

University of West Bohemia
Faculty of Applied Sciences
Department of Informatics and Computer Science

Diploma Thesis

**Application for calculating quantitative indicators
for PRIIPs**

Západočeská univerzita
Fakulta aplikovaných věd
Katedra informatiky a výpočetní techniky

Diplomová práce

**Aplikace pro výpočet kvantitativních ukazatelů
pro PRIIPs**

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že diplomová práce je moje originální práce a že jsem používal pouze citované zdroje.

Plzeň

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Janu Pospíšilovi, Ph.D. za jeho přístup a užitečné informace a hlavně za celkový čas, který mi věnoval při vedení této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval společnosti Ernst & Young, spol. s r. o., za poskytnutá data a informace k této diplomové práci.

Tato diplomová práce vznikla za podpory projektu Grantové agentury ČR č. GA18-16680S *Rough models frakcionální stochastické volatility*.

Výpočetní zdroje byly poskytnuty z projektů CERIT Scientific Cloud (LM2015085) a CESNET (LM2015042) financovaných z programu MŠMT Projekty velkých infrastruktur pro VaVaI.

V neposlední řadě bych také moc rád poděkoval rodičům za jejich neustálou podporu při mém studiu.

Abstrakt

Hlavním cílem této diplomové práce je vytvoření aplikace pro výpočet kvantitativních ukazatelů potřebných pro tzv. „Sdělení klíčových informací“ dle PRIIPs regulace. Práce se zaměřuje na podrobný přehled všech použitých vzorců a dále na algoritmizaci metodiky potřebné pro výpočet kvantitativních ukazatelů. Dále je v této práci zpracována vlastní implementace oceňovacích formulí pro produkty IR cap/floor/swap. Následně je naimplementován výpočet potřebný pro získání kvantitativních ukazatelů a je vytvořen příslušný klíčový informační dokument k vybranému produktu dané kategorie. V neposlední řadě je práce zaměřena na úpravu platné metodiky a srovnání výsledků upravené metodiky s metodikou dle PRIIPs regulace pro vybrané produkty.

Klíčová slova

směrnice MiFID II, nařízení PRIIPs, sdělení klíčových informací, kvantitativní ukazatele, finanční deriváty

Abstract

The main goal of this diploma thesis is to create an application for the calculation of quantitative indicators needed for the so-called „Key Information Document“ according to PRIIPs regulation. The thesis focuses on a detailed overview of all used formulas and on the algorithmization of the methodology needed for the calculation of quantitative indicators. Furthermore, the thesis also implements its own implementation of valuation formulas for the product IR cap/floor/swap. Subsequently, the calculation needed to obtain quantitative indicators is implemented and the relevant key information document is created for the selected product of that category. Finally, the thesis focuses on the modification of the valid methodology and comparison of the results of the modified methodology with the methodology according to PRIIPs regulation for selected products.

Keywords

directive MiFID II, regulation PRIIPs, key information document, quantitative indicators, financial derivatives

Obsah

1	Úvod	2
2	Směrnice PRIIPs	4
2.1	Kategorie PRIIPs	8
2.1.1	Určení kategorie PRIIPs	8
3	Metodika výpočtu kvantitativních ukazatelů	10
3.1	Základní pojmy z teorie ppsti a matematické statistiky	10
3.1.1	Rizikové ukazatele	10
3.1.2	Výkonnostní scénáře	15
3.2	Metodika prezentace rizik	17
3.2.1	Určení míry tržního rizika	17
3.2.2	Určení míry úvěrového rizika	25
3.2.3	Určení souhrnného ukazatele rizik	29
3.3	Scénáře výkonnosti	31
3.3.1	Stanovení doby držení	31
3.3.2	Stanovení částek a metodiky výpočtu	32
3.3.3	Standardní scénáře výkonnosti	32
3.3.4	Stresový scénář výkonnosti	36
4	Vlastní výpočet pro vybrané finanční deriváty	41
4.1	OTC deriváty	41
4.1.1	Interest Rate Cap/Floor	45
4.1.2	Interest Rate Swap	47
4.1.3	KID kategorie 1	49
4.2	Investiční certifikáty	59
4.2.1	KID kategorie 2	59
4.2.2	KID kategorie 3	63
4.3	Numerické nepřesnosti vzorců dle metodiky PRIIPs	68
4.3.1	Rizikové ukazatele	68
4.3.2	Výkonnostní scénáře	68
4.4	Detaily implementace a zhodnocení dosažených výsledků	69
5	Závěr	71

Seznam použitých zkratk

CQS	Credit quality step Stupeň úvěrové kvality
CRM	Credit Risk Measure Míra úvěrového rizika
DCC	Day count convention Konvence pro počet dnů
ECAI	External Credit Assessment Institutions Externí instituce pro ohodnocení míry úvěrového rizika
IRC	Interest rate cap Úrokový strop
IRF	Interest rate floor Úrokové dno
IRS	Interest rate swap Úrokový swap
KID	Key Information Document Sdělení klíčových informací
MiFID II	Markets in Financial Instruments Directive II Směrnice MiFID II
MRM	Market Risk Measure Míra tržního rizika
OTC	Over the counter Mimoburzovní trhy
PCA	Principal Component Analysis Analýza hlavních komponent
PRIIPs	Packaged Retail and Insurance-based Investment Products Strukturované retailové investiční produkty a pojistné produkty s investiční složkou
PV	Present value Současná hodnota
RHP	Recommended holding period Doporučená doba držení
SRI	Summary Risk Indicator Souhrnný ukazatel rizika
VaR	Value at Risk Hodnota v riziku
VEV	VaR-equivalent volatility Ekvivalentní volatilita VaR

1 Úvod

Cílem této práce je seznámení se se směrnicí MiFID II (Markets in Financial Instruments Directive II) [1] a s nařízením PRIIPs (Packaged Retail and Insurance-based Investment Products) [2] a jeho popisem společně s metodikou výpočtu rizikových ukazatelů a vývojových scénářů, včetně všech předpokladů. Dále popsat matematické vzorce vyskytující se v metodice PRIIPs, popsat motivaci a předpoklady jejich použití a základní vlastnosti. Hlavním cílem je poté vytvoření aplikace pro výpočet kvantitativních ukazatelů potřebných pro tzv. „Sdělení klíčových informací“ dle PRIIPs regulace a dále také návrh úprav v platné metodice pro výpočet kvantitativních ukazatelů a srovnání s metodikou dle PRIIPs regulace pro vybrané produkty s investiční složkou.

V podnikatelské sféře se člověk musí rozhodovat po celou dobu, kdy je nejistý. Pochopení této nejistoty pomáhá k učinění lepšího rozhodnutí. Můžeme uvažovat o dvou formách nejistoty, které lze řešit v analýze rizik. První je obecný pocit, že kvantita kterou se snažíme odhadnout má určitou nejistotu. Druhou formou jsou potom rizikové události, které jsou náhodné a buďto se mohou nebo nemusí vyskytnout. Tyto události jsou pro nás určitým smyslem zajímavé. Rozlišujeme dva typy událostí. Jednou z nich je riziko, což je náhodná událost, která může nastat a má negativní dopad na cíle organizace. Druhou událostí je příležitost, což je také náhodná událost, která může nastat a má pozitivní dopad na cíle organizace. Obě tyto události se skládají ze tří prvků a to scénáře, pravděpodobnost výskytu a velikost dopadu. Analýza rizik je hlavním, základním a nezbytným krokem pro zvládnání jakýchkoliv rizik ve společnosti. Jelikož cíle rozhodovatele jsou již dobře definovány potom identifikace rizik je prvním krokem v kompletní analýze rizik. Existuje řada technik, které pomáhají formalizovat identifikaci rizik. Tato část analýzy rizik se často ukáže jako nejinformativnější a nejkonstruktivnější prvek celého procesu a měla by být prováděna s velkou opatrností. Organizace, které se účastní analýzy rizik by měly usilovat o vytvoření otevřeného a bezvadného prostředí ve kterém mohou být otevřeně vyjádřeny obavy a pochybnosti. Největší překážkou při identifikaci rizik je obvykle nedostatek dat a informací [3].

Diplomová práce je rozdělena na několik hlavních kapitol. V kapitole 2 se seznámíme s PRIIPs směrnici a dále bude popsáno nařízení PRIIPs společně s klíčovým informačním dokumentem KID (Key Information Document). Také zde budou představeny všechny kategorie PRIIPs a jejich metodika pro určení. V kapitole 3 se budeme zabývat metodikou výpočtu kvantitativních ukazatelů. Algoritmickým způsobem bude zde popsána metodika výpočtu jak rizikových ukazatelů tak vývojových scénářů a to pro jednotlivé PRIIPs kategorie. Ve 4 kapitole se budeme zabývat vlastním výpočtem pro vybrané finanční deriváty. Všechny produkty, které zde budou zmíněny budou naprogramovány v jazyce `Python` a bude pro ně vygenerován příslušný klíčový informační dokument. Dále zde budou popsány detaily implementace pro jednotlivé PRIIPs kategorie a budou shrnuty všechny dosažené výsledky. Na závěr v kapitole 5 budou zhodnoceny cíle diplomové práce včetně popisu možných úprav a doporučení pro budoucí studování tohoto tématu.

2 Směrnice PRIIPs

MiFID II (Markets in Financial Instruments Directive II) je směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/65/EU ze dne 15. května 2014 o trzích finančních nástrojů a o změně směrnic 2002/92/ES a 2011/61/EU [1]. Jedná se o novelu směrnice MiFID I, která vstoupila v platnost dne 1. 11. 2007. MiFID II je regulační reforma pro finanční trhy v Evropské unii, která vstoupila v platnost dne 3. 1. 2018. Jedná se o směrnici jejímž cílem je, aby evropské trhy byly transparentnější, efektivnější a bezpečnější pro uživatele. Vztahuje se na každý trh a na každého účastníka, včetně bank, burzovních a obchodních míst, správců fondů, makléřů, penzijních fondů, retailových investorů i všech zprostředkovatelů, kteří spojují kupce a prodávajícího. Pokrývá několik trhů včetně komodit, měn, derivátů, akcií, dluhopisů, produktů obchodovaných na burze a měnových kurzů. Jedním z hlavních cílů směrnice MiFID II je zprůhlednit trhy zpřístupněním cen před uskutečněním a po uskutečnění obchodů a dále ukázat, jak se tyto ceny srovnávají s ostatními trhy. Cílem je zajistit, aby zákazníci získali nejlepší cenu za finanční nástroje s nimiž obchodují. To také znamená, že makléři, směnárny a v některých případech zákazníci jenž usilují o finanční nástroje budou povinni poskytnout regulačním orgánům více údajů.

PRIIPs (Packaged Retail and Insurance-based Investment Products), nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1286/2014 ze dne 26. listopadu 2014 o sdělení klíčových informací týkajících se strukturovaných retailových investičních produktů a pojistných produktů s investiční složkou platné od 3. 1. 2018 [2]. Zavazuje tvůrce nebo prodejce investičních produktů k tomu, aby retailovým investorům poskytovali stručný (max. třístránkový) dokument shrnující klíčové informace o těchto produktech, tzv. „sdělení klíčových informací“. Cílem nařízení je zlepšit transparentnost a vzájemnou srovnatelnost investičních produktů pro retailové investory. Nařízení PRIIPs má mnoho podobností se směrnicí MiFID II. Velký rozdíl spočívá v tom, že PRIIPs jsou určeny speciálně pro retailové investory (tj. pro zákazníky klasifikované jako neprofesionální podle směrnice MiFID II). Navíc se nařízení týká pouze takzvaných PRIIP produktů. PRIIP je definován jako investice, kdy částka splatná retailovému investorovi podléhá výkyvům z důvodu vystavení referenčním hodnotám nebo výkonu jedné nebo více aktiv, které retailový investor přímo nekupuje. Lze sem

zahrnout například:

- a) Strukturované produkty, certifikáty,
- b) Deriváty (opce, úrokový strop, úrokové dno, úrokový swap),
- c) Retailové alternativní investiční fondy,
- d) Investiční produkty založené na pojištění.

KID (Key Information Document) je tří stránkový dokument, který musí být poskytnut v místním jazyce investora a zveřejněn na internetových stránkách společnosti před tím, než bude produkt nabídnut retailovým investorům. Každý distributor nebo finanční zprostředkovatel, který prodává nebo poskytuje radu o PRIIPs retailovému investorovi nebo obdrží zakoupení objednávky na PRIIP od retailového investora musí poskytnout investorovi KID [4]. Hlavním cílem KIDu je zajistit retailovým investorům:

- a) Lepší publikaci,
- b) Srozumitelnější obsah,
- c) Usnadnění výběru mezi produkty.

Při požadování KIDu existují tři hlavní aspekty:

- a) **Obsah** - investiční cíle a politika, profil rizika/odměny, náklady a související poplatky, výkonnost v minulosti, praktické informace,
- b) **Formát** - standardní a harmonizované uspořádání, prostá řeč,
- c) **Šíření** - včasné publikování KIDu regulačním a neregulačním příjemcům.

Na obrázku 1 a 2 můžeme vidět šablonu KIDu. Tvůrci PRIIPs dodržují pořadí oddílů a názvy stanovené v šabloně. Výsledný dokument poté podléhá celkovému omezení na tři strany papíru velikosti A4 (příloha I v [5]).

SDĚLENÍ KLÍČOVÝCH INFORMACÍ

Účel

Tento dokument Vám poskytne klíčové informace o tomto investičním produktu. Nejde o propagační materiál. Poskytnutí těchto informací vyžaduje zákon, aby Vám pomohly porozumět podstatě, rizikům, nákladům, možným výnosům a ztrátám spojeným s tímto produktem a porovnat jej s jinými produkty.

Produkt

[Název produktu][Jméno tvůrce produktu s investiční složkou][případně: ISIN nebo UPI]
[internetové stránky tvůrce produktu s investiční složkou] Pro další informace volejte [telefonní číslo] [Příslušný orgán tvůrce produktu s investiční složkou v souvislosti se sdělením klíčových informací][datum vypracování sdělení klíčových informací]

[Upozornění (dle potřeby) Produkt, o jehož koupi uvažujete, je složitý a může být obtížně srozumitelný.]

O jaký produkt se jedná?

Typ

Cíle

Zamýšlený retailový investor

[Pojistná plnění a náklady na pojištění]

Jaká podstupuji rizika a jakého výnosu bych mohl dosáhnout?

Ukazatel rizik

Popis profilu rizik a výnosů
Souhrnný ukazatel rizik
Šablona souhrnného ukazatele rizik (SRI) a slovní vysvětlení stanovené v příloze III týkající se mj. maximální možné ztráty: Mohu ztratit veškerý investovaný kapitál? Nesu riziko vzniku dalších finančních závazků nebo povinností? Existuje ochrana kapitálu proti tržnímu riziku?

Scénáře

výkonnosti

Šablony a slovní vysvětlení scénářů výkonnosti stanovené v příloze V, které případně zahrnují informace o podmínkách návratnosti pro retailové investory nebo stanovené hranice výkonnosti a prohlášení o tom, že daňové předpisy domovského členského státu retailového investora mohou ovlivnit skutečnou výši vyplácené částky

Obrázek 1: Šablona sdělení klíčových informací část 1 (příloha I v [5]).

Co se stane, když [tvůrce produktu s investiční složkou] není schopen uskutečnit výplatu?

Informace o tom, zda existuje systém záruk, jméno ručitele nebo provozovatele systému odškodnění pro investory včetně rizik krytých a těch nekrytých

S jakými náklady je investice spojena?

Náklady v čase Šablona a slovní vysvětlení podle přílohy VII

Skladba nákladů Šablona a slovní vysvětlení podle přílohy VII
Slovní vysvětlení ohledně informací bude zahrnuto do jiných distribučních nákladů

Jak dlouho bych měl investici držet? Mohu si peníze vybrat předčasně?

Doporučená [požadovaná minimální] doba držení: [x]

Informace o tom, zda lze investici zrušit před její splatností, podmínky zrušení a případné použitelné poplatky a pokuty. Informace o důsledcích vyinkasování před uplynutím stanovené doby investice nebo před koncem doporučené doby držení

Jakým způsobem mohu podat stížnost?

Jiné relevantní informace

Obrázek 2: Šablona sdělení klíčových informací část 2 (příloha I v [5]).

2.1 Kategorie PRIIPs

PRIIPs se dělí do čtyř kategorií (příloha II, body 3 až 7, část 1 v [5]) a to podle dostupnosti historických dat a závislosti jejich hodnoty na podkladových investicích/faktorech ovlivňujících jejich hodnotu. Metodika výpočtu rizikovosti a scénářů výkonnosti se pak pro jednotlivé kategorie liší.

2.1.1 Určení kategorie PRIIPs

- 1) Je PRIIP derivát a/nebo může investor ztratit více než investoval (pro produkty uvedené v příloze I, body 4 až 10, oddíl C v [1])?
 - a) ANO \Rightarrow PRIIP je **kategorie 1**.
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 2.

- 2) Je PRIIP částečně závislý na faktorech, které nejsou na trhu pozorovány nebo je do jisté míry pod kontrolou výrobce?
 - a) ANO \Rightarrow PRIIP je **kategorie 4**.
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 3.

- 3) Nabízí PRIIP nepodmíněnou kapitálovou záruku?
 - a) ANO \Rightarrow PRIIP je **kategorie 3**.
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 4.

- 4) Splňuje PRIIP minimální požadavky (tj. denní ceny: 2 roky, týdenní ceny: 4 roky, dvouměsíční ceny (každé dva týdny): 5 let, měsíční ceny: 5 let)?
 - a) ANO \Rightarrow Je PRIIP lineární (tj. vyvíjí se hodnota PRIIPu jako konstantní násobek cen základních investic)?
 - a) ANO \Rightarrow PRIIP je **kategorie 2**.
 - b) NE \Rightarrow PRIIP je **kategorie 3**.
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 5.

- 5) Jsou k dispozici reprezentativní měřítka nebo proxy, čímž PRIIP splňuje minimální požadavky?

- a) ANO \Rightarrow Dostupné údaje o cenách budou spojeny s údaji jež jsou k dispozici, čímž PRIIP splňuje minimální požadavky na údaje. Přejít zpět na otázku 4a pro určení kategorie daného PRIIPu.
- b) NE \Rightarrow PRIIP je **kategorie 1**.

3 Metodika výpočtu kvantitativních ukazatelů

V této kapitole se budeme zabývat metodikou výpočtu kvantitativních ukazatelů. Bude zde popsána metodika výpočtu jak rizikových ukazatelů tak výkonnostních scénářů a to pro jednotlivé PRIIPs kategorie.

3.1 Základní pojmy z teorie ppsti a matematické statistiky

3.1.1 Rizikové ukazatele

Hodnota v riziku (VaR - Value at Risk) je měřítkem rizika ztráty z investic. Odhaduje, jak moc lze z investic ztratit (s danou pravděpodobností) za normálních tržních podmínek ve stanoveném časovém období jako je den. VaR je obvykle používáno firmami a regulačními orgány ve finančním odvětví, aby změřilo objem aktiv potřebných k pokrytí případných ztrát [3]. Matematicky lze hodnotu VaR definovat následujícím způsobem.

Definice 1. *Nechť $X, Y = -X$ jsou náhodné veličiny, F je kumulativní distribuční funkce dané náhodné veličiny a $\alpha \in (0, 1)$ je hladina významnosti potom $\text{VaR}_\alpha(X)$ je $(1 - \alpha)$ -kvantil náhodné veličiny Y definovaný následujícím vzorcem:*

$$\text{VaR}_\alpha(X) = -\inf \{x \in \mathbb{R} : F_X(x) > \alpha\} = F_Y^{-1}(1 - \alpha). \quad (1)$$

Ekvivalentní volatilita VaR (VEV - VaR Equivalent Volatility) je odvozena z hodnoty VaR. Prvním krokem je tak vždy výpočet hodnoty VaR pro daný finanční nástroj. Zde regulátoři zvolili hladinu významnosti 97,5 %. Pravděpodobnost ztráty přesahující tuto částku je potom 2,5 % (příloha II, bod 1, část 1 v [5]). Výchozím bodem pro stanovení hodnoty VaR je výpočet logaritmických historických pozorovaných výnosů. Lze poté odhadnout například průměr, rozptyl, šikmost a špičatost podkladového rozdělení pomocí daných výnosů. Výnosy r_i jsou vypočítány dle přirozeného logaritmu ceny na konci současného období p_i vydělené cenou na konci předchozího období p_{i-1} (příloha II, bod 11, část 1 v [5]) a tedy:

$$r_i = \ln \left(\frac{p_i}{p_{i-1}} \right). \quad (2)$$

Pro odhad kvantilů metodika PRIIPs stanovuje použití Cornish-Fisherovy expanze (příloha II, bod 12, část 1 v [5]). Před definováním Cornish-Fisherovy expanze zavědeme následující pojmy z matematické statistiky [6].

Definice 2. *Nechť X je náhodná veličina, k je přirozené číslo a $E[X]$ značí střední hodnotu náhodné veličiny X potom k -tý obecný moment náhodné veličiny X je definován vzorcem:*

$$\mu'_k = E[X^k], \quad k \in \mathbb{N}. \quad (3)$$

První obecný moment se tedy nazývá střední hodnota a označuje se symbolem μ .

Definice 3. *Nechť X je náhodná veličina nabývající hodnot x_i , k je přirozené číslo a n je počet pozorování náhodné veličiny X potom k -tý výběrový obecný moment náhodné veličiny X je definován vzorcem:*

$$m'_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^k, \quad k \in \mathbb{N}. \quad (4)$$

První výběrový obecný moment se nazývá výběrový průměr a označuje se symbolem \bar{x} .

Definice 4. *Nechť X je náhodná veličina, μ je střední hodnota náhodné veličiny X a k je přirozené číslo potom k -tý centrální moment náhodné veličiny X je definován vzorcem:*

$$\mu_k = E[(X - \mu)^k], \quad k \in \mathbb{N}. \quad (5)$$

První centrální moment je vždy roven 0. Druhý centrální moment se nazývá rozptyl a označuje se symbolem σ^2 nebo $\text{var}(X)$. Třetí a čtvrtý centrální moment jsou součástí definice šikmosti a špičatosti.

Definice 5. *Nechť X je náhodná veličina nabývající hodnot x_i , k je přirozené číslo, n je počet pozorování náhodné veličiny X a \bar{x} je výběrový průměr náhodné veličiny X potom k -tý výběrový centrální moment náhodné veličiny X je definován vzorcem:*

$$m_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^k, \quad k \in \mathbb{N}. \quad (6)$$

Dále definujeme momentovou vytvořující funkci náhodné proměnné X , která vyjadřuje alternativní popis rozdělení pravděpodobnosti.

Definice 6. *Nechť X je náhodná proměnná potom momentovou vytvořující funkci definujeme jako:*

$$M_X(t) = E[e^{tX}], \quad t \in \mathbb{R}. \quad (7)$$

Momentovou vytvořující funkci lze tak popsat jako střední hodnotu náhodné proměnné e^{tX} . Poznamenejme, že hodnota $M_X(0)$ vždy existuje a rovná se 1. Hlavní význam momentové vytvořující funkce je poté v tom, že pokud ji známe, snadno s její pomocí vypočítáme (resp. pomocí jejich derivací) k-té momenty. Rozvinutí řady e^{tX} je následující [7]:

$$e^{tX} = 1 + tX + \frac{t^2 X^2}{2!} + \frac{t^3 X^3}{3!} + \dots + \frac{t^k X^k}{k!} + \dots \quad (8)$$

Odtud

$$\begin{aligned} M_X(t) &= \mathbb{E} [e^{tX}] = 1 + t\mathbb{E} [X] + \frac{t^2 \mathbb{E} [X^2]}{2!} + \frac{t^3 \mathbb{E} [X^3]}{3!} + \dots + \frac{t^k \mathbb{E} [X^k]}{k!} + \dots \\ &= 1 + t\mu'_1 + \frac{t^2 \mu'_2}{2!} + \frac{t^3 \mu'_3}{3!} + \dots + \frac{t^k \mu'_k}{k!} + \dots, \end{aligned} \quad (9)$$

kde μ'_k je k-tý obecný moment náhodné veličiny X . Poznamenejme, že následným derivováním $M_X(t)$ k-krát podle t a položením $t = 0$ dostaneme k-tý obecný moment odpovídající tvaru (3).

Co se týče Cornish-Fisherovy expanze jedná se o asymptotickou expanzi používanou k aproximaci kvantilů rozdělení pravděpodobnosti pomocí kumulantů. Kumulanty daného rozdělení pravděpodobnosti jsou hodnoty, které poskytují alternativu k momentům daného rozdělení.

Definice 7. *Nechť X je náhodná veličina a $M_X(t)$ je momentová vytvořující funkce náhodné veličiny X potom kumulativní vytvořující funkce je definována vzorcem:*

$$K_X(t) = \ln(M_X(t)) = \ln(\mathbb{E}[e^{tX}]), \quad t \in \mathbb{R}. \quad (10)$$

Kumulanty κ_n jsou poté získány z kumulativní vytvořující funkce, resp. z jejího rozvoje do **Maclaurinovy** řady a tedy:

$$K_X(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \kappa_n \frac{t^n}{n!} = \mu t + \sigma^2 \frac{t^2}{2} + \gamma_1 \frac{t^3}{6} + \gamma_2 \frac{t^4}{24} + \dots \quad (11)$$

V této práci se omezíme pouze na první čtyři kumulanty a tedy vzorec (11) poukazuje pouze na tyto první čtyři kumulanty. Kumulanty jsou definovány tak, že platí:

$$\exp\left(\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\kappa_n t^n}{n!}\right) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\mathbb{E}(X^n) t^n}{n!}, \quad (12)$$

kde κ_n jsou příslušné kumulanty. Poznamenejme, že je-li $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ potom $K_X(t) = \mu t + \frac{1}{2}\sigma^2 t^2$ a tedy $\kappa_1 = \mu$, $\kappa_2 = \sigma^2$ a $\kappa_3 = \kappa_4 = 0$.

Je-li X náhodná veličina s průměrem μ , rozptylem σ^2 a kumulanty κ_n potom hodnotu y_p lze odhadnout jako [8]:

$$y_p \approx \mu + \sigma w, \quad (13)$$

kde

$$\begin{aligned} w = x &+ [\gamma_1 h_1(x)] \\ &+ [\gamma_2 h_2(x) + \gamma_1^2 h_{11}(x)] \\ &+ [\gamma_3 h_3(x) + \gamma_1 \gamma_2 h_{12}(x) + \gamma_1^3 h_{111}(x)] \\ &+ \dots, \end{aligned} \quad (14)$$

kde $x = \phi^{-1}(p)$,

$$\gamma_{n-2} = \frac{\kappa_n}{\kappa_2^{n/2}}; \quad n \in \{3, 4, \dots\},$$

$$h_1(x) = \frac{He_2(x)}{6},$$

$$h_2(x) = \frac{He_3(x)}{24},$$

$$h_{11}(x) = -\frac{[2He_3(x) + He_1(x)]}{36},$$

$$h_3(x) = \frac{He_4(x)}{120},$$

$$h_{12}(x) = -\frac{[He_4(x) + He_2(x)]}{24} \text{ a}$$

$$h_{111}(x) = \frac{[12He_4(x) + 19He_2(x)]}{324}.$$

$He_n(x)$ je n -tý pravděpodobnostní hermitovský polynom, $\phi^{-1}(p)$ je kvantil normálního rozdělení $N(0, 1)$ a hodnoty γ_1 a γ_2 představují šikmost a špičatost [9].

Pomocí prvních čtyř kulantů je poté Cornish-Fisherova expanze definována jako:

$$z_\alpha + \frac{z_\alpha^2 - 1}{6} \kappa_3 + \frac{z_\alpha^3 - 3z_\alpha}{24} \kappa_4 - \frac{2z_\alpha^3 - 5z_\alpha}{36} \kappa_3^2, \quad (15)$$

kde z_α je kvantil normálního rozdělení $N(0, 1)$ a κ_3 , κ_4 jsou příslušné kumulanty. Cornish-Fisherova expanze potom poskytuje uzavřený vzorec pro získání percen-

tilů pro nenormální distribuce s danými čtyřmi momenty: průměr, rozptyl, šikmost a špičatost. Tyto hodnoty jsou získány následujícími vztahy (příloha II, bod 12, část 1 v [5]):

- Nulový moment M_0 (počet pozorovaných výnosů podle přílohy II, bodu 10, části 1 v [5])
- První výběrový obecný moment M_1 (výběrový průměr pozorovaných výnosů za doporučenou dobu držení):

$$M_1 = \frac{1}{M_0} \sum_{i=1}^{M_0} r_i = \bar{x} \quad (16)$$

- Druhý výběrový centrální moment M_2 (průměr čtverce každého výnosu sníženého o M_1):

$$M_2 = \frac{1}{M_0} \sum_{i=1}^{M_0} (r_i - M_1)^2 = \sigma^2 \quad (17)$$

Směrodatná odchylka (volatilita): $\sigma = \sqrt{M_2}$

- Třetí výběrový centrální moment M_3 (průměr krychle každého výnosu sníženého o M_1):

$$M_3 = \frac{1}{M_0} \sum_{i=1}^{M_0} (r_i - M_1)^3 \quad (18)$$

Šikmost: $\mu_1 = M_3/\sigma^3$

- Čtvrtý výběrový centrální moment M_4 (průměr čtvrté síly každého výnosu sníženého o M_1):

$$M_4 = \frac{1}{M_0} \sum_{i=1}^{M_0} (r_i - M_1)^4 \quad (19)$$

Špičatost: $\mu_2 = M_4/\sigma^4 - 3$

Hodnota VaR v oblasti výnosu ($\text{VaR}_{\text{Oblast Výnosu}}$ [5], dále jen VaR_{OV}) na hladině významnosti 97,5 % je poté dána Cornish-Fisherovou expanzí a tedy:

$$\text{VaR}_{\text{OV}} = \sigma\sqrt{N} \left(z_\alpha + a \cdot \frac{\mu_1}{\sqrt{N}} + b \cdot \frac{\mu_2}{N} - c \cdot \frac{\mu_1^2}{N} \right) - 0,5\sigma^2 N, \quad (20)$$

kde

z_α je kvantil normálního rozdělení $N(0, 1)$ s hladinou významnosti $\alpha = 2,5 \%$,

$$a = \frac{z_\alpha^2 - 1}{6}, \quad b = \frac{z_\alpha^3 - 3z_\alpha}{24}, \quad c = \frac{2z_\alpha^3 - 5z_\alpha}{36}, \quad (21)$$

N je počet obchodních dnů v doporučené době držení a za sebou σ , μ_1 a μ_2 jsou směrodatná odchylka, šikmost a špičatost získané za využití vzorců (16), (17), (18) a (19). V metodice (příloha II, bod 12, část 1 v [5]) je však uveden nepřesný vzorec zaokrouhlující hodnoty kvantilů normálního rozdělení. Vzorec v metodice má tak podobu:

$$\text{VaR}_{\text{OV}} = \sigma\sqrt{N} \left(-1,96 + 0,474 \cdot \frac{\mu_1}{\sqrt{N}} - 0,0687 \cdot \frac{\mu_2}{N} + 0,146 \cdot \frac{\mu_1^2}{N} \right) - 0,5\sigma^2 N. \quad (22)$$

Dále je třeba zmínit, že se používá také hodnota VaR v oblasti ceny ($\text{VaR}_{\text{Oblast Ceny}}$ [5], dále jen VaR_{OC}). Tato hodnota bude podrobněji popsána v kapitole 3.2. Hodnota VEV je poté vždy odvozena z hodnoty VaR a tedy:

$$\text{VEV} = \left(\sqrt{z_\alpha^2 - 2 \cdot \text{VaR}_{\text{OV}}} - z_\alpha \right) / \sqrt{T}, \quad (23)$$

$$\text{VEV} = \left(\sqrt{z_\alpha^2 - 2 \cdot \ln(\text{VaR}_{\text{OC}})} - z_\alpha \right) / \sqrt{T}, \quad (24)$$

kde

z_α je kvantil normálního rozdělení $N(0, 1)$ s hladinou významnosti $\alpha = 2,5 \%$ a T je délka doporučené doby držení v letech. Metodika (příloha II, bod 13 a 17, část 1 v [5]) opět uvádí pouze zaokrouhlené hodnoty. Vztahy (23) a (24) jsou dle metodiky prezentovány jako:

$$\text{VEV} = \left(\sqrt{3,842 - 2 \cdot \text{VaR}_{\text{OV}}} - 1,96 \right) / \sqrt{T}, \quad (25)$$

$$\text{VEV} = \left(\sqrt{3,842 - 2 \cdot \ln(\text{VaR}_{\text{OC}})} - 1,96 \right) / \sqrt{T}, \quad (26)$$

Metodiky pro výpočet rizikových ukazatelů pro jednotlivé kategorie bude podrobněji popsána v kapitole 3.2.

3.1.2 Výkonnostní scénáře

Kromě hodnot pro určení rizikových ukazatelů budou využity následující formule pro určení výkonnostních scénářů. Formule pro scénáře výkonnosti jsou opět založené na Cornish-Fisherově expanzi (viz (15)). Nechť N je počet obchodních dnů v doporučené době držení, M_1 , σ , μ_1 , μ_2 jsou výrazy definované za využití vzorců (16), (17), (18), (19), ${}^w\sigma_S$ je stresová volatilita (podrobněji kapitola 3.3.4), z_α je kvantil normálního rozdělení $N(0, 1)$ s odpovídající hladinou významnosti α pro daný

scénář výkonnosti (podrobněji kapitola 3.3) a hodnoty a , b , c jsou výrazy dle (21). Potom lze definovat následující scénáře výkonnosti:

a) Nepříznivý scénář:

$$\exp \left[M_1 N + \sigma \sqrt{N} \left(z_\alpha + a \cdot \mu_1 / \sqrt{N} + b \cdot \mu_2 / N - c \cdot \mu_1^2 / N \right) - 0,5 \sigma^2 N \right], \quad (27)$$

b) Umírněný scénář:

$$\exp \left[M_1 N - \sigma \mu_1 / 6 - 0,5 \sigma^2 N \right] \quad (28)$$

c) Příznivý scénář:

$$\exp \left[M_1 N + \sigma \sqrt{N} \left(z_\alpha + a \cdot \mu_1 / \sqrt{N} + b \cdot \mu_2 / N - c \cdot \mu_1^2 / N \right) - 0,5 \sigma^2 N \right], \quad (29)$$

d) Stresový scénář:

$$\exp \left[{}^w \sigma_S \sqrt{N} \left(z_\alpha + a \cdot \frac{\mu_1}{\sqrt{N}} + b \cdot \frac{\mu_2}{N} - c \cdot \frac{\mu_1^2}{N} \right) - 0,5 {}^w \sigma_S^2 N \right] \quad (30)$$

Metodika PRIIPs (příloha IV, bod 9 a 11 v [5]) poskytuje nepřesné vzorce pro příznivý a nepříznivý scénář výkonnosti a tedy dle metodiky se mají tyto hodnoty počítat pouze jako:

a) Nepříznivý scénář:

$$\exp \left[M_1 N + \sigma \sqrt{N} \left(-1,28 + 0,107 \cdot \mu_1 / \sqrt{N} + 0,0724 \cdot \mu_2 / N - 0,0611 \cdot \mu_1^2 / N \right) - 0,5 \sigma^2 N \right] \quad (31)$$

b) Příznivý scénář:

$$\exp \left[M_1 N + \sigma \sqrt{N} \left(1,28 + 0,107 \cdot \mu_1 / \sqrt{N} - 0,0724 \cdot \mu_2 / N + 0,0611 \cdot \mu_1^2 / N \right) - 0,5 \sigma^2 N \right] \quad (32)$$

Co se týče metodiky výkonnostních scénářů u jednotlivých kategorií bude tato metodika popsána stručněji v kapitole 3.3.

3.2 Metodika prezentace rizik

V této sekci bude podrobněji rozebrána metodika pro určení rizikových ukazatelů u jednotlivých PRIIPs kategorií. Pro stanovení rizikovosti produktu je zapotřebí stanovit tři rizika:

- 1) Míra tržního rizika (MRM - Market Risk Measure)
- 2) Míra úvěrového rizika (CRM - Credit Risk Measure)
- 3) Souhrnný ukazatel rizika (SRI - Summary Risk Indicator)

3.2.1 Určení míry tržního rizika

- Tržní riziko je obvykle vyjádřeno jako roční volatilita, která odpovídá výši hodnoty v riziku (VaR) na hladině významnosti 97,5 % po doporučenou dobu držení. VaR je procentní podíl investované částky, který je vrácen retailovému investorovi (příloha II, bod 1, část 1 v [5]).
- PRIIPu se přidělí třída MRM podle následující tabulky:

Tabulka 1: Třída MRM na základě hodnoty VEV (příloha II, bod 2, část 1 v [5]).

Třída MRM	Ekvivalentní volatilita VaR (VEV)
1	< 0,5 %
2	0,5 % - 5,0 %
3	5 % - 12,0 %
4	12 % - 20,0 %
5	20 % - 30,0 %
6	30 % - 80,0 %
7	> 80%

- Zařazení produktu do jedné ze čtyř kategorií (příloha II, body 4 až 7, část 1 v [5]) podle kapitoly 2.1.1.

MRM kategorie 1

Určení třídy MRM pro produkt kategorie 1 (příloha II, bod 8, část 1 v [5]). Dle kapitoly 2.1.1 existují pouze dvě možnosti aby byl PRIIP zařazen do této kategorie:

- 1) Pokud je PRIIP derivát a/nebo může investor ztratit více než investoval
 \Rightarrow v tomto případě se jedná o MRM **třídu 7**.
- 2) Pokud PRIIP nesplňuje minimální požadavky, přičemž nejsou k dispozici žádné reprezentativní měřítka nebo proxy \Rightarrow v tomto případě se jedná o MRM **třídu 6**.

MRM kategorie 2

Určení třídy MRM pro produkt kategorie 2 (příloha II, body 9 až 15, část 1 v [5]). U této kategorie může být produkt zařazen do všech sedmi tříd a to na základě hodnoty VEV. Pro výpočet této hodnoty se postupuje následujícím způsobem:

- 1) Jsou dostupné pětileté denní/týdenní/dvouměsíční/měsíční historické ceny PRIIPu?
 - a) ANO \Rightarrow Bude použita úplná sada dat. Přejít na **Krok 1**.
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 2.
 - 2) Jsou dostupné minimální požadavky (tj. denní ceny: 2 roky, týdenní ceny: 4 roky, dvouměsíční ceny (každé dva týdny): 5 let, měsíční ceny: 5 let)?
 - a) ANO \Rightarrow Bude použito to, co je k dispozici s minimem (tj. 2 let pro denní ceny, 4 let pro týdenní ceny, 5 let pro dvouměsíční ceny, 5 let pro měsíční ceny). Ve výpočtu budou zahrnuty veškeré údaje přesahující minimálně do 5 let. Přejít na **Krok 1**.
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 3.
 - 3) Jsou dostupná reprezentativní měřítka nebo proxy k tomu aby PRIIP splňoval minimální požadavky na údaje?
 - a) ANO \Rightarrow Dostupné údaje o cenách budou spojeny s údaji reprezentativního měřítka aby byly splněny minimální požadavky na údaje. Přejít na **Krok 1**.
 - b) NE \Rightarrow PRIIP je **kategorie 1**, MRM je **třída 6**.
- **Krok 1:** Výpočet hodnoty VaR_{OV} použitím Cornish-Fisherovy expanze. Pro tento krok je zapotřebí vypočítat historické pozorované výnosy PRIIPu.

Výnosy r_i jsou vypočítány dle vzorce (2). Dále pro výpočet hodnoty VaR_{OV} jsou vypočítány statistické hodnoty jako je průměr, směrodatná odchylka, šikmost a špičatost pozorovaných výnosů. Tyto hodnoty jsou vypočteny dle vztahů (16), (17), (18) a (19).

- **Krok 2:** Aplikace Cornish-Fisherovy expanze (15), využití vzorce (22) a přechod na otázku 4.
 - 4) Je PRIIP řízen podle investičních politik a/nebo strategií podle přílohy II, bodu 14, části 1 v [5]?
 - a) ANO \Rightarrow Přechod na otázku 5.
 - b) NE \Rightarrow Přechod na **Krok 3**.
 - 5) Byla provedena revize politiky v rámci období během kterého se používají údaje o cenách?
 - a) ANO \Rightarrow Určení hodnoty VEV vybráním maxima ze dvou možností a přechod na otázku 6:
 - * Hodnota VEV výnosů *pro-forma* souboru aktiv, která je v souladu s referenčním umístěním aktiv fondu v době výpočtu.
 - * Hodnota VEV, která je v souladu s případným omezením rizik fondu.
 - b) NE \Rightarrow Určení hodnoty VEV vybráním maxima ze tří možností a přechod na otázku 6:
 - * Hodnota VEV vypočtená dle **Kroku 3**.
 - * Hodnota VEV výnosů *pro-forma* souboru aktiv, která je v souladu s referenčním umístěním aktiv fondu v době výpočtu.
 - * Hodnota VEV, která je v souladu s případným omezením rizik fondu.
- **Krok 3:** Výpočet hodnoty VEV aplikováním vzorce (25) a přechod na otázku 6.
 - 6) Je výpočet založen na měsíčních cenových údajích?
 - a) ANO \Rightarrow Třída MRM je určena na základě tabulky 1 a zvýšena o jednu další třídu.

b) NE \Rightarrow Třída MRM je určena na základě tabulky 1.

MRM kategorie 3

Určení třídy MRM pro produkt kategorie 3 (příloha II, body 16 až 24, část 1 v [5]).

U této kategorie může být produkt zařazen do všech sedmi tříd a to na základě hodnoty VEV. Pro výpočet této hodnoty se postupuje následujícím způsobem:

- 1) Nabízí PRIIP nepodmíněnou kapitálovou záruku?
 - a) ANO \Rightarrow Lze předpokládat, že VaR na hladině významnosti 97,5 % (bez ohledu zda PRIIP splňuje minimální požadavky) je hodnota záruky v doporučené době držení diskontovaná k současnému datu pomocí očekávaného bezrizikového diskontního faktoru (příloha II, bod 24, část 1 v [5]). Není-li využito tohoto předpokladu, přechod na otázku 2.
 - b) NE \Rightarrow Přechod na otázku 2.
- 2) Jsou dostupné pětileté denní/týdenní/dvouměsíční/měsíční historické ceny PRIIPu?
 - a) ANO \Rightarrow Bude použita úplná sada dat. Přechod na otázku 5.
 - b) NE \Rightarrow Přechod na otázku 3.
- 3) Jsou dostupné minimální požadavky (tj. denní ceny: 2 roky, týdenní ceny: 4 roky, dvouměsíční ceny (každé dva týdny): 5 let, měsíční ceny: 5 let)?
 - a) ANO \Rightarrow Bude použito to, co je k dispozici s minimem: (tj. 2 let pro denní ceny, 4 let pro týdenní ceny, 5 let pro dvouměsíční ceny, 5 let pro měsíční ceny). Ve výpočtu budou zahrnuty veškeré údaje přesahující minimálně do 5 let. Přechod na otázku 5.
 - b) NE \Rightarrow Přechod na otázku 4.
- 4) Jsou dostupná reprezentativní měřítka nebo proxy k tomu aby PRIIP splňoval minimální požadavky na údaje?
 - a) ANO \Rightarrow Dostupné údaje o cenách budou spojeny s údaji reprezentativního měřítka aby byly splněny minimální požadavky na údaje. Přechod na otázku 5.

b) NE \Rightarrow PRIIP je **kategorie 1**, MRM je **třída 6**.

5) Závísí splatnost produktu přímo na křivkách?

a) ANO \Rightarrow Budou provedeny následující dva body:

- * Bude provedena analýza hlavních komponent (PCA - Principal Component Analysis) aby bylo zajištěno, že simulace budou mít za následek konzistentní křivku. PCA bude provedena podle přílohy II, bodu 23a, části 1 v [5].
- * Po provedení PCA bude simulován každý tenorový bod každé podkladové křivky od současnosti až do konce doporučené doby držení a to nejméně 10 000 krát. Simulace křivky budou provedeny podle přílohy II, bodu 23b, části 1 v [5]. Přejít na **Krok 1**.

b) NE \Rightarrow Přejít na **Krok 1**.

- **Krok 1: Výpočet hodnoty VaR pomocí simulace.**

Simulace ceny nebo cen, které určují hodnotu PRIIPu na konci doporučené doby držení. Simulace je založena na **bootstrapu** (metoda postupného výpočtu) očekávané distribuce cen nebo cenových hladin podkladových smluv PRIIPu z pozorované distribuce pro tyto smlouvy s náhradou (příloha II, bod 20, část 1 v [5]). Principem metody bootstrap je, že z náhodného výběru (tj. logaritmicko-normální výnosy r_i) je vybráno N výnosů, kdy každý výnos může být vybrán více než jednou. Výběr počtu výnosů je závislý na dané době držení (N).

- **Krok 2:** Budou použity historické ceny p_i pomocí kterých bude vypočten výnos r_i za každé pozorované období dle vzorce (2).
- **Krok 3:** Pro každou simulaci spotové ceny (nebo úrovně), výrobce pro každé simulované období v doporučené době držení (N) náhodně vybere jedno pozorované období, které určuje výnos pro všechny podkladové smlouvy (stejně období v téže simulaci lze použít více než jednou, viz příloha II, bod 22b, část 1 v [5]).
- **Krok 4:** Pro každou smlouvu budou dále provedeny následující kroky:

- a) Výpočet výnosu pro každou smlouvu sečtením výnosů z vybraných simulovaných období v doporučené době držení (N):

$$R_a = \sum_{i=1}^N r_i. \quad (33)$$

- b) Výpočet bezrizikového výnosu během doporučené doby držení:

$$R_b = \frac{r_f}{m} N, \quad (34)$$

kde za sebou r_f , m a N jsou bezriziková roční úroková sazba, počet obchodních dnů v roce a doporučená doba držení.

- c) Výpočet průměrného výnosu za sledované období vynásobený hodnotou N (tato hodnota opravuje dopad střední hodnoty pozorovaných výnosů):

$$R_c = M_1 \cdot N = E [V_{\text{ynos}_{\text{mereny}}}] . \quad (35)$$

- d) Sečtení bezrizikového výnosu R_b a výnosu R_a , aby bylo zajištěno, že očekávaný výnos vyjádřený ze simulované distribuce výnosů je rizikově neutrálním očekáváním výnosu za doporučenou dobu držení. Následně bude odečten průměrný výnos R_c :

$$R_a + R_b - R_c = E [V_{\text{ynos}_{\text{rizikove neutralni}}}] - E [V_{\text{ynos}_{\text{mereny}}}] . \quad (36)$$

- e) Odečtení hodnoty $0,5\sigma^2 N$, kde σ je standardní odchylka pozorovaných historických výnosů (tato hodnota opravuje dopad rozptylu pozorovaných výnosů).

- f) Je podklad denominován ve stejné měně jako produkt?

* ANO \Rightarrow Přejít na **Krok 5**.

* NE \Rightarrow Odečtení hodnoty $\rho\sigma\sigma_{ccy}N$ opravující dopad *Quanto*, kde ρ je korelace mezi cenou aktiva a příslušným směnným kurzem měřená za doporučenou dobu držení,

σ je měřená volatilita aktiva,

σ_{ccy} je měřená volatilita směnného kurzu a

N je délka doporučené doby držení ve dnech. Přejít na **Krok 5**.

Výsledná hodnota opraveného výnosu R_a dle výše uvedených bodů je poté ve tvaru:

$$R_a^{adj} = E[\text{Vynos}_{\text{rizikove neutralni}}] - E[\text{Vynos}_{\text{mereny}}] - 0,5\sigma^2 N - \rho\sigma\sigma_{ccy}N. \quad (37)$$

- **Krok 5:** Výpočet hodnoty podkladového aktiva v doporučené době držení pomocí exponenciálního opraveného výnosu R_a^{adj} .

a) Je-li počet simulací $< 10\,000 \Rightarrow$ Zpět na **Krok 3** (příloha II, bod 19, část 1 v [5]).

b) Je-li počet simulací $= 10\,000 \Rightarrow$ Přejít na **Krok 6**.

- **Krok 6:** Budou provedeny následující dva kroky:

a) Pro každou sadu simulovaných křivek a spotových cen bude vypočtena hodnota produktu. Následně budou seřazeny výsledky všech 10 000 hodnot.

b) Bude určena hodnota VaR_{OC} ze seřazených hodnot na 97,5% intervalu nebo na 2,5% percentilu distribuce hodnot PRIIPu a diskontována k současnému datu pomocí očekávaného bezrizikového diskontního faktoru (příloha II, bod 16, část 1 v [5]).

- **Krok 7: Výpočet hodnoty VEV a určení třídy MRM.**

Jelikož při simulacích je získána hodnota VaR v oblasti ceny, potom je hodnota VEV vypočtena dle vzorce (26). Je-li produkt umořen nebo zrušen před koncem doporučené doby držení podle simulace, použije se při výpočtu doba do umoření nebo zrušení v letech (příloha II, bod 17, část 1 v [5]). Přejít na otázku 6.

6) Je výpočet založen na měsíčních cenových údajích?

a) ANO \Rightarrow Třída MRM je určena na základě tabulky 1 a zvýšena o jednu další třídu.

b) NE \Rightarrow Třída MRM je určena na základě tabulky 1.

MRM kategorie 4

Určení třídy MRM pro produkt kategorie 4 (příloha II, body 25 až 29, část 1 v [5]).

U této kategorie může být produkt zařazen do všech sedmi tříd a to na základě hodnoty VEV. Pro výpočet této hodnoty se postupuje následujícím způsobem:

1) Nabízí PRIIP bezpodmínečnou ochranu kapitálu?

a) ANO \Rightarrow Použije se přístup popsany v bodě 29, přílohy II, části 1 v [5]. Postup výpočtu je stejný jako u **MRM kategorie 3**. Výpočet hodnoty VaR pro zbývající část PRIIPu, která není charakterizována bezpodmínečnou ochranou kapitálu nebo pokud PRIIP nebude použit jako celek bude postupováno dle bodu 1b.

b) NE \Rightarrow Identifikace různých komponent PRIIPu, které přispívají k jeho výkonu. Jsou rozlišovány dva druhy těchto komponent:

- * Komponenty, které nejsou zcela nebo zčásti závislé na faktorech, které nejsou na trhu pozorovány
- * Komponenty, které jsou zcela nebo zčásti závislé na faktorech, které nejsou na trhu pozorovány

Pozorované faktory: Pro komponenty, které jsou závislé na faktorech, které jsou pozorovány na trhu budou aplikovány příslušné metody v závislosti do které kategorie komponenty spadají (příloha II, bod 26, část 1 v [5]).

Nepozorované faktory: Pro komponenty, které jsou závislé na faktorech, které nejsou pozorovány na trhu se řídíme spolehlivými a všeobecně uznávanými průmyslovými a regulačními normami pro určování příslušných očekávání, pokud jde o budoucí příspěvek těchto faktorů a nejistotu, která může ohledně tohoto příspěvku existovat (příloha II, bod 27, část 1 v [5]).

Pro každou komponentu se vypočítá hodnota VEV. VEV každé komponenty produktu bude vážena proporciálně, aby se získala celková hodnota VEV. Při vážení komponent se zohlední vlastnosti produktu, případně budou zváženy algoritmy produktu, které snižují tržní riziko jakož i zvláštnosti komponenty s podílem na zisku (příloha II, bod 28, část 1 v [5]).

3.2.2 Určení míry úvěrového rizika

V této kapitole bude probrána metodika pro stanovení míry úvěrového rizika (příloha II, body 30 až 51, část 2 v [5]).

Kdy a jak by mělo být posouzeno úvěrové riziko

- 1) Je míra tržního rizika PRIIPu 7?
 - a) ANO \Rightarrow Žádné posouzení úvěrového rizika pro PRIIP (příloha II, bod 30, část 2 v [5]).
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 2.

- 2) Je výnos PRIIPu nebo výnos jeho podkladových investic či expozic závislý na úvěruschopnosti dlužníků?
 - a) ANO \Rightarrow Přejít na otázku 3.
 - b) NE \Rightarrow Žádné posouzení úvěrového rizika pro PRIIP (příloha II, bod 30, část 2 v [5]).

- 3) Vyhodnocení následujících dvou otázek:
 - 3a) Existuje subjekt, který se přímo zavazuje platit výnos investorovi (příloha II, bod 31, část 2 v [5])?
 - 3b) Zahrnuje PRIIP nebo je vystaven podkladům nebo technikám, které představují úvěrové riziko (příloha II, bod 33, část 2 v [5]) a je tato expozice relevantní (jsou-li splněna následující kritéria)?
 - * Je výše expozice vyšší než 10 % celkových aktiv nebo hodnoty PRIIPu (příloha II, bod 35, část 2 v [5]).
 - * Nejedná se o derivát obchodovaný na burze ani o zúčtovaný OTC (Over the counter) derivát (příloha II, bod 36, část 2 v [5]).

Možnosti:

- a) **Splněno pouze 3a:** Přímé posouzení \Rightarrow ***Posouzení úvěrového rizika*** PRIIPu nebo dlužníka (příloha II, bod 31, část 2 v [5]).

- b) **Splněno pouze 3b:** Průhledné posouzení \Rightarrow **Posouzení úvěrového rizika** pro každou relevantní podkladovou hodnotu a následné určení váženého průměru stupně úvěrové kvality (CQS - Credit quality step, příloha II, bod 40, část 2 v [5]).
- c) **Splněno 3a i 3b:** Kaskádové posouzení \Rightarrow **Posouzení úvěrového rizika** zvláště pro **dlužníka** a pro každou **relevantní podkladovou hodnotu** a následné určení váženého průměru stupně úvěrové kvality podkladů (příloha II, bod 40, část 2 v [5]). Stupeň úvěrové kvality je potom nejvyšší hodnota z předchozích dvou hodnot (příloha II, bod 41, část 2 v [5]).
- d) **Nesplněno ani 3a ani 3b:** Žádné posouzení úvěrového rizika pro PRIIP.

Posouzení úvěrového rizika

- **Krok 1:** Kontrola, zda se používají faktory pro zmírnění úvěrového rizika.
 - 1) Je relevantní úvěrové riziko vhodně zajištěno nebo zajištěno aktivity na oddělených účtech, které nejsou k dispozici jiným věřitelům podle přílohy II, bodu 46, části 2 v [5]?
 - a) ANO \Rightarrow CRM je **třída 1**.
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 2.
 - 2) Je příslušné úvěrové riziko vhodně zajištěno nebo zajištěno aktivity na účtech nebo registrech na kterých retailový investoři PRIIPu mají přednost před ostatními věřiteli podle přílohy II, bodu 47, části 2 v [5]?
 - a) ANO \Rightarrow CRM je **třída 2**.
 - b) NE \Rightarrow Přejít na **Krok 2**.
- **Krok 2:** Určení příslušného stupně úvěrové kvality CQS.
 - 3) Je PRIIP ohodnocen podle ECAI (Externí instituce pro ohodnocení úvěrů)?
 - a) ANO \Rightarrow Přejít na otázku 5.
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 4.

- 4) Je k dispozici ohodnocení podle ECAI pro daného dlužníka (pokud jsou splátky bezpodmínečně zaručeny jiným subjektem, použije se ohodnocení ručitele, je-li příznivější)?
- a) ANO \Rightarrow Přejchod na otázku 5.
 - b) NE \Rightarrow Přejchod na otázku 6.
- 5) Je k dispozici více ohodnocení podle ECAI?
- a) ANO \Rightarrow Přejchod na **Krok 3**.
 - b) NE \Rightarrow Přejchod na **Krok 4**.
- 6) Je dlužník ohodnocen jako úvěrová instituce nebo pojišťovna podle platných předpisů EU a měl by být členskému státu ve kterém má dlužník bydliště přiřazen stupeň úvěrové kvality 3 nebo nižší (příloha II, bod 43a, část 2 v [5])?
- a) ANO \Rightarrow CQS = 3, přechod na **Krok 5**.
 - b) NE \Rightarrow CQS = 5, přechod na **Krok 5**.
- **Krok 3:** Bude zvolen medián ohodnocení pro předem vybrané ECAI. V případě sudého počtu ohodnocení bude zvolena nižší hodnota ze dvou středních hodnot (příloha II, bod 37, část 2 v [5]). Přejchod na **Krok 4**.
 - **Krok 4:** Bude nastaven odpovídající stupeň úvěrové kvality na základě prováděcího nařízení Komise (EU) 2016/1800 (příloha II, bod 39, část 2 v [5]). Přejchod na **Krok 5**.
 - **Krok 5:** Přidělování ohodnocení odpovídající stupňům úvěrové kvality. Úprava CQS v závislosti na doporučené době držení PRIIPu podle níže uvedené tabulky (příloha II, bod 42, část 2 v [5]) pokud přidělené úvěrové ohodnocení neodráží tuto doporučenou dobu držení. Přejchod na **Krok 6**.

Tabulka 2: Úprava stupně úvěrové kvality CQS (příloha II, bod 42, část 2 v [5]).

Stupeň úvěrové kvality podle přílohy II, bodu 38, části 2 v [5]	CQS v případě, že splatnost PRIIPu nebo jeho doporučená doba držení (nemá-li PRIIP splatnost) je až do 1 roku	CQS v případě, že splatnost PRIIPu nebo jeho doporučená doba držení (nemá-li PRIIP splatnost) je v rozmezí od 1 roku do 12 let	CQS v případě, že splatnost PRIIPu nebo jeho doporučená doba držení (nemá-li PRIIP splatnost) přesahuje 12 let
0	0	0	0
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	3	3
4	3	4	5
5	4	5	6
6	6	6	6

- **Krok 6:** Převedení hodnoty CQS na hodnotu CRM podle níže uvedené tabulky (příloha II, bod 45, část 2 v [5]). Přejít na otázku 7.

Tabulka 3: Určení míry úvěrového rizika CRM (příloha II, bod 45, část 2 v [5]).

Upravený stupeň úvěrové kvality	Míra úvěrového rizika
0	1
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6

- 7) Existuje další relevantní úvěrové riziko pro ohodnocení?
- a) ANO \Rightarrow Bude ohodnoceno další relevantní úvěrové riziko (zpět na začátek části *Posouzení úvěrového rizika*).
 - b) NE \Rightarrow Přejít na část *Zmírňující nebo eskalující faktory*.

Zmírňující nebo eskalující faktory

- 1) Zaznamenává PRIIP nebo podkladová investice zmírňující faktor podle přílohy II, bodu 49, části 2 v [5] (priorita nároků)?
 - a) ANO \Rightarrow Snížení CRM o 1 a přechod na otázku 3.
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 2.
- 2) Zaznamenává PRIIP nebo podkladová investice eskalující faktor podle přílohy II, bodu 50, části 2 v [5] (podřízení nároků)?
 - a) ANO \Rightarrow Zvýšení CRM o 2 a přechod na otázku 3.
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 3.
- 3) Zaznamenává PRIIP nebo podkladová investice eskalující faktor podle přílohy II, bodu 51, části 2 v [5] (je-li PRIIP součástí kapitálu dlužníka PRIIPu)?
 - a) ANO \Rightarrow Zvýšení CRM o 3.
 - b) NE \Rightarrow CRM se nemění.

3.2.3 Určení souhrnného ukazatele rizik

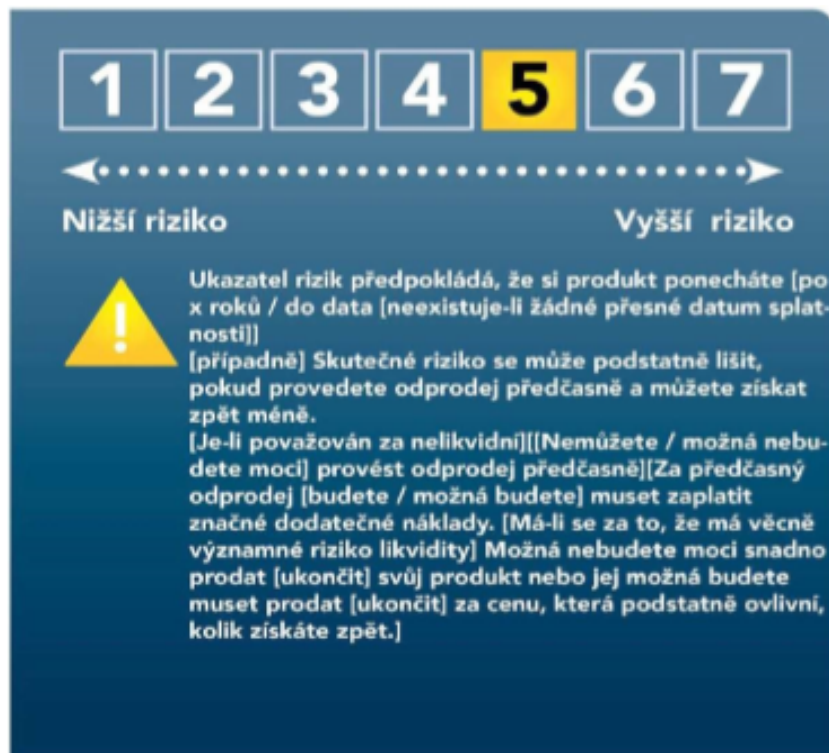
Celkový souhrnný ukazatel rizik SRI je kombinace míry úvěrového rizika CRM a míry tržního rizika MRM (příloha II, body 52 až 55, část 3 v [5]). Postup pro stanovení souhrnného ukazatele rizik je následující:

- **Krok 1:** Výpočet míry tržního rizika dle kapitoly 3.2.1.
- **Krok 2:** Výpočet míry úvěrového rizika dle kapitoly 3.2.2.
- **Krok 3:** Souhrn hodnoty MRM a CRM do SRI podle níže uvedené tabulky (příloha II, bod 52, část 3 v [5]).

Tabulka 4: Určení souhrnného ukazatele rizik SRI (příloha II, bod 52, část 3 v [5]).

Třída CRM / Třída MRM	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7
N/A	1	2	3	4	5	6	7
CR1	1	2	3	4	5	6	7
CR2	1	2	3	4	5	6	7
CR3	3	3	3	4	5	6	7
CR4	5	5	5	5	5	6	7
CR5	5	5	5	5	5	6	7
CR6	6	6	6	6	6	6	7

Pro prezentaci souhrnného ukazatele rizik SRI ve sdělení klíčových informací použijí tvůrci PRIIPu níže uvedený formát. V závislosti na souhrnném ukazateli rizik se pro PRIIP zvýrazní příslušné číslo, jak lze vidět na níže uvedeném formátu.



Obrázek 3: Prezentace souhrnného ukazatele rizik SRI (příloha III, bod 1 v [5]).

3.3 Scénáře výkonnosti

Existují čtyři scénáře výkonnosti, které znázorňují škálu možných výnosů (příloha IV, body 1, 5 až 8 v [5]):

- Příznivý scénář (hodnota PRIIPu ve výši devadesátého percentilu)
- Umírněný scénář (hodnota PRIIPu ve výši padesátého percentilu)
- Nepříznivý scénář (hodnota PRIIPu ve výši desátého percentilu)
- Stresový scénář (hodnota PRIIPu v extrémním percentilu v závislosti na doporučené době držení, podrobněji kapitola 3.3.4)

3.3.1 Stanovení doby držení

Hodnoty scénářů výkonnosti se počítají podobným způsobem jako míra tržního rizika viz kapitola 3.2.1. Hodnoty scénářů se vypočítávají pro doporučenou dobu držení (příloha IV, bod 4 v [5]). Pro stanovení doporučené doby držení se postupuje následujícím způsobem:

- 1) Je požadovaná doba držení 3 roky nebo více (příloha IV, bod 20 v [5])?
 - a) ANO \Rightarrow Hodnoty výkonu musí být zobrazeny ve třech okamžicích:
 - * na konci prvního roku
 - * v polovině doporučené doby držení zaokrouhlené směrem nahoru
 - * na konci doporučené doby držení
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 2.
- 2) Je požadovaná doba držení mezi 1 a 3 roky (příloha IV, bod 19 v [5])?
 - a) ANO \Rightarrow Hodnoty výkonu musí být zobrazeny ve dvou okamžicích:
 - * na konci prvního roku
 - * na konci doporučené doby držení
 - b) NE \Rightarrow Doporučená doba držení je 1 rok nebo méně: Není třeba zobrazovat žádné dílčí doby držení ale pouze hodnoty v doporučené době držení (příloha IV, bod 21 v [5]).

3.3.2 Stanovení částek a metodiky výpočtu

- **Krok 1:** Bude určena částka výpočtu, která se použije pro výkonnostní scénáře: 10 000 EUR pro všechny PRIIP kromě pravidelných pojistných PRIIP nebo 1 000 EUR/rok pro pravidelné pojistné PRIIP nebo částka podobné velikosti, která je beze zbytku dělitelná 1 000 pokud je PRIIP denominován v jiné měně než euro (příloha VI, body 90 a 91, část 2 v [5]). Přejít na **Krok 2**.
- **Krok 2:** Scénáře výkonnosti budou vyjádřeny jak v měnovém tak v procentuálním vyjádření a očištěné od všech příslušných nákladů v souladu s přílohou VI v [5] (příloha IV, body 31 až 33 v [5]).

1) Vyžaduje PRIIP počáteční investici?

a) ANO \Rightarrow Procentní podíl odpovídá průměrnému ročnímu výnosu investice, který se vypočítá za použití čistého výkonu jako čitatele a počáteční investované částky jako jmenovatele (příloha IV, bod 33 v [5]). Přejít na otázku 2.

b) NE \Rightarrow Procentní podíl se vypočítá uvažováním nominální hodnoty smlouvy a navíc se přidá poznámka pod čarou za účelem vysvětlení tohoto výpočtu (příloha IV, bod 33 v [5]). Přejít na otázku 2.

2) Jaká je PRIIP kategorie (určení kategorií PRIIP podle kapitoly 2.1.1)?

a) PRIIP je **kategorie 1:** Přejít na kapitolu 3.3.3 pro **Kategorii 1**.

b) PRIIP je **kategorie 2:** Přejít na kapitolu 3.3.3 pro **Kategorii 2**.

c) PRIIP je **kategorie 3:** Přejít na kapitolu 3.3.3 pro **Kategorii 3**.

d) PRIIP je **kategorie 4:** Přejít na kapitolu 3.3.3 pro **Kategorii 4**.

3.3.3 Standardní scénáře výkonnosti

Mezi standardní scénáře výkonnosti patří příznivý scénář výkonnosti, kdy hodnota PRIIPu je ve výši 90. percentilu, umírněný scénář výkonnosti, kdy hodnota PRIIPu je ve výši 50. percentilu a nepříznivý scénář výkonnosti, kdy hodnota PRIIPu je ve výši 10. percentilu (příloha IV, body 5 až 7 v [5]).

Kategorie 1

Pro určení scénářů výkonnosti kategorie 1 se postupuje následujícím způsobem:

- 1) Je PRIIP derivát obchodovaný na regulovaném trhu nebo na rovnocenném trhu třetí země?
 - a) ANO \Rightarrow Přejít na otázku 2.
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 3.

- 2) Je PRIIP opce nebo future?
 - a) ANO \Rightarrow Lze použít graf výplat s vodorovnou osou ukazující různé možné ceny podkladové hodnoty a se svislou osou znázorňující zisk nebo ztrátu při různých možných cenách podkladové hodnoty (příloha IV, bod 17 v [5]).
 - b) NE \Rightarrow Přejít na otázku 3.

- 3) Je PRIIP produkt kategorie 1 z důvodu nedostatečných údajů pro výpočet výkonu a neexistují žádné relevantní dostupné reprezentativní měřítka nebo proxy (příloha II, bod 4c, část 1 v [5])?
 - a) ANO \Rightarrow Pro tyto PRIIPs bude stanoven přiměřený a konzervativní nejlepší odhad hodnot výkonnosti (příloha IV, bod 18 v [5]).
 - b) NE \Rightarrow Pro tyto PRIIPs kategorie 1 (jako jsou OTC deriváty nebo PRIIPs, kde lze ztratit více než investovaný kapitál): Přejít na část ***Kategorie 3*** (příloha IV, bod 16 v [5]).

Kategorie 2

Pro určení scénářů výkonnosti kategorie 2 pro příslušnou dobu držení je nutné znát následující hodnoty. Veškeré hodnoty jsou již známy z výpočtu MRM (viz kapitola 3.2.1, část ***MRM kategorie 2***). Standardní scénáře výkonnosti jsou pro doporučenou dobu držení a pro dílčí doby držení vypočteny pomocí vzorců (28), (31) a (32). **Při výpočtech se mění pouze N, což je rozdílné v doporučeném období držení ve srovnání s dílčím obdobím držení** (příloha IV, bod 22 v [5]).

- N je počet obchodních dnů, týdnů nebo měsíců v doporučené době držení (např. pokud je doporučená doba držení 5 let a jsou k dispozici denní údaje o cenách potom $N = 5 \cdot 252 = 1260$)
- \exp je exponenciální funkce
- M_1 je průměr ze všech pozorovaných výnosů v historickém období
- σ je standardní směrodatná odchylka nebo volatilita rozdělení
- μ_1 je šikmost rozdělení
- μ_2 je špičatost rozdělení

Kategorie 3

Výpočet scénářů výkonnosti kategorie 3 závisí na stejných simulovaných datech jako výpočet míry tržního rizika kategorie 3 (viz kapitola 3.2.1, část ***MRM kategorie 3***). Pro určení scénářů výkonnosti kategorie 3 se postupuje následujícím způsobem:

1) Závísí splatnost produktu přímo na křivkách?

a) ANO \Rightarrow Budou provedeny následující dva body:

- 1) Bude provedena PCA aby bylo zajištěno, že simulace budou mít za následek konzistentní křivku. PCA bude provedena podle přílohy II, bodu 23a, části 1 v [5].
- 2) Po provedení PCA bude simulován každý tenorový bod každé podkladové křivky od současnosti až do konce doporučené doby držení a to nejméně 10 000 krát. Simulace křivky budou provedeny podle přílohy II, bodu 23b, části 1 v [5]. Přejít na **Krok 1**.

b) NE \Rightarrow Přejít na **Krok 1**.

- **Krok 1:** Simulace ceny nebo cen, které určují hodnotu PRIIPu na konci doporučené doby držení. Simulace je založena na **bootstrapu** očekávané distribuce cen nebo cenových hladin podkladových smluv PRIIPu z pozorované distribuce pro tyto smlouvy s náhradou.

- **Krok 2:** Budou použity historické ceny p_i pomocí kterých bude vypočten výnos r_i za každé pozorované období dle vzorce (2).
- **Krok 3:** Pro každou simulaci spotové ceny (nebo úrovně), výrobce pro každé simulované období v doporučené době držení (N) náhodně vybere jedno pozorované období, které určuje výnos pro všechny podkladové smlouvy (stejně období v téže simulaci lze použít více než jednou).
- **Krok 4:** Pro každou smlouvu budou dále provedeny následující kroky:
 - a) Výpočet výnosu pro každou smlouvu sečtením výnosů z vybraných simulovaných období v doporučené době držení (N) dle vzorce (33).
 - b) Odečtení hodnoty $0,5\sigma^2N$, kde σ je standardní odchylka pozorovaných historických výnosů (tato hodnota opravuje dopad rozptylu pozorovaných výnosů).
 - c) Je podklad denominován ve stejné měně jako produkt?
 - * ANO \Rightarrow Přejít na **Krok 5**.
 - * NE \Rightarrow Odečtení hodnoty $\rho\sigma\sigma_{ccy}N$ opravující dopad *Quanto*, kde ρ je korelace mezi cenou aktiva a příslušným směnným kurzem měřená za doporučenou dobu držení, σ je měřená volatilita aktiva, σ_{ccy} je měřená volatilita směnného kurzu a N je délka doporučené doby držení ve dnech. Přejít na **Krok 5**.

Výsledná hodnota opraveného výnosu R_a dle výše uvedených bodů je poté ve tvaru:

$$R_a^{adj} = \sum_{i=1}^N r_i - 0,5\sigma^2N - \rho\sigma\sigma_{ccy}N \quad (38)$$

- **Krok 5:** Výpočet hodnoty podkladového aktiva v doporučené době držení pomocí exponenciálního opraveného výnosu R_a^{adj} .
 - a) Je-li počet simulací $< 10\,000 \Rightarrow$ Zpět na **Krok 3**.
 - b) Je-li počet simulací $= 10\,000 \Rightarrow$ Přejít na **Krok 6**.

- **Krok 6:** Pro každý scénář výkonnosti bude vybrán příslušný percentil podle kapitoly 3.3.3. Přejít na otázku 2.

2) Je PRIIP investičním produktem založeným na pojištění?

- a) ANO \Rightarrow Je vyžadován dodatečný scénář (příloha IV, bod 3 v [5]), který je založen na umírněném scénáři. Tento scénář zahrnuje pojistnou událost a při jeho výpočtu je třeba vzít v úvahu bod 34, přílohy IV v [5]. Přejít na 2b.
- b) NE \Rightarrow Výpočet výnosů pro stresový scénář (viz kapitola 3.3.4, část **Kategorie 3**).

Kategorie 4

Pro tuto kategorii bude použita metoda podle přílohy II, bodu 27, části 1 v [5] pro ty faktory, které nelze sledovat na trhu společně s metodou pro PRIIPs kategorie 3. Příslušné metody pro PRIIPs kategorie 2 nebo 3 se použijí pro příslušné složky PRIIPu, pokud PRIIP kombinuje různé složky. Scénáře výkonnosti jsou potom vážené průměry příslušných složek. Ve výpočtech výkonnosti se zohlední vlastnosti produktu a kapitálové záruky (příloha IV, bod 15 v [5]).

3.3.4 Stresový scénář výkonnosti

Stresový scénář výkonnosti stanovuje závažné nepříznivé dopady produktu, které nebyly pokryty v nepříznivém scénáři.

Kategorie 1

Metodika výpočtu hodnoty stresového scénáře pro kategorii 1 je stejná jako u kategorie 3 (příloha IV, bod 16 v [5]).

Kategorie 2

Pro PRIIPs kategorie 2 se výpočet stresového scénáře skládá z následujících kroků (příloha IV, bod 10 v [5]):

- **Krok 1:** Určení dílčího intervalu o délce w , který odpovídá těmto intervalům:

Tabulka 5: Určení dílčího intervalu o délce w (příloha IV, bod 10a v [5]).

Údaje	1 rok	> 1 rok
Denní ceny	21	63
Týdenní ceny	8	16
Měsíční ceny	6	12

- **Krok 2:** Pro každý dílčí interval o délce w určení historických logaritmicko-normálních výnosů r_t , kde $t = t_0, t_1, t_2, \dots, t_H$, kde H je počet všech logaritmicko-normálních výnosů.
- **Krok 3:** Určení volatility podle následujícího vzorce začínajícího od $t_i = t_0$ s postupným dosazováním až do $t_i = t_{H-w}$, tj. $(H - w + 1)$ volatilit:

$${}^w\sigma_S = \sqrt{\frac{\sum_{t_i}^{t_i+w} (r_{t_i} - {}_{t_i}^{t_i+w}M_1)^2}{M_W}}, \quad (39)$$

kde M_W je počet pozorování v dílčím intervalu a ${}_{t_i}^{t_i+w}M_1$ je průměr všech historických logaritmicko-normálních výnosů v odpovídajícím dílčím intervalu. Přejít na otázku 1.

- 1) Je doba držení větší než 1 rok (příloha IV, bod 10d v [5])?
 - a) ANO \Rightarrow Odvození hodnoty, která odpovídá 90. percentilu a udává stresovou volatilitu ${}^w\sigma_S$.
 - b) NE \Rightarrow Odvození hodnoty, která odpovídá 99. percentilu a udává stresovou volatilitu ${}^w\sigma_S$.

Pro výpočet očekávaných hodnot stresového scénáře na konci doporučené doby držení bude využito vzorce (30) v extrémním percentilu, tj. 1 % pro období 1 rok a 5 % pro období větší než 1 rok (příloha IV, bod 11 v [5]).

Kategorie 3

Pro PRIIPs kategorie 3 je hodnota stresového scénáře vypočtena na základě následujících kroků:

- **Krok 1:** Určení dílčího intervalu o délce w dle tabulky 5.

- **Krok 2:** Pro každý dílčí interval o délce w určení historických logaritmicke-normálních výnosů r_t , kde $t = t_0, t_1, t_2, \dots, t_H$, kde H je počet všech logaritmicke-normálních výnosů.
- **Krok 3:** Určení volatilit dle vzorce (39) a odvození hodnoty, která odpovídá stresové volatilitě ${}^w\sigma_S$ dle přílohy IV, bodu 10d v [5].
- **Krok 4:** Přepočítání historických výnosů r_t na základě následujícího vzorce (příloha IV, bod 13b v [5]):

$$r_t^{adj} = r_t \cdot \frac{{}^w\sigma_S}{\sigma_S}, \quad (40)$$

kde σ_S je standardní směrodatná odchylka pozorovaných historických výnosů.

- **Krok 5:** Výpočet průměru upravených výnosů r_t^{adj} (značeno μ^*).
- **Krok 6:** Náhodný výběr jednoho pozorovaného období, které určuje výnos pro všechny podkladové smlouvy (stejně období v téže simulaci lze použít více než jednou).
- **Krok 7:** Pro každou simulaci bude vypočtena cena aktiv na konci doporučené doby držení a to následujícím způsobem:
 - a) Náhodný výběr N výnosů ze sady r_t^{adj}
 - b) Součet vybraných výnosů a odečtení hodnoty $N\mu^*$
 - c) Odečtení hodnoty $0,5N\sigma^{*2}$, kde σ^{*2} je standardní směrodatná odchylka upravených výnosů
 - d) Úprava hodnoty pro případ *Quanto* dopadu
 - e) Exponenciace výsledku

Výsledná hodnota podkladového aktiva v doporučené době držení je poté ve tvaru:

$$\exp \left[\sum_{i=1}^N r_t^{adj} - N\mu^* - 0,5N\sigma^{*2} - \rho\sigma\sigma_{ccy}N \right]. \quad (41)$$

- **Krok 8:** Výpočet hodnoty stresového scénáře, kdy stresovým scénářem je hodnota PRIIPu v extrémním percentilu, který odpovídá 1 % pro období 1 rok a 5 % pro období větší než 1 rok (příloha IV, bod 14 v [5]).

- **Krok 9: Výpočet scénářů výkonnosti pro dílčí období držení.**

1) Vztahuje se PRIIP pouze na jeden podklad a je hodnota PRIIPu monotónní funkcí této podkladové ceny (tj. když se podkladová cena zvýší, hodnota PRIIPu je buď vždy neklesající nebo vždy nerostoucí)?

a) ANO \Rightarrow Pro vypracování scénářů ke každému dílčímu období jsou vybrány čtyři podkladové simulace používané pro výpočet scénářů výkonnosti podle přílohy IV, bodu 24a a 24b v [5]. Pro nepříznivý, umírněný, příznivý a stresový scénář výkonnosti jsou vybrány simulace vedoucí k odpovídajícímu percentilu ze scénářů v doporučené době držení. Následně je vypočítán potenciální výnos PRIIPu na konci každého dílčího období v souladu s danou simulací. Přejít na otázku 2.

b) NE \Rightarrow To znamená, že PRIIP zahrnuje několik podkladových investic nebo expozic a použije se bod 24c, přílohy IV v [5]. Pro vytvoření příznivých, umírněných, nepříznivých a stresových scénářů ke každému dílčímu období je vybrána podkladová simulace odpovídající percentilům hodnot PRIIPu, které jsou použity jako počáteční hodnoty pro simulaci k určení hodnoty PRIIPu na konci období.

2) Je PRIIP investičním produktem založeným na pojištění?

a) ANO \Rightarrow Je vyžadován dodatečný scénář (příloha IV, bod 3 v [5]), který je založen na umírněném scénáři. Tento scénář zahrnuje pojistnou událost a při jeho výpočtu je třeba vzít v úvahu bod 34, přílohy IV v [5]. Přejít na 2b.

b) NE \Rightarrow **Žádné další kroky.**

Kategorie 4

Pro výpočet stresového scénáře u kategorie 4 se postupuje způsobem popsaným v kapitole 3.3.3, část ***Kategorie 4*** (příloha IV, bod 15 v [5]).

Pro všechny PRIIPs kromě PRIIPs kategorie 1 dle přílohy IV, bodu 17 v [5] prezentují tvůrci produktů scénáře výkonnosti podle níže uvedeného formátu pokud je PRIIP jednotlivá investice. Dílčí doby držení se mohou lišit v závislosti na doporučené době držení.

Investice <input type="checkbox"/>		1 rok	[3] roky	[5] let (Doporučená doba držení)
Stresový scénář	Kolik byste mohli získat zpět po úhradě nákladů	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Průměrný výnos každý rok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nepříznivý scénář	Kolik byste mohli získat zpět po úhradě nákladů	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Průměrný výnos každý rok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umírněný scénář	Kolik byste mohli získat zpět po nákladech	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Průměrný výnos každý rok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Příznivý scénář	Kolik byste mohli získat zpět po úhradě nákladů	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Průměrný výnos každý rok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Obrázek 4: Vyplácí se jednotlivá investice (příloha V, část 2, šablona A v [5]).

4 Vlastní výpočet pro vybrané finanční deriváty

Finanční deriváty jsou finanční nástroje založené na nějakém podkladovém aktivu. Hodnota finančního derivátu se odvíjí od hodnoty tohoto podkladového aktiva [10]. Podkladové aktivum mohou být například **dluhopisy** nebo **akcie** včetně burzovních indexů a podobně. Dle postavení účastníků se deriváty dělí na **podmíněné** (účastník v dlouhé pozici rozhoduje o realizaci obchodu v době splatnosti) a **nepodmíněné** (zavazují obě strany k realizaci obchodu v době splatnosti). Mezi základní typy podmíněných derivátů patří **opce**. Naopak mezi základní typy nepodmíněných derivátů patří **forwardy**, **futures**, **warranty** a **swapy**. Finanční deriváty jsou obchodovány nejen na **burzách** ale i na **mimoburzovních** trzích, tzv. OTC deriváty (vytvoření derivátů na míru dle potřeb klienta). V této diplomové práci budou popsány PRIIPs týkající se **úrokových sazeb cap/floor**, **úrokových swapů** a **investičních certifikátů**, jejichž výnos je závislý na vývoji akciového indexu **Euro Stoxx 50**. Veškeré výpočty lze nalézt v příloženém CD (viz příloha B).

4.1 OTC deriváty

V této kapitole se budeme zabývat oceňováním úrokových sazeb cap/floor a úrokových swapů (podrobněji v kapitolách 4.1.1 a 4.1.2). Protože získat přístup k reálným tržním datům je finančně náročné, data pro oceňování dodala společnost Ernst & Young, spol. s r.o. (dále jen EY ČR), a to v následující podobě těchto CSV souborů:

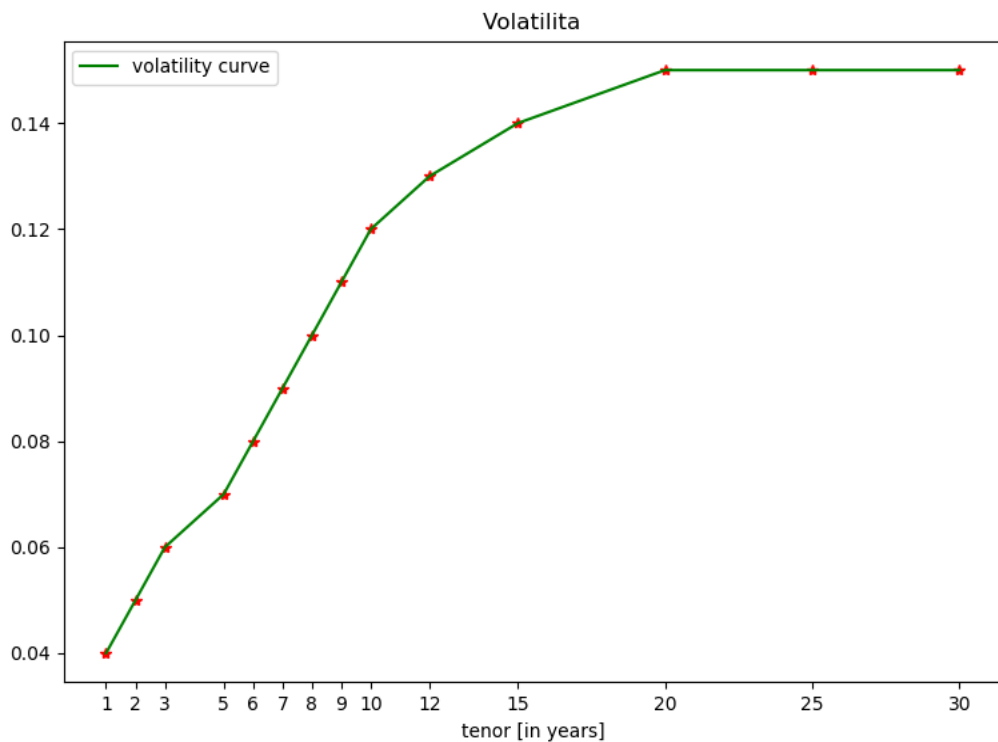
- **Diskontní křivka:** Simulované křivky, které jsou použity pro diskontování peněžních toků. Je zde obsaženo 10 000 nasimulovaných křivek.
- **Projekční křivka:** Simulované křivky, které jsou použity pro projekci budoucích pohyblivých peněžních toků. Je zde obsaženo 10 000 nasimulovaných křivek.
- **Plovoucí křivka:** Simulované křivky, které určují pohyblivou sazbu, která byla stanovena na začátku aktuálního kuponového období a určují peněžní tok v čase 0. Je zde obsaženo 10 000 nasimulovaných křivek.

- **Volatilita:** Volatilita je roční. Volatilita není simulována a proto se jedná o stejnou křivku používanou ve všech simulacích.

Nasimulované křivky a volatilita jsou instance třídy `Curve()`. Tato třída má následující dvě proměnné:

- `Curve_data`: Obsahuje dataframe se simulovanými křivkami úrokových sazeb. Každý sloupec představuje tenory křivky. Každý řádek představuje jednu simulaci. Jedinou výjimkou je volatilita, která má pouze jeden řádek, protože ve všech simulacích používáme stejné volatilitu.
- `tenors_Y`: Obsahuje seznam s délkami tenorů každé nasimulované křivky (v letech).

Na obrázku 5 lze vidět křivku volatility, která je používána ve všech simulacích. Dále v tabulkách 6 je zobrazeno prvních 10 simulací u prvních jedenácti tenorů diskontní křivky a také lze vidět délku a volatilitu u prvních deseti tenorů. Volatilita a vstupní křivky jsou ve smyslu 0,02 což znamená 2 %. Délky tenorů jsou zadány v letech.



Obrázek 5: Křivka volatility.

Tabulka 6: Sazby diskontní křivky u vybraných tenorů prvních deseti simulací (nahore), délky vybraných tenorů dle zvolené konvence 30/360 (vlevo) a volatilita (vpravo).

Index/Tenor	1D	2D	3D	7D	14D	1M	2M	3M	4M	5M	6M
0	0.0069	0.0069	0.0069	0.00436	0.00439	0.00365	-0.00488	0.00416	0.0043	0.00586	0.006
1	0.00694	0.00694	0.00694	0.00595	0.00598	0.00454	-0.00411	0.00533	0.00547	0.00698	0.00712
2	0.00696	0.00696	0.00697	0.00455	0.00458	0.00413	-0.00402	0.00543	0.00556	0.007	0.00714
3	0.00694	0.00694	0.00694	0.00642	0.00645	0.00433	-0.00445	0.00492	0.00506	0.00666	0.0068
4	0.00692	0.00693	0.00693	0.00592	0.00596	0.00465	-0.00394	0.00554	0.00568	0.00716	0.0073
5	0.00689	0.0069	0.0069	0.00677	0.0068	0.00412	-0.00467	0.00466	0.0048	0.00649	0.00663
6	0.00692	0.00692	0.00693	0.00442	0.00445	0.0038	-0.00464	0.00472	0.00486	0.00648	0.00662
7	0.00696	0.00696	0.00697	0.00537	0.00541	0.00489	-0.00322	0.00607	0.00621	0.00743	0.00757
8	0.00688	0.00689	0.00689	0.00447	0.0045	0.00375	-0.00477	0.00451	0.00465	0.00632	0.00646
9	0.00703	0.00703	0.00704	0.00549	0.00553	0.00774	0.00478	0.00921	0.00935	0.00868	0.00882

Tenor / Value	DCC according curves - 30/360
1D	0.00278
2D	0.00556
3D	0.00833
7D	0.01944
14D	0.03889
1M	0.08333
2M	0.16667
3M	0.25
4M	0.33333
5M	0.41667
6M	0.5

Tenor / Value	Volatilita
1Y	0.04
2Y	0.05
3Y	0.06
5Y	0.07
6Y	0.08
7Y	0.09
8Y	0.1
9Y	0.11
10Y	0.12
12Y	0.13
15Y	0.14

Tato třída má dále také metodu `Get_rate()`, která umožňuje lineární interpolaci mezi jednotlivými tenory křivky. Abychom s touto třídou mohli pracovat, byl od společnosti EY ČR poskytnut soubor **Curves.py**. Pro oceňování těchto finančních derivátů byl vytvořen soubor **pricing_functions.py**. V tomto souboru byla vytvořena třída `Convention()`, která slouží pro získání časového vektoru akruálních faktorů a to jak u úrokových sazeb cap/floor tak u úrokových swapů [11]. Dále také poznamenejme, že tato třída částečně využívá balíček `findates` [12]. V obou případech byla vytvořena instance této třídy s následujícími proměnnými:

- `start_date`: Datum ocenění cap/floor nebo swap (současné datum).
- `period`: Délka capletu/floorletu (podrobněji kapitola 4.1.1) či pevného/plovoucího kuponového období u swapu (1M, 3M, 6M, 1Y).
- `calendar`: Typ kalendáře (de, us, ca, uk) zahrnující veškeré pracovní i mimopracovní dny (svátky, víkendy) [12].
- `buss_convention`: Konvence pro úpravu datumů, spadají-li dle zvoleného kalendáře na mimopracovní den (follow, modfollow, previous, modprevious) [12].
- `DCC`: Day count convention - konvence pro výpočet počtu dní (ACT/360, ACT/365, ACT/ACT, 30/360) [11].

Třída `Convention()` dále obsahuje dvě metody:

- `adjusted_date()`: Tato metoda kromě výše zmíněných proměnných využívá další proměnnou, kterou je `maturity`. Tato proměnná vyjadřuje zbývající dobu splatnosti produktu v letech. Je předpokládáno, že počáteční splatnost bude vždy násobkem kuponových období a tedy nebudou existovat období s nepravidelnými délkami. Na základě této metody jsou vypočteny příslušné datумы expirace jednotlivých capletů/floorletů či pevných/plovoucích noh u swapu.
- `accrual_factors()`: Tato metoda závisí na metodě předchozí, jelikož vstupními proměnnými této metody jsou datумы expirace získané metodou `adjusted_date()`. Na základě těchto proměnných společně s proměnnou `DCC` je vypočten časový vektor akruálních faktorů (značeno τ) pro jednotlivé caplety/floorlety či pevné/plovoucí nohy u swapu.

Akruální faktor pro křivky je vypočten pomocí třídy `Curve()` v závislosti na délce každého capletu/floorletu či v závislosti na délce pevného/plovoucího kuponového období u swapu (křivky předpokládají DCC 30/360).

4.1.1 Interest Rate Cap/Floor

Interest rate cap (úrokový strop) je OTC derivát, kdy kupující obdrží platby na konci každého období, pokud úroková sazba převyšuje dohodnutou sazbu. Naopak interest rate floor (úrokové dno) je obdobná smlouva, kdy kupující obdrží platby na konci každého období, pokud úroková sazba je menší než dohodnutá sazba [13]. Co se týče oceňování úrokových sazeb cap/floor použijeme třídu `IR_cap()`. Vytvoříme instanci této třídy s následujícími proměnnými:

- `direction`: Hodnota 1 tzv. long position nebo -1 tzv. short position [14].
- `option_type`: Hodnota 1 pro úrokový strop nebo -1 pro úrokové dno.
- `notional`: Nominální částka (zde 10 000 EUR).
- `strike`: Sazba za kterou lze uplatnit derivátový kontrakt (udáno v bazických bodech $\Rightarrow 100 \text{ bp} = 1 \% = 0,01$).
- `tau`: Časový vektor akruálních faktorů (představují zlomky roku v daném období). Pro výpočet akruálních faktorů slouží samostatná třída `Convention()`. Podle dané konvence pro výpočet počtu dní (dále jen DCC) je vypočten tento časový vektor.
- `tau_curves`: Akruální faktor, který je vypočten na základě DCC používané pro křivky.

Pro získání cen daných produktů využijeme metodu `get_prices()` třídy `IR_cap()`. Nad instancí této třídy zavoláme danou metodu. Tato metoda v sobě zahrnuje vstupní proměnný, kterými jsou simulované diskontní křivky, simulované projekční křivky, simulované plovoucí křivky, volatility a tzv. `black_shift` (tato proměnná vyjadřuje posun použitý v **Shifted Black modelu** [15], který je použit pro oceňování těchto derivátů). Shifted Black model umožňuje počítat se zápornými úrokovými sazbami.

Cap/Floor [13] se skládá z řady peněžních toků tzv. capletů/floorletů. Každý peněžní tok je call/put opce na úrovni indexu s pohyblivou sazbou k určitému datu v budoucnu. Cena capletu/floorletu se oceňuje pomocí Blackova modelu. Black model je variantou Black - Scholesova modelu, který se využívá při oceňování opcí. Black model slouží především k oceňování futures, bondů, úrokových sazeb cap nebo floor a swapů. Rozdíl oproti Black - Scholesově formuli spočívá v tom, že spotová cena podkladového aktiva (S) je nahrazena diskontovanou forwardovou cenou (F). Navíc v této diplomové práci, jak již bylo zmíněno, je používán z důvodu záporných úrokových sazeb tzv. Shifted Black model. Současná hodnota PV (Present value) těchto derivátů je pak dána následujícími vzorci [15]:

$$PV_{\text{cap}}(t) = N \sum_{i=1}^n \tau_i D_i [(F_i + s) \phi(d_1) - (K + s) \phi(d_2)] \quad (42)$$

a

$$PV_{\text{floor}}(t) = N \sum_{i=1}^n \tau_i D_i [(K + s) \phi(-d_2) - (F_i + s) \phi(-d_1)], \quad (43)$$

kde

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F_i + s}{K + s}\right) + 0,5 \cdot \sigma_i^2 \cdot T_i}{\sigma_i \cdot \sqrt{T_i}},$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_i \cdot \sqrt{T_i},$$

$\phi(\cdot)$ je distribuční funkce normálního rozdělení,

t je datum ocenění,

K je strike sazba (dohodnutá sazba),

N je nominální hodnota,

σ_i je volatilita forwardové sazby F_i ,

i je i -tý peněžní tok od 1 do n (n je počet kuponových období),

s je posun úrokových sazeb (pro zajištění kladných úrokových sazeb),

$\tau_i = \tau(T_{i-1}, T_i)$ je akruální faktor mezi datem T_{i-1} a T_i podle dané konvence,

$D_i = D(t, T_i) = \frac{1}{(1 + r_{T_i})^{(T_i - t)}}$ je diskontní faktor (r_{T_i} je diskontní sazba) a

$F_i = F(t; T_{i-1}, T_i) = \left[\left(\frac{D_{i-1}}{D_i} \right)^{1/\tau_i} - 1 \right]$ je forwardová sazba [16] i -tého peněžního toku.

Výsledné ceny těchto finančních derivátů nakonec přenásobíme proměnnou `direction` v závislosti na tom v jaké pozici se investor nachází (1 zda nakupuje tzv. long position nebo -1 zda prodává tzv. short position).

4.1.2 Interest Rate Swap

Interest rate swap (úrokový swap) je derivátový kontrakt na němž se dohodly dvě protistrany, který specifikuje povahu výměny plateb porovnávaných s indexem úrokových sazeb [17]. Nejčastějším IRS je fixní za plovoucí swap, kdy jedna strana provede platby druhé na základě původně dohodnuté pevné úrokové sazby, aby získala zpětné platby založené na indexu pohyblivé úrokové sazby. Každá z těchto sérií plateb se nazývá „noha“, takže typický IRS má pevnou i plovoucí nohu. Plovoucí index je běžně mezibankovní nabídková sazba (IBOR) specifického tenoru v příslušné měně IRS (například LIBOR v USD, GBP, EURIBOR v EUR nebo PRIBOR v CZK). Pro oceňování IRS musí být pro každou nohu stanoveno několik proměnných. Použijeme třídu `IR.swap()`. Pro ocenění vytvoříme instanci této třídy s následujícími proměnnými:

- `fixed_leg_receive`: Nabývá hodnoty `True` pokud zákazník přijímá pevnou sazbu a platí plovoucí sazbu nebo `False` v opačném případě.
- `notional`: Nominální hodnota na obou nohách (zde 10 000 EUR, nepředpokládá se amortizace).
- `fixed_coupon`: Roční kupon na pevnou nohu (udáno v bazických bodech).
- `float_margin`: Roční marže nad pohyblivou indexovou sazbou na plovoucí noze (udáno v bazických bodech).
- `tau1`: Časový vektor akruálních faktorů pro pevnou nohu. Pro výpočet akruálních faktorů slouží samostatná třída `Convention()`. Podle DCC na fixní nohu je vypočten tento časový vektor.
- `tau2`: Časový vektor akruálních faktorů pro plovoucí nohu. Pro výpočet akruálních faktorů slouží samostatná třída `Convention()`. Podle DCC na plovoucí nohu je vypočten tento časový vektor.

- `tau1_curves`: Akruální faktor pro pevnou nohu, který je vypočten na základě DCC používané pro křivky.
- `tau2_curves`: Akruální faktor pro plovoucí nohu, který je vypočten na základě DCC používané pro křivky.

Pro získání cen úrokového swapu použijeme metodu `get_prices()` třídy `IR_swap()`. Po vytvoření instance této třídy zavoláme nad touto instancí danou metodu. Tato metoda zahrnuje vstupní proměnný, kterými jsou simulované diskontní křivky, simulované projekční křivky, simulované plovoucí křivky a dále také `fixed_period` a `float_period` což je délka fixního kuponového období a délka plovoucího kuponového období (1M, 3M, 6M, 1Y). Pro ocenění úrokového swapu je potřeba určit současnou hodnotu peněžních toků na každé noze. V úrokovém swapu je fixní noha poměrně přímočará, protože peněžní toky jsou stanoveny kuponovou sazbou stanovenou v době uzavření smlouvy. Stanovení ceny plovoucí nohy je složitější, protože se definice peněžních toků mění s budoucími změnami úrokových sazeb. Ceny obou noh swapu jsou podrobně popsány níže.

Fixní noha swapu:

$$PV_{\text{fixed}}(t) = \sum_{i=1}^n N \cdot R \cdot \tau_i \cdot D_i, \quad (44)$$

kde

PV_{fixed} je současná hodnota peněžních toků pro fixní nohu,

t je datum ocenění,

N je nominální hodnota,

R je fixní sazba přepočtená pro danou periodu fixní nohy,

i je i -tý peněžní tok od 1 do n ,

n je počet kuponových období mezi datem ocenění a datem splatnosti,

$\tau_i = \tau(T_{i-1}, T_i)$ je akruální faktor mezi datem T_{i-1} a T_i podle dané konvence a

$D_i = D(t, T_i) = \frac{1}{(1 + r_{T_i})^{(T_i - t)}}$ je diskontní faktor (r_{T_i} je diskontní sazba).

Plovoucí noha swapu:

$$PV_{\text{floating}}(t) = \sum_{i=1}^n N \cdot (F_i + s) \cdot \tau_i \cdot D_i, \quad (45)$$

kde

PV_{floating} je současná hodnota peněžních toků pro plovoucí nohu,

t je datum ocenění,

N je nominální hodnota,

i je i -tý peněžní tok od 1 do n ,

n je počet kuponových období mezi datem ocenění a datem splatnosti,

s je marže nad pohyblivou indexovou sazbou na plovoucí noze přepočtená pro danou periodu plovoucí nohy,

$\tau_i = \tau(T_{i-1}, T_i)$ je akruální faktor mezi datem T_{i-1} a T_i podle dané konvence,

$D_i = D(t, T_i) = \frac{1}{(1 + r_{T_i})^{(T_i - t)}}$ je diskontní faktor (r_{T_i} je diskontní sazba) a

$F_i = F(t; T_{i-1}, T_i) = \left[\left(\frac{D_{i-1}}{D_i} \right)^{1/\tau_i} - 1 \right]$ je forwardová sazba [16] i -tého peněžního toku.

Nakonec na základě hodnoty `fixed_leg_receive`, která určuje o jaký typ úrokového swapu se jedná určíme současnou hodnotu úrokového swapu. Rozlišujeme tyto dva typy:

- **Zákazník platí plovoucí sazbu a přijímá fixní:**

$$PV_{\text{swap}} = PV_{\text{fixed}} - PV_{\text{floating}}.$$

- **Zákazník platí fixní sazbu a přijímá plovoucí:**

$$PV_{\text{swap}} = PV_{\text{floating}} - PV_{\text{fixed}}.$$

4.1.3 KID kategorie 1

Jelikož IR cap/floor a IR swap jsou finančními OTC deriváty, spadají tyto PRIIPs dle kapitoly 2.1.1 do kategorie 1. Dále dle kapitoly 3.2.1, část **MRM kategorie 1** jsou tyto produkty s investiční složkou zařazeny do MRM třídy 7. Jelikož se jedná o MRM třídy 7 nebude u těchto PRIIPs posouzena míra úvěrového rizika CRM

(příloha II, bod 30, část 2 v [5]). Nakonec dle tabulky 4 určíme hodnotu souhrnného ukazatele rizik. Finančním derivátům IR cap/floor i IR swap přiřadíme nejvyšší rizikovou třídu 7.

Dále u těchto produktů vypočítáme všechny potřebné scénáře výkonnosti, viz kapitola 3.3. Nejprve stanovíme doporučenou dobu držení. V této diplomové práci předpokládáme, že doporučená doba držení u obou derivátů je 3 roky. Dle kapitoly 3.3.1 jsou scénáře výkonnosti vypočteny na konci prvního roku, v polovině doporučené doby držení a na konci doporučené doby držení. Dále použijeme nominální hodnotu u obou produktů ve výši 10 000 EUR pro výpočet scénářů výkonnosti. Scénáře výkonnosti jsou vyjádřeny jak v měnovém tak v procentuálním vyjádření a nezahrnují veškeré náklady samotných produktů. U těchto derivátů platí, že dle kapitoly 3.3.3, část **Kategorie 1** je výpočet scénářů výkonnosti založen na stejném principu jako výpočet scénářů výkonnosti pro PRIIPs kategorie 3 (viz kapitola 3.3.3, část **Kategorie 3**). Pro výpočet výkonnostních scénářů postupujeme následujícím způsobem:

- 1) Simulace všech 10 000 diskontních, projekčních a plovoucích křivek pomocí PCA analýzy (příloha II, bod 23a, část 1 v [5]). Následně je simulován každý tenorový bod každé podkladové křivky od současnosti až do konce doporučené doby držení (příloha II, bod 23b, část 1 v [5]). Tyto křivky byly dodány od společnosti EY ČR (viz kapitola 4.1).
- 2) Dále dle kapitoly 4.1 oceníme PRIIPs na konci doporučené doby držení, která je stanovena na 3 roky.
- 3) Po získání všech 10 000 cen u jednotlivých finančních derivátů zajistíme, že každá získaná cena je kladná (princip Shifted Black Modelu). Existuje-li nějaká záporná cena, všechny ceny posuneme o hodnotu tak, aby bylo zajištěno, že všechny ceny budou kladné (lze tak vypočítat logaritmické výnosy). Tuto hodnotu určíme tak, aby po posunutí hodnot platilo, že původní maximální cena ze všech 10 000 cen je rovna minimální ceně vygenerovaných nových posunutých cen. Na ukázkou je zde níže uvedena část kódu, který zajišťuje kladné hodnoty úrokového swapu.


```

20 # adjusted prices if they are negative for IR swap
21 const = -1
22 if max(our_swap_price) < 0:
23     shift = const * (min(our_swap_price) + max(our_swap_price))
24     our_swap_price = shift + our_swap_price
25 elif min(our_swap_price) < 0 < max(our_swap_price):
26     shift = const * min(our_swap_price) + max(our_swap_price)
27     our_swap_price = shift + our_swap_price

```

- 4) Za použití upravených cen vypočítáme logaritmické výnosy r_i dle vzorce (2). Na ukázkou je zde níže uvedena část kódu sloužící pro výpočet těchto výnosů.

```

38 # calculation of logarithmic returns
39 Lreturn_swap = []
40 Lreturn_cap = []
41 for i in range(0, len(our_swap_price) - 1):
42     Lreturn_swap.append(math.log(our_swap_price[i] / our_swap_price[i + 1]))
43     Lreturn_cap.append(math.log(our_cap_price[i] / our_cap_price[i + 1]))

```

- 5) Provedeme 10 000 simulací na základě metody postupného výpočtu očekávané distribuce cen podkladových smluv PRIIPu. V každé simulaci vybereme pro každé simulované období v doporučené době držení (RHP - Recommended holding period) jedno pozorované období, které určuje výnos pro všechny podkladové smlouvy (stejně období v dané simulaci lze vybrat víc než jednou). Jelikož scénáře výkonnosti počítáme pro 1, 2 a 3 roky potom doporučená doba držení ve dnech (N) je 252, 504 a 756. Na ukázkou je přiložen kód sloužící pro výběr náhodného období v dané době držení. Pro přehlednost poznamenejme, že hodnota M0 představuje počet všech pozorovaných logaritmických výnosů.

```

145 for k in range(0, rhp):
146     # one number can be generated multiple times
147     # numbers in the range (1, M0)
148     random_select_swap[k] = np.random.randint(1, M0 + 1)
149     random_select_cap[k] = np.random.randint(1, M0 + 1)
150     # index in the range (0, M0-1), returns for IR swap
151     returns_swap[k] = Lreturn_swap[M0 - random_select_swap[k]]
152     # index in the range (0, M0-1), returns for IR cap/floor
153     returns_cap[k] = Lreturn_cap[M0 - random_select_cap[k]]

```

- 6) Pro každou simulaci aplikujeme vzorec (38), který určuje hodnotu opraveného výnosu v dané simulaci. Hodnotu podkladového aktiva v doporučené době držení vypočítáme pomocí exponenciálního opraveného výnosu. Na ukázkou je opět přiložena část kódu popisující zmíněný výpočet hodnoty podkladového aktiva.

```
154 sum_simulated_swap = np.sum(returns_swap)
155 sum_simulated_cap = np.sum(returns_cap)
156 aux_swap = 0.5 * smodch_swap ** 2 * rhp
157 aux_cap = 0.5 * smodch_cap ** 2 * rhp
158 scenar_value_swap[j] = np.exp(sum_simulated_swap - aux_swap)
159 scenar_value_cap[j] = np.exp(sum_simulated_cap - aux_cap)
```

- 7) Po provedení všech 10 000 simulací výsledné hodnoty sestupně seřadíme a dle kapitoly 3.3.3 vybereme příslušné percentily pro určení příznivého, umírněného a nepříznivého scénáře výkonnosti. Na ukázkou lze vidět část kódu sloužící pro výpočet standardních scénářů výkonnosti.

```
160 # sort descending
161 scenar_value_swap = sorted(scenar_value_swap, reverse=True)
162 scenar_value_cap = sorted(scenar_value_cap, reverse=True)
163
164 # calculation standard performance scenarios for IR swap and IR cap/floor
165 unf_scenar_swap[i] = scenar_value_swap[unf_rank]
166 unf_scenar_cap[i] = scenar_value_cap[unf_rank]
167 mod_scenar_swap[i] = scenar_value_swap[mod_rank]
168 mod_scenar_cap[i] = scenar_value_cap[mod_rank]
169 fav_scenar_swap[i] = scenar_value_swap[fav_rank]
170 fav_scenar_cap[i] = scenar_value_cap[fav_rank]
```

- 8) Po určení standardních scénářů výkonnosti vypočítáme stresový scénář výkonnosti. Nejprve zvolíme dílčí interval w dle tabulky 5.
- 9) Následně pro každý dílčí interval určíme historické logaritnicko-normální výnosy r_t dle vzorce (2), kde $t = t_0, t_1, t_2, \dots, t_H$, kde H je počet všech logaritnicko-normálních výnosů.
- 10) Dle vzorce (39) určíme volatilitu pro každý dílčí interval. Výslednou stresovou volatilitu potom určíme na základě percentilu dle doby držení (příloha IV,

bod 10d v [5]). Na ukázkou je přiložena část kódu znázorňující výpočet volatility pro každý dílčí interval.

```

195 for j in range(0, len(Wt_sigma_swap)):
196     # mean of all the historical lognormal returns in the sub interval [j, j+w]
197     M_1_swap[j] = np.mean(Lreturn_swap[j:j + MW])
198     M_1_cap[j] = np.mean(Lreturn_cap[j:j + MW])
199     aux = j
200     suma_swap = 0
201     suma_cap = 0
202     # cycle for calculation volatility from t-j until t-(j + w)
203     while aux <= w + j:
204         suma_swap += (Lreturn_swap[aux] - M_1_swap[j]) ** 2
205         suma_cap += (Lreturn_cap[aux] - M_1_cap[j]) ** 2
206         aux = aux + 1
207     Wt_sigma_swap[j] = np.sqrt(suma_swap / MW)
208     Wt_sigma_cap[j] = np.sqrt(suma_cap / MW)

```

- 11) Po výpočtu stresové volatility upravíme všechny historické logaritmicko-normální výnosy r_t na základě vzorce (40). Část kódu sloužící pro úpravu výnosů r_t je uvedena níže.

```

220 for k in range(0, len(Lreturn_swap_adjusted)):
221     Lreturn_swap_adjusted[k] = Lreturn_swap[k] * (W_sigma_swap / sigma_swap)
222     Lreturn_cap_adjusted[k] = Lreturn_cap[k] * (W_sigma_cap / sigma_cap)

```

- 12) Vypočítáme průměr upravených výnosů r_t^{adj} a na základě metody postupného výpočtu vybereme v každé simulaci pro každé simulované období v doporučené době držení (N) jedno pozorované období, které určuje výnos pro všechny podkladové smlouvy (stejně období v dané simulaci lze vybrat víc než jednou). Obdobný postup jako v bodě 5 avšak pro upravené výnosy r_t^{adj} , nikoliv pro původní výnosy r_t .
- 13) Pro jednotlivé doby držení (tj. 1, 2 a 3 roky) vypočítáme hodnotu podkladového aktiva pomocí exponenciálního opraveného výnosu získaného dle vzorce (41). Na ukázkou opět přikládáme část kódu sloužící pro tento výpočet.

```

247 # sum of adjusted yields for IR swap and IR cap/floor
248 sum_returns_swap[1] = np.sum(returns_swap)
249 sum_returns_cap[1] = np.sum(returns_cap)
250
251 # deductible items
252 E_return_measured_swap = N * mu_swap_adjusted
253 E_return_measured_cap = N * mu_cap_adjusted
254 aux2_swap = 0.5 * sigma_swap_adjusted ** 2 * N
255 aux2_cap = 0.5 * sigma_cap_adjusted ** 2 * N
256 # simulated returns
257 simulated_return_swap = sum_returns_swap - E_return_measured_swap - aux2_swap
258 simulated_return_cap = sum_returns_cap - E_return_measured_cap - aux2_cap
259 # simulated prices in descending order
260 simulated_price_swap = sorted(np.exp(simulated_return_swap), reverse=True)
261 simulated_price_cap = sorted(np.exp(simulated_return_cap), reverse=True)

```

14) Pro určení hodnoty stresového scénáře sestupně seřadíme výsledné hodnoty všech 10 000 simulací a stresovým scénářem je poté hodnota PRIIPu v extrémním percentilu dle kapitoly 3.3.4, část **Kategorie 3** v závislosti na době držení.

Po určení souhrnného ukazatele rizik a všech možných scénářů výkonnosti vygenerujeme KID k těmto produktům. Tento dokument vygenerujeme dle šablony na obrázku 1. Níže v tabulce 7 a 8 lze vidět základní a statistické hodnoty úrokového swapu, které jsou potřeba pro určení souhrnného ukazatele rizik, scénářů výkonnosti a následného vytvoření daného KIDu.

Tabulka 7: Základní údaje produktu IR Swap.

Název produktu	Interest Rate Swap
Měna	EUR
Doporučená doba držení v letech	3
Počáteční investice	10 000
Historické ceny	Denní
Počet obchodních dní v roce	252
Kategorie	1
Datum vypracování KIDu	1. 4. 2019

klasifikovány jako derivátové smlouvy a deriváty jsou klasifikovány jako produkty s vyšším rizikem.

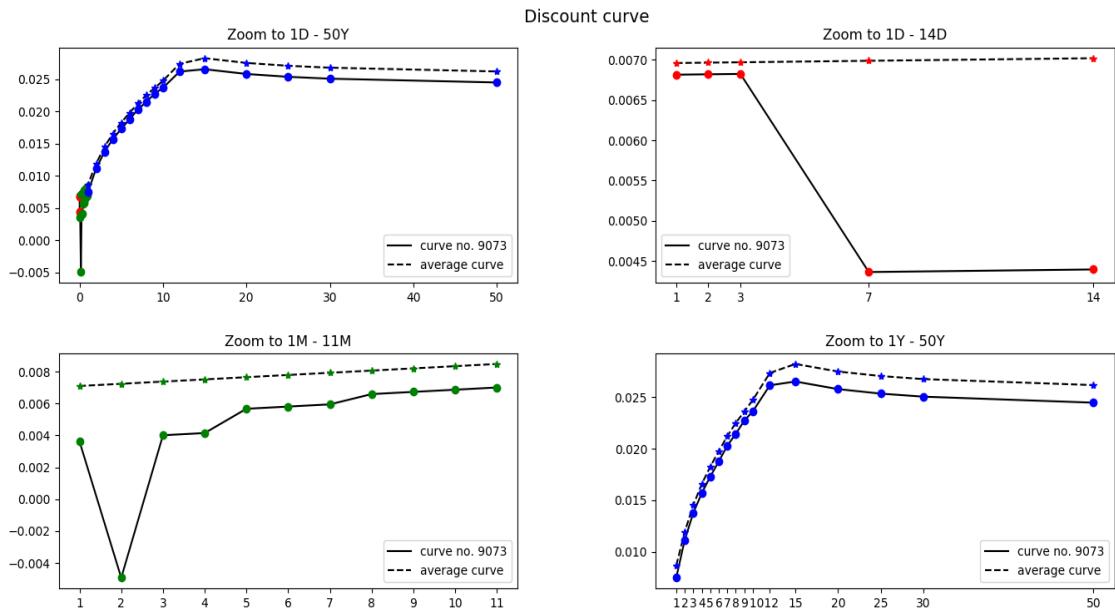
Tabulka 9 následně uvádí peníze, které lze získat zpět za příští 3 roky (tj. doporučená doba držení) a za jednotlivé dílčí doby držení (tj. 1 a 2 roky) podle různých scénářů výkonnosti. Výsledky vycházejí z nominální částky 10 000 EUR. Lze tyto hodnoty porovnat se scénáři jiných produktů. Presentované scénáře jsou odhadem budoucího vývoje založeného na důkazech z minulosti a nejsou přesným ukazatelem. Skutečná tržní hodnota dané smlouvy se bude lišit v závislosti na tom, jak trh funguje. Stresový scénář ukazuje, co lze získat zpět nebo zaplatit za extrémních tržních okolností a nebere v úvahu situaci, kdy není banka schopna platit. Tato smlouva nemůže být snadno ukončena a znamená to, že je obtížné odhadnout, kolik bychom obdrželi a zaplatili, pokud k ukončení dojde před datem splatnosti. Údaje nezahrnují žádné náklady. Uvedené údaje vycházejí z toho, že klient platí roční fixní úroky a přijímá roční plovoucí úroky po dobu 3 let.

Tabulka 9: Scénáře výkonnosti pro IR swap.

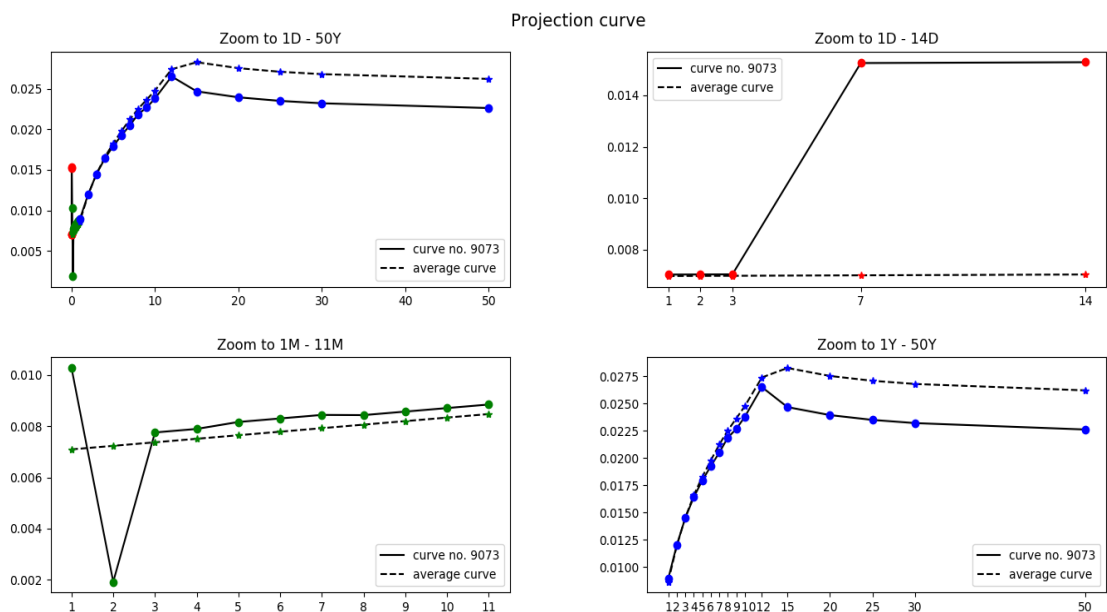
Nominální hodnota 10 000 EUR				
Scénáře	Operace	1 rok	2 roky	3 roky (RHP)
Příznivý	Zpět před náklady	21 684 EUR	22 529 EUR	21 414 EUR
	Průměrný roční výnos	116,84 %	50,10 %	28,89 %
Umírněný	Zpět před náklady	6 492 EUR	4 122 EUR	2 641 EUR
	Průměrný roční výnos	-35,08 %	-35,80 %	-35,84 %
Nepříznivý	Zpět před náklady	1 921 EUR	774 EUR	332 EUR
	Průměrný roční výnos	-80,79 %	-72,18 %	-67,87 %
Stresový	Zpět před náklady	168 EUR	281 EUR	92 EUR
	Průměrný roční výnos	-98,32 %	-83,25 %	-79,08 %

Pro potřeby vizualizace dat a výsledků slouží soubor **graphs.py**. Tento soubor zobrazuje grafy cen úrokových sazeb cap/floor a úrokového swapu v jednotlivých iteracích. Také vykresluje vývoj diskontních, projekčních a plovoucích křivek u třech nejvíce odlehlých hodnot vzhledem k průměrné hodnotě daného PRIIPu. Vývoj plovoucí křivky zafixované pro použití v čase 0 není zobrazen, jelikož se hodnoty

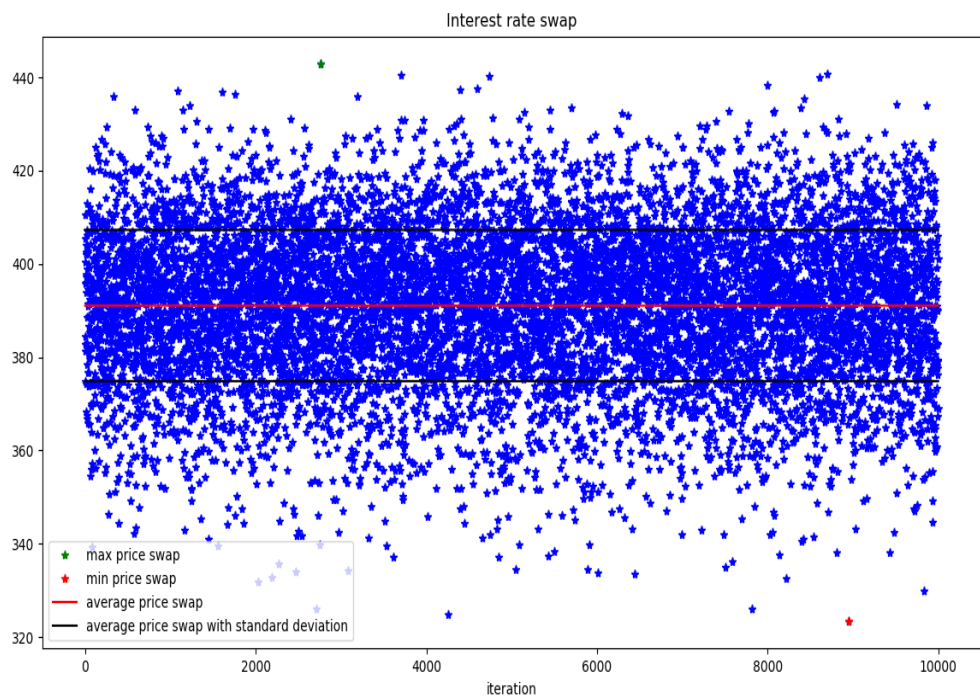
křivek shodují s projekční křivkou v dodané datové sadě. Na obrázku 7 a 8 lze vidět vývoj křivek u jedné vybrané odlehlé iterace. Lze si všimnout výrazně odlehlého bodu u 2M tenoru. Tento bod je nahrazen průměrnou hodnotou aby byla zachována konzistence dané křivky. Dále obrázek 9 a 10 popisuje vývoj cen úrokového stropu a úrokového swapu v jednotlivých iteracích.



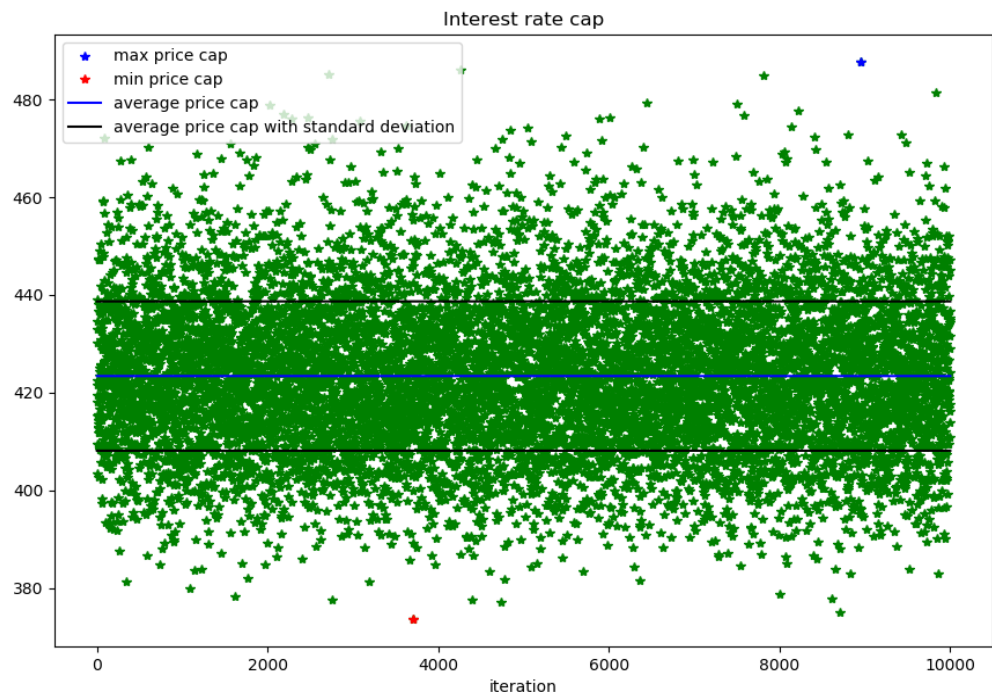
Obrázek 7: Vývoj diskontní křivky v jednotlivých tenorech.



Obrázek 8: Vývoj projekční křivky v jednotlivých tenorech.



Obrázek 9: Vývoj cen IR swap v závislosti na simulaci.



Obrázek 10: Vývoj cen IR cap v závislosti na simulaci.

4.2 Investiční certifikáty

V této kapitole budou oceňovány investiční certifikáty, jejichž výnos je závislý na vývoji akciového indexu **Euro Stoxx 50** a bude předpokládáno, že jejich hodnota se buď *vyvíjí* (kategorie 2) nebo *nevyvíjí* (kategorie 3) jako konstantní násobek cen základních investic. U těchto produktů použijeme akciový index Euro Stoxx 50 a to z období od 1. 1. 2013 do 31. 12. 2017, což vyjadřuje pětileté pozorování [18]. Pro obě kategorie vypočítáme souhrnný ukazatel rizik (SRI) a všechny potřebné scénáře výkonnosti. Nakonec dle těchto hodnot vytvoříme klíčový informační dokument pro investory (KID).

4.2.1 KID kategorie 2

Bylo předpokládáno, že se jedná o investiční certifikát závislý na tomto indexu. Dle kapitoly 2.1.1 bylo dále v předpokladu, že hodnota tohoto PRIIPu se **vyvíjí** jako konstantní násobek cen základních investic a tedy tento PRIIP lze zařadit do **kategorie 2**. Doporučená doba držení byla stanovena na 5 let.

Prvním krokem byla prezentace rizik tohoto produktu:

- 1) Na základě kapitoly 3.2.1, část **MRM kategorie 2** a dle dostupných pětiletých denních cen použijeme pro výpočet třídy MRM celou sadu těchto dat.
- 2) Tuto sadu očistíme o dny s hodnotou $\text{Vol.} = '-'$ (v těchto dnech nebylo obchodováno). Na ukázkou lze vidět část kódu sloužící pro načtení a úpravu cen akciového indexu Euro Stoxx 50.

```
14 # STOXX50E-2013-01-01--2017-12-31 (five-year period)
15 directory = '../data/investing.com/'
16 with open(directory + 'STOXX50E-2013-01-01--2017-12-31.csv') as file:
17     reader = csv.reader(file)
18     row = next(reader)
19     pole = []
20     for row in reader:
21         pole.append(row)
22         # remove line with values Vol. = '-'
23         if row[5] == str('-'):
24             del pole[pole.index(row)]
```


- 1) Na základě doporučené doby držení (tj. 5 let) vypočítáme scénáře výkonnosti na konci prvního roku, v polovině doporučené doby držení (tj. 3 roky) a na konci doporučené doby držení. Doby ke kterým mají být vypočítány scénáře výkonnosti určíme na základě kapitoly 3.3.1.
- 2) Dle kapitoly 3.3.2 stanovíme nominální hodnotu 10 000 EUR pro výpočet scénářů výkonnosti.
- 3) Vypočítáme standardní scénáře výkonnosti dle kapitoly 3.3.3, část **Kategorie 2** za pomoci vzorců (28), (31) a (32).
- 4) Určíme dílčí interval w dle tabulky 5 pro výpočet stresového scénáře výkonnosti.
- 5) Pro každý dílčí interval vypočítáme historické logaritmicke-normální výnosy r_t , kde $t = t_0, t_1, t_2, \dots, t_H$, kde H představuje počet všech logaritmicke-normálních výnosů. Následně dle vzorce (39) vypočítáme volatilitu pro jednotlivé dílčí intervaly (tzn. vypočítáme $(H - w + 1)$ volatilit).
- 6) Vypočtené volatility dle vzorce (39) sestupně seřadíme a dle příslušného percentilu určíme stresovou volatilitu ${}^w\sigma_S$ pro danou dobu držení (příloha IV, bod 10d v [5]). Na ukázkou je přiložena část kódu sloužící pro výpočet stresové volatility.

```

221 # where H = number of logarithmic returns , i.e. H = len(Lreturn) - 1
222 H = len(Lreturn) - 1
223 M_1 = np.zeros(H - w + 1, dtype=float)
224 Wt_sigma = np.zeros(H - w + 1, dtype=float)
225 for j in range(0, len(Wt_sigma)):
226     # mean of all the historical lognormal returns in the sub interval [j, j+w]
227     M_1[j] = np.mean(Lreturn[j:j + MW])
228     k = j
229     suma = 0
230     # cycle for calculation volatility from t-j until t-(j + w)
231     while k <= w + j:
232         suma += (Lreturn[k] - M_1[j]) ** 2
233         k += 1
234     Wt_sigma[j] = np.sqrt(suma / MW)
235 Wt_sigma = sorted(Wt_sigma, reverse=True)
236 position = int(math.ceil((len(Wt_sigma)-1)-(len(Wt_sigma)-1)*Wt_alfa))
237 W_sigma = Wt_sigma[position] # stress volatility

```

7) Nakonec určíme hodnotu stresového scénáře pro danou dobu držení aplikováním vzorce (30). V následující tabulce lze potom vidět výsledné scénáře výkonnosti pro PRIIP kategorie 2.

Tabulka 10: Scénáře výkonnosti pro PRIIP kategorie 2.

Nominální hodnota 10 000 EUR				
Scénáře	Operace	1 rok	3 roky	5 let (RHP)
Příznivý	Zpět před náklady	13 049 EUR	16 565 EUR	19 937 EUR
	Průměrný roční výnos	30,49 %	18,32 %	14,80 %
Umírněný	Zpět před náklady	10 355 EUR	11 082 EUR	11 860 EUR
	Průměrný roční výnos	3,55 %	3,48 %	3,47 %
Nepříznivý	Zpět před náklady	8 191 EUR	7 390 EUR	7 032 EUR
	Průměrný roční výnos	-18,09 %	-9,59 %	-6,80 %
Stresový	Zpět před náklady	3 635 EUR	4 130 EUR	3 066 EUR
	Průměrný roční výnos	-63,65 %	-25,53 %	-21,06 %

Třetím a poslední krokem bylo vygenerování **klíčového informačního dokumentu** k tomuto produktu. Tento KID vygenerujeme dle obrázku 1. Níže v tabulkách 11 a 12 lze vidět základní a statistické hodnoty tohoto PRIIPu na základě kterých určíme kvantitativní ukazatele a následně vygenerujeme příslušný KID, který lze nalézt v příloženém CD (viz příloha B).

Tabulka 11: Základní údaje investičního certifikátu Autocall Euro Stoxx 50.

Název produktu	Investiční certifikát Autocall Euro Stoxx 50
ISIN	CZ0000301668 (podobný produkt viz příloha A)
Měna	EUR
Doporučená doba držení v letech	5
Počáteční investice	10 000
Historické ceny	Denní
Počet obchodovacích dnů v roce	252
Kategorie	2
Datum vypracování KIDu	1. 4. 2019

Tabulka 12: Statistické údaje investičního certifikátu Autocall Euro Stoxx 50.

Počet pozorování	1 281
Počet obchodovacích dnů (5 let)	1 260
Průměr	0,02 %
Medián	0,036 %
Rozptyl	0,013 %
Směrodatná odchylka	1,147 %
Šikmost	-0,51
Špičatost	4,4
Roční volatilita (5 let)	0,41
VaR Return Space	-0,88
VEV Return Space	18,27 %

4.2.2 KID kategorie 3

Bylo předpokládáno, že se jedná o investiční certifikát závislý na tomto indexu. Dle kapitoly 2.1.1 bylo dále v předpokladu, že hodnota tohoto PRIIPu se **nevyvíjí** jako konstantní násobek cen základních investic a tedy tento PRIIP lze zařadit do **kategorie 3**. Doporučená doba držení byla stanovena na 5 let.

Prvním krokem byla prezentace rizik tohoto produktu:

- 1) Na základě kapitoly 3.2.1, část **MRM kategorie 3** a dle dostupných pětiletých denních cen použijeme pro výpočet třídy MRM celou sadu těchto dat.
- 2) Tuto sadu očistíme o dny s hodnotou $\text{Vol.} = '-'$, jelikož dny s touto hodnotou nevykazují žádné obchody.
- 3) Na základě metody postupného výpočtu očekávané distribuce cen podkladových smluv PRIIPu provedeme 10 000 simulací.
- 4) Pro simulace vypočítáme historické logaritmicko-normální výnosy r_i za použití upravené sady akciového indexu Euro Stoxx 50 dle vzorce (2).
- 5) V každé simulaci náhodně vybereme pro každé simulované období v doporučené

době držení (N) jedno pozorované období, které určuje výnos pro všechny podkladové smlouvy (stejně období v téže simulaci lze použít vícekrát).

- 6) Použijeme průměrnou roční bezrizikovou sazbu Evropské centrální banky [19] v daném období $r_f = 1,2 \%$ pro výpočet bezrizikového výnosu za danou dobu držení dle vzorce (34). Následně v každé simulaci vypočítáme hodnotu podkladového aktiva pomocí exponenciálního opraveného výnosu získaného dle vzorce (37). Na ukázkou je přiložena část kódu sloužící pro výpočet hodnoty podkladového aktiva.

```

118 sum_simulated = np.sum(returns)
119 E_neutral = risk_free + sum_simulated
120 E_measured = M1 * rhp
121 pom = 0.5 * smodch ** 2 * rhp
122 adjusted_return = E_neutral - E_measured - pom
123 # simulated values to determine the VAR_price value
124 exp_return[j] = np.exp(adjusted_return)

```

- 7) Všech 10 000 hodnot následně sestupně seřadíme a na základě seřazených hodnot vypočítáme hodnotu VaR_{OC} na 97,5% intervalu spolehlivosti (příloha II, bod 16, část 1 v [5]).
- 8) Nakonec vypočítáme hodnotu VEV aplikováním vzorce (26). Dle této hodnoty přiřadíme danému produktu třídu MRM na základě tabulky 1.
- 9) I když metodika toto neuvádí, vypočítáme z důvodu simulací 95% intervaly spolehlivosti hodnoty VEV [6, 20]. Dané simulace způsobují různé změny hodnoty VEV a tedy produkt může být zařazen do dvou tříd zároveň pokud by se hodnota VEV pohybovala na některé z hranic dle tabulky 1. Intervaly spolehlivosti vypočítáme aplikováním následujícího vzorce:

$$\left(\text{VEV} - z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{M_0}} \quad ; \quad \text{VEV} + z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{M_0}} \right), \quad (46)$$

kde

σ je směrodatná odchylka pozorovaných historických výnosů r_i ,

M_0 je počet pozorovaných historických výnosů r_i ,

VEV je vypočtená ekvivalentní volatilita VaR dle vzorce (26) a

$z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ je kvantil normálního rozdělení $N(0, 1)$ s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$.

Druhým krokem bylo stanovení scénářů výkonnosti. Scénáře výkonnosti jsou vyjádřeny jak v měnovém tak v procentuálním vyjádření a nezahrnují veškeré náklady daného produktu:

- 1) Dle kapitoly 3.3.1 určíme doby ke kterým je potřeba vypočítat dané scénáře výkonnosti (příloha IV, body 19 až 21 v [5]). Následně dle kapitoly 3.3.2 určíme nominální hodnotu 10 000 EUR pro výpočet daných scénářů výkonnosti.
- 2) Pro výpočet scénářů výkonnosti postupujeme stejně jako u **kategorie 1** (produkty IR cap/floor, IR swap - viz kapitola 4.1.3). Výjimkou je pouze to, že splatnost tohoto produktu nezávisí přímo na křivkách jak je tomu u produktů IR cap/floor a IR swap. Postup pro stanovení scénářů výkonnosti je tak za použití cen akciového indexu Euro Stoxx 50 totožný z body 4 až 14 v kapitole 4.1.3.

V tabulce 14 lze vidět výsledné hodnoty scénářů výkonnosti pro jednotlivé doby držení při nominální hodnotě 10 000 EUR. Prezentace těchto scénářů výkonnosti je založená na formátu popisujícím obrázek 4. Výjimkou je pouze to, že v této diplomové práci nejsou do scénářů výkonnosti zahrnuty žádné náklady.

Tabulka 14: Scénáře výkonnosti pro PRIIP kategorie 3.

Nominální hodnota 10 000 EUR				
Scénáře	Operace	1 rok	3 roky	5 let (RHP)
Příznivý	Zpět před náklady	13 116 EUR	16 617 EUR	19 745 EUR
	Průměrný roční výnos	31,16 %	18,44 %	14,57 %
Umírněný	Zpět před náklady	10 351 EUR	11 076 EUR	11 835 EUR
	Průměrný roční výnos	3,51 %	3,46 %	3,43 %
Nepříznivý	Zpět před náklady	8 202 EUR	7 409 EUR	7 081 EUR
	Průměrný roční výnos	-17,98 %	-9,51 %	-6,67 %
Stresový	Zpět před náklady	3 584 EUR	4 136 EUR	3 042 EUR
	Průměrný roční výnos	-64,16 %	-25,49 %	-21,18 %

Nakonec opět k tomuto produktu vytvoříme **klíčový informační dokument** a to dle obrázku 1. V tabulkách 15 a 16 lze poté vidět základní a statistické hodnoty tohoto produktu s investiční složkou. Tento KID lze opět nalézt v příloženém CD (viz příloha B).

Tabulka 15: Základní údaje investičního certifikátu Autocall Euro Stoxx 50.

Název produktu	Investiční certifikát Autocall Euro Stoxx 50
ISIN	CZ0000301668 (podobný produkt viz příloha A)
Měna	EUR
Doporučená doba držení v letech	5
Počáteční investice	10 000
Historické ceny	Denní
Počet obchodovacích dnů v roce	252
Kategorie	3
Datum vypracování KIDu	1. 4. 2019

Tabulka 16: Statistické údaje investičního certifikátu Autocall Euro Stoxx 50.

Počet pozorování	1 281
Počet obchodovacích dnů (5 let)	1 260
Průměr	0,02 %
Medián	0,036 %
Rozptyl	0,013 %
Směrodatná odchylka	1,147 %
Šikmost	-0,51
Špičatost	4,4
Roční volatilita (5 let)	0,41
VaR Price Space	0,45
VEV (dolní intervalový odhad)	16,77 %
VEV (bodový odhad)	16,83 %
VEV (horní intervalový odhad)	16,90 %

4.3 Numerické nepřesnosti vzorců dle metodiky PRIIPs

V této kapitole budou porovnány výsledky jednotlivých kategorií vypočtené na základě vzorců uvedených v metodice PRIIPs [5] v porovnání s přesnými hodnotami dle Cornish-Fisherovy expanze (15) a to jak pro výpočet rizikových ukazatelů tak pro výpočet výkonnostních scénářů.

4.3.1 Rizikové ukazatele

Při vlastním zpracování modifikujeme pouze vzorce (22), (25) a (26). Modifikaci těchto vzorců provedeme za využití přesných hodnot dle (15). Pro výpočet tak použijeme vzorce (20), (23) a (24). V tabulce 17 lze vidět změny výsledků u investičního certifikátu, jehož výnos je závislý na vývoji akciového indexu Euro Stoxx 50 (viz příklad v kapitole 4.2.1). Dále v tabulce 18 lze vidět změnu hodnoty VEV u příkladu v kapitole 4.2.2.

Tabulka 17: Numerické nepřesnosti hodnoty VaR a VEV u příkladu v kapitole 4.2.1.

VaR dle regulace	-0,88375
VaR dle přesných hodnot	-0,88373
VEV dle regulace	18,2659 %
VEV dle přesných hodnot	18,2621 %

Tabulka 18: Numerické nepřesnosti hodnoty VEV u příkladu v kapitole 4.2.2.

VEV dle regulace	16,8348 %
VEV dle přesných hodnot	16,8313 %

4.3.2 Výkonnostní scénáře

Při výpočtu výkonnostních scénářů je využíváno vzorců (28), (30), (31) a (32). Při úpravě dle přesných hodnot Cornish-Fisherovy expanze je modifikován pouze nepříznivý (31) a příznivý (32) scénář výkonnosti. Modifikace je opět založená na přesných hodnotách dle (15) a tedy je využíváno vzorců (27) a (29). V tabulce 19 lze vidět změny výsledků u investičního certifikátu, jehož výnos je závislý na vývoji akciového indexu Euro Stoxx 50 a je předpokládáno, že hodnota tohoto

PRIIPu se vyvíjí jako konstantní násobek cen základních investic (viz příklad v kapitole 4.2.1).

Tabulka 19: Numerické nepřesnosti scénářů výkonnosti u příkladu v kapitole 4.2.1.

Scénáře	Doporučená doba držení		
	1	3	5
Příznivý scénář dle regulace	13 049 EUR	16 565 EUR	19 937 EUR
Příznivý scénář dle přesných hodnot	13 053 EUR	16 573 EUR	19 950 EUR
Nepříznivý scénář dle regulace	8 191 EUR	7 390 EUR	7 032 EUR
Nepříznivý scénář dle přesných hodnot	8 189 EUR	7 387 EUR	7 028 EUR

4.4 Detaily implementace a zhodnocení dosažených výsledků

Implementace jednotlivých finančních instrumentů byla provedena v jazyce Python. Pro kategorii 1 posloužili soubory **Curves.py**, **pricing_functions.py**, **graphs.py** a **Category1.py**. První zmíněný soubor sloužil pro načtení jednotlivých křivek včetně lineární interpolace. Druhý soubor sloužil jak pro ocenění hodnot úrokových sazeb cap/floor tak úrokových swapů. Soubor **graphs.py** byl naimplementován pro vizualizaci grafů týkajících se vstupních křivek a výsledných cen úrokových sazeb cap/floor a úrokových swapů. Poslední soubor sloužil pro výpočet kvantitativních ukazatelů a dále pro vygenerování klíčového informačního dokumentu. Jak pro kategorii 2 (**Category2.py**) tak pro kategorii 3 (**Category3.py**) posloužil pouze jeden daný uvedený soubor. V těchto souborech byl načten a upraven CSV soubor týkající se akciového indexu Euro Stoxx 50. Následně byly vypočteny kvantitativní ukazatele a na závěr byl vygenerován klíčový informační dokument k danému produktu. Co se týče nominální hodnoty byla pro všechny tři kategorie použita stejná nominální hodnota 10 000 EUR. Menší rozdíl byl u doporučené doby držení, kdy pro kategorii 2 a 3 byla použita pětiletá doporučená doba držení oproti kategorii 1, kde byla předpokládána tříletá doporučená doba držení. Tabulky 20, 21, 22 a 23 znázorňují výsledky kvantitativních ukazatelů pro jednotlivé kategorie. U kategorie 2 lze vidět jak hodnoty dle PRIIPs regulace tak přesné hodnoty dle Cornish-Fisherovy expanze (hodnoty v závorkách). U kategorie 3 lze potom navíc vidět 95% interval spolehlivosti u hodnoty VEV.

Tabulka 20: Zhodnocení rizikových ukazatelů u jednotlivých kategorií.

Hodnoty / Kategorie	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
VaR	–	–0,8838 (–0,8837)	0,45
VEV	–	18,27 % (18,26 %)	16,83 % (16,77 ; 16,90)
MRM	7	4	4
CRM	N/A	N/A	N/A
SRI	7	4	4

Tabulka 21: Zhodnocení scénářů výkonnosti u jednotlivých kategorií na konci prvního roku při nominální hodnotě 10 000 EUR.

Scénáře / Kategorie	Kategorie 1			Kategorie 2	Kategorie 3
	IR cap	IR floor	IR swap		
Příznivý scénář	20 116	22 334	21 684	13 049 (13 053)	13 116
Umírněný scénář	7 310	5 754	6 492	10 355	10 351
Nepříznivý scénář	2 590	1 490	1 921	8 191 (8 189)	8 202
Stresový scénář	385	101	168	3 635	3 584

Tabulka 22: Zhodnocení scénářů výkonnosti u jednotlivých kategorií v polovině doporučené doby držení při nominální hodnotě 10 000 EUR.

Scénáře / Kategorie	Kategorie 1			Kategorie 2	Kategorie 3
	IR cap	IR floor	IR swap		
Příznivý scénář	22 453	22 229	22 529	16 565 (16 573)	16 617
Umírněný scénář	5 168	3 353	4 122	11 082	11 076
Nepříznivý scénář	1 245	502	774	7 390 (7 387)	7 409
Stresový scénář	530	140	281	4 130	4 136

Tabulka 23: Zhodnocení scénářů výkonnosti u jednotlivých kategorií na konci doporučené doby držení při nominální hodnotě 10 000 EUR.

Scénáře / Kategorie	Kategorie 1			Kategorie 2	Kategorie 3
	IR cap	IR floor	IR swap		
Příznivý scénář	22 644	19 123	21 414	19 937 (19 950)	19 745
Umírněný scénář	3 639	1 863	2 641	11 860	11 835
Nepříznivý scénář	630	181	332	7 032 (7 028)	7 081
Stresový scénář	223	36	92	3 066	3 042

5 Závěr

Na základě seznámení se se směrnicí MiFID II a s nařízením PRIIPs byla vytvořena aplikace pro výpočet kvantitativních ukazatelů (rizikové ukazatele, scénáře výkonnosti) potřebných pro vytvoření klíčového informačního dokumentu pro vybrané finanční produkty. Na základě [5] byly zpracovány vzorce vhodné pro analýzu rizik. Tyto vzorce byly následně používány pro výpočet daných ukazatelů. Příslušná aplikace byla vytvořena v jazyce Python a to pro PRIIPs týkající se vybraných instrumentů z kategorie 1, 2 a 3. Jako nejjednodušší se jeví kategorie 2, kde nejsou zapotřebí žádné simulace. U kategorie 3 jsou prováděny simulace jak u scénářů výkonnosti tak u rizikových ukazatelů. Naproti tomu u kategorii 1 jsou simulovány pouze scénáře výkonnosti a to pouze je-li PRIIP OTC derivát nebo může-li investor ztratit více než investovaný kapitál. Nejkomplexnější kategorií je potom kategorie 4, která kombinuje všechny tři předešlé kategorie. Studium kategorie 4 bylo nad rámec předkládané diplomové práce.

V diplomové práci byly dále navrženy změny pro výpočet daných ukazatelů. Tyto změny se týkaly vzorců, kde nejsou používány přesné hodnoty, ale hodnoty zaokrouhlené (viz Cornish-Fisherova expanze). Při dostatečně velké nominální hodnotě (např. 1 000 000 Kč) jsou změny již dost výrazné a tedy je na zvážení zda nepoužívat raději přesné hodnoty dle Cornish-Fisherovy expanze jakož tomu je u stresového scénáře výkonnosti (příloha IV, bod 11 v [5] nebo viz (30)). Dále u kategorie 3 byl u hodnoty VEV navržen 95% interval spolehlivosti, jelikož z důvodu simulací se hodnota VEV může pohybovat na hranici mezi jednotlivými třídami MRM. Poté by bylo na zvážení zda v souhrnném ukazateli rizik vyznačit obě výsledné třídy či třídu s vyšším rizikem.

Pro PRIIPs týkající se kategorie 2 a 3 byl použit akciový index Euro Stoxx 50. U kategorie 3 bychom doporučili studovat například produkty, které jsou oceňovány metodami Monte Carlo. Pro kategorii 1 byly vybrány produkty týkající se úrokových sazeb cap/floor a úrokových swapů. Zde bychom doporučili studovat tyto produkty v situaci, kdy i volatilita bude simulována jako rizikový faktor nikoliv předpokládána jako konstantní hodnota.

Reference

- [1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/65/EU ze dne 15. května 2014 o trzích finančních nástrojů a o změně směrnic 2002/92/ES a 2011/61/EU. [online]. [cit. 2019-01-28]. Dostupné z: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1452689025370&uri=CELEX%3A32014L0065>
- [2] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1286/2014 ze dne 26. listopadu 2014 o sděleních klíčových informací týkajících se strukturovaných retailových investičních produktů a pojistných produktů s investiční složkou o trzích finančních nástrojů a o změně směrnic 2002/92/ES a 2011/61/EU. [online]. [cit. 2019-01-28]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32014R1286>
- [3] D. Vose: Risk Analysis, a quantitative guide, 3rd. ed., John Wiley & Sons, 2008.
- [4] Key Information Document [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://nordeamarkets.com/mifid-ii-regulations/priips-kid/>
- [5] Nařízení komise v přenesené pravomoci (EU) č. 2017/653 ze dne 8. března 2017, kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1286/2014 o sděleních klíčových informací týkajících se strukturovaných retailových investičních produktů a pojistných produktů s investiční složkou stanovením regulačních technických norem týkajících se prezentace, obsahu, kontroly a úpravy sdělení klíčových informací a podmínek pro splnění požadavků na poskytnutí těchto sdělení. [online]. [cit. 2019-01-28]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32017R0653>
- [6] J. Reif: Metody matematické statistiky, 2. vyd., Západočeská univerzita v Plzni, 2004
- [7] M. G. Bulmer: Principles of Statistics, Dover Publications, 1979
- [8] M. Abramowitz, I. A. Stegun: Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables, 10. ed., NBS, 1972

- [9] Cornish-Fisher Expansion [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://faculty.washington.edu/ezivot/econ589/ssrn-id1997178.pdf>
- [10] T. Cipra: Financial and Insurance Formulas, 1. ed., Physica-Verlag Heidelberg, 2010
- [11] Convention [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://www.slcg.com/pdf/workingpapers/DayCountConventions20120427.pdf>
- [12] Findates [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://pydoc.net/FinDates/0.2/findates/>
- [13] Interest Rate Cap/Floor [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://www.finpricing.com/lib/IrCap.html>
- [14] Long and short position [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://www.investor.gov/introduction-investing/basics/how-market-works/stock-purchases-sales-long-short>
- [15] Shifted Black Model [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/85145501.pdf>
- [16] Forward Rate [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Forward_rate
- [17] Interest Rate Swap [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://www.finpricing.com/lib/IrSwap.html>
- [18] Euro Stoxx 50 [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://www.investing.com/indices/eu-stoxx50-historical-data>
- [19] European Central Bank [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://sdw.ecb.europa.eu/>
- [20] D. G. Altman, D. Machin, T. N. Bryant, M. J. Gardner: Statistics With Confidence, 2nd Bk&Dk ed., B M J Books, 2000
- [21] Sdělení klíčových informací ČSOB, a.s. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://www.csob.cz/portal/documents/10710/15100270/kid-investicni-certifikat-cz0000301668.pdf>

Seznam tabulek

1	Třída MRM na základě hodnoty VEV (příloha II, bod 2, část 1 v [5]).	17
2	Úprava stupně úvěrové kvality CQS (příloha II, bod 42, část 2 v [5]).	28
3	Určení míry úvěrového rizika CRM (příloha II, bod 45, část 2 v [5]).	28
4	Určení souhrnného ukazatele rizik SRI (příloha II, bod 52, část 3 v [5]).	30
5	Určení dílčího intervalu o délce w (příloha IV, bod 10a v [5]).	37
6	Sazby diskontní křivky u vybraných tenorů prvních deseti simulací (nahore), délky vybraných tenorů dle zvolené konvence 30/360 (vlevo) a volatilita (vpravo).	43
7	Základní údaje produktu IR Swap.	54
8	Statistické údaje produktu IR Swap.	55
9	Scénáře výkonnosti pro IR swap.	56
10	Scénáře výkonnosti pro PRIIP kategorie 2.	62
11	Základní údaje investičního certifikátu Autocall Euro Stoxx 50.	62
12	Statistické údaje investičního certifikátu Autocall Euro Stoxx 50.	63
13	Prezentace rizik pro PRIIP kategorie 3.	65
14	Scénáře výkonnosti pro PRIIP kategorie 3.	66
15	Základní údaje investičního certifikátu Autocall Euro Stoxx 50.	67
16	Statistické údaje investičního certifikátu Autocall Euro Stoxx 50.	67
17	Numerické nepřesnosti hodnoty VaR a VEV u příkladu v kapitole 4.2.1.	68
18	Numerické nepřesnosti hodnoty VEV u příkladu v kapitole 4.2.2.	68
19	Numerické nepřesnosti scénářů výkonnosti u příkladu v kapitole 4.2.1.	69
20	Zhodnocení rizikových ukazatelů u jednotlivých kategorií.	70
21	Zhodnocení scénářů výkonnosti u jednotlivých kategorií na konci prvního roku při nominální hodnotě 10 000 EUR.	70
22	Zhodnocení scénářů výkonnosti u jednotlivých kategorií v polovině doořčené doby držení při nominální hodnotě 10 000 EUR.	70
23	Zhodnocení scénářů výkonnosti u jednotlivých kategorií na konci doořčené doby držení při nominální hodnotě 10 000 EUR.	70

Seznam obrázků

1	Šablona sdělení klíčových informací část 1 (příloha I v [5]).	6
2	Šablona sdělení klíčových informací část 2 (příloha I v [5]).	7
3	Prezentace souhrnného ukazatele rizik SRI (příloha III, bod 1 v [5]). . .	30
4	Vyplácí se jednotlivá investice (příloha V, část 2, šablona A v [5]). . .	40
5	Křivka volatility.	42
6	Ukazatel rizik pro IR swap.	55
7	Vývoj diskontní křivky v jednotlivých tenorech.	57
8	Vývoj projekční křivky v jednotlivých tenorech.	57
9	Vývoj cen IR swap v závislosti na simulaci.	58
10	Vývoj cen IR cap v závislosti na simulaci.	58
11	Ukazatel rizik pro PRIIP kategorie 2.	60
12	Ukazatel rizik pro PRIIP kategorie 3.	65

Přílohy

A. Dokumenty

Československá obchodní banka, a.s.
Radlická 333/150
150 57 Praha 5



Sdělení klíčových informací

Účel

Tento dokument Vám poskytne klíčové informace o tomto investičním produktu. Nejedná se o propagační materiál. Poskytnutí těchto informací vyžaduje zákon, aby Vám pomohlo porozumět podstatě, rizikům, nákladům, možným výnosům a ztrátám spojeným s tímto produktem a porovnat jej s jinými produkty.

Produkt

Investiční certifikát Autocall EURO STOXX 50® EUR 2023; ISIN: CZ0000301668

Tvůrce produktu: Československá obchodní banka, a.s., www.csob.cz

Pro další informace volejte klientskou linku 800 300 300

Orgán dohledu tvůrce produktu: Česká národní banka

Datum vypracování sdělení klíčových informací: 23. 1. 2018

Produkt, o jehož koupi uvažujete, je složitý a může být obtížně srozumitelný.

O jaký produkt se jedná?

Typ

Tento investiční certifikát je převoditelný investiční cenný papír a je podobný dluhovému cennému papíru. Je vydán ve formě sběrného certifikátu, který je nepojmenovaným cenným papírem.

Cíle

Podstatou tohoto produktu je investice peněžních prostředků v EUR spočívající v nákupu investičního certifikátu s následujícími parametry. Tento investiční certifikát bude vydán 7. 3. 2018. Ke splatnosti peněžních prostředků z něj dojde za 5 let, tj. 11. 4. 2023 (tzv. Den expirace), nebo i dříve v závislosti na hodnotě podkladového aktiva v tzv. Dnech ocenění. Pokud bude investiční certifikát splacen dříve než 11. 4. 2023, bude splacena nominální hodnota a výnos ve výši stanoveného bonusu. Pokud nebude splněna podmínka pro výplatu bonusu v den splatnosti, tj. 11. 4. 2023, může produkt vyplatit méně, než kolik jste investoval. Výnos z této investice je závislý na vývoji hodnoty podkladového aktiva, což je zde akciový index EURO STOXX 50®.

Bude-li Hodnota indexu v jakýkoliv den ve Dnech ocenění (1 až 4) vyšší nebo rovna 100 % Počáteční hodnoty indexu, bude v závislosti na pořadí vyplacena Nominální hodnota (stanovená ve výši 1 000 EUR na 1 kus investičního certifikátu) a bonus 4,6 %, 9,2 %, 13,8 %, nebo 18,4 % z Nominální hodnoty a Investiční certifikát bude realizován (splacen) před Dnem expirace a to 25. pracovní den bezprostředně následující pro příslušném Dni ocenění.

Pokud nebude splacen investiční certifikát před Dnem expirace, bude investiční certifikát splacen v Den expirace následovně:

1. bude-li Hodnota indexu pro Dny ocenění (5) vyšší nebo rovna 100 % Počáteční hodnoty indexu, bude splacena ke Dni expirace Nominální hodnota a vyplacen bonus 23 % z Nominální hodnoty,
2. bude-li Hodnota indexu pro Dny ocenění (5) nižší než 100 % Počáteční hodnoty indexu a zároveň vyšší nebo rovna 60 % Počáteční hodnoty indexu, bude splacena ke Dni expirace Nominální hodnota,
3. bude-li Hodnota indexu pro Dny ocenění (5) nižší než 60 % Počáteční hodnoty indexu – klient nemá chráněnou investici a plně nese ztrátu Hodnoty indexu od Počáteční hodnoty indexu (tj. 100% participuje na poklesu), tj. je splacena ke Dni expirace místo Nominální hodnoty částka, která se stanoví jako součin Nominální hodnoty a Výkonnosti indexu pro Dny ocenění (5).

Dny ocenění (1) jsou: 27. 2. 2019, 28. 2. 2019, 1. 3. 2019, 4. 3. 2019, 5. 3. 2019, Dny ocenění (2) jsou: 28. 2. 2020, 2. 3. 2020, 3. 3. 2020, 4. 3. 2020, 5. 3. 2020, Dny ocenění (3) jsou: 26. 2. 2021, 1. 3. 2021, 2. 3. 2021, 3. 3. 2021, 4. 3. 2021, Dny ocenění (4) jsou: 25. 2. 2022, 28. 2. 2022, 1. 3. 2022, 2. 3. 2022, 3. 3. 2022, Dny ocenění (5) jsou: 27. 2. 2023, 28. 2. 2023, 1. 3. 2023, 2. 3. 2023, 3. 3. 2023. Hodnota indexu pro Dny ocenění (1, 2, 3, 4) se stanoví jako oficiální závěrečná hodnota indexu EURO STOXX 50® zveřejněná v systému Bloomberg v příslušný Den ocenění. Hodnota indexu pro Dny ocenění (5) se stanoví jako průměr oficiálních uzavíracích hodnot indexu EURO STOXX 50® zveřejněných v systému Bloomberg ve Dnech ocenění (5). Výkonnost indexu pro Dny ocenění (5) se stanoví jako podíl Hodnoty indexu pro Dny ocenění (5) a hodnoty indexu na počátku (stanovené jako průměr oficiálních uzavíracích hodnot indexu zveřejněných v systému Bloomberg ve Dnech stanovení Počáteční ceny, tj. 7. 3. 2018, 8. 3. 2018, 9. 3. 2018, 12. 3. 2018, 13. 3. 2018).

Vzhledem k omezenému rozsahu tohoto dokumentu jsou zde uvedeny základní parametry produktu. Pro úplnost doporučujeme přečtení prospektu (včetně jeho součástí) k tomuto investičnímu certifikátu, na který odkazujeme v tomto dokumentu v části *Jiné relevantní informace*.

B. Struktura příloženého CD

CD k této diplomové práci obsahuje následující složky s danými soubory:

- **data:** Obsahuje data pro jednotlivé PRIIPs kategorie:
 - `cz.ey.com`: Vstupní křivky pro kategorii 1 (diskontní křivky, projekční křivky, plovoucí křivky, volatilita).
 - `investing.com`: Akciový index Euro Stoxx 50 z období od 1. 1. 2013 do 31. 12. 2017 pro kategorii 2 a 3.
- **diplomová práce:** Adresář obsahující následující složky:
 - `diplomka`: Obsahuje text práce a to jak ve zdrojovém formátu `*.tex` tak v tisknutelném formátu `*.pdf`.
 - `fig`: Seznam obrázků, které jsou zobrazeny v diplomové práci.
- **grafy:** Struktura tohoto adresáře je následující:
 - `Curve_approximate_mean`: Diskontní, projekční a plovoucí křivka jejíž iterace je nejbližší průměrné hodnotě úrokového stropu (IR cap).
 - `Floating_curve_outlier`: Tři plovoucí křivky jejichž iterace jsou nejvíce odlehlé od průměrné hodnoty úrokového stropu (IR cap).
 - `Projection_curve_outlier`: Tři projekční křivky jejichž iterace jsou nejvíce odlehlé od průměrné hodnoty úrokového stropu (IR cap).
 - `Discount_curve_outlier`: Tři diskontní křivky jejichž iterace jsou nejvíce odlehlé od průměrné hodnoty úrokového stropu (IR cap).
 - `Interest rate + volatilita`: Křivka volatility a vývoj cen úrokových sazeb cap/floor a úrokových swapů v jednotlivých iteracích.
- **KID:** Sdělení klíčových informací pro jednotlivé PRIIPs kategorie:
 - `kategorie 1`: KID pro IR cap/floor a IR swap.
 - `kategorie 2`: KID pro Investiční certifikát (kategorie 2).
 - `kategorie 3`: KID pro Investiční certifikát (kategorie 3).

- **poster:** Obsahuje poster a to jak v tisknutelné podobě *.pdf tak ve zdrojovém formátu *.pub.
- **python:** Struktura tohoto adresáře je následující:
 - **findates:** Balíček používaný pro výpočet akruálního vektoru τ .
 - Veškeré soubory **python** používané pro vizualizaci všech grafů v dané diplomové práci, dále pro výpočet kvantitativních ukazatelů jednotlivých PRIIPs kategorií a v neposlední řadě soubory pro ocenění finančních derivátů IR cap/floor a IR swap. Dále adresář obsahuje font používaný pro výpis získaných hodnot do souboru ve formátu *.pdf.
 - Soubor **Readme.txt** popisující návod ke spuštění souborů *.py včetně jejich funkcí.
- **základní charakteristiky:** Statistické a základní údaje pro jednotlivé PRIIPs kategorie:
 - **kategorie 1:** Statistické a základní údaje pro IR cap/floor a IR swap.
 - **kategorie 2:** Statistické a základní údaje pro Investiční certifikát závislý na akciovém indexu Euro Stoxx 50 jehož hodnota se *vyvíjí* jako konstantní násobek cen základních investic.
 - **kategorie 3:** Statistické a základní údaje pro Investiční certifikát závislý na akciovém indexu Euro Stoxx 50 jehož hodnota se *nevyvíjí* jako konstantní násobek cen základních investic.