

OPTIMÁLNÍ ZPŮSOB SJEDNÁNÍ DERIVÁTU ZA PŘÍTOMNOSTI RIZIKA PROTISTRANY

Jan Šedivý*

Abstract

Optimal Method of Entering a Derivative Contract in the Presence of Counterparty Risk

The paper deals with the optimal strategy for entering a derivative contract under existence of counterparty credit risk. Derivative contracts can be traded in three ways – bilaterally without any collateral agreement, bilaterally with collateral agreement or through a central counterparty. Our goal is to define rules for determining the most efficient way of trading. We take into account credit value adjustment, funding costs and capital costs related to regulatory requirements. In our empirical research, we focus on interest rate swaps with different maturities, specifically we analyse the impact of own and counterparty credit spreads on the overall costs. The results show higher efficiency of central clearing for investors with high creditworthiness. The costs of central clearing are very sensitive with respect to own credit spread and, therefore, the final decision depends on the actual relation with counterparty spread.

Keywords: counterparty credit risk, credit valuation adjustment, funding valuation adjustment, regulatory requirements.

JEL Classification: G21, G32, G13

Úvod

Finanční krize let 2007–2009 odhalila zásadní nedostatky v řízení rizika protistrany, tedy úvěrového rizika spojeného s finančními deriváty, napříč celým odvětvím. Velké bankovní domy byly v minulosti považovány za prakticky bezrizikové, a proto se u nich od rizika protistrany často abstrahovalo. Tento předpoklad vzal za své spolu s pádem takových institucí, jako byla investiční banka Lehman Brothers, která měla ve svém portfoliu statisíce derivátových nástrojů. Tržní prostředí se po krizi významně změnilo. Nedílnou součástí ocenění derivátových obchodů se stal credit valuation adjustment (dále CVA), který reprezentuje tržní cenu rizika protistrany. Ve snaze eliminovat či alespoň snížit riziko protistrany začaly velké investiční banky vyžadovat peněžní kolaterál pokrývající tržní hodnotu derivátů. To zavedlo do praxe další úpravu ocenění nazvanou funding valuation adjustment (dále FVA). Následovala reakce regulátorů bankovního odvětví v podobě Basel III, který znamenal dodatečné požadavky na dvoustranné deriváty. Zároveň byl nastaven směr k větší standardizaci a využití burzovních centrálních protistran.

Nové prostředí s sebou přináší důležitou otázku: Jakým způsobem riziko protistrany ovlivňuje rozhodování finančních institucí při sjednání derivátu? V obecné rovině

* Jan Šedivý (jan.sedivy@vse.cz), Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta financí a účetnictví. Tento článek byl zpracován v rámci institucionální podpory výzkumu na FFÚ VŠE v Praze č. IP 100040.

existují tři základní možnosti. Za prvé se jedná o bilaterální obchod, dohodnutý přímo mezi dvěma protistranami, bez jakékoli dohody o zajištění kolaterálem. Zde je nutno vzít v potaz vyšší riziko protistrany a dodatečné regulační náklady v podobě vyšších kapitálových požadavků. Druhou možností je derivát sjednaný na bilaterální bázi, ovšem zahrnující dohodu o kolaterálu, která snižuje úroveň rizika protistrany a vede k nižším kapitálovým požadavkům. Třetí možností je sjednání derivátu přes centrální protistranu (dále CCP – central counterparty). Protože centrální protistrany požadují vysoké zajištění (dá se hovořit až o „přezajištění“) reálné hodnoty derivátu pomocí peněžního kolaterálu, riziko protistrany je zde téměř nulové. Stejně tak regulační požadavky jsou ještě mírnější než v předchozím případě. Nevýhoda této varianty ovšem spočívá ve vyšších nákladech na získávání zdrojů, které jsou spojeny s nutností vázat u centrální protistrany dodatečné peněžní prostředky.

V článku se věnujeme právě optimální volbě možnosti sjednání derivátu za přítomnosti rizika protistrany. Tomuto tématu se již věnovali Gregory (2012) a Paholok (2015), kteří ovšem ve svých pracích nezohlednili náklady spojené s regulačními požadavky. Cílem našeho výzkumu je především definovat vztah nákladů jednotlivých variant vůči kreditním přírůzkům investora a protistrany a blíže jej zkoumat na příkladech úrokových derivátů s různou délkou splatnosti.

V první části článku přiblížíme jednotlivé komponenty vstupující do rozhodovacího procesu, tedy CVA, náklady na zdroje a náklady na kapitál. Následně sestavíme pro všechny tři možnosti nákladovou funkci a určíme pravidlo pro optimální rozhodnutí. V třetí části vymežíme předpoklady pro vstupní proměnné modelu a aplikujeme jej na úrokové swapy s různou dobou splatnosti. Pro tyto deriváty rovněž dopočteme koeficienty lineární závislosti nákladů na kreditních přírůzcích. Dále navážeme výpočty založenými na historicky pozorovaných datech z období zahrnující i uplynulou finanční krizi. Výsledky shrneme v závěru.

1. Složky nákladové funkce sjednání derivátu

Při výběru efektivnější varianty sjednání derivátu je nutno zohlednit tři hlavní faktory – hodnotu rizika protistrany, náklady spojené se zdroji a náklady na kapitál. Předpokládáme, že ostatní faktory jsou pro všechny varianty stejné, a proto při volbě nehrají roli.

1.1 Hodnota rizika protistrany

Riziko protistrany chápeme jako „riziko, že dojde k selhání protistrany v transakci před konečným vypořádáním peněžních toků spojených s transakcí“ (BCBS, 2015). Je spojeno zejména s derivátovými obchody sjednanými na mimoburzovní bázi. Oproti tradičnímu úvěrovému riziku jej dle Zhua & Pykhtina (2007) odlišuje nejistá hodnota expozice a dvoustranná povaha kreditního rizika.

Při definici základní míry rizika protistrany, kterou je dvoustranné CVA, je základním pojmem expozice. Ta je odvozena od tržní ceny sjednaného derivátu. Ačkoli v čase sjednání derivátu je většinou jeho tržní cena nulová (tedy férová pro obě strany obchodu),

v závislosti na vývoji tržních podmínek se tržní cena derivátu vyvíjí a obecně může být kladná či záporná. V případě, že dojde k selhání protistrany a cena derivátu je kladná, investor o tuto tržní cenu přijde. Pokud však dojde k selhání protistrany za situace při záporné ceně derivátu, ztráta investora je nulová, protože je schopen derivát plně nahradit novým bez dodatečných nákladů¹.

Při stanovení expozice se rovněž zohlední dva významné nástroje snížení rizika protistrany – dohoda o započtení a dohoda o kolaterálu. První z nich umožňuje proti sobě započíst kladné a záporné tržní hodnoty derivátů v rámci definované množiny započtení, a tím tedy snížit celkovou expozici. Dohoda o kolaterálu poté definuje, za jakých podmínek je protistrana povinná složit na účet zajištění, které bude uplatněno ke snížení ztráty v případě defaultu.

Uvažujeme portfolio o n derivátech, přičemž tržní hodnota i -tého derivátu, zjištěná v čase t , je $V_i(t)$. Nechť je na portfolio uplatněna dohoda o započtení a dohoda o kolaterálu. Tržní hodnotu kolaterálu složeného protistranou v čase t označme $C(t)$. Potom hodnotu úvěrové expozice v čase t , nazvanou $E(t)$ lze zapsat následovně:

$$E(t) = \max \left(0, \sum_{i=1}^n V_i(t) - C(t) \right). \quad (1)$$

S takto definovanou expozicí lze dle Zhua & Pykhtina (2007) vyjádřit hodnotu rizika protistrany, tedy CVA, jako rizikově neutrální očekávání potenciální ztráty:

$$CVA = (1-R) \cdot \int_0^T \mathbb{E}^Q \left[E(t) \cdot DF(t) \cdot PD(t, t+dt) \right] dt, \quad (2)$$

kde $\mathbb{E}^Q$ značí střední hodnotu vzhledem k definované pravděpodobnostní míře a $PD(t, t+dt)$ je marginální pravděpodobnost selhání protistrany mezi časem t a $t+dt$. Dále T označuje splatnost derivátů uzavřených s protistranou, $DF(t)$ reprezentuje diskontní faktor pro splatnost t a R je míra návratnosti.

V dosavadním odvození jsme neuvažovali možnost, že i sám investor je vystaven riziku selhání. Jak ovšem prokázala finanční krize, i důvěryhodné finanční instituce s vysokým ratingovým stupněm mohou zbankrotovat. Proto pro účely analýzy tento předpoklad opustíme. V tomto případě hovoříme o dvoustranném (bilaterálním) CVA, které je oproti jednostrannému CVA z rovnice (2) rozšířeno o možnost vlastního selhání investora.

Při odvození dvoustranného CVA (BCVA) vyjdeme z prací autorů (Brigo, Morini, & Pallavicini, 2013), přičemž nahradíme míru návratnosti a pravděpodobnost selhání kreditní přírážkou převzatou ze swapu úvěrového selhání (dále CDS – credit default swap)². Právě tento tržní vstup totiž podrobíme bližšímu zkoumání v empirické části článku. Pro zjednodušení předpokládáme plochou CDS křivku, přičemž kreditní přírážky protistrany a investora označíme s_p a s_I . Poslední novou veličinou je $NE(t)$, která reprezentuje expozici z pohledu protistrany, tedy zápornou hodnotu expozice, v čase t . Tato hodnota je

1 V této úvaze abstrahujeme od transakčních nákladů spojených s uzavřením derivátu.

2 Swap úvěrového selhání je finanční derivát sloužící k přenosu či zajištění úvěrového rizika. Kreditní přírážka swapu (také prémie) je sazba, jež kupující strana platí za toto zajištění.

spočtena jako $\min(V(t), 0)$. Při výše uvedeném značení lze dvoustranné CVA (BCVA) formálně z pohledu investora vyjádřit následovně:

$$BCVA = \int_0^T \mathbb{E}^Q [E(t) \cdot DF(t)] \cdot s_P \cdot dt + \int_0^T \mathbb{E}^Q [NE(t) \cdot DF(t)] \cdot s_I \cdot dt. \quad (3)$$

Platí, že pokud druhá složka v předchozím vztahu převládá, je výsledné BCVA záporné, tedy není pro investora nákladem, ale naopak benefitem.³ Záporné BCVA lze pozorovat zejména v situaci, kdy je u investora vyšší riziko selhání než u protistrany. Z případného benefitu může těžit zejména varianta derivátu sjednaného na dvoustranné bázi bez jakéhokoli kolaterálu. Naopak při vysoké míře zajištění (ať už z titulu dvoustranné dohody o kolaterálu, či maržového účtu u centrální protistrany) bude expozice, a tedy i hodnota rizika protistrany velmi nízká.

1.2 Náklady spojené se získáváním zdrojů

Druhým významným nákladem, který hraje roli při posouzení efektivnosti jednotlivých typů sjednání obchodu, jsou náklady na získávání zdrojů. Tyto náklady jsou spojeny s častým požadavkem na zajištění expozice derivátových obchodů pomocí peněžního kolaterálu. To sice vede ke snížení či úplné eliminaci rizika protistrany, ale na druhou stranu klade na banky dodatečné náklady. Složený peněžní kolaterál je typicky úročen overnight index swap (OIS) sazbou. Finanční instituce se nejsou schopny za tuto sazbu financovat na trhu a chtějí-li získat dodatečné zdroje, musí připlatit zdrojovou přírážku, což má významné dopady i do samotného oceňování derivátů (viz Bianchetti, 2008). Právě zdrojová přírážka představuje dodatečný náklad.

První typ těchto nákladů je spojen s počáteční marží, která se vyskytuje u obchodů uzavřených prostřednictvím centrální protistrany. Pro každý uzavřený obchod je investor povinen složit marži, která je odvozena jako určité procento nominální hodnoty obchodu. Tuto částku je potřeba na maržovém účtu držet až do doby splatnosti obchodu, byť s blížícím se datem splatnosti derivátu může požadavek na marži klesat.

Označíme-li S_F zdrojovou přírážku, tedy rozdíl mezi úrokovou sazbou placenou za zdroje a úrokovou sazbou obdrženou za složenou marži, N označuje nominální hodnotu sjednaného obchodu, F je zlomek nominální hodnoty, který je nutné držet v podobě počáteční marže a T je splatnost derivátu v letech. Potom lze náklady na držení počáteční marže zapsat

$$IM = \int_0^T F(t) \cdot N \cdot DF(t) \cdot s_F \cdot dt. \quad (4)$$

Jak již bylo zmíněno, náklady na udržování počáteční marže jsou velmi významné především u derivátů sjednaných u centrálních protistran.

3 O možnosti zpeněžení benefitu rizika protistrany se v literatuře vede diskuse, např. (Gregory & German, 2012).

Druhý typ nákladů na zdroje je podmíněný, protože je spojen s tržní hodnotou podkladového derivátu. Za standardních podmínek se nabízí úvaha, že tyto náklady vznikají v situaci, ve které je hodnota derivátu záporná, a tedy investor musí složit finanční kolaterál u protistrany. Tržní praxe však zaujala postoj opačný. Vychází se z úvahy, kdy investor řídí nejen riziko protistrany, ale i riziko tržní. Potom tedy nutně obchod uzavřený s protistranou je zajištěn jiným obchodem opačným, přičemž tyto zajišťovací obchody se typicky sjednávají u velkých hráčů, např. investičních bank. Od poslední finanční krize v roce 2008 je u mezibankovních obchodů vyžadována dohoda o kolaterálu (tzv. credit support annex – CSA). Důsledkem je, že náklady na zdroje z titulu tržní hodnoty obchodů jsou spojeny s nekolateralizovanými obchody a to v případě, kdy má tržní cena derivátu kladnou hodnotu. Protože zde, podobně jako u BCVA, existuje jistá symetrie, i v tomto případě může vznikat přínos pro investora. Ten totiž může z titulu složeného kolaterálu naopak získat zdroje za nižší cenu, než za jakou by je získal na trhu.

Mírou výše popsáných nákladů a přínosů je FVA, jehož odvození se věnují Piterbarg (2010) a Burgard & Kjaer (2013). S využitím dříve definovaného značení zapíšeme FVA následovně:

$$FVA = \int_0^T \mathbb{E}^Q [E(t) \cdot DF(t)] \cdot s_F \cdot dt + \int_0^T \mathbb{E}^Q [NE(t) \cdot DF(t)] \cdot s_F \cdot dt. \quad (5)$$

První výraz ve vzorci pro FVA vyjadřuje náklady na zdroje, druhý možné přínosy.

Vzhledem k tomu, že v počítáme jak s BCVA, tak s FVA, musíme se vyvarovat dvojímu započtení přínosu z rizika protistrany a z FVA (Burgard & Kjaer 2011). Dvojímu započtení lze zamezit tím, že přínos z FVA stanovíme pouze ve výši, která ještě nebyla zohledněna při výpočtu rizika protistrany. Uvažujeme tedy tzv. konzistentní FVA, které označíme FVA_C a které ve druhém výrazu uvádí pouze dodatečné náklady z rozdílu zdrojové přírážky a výše CDS spreadu investora označeného :

$$FVA_C = \int_0^T \mathbb{E}^Q [E(t) \cdot DF(t)] \cdot s_F \cdot dt + \int_0^T \mathbb{E}^Q [NE(t) \cdot DF(t)] \cdot (s_F - s_I) \cdot dt. \quad (6)$$

Nejnižší FVA_C můžeme očekávat v případě vysokého zajištění obchodu, tedy buď v případě dvoustranného kolateralizovaného obchodu, či obchodu sjednaného prostřednictvím centrální protistrany. U nekolateralizovaného derivátu na druhé straně může investor těžit z benefitu při záporné expozici.

1.3 Náklady na kapitál

Třetí a poslední položkou, kterou bereme v úvahu, jsou náklady spojené s dodatečnými kapitálovými požadavky plynoucími ze sjednaného obchodu. Protože je naším cílem posoudit výhodnost jednotlivých variant sjednání, bereme v úvahu pouze požadavky, které jsou v analyzovaných variantách sjednání odlišné. Jedná se konkrétně o dva kapitálové požadavky – vůči úvěrovému riziku a vůči úpravě ocenění o úvěrové riziko (tzv. CVA Capital Charge). Možností rozšíření oceňovacího rámce derivátů o složku kapitálu se blíže zabývají Dennis, Green, & Kenyon (2014), kteří však zohledňují i požadavek za tržní riziko.

První z kapitálových požadavků, tedy požadavek vůči úvěrovému riziku, byl obsažen v regulaci již před proběhlou finanční krizí. Jeho cílem je zachytit ztráty vzniklé při selhání protistrany a sestává ze dvou složek – expozice a rizikové váhy. Jejich vynásobením dostaneme rizikovou expozici, kterou je potřeba z určitého procenta krýt kapitálem. Regulace dává bankám k dispozici několik metod výpočtu expozice a stanovení rizikových vah (BCBS, 2010).

Druhý kapitálový požadavek je tvořen vůči úpravě ocenění o úvěrové riziko. Jedná se o nový požadavek v Baselu III, který bezprostředně reaguje na finanční krizi. Jeho smyslem je vytvořit kapitálovou rezervu vůči ztrátám z titulu volatility CVA. BCBS (2014) uvádí, že během finanční krize byly až dvě třetiny ztrát spjatých s úvěrovým rizikem dány právě pohybem CVA. Regulatorní text dává finančním institucím k dispozici dvě metody stanovení rizikové expozice – pokročilou a standardizovanou metodu, přičemž deriváty uzavřené s centrální protistranou jsou z výpočtu vyloučeny. Obě metody vycházejí z konceptu value at risk.⁴

Pro účely naší analýzy nelze výši rizikových expozic přímo porovnávat s BCVA či náklady na zdroje. Je třeba nejprve dopočítat objem kapitálu, kterým je nutno rizikovou expozici krýt, a následně vzít v úvahu cenu kapitálu. Ta je dána požadovanou výnosovou mírou akcionáře sníženou o daň z příjmu.

Uvažujeme-li že výše rizikové expozice se v průběhu života derivátu mění (typicky klesá se zkracující se dobou do splatnosti), potom lze náklady spojené s kapitálovými požadavky vyjádřit následovně:

$$NK = \int_0^T \left(RE_{default}(t) + RE_{CVA}(t) \right) \cdot k \cdot \frac{s_K}{1-d} \cdot DF(t) \cdot dt, \quad (7)$$

kde $RE_{default}(t)$ a $RE_{CVA}(t)$ jsou rizikové expozice vůči úvěrovému riziku a úpravě ocenění v čase t , k označuje procento kapitálu vyžadované regulátorem k zajištění rizikové expozice, s_K je výnosnost požadovaná akcionářem a d reprezentuje procento daně z příjmu.

Z pohledu finanční instituce je u této složky nákladů jednoznačně klíčová volba metody výpočtu jednotlivých rizikových expozic. Ačkoli jsou pokročilé metody výpočtu spojeny s vyššími provozními náklady, většinou vedou k nižší rizikové expozici (banka je odměněna regulátorem za to, že přesněji modeluje riziko). Obecně platí, že s nejnižšími kapitálovými náklady je spojena varianta sjednání derivátu přes CCP.

2. Nákladové funkce jednotlivých variant sjednání derivátu

Pokud sečteme výše definované složky, dostaneme nákladovou funkci sjednání derivátu. Jak jsme již naznačili v úvodu článku, uvažujeme tři základní možnosti uzavření transakce. Platí, že optimální je ta varianta, která je spojena s nejnižšími náklady.

První z variant je bilaterální nekolateralizovaný derivát. Jedná se o derivát sjednaný na dvoustranné bázi bez jakékoli dohody o zajištění. Expozice v tomto případě

⁴ U pokročilé metody je value at risk model použit explicitně. Pro odvození vzorce standardizované metody z modelu value at risk viz Pykhtin (2012).

není snížena o kolaterál, což vede k vyššímu $BCVA$ a FVA_C . Na druhou stranu za jistých podmínek mohou přínosy u $BCVA$ a FVA_C převážít náklady a tyto složky mohou tedy nabýt záporné hodnoty. V této variantě současně nevzniká požadavek na složení počáteční marže, proto tato komponenta v nákladové funkci zcela chybí. Celkově lze náklady zapsat:

$$N_{BIL} = BCVA + FVA_C + NK_{BIL}. \quad (8)$$

Druhou možností je bilaterální kolateralizovaný derivát, tedy derivát sjednaný opět na dvoustranné bázi, ale tentokrát včetně dohody o zajištění (CSA). Záleží samozřejmě na parametrech této dohody, zejména na tzv. prahu. Pro zjednodušení uvažujme krajní případ s nulovým prahem, tedy takovou dohodu, která limituje expozici v maximální míře. Pokud předpokládáme nulovou expozici, potom jsou $BCVA$ a FVA_C také rovny nule⁵. Stejně jako v předchozí variantě ani zde nevzniká povinnost složit počáteční marži. Na druhou stranu kapitálové požadavky instituce stále existují (byť v omezené míře – pro odlišení náklady na kapitál této varianty značíme NK_{CSA} a výsledná nákladová funkce tak nabývá podoby:

$$N_{CSA} = NK_{CSA}. \quad (9)$$

Konečně třetí možností je centrálně vypořádaný derivát, tedy derivát sjednaný prostřednictvím centrální protistrany. V důsledku přísných podmínek pro zajištění rizika protistrany zde opět nevzniká expozice (tedy $BCVA$ a FVA_C jsou nulové), ale dochází zde až k jistému „přezajištění“, které je dané požadavkem na složení počáteční marže. Současně odpadá povinnost alokovat kapitál vůči volatilitě CVA a náklady na kapitál jsou oproti předchozím variantám nižší, zde označeny jako NK_{CCP} . Výsledné celkové náklady se rovnají:

$$N_{CCP} = IM + NK_{CCP}. \quad (10)$$

Před přistoupením ke srovnání jednotlivých variant uveďme, že ačkoli regulace bankovního sektoru směřuje k povinnosti využít vypořádání derivátů prostřednictvím centrálních protistran, my budeme pro účely analýzy uvažovat svobodnou možnost bank vybrat si libovolný způsob sjednání derivátu. To nám umožní kvantifikovat vedlejší náklady z případného plošného zavedení této povinnosti.

Při porovnání dvoustranného kolateralizovaného derivátu a derivátu vypořádaného u CCP dosahují kladná i záporná expozice hodnotu blízkou nule. Klíčovým kritériem pro rozhodnutí je, zda převáží náklady spojené s financováním počáteční marže nebo náklady spojené s kapitálovými požadavky. Sjednání derivátu prostřednictvím centrální protistrany bude výhodnější než bilaterální kolateralizovaný derivát při splnění následující podmínky:

$$IM < NK_{CSA} - NK_{CCP}. \quad (11)$$

5 V realitě i dohoda o kolaterálu s nulovým prahem může vést k nenulové expozici díky časovému zpoždění při dorovnání pozice. Od této věci dále abstrahujeme.

Většina z komponent výše uvedené nerovnice je dopředu dána či jen těžko ovlivnitelná investorem. Sazba daně z příjmu je dána právními předpisy. Zdrojová přírážka a cena kapitálu bude pro každého investora unikátní, ale sám investor tyto sazby zná a je pro něj obtížné je změnit. Pro stanovení kapitálového požadavku může investor zvolit jednu z dostupných metod výpočtu, do kterého vstupuje prostřednictvím ratingu úvěrová kvalita protistrany. V souhrnu tak velmi záleží na tom, v jaké výši je stanovena počáteční marže u zvolené centrální protistrany. Typicky je závislá na typu derivátu (podkladovém riziku, volatilitě, splatnosti atd.), proto se rozhodnutí může lišit pro jednotlivé typy derivátů.

Pro analýzu výhodnosti dvoustranného derivátu bez sjednané dohody CSA je klíčovou otázkou, zda přínos rizika protistrany převáží náklady, tedy zda $BCVA$ a FVA_C mohou nabýt záporné hodnoty. Obecně bude přínos rizika protistrany významný, pokud je úvěrové riziko investora vyšší než úvěrové riziko protistrany a pokud je očekávaná záporná expozice v absolutní hodnotě vyšší než očekávaná kladná expozice. Varianta bilaterálního obchodu bez CSA je oproti možnosti se sjednanou dohodou CSA výhodnější za následující podmínky:

$$BCVA + FVA_C < NK_{CSA} - NK_{BIL}. \quad (12)$$

Pokud vyjde varianta bez CSA jako výhodnější, je samozřejmě potřeba její nákladovost ještě porovnat s derivátem vypořádaným centrálně. Tímto postupem dospějeme k optimálnímu rozhodnutí.

3. Analýza nákladů sjednání úrokového swapu

V této části článku přistoupíme k praktickému výpočtu jednotlivých složek nákladů. Vztahy uvedené v předchozím textu aplikujeme na tři úrokové swapy s jistinou 1 mil. EUR a různými splatnostmi – tři, pět a sedm let. Nejdříve se zaměříme na citlivostní analýzu kreditních přírážek investora a protistrany a v závěru aplikujeme model na historické pozorované ceny swapů úvěrového selhání. Porovnáváme dvě krajní varianty – tedy dvoustranný derivát, sjednaný bez dohody o kolaterálu, a derivát sjednaný prostřednictvím centrální protistrany. Zbývající možnost, tedy dvoustrannou kolateralizovanou dohodu, nebudeme dále analyzovat zejména proto, že parametry jednotlivých dohod o kolaterálu mohou být velmi rozdílné a je tedy vhodné je posuzovat individuálně.

3.1 Použité vstupní proměnné

Prvním krokem je stanovení budoucí hodnoty expozice, tedy částky, o kterou může investor v budoucnosti přijít. Je třeba odlišit expozici stanovenou pro účely BCVA a FVA a pro účely stanovení kapitálových požadavků.

Expozici pro účely BCVA a FVA odhadneme v souladu s tržní praxí pomocí Monte Carlo simulací (Deloitte, 2013). Celkem provedeme 1 000 simulací, přičemž v každé

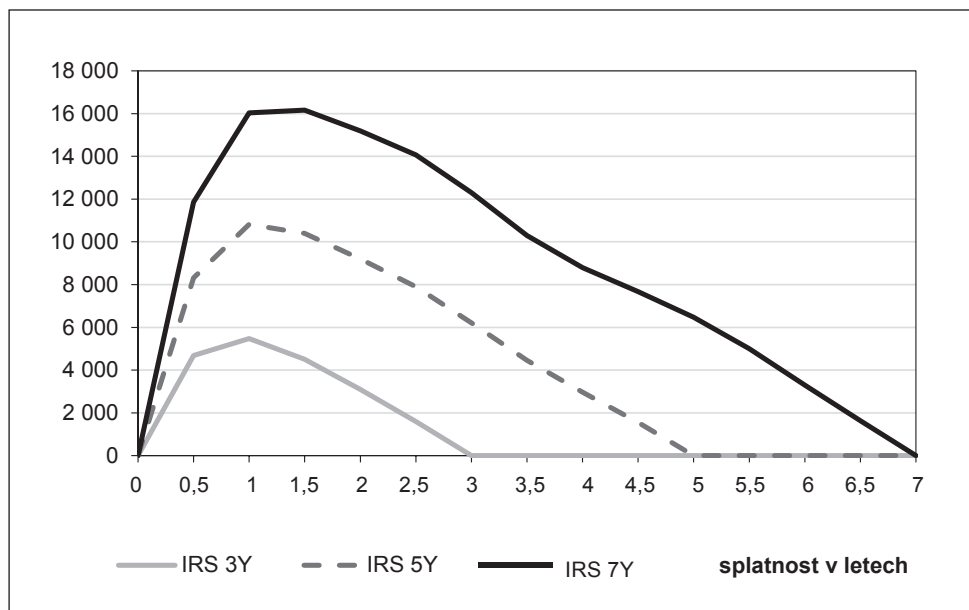
z nich uvažujeme 14 kroků o délce šest měsíců, tedy až do časového horizontu sedmi let. Vygenerujeme budoucí možné stavy relevantních tržních cen, kterými jsou v našem případě úrokové sazby. Pro jednoduchost budeme uvažovat pouze plochou výnosovou křivku, která bude k datu výpočtu vždy odpovídat sazbě 2 %. Pro modelování dalšího vývoje sazby využijeme Vašíčkův model, podle kterého se dynamika krátkodobých úrokových sazby řídí následující stochastickou diferenciální rovnicí, viz Vasicek (1997):

$$dr_t = (\theta - ar_t)dt + \sigma dw_t, \quad (13)$$

kde θ je dlouhodobá rovnovážná úroková sazba, α je rychlost konvergence k této sazbě a σ je volatilita. Jedná se o konstantní parametry modelu. w_t značí Wienerův proces. V našem případě uvažujeme rovnovážnou sazbu na úrovni výchozího stavu, tedy 2 %, a volatilitu odvozujeme od denní volatility mezibankovní sazby EURIBOR se splatností tři měsíce. Využití tohoto základního modelu úrokových sazeb považujeme vzhledem k předpokladu ploché výnosové křivky a analýze pouze jednoduchého typu úrokového derivátu za adekvátní.

Vygenerované úrokové sazby použijeme jako vstup do výpočtu hodnoty derivátů, která je dána současnou hodnotou budoucích peněžních toků (Hull, 2011). Dle rovnice (1) poté spočteme pro každou jednotlivou simulaci expozici. Střední hodnota kladné expozice, rovněž označovaná jako očekávaná expozice (viz Canabarro & Duffie, 2003), která se později využije ve výpočtu CVA a FVA, je zobrazena na obrázku 1.

Obrázek 1 | Očekávaná expozice jednotlivých úrokových derivátů v EUR



Zdroj: vlastní výpočty

Ke stanovení očekávané expozice pro regulační výpočty využijeme metodu tržního ocenění, která očekávanou budoucí expozici odhaduje vynásobením jistiny derivátu definovaným koeficientem.

Pro další vstupy přijmeme následující předpoklady:

- Rizikové expozice vůči úvěrovému riziku a úpravě úvěrového ocenění jsou stanoveny pomocí standardizovaného přístupu, tedy nejjednoduššími dostupnými metodami. Větší finanční instituce mají přístup i ke složitějším metodám výpočtu, které obecně vedou spíše k nižším rizikovým expozicím.
- K dodržení regulačních požadavků je třeba alokovat kapitál ve výši 10,5 % součtu všech rizikových expozic.⁶
- Náklady na kapitál předpokládáme ve výši 10 %⁷ a daň z příjmu je 19 %.
- Stanovení počáteční marže je závislé na požadavcích konkrétní centrální protistrany. Vzhledem k tomu, že se jedná o veličinu s významným dopadem na konečné rozhodnutí, je vhodné posoudit podmínky jednotlivých centrálních protistran individuálně podle typu sjednaného derivátu. My vycházíme z regulátorem doporučené minimální počáteční marže (BCBS, 2015), která je odvozena od durace úrokového derivátu.
- Rating protistrany považujeme za neměnný a odpovídající stupni BBB, což dle (BCBS, 2010) implikuje váhu pro výpočet kapitálového požadavku k úpravě ocenění ve výši $w = 1\%$.
- Zdrojovou sazbu investora S_F odvozujeme od jeho kreditního spreadu navýšením spreadu o 5 bazických bodů.
- S_F
- Pro jednoduchost dále předpokládáme nulovou míru návratnosti.

Pro zbývající vstupy (jedná se o kreditní spready investora a protistrany) provedeme podrobnější analýzu v následující kapitole.

3.2 Vliv kreditního spreadu investora a protistrany na výši nákladů

Kreditní přírážky investora (S_I) i protistrany (S_P) mají vliv na hodnotu rizika protistrany (BCVA), (S_I) vedle toho také dopadá na výši nákladů na zdroje (FVA_C a IM). Pokud vyjdeme z předpokladů pro zbylé vstupní parametry, které byly rozepsány v předchozí kapitole, a považujeme je za neměnné, potom je vztah mezi celkovou hodnotou nákladů a kreditními přírážkami lineární. To nám umožňuje zapsat náklady, vymezené obecně v rovnicích (8) a (10), jako lineární funkce proměnných (S_I) a (S_P):

6 Základní požadavek 8 % je třeba dle BCBS (2010) o bezpečnostní kapitálovou rezervu o výši 2,5 %. Proticyklickou kapitálovou rezervu a kapitálovou rezervu ke krytí systémového rizika v našem výpočtu uvažujeme nulovou.

7 Jinými slovy uvažujeme průměrnou dividendu společnosti zhruba v této výši.

$$N_{BILL}(s_p, s_I) = (bcva_0 + a \cdot s_p + b \cdot s_I) + (fva_0 + c \cdot s_I) + nk_0^{bill}. \quad (14)$$

$$N_{CCP}(s_I) = (im_0 + d \cdot s_I) + nk_0^{ccp}. \quad (15)$$

Rovnice (14) definuje náklady varianty derivátu sjednaného na dvoustranném základě, které jsou závislé na kreditních spreadech investora i protistrany. Rovnice (15) potom vymezuje náklady při sjednání obchodu prostřednictvím CCP, ty jsou závislé pouze na přírážce investora. Parametry rovnic s indexem 0 určují úroveň jednotlivých komponent při nulové hodnotě obou spreadů a parametry a , b , c a d jsou koeficienty lineárních závislostí jednotlivých složek na kreditní přírážce.

Jednotlivé parametry byly dopočítány pro případ analyzovaných typů derivátů, tedy úrokových swapů se splatností tři, pět a sedm let, a jsou shrnuty v tabulce 1.

Tabulka 1 | Shrnutí dopočtených parametrů pro vztahy (14) a (15)

Typ derivátu	a	b	c	d	$bcva_0$	fva_0	im_0	nk_0^{bill}	nk_0^{ccp}
IRS 3Y	0,94	-0,86	0,94	3,92	0	0,4	19,6	127,6	22,2
IRS 5Y	2,97	-2,77	2,97	7,71	0	1,0	38,56	301,0	43,6
IRS 7Y	6,11	-5,69	6,11	15,29	0	2,1	76,5	961,1	89,0

Poznámka: Jednotkou pro proměnné S_I a S_p byl zvolen jeden bazický bod, tedy 0,0001.

Legenda: a , b , c , d jsou koeficienty lineárních závislostí jednotlivých složek na kreditní přírážce. Ostatní parametry vyjadřují hodnotu dané komponenty při nulovém kreditním spreadu.

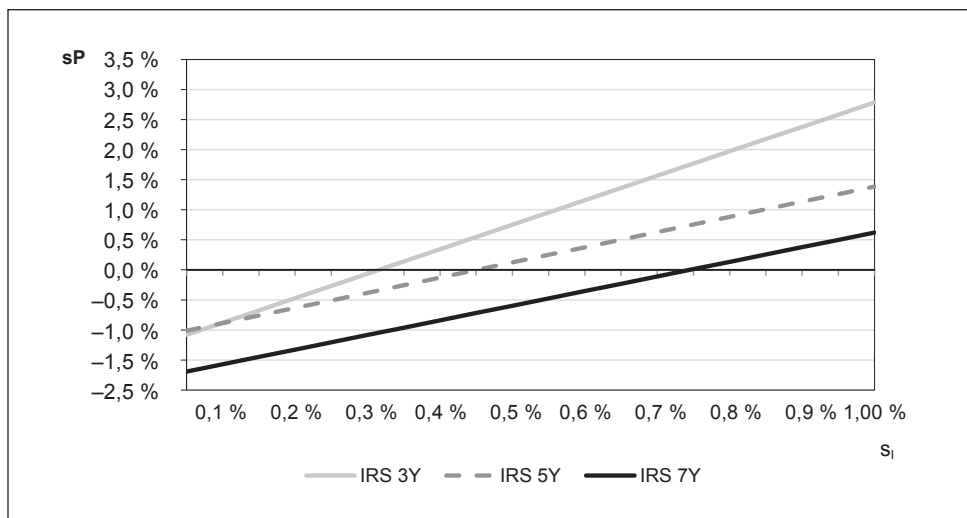
Zdroj: vlastní výpočty

Výše uvedené parametry využijeme ke stanovení tzv. kritické pravděpodobnosti defaultu protistrany⁸. Jedná se o takovou pravděpodobnost, při které je investor indiferentní vůči způsobu sjednání derivátu – obě varianty jsou tedy stejně nákladné. Obrázek 2 ukazuje kritickou pravděpodobnost defaultu protistrany spočtenou pro různé pravděpodobnosti selhání investora.

Kritickou pravděpodobnost defaultu lze interpretovat jako pomyslný bod rovnováhy mezi oběma krajními variantami sjednání derivátu. S tímto bodem je vhodné srovnat reálnou PD protistrany v derivátovém kontraktu a podle tohoto srovnání může investor učinit rozhodnutí o optimální variantě. Pokud je reálná PD vyšší než kritická PD, je výhodnější sjednat derivát prostřednictvím centrální protistrany, v opačném případě je výhodnější dvoustranná dohoda. Toto zdůvodnění vychází z analýzy jednotlivých složek nákladů. Pouze náklady dvoustranné dohody jsou totiž závislé na pravděpodobnosti selhání protistrany a při vyšší PD tyto náklady rostou.

8 Obdobný přístup využil ve své práci také Pahalok (2015).

Obrázek 2 | Kritická pravděpodobnost defaultu



Zdroj: vlastní výpočty

V krajní situaci, kdy je kritická pravděpodobnost záporná, je vždy výhodnější sjednání derivátu prostřednictvím CCP. Reálná PD totiž z definice být záporná nemůže, a proto bude vždy vyšší. Například u pětiletého úrokového swapu tato situace nastává, pokud je pravděpodobnost selhání investora menší než 0,45 %. Investor s takto vysokou kredibilitou proto bude vždy preferovat centrálně vypořádaný derivát. Dalším důležitým bodem je situace, kdy se kritická PD rovná pravděpodobnosti selhání investora. V tomto případě je výhodné deriváty s kredibilnějšími protistranami sjednat na bilaterální bázi a ostatní deriváty prostřednictvím CCP. Na základě spočtených dat rovněž můžeme učinit zobecňující závěr, že s rostoucí splatností derivátu roste i výhodnost centrálního vypořádání. Bod, kdy křivka kritické pravděpodobnosti protíná osu x, se pro deriváty s delší splatností posouvá doprava a zároveň klesá sklon křivky.

3.3 Aplikace na historické časové řady

V poslední části článku aplikujeme výše uvedený postup na historická tržní data z trhu kreditních derivátů. Naším cílem bylo pokrýt časové období nastupující finanční krize i následujícího zklidnění na finančních trzích, proto jsme použili časovou řadu od poloviny roku 2008 až do konce roku 2016. Pro výpočet jsme zvolili kompozitní indexy iTraxx se splatností 5 let, konkrétně iTraxx Europe, iTraxx Europe Crossover a iTraxx Europe Senior Financials⁹. Každý z těchto indexů sestává z protistran s vybranými podobnými znaky – mohou se lišit ratingem, odvětvím či regionem. Zvolené indexy zahrnují pouze

⁹ Jednotlivé indexy jsou definovány například na internetových stránkách společnosti IHS Markit, dostupné z: <https://ihsmarkit.com/products/markit-ittrax.html>

protistrany z evropského kontinentu. iTraxx Europe Senior Financial potom sestává pouze z finančních institucí. Tabulka 2 shrnuje rozdělení protistran obsažených v indexu podle ratingového stupně a obrázek 3 potom zobrazuje historické uzavírací ceny jednotlivých indexů.

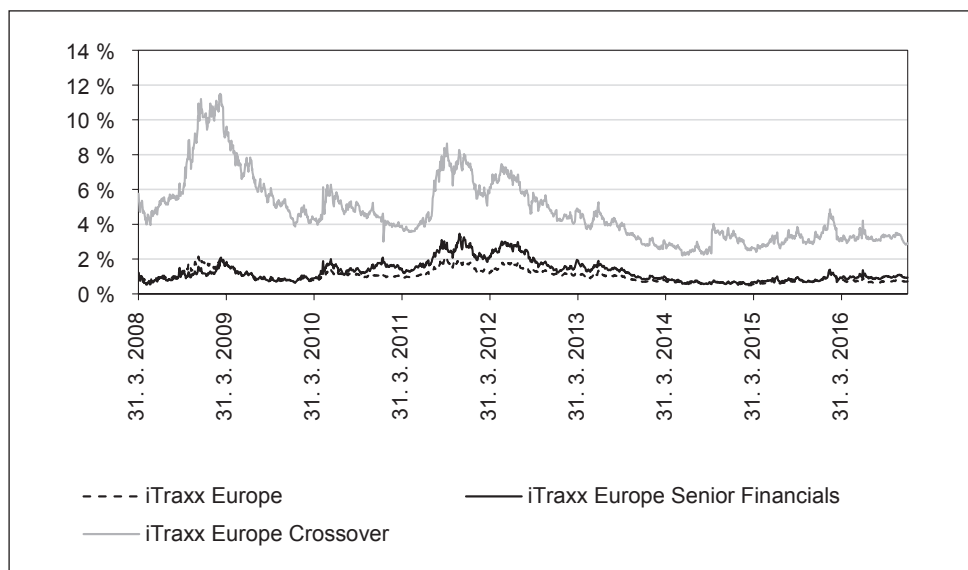
Tabulka 2 | Rozdělení společností v indexu dle ratingového hodnocení

Ratingový stupeň	iTraxx Europe	iTraxx Europe Crossover	iTraxx Europe Senior Financials
AA+/AA/AA-	8	0	6
A+/A/A-	44	0	14
BBB+/BBB/BBB-	67	7	8
BB+/BB/BB-	0	29	0
B+/B/B-	0	13	0
WR	1	1	1
bez ratingu	5	22	1
Celkem	125	72	30
Průměrný rating*	A	BB+	A

Poznámka (*): při jsme z výpočtu vyloučili společnosti bez ratingu

Zdroj: Thomson Reuters, vlastní výpočty

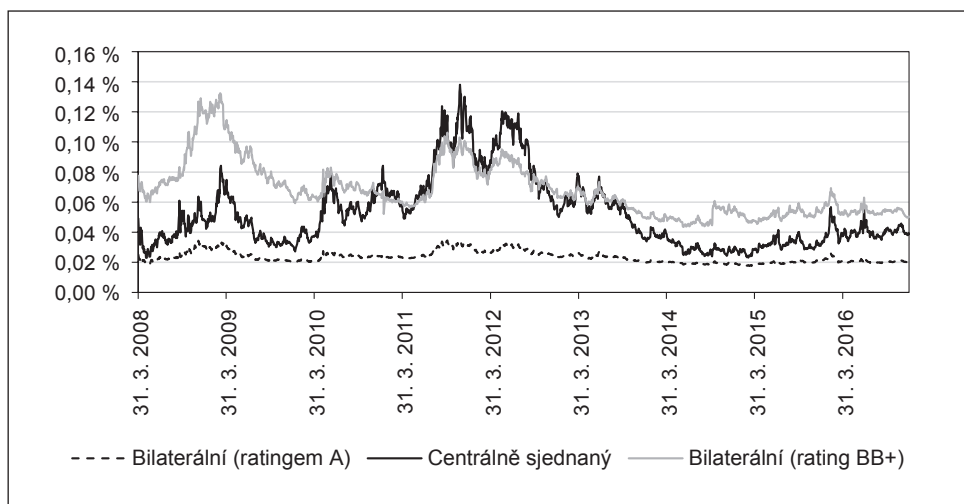
Obrázek 3 | Historická data indexů iTraxx



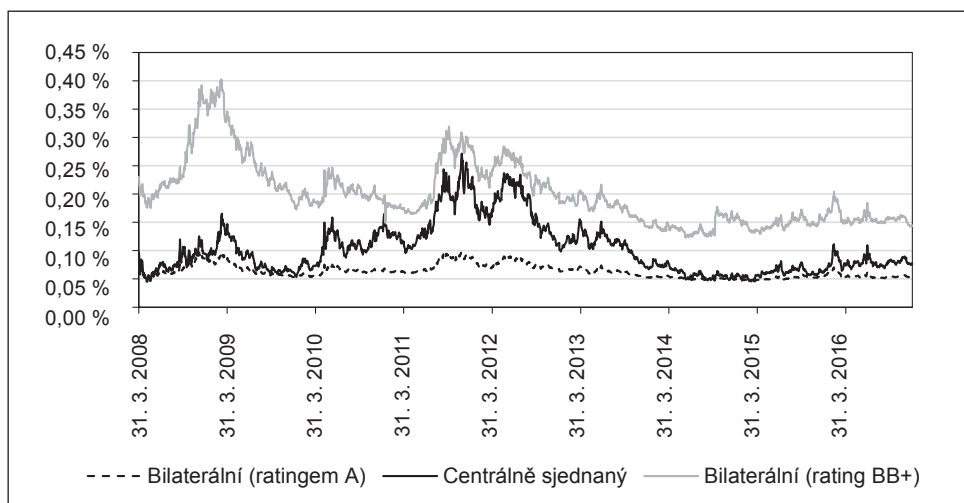
Zdroj: Thomson Reuters, vlastní výpočty

Vývoj jednotlivých indexů byl samozřejmě různý v časech finanční krize a v klidném období po skončení krize. Zejména v druhé polovině roku 2008 a v roce 2009 můžeme pozorovat významné rozšíření rozpětí mezi Europe a Europe Crossover indexem, kdy v tomto období byly oba indexy od sebe vzdáleny v průměru o více jak 600 bazických bodů. Maximální hodnoty Europe Crossover indexu pak dosahovaly až výše kreditního spreadu přes 11 %. Oproti tomu v klidnějším období od roku 2013 byl Crossover index v průměru vyšší pouze o 250 bazických bodů. Index finančních institucí se dostal na nejvyšší hodnoty v letech 2011 a 2012 v souvislosti s dluhovou krizí jižního křídla eurozóny. V tomto období dosahoval hodnoty přes 300 bazických bodů.

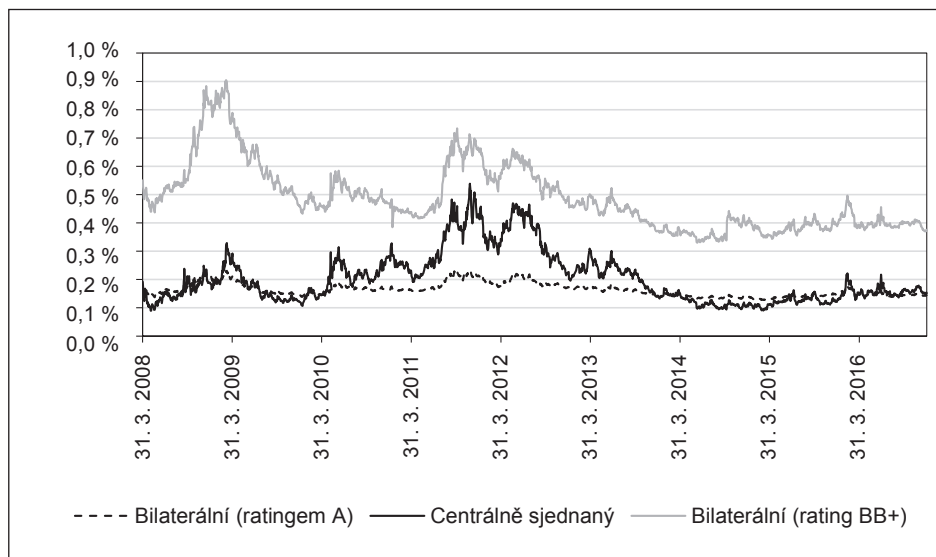
Obrázek 4a | Úrokový swap se splatností 3 roky



Obrázek 4b | Úrokový swap se splatností 5 let



Obrázek 4c | Úrokový swap se splatností 7 let



Zdroj: vlastní výpočty

Index iTraxx Europe Senior Financials využijeme jako zástupnou proměnou pro kreditní spread investora. Kreditní spread protistrany potom uvažujeme ve dvou variantách – protistrana s nízkým stupněm úvěrového rizika (iTraxx Europe) a protistrana s vysokým stupněm úvěrového rizika (iTraxx Europe Crossover). Pro ostatní vstupy uvažujeme stejné předpoklady jako v předchozím výpočtu kritické pravděpodobnosti, přičemž opět zkoumáme úrokové swapy s různou dobou splatnosti (výjimkou jsou rizikové váhy použité ve výpočtu kapitálových požadavků – zde zohledníme „průměrný“ rating přiřazený jednotlivým indexům). Výsledky našeho výpočtu jsou shrnuty v obrázcích 4a, 4b a 4c, přičemž výši nákladů jsme vyjádřili procentem z jistiny derivátu.

Spočtené hodnoty podávají dobrý přehled o úrovních nákladů realizovaných v průběhu finanční krize i mimo ni. Náklady na uzavření obchodu na bilaterální bázi se významně lišily podle úvěrové kvality protistrany, kdy sjednat derivát s protistranou s ratingem BB+ bylo v průměru zhruba třikrát dražší než s protistranou mající ratingový stupeň A, což potvrzuje naše předpoklady. Sjednání prostřednictvím centrální protistrany se naopak ukázalo jako velmi citlivé na aktuální výši kreditní přírážky investora. To je patrné zejména v období dluhové krize v Evropě (2011–2012), kdy náklady na centrální vypořádání dosahovaly nejvyšších hodnot. Na základě pozorovaných výsledků lze pronést určité zobecňující závěry. Pokud je protistranou společnost s podobným, či dokonce lepším ratingem než má investor, je spíše výhodné sjednat derivát na bilaterální úrovni. Toto pravidlo může pozbyť platnosti v časech krize, zejména u úrokových derivátů s delší splatností. Důvodem je, že delší splatnost znamená vyšší časové riziko, a tedy i nejistotu. Naopak je-li protistranou společnost s výrazně horším ratingovým ohodnocením, je

výhodnější sjednat derivát přes centrální clearing. U derivátů s kratší splatností nelze toto tvrzení formulovat již tak silně. Toto tvrzení potvrzuje fakt, že u derivátů s kratší dobou do splatnosti existuje menší pravděpodobnost selhání protistrany během života derivátu (tedy menší nejistota je spojena s časovým rizikem).

Závěr

V důsledku změn na finančních trzích souvisejících s rizikem protistrany se z ocenění základního úrokového swapu stala netriviální úloha. Z pohledu finanční instituce je důležité nejen správně přistoupit k ocenění derivátů, ale zároveň aplikovat oceňovací postupy při finančním řízení. Tento článek přináší podrobnou teoretickou i empirickou analýzu optimálního rozhodování při výběru způsobu sjednání derivátu, a to za podmínky nutnosti plnění regulačních požadavků Basel III a při existenci rizika protistrany.

V článku bylo odvozeno pravidlo pro volbu optimální varianty. Z pohledu vstupů jsou nejdůležitější výše počáteční marže u centrálních protistran, vybraná metoda výpočtu regulačního rizikové expozice, výše kreditní přírážky investora a protistrany a typ derivátu. Dále jsme se zaměřili na studium úrokových derivátů, konkrétně swapů s různou dobou splatnosti. Možnou oblastí budoucího výzkumu je rozšíření empirické analýzy o další typy derivátů.

Z výsledků vyplývá výhodnost vypořádání prostřednictvím centrální protistrany v případě, že finanční instituce je vysoce kredibilní. To je částečně dáno dodatečnými regulačními požadavky na kapitál, s jehož držbou jsou spojeny další náklady. Naopak u finančních institucí s vyšším vlastním rizikem selhání může být výhodnější sjednání derivátového obchodu na dvoustranné bázi. Klíčovým kritériem je zde pravděpodobnost selhání protistrany. Při citlivostní analýze se podařilo prokázat, že způsob centrálního vypořádání obchodu získává navrch s rostoucí dobou do splatnosti sjednávaného derivátu. Podstatnou částí výzkumu je výpočet založený na historicky pozorovaných tržních cenách indexů CDS. Potvrzuje se, že je-li protistrana méně kredibilní než investor, je u derivátů se splatností pět a sedm let výhodnější centrální vypořádání, a to v časech krize i mimo ni. U derivátu s kratší splatností toto tvrzení neplatilo v období dluhové krize eurozóny, kdy kreditní přírážky evropských bankovních institucí dosahovaly historicky nejvyšších hodnot.

Literatura

- BCBS (2005). *The Application of Basel II to Trading Activities and the Treatment of Double Default Effects*. Basel: Bank for International Settlements. ISBN 92-9131-682-2’.
- BCBS (2010). *Basel III: A Global Regulatory Framework for More Resilient Banks and Banking System*. Basel: Bank for International Settlements Communications. ISBN 92-9131-859-0.
- BCBS (2015). *Margin Requirements for Non-centrally Cleared Derivatives*. Basel: Bank for International Settlements. ISBN 978-92-9197-065-0.
- Bianchetti, M. (2008). *Two Curves, One Price: Pricing & Hedging Interest Rate Derivatives Decoupling Forwarding and Discounting Yield Curves*, <https://doi.org/10.2139/ssrn.1334356>

- Brigo, D., Morini, M., Pallavicini, A. (2013). *Counterparty Credit Risk, Collateral and Funding: With Pricing Cases for All Asset Classes*. New York: Wiley Finance. ISBN 978-0-470-74846-6.
- Burgard, C., Kjaer, M. (2011). In the Balance. *Risk* (November), 72–75, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1785262>
- Burgard, C., Kjaer, M. (2013). Funding Costs, Funding Strategies. *Risk*, 82–87, <http://doi.org/10.2139/ssrn.2027195>
- Canabarro, E., Duffie, D. (2003). Measuring and Marking Counterparty Risk, in Tilman, Leo M., ed., *Asset/Liability Management of Financial Institutions*. London: Euromoney Books Nestor House, pp. 122–134.
- Deloitte (2013). *Counterparty Risk and CVA Survey*. Dostupné z: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/lu/Documents/risk/dtt_en_counterpartyriskcvasurvey_06032013.pdf
- Green, A. D., Kenyon, C., Dennis, C. R. (2014). KVA: Capital Valuation Adjustment. *Risk*, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2400324>
- Gregory, J. (2012). *Counterparty Credit Risk and Credit Value Adjustment: A Continuing Challenge for Global Financial Markets*. USA: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-118-31666-5.
- Gregory, Jon and German, Ilya, Closing Out the DVA Debate (September 27, 2012), <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2790204>
- Paholok, I. (2015). Credit Value Adjustment and Economic Motivation to Trade on PXE. *Prague Economic Papers*, 24(03), 245–259, <https://doi.org/10.18267/j.ppep.517>
- Piterbarg, V. (2010). Funding Beyond Discounting: Collateral Agreements and Derivatives Pricing. *Risk*, 23(2), 97–102.
- Pykhtin, M. (2012). Model Foundations of the Basel III Standardized CVA Charge. *Risk* 25(7), 60–66.
- Vasicek, O. (1977). An Equilibrium Characterization of the Term Structure. *Journal of Financial Economics*, 5(2), 177–188, [https://doi.org/10.1016/0304-405x\(77\)90016-2](https://doi.org/10.1016/0304-405x(77)90016-2)
- Zhu, S. and Pykhtin, M. (2007). A Guide to Modelling Counterparty Credit Risk. *GARP Risk Review*, 16–22, <https://ssrn.com/abstract=1032522>