



## Analytický komentár

### Odhad zero-kupónovej výnosovej krivky pre Slovensko

Väčšina dlhopisov s maturitou väčšou ako jeden rok poskytuje investorovi výplatu rôznych súm v rôznych obdobiach (kupóny a istina). Tradične sa však tieto hotovostné toky diskontujú rovnakou úrokovou sadzbou, aj keď sú vyplatené v rôznom čase a vieme, že úroky sa v rôznych horizontoch menia. Zero-kupónová výnosová krivka odhaduje takéto v čase sa meniace úroky, ktorými by mali byť diskontované bezrizikové cash-flow v rôznych časoch. Pokiaľ by existovali vládne dlhopisy bez kupónov, mohli by sme priamo vypočítať trhom určené úrokové sadzby z cien dlhopisov s rôznou maturitou. Inak je potrebné zero-kupónovú krivku odhadovať matematickými metódami.

NBS sa preto podujala pravidelne poskytovať odbornej verejnosti lepšiu aproximáciu výnosovej krivky Slovenska pre analytické a oceňovacie použitia. Odhad zero-kupónovej krivky je pomerne zložitým technickým výpočtom<sup>1</sup> a odlišuje sa od bežne používanej jednoduchej krivky výnosov v podmienkach Slovenska aj o niekoľko desiatok bázických bodov. Popri Bundesbanke a niekoľkých ďalších centrálnych bankách vo svete sa tak NBS pridáva k skupine centrálnych bánk, ktoré takéto informácie odbornej verejnosti poskytujú.

Presnosť odhadnutých výnosov však závisí od vstupných údajov a teda od kvality trhu. Keďže slovenský dlhopisový trh je charakteristický nižšou početnosťou emisií a slabšou intenzitou obchodovania uskutočnila NBS niekoľko testov, ktorých cieľom bolo identifikovať eventuálne slabé stránky robustnosti odhadu. Zistenia z týchto testov majú napomôcť lepšej interpretácii publikovaných výsledkov a sú uvedené v prílohe. Vzhľadom na nízku likviditu a malý počet dlhopisov na slovenskom trhu je presnosť odhadnutej zero-kupónovej krivky o približne 8-15 bázických bodov horšia v porovnaní s Nemeckom. Ďalšia chyba do 15 bodov môže pochádzať z využitia kótovaných cien, keďže skutočné transakcie nie sú dostatočne časté. Tieto nepresnosti považujeme za akceptovateľné, je ich však potrebné brať v úvahu.

### Úvod

Slovenská výnosová krivka odvodená z cien štátnych dlhopisov odzrkadľuje trhové očakávania budúceho vývoja krátkodobých úrokových sadzieb a odmeny, ktorú trh vyžaduje za kreditné riziko Slovenska v danej splatnosti. Ide o reprezentáciu časovej štruktúry výnosov na krivke a publikuje sa ako súbor spotových sadzieb v určitej frekvencii na spektre splatností dlhopisov na trhu. **Zero-kupónová výnosová krivka je teoreticky najsprávnejšia „bezriziková“ základňa pre oceňovanie slovenských finančných aktív.** Používanie bežných výnosov dlhopisov, ktoré NBS štandardne zverejňuje na svojej web stránke, môže totiž spôsobovať značné nepresnosti, aj na úrovni desiatok bázických bodov.

<sup>1</sup> Viac v práci Ódor a Povala (2015)

## Rozdiel medzi bežnými výnosmi dlhopisov a zero-kupónovou výnosovou krivkou

Bežné zakreslenie výnosov reprezentatívnych štátnych dlhopisov podľa počtu rokov do splatnosti, ktoré publikuje aj NBS, je najčastejším zobrazením výnosov. Na analytické účely a účely oceňovania však takúto krivku nie je dobré používať, a to hneď z niekoľkých dôvodov:

- a. dlhopisy reprezentujúce body na krivke nemajú v čase konštantnú splatnosť  
*Referenčný(é) dlhopis(y) určitej splatnosti (napríklad 10 rokov), alebo ich vážený priemer môžu mať skutočnú splatnosť odchyľujúcu sa od ich prezentovanej splatnosti. Emitovaných dlhopisov je konečný počet a napríklad v úlohe referenčných 10-ročných môžu podľa definície vystupovať všetky so zvyškovou splatnosťou medzi 9,5 a 10,5 roka.*
- b. vzdialenosť medzi dvoma splatnosťami môže byť veľká  
*Ak je vyšších splatností iba obmedzené množstvo, môže sa stať, že nebudeme mať informáciu o niekoľkých ročných splatnostiach (v prípade Slovenska ide o najmä 8 a 9-ročné a potom o splatnosti nad 10 rokov). To komplikuje presnejšie ocenenie dlhu na relatívne dlhom úseku.*
- c. a hlavne konštantná cena kupónu na úrovni úroku z ceny istiny počas celého života dlhopisu nie je reálny predpoklad  
*Cena a výnos dlhopisu majú navzájom inverzný vzťah a pretínajú sa v bode, kedy sa výška fixného kupónu rovná výnosu do splatnosti (par cena, 100). Napríklad ak je kupón dlhopisu fixovaný na 3% ročne, tak pri cene rovnej 100 bude výnos do splatnosti tiež 3% (za podmienky ročného vyplácania kupónu). Keďže trhy sú volatilné (a v posledných rokoch viac ako zvyčajne) a tento predpoklad nie je reálny, **jednotlivé emisie budú dobre porovnateľné na jednej výnosovej krivke iba v prípade, že budú vychádzať zo spoločného základu – teda dlhopisy budú prepočítané na hodnotu s nulovým kupónom.***

Zero-kupónová výnosová krivka spája výnosy s nulovým kupónom na osi zvyškovej splatnosti. Ak neexistuje trh zero-kupónových dlhopisov, konzistentnú krivku je možné prepočítať s pôvodnými dlhopismi na teoretickú zero-kupónovú krivku očistením o vplyv kupónu a vplyv zvyškovej splatnosti. Takáto krivka (tiež sa nazýva „*term structure of interest rates*“) sa skladá z nekonečného počtu bodov a je ju možné vyjadriť ako funkciu.

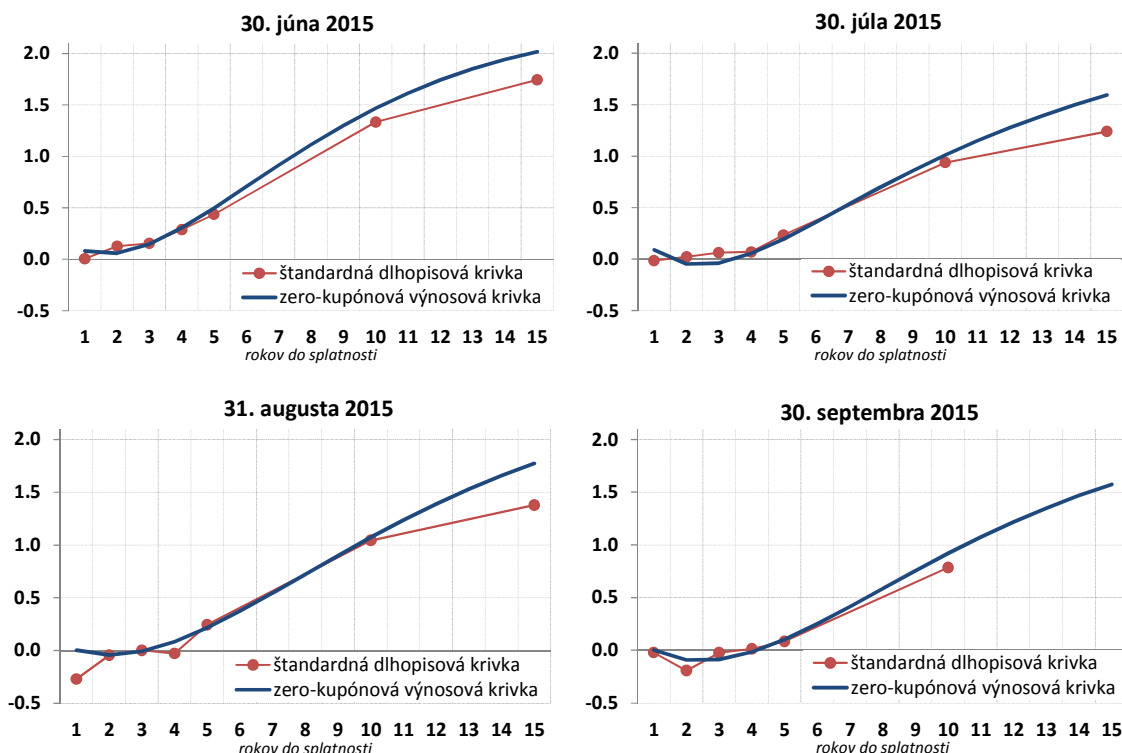
Zero-kupónová krivka sa tak používa na presnejšie ocenenie dlhopisov (resp. iných finančných produktov).

Najväčšiu odchýlku zaznamenáva štandardná výnosová krivka od zero-kupónovej výnosovej krivky vo vyšších splatnostiach. Je to najmä dôsledok skutočnosti uvedenej pod bodom c.). Odchýlka je spravidla tým vyššia, čím je cena viac vzdialená od paru (100). Inými slovami, o čo viac sa kupóny líšia od momentálnych výnosov. V uvedenom príklade z konca augusta 2015, mala väčšina dlhopisov so zvyškovou splatnosťou nad 10 rokov trhovú cenu blízku až 130.

**Takáto výnosová krivka poskytuje odbornej verejnosti správne základné<sup>2</sup> diskontné faktory pre oceňovanie slovenských finančných aktív.**

<sup>2</sup> Obsahuje v sebe len „bezrizikové“ kreditné riziko krajiny.

**Obrázok 1: Štandardná a zero-kupónová krivka slovenských štátnych dlhopisov**



Zdroj: Bloomberg

Poznámka: Hodnoty na zero-kupónovej výnosovej krivke sú funkčnou aproximáciou očistených výnosov.

## Opodstatnenie publikácie odhadu

Okrem tejto základnej úlohy pravidelná publikácia výnosovej krivky býva užitočným nástrojom,<sup>3</sup> pre nasledujúce dôvody:

- výnosová krivka relatívne dobre vysvetľuje budúcu úroveň ekonomickej výkonnosti, čím dopĺňa informáciu publikovanej makroekonomickej predikcie,
- dovoľuje aktérom na slovenskom trhu štátnych a podnikových dlhopisov analyticky správne odhadnúť, aký pohyb základného výnosu štátneho dlhopisu je očakávaný trhom

Zero-kupónovú výnosovú krivku publikujú vo svete hlavne veľké centrálné banky s vlastnou menovou politikou: Európska centrálna banka, US Federal Reserve, Bank of England, švédská Riksbank, či Bank of Canada (so značným oneskorením). Okrem informácií v predošlom odseku poskytuje výnosová krivka aj informáciu o trhových očakávaníach budúcich menovo-politických sadziieb a je ju možné využiť aj na extrahovanie inflačných očakávaní. V rámci eurosystému dennú výnosovú krivku publikuje Bundesbanka.

<sup>3</sup> Pre centrálné banky s vlastnou menovou politikou poskytuje navyše informácie o trhových očakávaníach budúcich menovo-politických sadziieb a abstrahovanie inflačných očakávaní.

## Príloha: Testovanie robustnosti odhadu výnosových kriviek na Slovensku

Použitie segmentu štátnych dlhopisov na konštrukciu výnosovej krivky je motivované neprítomnosťou rizika defaultu. V ostatnom období centrálné banky častejšie pristupujú aj ku konštrukcii výnosovej krivky zo swapových úrokových sadzieb na peňažnom trhu, čím sa navyše abstrahuje od kreditného rizika; tento segment finančného trhu však na Slovensku neexistuje.

Pre odhad výnosovej krivky na Slovensku je preto možné použiť iba trh štátnych dlhopisov. Aj tento trh však potrebuje určitú mieru likvidity, aby bolo možné spotové sadzby na výnosovej krivke odhadnúť s dostatočnou presnosťou. Práve posúdenie toho, do akej miery nižšia likvidita na slovenskom dlhopisovom trhu spôsobuje nepresnosti vo finálnom odhade je hlavným cieľom tejto štúdie.

Presnosť odhadu je dôležitá najmä z dôvodu zachovania kredibility Národnej banky Slovenska. Publikácia krivky má kapacitu kredibilitu banky zvýšiť, ale publikácia skreslených odhadov môže tiež kredibilitu poškodiť. Výsledkom štúdie je znalosť chýb, ktorých sa pri odhade môžeme dopúšťať a z nich plynúca informácia (disclaimer), ktorú uvádzame pod odhadom výnosovej krivky.

Vo veľmi zjednodušenej forme, odhad výnosovej krivky prebieha nasledovne. Ako základ, odhad čerpá z parametrov odhadu výnosovej krivky nemeckej Bundesbanky, ktoré používa ako štartovacie hodnoty. V ďalšom kroku sa použijú kótované ceny všetkých aktívnych slovenských štátnych dlhopisov a tieto ceny sa prepočítajú na čisté ceny upravené o cash-flow a výšku kupónov jednotlivých emisií. Na očistené údaje sa na odhad použije 4-parametrová Nelson-Siegelová funkcia. Výsledné fitované hodnoty sa potom publikujú ako súbor zero-kupónových výnosov s frekvenciou jeden rok v maturite od 1 do 15 rokov.

Štatistické testy boli zamerané na dve základné oblasti. Identifikujeme skreslenia spôsobené:

- rozdielnym charakterom slovenského a nemeckého dlhopisového trhu a
- z dôvodu použitia kótovaných cien namiesto realizačných cien

### 1. Likvidita

Navrhnutá procedúra odhadu slovenskej zero-kupónovej výnosovej krivky s drobnými obmenami kopíruje konštrukciu podobnej krivky pre nemecký trh. Slovenský trh je však menej likvidný, čo reprezentuje výrazne nižší počet dlhopisov na trhu (priemerne 13 oproti 40) ako aj nižšia frekvencia obchodovania. Cieľom testu je zistiť rozsah možného skreslenia. Skreslenie môže pochádzať z dvoch rôznych zdrojov:

- a) rozdielnej šírky trhu - počtu obchodovaných dlhopisov na trhu
- b) rozdielnej hĺbky trhu – rozdielnej likvidity dlhopisového trhu, teda intenzity obchodovania

#### 1.1 Šírka dlhopisového trhu

Existuje niekoľko dôvodov, prečo môže dochádzať ku skresleniu.

- **Na krátkom konci krivky všeobecne.** Dlhopisy so zvyškovou splatnosťou menej ako rok bývajú bežne málo likvidné, pretože ako inštrument s fixným príjmom (vyplácaným v prípade štátnych dlhopisov najčastejšie raz ročne) nie sú cieľom investičných stratégií agentov na trhu. Zohľadňuje to Bank of England ako aj

Bundesbanka,<sup>4</sup> ktoré najprv odfiltrujú z analýzy dlhopisy so splatnosťou nižšou ako 3 mesiace a aj k dlhopisom so splatnosťou do 1 roka sa vyjadrujú veľmi rezervovane.

- **V prípade slovenského trhu špecificky.** V období ostaných niekoľko rokov sa trh slovenských štátnych dlhopisov skladá z približne 13 rôznych emisií, z toho 3 až 4 zvyčajne majú splatnosť kratšiu ako 2 roky. Na základe ich rôznej zvyškovej splatnosti a rozdielnej výšky kupónu, pozorujeme diferencovanú cenu pre tieto finančné inštrumenty. Pri veľmi nízkom dennom počte transakcií existuje dodatočné riziko (k riziku popísanému v bode vyššie), že trh neocení jednotlivé inštrumenty férovo.

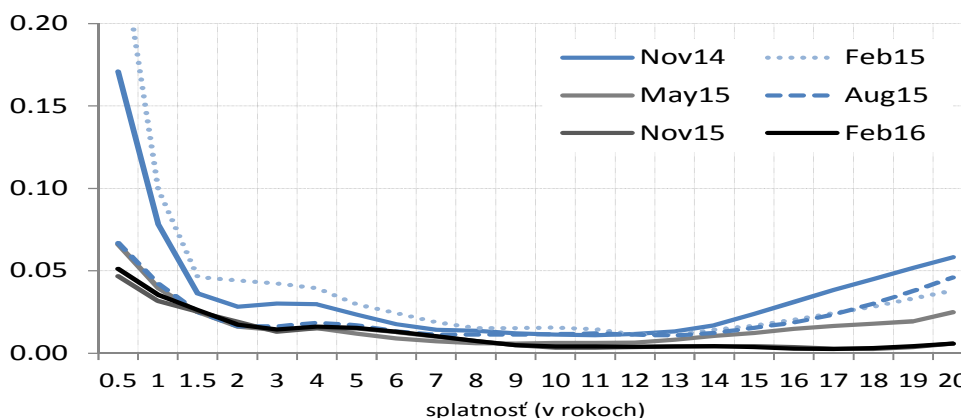
Z databázy nemeckých štátnych dlhopisov odhadneme väčší počet kriviek za každý deň (50 kriviek pre každý deň) tak, že budeme opakovane vyberať obmedzený počet pozorovaní v závislosti od počtu pozorovaných dlhopisov na slovenskom trhu v daný deň. Vyhodnotíme štatistické vlastnosti takejto simulácie. Čím väčší rozptyl nameriame, tým nepresnejšiu informáciu o cene máme v prípade slovenského dlhopisového trhu k dispozícii.

Cieľom takto navrhnutého testu je identifikovať všeobecné skreslenie nízkych splatností a časť špecifického skreslenia vyplývajúce zo zníženého počtu dlhopisov na trhu.

#### Postup (variabilita nemeckých dlhopisov v slovenských početnostiach)

Z dostupných údajov o nemeckých štátnych dlhopisoch (približne 40 každý deň)<sup>5</sup> náhodne vyberáme toľko dlhopisov, koľko ich máme k dispozícii v daný deň na slovenskom trhu. Aby sme vyberali rovnomerne, rozdelíme krivku na do troch košov podľa splatnosti (do 3 rokov, od 3 do 9 rokov, nad 9 rokov). Pre každý deň odhadujeme 50 výnosových kriviek s daným počtom náhodne zvolených dlhopisov z každého koša splatností. Odhadujeme ich replikujúc prístup podľa Ódora a Povalu, teda 4-parametrickou špecifikáciou NSS modelu.<sup>6</sup> Z 50-tich simulovaných kriviek pre každý deň spočítame medzikvartilný rozptyl (IQR). Reportujeme priemernú hodnotu IQR za dni testovaného mesiaca.

#### Obrázok P1: Vplyv šírky trhu - rozptyl chýb odhadu v jednotlivých mesiacoch



Poznámka: Priemerný medzikvartilný rozptyl pre výnosové krivky v rôznych mesiacoch

<sup>4</sup> BIS Papers, No. 25, Zero-coupon yield curves: technical documentation, strana 10.

<sup>5</sup> Zdrojové údaje boli denné záverečné kótované ceny všetkých dostupných živých nemeckých štátnych dlhopisov. Ako štartovacie parametre pre odhad boli použité parametre  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \tau_1$  a  $\tau_2$  zverejnené Bundesbankou.

<sup>6</sup> Táto špecifikácia je flexibilnejším rozšírením bežného Nelson-Siegelovho modelu - Svensson, L. (1994): "Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992-94," IMF Working Paper.

## Výsledok

Skreslenie cien na dlhopisovom trhu v krátkych splatnostiach je viditeľné. V období po marci 2015 je skreslenie vyjadrené priemerným IQR relatívne nízke, no výrazne vyššie je pred marcom 2015, teda pred začiatkom nákupov verejného dlhu v rámci programu APP. Medzikvartilný rozptyl pre splatnosti nižšie ako jeden rok dosahuje na prelome rokov 2014 a 2015 10 až 40 bázičných bodov a celková možná chyba na krátkom konci krivky (vyjadrená ako minmax) dosahuje medzi 150 až 400 bázičnými bodmi. **Ocenenie krátkeho konca krivky tak z hľadiska nízkej početnosti dlhových inštrumentov možno považovať za reprezentatívne do splatnosti 6 mesiacov v časoch prebiehajúceho programu APP, no po jeho skončení bude treba overiť, či sa tento limit nezvyší na 2 roky.**

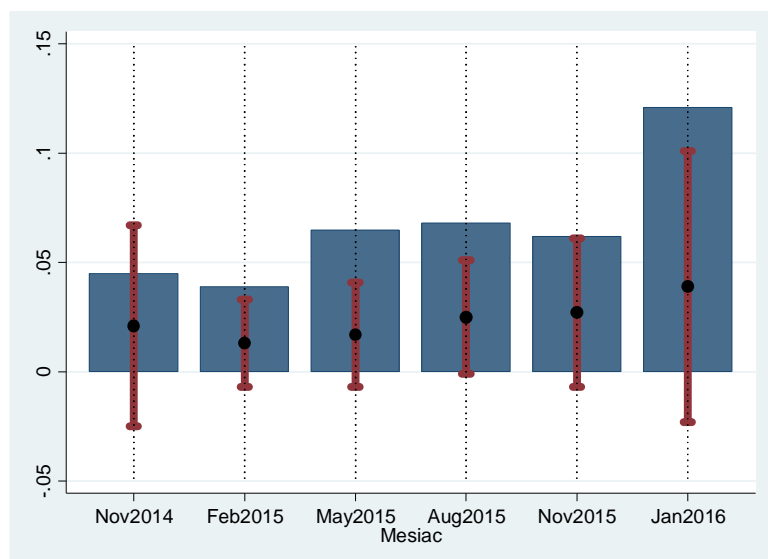
### 1.2 Hĺbka dlhopisového trhu

Keďže pracujeme s údajmi o nemeckých dlhopisoch, môže dochádzať ešte k jednej významnej nepresnosti, a to vyplývajúcej z rozdielnej intenzity nemeckého a slovenského dlhopisového trhu. V tomto teste abstrahujeme od rozdielneho počtu pozorovaní (ktorému sme sa venovali v časti 1.1) a venujeme sa výlučne identifikácii eventuálneho skreslenia z rozdielneho charakteru trhu. Robíme to tak, že vypočítavame strednú vzdialenosť pozorovaných výnosov od výnosov na odhadnutej krivke pre oba trhy; obmedzujeme však počet pozorovaní na nemeckom trhu počtom pozorovaní na slovenskom dlhopisovom trhu.

**Postup** (*nemecké dlhopisy v slovenských početnostiach verzus slovenské dlhopisy*)

Pri odhade slovenskej zero-kupónovej výnosovej krivky vypočítame strednú hodnotu vzdialenosti krivky od pozorovaných čistých výnosov dlhopisov (očistených od kupónu). V prípade nemeckého trhu zopakujeme vyššie uvedené cvičenie, teda odhadujeme nemeckú krivku z redukovaného počtu pozorovaní 50 krát pre každý deň. Z päťdesiatich odhadov pre každý deň vypočítame priemernú a strednú chybu odhadu a príslušné štatistiky.

### Obrázok P2: Vplyv hĺbky trhu – chyba SK krivky v dôsledku nízkej likvidity trhu



*Poznámka: Modrý stĺpec predstavuje priemernú RMSE odhadov slovenskej dlhopisovej krivky v danom mesiaci. Červenou je označený 95% interval, teda +/- 2 štandardné odchýlky okolo priemernej dennej RMSE odhadu nemeckej krivky s redukovaným počtom pozorovaní.*

## Výsledok

Stredná chyba odhadu zero-kupónovej krivky spôsobená rozdielnym charakterom (likviditou) dlhopisového trhu je na Slovensku približne dvoj až trojnásobná oproti chybe odhadu na trhu v Nemecku a dosahuje približne 5-10 bázických bodov. V niektorých prípadoch je chyba odhadu na slovenskom trhu dokonca vyššia ako akákoľvek dosiahnuteľná chyba v prípade bežného likvidného trhu. Navyše, táto chyba je aditívna voči chybe nameranej v časti 1.1, keďže identifikuje výlučne skreslenie z dôvodu menej likvidného trhu (odhady nemeckej krivky sú z redukovaného počtu pozorovaní).

## 2. Vstupné údaje o cenách dlhopisov

Na odhad výnosových kriviek sa ako vstupné údaje v návrhu používajú posledné denné kótovanie ceny pre príslušný dlhopis. Dôvodom použitia kótovaných cien namiesto realizačných cien je opäť veľmi nízka likvidita, respektíve príliš málo zobchodovaných dlhopisov za deň, kde by bol prístup k údajom o cenách. Údaje o zrealizovaných obchodoch sú dostupné z burzy cenných papierov v počte priemerne 2 obchody za deň. Tento počet je nepostačujúci, navyše obchody sú dohodnuté vopred a tak cena nemusí byť relevantná v čase obchodu. Najčastejším miestom obchodu slovenských dlhopisov sú priame transakcie cez chat, kde obchodní partneri nie sú nútení poskytovať informácie. Bloomberg však okrem kótovaných cien obsahuje tiež údaje priamo z obchodnej platformy, ktoré sú blízke realizovaným cenám vďaka tomu, že ide o živé ceny, ktoré sa zmenia na realizačné v momente ak na nich v systéme protistrana klikne. Zobierali sme tak všetky takéto živé ceny pre príslušné slovenské dlhopisy za históriu 140 dní (na dlhšiu históriu je potrebná dodatočná licencia Bloomberg) a porovnali s cenami, ktoré sa používajú pre odhad kriviek.

### Postup

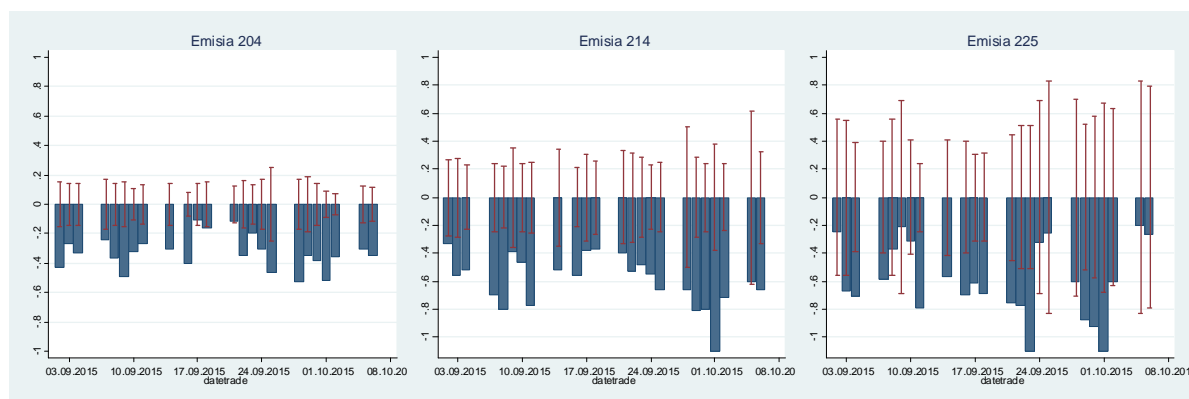
Po zoradení všetkých „živých“ cien slovenských dlhopisov sme pre každý jeden dlhopis v daný deň získali 10 až 20 pozorovaní. V pôvodnej databáze sa pre takúto skupinu pracuje s jednou kótovanou cenou, preto pre skupiny „živých“ cien vypočítame priemer, medián, a iné miery štatistického rozdelenia. V záujme konzistencie identifikujeme tiež poslednú pozorovanú cenu pre každý dlhopis za každý deň.

Po spárovaní databázy posledných pozorovaných „živých“ cien s kótovanými cenami vypočítame ich rozdiel a porovnáme tento rozdiel s rozdelením denného pohybu cien pre daný dlhopis v daný deň.

### Výsledok

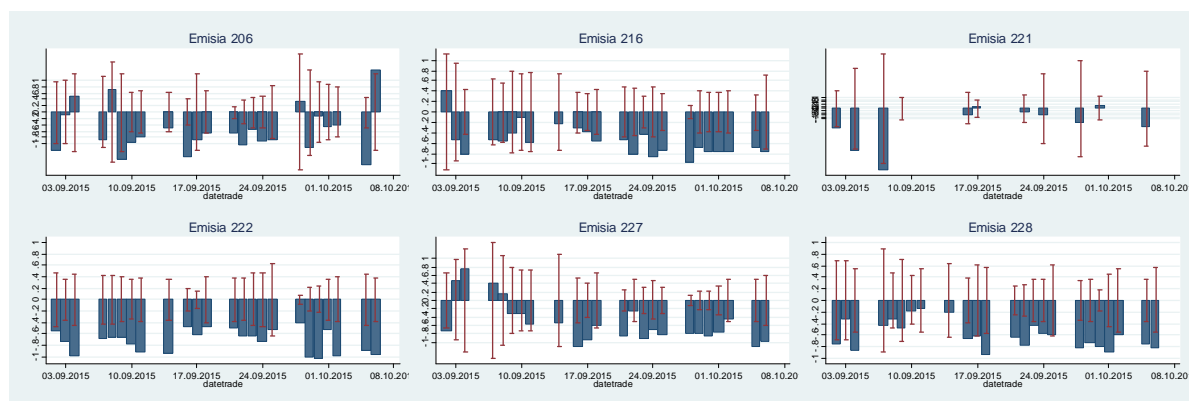
Z 310 pozorovaní medzi 2. septembrom a 6. októbrom 2015, v 266-tich prípadoch (teda v 86%) bola kótovaná cena mimo intervalu spoľahlivosti denného pohybu realizačnej ceny. Navyše v stredných a vyšších splatnostiach, ktoré sú pre tento trh podstatné je tento podiel ešte vyšší. Rozdiel v zdrojových údajoch je tiež vychýlený iba na jednu stranu, čo poukazuje na systematické skreslenie.

**Obrazok P3: Systémové skreslenie odhadu v dôsledku charakteru vstupnej ceny**  
Emisie so strednou splatnosťou (3 až 7 rokov)



*Poznámka: Modrý stĺpec označuje rozdiel medzi poslednou kótovanou a poslednou realizačnou cenou pre konkrétny slovenský dlhopis v určitý deň. Červené pásmo označuje 95% interval rozdelenia v ktorom sa pohybovala cena dlhopisu v daný deň. Rozdiel ceny 0,2 (t.j. každý dielik na osi y) korešponduje približne s výnosom 3 bázické body.*

**Obrazok P4: Systémové skreslenie odhadu v dôsledku charakteru vstupnej ceny**  
Emisie s dlhšou splatnosťou (9 rokov a viac)



*Poznámka: Modrý stĺpec označuje rozdiel medzi poslednou kótovanou a poslednou realizačnou cenou pre konkrétny slovenský dlhopis v určitý deň. Červené pásmo označuje 95% interval rozdelenia v ktorom sa pohybovala cena dlhopisu v daný deň. Rozdiel ceny 0,2 (t.j. každý dielik na osi y) korešponduje približne s výnosom 3 bázické body.*



### 3. Závěry

Z testovania spoľahlivosti údajov vstupujúcich do odhadu výnosovej krivky slovenských dlhopisov vieme vyvodiť tieto závery:

1. **Priemerná chyba odhadu zero-kupónovej krivky** pre slovenské štátne dlhopisy **je** na úrovni približne **8-15 základných bodov**:
  - a. chyba 3-5 základných bodov ústí z nižšieho počtu dlhopisov na slovenskom trhu
  - b. chyba 5-10 základných bodov vyplýva z nižšej likvidity dlhopisového trhu na Slovensku
  - c. chyba je výrazne vyššia pri kratších splatnostiach a veľmi dlhých splatnostiach.
2. **Dodatočná chyba odhadu 10-15 základných bodov** môže pochádzať z použitia kótovaných namiesto realizačných (obchodovaných) cien. Bude potrebné ďalej intenzívne sledovať, kde sa nachádza realizačná cena a aký nadobúda charakter vo vzťahu k používaným kótovaným cenám.
3. **Ceny dlhopisov s kratšou ako 6 mesačnou splatnosťou majú vysokú variabilitu.** V Bundesbake aj v Bank of England sú rezervovaní voči krátkym splatnostiam (pri výpočte nepoužívajú splatnosti nižšie ako 3 mesiace), pritom ich trhy sú oveľa vyspelejšie a likvidnejšie. Odporúčame preto nepoužívať pri odhade slovenskej výnosovej krivky splatnosti medzi 1-6 mesiacov.
4. **V čase ukončenia programu APP odporúčame opäť prehodnotiť stabilitu odhadu výnosovej krivky pre splatnosti do 2 rokov.** Dostupné údaje naznačujú, že slovenský trh je viac likvidný práve vďaka tomuto programu a skreslenie sa môže na krátkom konci krivky znova výrazne zvýšiť.

Pavel Gertler, Jakub Porubčanský ([analytici@nbs.sk](mailto:analytici@nbs.sk))

### Literatúra

- [1] BIS Papers (2005): Zero-coupon yield curves: technical documentation, *BIS Papers No. 25*
- [2] Krippner, L. (2015): Zero Lower Bound Term Structure Modelling. A Practitioner's Guide. Palgrave MacMillan.
- [3] Ódor, L. a Povala, P. (2015): Estimates of the Slovak zerocoupon yield curve, IFP manuál.
- [4] Svensson, L. (1994): Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992-94, *IMF Working Paper*.