

# Kvantitatívne metódy v riadení rizík – 1. prednáška



# Pavol Jurča

palo.jurca@gmail.com

Miestnosť: M266 (konzultačné hodiny len po dohode)

Web: <http://www.iam.fmph.uniba.sk/institute/jurca>

Pracovisko: Národná banka Slovenska  
Odbor finančnej stability

Externe: KAMŠ

# O čom budeme hovoriť

- Motivácia a ciele predmetu
- Rýchlokurz do riadenia rizík
  - Proces identifikácie, riadenia a merania rizík
- Problémy v riadení rizík
  - Problematické predpoklady
  - Dôsledky krízy na riadenie rizík

# Motivácia

- Útvary riadenia rizík – časté uplatnenie absolventov
- Prepojenie teoretických poznatkov s praxou
- Využitie výhody štúdia na matfyzе: zameranie na kvantitatívne metódy
- Matematické formuly sa dostali priamo do zákonov!

Komisií sa udeľuje právomoc prijať regulačné technické predpisy uvedené v prvom pododseku v súlade s článkami 10 až 14 nariadenia (EÚ) č. 1093/2010.

#### Článok 154

#### Hodnoty rizikovo vážených expozícií pre retailové expozície

1. Hodnoty rizikovo vážených expozícií pre retailové expozície sa vypočítajú podľa tohto vzorca:

*Hodnota rizikovo vázenej expozície = RW · riziková hodnota*

kde je riziková váha RW definovaná takto:

$$RW = \left( LGD \cdot N \left( \frac{1}{\sqrt{1-R}} \cdot G(PD) + \sqrt{\frac{R}{1-R}} \cdot G(0.999) \right) - LGD \cdot PD \right) \cdot 12,5 \cdot 1,06$$

kde

$N(x)$  = kumulatívna distribučná funkcia štandardnej normálnej náhodnej premennej (t. j. pravdepodobnosť, že normálna náhodná premenná so strednou hodnotou nula a variáciou jedna je menšia alebo sa rovná  $x$ );

$G(z)$  = inverzná kumulatívna distribučná funkcia štandardnej normálnej náhodnej premennej [t. j. hodnotu  $x$  takú, že  $N(x) = z$ ];

$R$  = koeficient korelácie definovaný ako

$$R = 0.03 \cdot \frac{1 - e^{-35 \cdot PD}}{1 - e^{-35}} + 0.16 \cdot \left( 1 - \frac{1 - e^{-35 \cdot PD}}{1 - e^{-35}} \right)$$

i) pre  $PD = 1$ , t. j. pre expozície v stave zlyhania, RW je

$$RW = \max \{0, 12,5 \cdot (LGD - EL_{BE})\};$$

kde  $EL_{BE}$  je najlepším odhadom očakávaných strát pre expozície v stave zlyhania, ktorý vypracovala inštitúcia v súlade s článkom 181 ods. 1 písm. h);

ii) ak  $0 < PD < 1$  t. j. pre každú možnú hodnotu PD okrem hodnôt uvedených v bode i)

2. Zmierňovanie kreditného rizika sekuritizačných pozícií sa môže uznať v súlade s článkom 264 ods. 1 a 4, a to za podmienok ustanovených v článku 247.

#### Článok 262

##### Metóda založená na vzorci stanovenom orgánom dohľadu

1. V rámci metódy založenej na vzorci stanovenom orgánom dohľadu sa riziková váha pre sekuritizačné pozície vypočíta ďalej uvedeným spôsobom, pričom dolné ohraničenie je 20 % pre resekuritizačné pozície a 7 % pre všetky ostatné sekuritizačné pozície:

$$12.5 \cdot \frac{S[L + T] - S[L]}{T}$$

kde:

$$S[x] = \begin{cases} K_{IRBR} + K[x] - K[K_{IRBR}] + \left( 1 - \exp\left(\frac{x}{K_{IRBR}}\right) \right) \cdot \frac{d \cdot K_{IRBR}}{\omega}, & \text{when } x \leq K_{IRBR} \\ \left( 1 - \exp\left(\frac{\omega \cdot (K_{IRBR} - x)}{K_{IRBR}}\right) \right) \cdot \frac{d \cdot K_{IRBR}}{\omega}, & \text{when } x > K_{IRBR} \end{cases}$$

където:

$$h = \left( 1 - \frac{K_{IRBR}}{ELGD} \right)^N$$

$$c = \frac{K_{IRBR}}{1 - h}$$

$$v = \frac{(ELGD - K_{IRBR}) \cdot K_{IRBR} + 0,25 \cdot (1 - ELGD) \cdot K_{IRBR}}{N}$$

$$f = \left( \frac{v + K_{IRBR}^2}{1 - h} - c^2 \right) + \frac{(1 - K_{IRBR}) \cdot K_{IRBR} - v}{(1 - h) \cdot \tau}$$

$$g = \frac{(1 - c) \cdot c}{f} - 1$$

$$a = g \cdot c$$

$$b = g \cdot (1 - c)$$

$$d = 1 - (1 - h) \cdot (1 - \text{Beta}[K_{IRBR}; a, b])$$

$$K[x] = (1 - h) \cdot ((1 - \text{Beta}[x; a, b]) \cdot x + \text{Beta}[x; a + 1, b] \cdot c)$$

$$\tau = 1\,000;$$

$$\omega = 20;$$

Beta [x; a, b] = kumulatívne rozdelenie beta s parametrami a, b vyčíslené v x;

# Ciele a špecifiká kurzu

- **Prehľad kvantitatívnych metód**, ktoré sa využívajú alebo by sa mohli využívať v riadení rizík
- Vyšší dôraz na šírku záberu ako na detailnosť
- Dôraz na uplatniteľnosť v praxi
- Využiť doterajšie vedomosti z oblasti matematiky a štatistiky na pochopenie predpokladov, silných a slabých stránok jednotlivých metód
- Možnosti ďalšieho výskumu
- Nie je cieľom učiť riadenie rizík ako také (vynecháme kvalitatívne požiadavky, organizáciu interných procesov, spracovanie dát, legislatívu, osobnostné zručnosti risk manažerov...)

# Ciele a špecifiká kurzu

- Dôležité pochopiť základný cieľ:
  - Zle položená otázka: Ktorý model je správny na riešenie daného problému?
  - Správne položená otázka:
    - Aké rôzne modely sa dajú použiť na riešenie konkrétneho problému?
    - Aké sú ich predpoklady, silné a slabé stránky
    - Na čo je konkrétny model dobrý a na čo nie
  - Ak hľadáte „ten správny“ model pre risk management, tento kurz žiaľ nie je určený pre vás ...

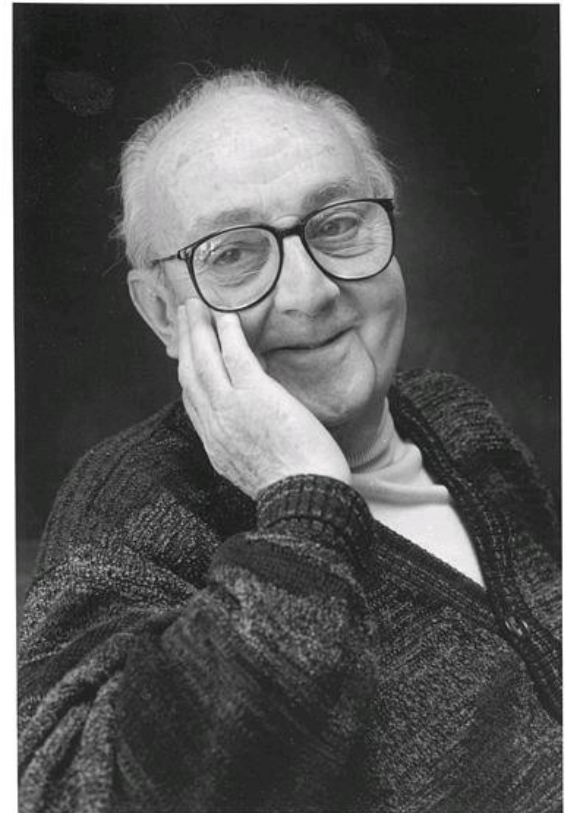


# Motto kurzu

„Essentially, all models are wrong,  
but some are useful.“

George E. P. Box  
(\* 1919 – † 2013)

Box, G. E. P., and Draper, N. R., (1987), Empirical Model Building and Response Surfaces, John Wiley & Sons, New York, NY (s. 424)



# Sylabus predmetu

- Pokrytie praktickej (ekonomickej) aj teoretickej (matematicko-štatistickej) stránky
- Ekonomická stránka:
  - Zameranie na modely trhového a kreditného rizika
- Matematicko-štatistická stránka
  - Rozdelenia s ťažkými chvostami
  - Časovo premenlivá volatilita
  - Komplexné štruktúry závislostí
  - Redukcia dimenzie pri veľkých portfóliách

# Sylabus predmetu

- „Klasická“ miera rizika – Value at Risk
- Metódy pre generovanie stresových scenárov pre viacrozmerné dáta
  - analýza hlavných komponentov
  - modely založené na kombinácii viacerých normálnych rozdelení
- Metódy pre modelovanie štruktúry závislostí – kopuly
- Meranie kreditného rizika (rôzne prístupy)
- Kreditné deriváty a ich oceňovanie
- Modelovanie extrémnych udalostí – teória extrémnych hodnôt

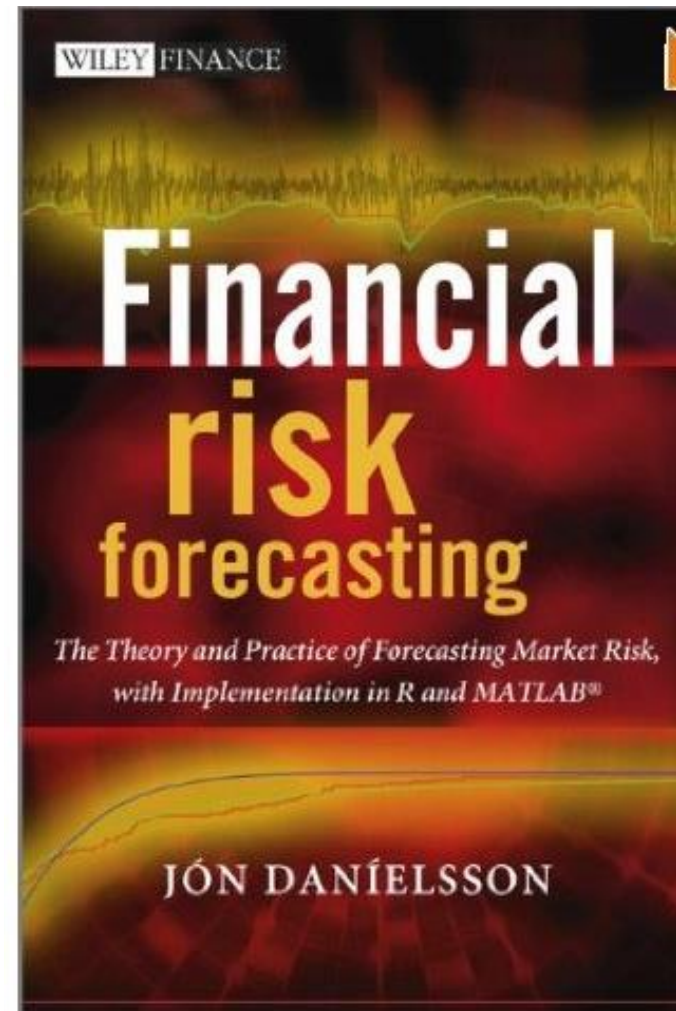
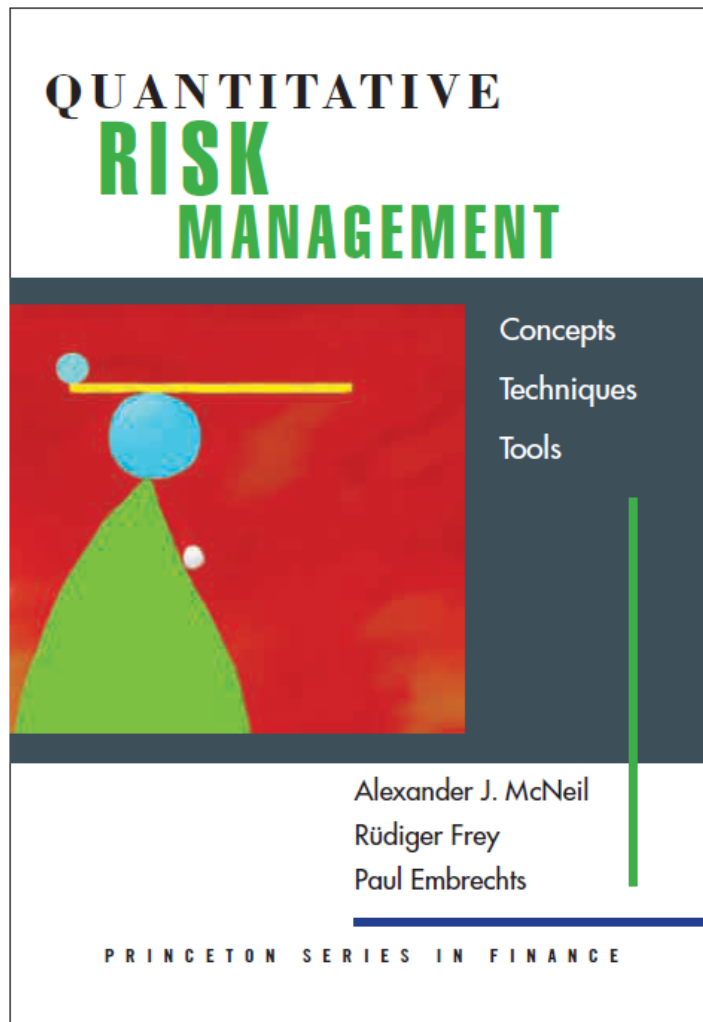
# Hodnotenie predmetu

- Ťažiskom hodnotenia je PROJEKT (70 %) – praktická časť:
  - Zadanie bude k dispozícii v priebehu niekoľkých týždňov
  - Analýza rizika jednoduchého portfólia, spätné testovanie vhodnosti použitých modelov
  - Vypracovanie vo dvojiciach
  - Termín: **Nedeľa 26. mája 2024, 24:00 (bonus pri odovzdaní do 12.5.)**
- Písomný test **pondelok 27. mája 2024 o 16:30** – teoretická časť:
  - Cieľom je najmä overenie základného prehľadu a porozumenia učiva

# Spätná väzba

- Aby bolo možné kurz čo najviac prispôbiť požiadavkám študentov, skorá spätná väzba je nevyhnutná
- Akékoľvek pripomienky, otázky, námietky ... sú veľmi vítané!

# Základná literatúra



# Typy rizík



# Meranie a riadenie rizík

- Identifikácia rizík
  - Kde a aký typ rizika?
  - Aké sú hlavné rizikové faktory?
  - Každý bankový obchod prináša **niekoľko** typov rizík!
- Meranie rizík
  - Systém umožňujúci meranie (zber dát, interné procesy...)
  - Vhodné kvantitatívne techniky – náročnosť proporcionálna materiálnosti
- Riadenie rizika
  - Stanovenie stratégie, aké riziko chcem podstupovať (*risk appetite*)
  - Stanovenie limitov zvolenej miery rizika pre bežnú činnosť
  - Stresové testovanie (*stress testing*)
  - Spätné testovanie modelov (*back testing*)
  - Zmierňovanie rizika (*risk mitigation, hedging*)



# Čo je (finančné) riziko?

- Finančné riziko = potenciálna finančná strata v budúcnosti vyplývajúca z daného finančného nástroja alebo portfólia finančných nástrojov
- Definícia nie je jednotná!
- Dve základné (a relatívne nezávislé) zložky rizika:
  - Pravdepodobnosť nastatia
  - Veľkosť dopadu
- Všeobecne platný princíp:
  - Riziko sa týka neistoty a náhodnosti
  - Kombinácia techník z oblasti finančnej matematiky, pravdepodobnosti, štatistiky, aktuárskej matematiky a stochastických modelov

# Typy rizík

- Hlavné riziká:
  - Kreditné riziko (*credit risk*)
  - Trhové riziká (*market risks*)
  - Riziko protistrany (*counterparty risk*)
  - Operačné riziko (*operational risk*)
  - Riziko likvidity (*liquidity risk*)
- Ostatné riziká
  - Strategické riziko (*strategic risk*)
  - Právne riziko (*legal risk*)
  - Reputačné riziko (*reputational risk*)
  - Riziko modelu (*model risk*)
  
  - Systémové riziko (*systemic risk*)

# Kreditné riziko

- Kreditné riziko = riziko nesplatenia pohľadávok (dlhopisy, úvery, vyrovnanie finančných derivátov...) podľa pôvodnej dohody z dôvodu, že dlžník tak nemôže alebo nechce spraviť
- Okrem „klasického“ kreditného rizika zahŕňa napr. aj:
  - Riziko vysporiadania (vykonávanie obchodov na cudzí účet)
  - Riziko z poskytnutých záruk
  - Riziko z nevyčerpaných povolených prečerpaní na účtoch (napr. kreditné karty)
  - Riziko zníženia hodnoty dlhopisu v dôsledku zníženia ratingu emitenta

# Trhové riziká

- Trhové riziko = riziko, že hodnota finančných nástrojov bude nepriaznivo ovplyvnená pohybmi cien na trhu akcií, úrokových sadzieb, výmenných kurzov a cien komodít.
- Typy trhových rizík:
  - Úrokové riziko (*interest rate risk*)
  - Akciové riziko (*equity risk*)
  - Devízové riziko (*FX risk, currency risk*)
  - Komoditné riziko (*commodity risk*)
  - Riziko kreditných spreadov (*credit spread risk*)
- Rôzne typy vplyvov:
  - Všeobecné riziko (celý trh) vs. špecifické riziko (len príslušná protistrana)
  - Zmena hodnôt, volatilit, ...
  - Ďalšie: Zmena tvaru úrokovej krivky, zmena dividendovej politiky,

# Operačné riziko

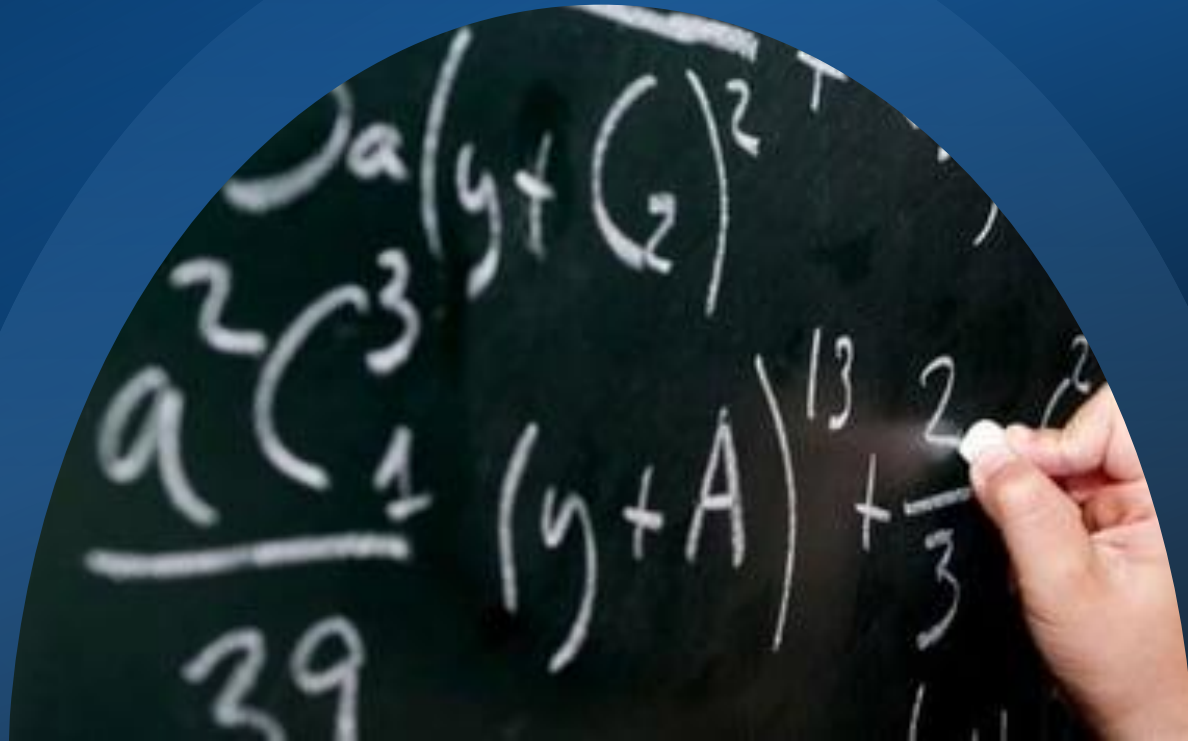
- Operačné riziko zahŕňa:
  - Nevhodné alebo chybné interné procesy v banke
  - Zlyhanie ľudského faktora
  - Zlyhanie bankou používaných systémov
  - Externý alebo interný podvod
  - Vonkajšie udalosti (napr. prírodná katastrofa)
- Úzko prepojené s fungovaním interných procesov (kvalitatívna stránka)
- Ťažko merateľné – je prítomné všade, ale ťažko identifikovateľná výška strát, extrémne udalosti, potenciálne veľmi vysoký dopad
- Príklad: Vypočítajte, v akej miere je banka vystavená riziku zemetrasenia alebo riziku interného podvodu
  - napr. strata 4.9 mld. € v Sociétés Générale (Jérôme Kerviel, 2008)

# Riziko likvidity

- Riziko likvidity = potenciálna strata v dôsledku toho, že banka nie je schopná v dôsledku nedostatku prostriedkov plniť svoje záväzky v momente, keď sú splatné
- Základné pohľady:
  - Krátkodobé riziko (*short-term liquidity risk*)
  - Riziko trhu (*market liquidity risk*)
  - Riziko financovania sa (*liquidity funding risk*)

# Cvičenie

## Úrokové riziko dlhopisov



# Ciele

- Existujú rôzne spôsoby, ako merať riziko
- Konkrétny spôsob má výrazný vplyv výsledok aj na investičnú stratégiu
- Voľba spôsobu môže závisieť od investičného cieľa a horizontu
  - Aktívne obchodovanie s dlhopismi – zisk zo zmeny ich reálnej hodnoty
  - Dlhodobá držba dlhopisov – zisk z úrokových výnosov
- Zopakovanie oceňovania dlhopisov a durácie



# Dlhopisy

Splatnosť: 5 rokov

Nominálna hodnota: 1 000 €

Kupón: fixný 2 % p. a.

**A**

Splatnosť: 5 rokov

Nominálna hodnota: 1 000 €

Kupón: variabilný  
(= jednoročnej sadzbe)

**B**

Váš názor?



Ktorý z dlhopisov je viac  
vystavený zmene úrokových  
sadzieb?

# Reálna hodnota dlhopisu

$$P = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} + \frac{M_t}{(1+r)^n}$$

- 5-ročný dlhopis s fixným kupónom:
- $N = 5$
  
- 5-ročný dlhopis s variabilným kupónom:
- $N=1$

# Durácia

$$DUR = \sum_{t=1}^T t * \frac{CF_t}{(1+i)^t} / \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

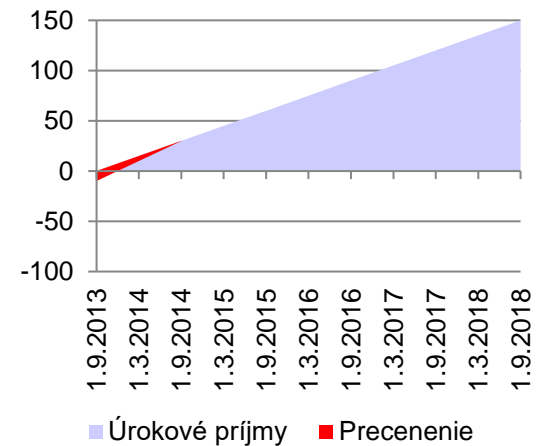
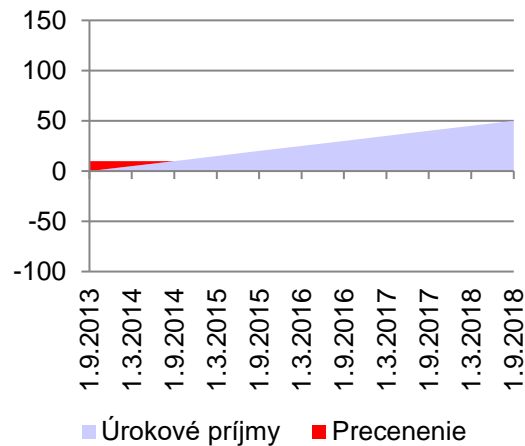
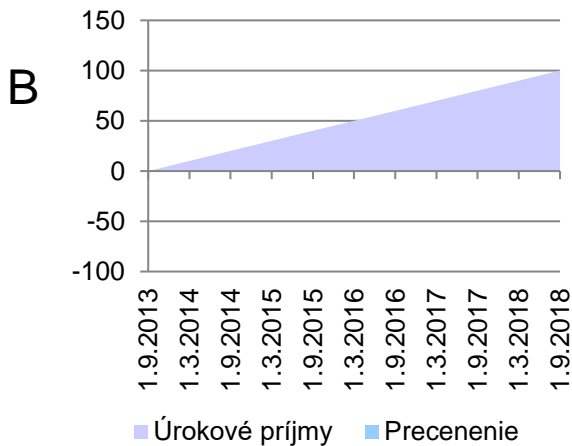
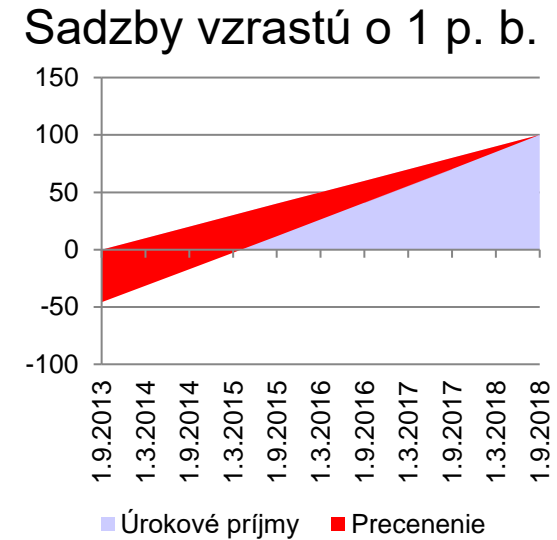
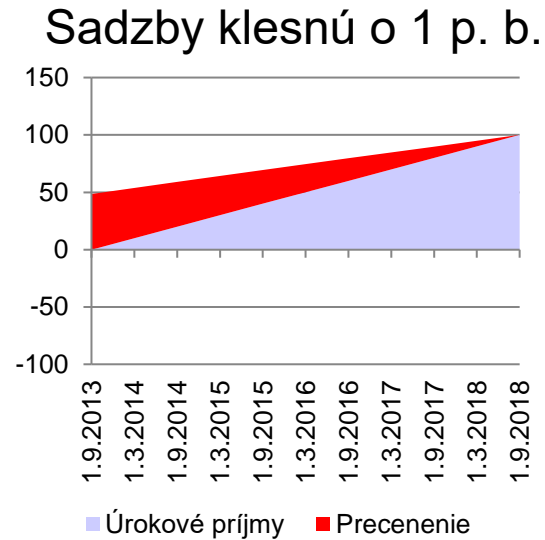
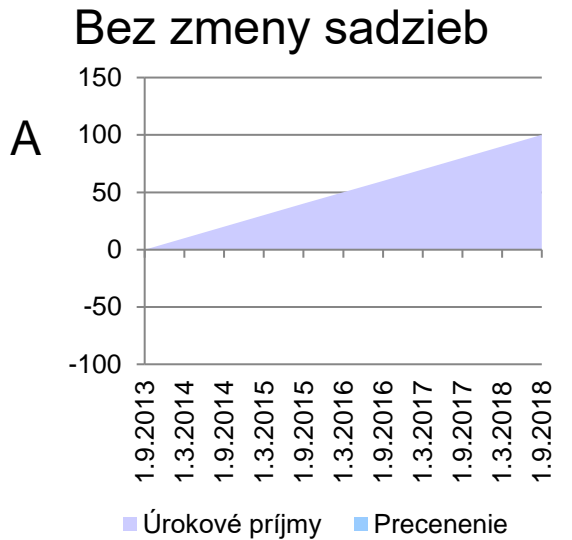
- Durácia: o koľko percent sa zmení hodnota dlhopisu, ak sa úroková sadzba posunie o 1 p. b.
- Dlhopis A: cca 4.9 – výrazný vplyv sadzieb na reálnu hodnotu
- Dlhopis B: 1 - malý vplyv sadzieb na reálnu hodnotu
- Efekt zmeny sadzby na reálnu hodnotu s blížiacou sa splatnosťou postupne odznieva
- Tesne pred splatnosťou sa hodnota dlhopisu vždy blíži poslednému cash-flowu



# Celkové úrokové príjmy

- Ak dlhopis držím do splatnosti, nezaujíma ma zmena reálnej hodnoty, ale príjmy z kupónov
- A:  $5 \times 20 \text{ €} = 100 \text{ €}$  vždy
- B: závisí od vývoja sadzieb

# Zhrnutie



# Záver

Kritérium rizikovosti	Dlhopis A (fixný kupón)	Dlhopis B (variabilný kupón)
Zmena reálnej hodnoty (krátkodobý horizont)	Vysoké riziko (pri raste sadzieb) <b>Obmedziť nákup</b>	Nízke riziko <b>Nakupovať veľa</b>
Zmena úrokových príjmov (dlhodobý horizont)	Nulové riziko <b>Nakupovať veľa</b>	Vysoké riziko (pri poklese sadzieb) <b>Obmedziť nákup</b>