

50 Shades of Discounting

Diskontering af derivatbetalinger i teori og praksis

Brøgger, Søren Bundgaard

Document Version
Final published version

Published in:
Finans/Invest

Publication date:
2017

License
Unspecified

Citation for published version (APA):
Brøgger, S. B. (2017). 50 Shades of Discounting: Diskontering af derivatbetalinger i teori og praksis. *Finans/Invest*, (4), 18-23.

[Link to publication in CBS Research Portal](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us (research.lib@cbs.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Download date: 02. Jul. 2025



50 Shades of Discounting: Diskontering af derivatbetalinger i teori og praksis

Søren Bundgaard Brøgger

Journal article (Publisher's version)

CITE: 50 Shades of Discounting : Diskontering af derivatbetalinger i teori og praksis. / Brøgger, Søren Bundgaard. In: *Finans/Invest*, No. 4, 08.2017, p. 18-23.

Uploaded to [Research@CBS](#): March 2018

50 Shades of Discounting

– diskontering af derivatbetalinger i teori og praksis

Det er velkendt, at derivatbetalinger, f.eks. i rente- og valutaswaps, skal diskonteres på en kurve, som reflekterer det underliggende kollateral og renten, hvormed det finansieres. I virkeligheden er det vanskeligt for slutbrugerne (pensionskasser, virksomheder m.fl.) at gennemskue, hvorledes fremtidige betalinger diskonteres, idet de teoretisk korrekte kurver ofte er baseret på illikvide eller ikke-handlede instrumenter. Denne artikel samler trådene og sætter teori og praksis op mod hinanden.

AF FORFATTER



Ph.d. studerende **Søren Bundgaard Brøgger**, CBS
E-mail: sbb.fi@cbs.dk

Søren Bundgaard Brøgger er ph.d.-studerende ved Center for Financial Frictions (FRIC) på CBS. Søren har tidligere været senior dealer i Danske Bank Markets.

Introduktion

Markederne for OTC-derivater har over de seneste år gennemgået en række radikale forandringer med vidtrækkende implikationer for prising og afdækning af risiko. Denne artikel omhandler et aspekt, som vedrører stort set alle derivatkontrakter: diskontering af fremtidige betalinger. Langdaterede derivater med stor markedsværdi har særlig stor diskonteringsfølsomhed; som eksempel kan nævnes pensionskassernes swapporteføljer med høje faste kuponer relativt til det nuværende lave renteniveau.

Bankerne besidder *de facto* en høj grad af diskretion i konstruktionen af diskonteringskurver, eftersom de teoretisk korrekte ”byggeklodser” i mange tilfælde er illikvide eller slet ikke handlede. Dette har ledt til flere uoverensstemmelser mellem bankerne og deres modparter, ofte i forbindelse med termineringer, ændringer af kollateralaftaler og ved udskiftning af bankmodpart (”novations”). Et typisk scenarie er en pensionskasse, som ønsker at tage profit på en langdateret swap og opdager, at den har mindre til gode end antaget, fordi banken diskonterer betalingerne på en højere rente end forventet.¹

I artiklen gennemgår jeg diskonteringen af derivatbetalinger under forskellige kollateralaftaler, i teori såvel som i praksis, under hensyntagen til likviditeten i de underliggende markeder og andre udfordringer, såsom negative renter og ”leverage ratio”-kravet, som gør visse typer af sikkerhedsstillelse dyrere for

bankerne. Slutteligt gennemgår jeg et realistisk eksempel – terminering af en lang renteswap med markedsværdi – som viser, hvad der er på spil, og hvor stor forskellen i værdi kan være på tværs af forskellige diskonteringskurver.

Lad mig indledningsvis introducere de grundlæggende begreber: diskonteringsfaktorer, diskonteringskurver og diskonteringsfølsomhed.

Diskonteringsfaktoren $D(t, T)$ svarende til et fremtidigt tidspunkt T repræsenterer som bekendt nutidsværdien, set ud fra tidspunkt t , af en betaling, som modtages på tidspunkt T . Jeg forudsætter gennem hele artiklen, at alle betalinger er fuldt kollateraliserede, dvs. at der stilles sikkerhed mod markedsværdien af fremtidige betalinger gennem en CSA² eller en tilsvarende kollateralaftale. Eksistensen af en kollateralaftale betyder, at diskonteringskurven i en given valuta er uafhængig af derivatmodpartens kreditkvalitet; den afhænger alene af det underliggende kollateral og den sats, hvormed det forrentes. Dette princip kaldes somme tider ”kollateralkonsistent diskontering” eller blot ”CSA-diskontering”, og den underliggende logik er velbeskrevet i litteraturen, se f.eks. Linderstrøm og Rasmussen (2011) her i Finans/Invest.

Diskonteringskurven er udspændt af diskonteringsfaktorerne svarende til alle fremtidige tidspunkter og repræsenteres typisk i form af nul kuponrenter $r(t, T)$, således at:³

$$r(t, T) = -\frac{\log D(t, T)}{T-t}$$

I praksis består en diskonteringskurve af et begrænset antal ”knodepunkter” $r_i = r(t, T_i)$, $i=1, \dots, n$, som er udspændt af et tilsvarende antal handlede instrumenter, ”hedging-instrumenterne”. De relevante instrumenter i kurvekonstruktionen er bestemt af den underliggende kollateralaftale som beskrevet i næste afsnit.

Diskonteringsfølsomheden, benævnt Δ_{disk} , for en given portefølje repræsenteres ved en *delta vektor*, som viser ændringen i nutidsværdi ved en ændring på ét basispunkt i hver af r_i ’erne:

1. Becker (2015) beretter eksempelvis om, hvordan britiske pensionskasser havde væsentligt mindre til gode på deres swapforretninger, end de troede, fordi de gylts (engelske statsobligationer), som de modtager som sikkerhed, på daværende tidspunkt handlede med et signifikant spænd over de korte pengemarkedsrenter (O/N-kurven). ECB’s QE-program m.v. har dog for nyligt skabt den omvendte situation i eurozonen: tilgodehavender med sikkerhed i europæiske statsobligationer er mere værd end tilsvarende tilgodehavender med sikkerhed i kontanter, idet europæiske statsobligationer handler med et negativt spænd til O/N-kurven, jf. Sherif (2017).

2. CSA er en forkortelse for ”Credit Support Annex”, som er et tillæg til ISDA-rammeaftalen, der definerer omstændighederne vedrørende sikkerhedsstillelse. CSA anvendes synonymt med kollateralaftale i det følgende.

3. Jeg anvender kontinuert tilskrevne renter (deraf logaritmen), hvilket er standard i modelleringen på grund af de pæne matematiske egenskaber. Derimod tilskrives de faktiske markedsrenter altid på diskret basis.

$$\Delta_{disk} \equiv \left(\frac{\partial V}{\partial r_1} \quad \dots \quad \frac{\partial V}{\partial r_n} \right)$$

Banker afdækker deres diskonteringsrisiko ved at handle de underliggende hedging-instrumenter, således at $\Delta_{disk} + \Delta_{hedge} = 0$. Den samlede diskonteringsfølsomhed benævnes DV01^{disk}.

Inden jeg går videre, vil jeg knytte en kort kommentar til antagelsen om sikkerhedsstillelse. Langt de fleste institutionelle kunder og flere større virksomheder handler under CSA'er eller tilsvarende kollateralaftaler med daglige marginafregninger. I *fravær* af en kollateralaftale skal diskonteringen reflektere både modpartens og bankens egen kreditkvalitet samt kapital- og fundingomkostninger – de såkaldte XVA'er – hvilket er et selvstændigt emne. I virkeligheden vil selv fuldt kollateraliserede derivater indebære en vis kreditrisiko for begge parter, da der i tilfælde af én af parternes konkurs skal medregnes en vis periode, over hvilken derivatporteføljen afvikles. Regulatorisk forventes bankerne at regne med en afviklingsperiode på minimum 10 dage for standard OTC-derivater. Over denne periode overføres ingen kollateral, og den overlevende part er derfor fuldt eksponeret i sin derivatportefølje. Denne risiko kaldes ofte *gap risk*. Gap risk åbner en lille krediteksponering, selv for fuldt kollateraliserede porteføljer, men den er i de fleste tilfælde beskeden og kan nedbringes yderligere gennem stillelse af initialmargin, dvs. sikkerhed, som stilles allerede ved handlens indgåelse. Jeg ser i alle tilfælde bort fra gap risk i denne artikel.

Diskontering under forskellige kollateralaftaler

I en kollateraliseret verden er diskonteringsfaktoren for tidspunkt T givet ved:

$$D(t, T) = \mathbb{E}_t^{\mathbb{Q}} \left[e^{-\int_t^T c(s) ds} \right]$$

hvor $c(s)$ er den rente, hvormed kollateralbalancen forrentes på tidspunkt s i den pågældende valuta. Forventningen under $\mathbb{Q}$ angiver som sædvanligt, at værdien af en fremtidig betaling afhænger af markedets forventning til den fremtidige renteutvikling. I det tilfælde, hvor kollateralet består af kontanter i samme valuta som derivatbetalingerne selv, fastsættes $c(\cdot)$ typisk til O/N (dag-til-dag)-referencerenten i den pågældende valuta.⁴ Dette er et naturligt valg givet den daglige marginafregning.

I det tilfælde, hvor kollateralet består af kontanter i en anden valuta end derivatbetalingerne selv, er det nødvendigt at justere for FX-basis. FX-basis betegner det fænomen, at renteforskellen mellem to valutaer ikke afspejles fuldt ud i FX-forwardkursen. FX-basis skyldes typisk en likviditetspræmie på den ene af de to valutaer, idet mange investorer kun kan funde sig i den pågældende valuta (f.eks. USD) gennem swapmarkedet. I denne sammenhæng betyder det, at $c(\cdot)$ ovenfor er lig O/N-renten i kollateralvalutaen justeret for FX-basis, f.eks. Cita plus Fed funds/Cita-basis for DKK-betalinger kollateraliseret med USD-kontanter.⁵

Nedenfor gennemgås diskonteringen under de forskellige typer af kollateralaftaler, som typisk findes mellem bankerne og deres kunder. Jeg starter med at gennemgå såkaldt "CCP-diskontering", dvs. diskontering af betalinger under de kollateralaftaler, som clearinghusene ("CCP'erne") opererer med. For derivater underlagt clearingkravet (renteswaps, credit default swaps m.v.) gælder som udgangspunkt, at de priser, som dealerne viser på deres skærme, implicit antager, at kontrakten cleares og dermed skal diskonteres på en kurve, som afspejler CCP'ernes kollateralkrav. CCP-kurverne fungerer i dag som referencekurver i mange banker og er derfor et naturligt udgangspunkt. Dernæst gennemgås kollateralaftaler med henholdsvis én og flere valutaer og til sidst aftaler med sikkerhedsstillelse i form af obligationer fremfor kontanter. Sidstnævnte er af særlig relevans for pensions- og forsikringselskaber m.fl., som gerne vil kunne anvende deres obligationsporteføljer til sikkerhedsstillelse.

Internt diskonterer bankerne typisk alle derivatbetalinger på en given referencekurve (f.eks. en CCP-kurve) og lægger dertil en såkaldt kollateralværdijustering, som reflekterer forskellen i nutidsværdi mellem referencekurven og den "rigtige" diskonteringskurve, dvs. den kurve, som reflekterer det faktiske kollateral. Man kan vise, at kollateralværdijusteringen svarer til en basisswap, som bytter den korte rente på referencekurven med den faktiske rente på kollateralet, jf. Kjaer (2017a) og Kjaer (2017b). Dette er imidlertid en ren intern afregning i banken og bør ikke involvere bankens kunder.

CCP-diskontering

Clearinghusene (LCH, CME, Eurex m.v.) opererer med en universel "silo-model" for kollateral, hvilket betyder, at fremtidige betalinger kollateraliseres med kontanter i deres egen valuta, forrentet på den lokale O/N-rente. Implikationen er, at betalinger, som modtages gennem en CCP, skal diskonteres på OIS-kurven⁶ i den pågældende valuta, idet OIS-kurven afspejler markedets forventninger til de fremtidige O/N-renter. Denne fremgangsmåde er uproblematisk for de store valutaer: EUR, USD, GBP og JPY. Disse valutaer har allesammen likvide OIS-markeder, og det er derfor ligetil at fastlægge og verificere et niveau for diskonteringskurven.⁷ Investeringsbanker afdækker rutinemæssigt deres diskonteringsrisiko i de store valutaer i OIS-markedet, og "kollateralhedging" er en væsentlig kilde til disse markeders likviditet.

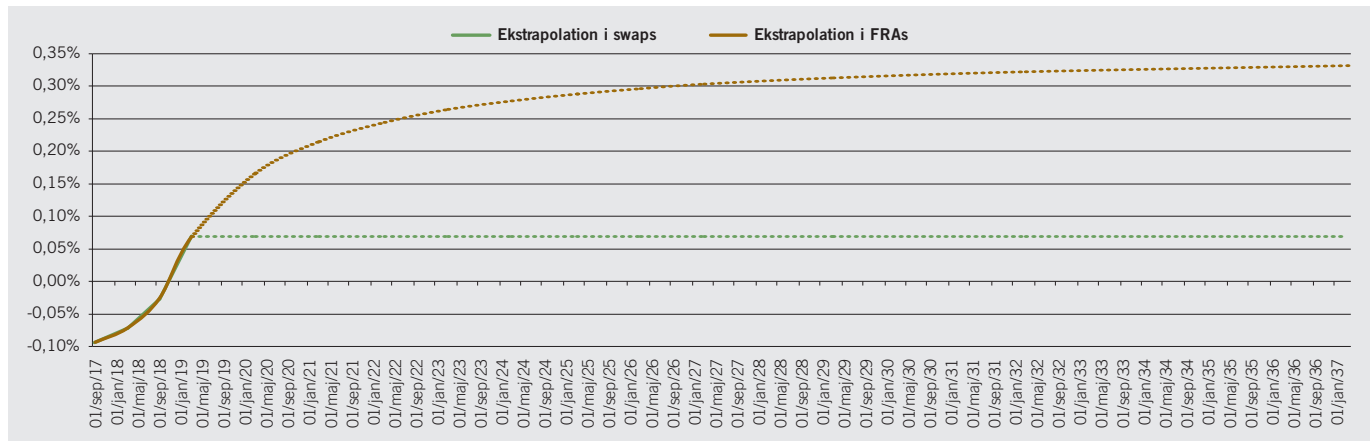
I de mindre valutaer, såsom de skandinaviske, er OIS-markederne derimod illikvide og ofte ikke-eksisterende for længere løbetider. Det betyder, at diskonteringskurven i praksis udspændes af ganske få handlede swapkontrakter, og måden, hvorpå der ekstrapoleres, kommer derfor til at spille en stor rolle. Figur 1 plotter nulkuponrenter for Cita-swapmarkedet (DKKOIS) d. 20. marts 2017 for to forskellige ekstrapolationsantagelser. Begge kurver er kalibreret til Cita-swaps med løbetider på op

4. Overnight (O/N)- eller Tomorrow/Next (T/N)-renten er den helt korte pengemarkedsrente med en løbetid på en enkelt dag. I danske kroner anvendes eksempelvis Cita (Copenhagen Interbank Tomorrow/Next Average), som er en T/N-reference-rente, som fastsættes på daglig basis.

5. Se Piterbarg (2012) for en matematisk udledning af dette resultat.

6. OIS står for "Overnight Index Swap" og er en fixed-for-float swap, hvor det variable ben er bundet til O/N-renten i den pågældende valuta.

7. Jeg henviser igen til Linderstrøm og Rasmussen (2011) for en gennemgang af, hvorledes kurverne rent praktisk konstrueres givet likvide priser på de underliggende instrumenter.

FIGUR 1: CITA-nulkuponkurver kalibreret til markedsdata ud til 18 mdr. fra d. 20. marts 2017 med FRA- hhv. swap-renterne

til 18 mdr. (kilde: Bloomberg). Fra 18 mdr. og ud ekstrapoleres kurven enten i spotrenter (stiplet kurve) eller i forwardrenter (solid kurve). Fra en teoretisk vinkel er det mest korrekt at ekstrapolere i forward-renterne, men det er udbredt at ekstrapolere i spot-renter, eftersom det er spot-startende swaps, som handler i markedet. Under alle omstændigheder er forskellen her markant som følge af den stejle kurve: omkring 25 bps i den lange ende.

Single-currency CSA

Kollateralaftaler, hvor sikkerhed skal stilles i form af kontanter i én specifik valuta, er udbredt i interbank-markedet. Kollateralbalancen forrentes på O/N-renten i den pågældende valuta, medmindre andet er eksplicit aftalt. Betalinger i samme valuta som kollateralet skal derfor diskonteres på OIS-kurven i den pågældende valuta, mens betalinger i alle andre valutaer skal diskonteres på den lokale OIS-kurve justeret for FX-basis, jf. diskussionen ovenfor.

Eksempel. Antag, at DKKOIS-kurven (Cita) er 0,25 % for alle løbetider, USDOIS-kurven (Fed funds) er 0,50 % for alle løbetider, mens Cita/Fed funds-basis er -0,75 % for alle løbetider.⁸ Lad os beregne nutidsværdien af 1 krone modtaget om 10 år under henholdsvis en DKK- og USD-baseret CSA:

$$P_{DKK}^{DKK-CSA}(0,10) = e^{-0,0025 \times 10} = 0,97531$$

$$P_{DKK}^{USD-CSA}(0,10) = e^{-(0,0025 + (-0,0075)) \times 10} = 1,05127$$

Fremtidige kroner er således mere værd under en USD-baseret CSA, når USD/DKK-basis er negativ. Den negative basis udtrykker en likviditetspræmie på USD i forhold til DKK, dvs. den USD-likviditet, der modtages som sikkerhed, kan byttes via basismarkedet til DKK-likviditet finansieret til en væsentligt lavere rente (75 bps under Cita i dette hypotetiske eksempel).

For valutaer forskellig fra kollateralvalutaen introduceres altså et FX-element i diskonteringen, som for bankernes vedkommende betyder, at de skal ud og handle cross-curren-

cy basis-swaps for at afdække deres diskonteringsrisiko, Δ_{disk} . En fremtidig USD-betaling under en DKK-baseret CSA, som i eksemplet ovenfor, skal derfor afdækkes med en USD/DKK basis-swap, som udveksler Fed funds mod Cita. Sådanne swaps handles imidlertid ikke, så i praksis vil banken skulle handle følgende pakke:

- EUR/USD basis-swap mod 3m Libor
- EUR/DKK basis-swap mod 3m Libor
- Libor3m/FF USD basis-swap
- Citor3m/Cita DKK basis-swap.

Udover at krydse fire bid/offer-spænd skal banken allokere balance til fire handler, hvilket er problematisk under "leverage ratio"-kravet i Basel III, som er hovedstolsbaseret. Disse omkostninger overvæltet helt eller delvist på kunden. Derfor bør man som kunde så vidt muligt undgå at handle andre valutaer end kollateralvalutaen i en sådan CSA. Hvis man primært handler DKK-derivater, bør man handle under en DKK-baseret CSA osv.

Multi-currency CSA

Kollateralaftaler, hvor der frit kan vælges mellem kontanter i flere forskellige valutaer, er ligeledes udbredte og repræsenterer et særligt problem fra et diskonteringsperspektiv. Valgfriheden introducerer nemlig en *optionalitet* i diskonteringskurven, og da basisvolatilitet ikke handles i markedet, vil diskonteringen afhænge af bankens egne estimater på den fremtidige volatilitet i basisspænd. Den teoretisk korrekte diskonteringsfaktor for en CSA med n forskellige valutaer er givet ved:

$$D(t, T) = \mathbb{E}_t^Q \left[e^{-\int_t^T \max\{c_1(s), \dots, c_n(s)\} ds} \right] \quad (1)$$

hvor $c_j(s)$ er den basisjusterede O/N-rente i valuta j på tidspunkt s . Matematisk set kommer optionaliteten fra tilstedeværelsen af max-operatoren ovenfor. Økonomisk set opstår værdien, idet den modpart, som stiller kollateral under CSA'en, har mulighed for at skifte valuta, hvis de fremtidige basisspænd ikke udvikler sig i overensstemmelse med forwardkurven. På hvert fremtidigt tidspunkt stilles den type kollateral, som giver den højeste basisjusterede forrentning.

8. Bemærk, at dette er kontinuert tilskrevne renter, jf. fodnote 3. De underliggende pengemarkedsrenter kvoteret diskret, men i prisningsmodellen anvendes altid kontinuert tilskrevne renter.

Tag som eksempel en swap handlet under en kollateral-aftale med kontanter i EUR og USD som valgbar kollateral. USD-likviditet handler med en markant negativ basis til EUR og har gjort det siden krisen, idet europæiske finansielle institutioner bruger basismarkedet til at fremskaffe USD-likviditet. EUR-kontanter er derfor billigst at stille over hele swappens løbetid, givet at forwardkurven realiseres; optionen på at skifte kollateral er således ”dybt ude-af-pengene”. Dette kan imidlertid ændre sig, f.eks. i et scenarie, hvor dollaren mister sin status som global fundingvaluta, og sandsynligheden for dette bestemmer værdien af optionaliteten. Se Sankovich og Zhu (2015) og referencerne deri for mere om prisning af CSA-optionalitet.

I praksis antager de fleste banker, at basisvolatiliteten er nul, således at max-operatoren i Ligning (1) kan evalueres på tidspunkt t , og justerer efterfølgende for CSA-optionen gennem forskellige *ad hoc*-metoder. CSA-optionsværdier er for langt de fleste banker ikke en del af den regnskabsmæssige værdi af deres derivatbøger. Det skyldes bl.a., at det er vanskeligt at opnå intern godkendelse til en model, som kan prise dem, og bankerne kan derfor ofte overtales til at opgive værdien af CSA-optionen i en konkret forhandling.

Slutteligt er det væsentligt at understrege, at Ligning (1) forudsætter retten til *fuld substitution*, dvs. modparten kan til enhver tid trække hele kollateralbalancen tilbage og erstatte den med en anden og billigere valuta. Hvorvidt dette er tilfældet, afhænger af de juridiske rammer, men det er naturligvis en forudsætning, som skal være opfyldt. Se Piterbarg (2013) for prisning under ufuldkommen substitution.

Bond CSA

Mange kollateralaftaler tillader sikkerhedsstillelse i form af andre finansielle instrumenter end kontanter. Typisk er der tale om højt ratede statsobligationer og/eller covered bonds, realkreditobligationer m.v. I dette tilfælde er den teoretisk korrekte diskonteringskurve baseret på *terminalsrepo*'er for de pågældende instrumenter, da disse repræsenterer de faktiske fundingsatser for kollateralet, jf. Piterbarg (2010). Der er to grundlæggende udfordringer her:

1. Likviditeten i repomarkedet er koncentreret i de helt korte løbetider, mens de underliggende derivater typisk er langdaterede; dette giver i praksis bankerne en høj grad af diskretion i kurvekonstruktionen.
2. De haircuts, som er stipuleret i CSA'en, kan være forskellige fra haircuts i repomarkedet; i så fald opstår der et *usikret* fundingbehov for den ene part, hvilket reflekteres i prisningen. Den part, som stiller sikkerhed, bør så vidt muligt stille den type, som har mindst muligt haircut i CSA'en relativt til repomarkedet for at minimere fundingomkostningerne.

I værste fald kan det stipulerede kollateral slet ikke findes i repo og er således værdiløst fra et *funding*-perspektiv. F.eks. kan pant i en bestemt ejendom fungere fint fra et *kreditmitigerende* perspektiv, men det har ingen fundingværdi for banken, eftersom det ikke kan konverteres til kontanter eller andre likvide værdipapirer. Udfordringerne illustreres bedst gennem et eksempel.

Eksempel. Antag, at vi køber en 5-årig option til en værdi af 10 mio. DKK af en bank. Optionen ligger under en CSA med danske realkreditobligationer. Vi betaler 10 mio. DKK til banken for optionen og modtager med det samme danske realkre-

ditobligationer til en værdi af $10 \text{ mio} \cdot (1 - H_{CSA})$ under CSA'en, hvor H_{CSA} er haircut i CSA'en.

Hvis vi ser bort fra, at eksponeringen er stokastisk (optionsens værdi ændres over tid), så minder den beskrevne transaktion fra bankens synspunkt om en 5-årig repo: kontanter ind, obligationer ud og vice versa ved udløb. For at afdække sin diskonteringsrisiko vil banken derfor, ideelt set, indgå en 5-årig repo, hvor den afleverer de 10 mio. DKK fra optionspræmien og modtager $10 \text{ mio} \cdot (1 - H_{repo})$ fra repomodparten, som derpå stilles videre som kollateral under CSA'en.

I virkeligheden findes der ikke et marked for 5-årige repo'er med danske realkreditobligationer som underliggende, så banken finder sig i stedet i korte repo'er og tager sig betalt for fundingrisikoen. Det relevante spørgsmål er derfor: ”Hvorledes fastsættes den lange ende af repokurven for danske realkreditobligationer?”⁹ I nogle tilfælde kan det bedre betale sig at handle under en cash-CSA og selv forestå kollateraltransformationen i repomarkedet.

Herudover kan der opstå et usikret fundingbehov, hvis $H_{CSA} \neq H_{repo}$. Antag, at $H_{CSA} = 20\%$ mens $H_{repo} = 10\%$. Banken modtager således ”for få” obligationer i repo'en og skal derfor hente differensen

$$\frac{10 \text{ mio. DKK}}{1 - 0,20} - \frac{10 \text{ mio. DKK}}{1 - 0,10} = 1,38 \text{ mio. DKK}$$

i det usikrede fundingmarked. Med et usikret fundingspænd på 100 bps giver det rundt regnet

$$1,38 \text{ mio. DKK} \times 1,00 \% \times 5 \cong 70.000 \text{ DKK}$$

i yderligere fundingomkostninger.

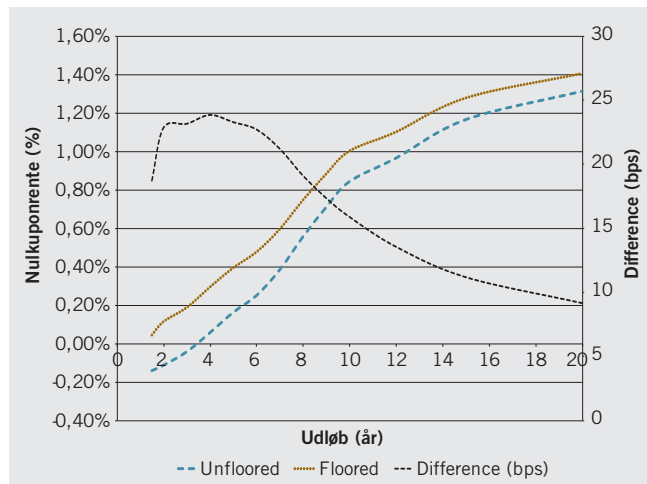
Diskontering under bond CSA'er har i den seneste tid fået fornyet opmærksomhed på grund af divergensen mellem repo og O/N-renter i eurozonen. ECB's QE-program har øget efterspørgslen efter europæiske statsobligationer og drevet reporenterne langt under de tilsvarende O/N-renter. Det betyder, at fremtidige betalinger under bond CSA'er skal diskonteres på en *lavere* kurve sammenlignet med en tilsvarende cash CSA. Intuitivt er forklaringen, at den part, som har penge til gode og modtager statsobligationer som sikkerhed, kan konvertere obligationerne til kontanter til en meget attraktiv (lav) rente gennem repomarkedet. For pensionskasser m.fl., som typisk har måttet diskontere deres fremtidige tilgodehavender *hårdere* i deres bond CSA'er, er situationen nu en anden, jf. Sherif (2017). Fordelen reduceres dog potentielt af ”leverage ratio”-problematikken, som omtales nedenfor.

Negative renter

Negative renter udgør en udfordring for mange kollateralaftaler, idet de underliggende rammeaftaler er blevet til på et tidspunkt, hvor negative renter ikke blev anset som en reel mulighed. Det

9. I Sherif (2017) citeres en CVA trader eksempelvis for følgende: “The short end of [the curve] is linked to our repo desk, where they set the curve and then to the best of our efforts, we set a term structure on it to extend it further out. It is a bit tricky. There is no consensus on how to do that.”

FIGUR 2: Diskontering med og uden 0 %-floor på Cita-renten d. 20. marts 2017.



Note: Diskonteringskurven med floor er regnet i en HW-model med en volatilitet på 0,80 % og en mean reversion-parameter på 25 %.

betyder, at det juridiske sprogbrug i mange tilfælde kan tolkes således, at den part, som stiller kollateral, aldrig skal betale modtageren, dvs. disse kollateralaftaler indeholder et implicit 0 %-floor på den rente, som kollateralbalancen opbeholder. De fleste større banker har underskrevet bilaterale tillæg til deres indbyrdes rammeaftaler, som garanterer, at negative renter faktisk udbetales, men mange mindre banker, pensionskasser m.v. vil ikke tillade negative renter af systemmæssige, opportunistiske eller andre årsager.

Betalinger under kollateralaftaler med ikke-negative renter skal diskonteres på et højere niveau end ellers, idet den negative del af udfaldsrummet er sat til nul, dvs.

$$D(t, T) = \mathbb{E}_t^Q \left[e^{-\int_t^T \max[c(s), 0] ds} \right] \quad (2)$$

Eksistensen af max-operatoren ovenfor betyder, at diskonteringskurven kommer til at afhænge af rentevolatiliteten; højere volatilitet øger værdien af floor'et, idet negative renter bliver mere sandsynlige.

I Figur 2 har jeg estimeret effekten af et sådant 0 %-floor i en kollateralaftale med DKK-kontanter. Jeg har indledningsvis kalibreret en nulkuponkurve til Cita-swapkurven observeret d. 20. marts 2017 (den striplede). Dernæst har jeg beregnet nulkuponrenterne svarende til Ligning (2) for de samme løbetider i en Hull-White model (den prikkede) med en rentevolatilitet på 0,80 % p.a. og en mean reversion-parameter på 25 %. Forskellen mellem de to kurver i basispunkter er plottet på højre akse. Forskellen er stigende i begyndelsen (diffusionseffekt), men falder derefter, idet den stigende rentekurve betyder, at negative renter bliver mindre sandsynlige længere ude i fremtiden. Forskellen er økonomisk signifikant og topper på knap 25 bps omkring år 4.

Leverage ratios

En specifik udfordring for CSA'er med andet end kontanter vedrører det såkaldte *leverage ratio* (LR)-krav. LR er et nyt kapitaliseringskrav introduceret i Basel III som et "model-uaf-

hængigt" gulv under bankernes interne risikomodeller. Under LR belaster derivater balancen med markedsværdien (hvis den er positiv, ellers nul) tillagt en "add-on", som er en fraktion af hovedstolen, hvis størrelse afhænger af løbetid og aktivklasse. To modsatrettede forretninger med samme modpart vil derfor udløse et kapitalkrav, selvom de ikke udgør nogen risiko for banken i noget scenarie.

En 20-årig renteswap med en hovedstol på 100 mio. DKK og en positiv (fra bankens synspunkt) markedsværdi på 50 mio. DKK vil belaste bankens balance med 50 mio. DKK tillagt 1,5 mio. DKK i "add-on" (1,5 % af hovedstolen), altså 51,5 mio. DKK i alt. Ifølge Basel III-reglerne kan banken modregne modtaget kollateral for markedsværdien, *men kun for sikkerhed stillet i form af kontanter*. Det vil sige, at hvis banken har modtaget 50 mio. DKK i kontanter som sikkerhed for den positive markedsværdi, så er balancebelastningen "kun" 1,5 mio. DKK. Men hvis banken har modtaget for 50 mio. DKK danske statsobligationer, så er balancebelastningen stadig 51,5 mio. DKK – samme størrelse, som hvis banken slet ikke havde modtaget noget kollateral.

Der er ikke nogen markedsstandard, hvad angår prisning af kapitalforbrug som følge af leverage ratio-kravet, og der er formentlig lige så mange forskellige tilgange, som der er banker. Typisk vil banken forsøge at projicere kapitalbelastningen for hele porteføljens levetid givet porteføljens forventede afløbsprofil set ud fra i dag. For et givet "return-on-equity"-krav kan banken derefter estimere en nutidsværdi for de samlede kapitalomkostninger for porteføljens.

Diskontering i praksis: Lukning af renteswap med markedsværdi

I det følgende gennemgås et konkret eksempel, hvor diskonteringen spiller en væsentlig rolle: terminering af en langdateret renteswap med markedsværdi.

Antag, at vi modtager fast rente i en renteswap med 20 år til udløb på en 100 mio. DKK-hovedstol. Swappen er indgået for år tilbage og betaler en fast kupon på 6,00 % mod Cibur6m. Den 20-årige swap-rente er 1,6298 % på dagens rentekurve.¹⁰ Nutidsværdien af swappen kan derfor udtrykkes som:

$$PV_0 = \text{Ann}_{20Y}^{CSA} \times 100 \text{ mio} \times (6,00 \% - 1,6298 \%)$$

hvor Ann_{20Y}^{CSA} er værdien af ét basispunkt på det faste ben i swappen under den CSA, som swappen er handlet under.

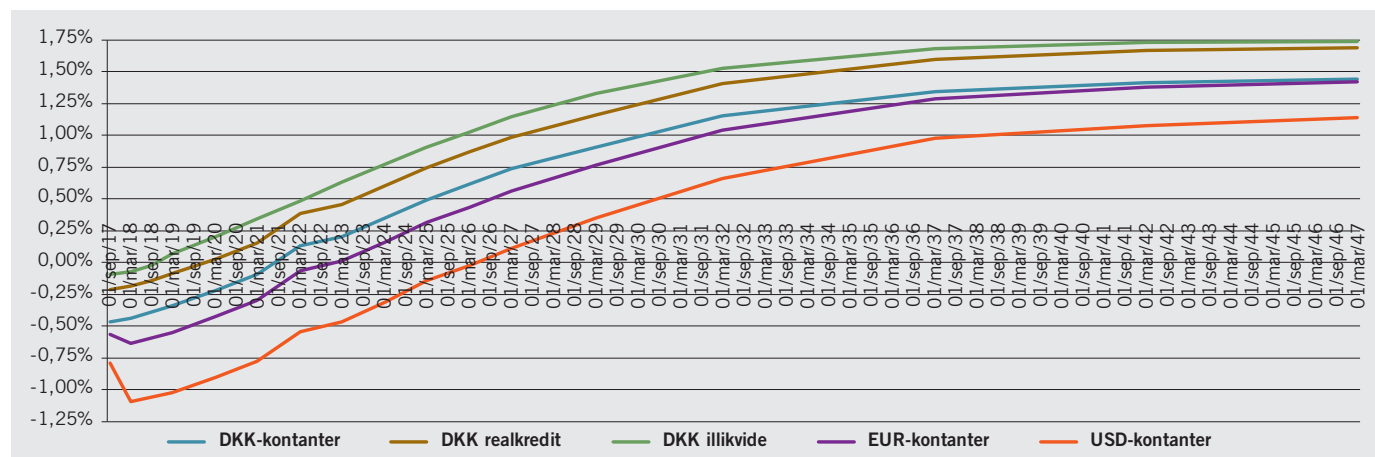
Figur 3 viser diskonteringskurverne svarende til fem forskellige kollateralaftaler/CSA'er:

1. DKK-kontanter / CCP-diskontering
2. EUR-kontanter
3. USD-kontanter
4. DKK-realkreditobligationer
5. DKK-illikvide obligationer.

Jeg antager, at realkreditobligationerne kan fundes i repo til 25 bps over Cita. De illikvide obligationer kan ikke fundes i repo, således at kollateralbalancen skal fundes usikret på 6 mdr.

¹⁰ Kilde: Bloomberg d. 20. marts 2017.

FIGUR 3: Diskonteringskurver under forskellige kollateralaftaler.



TABEL 1: Nutidsværdi af renteswap med positiv markedsværdi under forskellige kollateralaftaler.

CSA	Diskonteringskurve	Varighed	PV i DKK	Forskel til CCP
DKK-kontanter (CCP)	Cita	18,1740	79.425 mio.	-
DKK-realkreditobl.	Cita + 25 bps	17,7273	77.473 mio.	-1.952 mio.
DKK-illikvide obl.	Cibor6m	17,4979	76.470 mio.	-2.955 mio.
EUR-kontanter	Cita + Cita/Eonia-basis	18,4074	80.445 mio.	+1.020 mio.
USD-kontanter	Cita + Cita/FF-basis	19,1550	83.712 mio.	+4.287 mio.

Cibor. Kurverne er kalibreret til markedsdata fra Bloomberg d. 20. marts 2017.

Tabel 1 viser varighed og nutidsværdi af swappen under hver af de fem CSA'er. Bemærk, at jeg forskyder diskonteringskurven for *fastholdt* swapkurve, dvs. de forventede fremtidige Libor-fixinger holdes konstante, og vi kigger således på den rene diskonteringseffekt. Forskellen i nutidsværdi på tværs af forskellige kollateralaftaler er markant; sammenlignet med CCP-referencen (DKK-kontanter) er nutidsværdien 3 mio. DKK mindre med danske illikvide obligationer, mens nutidsværdien er 4,3 mio. DKK højere med USD-kontanter.

Konklusion

Jeg har i artiklen gennemgået, hvorledes fremtidige derivatbetalinger diskonteres, i teori såvel som i praksis, afhængig af den underliggende kollateralaftale. Selvom de teoretisk korrekte diskonteringskurver er velbeskrevne i litteraturen, er situationen i praksis ofte en anden: de instrumenter, som i teorien skal bruges til konstruktion af kurven og hedging af risici, er enten illikvide eller slet ikke handlede. Dertil kommer specifikke udfordringer, såsom negative renter og leverage ratio-kravet for kollateralaftaler med obligationer, som ligeledes påvirker diskonteringskurven. I artiklen har jeg anlagt et praktisk perspektiv og forsøgt at fremhæve, hvor teori og praksis divergerer, og i hvilken retning det påvirker diskonteringen. Desuden har jeg, så vidt muligt, forsøgt at illustrere og kvantificere de pågældende effekter gennem konkrete eksempler.

Referencer

- Becker, Lukas, 2015: Goodbye Sonia flat: banks rethink swaps with bond collateral. www.risk.net/derivatives/interest-rate-derivatives/2398048/goodbye-sonia-flat-banks-rethink-swaps-bond.
- Kjaer, Mats, 2017a: Consistent XVA Metrics Part I: Single-Currency. *Bloomberg L.P. white paper*, January.
- Kjaer, Mats, 2017b: Consistent XVA Metrics Part II: Multi-Currency. *Bloomberg L.P. white paper*, March.
- Linderstrøm, Martin D. og Nicki S. Rasmussen, 2011: Komplexiteten i simple rentederivater – udfordringer i prisfastsættelse og risikostyring. *Finans/Invest*, 1/11, s. 12-20.
- Piterbarg, Vladimir, 2010: Funding beyond discounting: collateral agreements and derivatives pricing. *Risk*, 2, s. 97-102.
- Piterbarg, Vladimir, 2012: Cooking with collateral. *Risk*, 8, s. 58-63.
- Piterbarg, Vladimir, 2013: *Optimal Posting of Sticky Collateral. Working Paper*.
- Sankovich, Vladimir og Qinghua Zhu, 2015: Collateral option valuation made easy. *Risk*, 10, s. 68-73.
- Sherif, Nazneen, 2017: The price is still wrong: banks tackle bond CSA discounting. www.risk.net/derivatives/5299256/the-price-is-still-wrong-banks-tackle-bond-csa-discounting. ■