameter A je enak 0, če so kapitalske zahteve za tveganje obrestne mere izračunane na podlagi šoka dviga obrestnih mer, sicer je enak 0,5.

	Mkt _{int}	Mkt _{eq}	Mkt _{prop}	Mkt _{spread}	Mkt _{conc}	Mkt _{curr}
Mkt _{int}	1	A	A	A	0	0,25
Mkt _{eq}	A	1	0,75	0,75	0	0,25
Mkt _{prop}	A	0,75	1	0,5	0	0,25
Mkt _{spread}	A	0,75	0,5	1	0	0,25
Mkt _{conc}	0	0	0	0	1	0
Mkt _{curr}	0,25	0,25	0,25	0,25	0	1

```

1 Market_investments ← function(Investments, parameters, submodule){
2   investments ← Investments[rownames(parameters), "S2_value_EUR", drop = F]
3   submodule_investments ← parameters[, submodule]
4   return(sum(investments * submodule_investments, na.rm = T))
5 }

```

Koda 17: Vrednost naložb pred šokom

V spremenljivki `parameters` je zapisano, katere vrste naložb pridejo v poštev za dani podmodul (`submodule`). V spremenljivki `Investments` pa je seznam naložb oz., natančneje, vrednosti naložb po vnaprej določenih vrstah naložb.

3.4.1 Podmodul tveganja obrestne mere (Mkt_{int})

Kapitalske zahteve za tveganje obrestne mere so enake (Delegirana uredba, 165. člen):

$$SCR_{Mkt_{int}} = \max(SCR_{Int_{up}}; SCR_{Int_{down}}), \quad (18)$$

kjer so:

- $SCR_{Int_{up}}$ kapitalske zahteve za tveganje zvišanja v časovni strukturi obrestnih mer,
- $SCR_{Int_{down}}$ kapitalske zahteve za tveganje znižanja v časovni strukturi obrestnih mer.

Kapitalske zahteve za tveganje zvišanja (znižanja) v časovni strukturi obrestnih mer so enake izgubi osnovnih lastnih sredstev, ki bi bila posledica takojšnjega zvišanja (znižanja) osnovne netvegane obrestne mere pri različnih zapadlostih. Zvišanje oz. znižanje za posamezne zapadlosti je predpisano v 166. in 167. členu Delegirane uredbe.

Ker je predpisan izračun precej zahteven ter zajema vsa obrestno občutljiva sredstva in obveznosti zavarovalnice, aplikacija ne podpira najbolj podrobnega izračuna. Omogoča pa vnos vrednosti sredstev in obveznosti pred šokom ter po obeh šokih.

Aplikacija kot obrestno občutljiva sredstva in obveznosti obravnava:

- obrestno občutljive naložbe,
- podrejeni dolg,
- zavarovalno-tehnične rezervacije.

Aplikacija lahko določene vrednosti pred šokom dobi iz drugih podatkov, npr. vrednost naložb iz seznama naložb, vrednost najboljše ocene zavarovalno-tehničnih rezervacij iz podatkov o najboljših ocenah po zavarovalnih vrstah (Koda 18).

```

1 if (notProvided(current$Mkt_int["investments", "Additional information - before
  shock"])){
2   interest_rate ← Market_investments(current$Investments, parameters,
    "interest_rate")
3   current$Mkt_int["investments", c("Before shock", "Additional information -
    before shock")] ← list(interest_rate, "Calculated")
4 }
5 if (notProvided(current$Mkt_int["BE", "Additional information - before shock"])){
6   gross_BE ← sum(BE_S2[get_lobs("all"), "gross_totalBE_total"], na.rm = T)
7   current$Mkt_int["BE", c("Before shock", "Additional information - before
    shock")] ← list(gross_BE, "Calculated")
8 }

```

Koda 18: Izračun vrednosti pred šokom

Vrednosti po šoku za naložbe in podrejeni dolg se lahko izračunajo iz povprečne velikosti šoka, ki ga zavarovalnica dobi z natančnejšo občutljivostno analizo (Koda 19).

```

1 for (type in c("investments", "sub_liab")){
2   if(notProvided(current$Mkt_int[type, "Additional information - after shock"])){
3     for (shock in c("upward", "downward")){
4       before ← current$Mkt_int[type, "Before shock"]
5       shock_used ← current$Mkt_int[type, paste(shock, "shock used")]
6       current$Mkt_int[type, c(paste("After", shock, "shock"), "Additional
          information - after shock")] ← list(before * (1 + shock_used),
            "Calculated")
7     }
8   }
9 }

```

Koda 19: Izračun vrednosti po šoku

Kapitalske zahteve za oba šoka, to je zvišanje in znižanje v časovni strukturi obrestnih mer, se izračunajo kot sprememba lastnih sredstev. Vrednost sredstev je enaka vsoti vrednosti naložb in pozavarovalnega dela najboljše ocene zavarovalno-tehničnih rezervacij, vrednost obveznosti pa je enaka vsoti vrednosti podrejenega dolga in najboljše ocene zavarovalno-tehničnih rezervacij (Koda 20).

```

1 assets_before ← sum(current$Mkt_int[c("investments", "re_BE_total"), "Before
  shock"], na.rm = T)
2 assets_after ← sapply(current$Mkt_int[c("investments", "re_BE_total"), c("After
  upward shock", "After downward shock")], sum, na.rm = T)
3 liab_before ← sum(current$Mkt_int[c("BE_total", "sub_liab"), "Before shock"],
  na.rm = T)
4 liab_after ← sapply(current$Mkt_int[c("BE_total", "sub_liab"), c("After upward
  shock", "After downward shock")], sum, na.rm = T)
5 net_liab_after ← sapply(current$Mkt_int[c("BE_FDB_total", "sub_liab"), c("After
  upward shock", "After downward shock")], sum, na.rm = T)
6 SCR ← deltaBOF_0(assets_before, assets_after, liab_before, liab_after)
7 net_SCR ← deltaBOF_0(assets_before, assets_after, liab_before, net_liab_after)
8 used_shock ← which.max(net_SCR)

```

```

9 SCR_Mkt_Int ← data.frame(c(SCR[used_shock], SCR), c(net_SCR[used_shock], net_SCR),
10 c(names(SCR)[used_shock], NA, NA), c("Calculated", NA, NA))
current$SCR_int[ , ] ← SCR_Mkt_Int

```

Koda 20: Izračun SCR za tveganje obrestne mere

Funkcija `deltaBOF_0` je opisana v poglavju 3.1.2.

3.4.2 Podmodul tveganja lastniških vrednostnih papirjev (Mkt_{eq})

Podmodul tveganja lastniških vrednostnih papirjev (Delegirana uredba, 168. člen) sestavljata naslednja podmodula:

- podmodul tveganja za lastniške vrednostne papirje tipa 1 (Eq_{type1}),
- podmodul tveganja za lastniške vrednostne papirje tipa 2 (Eq_{type2}).

Kapitalske zahteve za tveganje lastniških vrednostnih papirjev se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika določena s Tabelo 12.

Tabela 12: Korelacijska matrika tveganja lastniških vrednostnih papirjev

	Eq_{type1}	Eq_{type2}
Eq_{type1}	1	0,75
Eq_{type2}	0,75	1

Lastniški vrednostni papirji tipa 1 zajemajo lastniške vrednostne papirje, ki kotirajo na reguliranih trgih v državah članicah Evropskega gospodarskega prostora (EGP) ali Organizacije za gospodarsko sodelovanje in razvoj (OECD). Lastniški vrednostni papirji tipa 2 pa zajemajo lastniške vrednostne papirje, ki kotirajo na borzah v državah, ki niso članice EGP ali OECD, lastniške vrednostne papirje, ki ne kotirajo na borzah, blago in druge alternativne naložbe. (Delegirana uredba, 168. člen)

Kapitalske zahteve se za oba tipa lastniških vrednostnih papirjev izračunajo na enak način in so enake izgubi osnovnih lastnih sredstev, ki bi bila posledica zmanjšanja vrednostni strateških naložb za 22 % ter zmanjšanja ostalih lastniških vrednostnih papirjev za 39 % (tip 1) oz. za 49 % (tip 2) (Delegirana uredba, 169. člen). Predpisanim šokom je potrebno dodati še simetrično prilagoditev, ki je natančneje opisana v 172. členu Delegirane uredbe in katere vrednost mesečno objavlja EIOPA na svojih spletnih straneh.

Aplikacija vrednosti naložb, ki pripadajo posameznemu tipu, šokira s predpisanim šokom, kapitalske zahteve pa izračuna kot spremembo osnovnih lastnih sredstev. Če zavarovalnica sklepa naložbena zavarovanja, je potrebno upoštevati tudi najboljšo oceno zavarovalno-tehničnih rezervacij, za katero je potrebno podati vrednosti po šoku, vrednost pred šokom pa lahko aplikacija pridobi iz podatkov o najboljši oceni po zavarovalnih vrstah. Izračuna sta za oba podmodula praktično enaka, le da upoštevata različne tipe naložb (Koda 21).

```

1 Equity_type1 ← function(current, parameters){
2   if (notProvided(current$Mkt_eq["equity_type1", "Additional information - before
3     shock"])){
4     equity_type1 ← Market_investments(current$Investments, parameters,
5       "equity_type1")
6     current$Mkt_eq["equity_type1", c("Before shock", "Additional information -
7       before shock")] ← list(equity_type1, "Calculated")
8   }
9   if (notProvided(current$Mkt_eq["equity_strategic_1", "Additional information -
10     before shock"])){
11     equity_strategic_1 ← Market_investments(current$Investments, parameters,
12       "equity_strategic_1")
13     current$Mkt_eq["equity_strategic_1", c("Before shock", "Additional information
14       - before shock")] ← list(equity_strategic_1, "Calculated")
15   }
16   if (notProvided(current$Mkt_eq["BE", "Additional information - before shock"])){
17     gross_BE ← sum(current$BE_S2[get_lobs("UL"), "gross_totalBE_total"], na.rm = T)
18     current$Mkt_eq["BE", c("Before shock", "Additional information - before
19       shock")] ← list(gross_BE, "Calculated")
20   }
21   shocks ← parameters$market_shocks
22   for (type in c("equity_type1", "equity_strategic_1")){
23     if (notProvided(current$Mkt_eq[type, "Additional information - after shock"])){
24       before ← current$Mkt_eq[type, "Before shock"]
25       shock_used ← sum(shocks[type, c("shock", "symetric adjustment")], na.rm = T)
26       current$Mkt_eq[type, c("After Equity 1 shock", "Additional information -
27         after shock")] ← list(before * (1 + shock_used), "Calculated")
28     }
29   }
30   assets_before ← sum(current$Mkt_eq[c("equity_type1", "equity_strategic_1"),
31     "Before shock"], na.rm = T)
32   assets_after ← sum(current$Mkt_eq[c("equity_type1", "equity_strategic_1"),
33     "After Equity 1 shock"], na.rm = T)
34   liab_before ← current$Mkt_eq["BE", "Before shock"]
35   liab_after ← current$Mkt_eq["BE", "After Equity 1 shock"]
36   net_liab_after ← current$Mkt_eq["BE_FDB", "After Equity 1 shock"]
37   SCR ← deltaBOF_0(assets_before, assets_after, liab_before, liab_after)
38   net_SCR ← deltaBOF_0(assets_before, assets_after, liab_before, net_liab_after)
39   current$SCR_eq["SCR_type1", ] ← list(SCR, net_SCR, "Calculated")
40   return(current)
41 }

```

Koda 21: Izračun SCR za tveganje lastniških vrednostnih papirjev

Funkcija `deltaBOF_0` je opisana v poglavju 3.1.2.

3.4.3 Podmodul tveganja spremembe cen nepremičnin (Mkt_{prop})

Kapitalske zahteve za tveganje spremembe cen nepremičnin so enake izgubi osnovnih lastnih sredstev, ki bi bila posledica takojšnjega 25-odstotnega zmanjšanja vrednosti nepremičnin (Delegirana uredba, 174. člen).

Aplikacija lahko pridobi vrednost nepremičnin iz seznama naložb ali pa jo podamo kot vhodni podatek. To vrednost nato šokira s predpisanim šokom in izračuna kapitalske zahteve, ki so enake spremembi lastnih sredstev. Izračun je podoben izračunu kapitalskih zahtev za tveganje lastniških vrednostnih papirjev, opisanem v poglavju 3.4.2, le da je vrednost obveznosti v tem primeru enaka 0.

3.4.4 Podmodul tveganja razpona (Mkt_{spread})

Kapitalske zahteve za tveganje razpona so enake (Delegirana uredba, člen 175):

$$SCR_{Mkt_{spread}} = SCR_{bonds} + SCR_{securitisation} + SCR_{cd}, \quad (19)$$

kjer:

- SCR_{bonds} označuje kapitalske zahteve za tveganje razpona pri obveznicah in kreditih,
- $SCR_{securitisation}$ označuje kapitalske zahteve za tveganje razpona pri pozicijah v listninjenju,
- SCR_{cd} označuje kapitalske zahteve za tveganje razpona pri kreditnih izvedenih finančnih instrumentih.

Izračun kapitalskih zahtev za posamezni del tveganja razpona je opisan v členih 176–181 Delegirane uredbe.

Ker ima večina manjših zavarovalnic le enostavne naložbe, torej nima pozicij v listninjenju in kreditnih izvedenih finančnih instrumentov, je v aplikaciji podprt le izračun za kapitalske zahteve za tveganje razpona pri obveznicah in kreditih.

Izračun kapitalskih zahtev za tveganje razpona pri obveznicah in kreditih je odvisen od spremenjenega trajanja naložbe, njene bonitetne ocene in tipa naložbe. Za vsako posamezno naložbo so kapitalske zahteve enake izgubi lastnih sredstev, ki bi bila posledica relativnega zmanjšanja vrednosti naložbe za faktor tveganja *stress*. Faktor tveganja *stress* se izračuna kot (Delegirana uredba, 176. člen):

$$stress = \min(a + b \cdot (dur - c); 1), \quad (20)$$

kjer so:

- a , b in c parametri¹⁶, ki so odvisni od tega, v katero skupino spada posamezna naložba,
- dur pa je spremenjeno trajanje naložbe, izraženo v letih, in je navzdol omejeno z 1.

Kapitalske zahteve za celotno tveganje razpona pri obveznicah in kreditih so enake vsoti kapitalskih zahtev za posamezno naložbo.

Aplikacija izračuna kapitalske zahteve za posamezno naložbo glede na njene lastnosti, ki so podane v seznamu naložb. Funkcija `calculate_spread` glede na lastnosti naložbe določi predpisane parametre a , b in c , iz katerih nato izračuna faktor tveganja za posamezno naložbo (Koda 22).

¹⁶Parametri za obveznice in kredite so predpisani v 176. in 180. členu Delegirane uredbe.

```

1 Spread ← function(current, parameters){
2   if (notProvided(current$Mkt_spread["investments", ], column = "Additional
   information - before shock")){
3     investments ← Market_investments(current$Investments, parameters,
   "spread_bonds")
4     current$Mkt_spread["investments", c("Before shock", "Additional information -
   before shock")] ← list(investments, "Calculated")
5   }
6   if (notProvided(current$Mkt_spread["investments", ], column = "Additional
   information - after shock")){
7     investments_types ← rownames(parameters$Market_risk[parameters$Market_risk[,
   "spread_bonds"] > 0, ])
8     Investments_spread ← current$Investments_list[current$Investments_list[,
   "asset_type"] %in% investments_types, ]
9     Investments_spread ← remove_NA_rows(Investments_spread)
10    if(nrow(Investments_spread) > 0){
11      columns ← colnames(Investments_spread)
12      Investments_spread ← cbind(Investments_spread, NA)
13      colnames(Investments_spread) ← c(columns, "charge")
14      for (investment in rownames(Investments_spread)){
15        stress ← calculate_spread(Investments_spread[investment, ], parameters)
16        charge ← stress * Investments_spread[investment, "S2_value"]
17        Investments_spread[investment, "charge"] ← charge
18      }
19      shocked_value ← subtract(sum(Investments_spread[, "S2_value"], na.rm = T),
   sum(Investments_spread[, "charge"], na.rm = T))
20      current$Mkt_spread["investments", c("After shock", "Additional information -
   after shock")] ← list(shocked_value, "Calculated")
21      Investments_spread ← Investments_spread[, c("investment_name", "name",
   "single_name", "asset_type", "for_spread", "KSNT", "S2_value", "rating",
   "duration", "charge")]
22      current$Investments_spread ← Investments_spread
23    } else {
24      current$Investments_spread ← empty_data$Investments_spread
25    }
26  }
27  assets_before ← current$Mkt_spread["investments", "Before shock"]
28  assets_after ← current$Mkt_spread["investments", "After shock"]
29  SCR ← deltaBOF_0(assets_before, assets_after)
30  current$SCR_spread["SCR", ] ← list(SCR, SCR, "Calculated")
31  return(current)
32 }

```

Koda 22: Izračun SCR za tveganje razpona za posamezno naložbo

Funkcija `remove_NA_rows` odstrani vrstice, ki ne vsebujejo nobene vrednosti.

3.4.5 Podmodul koncentracije tržnega tveganja (Mkt_{conc})

Kapitalske zahteve za koncentracijo tržnega tveganja se izračunajo na podlagi posameznih izpostavljenosti. Vrednost posamezne izpostavljenosti je vsota vrednosti izpostavljenosti do vseh nasprotnih strank, ki spadajo v isto skupino podjetij. Vrednost izpostavljenosti do ene nasprotne stranke pa je vsota vrednosti naložb, katere izdajatelj je ta nasprotna stranka (Delegirana uredba, 182. člen).

V nadaljevanju bom na kratko opisala izračun kapitalskih zahtev za koncentracijo tveganja, ki je natančneje opisan v členih 183–187 Delegirane uredbe. Najprej je potrebno izračunati osnovo za tveganje koncentracije (*Assets*). Osnova je vsota vrednosti naložb, ki pridejo v poštev pri tveganju koncentracije. Glede na to osnovo se za vsako posamezno izpostavljenost določi prag izpostavljenosti, ki je odvisen od tipa izpostavljenosti in povprečne bonitetne ocene. Na osnovi praga izpostavljenosti

se za vsako posamezno izpostavljenost določi presežek izpostavljenosti (Delegirana uredba, člen 184(1)):

$$XS_i = \max(0; E_i - CT_i \cdot Assets), \quad (21)$$

kjer je:

- E_i vrednost izpostavljenosti i ,
- CT_i relativni prag izpostavljenosti, ki pove, koliko odstotkov osnove za tveganje koncentracije lahko predstavlja posamezna izpostavljenost.¹⁷

Za izpostavljenosti, ki presegajo predpisan prag izpostavljenosti, se nato dodelijo kapitalske zahteve $Conc_i$, ki so enake (Delegirana uredba, člen 183(2)):

$$Conc_i = XS_i \cdot g_i, \quad (22)$$

kjer je g_i faktor tveganja za koncentracijo tržnega tveganja, ki je odvisen od povprečne bonitetne ocene izpostavljenosti in je določen s 186. členom Delegirane uredbe.

Na koncu se iz kapitalskih zahtev posameznih izpostavljenosti izračunajo kapitalske zahteve za koncentracijo tržnega tveganja po naslednji formuli (Delegirana uredba, člen 183(1)):

$$SCR_{Mkt_{conc}} = \sqrt{\sum_i Conc_i^2}, \quad (23)$$

kjer vsota zajema vse posamezne izpostavljenosti i .

V aplikaciji je izračun razdeljen glede na vrste naložb. Vsem delom je skupna funkcija `calculate_conc`, ki izračuna kapitalske zahteve za posamezno izpostavljenost (Koda 23).

```

1 calculate_conc ← function(investments_counterparty, parameters_conc, Assets, type
  = ""){
2   for (investment in rownames(investments_counterparty)){
3     if (investments_counterparty[investment, "rating"] %in% c("5-6", "unrated -
      under EU law", "unrated - other", NA)){
4       investments_counterparty[investment, "rating"] ← 5
5     }
6   }
7   investments_counterparty[, "rating"] ← as.numeric(investments_counterparty[,
  "rating"])
8   E ← sum(investments_counterparty[, "S2_value"], na.rm = T)
9   average_rating ← weighted.mean(investments_counterparty[, "rating"],
  investments_counterparty[, "S2_value"]/E, na.rm = T)
10  average_rating ← ceiling(average_rating)
11  if (type == "covered_bonds"){
12    if (average_rating %in% c(0, 1)){
13      CT ← parameters_conc["Covered bond", "relative_excess"]
14      g ← parameters_conc["Covered bond", "risk_factor"]
15    } else {
16      CT ← parameters_conc[as.character(average_rating), "relative_excess"]
17      g ← parameters_conc[as.character(average_rating), "risk_factor"]
18    }
19  } else if (type == "property"){

```

¹⁷Relativni prag izpostavljenosti je odvisen od tipa izpostavljenosti in povprečne bonitetne ocene ter je predpisan v členih 185 in 187 Delegirane uredbe.

```

20   CT ← parameters_conc["property", "relative_excess"]
21   g ← parameters_conc["property", "risk_factor"]
22 } else{
23   CT ← parameters_conc[as.character(average_rating), "relative_excess"]
24   g ← parameters_conc[as.character(average_rating), "risk_factor"]
25 }
26   XS ← max(0, subtract(E, CT * Assets), na.rm = T)
27   Conc ← XS * g
28 }
29   return(list(investments_counterparty[1, "name"], E, average_rating, CT, XS, g,
30             Conc))
}

```

Koda 23: Izračun SCR za tveganje koncentracije za posamezno izpostavljenost

V spremenljivki `investments_counterparty` so vse izpostavljenosti, ki pripadajo isti skupini podjetij, v `parameters_conc` pa so shranjeni vsi predpisani parametri.

3.4.6 Podmodul valutnega tveganja (Mkt_{curr})

Kapitalske zahteve za valutno tveganje so enake vsoti kapitalskih zahtev za valutno tveganje za vsako tujo valuto. Kapitalske zahteve za valutno tveganje so za vsako tujo valuto enake (Delegirana uredba, 188. člen):

$$SCR_{Mkt_{curr}} = \max(SCR_{Curr_{up}}; SCR_{Curr_{down}}), \quad (24)$$

kjer so:

- $SCR_{Curr_{up}}$ kapitalske zahteve za tveganje povečanja vrednosti tuje valute glede na lokalno valuto,
- $SCR_{Curr_{down}}$ kapitalske zahteve za tveganje zmanjšanja vrednosti tuje valute glede na lokalno valuto.

Kapitalske zahteve za tveganje povečanja (zmanjšanja) vrednosti tuje valute glede na lokalno valuto so enake izgubi osnovnih lastnih sredstev, ki bi bila posledica takojšnjega 25-odstotnega povečanja (zmanjšanja) vrednosti tuje valute v primerjavi z lokalno valuto (Delegirana uredba, 188. člen).

Ker ima večina manjših zavarovalnic večji del sredstev in obveznosti v lokalni valuti in je tako valutno tveganje majhno oz. ničelno, aplikacija ne podpira podrobnega izračuna po valutah. Kot vhodne podatke sprejme le vrednosti sredstev in obveznosti pred in po šoku, iz tega pa izračuna kapitalske zahteve kot spremembo osnovnih lastnih sredstev (Koda 24).

```

1 Currency ← function(current, parameters){
2   assets_before ← current$Mkt_curr["assets", "Before shock"]
3   assets_after ← current$Mkt_curr["assets", "After shock"]
4   liab_before ← current$Mkt_curr["liabilities", "Before shock"]
5   liab_after ← current$Mkt_curr["liabilities", "After shock"]
6
7   SCR ← deltaBOF_0(assets_before, assets_after, liab_before, liab_after)
8   current$SCR_curr["SCR", ] ← list(SCR, SCR, "Calculated")
9   return(current)
10 }

```

Koda 24: Izračun SCR za valutno tveganje

Funkcija `deltaBOF_0` je opisana v poglavju 3.1.2.

3.5 Modul tveganja neplačila nasprotne stranke (CDR)

Modul tveganja neplačila nasprotne stranke (Delegirana uredba, 189. člen) sestavljata naslednja podmodula:

- podmodul tveganja neplačila nasprotne stranke pri izpostavljenostih tipa 1 (CDR_{type1}),
- podmodul tveganja neplačila nasprotne stranke pri izpostavljenostih tipa 2 (CDR_{type2}).

Kapitalske zahteve za tveganje neplačila nasprotne stranke se izračunajo po formuli 1 iz poglavja 1.3, pri čemer je korelacijska matrika določena s Tabelo 13.

Tabela 13: Korelacijska matrika tveganja neplačila nasprotne stranke

	CDR_{type1}	CDR_{type2}
CDR_{type1}	1	0,75
CDR_{type2}	0,75	1

Natančen izračun je opisan v členih 189–202 Delegirane uredbe, v nadaljevanju pa bom opisala, kako je izračun podprt v aplikaciji.

3.5.1 Izpostavljenosti tipa 1 (CDR_{type1})

Izpostavljenosti tipa 1 vključujejo izpostavljenosti v zvezi s:

- pozavarovalnimi pogodbami,
- pogodbami za oddano sozavarovanje,
- denarnimi sredstvi v banki (kamor sodijo gotovina in kratkoročni depoziti z osnovno zapadlostjo do treh mesecev),
- depoziti pri cedentih.

Pri pozavarovalnih in sozavarovalnih pogodbah je vrednost izpostavljenosti določena ločeno za vsako nasprotno stranko kot vsota:

- pozavarovalnega oziroma sozavarovalnega dela najboljše ocene zavarovalno-tehničnih rezervacij,
- terjatev za škode,
- drugih terjatev (z izjemo terjatev iz naslova premij).

Pri finančnih naložbah je vrednost izpostavljenosti določena kot trenutna vrednost naložb posameznega izdajatelja.

Za vsako nasprotno stranko je potrebno določiti izgubo ob neplačilu (v nadaljevanju LGD, Loss Given Default) in verjetnost neizpolnitve obveznosti (v nadaljevanju PD, Probability of Default). Izračun LGD je odvisen od vrste izpostavljenosti in je določen v členih 192–195 Delegirane uredbe. Za nasprotne stranke v zvezi s pozavarovalnimi pogodbami in pogodbami za oddano sozavarovanje se LGD izračuna kot:

$$LGD = \max(50\% \cdot (\text{recoverables} + 50\%RM); 0), \quad (25)$$

kjer:

- *recoverables* označuje vrednost izpostavljenosti,
- *RM* označuje učinek dogovora o pozavarovanju na zmanjševanje zavarovalnega tveganja.

Učinek dogovora o pozavarovanju na zmanjševanje zavarovalnega tveganja (v nadaljevanju RM, Risk Mitigation Effect) se določi kot razlika med hipotetičnimi kapitalskimi zahtevami za zavarovalno tveganje zavarovalnice¹⁸, ki bi se uporabljale ob odsotnosti dogovora o pozavarovanju, ter dejanskimi kapitalskimi zahtevami za zavarovalno tveganje (Delegirana uredba, 196. člen). Izračun je vsebinsko dokaj zahteven, saj je potrebno ponoviti izračun kapitalskih zahtev za zavarovalno tveganje za vsako nasprotno stranko. Aplikacija izračun precej olajša, ker omogoča vnos potrebnih podatkov, ločenih po posamezni nasprotni stranki, iz katerih samodejno izračuna RM.

Za izpostavljenosti pri finančnih naložbah je LGD za vsakega izdajatelja enak vrednosti izpostavljenosti.

Verjetnost neizpolnitve obveznosti posamezne nasprotne stranke je določena glede na bonitetno oceno nasprotne stranke in je predpisana v 199. členu Delegirane uredbe.

Aplikacija izračuna LGD in PD za vsako nasprotno stranko. Kot vhodne podatke za izračun vzame seznam naložb ter podatke o pozavarovateljih in sozavarovateljih. Izračun je določen s funkcijo `calculate_LGD` (Koda 25).

```
1 calculate_LGD <- function(data, type, counterparty, parameters_Loss_rate,
2   parameters_PD){
3   name <- data[counterparty, "name"]
4   single_name <- data[counterparty, "single_name"]
5   if (type == "Reinsurance"){
6     exposure_type <- data[counterparty, "ReOrCo"]
7     recoverables <- sum(data[counterparty, c("receivables_claims",
8       "receivables_commissions", "BE")], na.rm = T)
9     RM <- data[counterparty, "RM"]
10  } else if (type == "Investments"){
11    exposure_type <- "Other"
12    recoverables <- data[counterparty, "S2_value"]
13    RM <- NA
14  }
```

¹⁸Pod zavarovalno tveganje spadajo tveganje iz pogodb neživljenskega zavarovanja, tveganje iz pogodb življenskega zavarovanja in tveganje zdravstvenega zavarovanja.

```

13 loss_rate ← parameters_Loss_rate[exposure_type, "Loss_rate"]
14 rating ← data[counterparty, "rating"]
15
16 LGD ← max(loss_rate * sum(recoverables, 0.5 * RM, na.rm = T), 0, na.rm = T)
17 PD ← parameters_PD[rating, "PD"]
18
19 return(list(name, single_name, exposure_type, loss_rate, recoverables, RM, LGD,
20           rating, PD, NA))
}

```

Koda 25: Izračun LGD in PD za posamezno izpostavljenost

Spremenljivka `type` določa vrsto izpostavljenosti, `loss_rate` je faktor izgube, ki je za pozavarovalne in sozavarovalne pogodbe enak 50 %, za finančne naložbe pa 100 %. V spremenljivki `parameters_PD` so predpisane verjetnosti neizpolnitve obveznosti, ki so odvisne od bonitetne ocene nasprotne stranke.

V izračunu kapitalskih zahtev je potrebno izpostavljenosti do nasprotnih strank, ki spadajo v isto skupino podjetij, obravnavati kot eno izpostavljenost (Delegirana uredba, 190. člen). Izguba ob neplačilu za posamezno izpostavljenost je enaka vsoti izgub ob neplačilu vseh nasprotnih strank, ki pripadajo isti skupini (Delegirana uredba, 192. člen). Verjetnost neizpolnitve obveznosti za posamezno izpostavljenost pa je enaka povprečju verjetnosti neizpolnitve obveznosti za vsako nasprotno stranko, ki pripadajo isti skupini, uteženemu z izgubo ob neplačilu (Delegirana uredba, 199. člen).

Med vhodnimi podatki, ki jih sprejme aplikacija, je tudi podatek, kateri skupini pripada posamezna nasprotna stranka. Na podlagi tega podatka in izračunanih LGD ter PD za posamezno nasprotno stranko, aplikacija izračuna LGD in PD za posamezne izpostavljenosti (Koda 26).

```

1 single_names ← unique(na.omit(CDR_list[, "single_name"]))
2 CDR_single_names ← data.frame(single_name = numeric(0), LGD = numeric(0), PD =
   numeric(0))
3 for (single_name in single_names){
4   CDR_single_name ← CDR_list[CDR_list[, "single_name"] == single_name, ]
5   LGD_single_name ← sum(CDR_single_name[, "LGD"], na.rm = T)
6   PD_single_name ← sum(CDR_single_name[, "LGD"] * CDR_single_name[, "PD"], na.rm =
   T)/LGD_single_name
7   CDR_single_names[nrow(CDR_single_names) + 1, ] ← list(single_name,
   LGD_single_name, PD_single_name)
8 }

```

Koda 26: Izračun LGD in PD za posamezne izpostavljenosti tipa 1

V spremenljivki `CDR_list` je shranjen seznam vseh nasprotnih strank, stolpec `single_name` pa pove, kateri skupini pripada posamezna nasprotna stranka.

Izračun celotnih kapitalskih zahtev za tveganje neplačila nasprotne stranke za izpostavljenosti tipa 1 temelji na posameznih izpostavljenostih in je sledeč:

$$SCR_{CDR_{type1}} = \begin{cases} 3 \cdot \sigma & \sigma \leq 0,07 \cdot LGD_{total}, \\ 5 \cdot \sigma & 0,07 \cdot LGD_{total} < \sigma \leq 0,2 \cdot LGD_{total}, \\ LGD_{total} & 0,2 \cdot LGD_{total} < \sigma \end{cases} \quad (26)$$

kjer je:

- σ standardni odklon porazdelitve izgub izpostavljenosti tipa 1,

- LGD_{total} celotna izguba ob neplačilu za vse izpostavljenosti tipa 1.

Standardni odklon porazdelitve izgub izpostavljenosti tipa 1 je enak (Delegirana uredba, člen 200(4)):

$$\sigma = \sqrt{V}, \quad (27)$$

kjer je V varianca porazdelitve izgub izpostavljenosti tipa 1, ki je enaka vsoti V_{inter} in V_{intra} (Delegirana uredba, člen 201(1)):

$$V = V_{\text{inter}} + V_{\text{intra}} \quad (28)$$

V_{inter} se izračuna kot (Delegirana uredba, člen 201(2)):

$$V_{\text{inter}} = \sum_{j,k} \frac{PD_k \cdot (1 - PD_k) \cdot PD_j \cdot (1 - PD_j)}{1,25 \cdot (PD_k + PD_j) - PD_k \cdot PD_j} \cdot TLGD_j \cdot TLGD_k, \quad (29)$$

kjer:

- vsota zavzame vse možne kombinacije (j, k) različnih verjetnosti neizpolnitve obveznosti za posamezne izpostavljenosti,
- $TLGD_j$ in $TLGD_k$ označujeta vsoto izgub ob neplačilu za izpostavljenosti tipa 1 nasprotnih strank, pri katerih je verjetnost neizpolnitve obveznosti enaka PD_j oziroma PD_k .

V_{intra} pa se izračuna kot (Delegirana uredba, člen 201(3)):

$$V_{\text{intra}} = \sum_j \frac{1,5 \cdot PD_j \cdot (1 - PD_j)}{2,5 - PD_j} \cdot \sum_{PD_j} LGD_i^2, \quad (30)$$

kjer:

- prva vsota zajema vse možne verjetnosti neizpolnitve obveznosti za posamezne izpostavljenosti,
- druga vsota zajema vse posamezne izpostavljenosti, pri katerih je verjetnost neizpolnitve enaka PD_j ,
- LGD_i označuje izgubo ob neplačilu za posamezno izpostavljenost i .

Izračun v aplikaciji sledi opisanim formulam (Koda 27).

```

1 PD_all <- unique(CDR_single_names[, "PD"])
2 V_inter <- 0
3 V_intra <- 0
4 for (PD_1 in PD_all){
5   for (PD_2 in PD_all){
6     numerator <- PD_1 * (1 - PD_1) * PD_2 * (1 - PD_2)
7     denominator <- 1.25 * (PD_1 + PD_2) - PD_1 * PD_2
8     TLGD_1 <- sum(CDR_single_names[CDR_single_names[, "PD"] == PD_1, "LGD"])
9     TLGD_2 <- sum(CDR_single_names[CDR_single_names[, "PD"] == PD_2, "LGD"])
10    V_inter <- V_inter + numerator / denominator * TLGD_1 * TLGD_2
11  }
12 numerator <- 1.5 * PD_1 * (1 - PD_1)

```

```

13 denominator ← 2.5 - PD_1
14 LGD_squared ← sum(CDR_single_names[CDR_single_names[, "PD"] == PD_1, "LGD"]^2)
15 V_intra ← V_intra + numerator / denominator * LGD_squared
16 }
17 V ← sum(V_inter, V_intra)
18 Sigma ← sqrt(V)
19
20 LGD_total ← sum(CDR_single_names[, "LGD"])
21 if(Sigma <= 0.07 * LGD_total){
22   SCR_CDR_type_1 ← 3 * Sigma
23 } else if (Sigma <= 0.2 * LGD_total){
24   SCR_CDR_type_1 ← 5 * Sigma
25 } else {
26   SCR_CDR_type_1 ← LGD_total
27 }

```

Koda 27: Izračun SCR za izpostavljenosti tipa 1 pri tveganju neplačila nasprotne stranke

V spremenljivki `PD_all` je nabor vseh različnih verjetnosti neizpolnitve obveznosti, ki se pojavijo v izračunu.

3.5.2 Izpostavljenosti tipa 2 (CDR_{type2})

Pri izpostavljenostih tipa 2 se upoštevajo vse ostale terjatve, ki niso zajete v izpostavljenostih tipa 1, izloči se tudi nezapadle, neplačane terjatve do zavarovalcev, ki so vključene v najboljši oceni premijske rezervacije. Izpostavljenosti tipa 2 se za izračun loči na dva dela:

- terjatve do posrednikov, ki so zapadle več kot tri mesece ($LGD_{>3months}$),
- ostale terjatve, ki niso vključene v prvo točko (LGD_{other}).

Kapitalske zahteve za tveganje neplačila nasprotne stranke za izpostavljenosti tipa 2 se nato izračuna kot (Delegirana uredba, 202. člen):

$$SCR_{CDR_{type2}} = 90\% \cdot LGD_{>3months} + 15\% \cdot LGD_{other}. \quad (31)$$

Aplikacija kot vhodne podatke dobi vse terjatve (`current$Receivables`), iz katerih izračuna kapitalske zahteve (Koda 28).

```

1 CDR_Type_2 ← function (current, parameters){
2   if(notProvided(current$CDR["type_2_3months", "Additional information"])){
3     LGD_3months ← sum(current$Receivables["Intermediaries", c("overdue_90_180",
4       "overdue_180_360", "overdue_360_more")], na.rm = T)
5     current$CDR["type_2_3months", ] ← list(LGD_3months, "Calculated")
6   }
7   if(notProvided(current$CDR["type_2_other", "Additional information"])){
8     receivables ← c("OtherInsurance", "Coinsurance_premiums",
9       "Reinsurance_premiums", "Intangibles", "Short_insurance", "Financing",
10      "Customers", "Institutions", "Employees", "Advances", "Other_short",
11      "Long")
12     LGD_other ← sum(current$Receivables["Intermediaries", c("current",
13       "overdue_0_30", "overdue_30_60", "overdue_60_90")],
14       subtract(current$Receivables["Policyholders", "total"],
15         current$Receivables["Policyholders", "current"]),
16       current$Receivables[receivables, "total"], na.rm = T)
17     current$CDR["type_2_other", ] ← list(LGD_other, "Calculated")
18   }
19 }

```

```

11 LGD_3months ← current$CDR["type_2_3months", "Value"]
12 LGD_other ← current$CDR["type_2_other", "Value"]
13 SCR_type_2 ← sum(0.9 * LGD_3months, 0.15 * LGD_other, na.rm = T)
14 current$SCR_CDR["SCR_type2", ] ← list(SCR_type_2, NA, "Calculated")
15 return(current)
16 }

```

Koda 28: Izračun SCR za izpostavljenosti tipa 2 pri tveganju neplačila nasprotne stranke

3.6 Modul tveganja neopredmetenih sredstev (Intangibles)

Kapitalske zahteve za tveganje neopredmetenih sredstev se izračunajo kot (Delegirana uredba, 203. člen):

$$SCR_{\text{Intangibles}} = 0,8 \cdot V_{\text{Intangibles}}, \quad (32)$$

pri čemer $V_{\text{Intangibles}}$ označuje znesek neopredmetenih sredstev, ovrednotenih v skladu s Solventnostjo II, ki ga aplikacija sprejme kot vhodni podatek.

3.7 Operativno tveganje (Op)

Izračun kapitalskih zahtev je določen v 204. členu Delegirane uredbe. Temelji na naslednjih podatkih:

- kosmati prihodki od premije v zadnjih 12 mesecih za obveznosti iz življenjskih zavarovanj ($\text{Earn}_{\text{life}}$),
- kosmati prihodki od premije v zadnjih 12 mesecih za obveznosti iz življenjskih zavarovanj, pri katerih naložbeno tveganje nosijo imetniki police (Earn_{ul}),
- kosmati prihodki od premije v zadnjih 12 mesecih za obveznosti iz neživljenjskih zavarovanj (Earn_{nl}),
- kosmati prihodki od premije v 12 mesecih pred zadnjimi 12 meseci za obveznosti iz življenjskih zavarovanj ($\text{pEarn}_{\text{life}}$),
- kosmati prihodki od premije v 12 mesecih pred zadnjimi 12 meseci za obveznosti iz (po)življenjskih zavarovanj, pri katerih naložbeno tveganje nosijo imetniki police (pEarn_{ul}),
- kosmati prihodki od premije v 12 mesecih pred zadnjimi 12 meseci za obveznosti iz neživljenjskih zavarovanj (pEarn_{nl}),
- kosmate zavarovalno-tehnične rezervacije za obveznosti iz življenjskih zavarovanj (TP_{life}),
- kosmate zavarovalno-tehnične rezervacije za obveznosti iz življenjskih zavarovanj, pri katerih naložbeno tveganje nosijo imetniki police (TP_{ul}),

- kosmate zavarovalno-tehnične rezervacije za obveznosti iz neživljenjskih zavarovanj (TP_{nl}),
- stroški v zadnjih 12 mesecih v povezavi s pogodbi življenjskega zavarovanja, pri katerih naložbeno tveganje nosijo imetniki polic (Exp_{ul}).

Aplikacija podatke o $Earn_{life}$, $Earn_{ul}$ in $Earn_{nl}$ dobi iz podatkov o premijah po zavarovalnih vrstah, podatke o $pEarn_{life}$, $pEarn_{ul}$, $pEarn_{nl}$ in Exp_{ul} je potrebno podati kot vhodni podatek, podatke o TP_{life} , TP_{ul} in TP_{nl} pa dobi iz podatkov o najboljši oceni zavarovalno-tehničnih rezervacij po zavarovalnih vrstah. Izračun v aplikaciji sledi izračunu, ki je predpisan v 204. členu Delegirane uredbe (Koda 29).

```

1 Operational ← function (current, parameters){
2   Basic_SCR ← current$BSCR
3   Exp_ul ← current$SCR_op["Exp_ul", ]
4   if (notProvided(current$SCR_op["Earn_life", ])){
5     Earn_life ← sum(current$Premiums_S2["LoB_L", "earned_gross_total"], na.rm = T)
6     current$SCR_op["Earn_life", ] ← list(Earn_life, "Calculated")
7   }
8   if (notProvided(current$SCR_op["Earn_nl", ])){
9     Earn_nl ← sum(current$Premiums_S2["LoB_NL", "earned_gross_total"], na.rm = T)
10    current$SCR_op["Earn_nl", ] ← list(Earn_nl, "Calculated")
11  }
12  if (notProvided(current$SCR_op["Earn_ul", ])){
13    Earn_ul ← sum(current$Premiums_S2[get_lobs("UL"), "earned_gross_total"], na.rm
14    = T)
15    current$SCR_op["Earn_ul", ] ← list(Earn_ul, "Calculated")
16  }
17  if (notProvided(current$SCR_op["TP_life", ])){
18    TP_life ← sum(current$BE_S2["LoB_L", "gross_totalBE_total"], na.rm = T)
19    current$SCR_op["TP_life", ] ← list(TP_life, "Calculated")
20  }
21  if (notProvided(current$SCR_op["TP_nl", ])){
22    TP_nl ← sum(current$BE_S2["LoB_NL", "gross_totalBE_total"], na.rm = T)
23    current$SCR_op["TP_nl", ] ← list(TP_nl, "Calculated")
24  }
25  if (notProvided(current$SCR_op["TP_ul", ])){
26    TP_ul ← sum(current$BE_S2[get_lobs("UL"), "gross_totalBE_total"], na.rm = T)
27    current$SCR_op["TP_ul", ] ← list(TP_ul, "Calculated")
28  }
29  TP_life ← set_0(current$SCR_op["TP_life", "Gross"])
30  TP_ul ← set_0(current$SCR_op["TP_ul", "Gross"])
31  TP_nl ← set_0(current$SCR_op["TP_nl", "Gross"])
32  Earn_life ← set_0(current$SCR_op["Earn_life", "Gross"])
33  Earn_ul ← set_0(current$SCR_op["Earn_ul", "Gross"])
34  Earn_nl ← set_0(current$SCR_op["Earn_nl", "Gross"])
35  pEarn_life ← set_0(current$SCR_op["pEarn_life", "Gross"])
36  pEarn_ul ← set_0(current$SCR_op["pEarn_ul", "Gross"])
37  pEarn_nl ← set_0(current$SCR_op["pEarn_nl", "Gross"])
38
39  Op_provisions ← 0.0045 * max(0, TP_life - TP_ul) + 0.03 * max(0, TP_nl)
40  Op_premiums ← 0.04 * (Earn_life - Earn_ul) + 0.03 * Earn_nl + 0.04 * max(0,
41    Earn_life - Earn_ul - 1.2 * (pEarn_life - pEarn_ul)) + 0.03 * max(0, Earn_nl
42    - 1.2 * pEarn_nl)
43  Op ← max(Op_premiums, Op_provisions)
44  SCR_Op ← sum(min(0.3 * Basic_SCR["SCR", "Gross"], Op, na.rm = T), 0.25 *
45    Exp_ul[1, 1], na.rm = T)
46  current$SCR_op[c("Op_provisions", "Op_premiums", "Op"), ] ←
47    list(c(Op_provisions, Op_premiums, Op), rep("Calculated", 3))
48  current$SCR_op["SCR", ] ← list(SCR_Op, "Calculated")
49  return(current)
50 }

```

Koda 29: Izračun SCR za operativno tveganje

Funkcija `set_0` manjkajoče vrednosti (NA) zamenja z 0.

3.8 Prilagoditev zaradi absorpcijske zmožnosti zavarovalno-tehničnih rezervacij in odloženih davkov (Adj)

Prilagoditev zaradi absorpcijske zmožnosti zavarovalno-tehničnih rezervacij in odloženih davkov se izračuna kot (Delegirana uredba, 205. člen):

$$Adj = Adj_{TP} + Adj_{DT}, \quad (33)$$

kjer so:

- Adj_{TP} prilagoditve zaradi absorpcijske zmožnosti najboljše ocene rezervacij,
- Adj_{DT} prilagoditve zaradi absorpcijske zmožnosti odloženih davkov.

Prilagoditev zaradi absorpcijske zmožnosti najboljše ocene rezervacij je enaka (Delegirana uredba, 206. člen):

$$Adj_{TP} = -\max(\min(BSCR - nBSCR; FDB), 0), \quad (34)$$

kjer FDB označuje prihodnja diskrecijska upravičenja, vključena v zavarovalno-tehnične rezervacije.

Prilagoditev zaradi absorpcijske zmožnosti odloženih davkov pa se izračuna kot (Delegirana uredba, 207. člen):

$$Adj_{DT} = -tax \cdot (BSCR + Adj_{TP} + SCR_{Op}), \quad (35)$$

kjer je tax davčna stopnja, ki je za Slovenijo enaka 17 %.

Aplikacija kot vhodne podatke sprejme davčno stopnjo, vrednost prihodnjih diskrecijskih upravičenj, BSCR in nBSCR pa pridobi iz izračuna. Iz teh podatkov izračuna prilagoditve po predpisanih formulah (Koda 30).

```

1 Adjustments ← function (current, parameters){
2   if(notProvided(current$Adj["Adj_TP", "Additional information"])){
3     current ← Adjustment_TP(current, parameters)
4   }
5   if(notProvided(current$Adj["Adj_DT", "Additional information"])){
6     current ← Adjustment_DT(current, parameters)
7   }
8   Adj ← sum(current$Adj["Adj_TP", "Value"], current$Adj["Adj_DT", "Value"], na.rm
9     = T)
10  current$Adj["Adj_TP_DT", ] ← list(Adj, "Calculated")
11  return(current)
12 }
13 Adjustment_TP ← function (current, parameters){
14   Basic_SCR ← current$BSCR
15   FDB ← current$Adj["FDB", "Value"]
16   Adj_TP ← - max(min(subtract(Basic_SCR["SCR", "Gross"], Basic_SCR["SCR", "Net"]),
17     FDB, na.rm = T), 0)
18   current$Adj["Adj_TP", ] ← list(Adj_TP, "Calculated")
19   return(current)
20 }
21 Adjustment_DT ← function (current, parameters){
22   Adj_DT ← - current$Basic_info["value", "tax_rate"] * sum(current$BSCR["SCR",
    "Gross"], current$Adj["Adj_TP", "Value"], current$SCR_op["SCR", "Gross"],
    na.rm = TRUE)

```



```
23 | current$Adj["Adj_DT", ] ← list(Adj_DT, "Calculated")
24 | return(current)
25 | }
```

Koda 30: Izračun prilagoditev zaradi absorpcijske zmožnosti zavarovalno-tehničnih rezervacij in odloženih davkov

4 Zaključek

Izdelana aplikacija omogoča izračun zahtevanega solventnostnega kapitala za zavarovalnice in pozavarovalnice. Vsebuje uporabniški vmesnik, ki omogoča uporabo tudi tistim, ki ne poznajo programskega jezika R. Aplikacija bo manjšim zavarovalnicam olajšala izvedbo izračuna zahtevanega solventnostnega kapitala po standardni formuli, saj podpira izračun za vsa glavna tveganja. Nekateri deli standardne formule v aplikaciji sicer niso pokriti, vendar so za manjše zavarovalnice manj pomembni oz. nepomembni.

Pomemben del aplikacije je preverjanje pravilnosti izračuna, ki omogoča preprostejšo nadgradnjo z vidika ohranjanja pravilnosti. Aplikacija omogoča veliko možnosti za nadgradnjo. Izračun se lahko nadgradi z manjkajočimi deli, med katere spadajo:

- izračun geografske diverzifikacije pri tveganju premije in rezervacije neživljenjskih zavarovanj,
- natančnejši izračun podmodula tveganja katastrof zdravstvenih zavarovanj,
- natančnejši izračun valutnega tveganja,
- izračun tveganja naravnih katastrof po območjih,
- tveganje razpona pri pozicijah v listninjenju in kreditnih izvedenih finančnih instrumentih.

Sama se bom v nadaljnjem razvoju aplikacije osredotočila na:

- izračun ocene zahtevanega solventnostnega kapitala na manj podrobnih podatkih, ki bo uporaben za izračun projekcij zahtevanega kapitala,
- testiranje občutljivosti standardne formule,
- izračun SCR za skupine,
- izračun minimalnega zahtevanega kapitala,
- razširitev aplikacije za potrebe lastne ocene tveganj in solventnosti (Own Risk and Solvency Assessment, ORSA).

Literatura

- [1] *Direktiva 2009/138/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 25. novembra 2009 o začetku opravljanja in opravljanju dejavnosti zavarovanja in pozavarovanja (Solventnost II) (prenovitev)*, Uradni list Evropske unije, št. L 335/1, 2009.
- [2] *Direktiva 2014/51/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. aprila 2014 o spremembi direktiv 2003/71/ES in 2009/138/ES ter uredb (ES) št. 1060/2009, (EU) št. 1094/2014 in (EU) št. 1095/2015 glede pristojnosti Evropskega nadzornega organa (Evropski organ za zavarovanja in poklicne pokojnine) ter Evropskega nadzornega organa (Evropski nadzorni organ za vrednostne papirje in trge)*, Uradni list Evropske unije, št. L 153/1, 2014.
- [3] *Delegirana uredba Komisije (EU) 2015/35 z dne 10. oktobra 2014 o dopolnitvi Direktive 2009/138/ES Evropskega parlamenta in Sveta o začetku opravljanja dejavnosti zavarovanja in pozavarovanja (Solventnost II)*, Uradni list Evropske unije, št. L 12/1, 2015.
- [4] *R*, [ogled 2.8.2015], dostopno na <https://www.r-project.org/>.
- [5] *Microsoft Excel*, [ogled 2.8.2015], dostopno na <https://products.office.com/en-us/excel>.
- [6] *XLConnect*, [ogled 2.8.2015], dostopno na <https://cran.r-project.org/web/packages/XLConnect/XLConnect.pdf>.