



# Metody měření finančních rizik

Pavla Klepková Vodová

# Metody měření rizika

- kvalitativní
  - riziko vyjadřují:
    - stupnicí
    - pravděpodobností
    - slovně
- kvantitativní
  - riziko vyjadřují přesnými hodnotami
  - metody:
    - citlivost
    - směrodatná odchylka (+ koeficient variace)
    - Value at Risk

# Citlivost

- jak se změní cílová proměnná, změní-li se sledovaný parametr o jednotku
- citlivost absolutní:

$$S \text{ (v Kč)} = \frac{\text{změna cílové proměnné}}{\text{změna zvoleného parametru}}$$

- citlivost relativní:

$$s \text{ (v \%)} = \frac{\text{změna cílové proměnné} / \text{cílová proměnná}}{\text{změna zvoleného parametru}}$$



# Citlivost

- **výhody:**
  - jednoduchý výpočet i interpretace
  - kvantifikují cenu
- **nevýhody:**
  - bere v úvahu vliv pouze jednoho tržního parametru → existuje tolik citlivostí, kolik faktorů působí na danou veličinu

# Citlivost a jednotlivá rizika

- úvěrové riziko
- tržní riziko:
  - úrokové riziko (citlivost úrokové marže, citlivost tržní hodnoty portfolia)
  - měnové riziko (citlivost korunové hodnoty)
  - obligace (modifikovaná durace)
  - akcie (beta)
  - opce (delta)

# Příklad

- Relativní citlivost ceny obligace na změnu úrokových sazeb  $s = 5$ . Jaká je absolutní citlivost, je-li cena obligace 1.000,- Kč?

# Příklad

- Vypočítejte absolutní i relativní citlivost korunové hodnoty na změnu devizového kurzu, činí-li částka 10 tisíc EUR a došlo ke změně devizového kurzu z 25 Kč/EUR na 26 Kč/EUR.

# Citlivost a kontrola rizika

- banka by měla kontrolovat svou expozici vůči jednotlivým rizikům
- banka může citlivost portfolia zvyšovat nebo snižovat v závislosti na očekávaném vývoji
  - očekává růst či pokles úrokových sazeb
  - očekává býčí či medvědí trh
- úplná eliminace rizika → dosáhnout nulové citlivosti



# Směrodatná odchylka

- oboustranná odchylka proměnné od její průměrné hodnoty

- výpočet:

- 1. průměr

$$E(X) = \sum_{i=1}^n P_i X_i$$

- 2. rozptyl

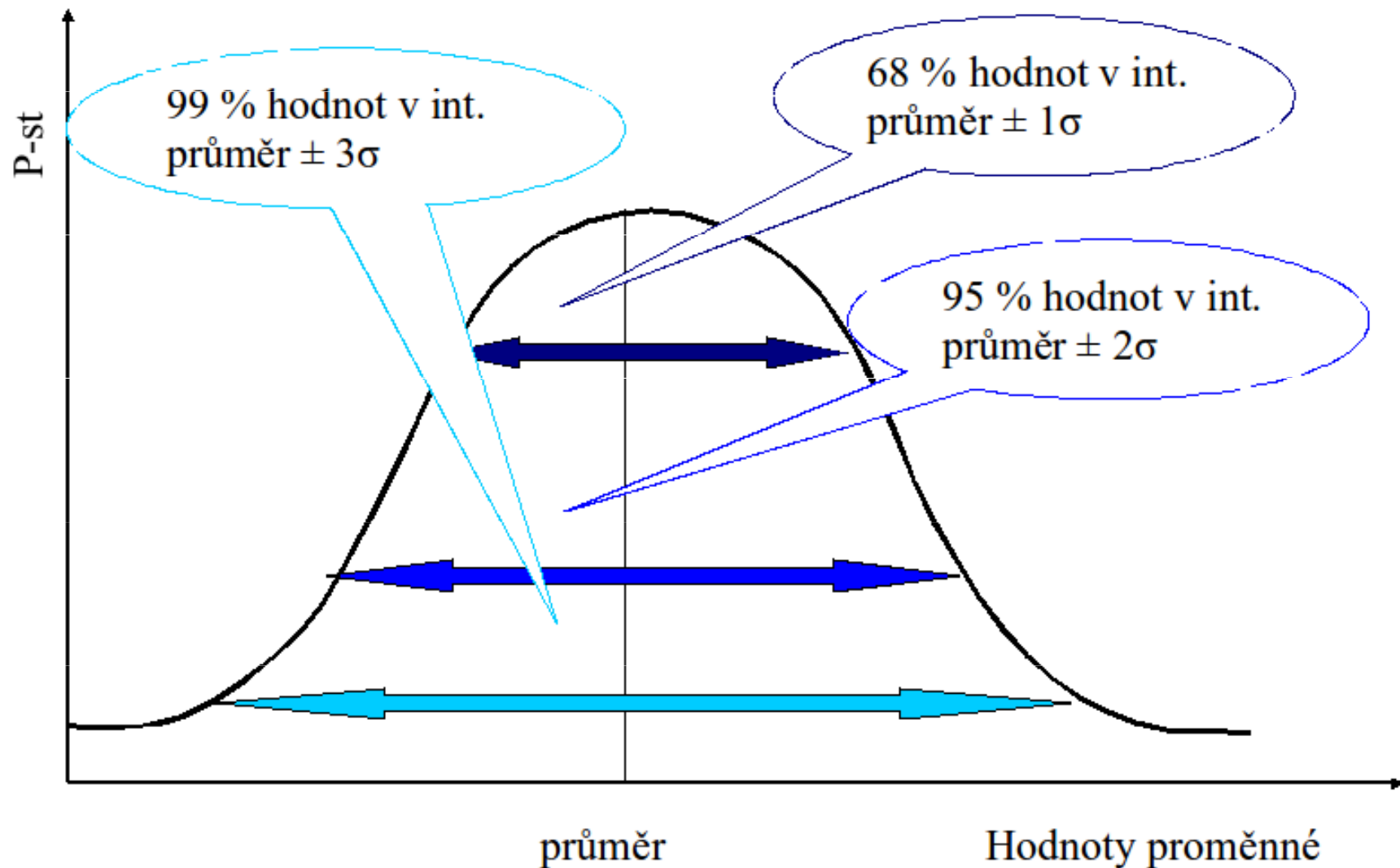
$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n P_i (X_i - E(X))^2$$

- 3. směrodatná odchylka

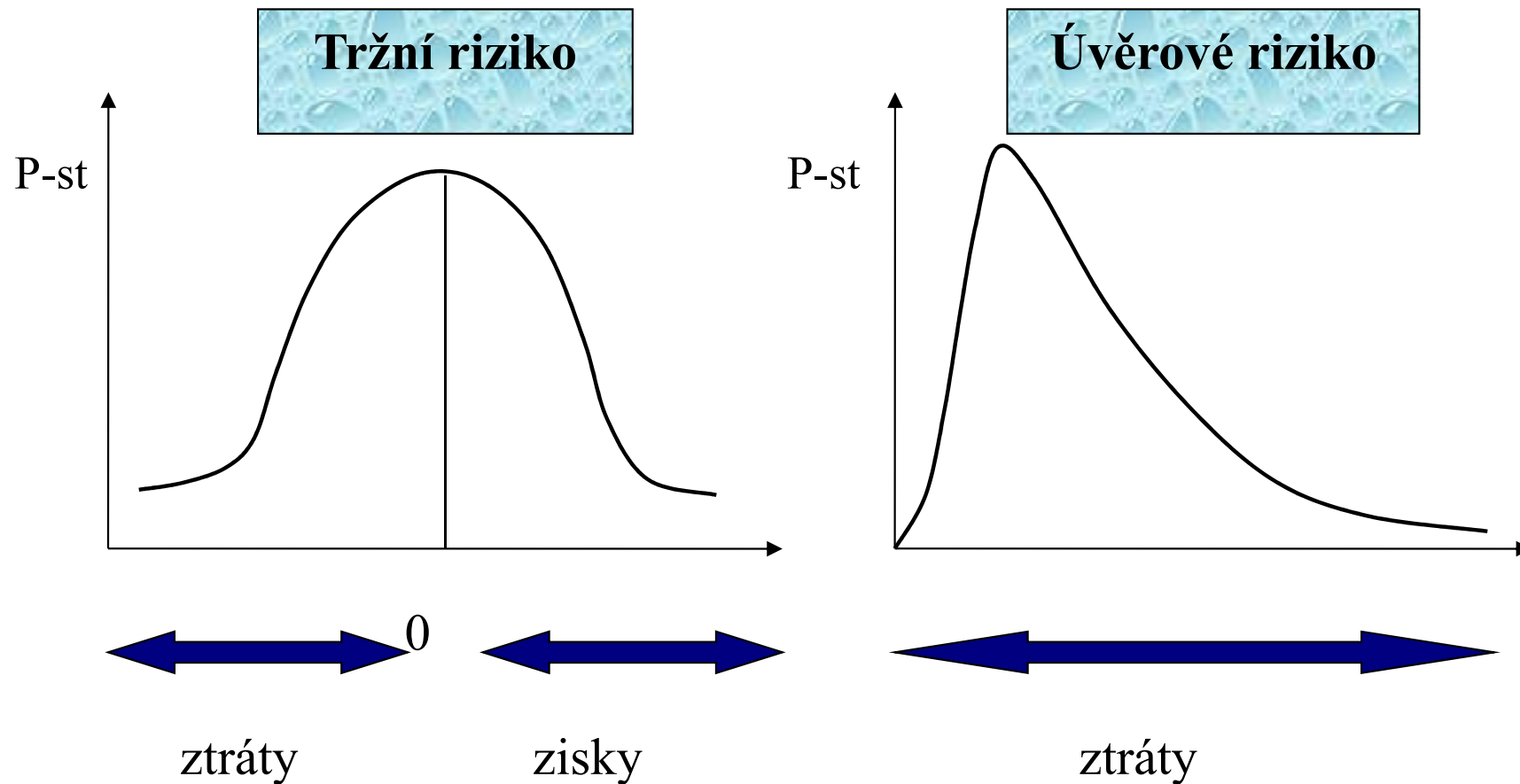
$$\sigma = \sqrt{\text{rozptyl}}$$

- čím větší směrodatná odchylka, tím větší riziko (viz distribuční křivka)

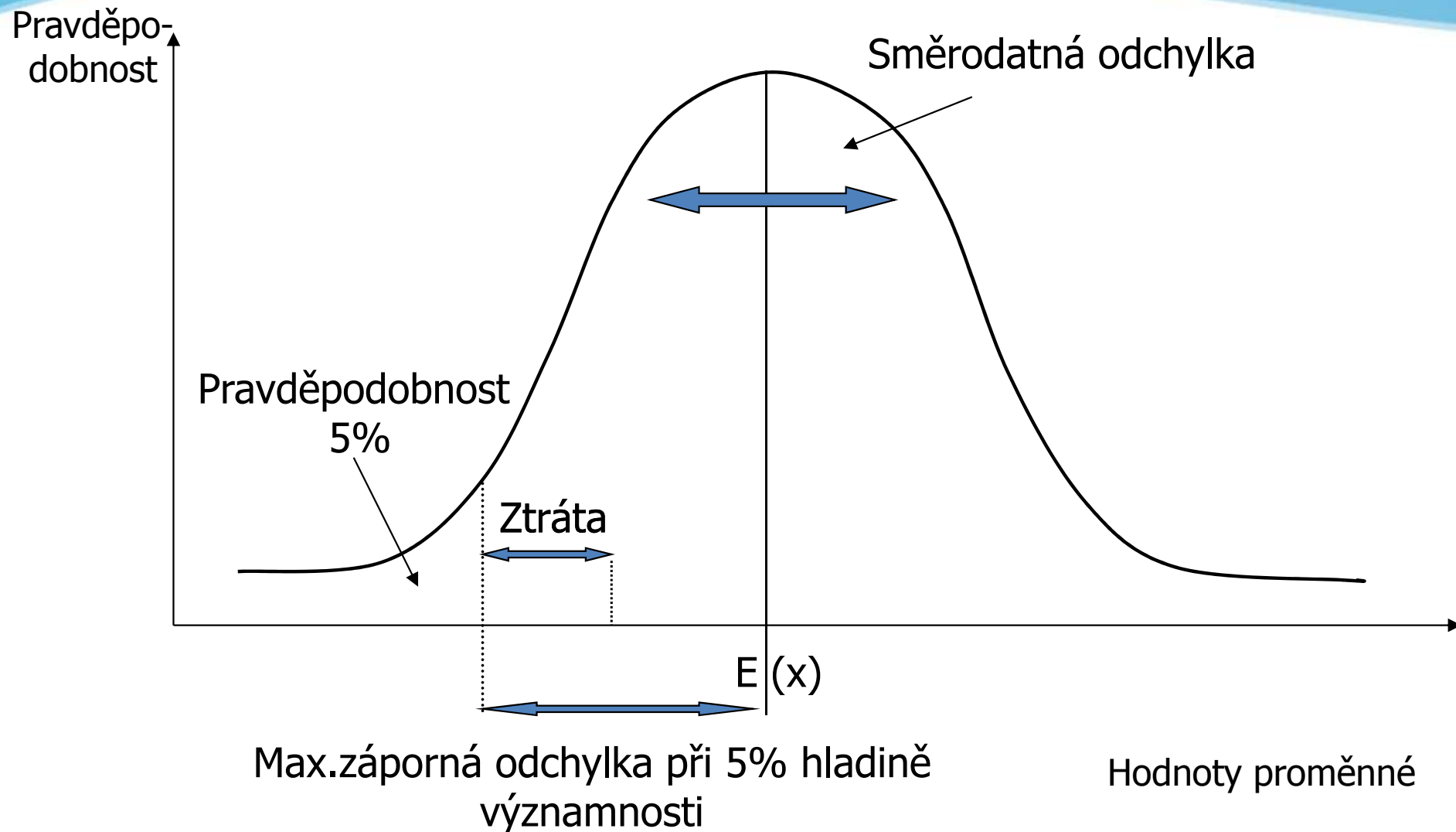
# Distribuční křivka při normálním rozdělení



# Různé tvary distribuční křivky pro různá rizika



# Směrodatná odchylka, záporná odchylka a výše ztráty



# VaR – Value at Risk

- druhy Value at Risk:
  - absolutní Value at Risk
  - relativní Value at Risk
  - marginální Value at Risk

# Absolutní Value at Risk

- maximální neočekávaná ztráta pro danou hladinu významnosti a určitou dobu držení
- VaR = potenciální ztráta s určitou pravděpodobností během určité následující doby držení, stanovená na základě určitého historického období, kterou instituce může mít u svého portfolia při nepříznivých tržních změnách → VaR se tedy počítá pro:
  - určitou dobu držby (1, 3, 5 či 10 dní)
  - určitou hladinu významnosti (99 % pro banky)
- matematická definice VaR: jednostranný kvantil (např. 99 %) z rozdělení zisků a ztrát portfolia během určité doby držení (např. 10 dní), stanovený na základě určitého historického období (např. 1 rok)
- VaR je taková očekávaná ztráta, která nebude v určitém časovém intervalu za normálních tržních podmínek přesažena vícekrát než kolik odpovídá intervalu spolehlivosti, na kterém je VaR počítána

# Možné interpretace hodnot absolutní Value at Risk

- příklad: VaR = 1 milion Kč na hladině spolehlivosti 99 % za jeden den:
  - v 99 % případů, resp. v průměru ze 100 dnů v 99 dnech nebude ztráta vyšší než 1 milion Kč
  - druhá nejvyšší ztráta, která se přihodí ve 100 dnech, je 1 milion Kč
  - 1 milion Kč je minimální ztráta, kterou realizujeme v jednom dni ze 100 (v 1 % případů)
- portfolio s VaR 10 mil. Kč při 99 % jednostranné pravděpodobnosti představuje méně rizikové portfolio než portfolio s VaR 10 mil. Kč při 95 % pravděpodobnosti

# Relativní a marginální Value at Risk

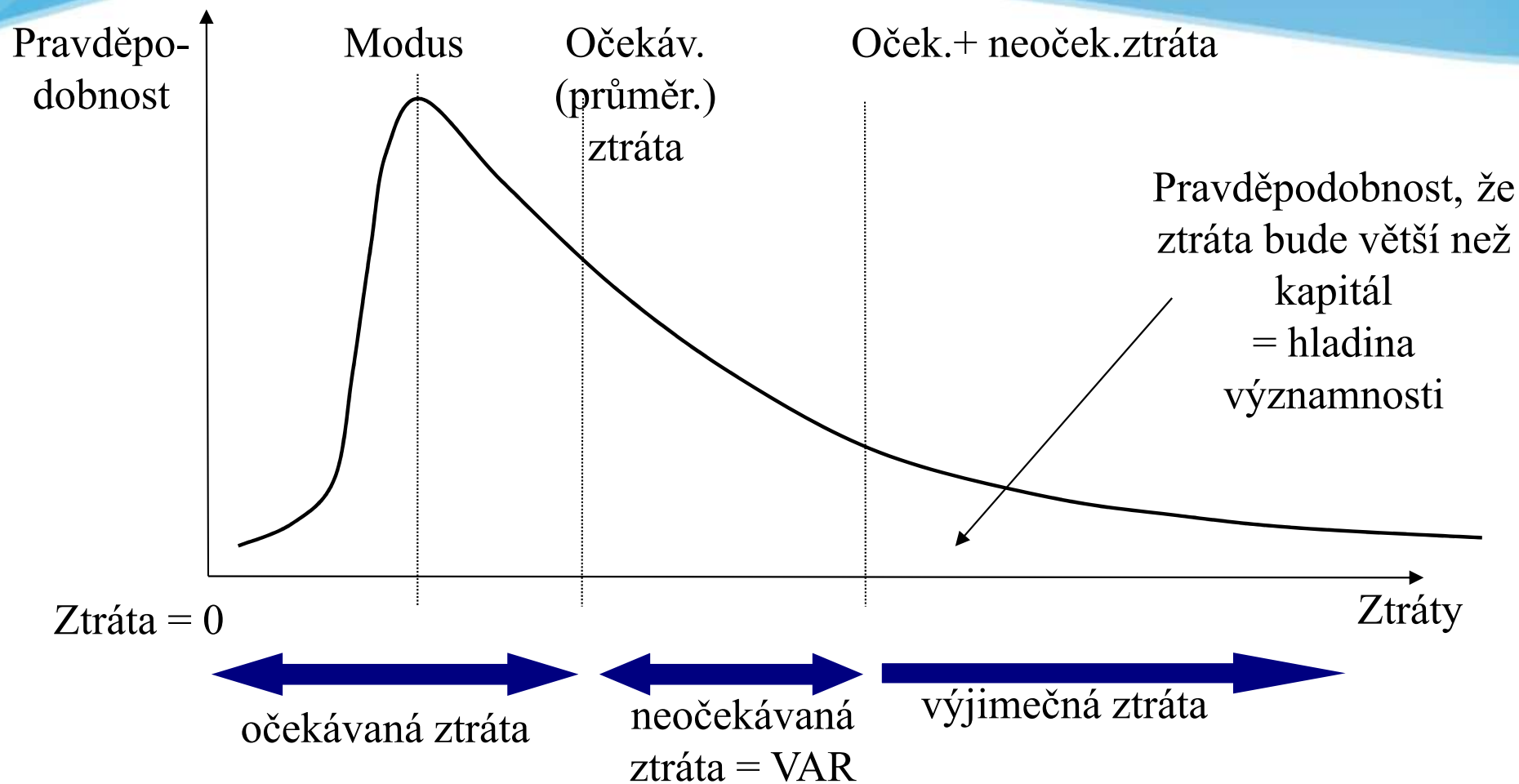
- **relativní VaR** = riziko nižší výkonnosti vzhledem k určitému standardu (benchmark), jako je např. určitý akciový index
  - př.: relativní VaR 10 mil. Kč při intervalu spolehlivosti 99 % a době držení 1 měsíc → v průměru pouze v 1 měsíci ze 100 je možné vzhledem k tržním změnám očekávat nižší výkonnost než je standard o více než 10 mil. Kč
- **marginální VaR** = míra, o kolik vzroste absolutní či relativní VaR portfolia při dodání nebo vynětí nástroje z/do portfolia



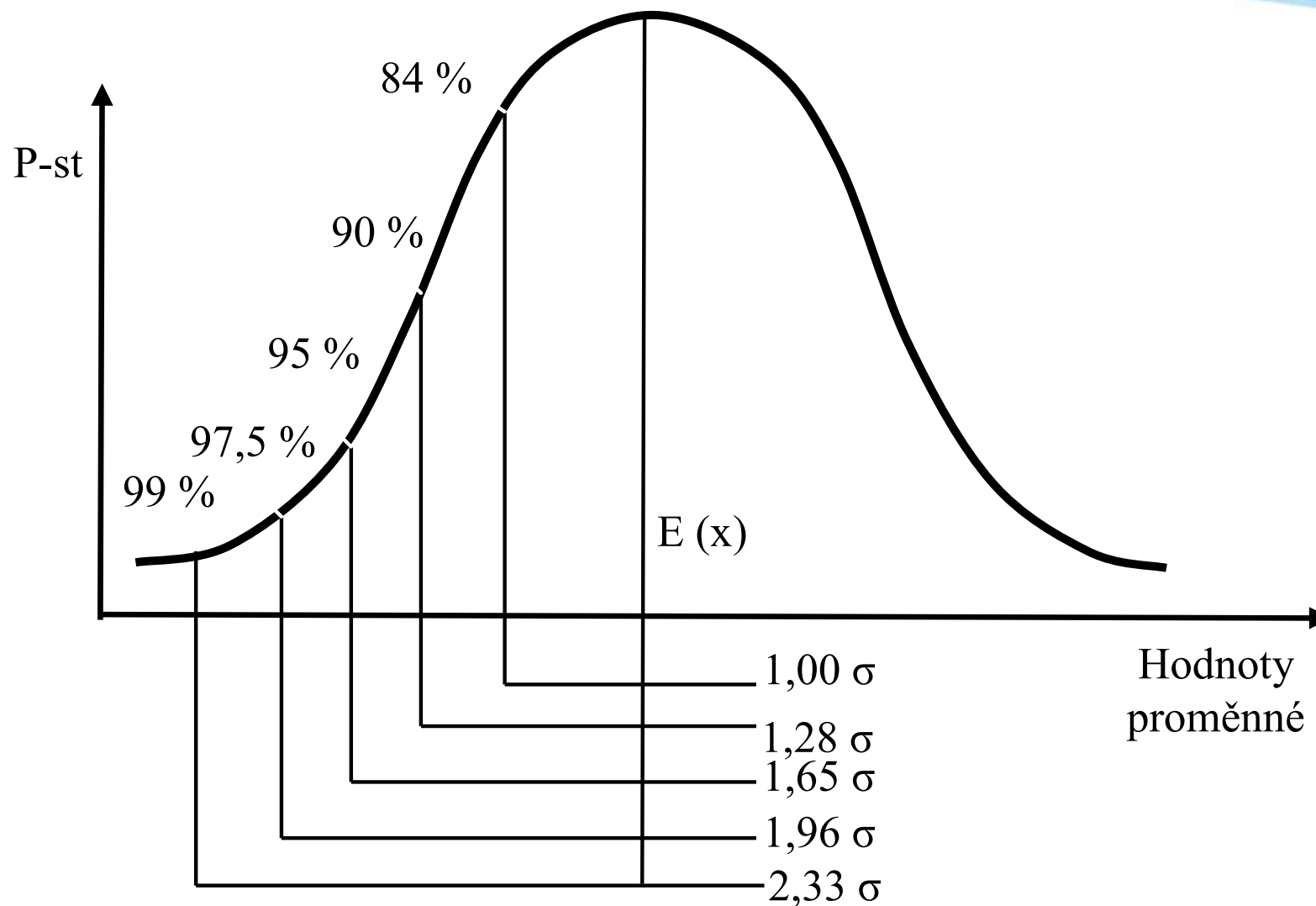
# Typy potenciálních ztrát banky

- **očekávaná**
  - průměrná ztráta
  - zajišťuje se rezervami
- **neočekávaná**
  - pro danou hladinu významnosti = VaR
  - zajišťuje se kapitálem
- **výjimečná**
  - problém, jakou zvolit hladinu významnosti
  - jak ocenit výjimečnou ztrátu

# Typy potenciálních ztrát a VaR



# Hladina významnosti



# Metody výpočtu Value at Risk

- metoda variancí a kovariancí (tzv. parametrická metoda)
- metoda historické simulace
- metoda simulace Monte Carlo (tzv. stochastická simulace)

# Metoda variancí a kovariancí

- předpoklady: normální rozdělení a stabilní korelace změn rizikových faktorů
- výpočet:

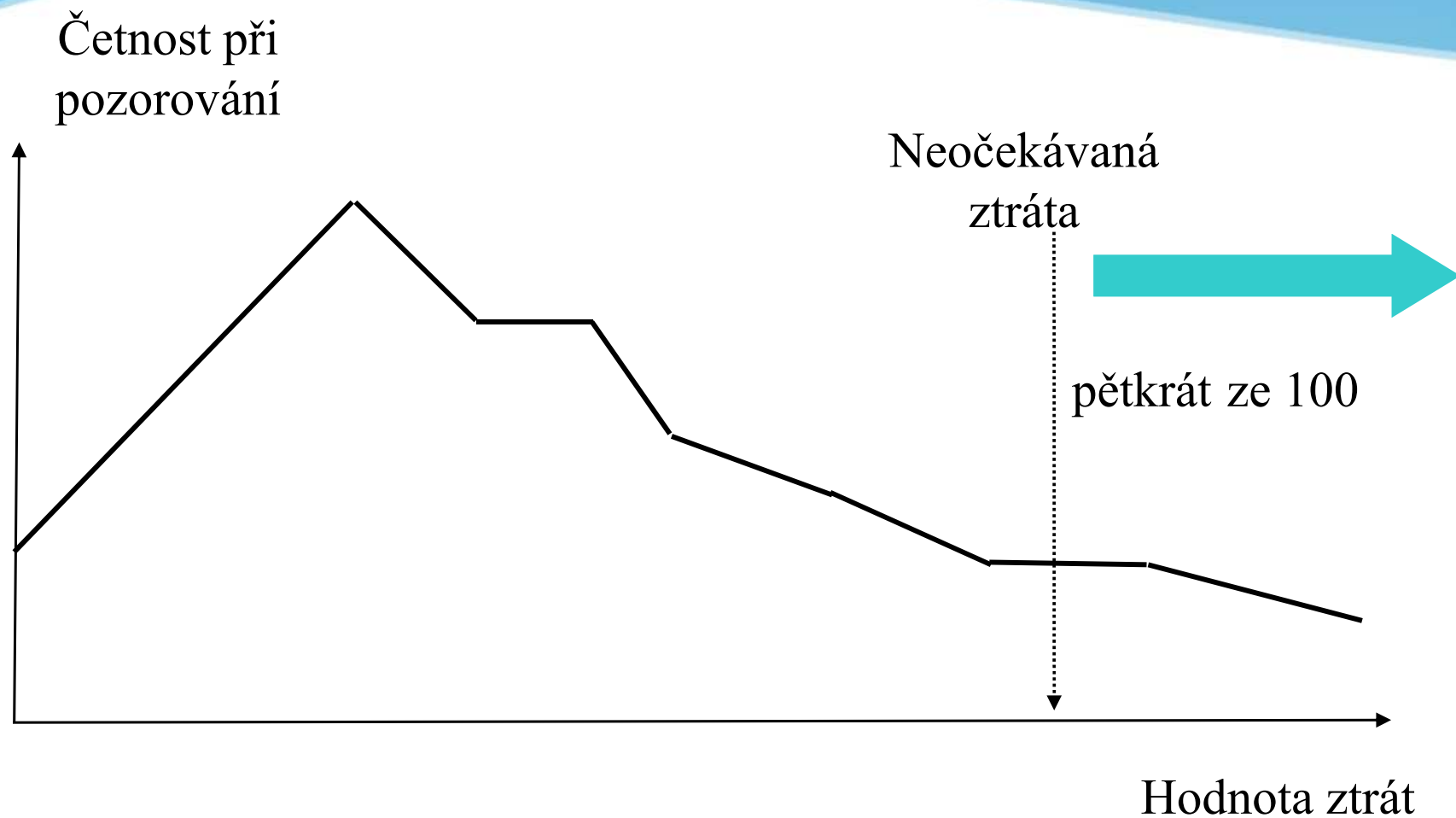
$$VAR = \sqrt{x^T * C * x} * \sqrt{T}$$

$$X = \begin{vmatrix} VAR_1 \\ VAR_2 \\ VAR_3 \\ \dots \\ VAR_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} konst * \sigma_1 * V_{01} \\ konst * \sigma_2 * V_{02} \\ konst * \sigma_3 * V_{03} \\ \dots \\ konst * \sigma_n * V_{0n} \end{vmatrix}$$
$$C = \begin{vmatrix} 1 & k_{1,2} & k_{1,3} & \dots & k_{1,n} \\ k_{2,1} & 1 & k_{2,3} & \dots & k_{2,n} \\ k_{3,1} & k_{3,2} & 1 & \dots & k_{3,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n,1} & k_{n,2} & k_{n,3} & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

# Metoda historické simulace

- ztráty se simulují bez jakýchkoliv předpokladů o rozdělení = simuluje se pro určitý historický scénář bez ohledu na jeho pravděpodobnost
- nevyžaduje znalost volatilit jednotlivých rizikových faktorů ani jejich kovariance
- postup:
  - výpočet časové řady zisků a ztrát
  - jejich seřazení dle velikosti
  - aplikace neparametrické metody

# Neparametrická metoda



# Simulace Monte Carlo

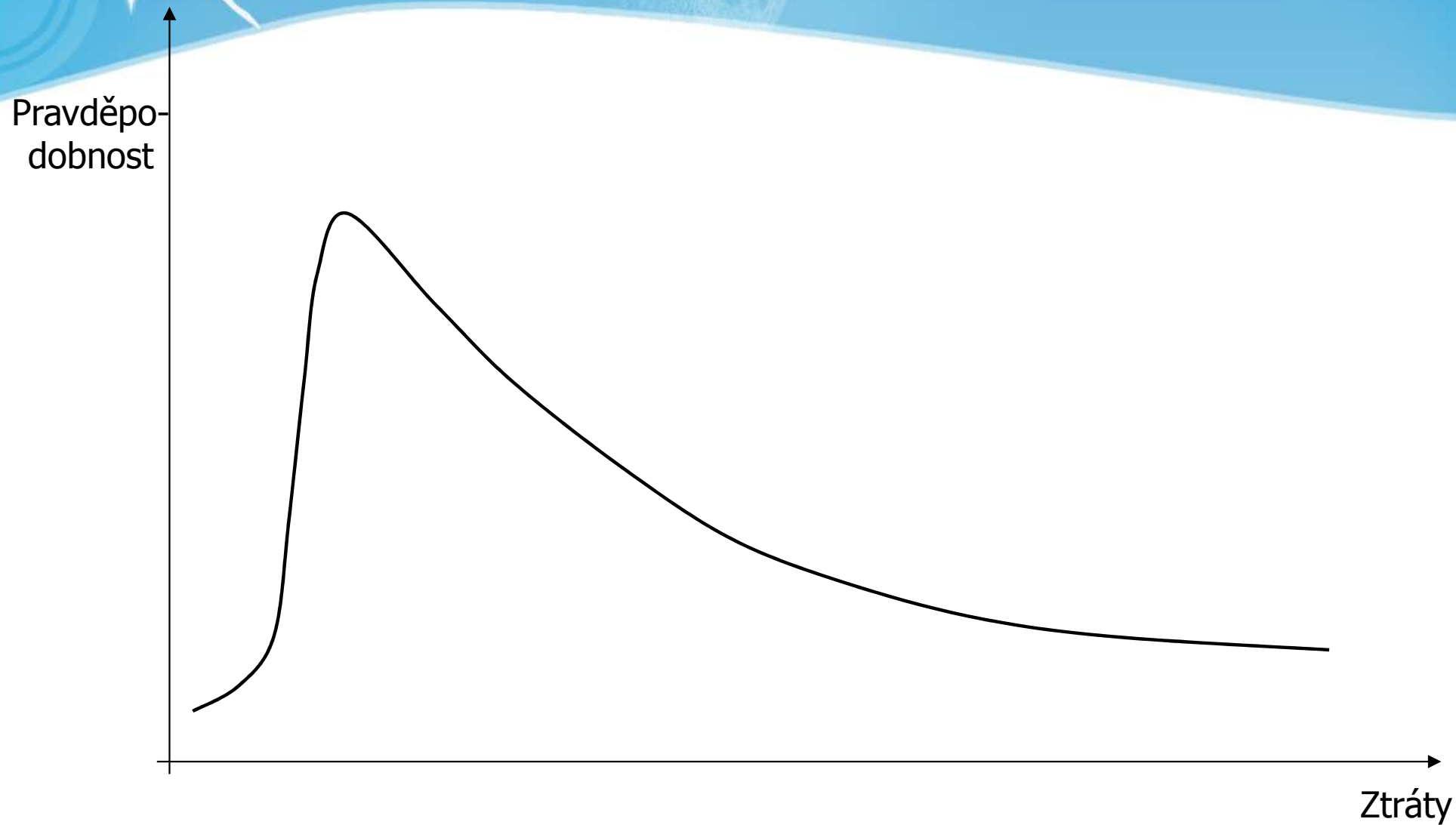
- generování velkého počtu scénářů vývoje budoucích cen jednotlivých aktiv
- pro každý scénář vypočítat hodnotu portfolia
- časová řada zisků a ztrát → distribuční křivka → neparametrická metoda



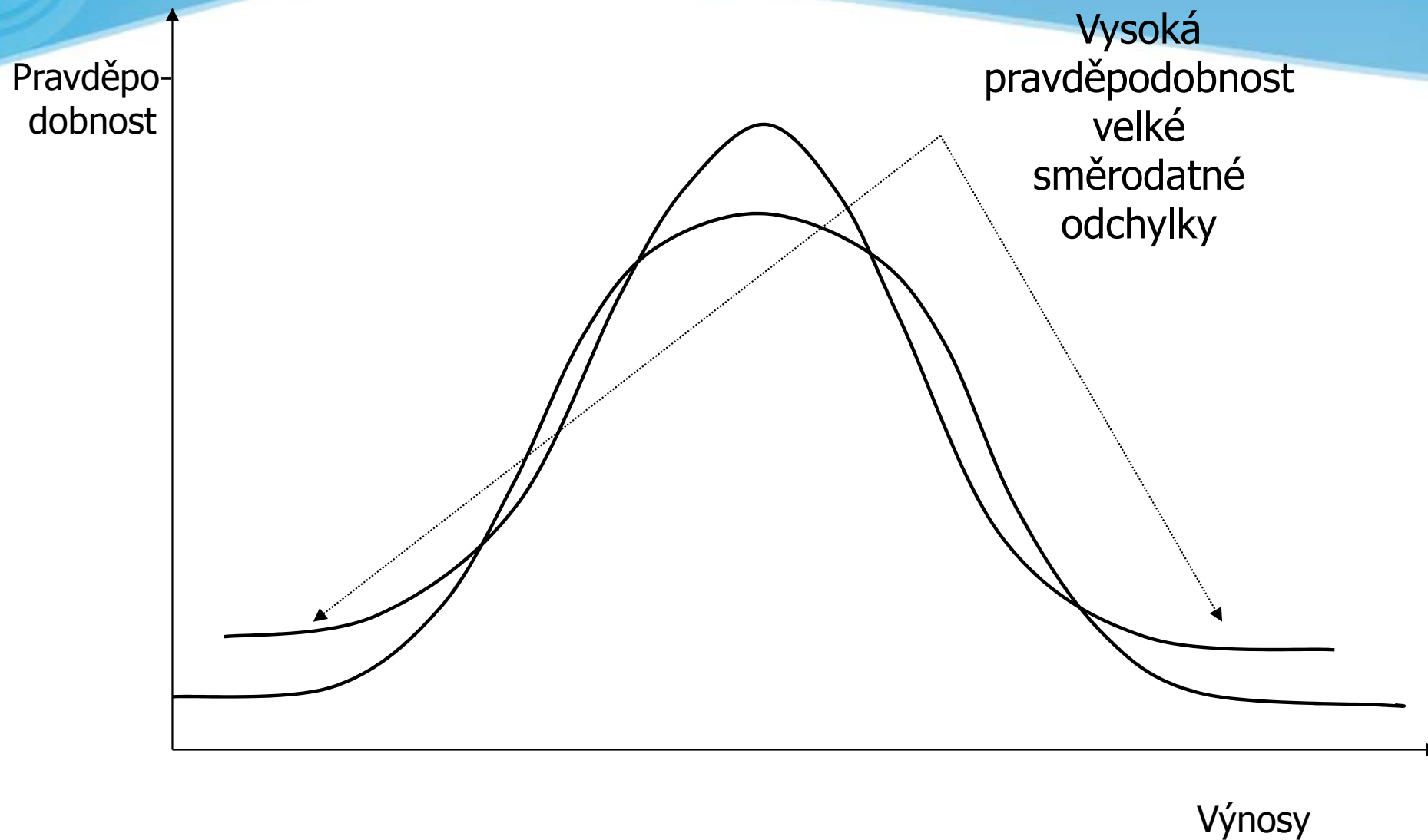
# Výhody a nevýhody simulací

- **výhoda:** stanovení VaR není závislé na nerealistických předpokladech ohledně rozdělení výnosů (problém fat tails, asymetrické rozdělení - nelineární opční portfolia)
- **nevýhody:** pracnost výpočtů, potřeba dostatečně dlouhých časových řad

# „Fat tails“ pro úvěrové riziko



# „Fat tails“ pro tržní riziko



# Nedostatky Value at Risk

- VaR necharakterizuje velmi málo pravděpodobné ztráty
- pokud zisky a ztráty z portfolia nelze popsat některým z eliptických rozdělení, VaR není subaditivní
- VaR není vpřed hledící
- VaR neuvažuje náklady likvidace
- VaR je statická metoda

# Struktura kapitálové přiměřenosti v ČR

- úvěrové riziko
  - standardizovaný přístup
  - přístup založený na interním ratingu (IRB)
- tržní riziko
  - standardizovaný přístup
  - interní model
- operační riziko
  - přístup základního ukazatele (BIA)
  - standardizovaný přístup
  - alternativní standardizovaný přístup (ASA)
  - pokročilý přístup (AMA)

# Vnější model (standardní metoda)

- přesné postupy výpočtu kapitálového požadavku
- nevýhody:
  - pouze částečně bere v úvahu korelace mezi kategoriemi rizik a také mezi rizikovými faktory → metoda nebere v úvahu užitek z diverzifikace různých rizik v témže portfoliu
  - nebere v úvahu volatilitu v rámci jednotlivých rizikových faktorů → výsledkem nadměrný kapitálový požadavek

# Interní (vlastní) modely

- předpoklad: finanční instituce mají lepší předpoklady sestavit modely, které přesně měří riziko během určité doby držení, než regulátoři
- kapitálové požadavky by měly lépe odrážet skutečné riziko jednotlivých institucí
- úloha regulátora?

# Obecné požadavky na interní modely

- model je koncepčně správný a je implementován konzistentně se způsobem řízení rizik v bance
- model je dostatečně dlouho testován
- model má prokazatelně dostatečnou přesnost
- v bance je dostatek kvalifikovaných pracovníků
- pravidelně se provádí stresové a zpětné testování modelu
- model splňuje požadavky dané Nařízením Evropského parlamentu a rady č. 575/2013 o obezřetnostních požadavcích na úvěrové instituce a investiční podniky



# Výpočet VaR a stresové VaR

- VaR se počítá denně
- 99 % jednostranný interval spolehlivosti
- doba držby 10 dní
- historické pozorování minimálně 1 rok
- datové soubory aktualizovány alespoň měsíčně
- alespoň jednou za týden počítat stresovou hodnotu VaR
  - pro model kalibrovaný podle historických údajů ze souvislého 12 měsíčního období velké finanční zátěže významné pro portfolio banky
- výsledky výpočtů se zvyšují pomocí multiplikačních faktorů, které odráží výsledky zpětného testování

# Zpětné testování

- založeno na sledování skutečných jednodenních ztrát, které převyšují předpokládané ztráty
- dvě metody:
  - čisté zpětné testování (clean backtesting) = stanovení dnešní ztráty původního (tj. včerejšího) portfolia
  - špinavé zpětné testování (dirty backtesting) = stanovení dnešní ztráty dnešního portfolia
  - ČNB: srovnání hodnoty portfolia ke konci dne a jeho hodnotou na konci následujícího dne za předpokladu nezměněných pozic
- výsledek se odrazí v hodnotě plus faktoru a tím ve výši kapitálového požadavku

# Kapitálový požadavek

- je určován denně jako součet hodnot A a B:
  - hodnota A: vyšší z hodnot:
    - VaR předchozího dne
    - součin multiplik.faktoru a průměrné denní VaR za předch. 60 prac. dnů
  - hodnota B: vyšší z hodnot:
    - naposledy stanovená stresová VaR
    - součin multiplik. faktoru a prům. stresové VaR za předch. 60 prac. dnů
  - multiplik.faktor = 3 + plus faktor  
(dle přesnosti zpětného testování)

Počet překročení	plus faktor
méně než 5	0,00
5	0,40
6	0,50
7	0,65
8	0,75
9	0,85
10 nebo více	1,00

# Požadavky na měření rizika

- model přesně zachycuje všechna podstatná cenová rizika
- model zachycuje v závislosti na míře aktivity banky na příslušných trzích dostatečný počet rizikových faktorů:
  - odpovídajících úrokovým mírám
  - týkajících se zlata a jednotlivých cizích měn
  - alespoň jeden rizikový faktor pro každý z akciových trhů, kde banka drží významnější pozice
  - alespoň jeden rizikový faktor pro každou komoditu, ve které banka drží významnější pozice
  - konzervativně hodnotí riziko vznikající z méně likvidních pozic a pozic s omezenou transparentností cen podle realistických tržních scénářů

# Kvalitativní požadavky

- model je úzce začleněn do procesu každodenního řízení rizik banky a slouží jako základ pro hlášení rizikových expozic vrcholnému vedení banky
- útvar řízení rizik nezávislý na útvaru obchodování
- denní hlášení připravovaná útvarem řízení rizik jsou posuzována vedoucími zaměstnanci, kteří mají pravomoc prosadit jak redukci pozic zaujatých jednotlivými obchodníky, tak i celkové expozice banky
- požadavky na zaměstnance banky, na vnitřní audit
- model je dostatečně přesný
- dostatečně náročné zátěžové (stresové) testování modelu
- banka zabezpečí interní validaci modelů

# Stresové testování (1)

- testování modelu na daném portfoliu pro určitý stresový scénář vývoje úrokových měr, akciového trhu, měnových kurzů a cen komodit
- stresové testy odhadují ztráty za extrémních předpokladů a historických událostí, tj. za podmínek, že jsou základní předpoklady modelů porušeny

# Stresové testování (2)

- stresové testy:
  - dle toho, co prověřují:
    - kvantitativní
    - kvalitativní
  - dle metodologie:
    - analýza citlivosti
    - scénářová analýza
    - analýza nákazy

# Stresové testování (3)

- postup při stresovém testování:
  - identifikace hlavních rizik a expozic a formulování otázek o těchto rizicích a expozicích
  - definice pokrytí a identifikace potřebných a dostupných dat
  - kalibrace scénářů nebo šoků, které budou aplikovány na data
    - worst – case approach
    - threshold approach
  - výběr a implementace metodologie
  - interpretace výsledků



# Stresové testování (4)

- ČNB vyžaduje, aby banky braly výsledky stresového testování v úvahu při stanovování postupů a limitů pro tržní rizika
- banky musí provádět stresové testování minimálně jednou za tři měsíce
- výsledky musí být předkládány členům vrcholového vedení odpovědným za řízení rizik

# Příklad

- Předpokládejme, že držíme pozici v hodnotě 10 milionů USD v akciích IBM. Vypočtete hodnotu VaR na hladině významnosti 99 % (konstanta 2,33) pro dobu držby 10 dní. Denní volatilita cen akcií IBM je 2 %.
- Jak by se změnila VaR pro dobu držby 1 den?

# Příklad

- Banka investovala USD do EUR, má tedy otevřenou pozici 100 mil. EUR. Aktuální devizový kurz je 1,15 USD/EUR. Denní směrodatná odchylka kurzu je 0,50 %. Vypočtete jednodenní VaR při hladině významnosti 95 % (konstanta 1,65). Předpokládáme normální rozdělení.
- Jak by se změnila VaR pro hladinu významnosti 99 % (konstanta 2,33)?

# Příklad

- Předpokládejme, že bezkupónový dluhopis má PVBP v hodnotě -47.500 EUR a denní volatilitu 0,02 %. Vypočtete jednodenní VaR na hladině spolehlivosti 95 % (konstanta 1,65).

# Příklad

- Vypočítejte Value at Risk pro bezkupónový dluhopis s dobou splatnosti 5 let, nominální hodnotou 100.000 EUR, jsou-li úrokové sazby 5 %, denní volatilita kurzu je 0,05 %, hladina významnosti 99 % (konstanta je 2,33) a doba držby 10 dní.

# Příklad

- Portfolio se skládá ze tří aktiv, do každého z nich bylo investováno 10.000 Kč. Směrodatné odchylky jsou 5,4180 %, 3,0424 % a 3,6363 %. Korelační koeficient mezi výnosy aktiva 1 a 2 je 0,962, mezi aktivem 1 a 3 je 0,403 a mezi aktivem 2 a 3 je 0,610. Vypočtete jednodenní VaR portfolia při hladině významnosti 95 % (konstanta 1,65).
- Jaká by byla výše VaR, pokud by výnosy všech aktiv byly dokonale pozitivně korelované?

MĚJTE SE HEZKY

