

# Použití modelu Value at Risk u akcií z pražské Burzy cenných papírů

Radim Gottwald

Mendelova univerzita v Brně

## Abstrakt

Článek se zaměřuje na model Value at Risk, který se v současnosti často používá na analýzu rizika, zejména v bankovníctví a pojišťovnictví. Po charakteristice principu modelu je ekonomicky interpretována hodnota Value at Risk. Zmíněny jsou dvě dílčí metody, a to metoda Monte Carlo a metoda historické simulace. Autor uvádí řadu empirických studií zaměřených na aplikaci těchto metod v praxi. Cílem článku je aplikace modelu Value at Risk na vybrané akcie ze segmentu SPAD pražské Burzy cenných papírů v rámci roku 2011, a to s využitím těchto dvou dílčích metod. Je zvolen interval spolehlivosti, doba držení a další důležité parametry, které se vztahují k dílčím metodám. S využitím historických kurzů akcií jsou vypočteny různé statistické ukazatele. Jsou srovnány vypočtené nediverzifikované a diverzifikované hodnoty Value at Risk u dílčích metod. V článku jsou dále popsány jednotlivé rozdíly mezi relativní, absolutní a marginální Value at Risk. Autor uvádí možnosti snížení hodnoty Value at Risk.

**Klíčová slova:** model Value at Risk, měření rizika, metoda Monte Carlo, metoda historické simulace

## Úvod

Do různých finančních aktiv investuje na finančních trzích mnoho subjektů, mezi něž patří jak instituce typu bank a pojišťoven, tak nefinanční instituce typu podniků, které nejsou z principu primárně zaměřeny na obchodování s finančními aktivy. Při rozhodování o tom, zda má daný subjekt případnou investici do finančních aktiv realizovat, či nerealizovat, je třeba zvážit míru rizikovosti, která je s jednotlivými investicemi do finančních aktiv spojena. Tato míra rizikovosti je podle Gottwalda (2008) mírou nejistoty, že zvolený finanční instrument nedosáhne takové úrovně výnosnosti, kterou od něj investor očekává. Pro zjištění míry rizika posuzovaných investic do finančních aktiv je možné využít model Value At Risk.

Tento model začaly poprvé používat některé americké banky v 80. letech, a to v souvislosti s rozmachem derivátových obchodů, které znamenaly pro

oblast řízení rizik nové možnosti. Během posledních cca pěti let je v souvislosti s dopady finanční krize kladen velký důraz na používání kvalitních mechanismů v bankovníctví v oblasti risk managementu. V rámci zintenzivnění bankovní regulace a bankovního dohledu dochází postupně ke stále častějšímu používání tohoto modelu v bankovníctví. Aktuálnost tématu článku je zřejmá i z množství empirických analýz z nedávného období, které se týkají modelu Value at Risk. V rámci vymezení místa, které článku přísluší v rámci systematického výzkumu měření tržních rizik, směřuje tento článek mezi články, které obsahují současnou aplikaci více metod, v daném případě metody Monte Carlo a metody historické simulace. Vypočtené výsledky je možné dále použít ke srovnání s výsledky dalších empirických výzkumů. Model Value at Risk se obecně používá k měření a řízení celkového tržního rizika portfolia. Tento model dokáže na rozdíl od podobných modelů typu gap a duration gap měřit jak úrokové riziko, tak i další typy tržního rizika. Tento relativně jednoduchý a efektivní nástroj pro měření a řízení tržního rizika portfolia je založený na předpokladu, že z historických hodnot je možné odvodit budoucí riziko.

Cílem článku je aplikace modelu Value at Risk na kurzech vybraných akcií. Konkrétně se jedná o aplikaci metody Monte Carlo a metody historické simulace. Vypočtené výsledky jsou dále srovnány. Tyto metody umožňují vybraný trh blíže identifikovat. Na základě zjištěných výsledků je možné vypočítat hodnotu Value at Risk, tedy maximální potenciální ztrátu stanovenou s určitou pravděpodobností během následující zvolené doby držení, stanovenou na základě zvoleného historického období, kterou může mít určitý subjekt finančního trhu u svého portfolia při nepříznivých tržních změnách.

S modelem Value at Risk jsou spojeny dvě dílčí metody, a to metoda Monte Carlo a metoda historické simulace. U metody Monte Carlo jsou za rizikové faktory v rámci empirických výzkumů volena různá finanční aktiva. Beveridge a Joshi (2010) volí rizikové faktory ve formě konvertibilních dluhopisů. K oceňování amerických opcí používá metodu Monte Carlo Rasmussen (2002). K ohodnocení některých finančních derivátů, konkrétně kupní a prodejní opce typu plain vanilla, používá tuto metodu Marshall (2008). U metody historické simulace se využívají časové řady skutečných historických hodnot rizikových faktorů za zvolené historické období. Za rizikové faktory mohou být při aplikaci metody historické simulace volena různá finanční aktiva. Hodnotu Value at Risk pro burzovní indexy, akcie a portfolia cenných papírů počítají pomocí historické simulace Angelidis a Benos (2005). Za dobu držení volí 1 den. Zaměřují se na index athénské burzy ASE a cenné papíry z řeckého burzovního trhu. Fajardo, Farias a Ornelas (2005) analyzují možné použití hyperbolických distribučních funkcí ve snaze zpřesnit odhady hodnot Value at Risk při použití rizikových faktorů ve formě měnových kurzů amerického dolaru USD k brazilskému realu BRL. Weng a Trueck (2009) měří úroveň rizikových faktorů ve formě hedge fondů z asijských finančních trhů.

## Metodika

V rámci metodické části se nejprve zvolí vstupní charakteristiky, které jsou pro aplikaci obou dvou metod společné. Za rizikové faktory jsou zvoleny akcie. Za trh, na němž jsou metody aplikovány, je zvolena pražská Burza cenných papírů, konkrétně její segment SPAD, na kterém se obchoduje s nejprestižnějšími akciovými tituly, které burza nabízí. Ze segmentu SPAD jsou zvoleny akcie označované jako AAA, KB, NWR a ORCO. Za historické období, v rámci něhož jsou získána potřebná data, je zvoleno období od 3.1.2011 do 30.12.2011. Hodnota Value at Risk se stanovuje k 30.12.2011. Za dobu držení je zvolen jeden den. Vstupní data tedy tvoří časovou řadu kurzů akcií s periodicitou jednoho dne. Za interval spolehlivosti je zvoleno 95 %. Zdrojem vstupních dat je databáze společnosti Patria Finance, a.s. Prostřednictvím Patria Online, a.s. (2012) jsou získána data potřebná k realizaci empirické analýzy, a to historické závěrečné denní kurzy akcií uváděné vždy v CZK.

## Výsledky

### Data společná pro obě dvě metody

Historické kurzy akcií, což jsou v podstatě absolutní historické hodnoty rizikových faktorů, jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Historické kurzy akcií

Datum	AAA	KB	NWR	ORCO
30.12.2011	17,88	3330,00	135,79	85,42
29.12.2011	17,30	3308,00	134,74	84,00
28.12.2011	17,54	3283,00	134,34	82,56
...	...	...	...	...
5.1.2011	22,64	4392,00	269,90	177,45
4.1.2011	22,85	4420,00	263,00	178,96
3.1.2011	22,26	4439,00	255,10	182,98

Zdroj: Vlastní výpočet s využitím Patria Online, a.s. (2012)

Kurzy akcií k 30.12.2011 jsou uvedeny v tabulce 2. Na základě těchto kurzů jsou dále vypočteny váhy akcií v portfoliu, čímž je určena struktura a hodnota portfolia. Od každého ze čtyř vybraných akciových titulů je do portfolia zahrnuta vždy jedna akcie.

Tabulka 2: Kurzy akcií k 30.12.2011 a váhy akcií v portfoliu

Ukazatel	AAA	KB	NWR	ORCO
Kurz k 30.12.2011	17,88	3330,00	135,79	85,42
Váha	0,50 %	93,30 %	3,80 %	2,39 %

Zdroj: Vlastní výpočet s využitím Patria Online, a.s. (2012)

### Aplikace metody Monte Carlo

Za typ pravděpodobnostního rozdělení je zvoleno normální rozdělení. V tabulce 3 jsou uvedeny přepočtené simulace kurzů akcií, které jsou vypočteny jako součiny kurzů akcií k 30.12.2011, prezentovaných v tabulce 2, a simulací kurzů akcií. Simulace kurzů akcií jsou vypočteny prostřednictvím software NtRand 3.2 společnosti Numerical Technologies. S využitím funkce NtRandMultiNorm, určené pro normální rozdělení, je realizováno celkem 1000 simulací a vypočtena střední hodnota normálního rozdělení ve výši 0,001561 a rozptyl normálního rozdělení ve výši 0,000629.

Tabulka 3: Přepočtené simulace kurzů akcií

Číslo simulace	AAA	KB	NWR	NWR	Součet
1	0,22	30,03	-1,25	1,01	30,00
2	-0,20	-23,98	1,83	-0,56	-22,91
3	0,40	23,75	4,78	2,50	31,43
...	...	...	...	...	...
998	0,31	42,85	0,70	1,61	45,47
999	-0,82	-129,36	-6,92	-3,45	-140,56
1000	0,84	135,41	7,50	3,90	147,65

Zdroj: Vlastní výpočet s využitím Patria Online, a.s. (2012)

S využitím hodnot v posledním sloupci tabulky 3 je vypočten 5% percentil, jehož výše je -114,61. Jedná se o diverzifikovanou hodnotu Value at Risk. 5% percentil, který je vypočten zvlášť pro každou akcii z přepočtených simulací kurzů akcií, je uveden v tabulce 4.

Tabulka 4: 5% percentil

Ukazatel	AAA	KB	NWR	ORCO
Percentil 5%	-0,65	-109,25	-5,74	-3,94

Zdroj: Vlastní výpočet s využitím Patria Online, a.s. (2012)

S využitím hodnot v tabulce 4 je vypočten součet, jehož výše je -119,58. Jedná se o nediverzifikovanou hodnotu Value at Risk. Z tabulky je zřejmé, jaké jsou podíly jednotlivých akcií na nediverzifikované hodnotě Value at Risk.

### Aplikace metody historické simulace

V tabulce 5 jsou uvedeny přepočtené kurzy akcií, což jsou v podstatě současné hodnoty rizikových faktorů. Tyto přepočtené kurzy jsou vypočteny jako součiny kurzů akcií k 30.12.2011, prezentovaných v tabulce 2, a změn historických kurzů akcií. Změnu historického kurzu akcie k určitému datu  $t$  je možné vypočítat pomocí vzorce:

$$\Delta y_t = \frac{y_t - y_{t-1}}{y_t}$$

kde  $y_t$  je historický kurz akcie k datu  $t$  a  $y_{t-1}$  je historický kurz akcie k datu předcházejícímu datu  $t$ .

Pro tento výpočet potřebné historické kurzy akcií jsou prezentovány v tabulce 1.

Tabulka 5: Přepočtené kurzy akcií

Datum	AAA	KB	NWR	NWR	Součet
30.12.2011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29.12.2011	-0,60	-22,15	-1,06	-1,44	-25,25
28.12.2011	0,24	-25,36	-0,40	-1,49	-27,01
...	...	...	...	...	...
5.1.2011	-0,17	-13,65	1,21	-2,43	-15,04
4.1.2011	0,16	21,10	-3,56	0,72	18,42
3.1.2011	-0,47	14,25	-4,21	1,88	11,45

Zdroj: Vlastní výpočet s využitím Patria Online, a.s. (2012)

S využitím hodnot z posledního sloupce tabulky 5 je, vzhledem ke zvolenému intervalu spolehlivosti 95 %, vypočten 5% percentil, jehož výše je -111,89. Jedná se o diverzifikovanou hodnotu Value at Risk. 5% percentil, který je vypočten zvláště pro každou akcii z přepočtených kurzů akcií, je uveden v tabulce 6.

Tabulka 6: 5% percentil

Ukazatel	AAA	KB	NWR	ORCO
Percentil 5%	-0,56	-109,52	-4,82	-3,49

Zdroj: Vlastní výpočet s využitím Patria Online, a.s. (2012)

S využitím hodnot v tabulce 6 je vypočten součet, jehož výše je -118,39. Jedná se o nediverzifikovanou hodnotu Value at Risk. Z tabulky je zřejmé, jaké jsou podíly jednotlivých akcií na nediverzifikované hodnotě Value at Risk.

## Diskuse

Hodnoty Value at Risk vypočtené pomocí metody Monte Carlo a metody historické simulace je možné navzájem srovnat. Toto srovnání je uvedeno v tabulce 7.

Tabulka 7: Srovnání vypočtených hodnot Value at Risk pomocí různých metod

Metoda	Hodnota Value at Risk
Metoda Monte Carlo – diverzifikovaná hodnota Value at Risk	-114,61
Metoda Monte Carlo – nediverzifikovaná hodnota Value at Risk	-119,58
Metoda historické simulace – diverzifikovaná hodnota Value at Risk	-111,89
Metoda historické simulace – nediverzifikovaná hodnota Value at Risk	-118,39

Zdroj: Vlastní výpočet s využitím Patria Online, a.s. (2012)

Z hlediska ekonomické interpretace dosažených výsledků vyjadřují obecně hodnoty Value at Risk z tabulky 7 maximální potenciální ztráty vypočtené s pravděpodobností 95 % během následujícího dne, stanovené na základě období od 2.1.2009 do 30.12.2011, které mohou mít finanční subjekty u svého portfolia

při nepříznivých tržních změnách. U každé z metod je možné stanovit hodnotu dvěma různými postupy.

Diverzifikovaná hodnota Value at Risk vyjadřuje zmíněnou ztrátu, přičemž se při výpočtu nejdříve pro každou simulaci stanoví součet z přepočtených simulací kurzů akcií prostřednictvím metody Monte Carlo (případně pro každé datum součet z přepočtených kurzů akcií prostřednictvím metody historické simulace) a z těchto součtů se vypočte zvolený percentil. Nediverzifikovaná hodnota Value at Risk vyjadřuje tuto ztrátu, přičemž se nejdříve z těchto součtů vypočtou zvolené percentily, které se potom sečtou. Ztráta vztahující se k diverzifikované hodnotě Value at Risk je v rámci každé ze dvou uvedených metod vždy nižší než ztráta vztahující se k nediverzifikované hodnotě Value at Risk.

Vypočtené hodnoty Value at Risk s využitím různých metod lze srovnat nejen mezi sebou navzájem, ale i s výsledky, ke kterým je možné dospět při jiné hodnotě některé z použitých charakteristik. Další výzkum v dané problematice tak může pokračovat v rámci několika směrů. Mezi charakteristiky použité v metodách patří struktura a objem hodnoty portfolia, interval spolehlivosti, doba držení a historické období. Je tedy možné ke srovnání použít hodnoty Value at Risk vypočtené při zvoleném intervalu spolehlivosti nikoli 95 %, ale např. 99 %. Analogicky je možné změnit i hodnoty dalších použitých charakteristik.

Při rozhodování o tom, kterou z uvedených metod je vhodné použít, je třeba zohlednit některé faktory. Každá z popsaných metod je svým způsobem specifická. Metody se od sebe liší formou zpracování vstupních dat, konkrétně zejména v tom, zda je třeba dopředu odhadnout parametry pravděpodobnostního rozdělení rizikových faktorů, zda je k aplikaci metody třeba specializovaný software a zda je možné metodu aplikovat na nelineární vztahy mezi hodnotou portfolia a úrovní rizikových faktorů. Obecně je tedy vždy třeba individuálně posoudit danou situaci a zohlednit předchozí zkušenosti osoby realizující měření tržního rizika, tzv. risk manažera. V praxi se kromě prezentovaného absolutního Value at Risk používá i marginální Value at Risk a relativní Value at Risk. Marginální Value at Risk měří míru, o kterou vzroste absolutní nebo relativní Value at Risk při dodání nebo vyjmutí aktiva z portfolia. Relativní Value at Risk je rizikem nižší výkonnosti vzhledem k určitému standardu, jako je např. tržní index.

Pro snížení hodnoty Value at Risk je možné změnit strukturu původního portfolia. Na základě vypočtených volatilit rizikových faktorů je možné rizikový faktor s nejvyšší hodnotou volatility oslabit a rizikový faktor s nejnižší hodnotou volatility posílit, a to změnou váhy v portfoliu při zachování stejné celkové hodnoty portfolia. Porovnáním původních hodnot Value at Risk s nově vypočtenými hodnotami Value at Risk je možné zjistit, o jakou částku se sníží hodnota Value at Risk. Je též možné realizovat zpětné testování modelu. Jílek (2000) uvádí, že zpětné testování je procesem konfirmace přesnosti modelů VaR porovnáním výsledků modelů VaR s budoucími skutečnými výsledky. Zpětné testování modelu je založeno na sledování skutečných jednodenních ztrát, které převyšují předpokládané ztráty.

## Závěr

Tento článek je zaměřen na model Value at Risk, který v současnosti patří mezi často používané modely pro měření a řízení tržních rizik. Autor aplikuje model na skutečných datech. Konkrétně metoda Monte Carlo a metoda historické simulace jsou aplikovány na vybraných akciích z pražské Burzy cenných papírů v rámci období od 3.1.2011 do 30.12.2011. Vypočtené hodnoty Value at Risk vyjadřují maximální potenciální ztráty během následujícího dne po 30.12.2011, vypočtenou s pravděpodobností 95 %, kterou může mít finanční subjekt u svého portfolia při nepříznivých tržních změnách. S použitím modelu Value at Risk je možné blíže identifikovat daný trh. Investoři tak mohou krátkodobě odhadnout budoucí vývoj trhu, a to s využitím dat z minulosti. Mohou dopředu odhadnout potenciální ztrátu při investici do akcií, což jim usnadní orientaci na trhu. Přínos článku je patrný z unikátního výběru použitých metod, rizikových faktorů a trhu cenných papírů. Prezentované metody umožňují ohodnotit specifickým způsobem míru rizika investic do cenných papírů, což ocení při investičním rozhodování řada finančních subjektů. Model Value at Risk je nosným tématem řady empirických výzkumů, což souvisí s širokými možnostmi uplatnění tohoto modelu nejen v bankovníctví, ale i v dalších odvětvích.

## Poděkování

Tento článek byl vytvořen v rámci výzkumného projektu IGA 31/2012 Mendelovy univerzity v Brně.

## Reference

- GOTTWALD, R., 2008. Pozor na investiční rizika. In: *Finexpert.cz* [online]. [cit. 2012-07-13]. Dostupný z: <http://finexpert.e15.cz/pozor-na-investicni-rizika>
- ANGELIDIS, T. a A. BENOS, 2005. Value-at-Risk for Greek Stocks. In: *Social Science Research Network* [online]. [cit. 2012-07-13]. Dostupný z: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=661242](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=661242)
- BEVERIDGE, C. a M. S. JOSHI, 2010. Monte Carlo Bounds for Game Options Including Convertible Bonds. In: *Social Science Research Network* [online]. [cit. 2012-07-13]. Dostupný z: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1577593](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1577593)
- FAJARDO, J., A. FARIAS a J. R. H. ORNELAS, 2005. Analyzing the Use of Generalized Hyperbolic Distributions to Value at Risk Calculations. *Brazilian Journal of Applied Economics*. **9**(1), 25–38. ISSN 1413-8050.
- JÍLEK, J., 2000. *Finanční rizika*. Praha: Grada. 1. vydání. ISBN 80-7169-579-3.
- MARSHALL, C., 2008. Monte Carlo Simulation in the Pricing of Derivatives. In: *Social Science Research Network* [online]. [cit. 2012-07-13]. Dostupný z: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1127957](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1127957)

- PATRIA ONLINE, A. S., 2012. Patria Online, a.s. In: *Patria Online* [online]. [cit. 2012-07-13]. Dostupný z: <http://www.patria.cz>
- RASMUSSEN, N. S., 2002. Efficient Control Variates for Monte-Carlo Valuation of American Options. In: *Social Science Research Network* [online]. [cit. 2012-07-13]. Dostupný z: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=325260](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=325260)
- WENG, H. a S. TRUEECK, 2009. Style Analysis and Value at Risk of Asia-Focused Hedge Funds. In: *Social Science Research Network* [online]. [cit. 2012-07-13]. Dostupný z: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1460189](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1460189)

## Use of the Value at Risk Model by Stocks from the Prague Stock Exchange

The paper focuses on the Value at Risk model, which is nowadays often used for risk analysis mostly in the banking and insurance industries. Following the characteristics of the model principle, the Value at Risk is interpreted in the economic sense. Two sub-methods are mentioned: Monte Carlo method and historical simulation method. Author presents a number of empirical studies focused on the application of these methods in the practice. The aim of the paper is to apply the Value at Risk model to selected stocks from the SPAD segment of the Prague Stock Exchange within the 2011 period using these two sub-methods. The confidence interval, hold period and other important parameters related to the sub-methods are selected. Based on historical stock prices, various statistical indicators are calculated. Non-diversified and diversified Value at Risk, calculated by the sub-methods are compared. The individual differences among relative, absolute and marginal Value at Risk are described in the paper. Author presents possibility of reducing the Value at Risk.

**Keywords:** Value at Risk model, risk measurement, Monte Carlo method, historical simulation method

### Kontaktní adresa:

Ing. Mgr. Radim Gottwald, Ústav financí, Provozně ekonomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, e-mail: [radim.gottwald@mendelu.cz](mailto:radim.gottwald@mendelu.cz)

---

GOTTWALD, R. Použití modelu Value at Risk u akcií z pražské Burzy cenných papírů. *Littera Scripta*. 2012, 5(2), 35–42. ISSN 1802-503X.

---