

Series on Advanced Economic Issues
Faculty of Economics, VŠB-TU Ostrava

Miroslav Čulík

APLIKACE REÁLNÝCH OPCÍ
V INVESTIČNÍM ROZHODOVÁNÍ FIRMY

Ostrava, 2013

Miroslav Čulík
Department of Finance
Faculty of Economics
VŠB-Technical University Ostrava
Sokolská 33
701 21 Ostrava, CZ
miroslav.culik@vsb.cz

Recenze

Peter Krištofík, Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica
Hana Scholleová, VŠE v Praze

This publication is the output of research activity by the research team of the project No. SP2013/59 *Aplikace a srovnání vybraných přístupů k odhadu kreditních modelů*.

The text should be cited as follows: Čulík, M. (2013). *Aplikace reálných opcí v investičním rozhodování firmy*, vol. 19. Ostrava: VSB-TU Ostrava.

© VŠB-TU Ostrava 2013
Printed in Tiskárna Grafico, s.r.o.
Cover design by MD communications, s.r.o.

ISBN 978-80-248-3069-8

Předmluva

Reálné opce představují přístup, ve kterém jsou aplikovány modely oceňování finančních opcí na reálná aktiva. Metodologie nachází uplatnění v mnoha oblastech finančního řízení a rozhodování, a to při řešení úloh oceňovacího a rozhodovacího typu. Základní rozdíl oproti tradičním kritériím spočívá zejména v tom, že se počítá s možnostmi budoucích rozhodnutí a zásahů do již zahájených projektů. Tato budoucí rozhodnutí jsou modelována jako kupní a prodejní opce evropského a amerického typu. Metodologie reálných opcí umožňuje tyto budoucí možnosti (opce) ocenit a zahrnout do rozhodování firmy.

Monografie je věnována popisu a ověření možností aplikace metodologie reálných opcí v investičním rozhodování firmy. Účelem je poskytnout čtenářům komplexní a ucelený přehled o možnostech využití uvedeného přístupu při řešení vybraných úloh oceňovacího a rozhodovacího typu ve vybrané oblasti finančního řízení a rozhodování.

Monografie vznikla na základě výsledků výzkumu, kterému se autor dlouhodobě věnuje v rámci své vědecké činnosti. Při jejím psaní byly využity taktéž výsledky spolupráce s ostatními členy katedry, kteří se danou problematikou zabývají.

Vzhledem ke specifičnosti a náročnosti prezentované problematiky je publikace určena zejména pro vedoucí pracovníky, odborníky a členy pracovních skupin působící v investičních odděleních firem a dalších subjektů působících v podnikové sféře, kteří chtějí získat přehledné a detailní znalosti z oblasti využití reálných opcí. Rovněž ji lze doporučit studentům pokročilých kurzů financí a studentům doktorských studií příslušného zaměření. V neposlední řadě ji lze doporučit jako jeden ze základních a nosných studijních materiálů pro studenty volitelného předmětu Aplikace reálných opcí, vyučovaného v navazujícím stupni studia oboru Finance na Ekonomické fakultě VŠB – Technické univerzity v Ostravě.

Při psaní publikace byl kladen důraz na to, aby studovaná metodologie byla pro čtenáře popsána poutavě, čtivě a zejména srozumitelným způsobem. Z toho důvodu je koncipována tak, že je popisná textová část vždy doplněna o dostatečný počet aplikačně-ověřovacích příkladů. V souladu s textem jsou tyto příklady uváděny tak, že se postupuje od řešení jednodušších úloh až po složitější aplikace. Struktura úloh je vždy následující: zadání, úkol, postup výpočtu, výpočet a komentář výsledků. Aby bylo možno posoudit odlišnosti a přínosy zkoumané

metodologie, jsou výsledky aplikace vždy porovnány s výsledky tradičních pasivních přístupů.

Text publikace vznikl mimo jiné s podporou výzkumu realizovaného v rámci projektu SP2013/59 *Aplikace a srovnání vybraných přístupů k odhadu kreditních modelů*.

Obsah

Předmluva	V
Obsah	VII
Podrobný obsah	IX
Seznam vybraných zkratek	XIII
Kapitola 1 Úvod	1
Kapitola 2 Tradiční kritéria kapitálového rozpočetnictví	5
2.1 Klasifikace kritérií hodnocení investic	5
2.2 Popis tradičních kritérií kapitálového rozpočetnictví.....	6
2.3 Problémy při aplikaci tradičních kritérií kapitálového rozpočetnictví.....	17
2.4 Zohlednění rizika v investičním rozhodování.....	24
2.5 Ostatní možnosti analýzy rizika v investičním rozhodování ...	27
2.6 Zohlednění flexibility v investičním rozhodování.....	33
2.7 Shrnutí problémů při použití tradičních metod kapitálového rozpočetnictví.....	34
2.8 Shrnutí.....	36
Kapitola 3 Opce a jejich základní vlastnosti	37
3.1 Základní terminologie opcí a typy opcí.....	37
3.2 Faktory ovlivňující cenu opce	38
3.3 Vnitřní hodnota, časová hodnota a cena opce	44
3.4 Hranice ceny opce a jejich odvození.....	46
3.5 Shrnutí.....	50
Kapitola 4 Popis vybraných typů stochastických procesů	51
4.1 Diskrétní procesy.....	51

4.2	Spojité procesy.....	61
4.3	Shrnutí.....	65
Kapitola 5 Popis a odvození modelů oceňování opcí.....		67
5.1	Oceňování opcí pomocí diskrétních modelů	68
5.2	Oceňování opcí pomocí spojitého Black-Scholesova modelu ..	73
5.3	Shrnutí.....	79
Kapitola 6 Ověření a zhodnocení možností aplikace reálných opcí v investičním rozhodování firmy		81
6.1	Reálné opce – základní východiska.....	81
6.2	Vztah finanční vs. reálné opce.....	84
6.3	Základní parametry reálných opcí	85
6.4	Charakteristika, popis a ocenění vybraných typů provozních reálných opcí.....	85
6.5	Ocenění projektu s portfoliem provozních reálných opcí.....	122
6.6	Ocenění vybraných typů a portfolií provozních reálných opcí na bázi simulace.....	130
6.7	Možnosti aplikace metodologie reálných opcí při ocenění finanční flexibility.....	144
6.8	Shrnutí.....	152
Kapitola 7 Závěr		155
Literatura		159
Seznam tabulek.....		165
Seznam obrázků.....		169
Seznam příkladů.....		173
Seznam vybraných pojmů a jejich anglických ekvivalentů.....		175
Rejstřík		179
Summary		181

Podrobný obsah

Předmluva	V
Obsah	VII
Podrobný obsah	IX
Seznam vybraných zkratk	XIII
Kapitola 1 Úvod	1
Kapitola 2 Tradiční kritéria kapitálového rozpočtění	5
2.1 Klasifikace kritérií hodnocení investic	5
2.2 Popis tradičních kritérií kapitálového rozpočtění	6
2.2.1 Čistá současná hodnota	6
2.2.2 Index ziskovosti	8
2.2.3 Vnitřní výnosové procento (Internal Rate of Return)	9
2.2.4 Doba návratnosti (Payback Period)	13
2.2.5 Rentabilita investovaného kapitálu (Return on Capital Invested)....	15
2.3 Problémy při aplikaci tradičních kritérií kapitálového rozpočtění..	17
2.3.1 Vzájemně vylučitelné projekty s různou dobou životnosti	17
2.3.2 Vzájemně vylučitelné projekty s různou velikostí	20
2.3.3 Vzájemně vylučitelné projekty a tzv. <i>timing problem</i>	21
2.3.4 NPV vs. IRR	22
2.4 Zohlednění rizika v investičním rozhodování	24
2.4.1 Metoda jistotního ekvivalentu	24
2.4.2 Metoda rizikově upraveného nákladu kapitálu	26
2.5 Ostatní možnosti analýzy rizika v investičním rozhodování	27
2.5.1 Citlivostní analýza	28
2.5.2 Analýza provozního, finančního a celkového rizika projektu	29
2.5.3 Aplikace simulačních technik	31
2.6 Zohlednění flexibility v investičním rozhodování	33
2.7 Shrnutí problémů při použití tradičních metod kapitálového rozpočtění	34
2.8 Shrnutí	36
Kapitola 3 Opce a jejich základní vlastnosti	37
3.1 Základní terminologie opcí a typy opcí	37
3.2 Faktory ovlivňující cenu opce	38
Hodnota podkladového aktiva	39
Volatilita hodnoty podkladového aktiva	39

Bezriziková úroková sazba	41
Realizační cena opce	42
Výplata dividend	42
Doba do splatnosti opce	42
3.3 Vnitřní hodnota, časová hodnota a cena opce	44
3.4 Hranice ceny opce a jejich odvození	46
3.4.1 Hranice ceny kupní opce	46
3.4.2 Hranice ceny prodejní opce	48
3.5 Shrnutí	50
Kapitola 4 Popis vybraných typů stochastických procesů	51
4.1 Diskrétní procesy	51
4.1.1 Binomický proces pro jedno období	52
4.1.2 Binomický proces pro více období	53
Odvození parametru u , d a přechodových pravděpodobností	55
4.1.3 Trinomický proces pro jedno období	57
4.1.4 Trinomický proces pro více období	58
Odvození parametru u , d a přechodových pravděpodobností	60
4.2 Spojitě procesy	61
Wienerův proces	61
Brownovy procesy	62
Mean-reverzní procesy	63
4.3 Shrnutí	65
Kapitola 5 Popis a odvození modelů oceňování opcí	67
5.1 Oceňování opcí pomocí diskrétních modelů	68
5.1.1 Ocenění opce pomocí binomického modelu na bázi replikační strategie	68
5.1.2 Ocenění opce pomocí binomického modelu na bázi hedgingová strategie	70
Ocenění opce pomocí hedgingové strategie	72
Ocenění opce pomocí replikační strategie	72
5.1.3 Ocenění opce pomocí trinomického modelu	73
5.2 Oceňování opcí pomocí spojitěho Black-Scholesova modelu	73
5.2.1 Předpoklady modelu	73
5.2.2 Odvození Black-Scholes-Mertonovy diferenciální rovnice	74
5.2.3 Black-Scholesův model oceňování opcí	75
5.3 Shrnutí	79
Kapitola 6 Ověření a zhodnocení možností aplikace reálných opcí v investičním rozhodování firmy	81
6.1 Reálné opce – základní východiska	81
6.2 Vztah finanční vs. reálné opce	84
6.3 Základní parametry reálných opcí	85
6.4 Charakteristika, popis a ocenění vybraných typů provozních reálných opcí	85
6.4.1 Opce na rozšíření projektu	86

6.4.2	Opce na zúžení projektu	91
6.4.3	Opce na ukončení projektu	97
6.4.4	Opce na dočasné prerušenie projektu	101
6.4.5	Opce na odloženie zahájenia projektu.....	106
6.4.6	Opce na zmenu výrobné-provozní technologie	112
6.5	Ocenění projektu s portfoliem provozních reálných opcí.....	122
6.6	Ocenění vybraných typů a portfolií provozních reálných opcí na bázi simulace.....	130
6.7	Možnosti aplikace metodologie reálných opcí při ocenění finanční flexibility	144
6.7.1	Popis ocenění vlastního kapitálu firmy jako reálné kupní opce.....	144
6.7.2	Předpoklady modelu	146
6.7.3	Odhad vstupních parametrů pro aplikaci modelu	146
	Určení tržní hodnoty aktiv (majetku) firmy	146
	Rozptyl tržní hodnoty firmy.....	147
	Doba splatnosti dluhu	148
	Nominální hodnota dluhu.....	148
6.8	Shrnutí	152
Kapitola 7 Závěr		155
Literatura		159
Seznam tabulek		165
Seznam obrázků.....		169
Seznam příkladů.....		173
Seznam vybraných pojmů a jejich anglických ekvivalentů		175
Rejstřík		179
Summary		181

Seznam vybraných zkratek

<i>CE</i>	Jistotní ekvivalent
C^K	Cena kupní opce
C^P	Cena prodejní opce
<i>ČH</i>	Časová hodnota opce
<i>ČPK</i>	Čistý pracovní kapitál
<i>d</i>	Koeficient poklesu
<i>dt</i>	Doba mezi dvěma diskrétními okamžiky (časový interval)
<i>D</i>	Hodnota dluhu firmy
<i>DN</i>	Doba návratnosti
<i>E</i>	Hodnota vlastního kapitálu firmy
<i>EAA</i>	Roční anuitní ekvivalent
<i>EAT</i>	Čistý zisk
<i>EBIT</i>	Zisk před úroky a zdaněním
<i>EBT</i>	Zisk před zdaněním
<i>ES</i>	Expected Shortfall
<i>FCFE</i>	Volný peněžní tok pro vlastníky
<i>FCFF</i>	Volný peněžní tok pro vlastníky a věřitele
<i>ES</i>	Expected Shortfall
<i>FN</i>	Fixní náklady
<i>h</i>	Zajišťovací poměr
<i>IRR</i>	Vnitřní výnosové procento
<i>IZ</i>	Index ziskovosti
<i>INV</i>	Investiční výdaje
<i>KCR</i>	Koeficient celkového rizika
<i>KFR</i>	Koeficient finančního rizika
<i>KPR</i>	Koeficient provozního rizika
<i>M</i>	Marže
<i>NPV</i>	Čistá současná hodnota
<i>ODP</i>	Odpisy
<i>p</i>	Pravděpodobnost
<i>P</i>	Cena produkce

<i>u</i>	Koeficient růstu
<i>V</i>	Hodnota projektu (aktiv)
<i>VaR</i>	Value at Risk
<i>VH</i>	Vnitřní hodnota
<i>VN</i>	Variabilní náklady
<i>Q</i>	Objem produkce
<i>R</i>	Náklad kapitálu
<i>R_f</i>	Bezriziková sazba
<i>ROC</i>	Rentabilita investovaného kapitálu
<i>ROE</i>	Rentabilita vlastního kapitálu
<i>RP</i>	Riziková prémie
<i>S</i>	Hodnota podkladového aktiva
<i>t</i>	Časový okamžik
<i>T</i>	Doba životnosti projektu (Doba splatnosti opce)
<i>X</i>	Realizační cena
Π	Hodnota portfolia

Kapitola 1

Úvod

Kapitálové rozpočetnictví patří ke klíčovým oblastem finančního řízení a rozhodování podniku. Mezi stěžejní a hlavní činnosti v této oblasti patří zejména rozhodování o tom, zda přijmout a realizovat daný projekt nebo portfolio projektů, nebo jej naopak zamítnout. S tím souvisí i další aktivity: odhad a predikce klíčových proměnných ovlivňujících ziskovost investic – investičních výdajů, peněžních příjmů generovaných projektem, výpočet nákladu kapitálu, a tedy minimálního požadovaného výnosu, zohlednění rizika, analýza faktorů rizika, atd.

Význam kapitálového rozpočetnictví z hlediska nutnosti provádět správná rozhodnutí spočívá v tom, že tato rozhodnutí mají dlouhodobý charakter, jsou spojena s vysokými riziky, ovlivňují budoucí ekonomickou situaci a hodnotu firmy, a tedy i bohatství vlastníků. Proto je nutno brát v úvahu všechny faktory, které konečná rozhodnutí ovlivňují, a detailně je analyzovat.

Existuje celá řada odborných publikací, které jsou podrobně věnovány problematice kapitálového rozpočetnictví a hodnocení investičních projektů. Z kritérií pro hodnocení ziskovosti se zpravidla uvádějí a doporučují ta, která jsou založena na bázi peněžních toků: čistá současná hodnota, index ziskovosti, vnitřní výnosové procento a doba návratnosti. Tato skupina je doplněna o kritéria vycházející z účetních hodnot a patří sem zejména rentabilita investovaného kapitálu. Pro všechna tato kritéria jsou vždy definovány předpoklady, způsob výpočtu a rozhodovací funkce pro přijetí či zamítnutí projektu. Je-li tedy výsledkem procesu hodnocení investičního projektu doporučení přijmout projekt, předpokládá se, že bude zahájen ihned k okamžiku rozhodování; v opačném případě se vychází z toho, že nebude realizován nikdy.

Aplikace výše uvedených kritérií je vždy spojena se splněním určitých podmínek a předpokladů. K těm nejdůležitějším patří to, v jakém prostředí a situacích proces hodnocení a rozhodování probíhá. Z tohoto pohledu lze rozlišovat tři základní situace: (a) rozhodování za určitosti, kdy se předpokládá, že lze budoucí situace a stavy popsat deterministicky s jistotou, a tedy pouze jedním číslem; (b) rozhodování za rizika, kdy nelze přesně určit budoucí situace a stavy, ale lze je popsat pomocí rozdělení pravděpodobnosti a jejich parametrů; (c) rozhodování za neurčitosti, kdy jsou budoucí situace a stavy popsány pomocí intervalů hod-

not, kterých mohou nabývat. Neméně důležitým předpokladem při ocenění je taktéž možnost provádět dodatečná rozhodnutí v čase, a tedy flexibilita projektu.

Celá publikace je rozdělena do pěti stěžejních kapitol.

Druhá kapitola je zaměřena na popis tradičních kritérií kapitálového rozpočtění. Pozornost je zde věnována popisu kritérií vycházejících z peněžních toků (čistá současná hodnota, index ziskovosti, vnitřní výnosové procento, doba návratnosti), doplňkovým kritériím na bázi účetních údajů (rentabilita investovaného kapitálu) a dále problémům, které se mohou vyskytnout při jejich aplikaci. V další části je pozornost věnována možnostem zohlednění rizika v investičním rozhodování a popisu možností analýzy rizikových faktorů investic. Ke stěžejním publikacím zaměřeným na tradiční kritéria kapitálového rozpočtění patří zejména Allman (2008), Copeland a kol. (2004), Damodaran (2002, 2010), Levy a Sarnat (1990), Luenberger (1998), Smith a Nau (1995), Trigeorgis (2000) a další.

Vzhledem k tomu, že jsou při oceňování reálných aktiv aplikovány modely pro oceňování finančních opcí, je kapitola třetí zaměřena na obecný popis opcí a jejich základních charakteristik. Detailní popis lze nalézt např. v pracích Bingham a Kiesel (2004), Hull (2008), Mun (2008) nebo Trigeorgis a Schwartz (2001).

Obsahem čtvrté kapitoly je popis modelů a procesů pro predikci budoucího náhodného vývoje podkladových aktiv. S ohledem na to, že reálné opce mají většinou charakter amerických kupních a prodejních opcí, je pozornost věnována zejména diskretním modelům; detailně zejména Dixit a Pindyck (1994), Hoek a Elliot (2005), Hull (2008) nebo Zmeškal a kol. (2013). Závěr kapitoly je pak zaměřen taktéž na popis vybraných spojitých procesů, viz např. Benninga (2008), Dixit a Pindyck (1994), Dowd (2005), Jäckel (2002) nebo Mun (2010).

V páté kapitole jsou detailně popsány a odvozeny základní modely pro oceňování opcí. Je popsána základní myšlenka, předpoklady, odvození a ilustrativní příklad, a to v základním členění na diskretní a spojitě modely. Ke stěžejní literatuře patří např. Copeland a Antikarov (2003), Mun (2005), Rees (2008), Tichý (2010), Trigeorgis (2000) nebo Zmeškal a kol. (2013).

Šestá kapitola je věnována popisu a ověření možnosti aplikace reálných opcí v investičním rozhodování firmy. Přitom důraz je kladen nejen na popis jednotlivých typů reálných opcí, jejich parametrů a rozhodovacích funkcí, ale zejména na podmínky a možnosti aplikace při hodnocení a řízení projektů. Z toho důvodu jsou do textu začleněny vždy ilustrační příklady, které detailně a přehledně dokumentují jejich možnosti aplikace a postup při jejich ocenění. Ke stěžejním literárním zdrojům patří zejména Dixit a Pindyck (1994), Dluhošová a kol. (2006), Guthrie (2009), Mun (2003), Scholleová (2007), Trigeorgis (2000) nebo Trigeorgis a Smith (2004).

Jednotlivé kapitoly jsou vždy koncipovány tak, že je nejprve vysvětlena příslušná problematika (základní pojmy, klasifikace, metody a modely, možnosti

aplikace, atd.), doplněná o potřebný matematický aparát. Pokud je to vhodné a účelné, je pro vybrané modely provedeno odvození. V závěru kapitol je uvedeno shrnutí.

Kapitoly jsou vždy doplněny o aplikačně-ověřovací příklady. S ohledem na obsah a strukturu jednotlivých kapitol jsou uváděny buď kratší příklady průběžně v textu kapitoly (kapitola 2, 3 a 5), nebo je uveden komplexní souhrnný příklad na konci příslušné kapitoly, případně podkapitoly (kapitola 6). Příklady mají vždy následující strukturu: zadání, úkol, postup řešení, shrnutí a komentář výsledků.

V závěru je nutno poděkovat nejen kolegům katedry Financí na Ekonomické fakultě VŠB – Technické univerzity v Ostravě, ale taktéž recenzentům za cenné připomínky, náměty a doporučení, které přispěly ke zlepšení této publikace.

Autor přeje všem zájemcům o danou problematiku, aby čas strávený při čtení této publikace byl užitečný a obohacující. Je nutno taktéž uvést, že autor rád přivítá připomínky, náměty nebo doporučení k předložené monografii, které by mohly obohatit a zkvalitnit případně další vydání.

Kapitola 2

Tradiční kritéria kapitálového rozpočtnictví

Jedním z úkolů, před kterým stojí management každé firmy, je alokace zdrojů firmy. Vzhledem k omezenosti těchto zdrojů nelze realizovat všechny možné projekty a záměry, a proto musí management rozhodnout, které z nich budou nakonec uskutečněny. Touto problematikou se ve financích zabývá kapitálové rozpočtnictví. Cílem kapitálového rozpočtnictví je určit, zda je investice zisková (ztrátová), a tedy zda by měla být přijata či zamítnuta; v případě portfolia investice pak určit, které z nich jsou ziskové a které budou nakonec realizovány.

Následující kapitola je věnována popisu základních kritérií pro hodnocení ekonomické efektivnosti reálných investic. V první části je nejprve provedena kategorizace dle vybraných kritérií. V následující části jsou pak detailně popsána vybraná hodnotící kritéria včetně předpokladů, způsobu výpočtu, rozhodovacího kritéria a vlastností. Závěr kapitoly je pak věnován popisu vybraných problémů při jejich aplikaci a možnostem jejich řešení.

2.1 Klasifikace kritérií hodnocení investic

Existuje celá řada způsobů, jak mohou být kritéria hodnocení investic členěna. Nelze proto následující výčet považovat za konečný, jedná se spíše o členění, která jsou v současné odborné literatuře uváděna nejčastěji.

Jedním z nejčastějších způsobů členění kritérií hodnocení je podle typu dat, ze kterých vychází. Podle toho se člení na *kritéria na bázi peněžních toků* (hodnotí efektivnost investice porovnáním reálných peněžních toků – příjmů a výdajů) a *kritéria na bázi účetních dat* (hodnotí efektivnost investic na bázi účetních dat – zpravidla zisku a investovaného kapitálu). Do první skupiny patří čistá současná hodnota, index ziskovosti, vnitřní výnosové procento a doba návratnosti, do druhé pak zejména rentabilita investovaného kapitálu.

Podle toho, zda je zohledňován faktor času, lze kritéria členit do dvou skupin, a to na *dynamická kritéria* (tato kritéria zohledňují faktor času při hodnocení investic a využívají se zejména u dlouhodobých investic) a *kritéria statická*

(nachází své uplatnění zejména při hodnocení krátkodobých investic, kdy faktor času není brán v úvahu).

Další možností členění je dle toho, zda se počítá s možností budoucích rozhodnutí. Takto lze kritéria členit na tzv. *pasivní* (s možností budoucích rozhodnutí nebo zásahů do již zahájených projektů se neuvažuje) a dále na *flexibilní* (s ohledem na reálné podmínky lze realizovat příslušná rozhodnutí). Do této skupiny patří např. metoda rozhodovacího stromu nebo reálné opce.

Důležitým kritériem pro členění je faktor rizika a způsob, jakým je při hodnocení investic zohledněno. Do skupiny metod, kdy se předpokládají jisté finanční toky, a tedy *riziko zohledněno není*, patří bezriziková současná hodnota a metoda rozhodovacího stromu. Do druhé skupiny pak patří metody, které pracují s rizikovými, a tedy *nejistými peněžními toky*, patří metoda jistotného ekvivalentu (rizikové peněžní roky jsou převedeny na tzv. jistotní ekvivalent); metoda upraveného nákladu kapitálu (rizikové peněžní toky jsou diskontovány rizikově upraveným nákladem kapitálu) a metody oceňování na bázi reálných opcí.

2.2 Popis tradičních kritérií kapitálového rozpočtnictví

Následující kapitola je věnována popisu tradičních kritérií hodnocení projektů. Kapitola 2.2.1–2.2.4 obsahuje kritéria na bázi peněžních toků, kapitola 2.2.5 kritéria na bázi účetních dat. Poslední kapitola 2.3 je zaměřena na popis vybraných problémů při jejich aplikaci, doplněné o ilustrační příklady.

2.2.1 Čistá současná hodnota

Metoda čisté současné hodnoty patří k nejpoužívanějším metodám pro hodnocení investic. Je definována jako rozdíl mezi celkovými peněžními příjmy a celkovými investičními výdaji projektu za celou dobu jeho životnosti, které jsou diskontovány odpovídajícím nákladem kapitálu k okamžiku ocenění, a tedy

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{(1+R)^t} - INV_0^{CELK}, \quad (2.1)$$

kde R je náklad kapitálu, FCF_t je peněžní tok v příslušném roce t , T je počet let životnosti projektu a INV_0^{CELK} jsou celkové investiční výdaje projektu k okamžiku ocenění.

Pokud se náklad kapitálu v čase mění, lze vztah (2.1) přepsat do následujícího tvaru,

$$\begin{aligned} NPV &= \sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{(1+R_1) \cdot (1+R_2) \cdot \dots \cdot (1+R_t)} - INV_0^{CELK} = \\ &= \sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{\prod_i (1+R_i)} - INV_0^{CELK} \end{aligned} \quad (2.2)$$

V případě, že jsou investiční výdaje vynakládány v průběhu několika období, je od současné hodnoty očekávaných peněžních příjmů odečtena současná hodnota všech investičních výdajů, pro které pak platí

$$INV_0^{CELK} = \sum_{t=0}^n \frac{INV_t}{(1+R)^t}, \quad (2.3)$$

kde n je počet let výstavby projektu.

Existují dvě základní verze tohoto kritéria, které se liší v tom, jakým způsobem jsou definovány peněžní toky projektu a jakým nákladem kapitálu jsou diskontovány:¹ *NPV-Equity*, kdy jsou peněžní toky generované projektem definovány jako peněžní toky vlastníkům (Free Cash Flow to Equity – *FCFE*), které jsou diskontovány nákladem vlastního kapitálu R_E . Obecný vztah (2.1) lze pak přepsat do následujícího tvaru,

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{FCFE_t}{(1+R_E)^t} - INV_0^{CELK}, \quad (2.4)$$

přitom pro *FCFE* platí

$$FCFE_t = EAT_t + ODP_t - INV_t - \Delta\check{C}PK_t + \Delta S_t, \quad (2.5)$$

kde EAT_t je čistý zisk generovaný investicí, ODP_t jsou odpisy, INV jsou investiční výdaje, $\Delta\check{C}PK_t$ jsou výdaje na přírůstek čistého pracovního kapitálu a ΔS_t je saldo úvěrů, a tedy rozdíl mezi přijatými úvěry a splátkami úvěru. Druhou verzí je *NPV-WACC*, kdy jsou peněžní toky definovány jako celkový peněžní tok (tj. součet peněžních toků vlastníkům a věřitelům Free Cash Flow to Firm – *FCFF*), které jsou diskontovány celkovým nákladem kapitálu *WACC*. V tomto případě lze vztah (2.1) přepsat do tvaru

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{FCFF_t}{(1+WACC)^t} - INV_0^{CELK}, \quad (2.6)$$

přitom pro *FCFF* platí

$$FCFF_t = EAT_t + ODP_t - INV_t - \Delta\check{C}PK_t + N_t^{fin} \cdot (1-d), \quad (2.7)$$

kde N_t^{fin} jsou finanční náklady projektu. Základní rozhodovací kritérium je definováno následovně: je-li *NPV* kladné, je projekt ziskový, v opačném případě by měl být zamítnut. V případě vzájemně vylučitelných investic by měl být preferován ten projekt, jehož *NPV* je vyšší. Výše *NPV* taktéž udává, o kolik se zvýší tržní hodnota firmy, a tedy i bohatství vlastníkům firmy (akcionářů) jeho

¹ Detailněji viz např. Dluhošová (2011) aj.

realizací. Firma by tedy měla realizovat vždy takové projekty, jejichž NPV je nejvyšší, nebo alespoň ty, jejichž NPV je kladné.

Vlastnosti tohoto kritéria lze shrnout do následujících bodů.

- Poskytuje informaci o ziskovosti projektu v absolutním vyjádření (tj. v peněžních jednotkách). Z toho plyne, že výše NPV projektu taktéž udává absolutní přírůstek hodnoty firmy, a tedy bohatství vlastníků firmy.
- Jsou preferovány projekty s absolutně vyššími peněžními toky (vyššími investičními výdaji a vyššími peněžními příjmy) před projekty s absolutně menšími peněžními toky při stejném stupni rizika a nákladu kapitálu.
- Kritériem má vlastnost aditivity. Z této vlastnosti vyplývá, že NPV portfolia složeného z k -projektů je rovno součtu NPV jednotlivých projektů, a tedy

$$NPV^{portf} = \sum_{i=1}^k NPV_i, \quad (2.8)$$

kde NPV_i je čistá současná hodnota i -tého projektu portfolia.

- Hodnota NPV projektu je ovlivněna dvěma faktory: typem a výší peněžních toků a velikostí nákladu kapitálu. Z toho tedy plyne, že čím vyšší jsou příjmy (výdaje) projektu, tím vyšší (nižší) je jeho NPV . V případě nákladu kapitálu platí, že čím vyšší je jeho hodnota, tím nižší je NPV .
- NPV zohledňuje všechny peněžní toky za celou dobu životnosti projektu.
- Není zohledněna flexibilita v rozhodování manažerů, tj. možnost provádět změny v již zahájených projektech a důsledky těchto změn ocenit a zahrnout do NPV projektu.
- V případě vzájemně vylučitelných projektů s různými dobami životnosti toto kritérium upřednostňuje projekty s delší dobou životnosti. Tímto způsobem lze částečně zkreslovat efektivnost projektu prodloužením doby životnosti, která však nemusí odpovídat reálným podmínkám.

2.2.2 Index ziskovosti

Index ziskovosti je definován jako podíl součtu diskontovaných peněžních příjmů z investice a celkových investičních výdajů. Vyjadřuje tedy výši diskontovaných peněžních příjmů připadajících na jednotku investičních výdajů. Uvedenou definici lze matematicky zapsat následujícím způsobem,

$$IZ = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{(1+R)^t}}{INV_0^{CELK}}, \quad (2.9)$$

přítom význam jednotlivých symbolů je totožný jako v případě NPV .

Za předpokladu měněního se nákladu kapitálu v čase lze vztah (2.9) opět přepsat do následujícího tvaru,

$$IZ = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{(1+R_1) \cdot (1+R_2) \cdot \dots \cdot (1+R_t)}}{INV_0^{CELK}} = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{\prod_t (1+R_t)}}{INV_0^{CELK}}. \quad (2.10)$$

Stejně jako v případě NPV , lze index ziskovosti určit na bázi celkových peněžních toků $FCFF$ nebo na bázi peněžních toků pro vlastníky $FCFE$.

Rozhodovacím kritériem pro přijetí projektu je, že hodnota indexu ziskovosti musí být větší než 1; v opačném případě by měl být projekt zamítnut. V případě vzájemně vylučitelných projektů by měl být preferován projekt, jehož index ziskovosti je vyšší.

Vzhledem k tomu, že vstupní údaje jsou stejné pro kritérium NPV a IZ , jsou téměř totožné i vlastnosti obou kritérií. Výjimkou je pouze:

- nemožnost sčítat indexy ziskovostí za více projektů, neplatí tedy vlastnost aditivity,
- ziskovost investice není vyjádřena absolutně (v peněžních jednotkách), ale relativně (formou indexu).

Důležitou vlastností indexu ziskovosti je, že umožňuje managementu vytvářet portfolia investic v případě rozpočtového omezení. Je-li rozpočtové omezení firmy b , index ziskovosti i -tého projektu IZ_i a celkové investiční výdaje i -tého projektu $INV_{0,i}^{CELK}$, pak optimální struktura portfolia složeného z m projektů při rozpočtovém omezení je taková, kdy je maximální vážený aritmetický průměr indexů ziskovosti projektů zahrnutých v portfoliu. Přitom vahami je vždy podíl celkových investičních výdajů i -tého projektu na celkovém rozpočtovém omezení, a tedy

$$\begin{aligned} IZ_{optim} &= \frac{INV_{0,A}^{CELK}}{b} \cdot IZ_A + \frac{INV_{0,B}^{CELK}}{b} \cdot IZ_B + \dots + \frac{INV_{0,m}^{CELK}}{b} \cdot IZ_m = \\ &= \sum_{i=A}^m \frac{INV_{0,i}^{CELK}}{b} \cdot IZ_i. \end{aligned} \quad (2.11)$$

2.2.3 Vnitřní výnosové procento (Internal Rate of Return)

Vnitřní výnosové procento IRR je kritérium, které je často využíváno na finančních trzích. Jeho předností je (na rozdíl od NPV), že nezohledňuje velikost projektu, a tedy nejsou preferovány větší projekty před menšími. Investorům poskytuje informaci o průměrném ročním výnosu investice za celou dobu jejího trvání. Obecně tedy platí, že vnitřní výnosové procento je takové procento, kdy se současná hodnota peněžních příjmů z investice rovná celkovým investičním výdajům. Uvedená podmínka může být zapsána matematicky takto,

$$INV_0^{CELK} = \frac{FCF_1}{(1+IRR)^1} + \frac{FCF_2}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{FCF_T}{(1+IRR)^T}, \quad (2.12)$$

Aplikace reálných opcí v investičním rozhodování firmy

a po úpravě

$$INV_0^{CELK} = \sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{(1+IRR)^t}. \quad (2.13)$$

Následující tabulka 2–1, 2–2 a obrázek 2–1 zachycuje závislost NPV na výši nákladu kapitálu. Vnitřní výnosové procento tedy odpovídá takové hodnotě nákladu kapitálu, kdy je NPV rovno nule.

Tabulka 2–1 Průběh peněžních toků projektu v čase

Čas	0	1	2	3	4
FCF	-1 000	200	450	300	500

Tabulka 2–2 Závislost výše NPV na nákladu kapitálu

Náklad kapitálu (%)	NPV (p.j.)	Náklad kapitálu (%)	NPV (p.j.)
0	450	25	-194
5	269	30	-268
10	121	35	-333
14,8	0	40	-388
15	-3	45	-437
20	-106	50	-479

Rozhodovací kritérium vnitřního výnosového procenta je definováno následujícím způsobem: je-li IRR vyšší než minimální požadovaný výnos projektu (který je dán nákladem kapitálu), je projekt ziskový, v opačném případě by měl být zamítnut. Toto základní obecné rozhodovací kritérium je nutno upřesnit s ohledem na to, zda je výpočet prováděn na bázi celkových peněžních toků $FCFF$ (výsledné IRR je porovnáno s nákladem celkového kapitálu $WACC$) nebo na bázi peněžních toků pro vlastníky $FCFE$ (výsledné IRR je porovnáno s nákladem vlastního kapitálu R_E), viz tabulka 2–3.

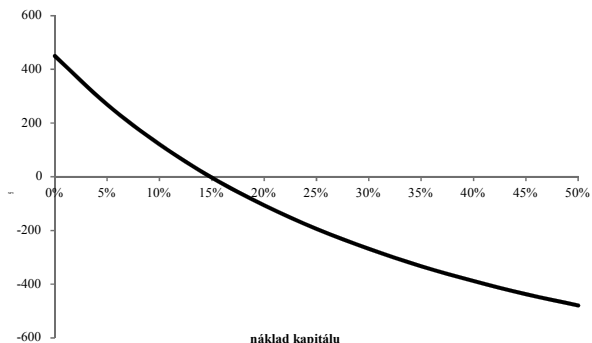
Tabulka 2–3 Rozhodovací kritérium metody IRR s ohledem na typ peněžních toků

IRR na bázi $FCFF$		IRR na bázi $FCFE$	
$IRR \geq WACC$	přijmout	$IRR \geq R_E$	přijmout
$IRR < WACC$	zamítnout	$IRR < R_E$	zamítnout

V případě dvou vzájemně vylučitelných projektů je preferován ten projekt, jehož IRR je vyšší.

Vlastnosti této metody lze opět shrnout do následujících bodů, přitom některé jsou totožné s vlastnostmi NPV nebo IZ .

- IRR zohledňuje všechny peněžní toky za celou dobu životnosti projektu.
- Výše IRR je ovlivněna pouze jedním faktorem, a to typem a výší peněžních toků. A tedy, čím vyšší (nižší) jsou peněžní příjmy generované projektem, tím vyšší (nižší) je IRR projektu, pro investiční výdaje platí opač-



Obrázek 2–1 Závislost výše *NPV* na nákladu kapitálu (jedno *IRR*)

na závislost. Z toho tedy plyne, že výše *IRR* není ovlivněna nákladem kapitálu.

- Neplatí vlastnost aditivity, a tedy nelze sčítat *IRR* více projektů.
- Není zohledněna velikost projektu, a tedy (na rozdíl od *NPV*) nejsou preferovány větší projekty s absolutně většími peněžními toky před menšími projekty se stejným rizikem a nákladem kapitálu.
- V některých případech (s ohledem na průběh peněžních toků projektu) mohou vznikat následující problémy:

*A) Existuje více než jedno *IRR**

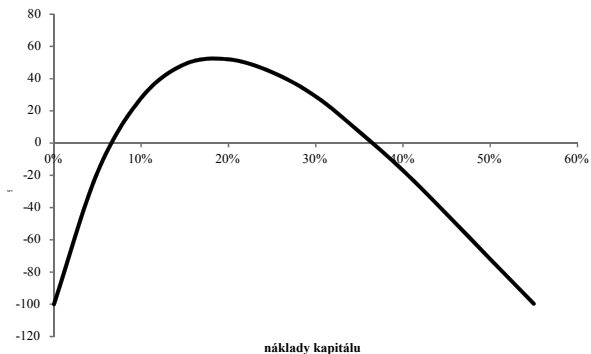
Tato situace nastává v případě, že projekt vykazuje tzv. nekonvenční peněžní tok, a tedy kdy v průběhu jeho životnosti dochází vícekrát ke změnám v typu peněžních toků (z kladných na záporné a naopak). Pak platí, že (2.12), resp. (2.13) má tolik řešení, kolikrát dojde v průběhu životnosti k takovýmto změnám, viz projekt s peněžními toky uvedenými v tabulce 2–4, 2–5 a obrázku 2–2.

Tabulka 2–4 Průběh peněžních toků projektu v čase (jedno *IRR*)

Čas	0	1	2	3	4
FCF	-1 000	800	1 000	1 300	-2 200

Tabulka 2–5 Závislost výše *NPV* na nákladu kapitálu (dvě *IRR*)

Náklad kapitálu (%)	<i>NPV</i> (p.j.)	Náklad kapitálu (%)	<i>NPV</i> (p.j.)
0	-100	30	29
5	-18	35	7
6,6	0	36,6	0
10	28	40	-17
15	49	45	-44
20	52	50	-72
25	44	55	-99



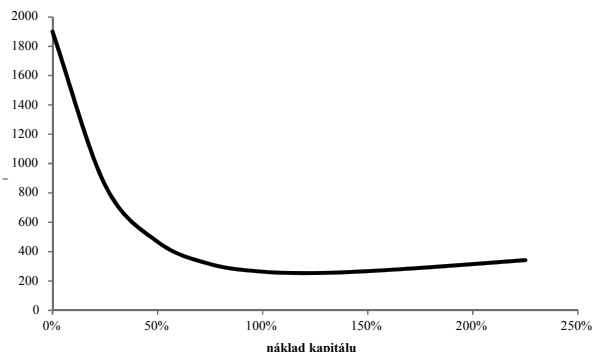
Obrázek 2–2 Závislost výše NPV na nákladu kapitálu (dvě IRR)

Tabulka 2–6 Průběh peněžních toků projektu v čase (žádné IRR)

Čas	0	1	2	3	4
FCF	1 000	-3 000	2 500	800	600

Tabulka 2–7 Závislost výše NPV na nákladu kapitálu (žádné IRR)

Náklad kapitálu (%)	NPV (p.j.)	Náklad kapitálu (%)	NPV (p.j.)
0	1 900	125	254
25	855	150	267
50	467	175	289
75	315	200	315
100	263	225	342



Obrázek 2–3 Závislost výše NPV na nákladu kapitálu (žádné IRR)

B) Neexistuje žádné IRR

Za určitých podmínek může nastat situace, kdy (2.12), resp. (2.13) nemá řešení, a tedy nelze nalézt takové R , pro které by byla splněna rovnost současné hodnoty investičních výdajů a peněžních příjmů projektu, viz tabulka 2–6, 2–7 a obrázek 2–3.

2.2.4 Doba návratnosti (Payback Period)

Doba návratnosti udává počet let, za které se z příjmů generovaných projektem uhradí celkové investiční výdaje. Z této definice tedy plyne, že doba návratnosti je měřítkem likvidity projektu.

Existují dvě základní verze tohoto kritéria, a to diskontovaná doba návratnosti, kdy je zohledněna časová hodnota peněz, a tedy se při výpočtu pracuje s diskontovanými peněžními toky, a dále prostá doba návratnosti, kdy se pracuje s nominálními (nediskontovanými) peněžními toky.

Za předpokladu, že projekt generuje v průběhu provozní fáze konstantní peněžní tok, lze dobu návratnosti jednoduše určit následujícím způsobem,

$$DN = \frac{INV_0^{CELK}}{FCF}. \quad (2.14)$$

V případě, že peněžní toky nejsou v čase konstantní, je porovnáván kumulativní součet peněžních příjmů projektu s celkovými investičními výdaji a to až do doby návratnosti DN , a tedy kdy je splněna následující podmínka:

$$\text{prostá doba návratnosti: } INV_0^{CELK} = \sum_{t=1}^{DN} FCF_t,$$

$$\text{diskontovaná doba návratnosti: } INV_0^{CELK} = \sum_{t=1}^{DN} \frac{FCF_t}{(1+R)^t}.$$

Kritériem pro přijetí projektu dle doby návratnosti je, že doba návratnosti musí být kratší než firmou stanovená maximální doba pro návratnost projektů. Pokud firma nemá dobu návratnosti pro své projekty stanovenou, neměla by přesáhnout dobu životnosti projektu.

V případě vzájemně vylučitelných projektů nebo v situaci, kdy podle některého z výše uvedených metod jsou oba projekty stejně ziskové, je preferován ten projekt, jehož doba návratnosti je kratší, a má tedy vyšší likviditu.

Příklad výpočtu prosté a diskontované doby návratnosti je uveden v následující tabulce 2–8.

Ačkoli firmy nehodnotí ziskovost projektů pouze na základě doby návratnosti, ale v kombinaci s některými výše popsány kritérii, ukazuje se, že většina firem využívá kritérium doby návratnosti jako hlavní rozhodovací kritérium.² Jako hlavní důvod se uvádí, že většina projektů je krátkodobých, a tedy časová hodnota peněz nehraje tak významnou roli. Dalším důvodem je fakt, že o projektech rozhodují zpravidla manažeři firem, jejichž cíle jsou (na rozdíl od vlastníků firem) krátkodobé.

Vlastnosti této metody lze opět shrnout do následujících bodů.

² Viz např. Damodaran (2006) nebo Dluhošová a kol. (2011).

Tabulka 2–8 Propočítané a diskontované doby návratnosti ($INV = 1\,000$, náklad kapitálu $R = 10\%$)

Období	FCF (p.j.)	FCF _{disk.} (p.j.)	FCF _{kumul.}	
			nominální	diskontované
0	-1 000	-1 000	-1 000	-1 000
1	200	181,8	-800	-818,2
2	350	289,3	-450	-528,9
3	450	338,1	0	-191,1
4	280	191,1	280	0
5	100	62,1	380	62,5

Tabulka 2–9 Hodnocení dvou vzájemně vylučitelných projektů *A* a *B* dle *DN* prosté, *NPV* a *IRR* ($INV = 1\,000$, náklad kapitálu $R = 15\%$)

	Období	Projekt A		Projekt B	
		nomin.	kumul.	nomin.	kumul.
FCF (p.j.)	0	-1 000	-1 000	-1 000	-1 000
	1	200	-800	600	-400
	2	350	-450	400	0
	3	450	0	150	150
	4	600	600	200	350
	5	500	1 100	250	600
<i>DN prostá</i>		3		2	
<i>NPV</i>		326,1		161,5	
<i>IRR</i>		26,0%		23,5%	

- Nezohledňuje všechny peněžní toky za celou dobu životnosti projektu, ale pouze ty, jež jsou generovány projektem do doby návratnosti. To vede k tomu, že mohou být preferovány projekty s kratší dobou návratnosti před ziskovějšími, viz tabulka 2–9.
- *DN* udává pouze návratnost (likviditu) projektu, nikoli jeho ziskovost.
- *DN* je ovlivněna typem a výší peněžních toků: čím vyšší (nižší) jsou peněžní příjmy generované projektem, tím kratší (delší) je doba návratnosti. V případě investičních výdajů platí opačná závislost, a tedy s rostoucími investičními výdaji se doba návratnosti prodlužuje. U diskontované doby návratnosti je její délka ovlivněna taktéž nákladem kapitálu projektu – s rostoucím nákladem kapitálu se doba návratnosti prodlužuje a naopak.
- *DN* nelze určit u projektů s nulovými počátečními investičními výdaji.³
- Vzhledem k tomu, že kritérium pracuje pouze s peněžními toky do doby návratnosti, a tedy toky, jejichž riziko vzhledem k nepřesnosti v jejich predikci je relativně nižší, lze dosáhnout její aplikací poměrně přesných výsledků.
- Nemá vlastnost aditivity, tj. nelze sčítat doby návratnosti za více projektů.

³ Viz např. Damodaran (2006).

2.2.5 Rentabilita investovaného kapitálu (Return on Capital Invested)

Rentabilita investovaného kapitálu patří mezi kritéria založená na účetních datech. Konkrétně se zde pracuje se ziskem (na úrovni *EAT* nebo *EBIT*) a účetní zůstatkovou hodnotou projektu (aktiv). Pomocí tohoto kritéria lze hodnotit výnosnost kapitálu investovaného do projektu, a to v relativním vyjádření.

Existují dvě základní verze tohoto kritéria, které se liší v tom, zda je posuzován výnos pro vlastníky i věřitele (v podobě ukazatele *EBIT*), nebo pouze pro vlastníky (*EAT*).

- *Rentabilita celkového kapitálu ROC*, kdy je porovnáván průměrný výnos pro vlastníky i věřitele (*EBIT*) s průměrnou účetní zůstatkovou hodnotou projektu $\varnothing BV(INV)$. Výpočet lze provést na bázi celkového průměru, a tedy

$$ROC = \frac{\varnothing EBIT}{\varnothing BV(INV)}. \quad (2.15)$$

Druhou možností je pak propočít rentability celkového kapitálu na bázi průměru ročních *ROC*, tj.

$$ROC = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T ROC_t, \quad (2.16)$$

přítom *ROC* v období *t* je určena dle vztahu,

$$ROC_t = \frac{EBIT_t}{BV(INV)_t}. \quad (2.17)$$

- *Rentabilita vlastního kapitálu ROE*, kdy je porovnáván výnos pro vlastníky (*EAT*) s průměrnou zůstatkovou hodnotou vlastního kapitálu investovanou do projektu $\varnothing BV(VK)$, analogicky podle (2.15) a (2.16) pak pro výpočet platí

$$ROE = \frac{\varnothing EAT}{\varnothing BV(VK)} \quad (2.18)$$

nebo při výpočtu na bázi ročních průměrů

$$ROE = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T ROE_t, \quad (2.19)$$

přítom pro *ROE* v období *t* platí analogicky podle (2.17)

$$ROE_t = \frac{EAT_t}{BV(VK)_t}. \quad (2.20)$$

Rozhodování o přijetí nebo zamítnutí projektu dle tohoto kritéria je uvedeno v následující tabulce 2–10.

Tabulka 2–10 Rozhodovací kritérium pro přijetí a zamítnutí projektu dle kritéria rentability investovaného kapitálu

ROC		ROE	
ROC > WACC	přijmout	ROE > R_E	přijmout
ROC < WACC	zamítnout	ROE < R_E	zamítnout

V případě vzájemně vylučitelných projektů platí, že by měl být preferován ten, jehož rentabilita investovaného kapitálu je vyšší.

K vlastnostem tohoto kritéria patří zejména tyto.

- Jednoduchost výpočtu a snadná interpretace.
- Na rozdíl od výše uvedených kritérií vychází z účetních dat a nikoli z reálných peněžních toků.
- Nezohledňuje riziko peněžních toků a časovou hodnotu peněz.
- Neplatí aditivita, tj. nelze sčítat rentability kapitálu za více projektů.

Následující tabulka 2–11 a 2–12 ilustruje příklad výpočtu ROC a ROE investice s dobou životnosti 5 let a celkovými investičními výdaji ve výši 90 p.j., financované vlastním kapitálem.

Toto kritérium je považováno spíše za doplňkový ukazatel, který se příliš nedoporučuje používat jako kritérium pro výběr investičních projektů, viz např. Dluhošová a kol. (2011).

Tabulka 2–11 Výpočet rentability investovaného kapitálu na bázi ROC

Období	0	1	2	3	4	5
EBIT		–20	5	15	15	20
ODP		10	20	20	20	20
BV(INV)	90	80	60	40	20	0
$\bar{\sigma}$ BV(INV)		85	70	50	30	10
ROC (%)		–24	7	30	50	200

ROC na bázi celkového průměru dle (2.15): 18 %.

ROC na bázi ročních průměrů dle (2.16) a (2.17): 53 %.

Tabulka 2–12 Výpočet rentability investovaného kapitálu na bázi ROE

Období	0	1	2	3	4	5
EAT	0	5	10	12	17	20
ODP		10	20	20	20	20
BV(VK)	90	80	60	40	20	0
$\bar{\sigma}$ BV(VK)		85	70	50	30	10
ROE (%)		6	14	24	57	200

ROE na bázi celkového průměru dle (2.18): 26 %.

ROE na bázi ročních průměrů dle (2.19) a (2.20): 60 %.

2.3 Problémy při aplikaci tradičních kritérií kapitálového rozpočtovnictví

Následující kapitola je věnována popisu některých problémů při aplikaci tradičních kritérií kapitálového rozpočtovnictví popsaných v kapitole 2.2. Tyto problémy mohou nastat v situacích, kdy jsou porušeny některé předpoklady při hodnocení vzájemně vylučitelných projektů. Jedná se např. o situace, kdy jsou porovnávány investice s různou dobou životnosti nebo projekty různých velikostí. Pokud by byla aplikována výše popsaná kritéria, mohly by výsledky vést k chybným nebo nepřesným závěrům a doporučením. Z toho důvodu byly odvozeny k některým kritériím jejich modifikované verze tak, aby mohly být aplikovány i v těch situacích, kdy jsou porušeny předpoklady pro jejich správné použití nebo byly odstraněny některé jejich nevýhody.

Kapitola je koncipována následujícím způsobem. Nejprve je vždy popsán problém, který se může při aplikaci daného kritéria vyskytovat. Následně je popsána modifikovaná verze příslušného kritéria, případně způsob, jakým lze problém odstranit. Nakonec je uveden jednoduchý ilustrační příklad.

2.3.1 Vzájemně vylučitelné projekty s různou dobou životnosti

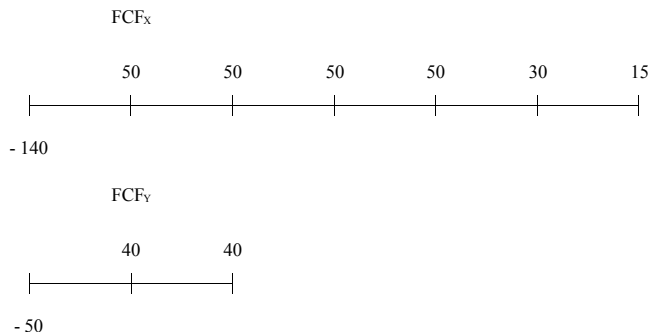
Aplikace kritéria čisté současné hodnoty popsaná v kap. 2.2.1 může vést k nepřesným závěrům a doporučením v situaci, kdy je hodnoceno více investičních projektů, které jsou vzájemně vylučitelné a navíc se liší dobou životnosti. Přitom všechny hodnocené projekty mohou mít kladnou čistou současnou hodnotu se stejnými nebo blízkými hodnotami indexu ziskovosti. V této situaci by management firmy preferoval přijetí takového projektu, jehož čistá současná hodnota je nejvyšší.

První z možností, jak lze hodnotit vzájemně vylučitelné projekty s různými dobami životnosti, je použití metody *ročního anuitního ekvivalentu* (Equivalent Annual Annuity – *EAA*).

Roční anuitní ekvivalent umožňuje přepočítat peněžní toky projektů s různými dobami životnosti na tzv. anuitní ekvivalent, který vyjadřuje výši roční série budoucích peněžních toků (anuity), jejichž současná hodnota je rovna hodnotě *NPV* projektu vypočtené z původních *FCF*. Rozhodující je pak výše ročního anuitního ekvivalentu. Je preferován ten projekt, jehož roční anuitní ekvivalent je vyšší, v případě rovnosti těchto hodnot je preferován ten, jehož doba životnosti je kratší. Podmínkou pro aplikaci této metody je, že se jedná o projekty se stejným rizikem.

Postup výpočtu ročního anuitního ekvivalentu lze shrnout do následujících kroků:

- a) Výpočet *NPV* *i*-tého projektu dle (2.1).
- b) Výpočet ročního anuitního ekvivalentu projektu *EAA* *i*-tého projektu dle vztahu



Obrázek 2–4 *FCF* projektu *X* a *Y* s různými dobami životnosti

$$EAA_i = \frac{R \cdot NPV_i}{[1 - (1 + R)^{-T_i}]}, \quad (2.21)$$

kde R je náklad kapitálu, NPV_i je čistá současná hodnota i -tého projektu a T_i je jeho doba životnosti.

c) Výběr projektu s nejvyšším ročním anuitním ekvivalentem.

Příklad porovnání dvou vzájemně vylučitelných projektů X a Y s různými dobami životnosti dle NPV a ročního anuitního ekvivalentu je zachycen na obrázku 2–4 a v tabulce 2–13.

Z výsledků je zřejmé, že dle NPV by byl preferován projekt X před Y , je-li však zohledněna různá doba životností obou projektů pomocí anuitního ročního ekvivalentu, je závěr opačný. V tabulce 2–14 je číselně interpretována základní princip této metody.

Další možností, jak hodnotit vzájemně vylučitelné projekty s různou dobou životnosti, je *metoda srovnatelných životností* (Common Life Method). Princip této metody spočívá v tom, že projekt s kratší dobou životnosti je postupně nahrazován stejným projektem (a tedy se stejnými peněžními toky a stejnou dobou životnosti), a to tak dlouho, dokud není kumulovaný součet životností krátkodobého projektu roven době životnosti dlouhodobého projektu. Pro takto složený projekt je následně propočtena NPV , která je porovnávána s NPV dlouhodobého projektu. Preferován je ten projekt, jehož NPV je vyšší. Princip metody je ilustrován na příkladu na obrázku 2–5 a v tabulce 2–15. Hodnoceny jsou projekty X a Y s peněžními toky uvedené v tabulce 2–13.

Z výsledků je zřejmé, že výsledkem aplikace metody ročního anuitního ekvivalentu i metody srovnatelných životností je, že je preferován projekt Y před X .

Tabulka 2–13 Výpočet NPV a ročního anuitního ekvivalentu vzájemně vylučitelných projektů (náklad kapitálu $R = 10\%$)

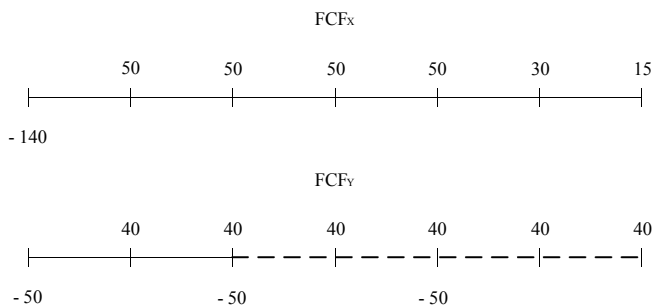
	Období	Projekt X	Projekt Y
FCF (p.j.)	0	-140	-50
	1	50	40
	2	50	40
	3	50	
	4	50	
	5	30	
	6	15	
NPV _i		45,6	19,4
EAA _i		10,5	11,2

Tabulka 2–14 Matematická interpretace metody ročního anuitního ekvivalentu (náklad kapitálu $R = 10\%$)

Období	EAA _X (p.j.)	EAA _Y (p.j.)
1	10,5	11,2
2	10,5	11,2
3	10,5	
4	10,5	
5	10,5	
6	10,5	
PV(EAA)	45,6	19,4

Tabulka 2–15 Hodnocení vzájemně vylučitelných projektů metodou srovnatelných životností (náklad kapitálu $R = 10\%$)

	Období	Projekt X	Projekt Y		
FCF (p.j.)	0	-140	-50		
	1	50	40		
	2	50	40	-50	
	3	50		40	
	4	50		40	-50
	5	30			40
	6	15			40
NPV		45,6	48,7		



Obrázek 2–5 Metoda srovnatelných životností (projekt X – 6 let, projekt Y – 2 roky)

2.3.2 Vzájemně vylučitelné projekty s různou velikostí

Jak již bylo uvedeno, jednou z vlastností kritéria NPV je, že hodnotí ziskovost projektu v absolutním vyjádření. Tento nedostatek vede k tomu, že mohou být preferovány větší projekty (tj. projekty s vyššími investičními výdaji a vyššími peněžními příjmy) před projekty menšími (tj. projekty s nižšími příjmy a nižšími investičními výdaji), i když jejich relativní ziskovost (vyjádřená např. pomocí IRR) může být nižší, viz tabulka 2–16.

Tabulka 2–16 Hodnocení vzájemně vylučitelných projektů s různými velikostmi (A – malý projekt, B – velký projekt, náklad kapitálu $R = 5\%$)

	Období	Projekt A	Projekt B
FCF (p.j.)	0	-20	-1 000
	1	10	400
	2	15	600
	3	5	200
NPV		7,4	97,9
IRR		25,6%	10,6%

Z výsledků je zřejmé, že pokud by se firma rozhodovala dle kritéria IRR , byl by v případě vzájemně vylučitelných projektů preferován projekt A před B . V případě, že firma preferuje projekty s nejvyššími NPV (protože nejvíce zvyšují hodnotu firmy, a tedy i bohatství vlastníků), byl by preferován projekt B před A .

Řešením výše uvedeného problému je propočítání IRR imaginárního projektu, jehož peněžní toky jsou dány rozdílem peněžních toků velkého a malého projektu, a tedy $FCF_{INKR} = FCF_B - FCF_A$. Projekt, který vznikne tímto způsobem, je pak označován jako tzv. inkrementální projekt. Rozhodnutí o výběru je pak založeno na výpočtu tzv. inkrementálního IRR , případně inkrementálního NPV , viz tabulka 2–17.

Tabulka 2–17 Výpočet inkrementálního IRR a NPV (náklad kapitálu $R = 5\%$)

	Období	FCF_{INKR}
FCF (p.j.)	0	- 980
	1	390
	2	585
	3	195
NPV_{INKR}		90,5
IRR_{INKR}		10,3

Rozhodovací pravidlo v závislosti na použité metodě je definováno způsobem popsáním v následující tabulce 2–18.

Z výsledků v tabulce 2–17 a podle rozhodovacího pravidla v tabulce 2–18 je zřejmé, že ve výše uvedeném případě je preferován projekt B (velký projekt) před projektem A (malý projekt).

Tabulka 2–18 Rozhodovací pravidlo inkrementálního IRR a NPV vzájemně vylučitelných projektů s různými velikostmi (A – malý projekt, B – velký projekt)

Typ rozhodovacího kritéria			
NPV_{INKR}		IRR_{INKR}	
situace	preferovaný projekt	situace	preferovaný projekt
$NPV_{INKR} > 0$	B	$IRR_{INKR} > R$	B
$NPV_{INKR} < 0$	A	$IRR_{INKR} > R$	A

2.3.3 Vzájemně vylučitelné projekty a tzv. *timing problem*

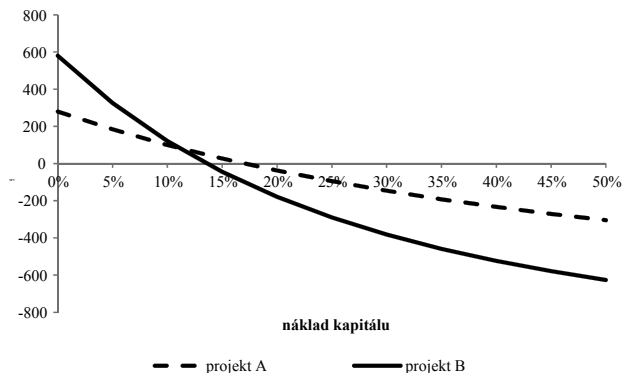
Další problém související s hodnocením a výběrem vzájemně vylučitelných projektů bývá označován jako tzv. *timing problem*. Ten nastává v situaci, kdy jsou peněžní příjmy projektu v průběhu jeho provozní fáze nerovnoměrně rozloženy. U některých projektů mohou být příjmy generovány zejména v prvních letech provozní fáze a s blížící se dobou životnosti klesají, zatímco u jiných projektů jsou v prvních letech provozní fáze příjmy spíše nižší nebo projekt negeneruje žádné příjmy a narůstají až v pozdějších letech jeho provozu, viz tabulka 2–19.

Tabulka 2–19 Vzájemně vylučitelné projekty a tzv. *timing problem*

	Období	Projekt A	Projekt B
FCF (p.j.)	0	-1 000	-1 000
	1	700	0
	2	400	30
	3	150	550
	4	30	1 000
IRR		17 %	13,6 %

Z tabulky 2–19 je zřejmé, že pokud by se firma rozhodovala dle kritéria IRR , byl by preferován projekt A před B , protože jeho IRR je vyšší. Následující obrázek 2–6 a tabulka 2–20 zachycují závislost NPV těchto projektů na úrovni nákladu kapitálu.

Z obrázku 2–6 a tabulky 2–20 je zřejmé, že NPV projektu B je vyšší než NPV projektu A za předpokladu, že náklad kapitálu jsou nižší než 11 %. Projekt B je tedy preferován před projektem A . Pro náklad kapitálu na úrovni vyšší než 11 % by byl naopak preferován projekt A před B . Z obrázku je taktéž patrná rozdílná citlivost NPV obou projektů na úrovni nákladu kapitálu. Např. NPV projektu B reaguje mnohem citlivěji na změny v úrovni nákladu kapitálu než u projektu A , což je způsobeno právě skutečností, že projekt B generuje peněžní toky zejména v pozdějších letech jeho provozní fáze.



Obrázek 2–6 Závislost NPV projektu na nákladu kapitálu

Tabulka 2–20 Závislost NPV projektu na nákladu kapitálu

Náklad kapitálu (%)	NPV_A (p.j.)	NPV_B (p.j.)
0	280	580
5	184	325
10	100	121
15	27	-44
20	-38	-179
25	-95	-290
30	-146	-382
35	-192	-459
40	-233	-524
45	-271	-579
50	-305	-626

Pro rozhodnutí, který projekt by měl být preferován, lze postupovat dvěma způsoby. Je-li kritériem pro rozhodnutí maximalizace NPV , bude preferován ten projekt, jehož NPV je vyšší. Druhou možností je postupovat způsobem popsaným v kap. 2.3.2, a tedy vypočítat inkrementální FCF (jako rozdíl mezi FCF projektu A a B) a následně vypočítat inkrementální IRR . Je-li inkrementální IRR vyšší než náklad kapitálu, je preferován projekt B před projektem A a naopak.

2.3.4 NPV vs. IRR

Při hodnocení a výběru projektů může nastat situace, kdy je hodnoceno více srovnatelných (a tedy se stejnou dobou životnosti, stejnou nebo podobnou velikostí a s obdobnou časově rozloženou strukturou peněžních toků) vzájemně vylučitelných projektů. Přitom při použití NPV a IRR mohou být výsledkem různé závěry a doporučení. Jedná se např. o situaci, kdy je dle IRR preferován projekt A před projektem B , přitom dle NPV je doporučení opačné, a tedy je preferován projekt B před projektem A , viz tabulka 2–21.

Tabulka 2–21 NPV vs. IRR vzájemně vylučitelných projektů (náklad kapitálu $R = 10\%$)

	období	Projekt A	Projekt B
FCF (p.j.)	0	-1 000	-1 000
	1	500	300
	2	400	350
	3	320	450
	4	300	550
NPV		230,5	275,7
IRR		21,4 %	20,9 %

Důvodem, proč může docházet k této situaci, jsou rozdíly v předpokladech, ze kterých obě kritéria vychází. Zatímco v případě *NPV* se předpokládá, že peněžní toky generované projektem v průběhu životnosti jsou reinvestovány s výnosem odpovídajícím nákladu kapitálu, v případě *IRR* se vychází z toho, že jsou tyto peněžní toky reinvestovány s výnosem odpovídajícím *IRR*. V příkladu uvedeném v tabulce 2–21 se tedy vychází z toho, že peněžní toky projektů jsou reinvestovány s výnosem 10 % (v případě *NPV*), zatímco v případě *IRR* je reinvestiční výnos roven 21,4 % (u projektu *A*) a 20,9 % (u projektu *B*).

Jedním z možných navrhovaných řešení⁴ je výpočet tzv. *modifikovaného IRR* (*MIRR*), a to na základě investičních výdajů a budoucí hodnoty reinvestovaných peněžních příjmů projektu. Přitom je modifikován předpoklad týkající se výnosu z těchto reinvestovaných peněžních příjmů. Konkrétně, výnos z reinvestovaných peněžních příjmů je stanoven na úrovni nákladu vlastního kapitálu R_E (v případě, že jsou peněžní toky definovány jako peněžní toky pro vlastníky *FCFE*) nebo na úrovni celkového nákladu kapitálu *WACC* (v případě celkových peněžních toků *FCFF*).

Vztah pro výpočet modifikovaného *IRR* má následující tvar,

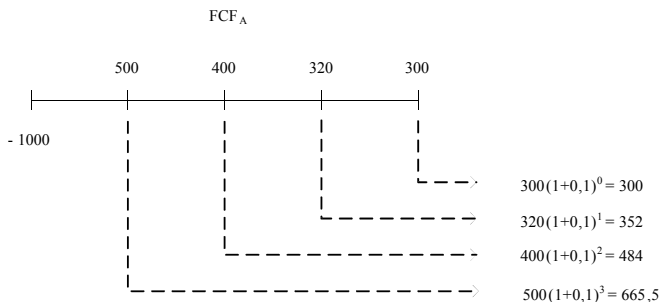
$$MIRR = \left[\frac{\sum_{t=1}^T FCF_t \cdot (1+R)^{(T-t)}}{INV_0^{CELK}} \right]^{\frac{1}{T}} - 1. \quad (2.22)$$

Pro projekt *A* je výpočet *MIRR* zachycen na následujícím obrázku 2–7.

Dosazením hodnot do (2.22) je *MIRR* projektu *A* ve výši 15,8 %, u projektu *B* pak 16,9 %. Z výsledků tedy plyne, že by měl být preferován projekt *B* před projektem *A*, což je stejný závěr jako v případě metody *NPV*.

Nakonec je nutno zdůraznit, že *MIRR* je vždy nižší než *IRR*. To je dáno skutečností, že v případě výpočtu *MIRR* se předpokládá, že peněžní příjmy jsou reinvestovány s výnosem odpovídajícím nákladu kapitálu, nikoliv výnosem na úrovni *IRR*.

⁴ Viz např. Damodaran (2006).



Obrázek 2–7 Výpočet modifikovaného *IRR* projektu *A* (reinvestiční výnos 10 %)

2.4 Zohlednění rizika v investičním rozhodování

Pod pojmem riziko je obecně chápána situace, kdy nelze přesně a jednoznačně určit budoucí parametry projektu (peněžní příjmy, investiční výdaje, atd.), a je tedy potřeba je vyjádřit jako náhodné veličiny.

V oblasti investičního rozhodování existují dva základní přístupy, jak lze riziko zohlednit. Prvním přístupem je *metoda jistotného ekvivalentu*, u které se vychází z kardinalistické verze teorie užitku, kdy se rizikové peněžní toky převádějí na tzv. jistotní ekvivalent se stejnou hodnotou užitku. Druhým přístupem je pak *metoda rizikově upraveného nákladu kapitálu*, kdy se budoucí (rizikové) peněžní toky převedou na jejich střední hodnotu a jsou následně diskontovány nákladem kapitálu, který je upraven o rizikovou prémii.

V následujících kapitolách 2.4.1 a 2.4.2 jsou oba přístupy popsány a detailněji vysvětleny.

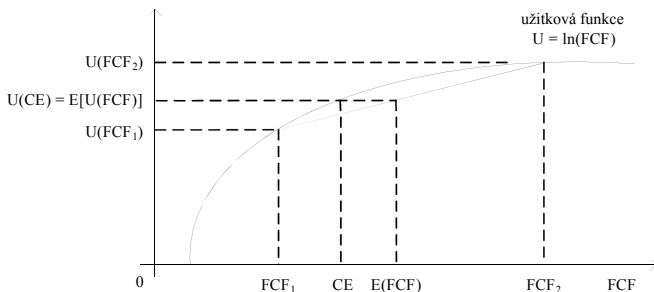
2.4.1 Metoda jistotního ekvivalentu

Výchozím předpokladem aplikace tohoto přístupu je platnost základních předpokladů teorie užitku, které jsou považovány za tzv. axiomy (axiom úplného srovnání, axiom tranzitivity, axiom nezávislosti, axiom měřitelnosti, axiom pořadí).

Dále se vychází z toho, že lze investory rozdělit do tří skupin dle jejich postoje k riziku, a to na vyhledávající riziko (risk-lover), rizikově neutrální (risk-neutral) a rizikově averzní (risk-avertter). Přitom se zpravidla předpokládá, že investoři jsou rizikově averzní, a tedy že jejich funkce celkového užitku je rostoucí a funkce mezního užitku klesající.⁵

Základní myšlenka tohoto přístupu spočívá v tom, že se očekávané (rizikové) peněžní toky pro každé období t převedenou na tzv. jistotní ekvivalenty, CE_t , a to tak, aby platilo

⁵ Detailněji viz např. Copeland a kol., (2004) nebo Zmeškal a kol. (2011).



Obrázek 2–8 Převod rizikových peněžních toků FCF na jistotní ekvivalent

$$U(CE) = E[U(FCF)], \quad (2.23)$$

kde $U(CE)$ je užitek jistotního ekvivalentu a $E[U(FCF)]$ je střední hodnota funkce užitku, která je dána vztahem

$$E[U(FCF)] = \sum_{i=1}^N p_i \cdot U(FCF_i), \quad (2.24)$$

přičemž p_i je příslušná pravděpodobnost a $U(FCF)$ je užitek rizikového FCF.

Na obrázku 2–8 je graficky znázorněn převod rizikových peněžních toků FCF_1 a FCF_2 na jistotní ekvivalent rizikově neutrálního investora za předpokladu, že užitková funkce má tvar $U = \ln(FCF)$.

Pro výpočet NPV projektu na bázi jistotního ekvivalentu platí

$$NPV^{CE} = \sum_{t=1}^T \frac{CE_t}{(1+R_f)^t} - INV_0^{CELK}, \quad (2.25)$$

zatímco NPV na bázi rizikových peněžních toků je určeno následujícím způsobem,

$$NPV^{FCF} = \sum_{t=1}^T \frac{E(FCF_t)}{(1+R)^t} - INV_0^{CELK}. \quad (2.26)$$

Protože musí platit, že $NPV^{CE} = NPV^{FCF}$, lze jistotní ekvivalent v čase t vyjádřit takto,

$$CE_t = \left(\frac{1+R_f}{1+R} \right)^t \cdot E(FCF_t), \quad (2.27)$$

a po úpravě

$$CE_t = q^t \cdot E(FCF_t). \quad (2.28)$$

Z výše uvedeného tedy platí, že pro rizikovou prémii RP obecně platí

$$RP = E(FCF) - CE = \sum_i p_i \cdot FCF_i - CE. \quad (2.29)$$

Příklad 2–1 Ocenění projektu na bázi jistotních ekvivalentů

Zadání

Následující tabulka 2–22 zachycuje očekávané scénáře vývoje FCF projektu s příslušnými pravděpodobnostmi.

Tabulka 2–22 Očekávané FCF projektu a pravděpodobnosti dle jednotlivých scénářů

	Scénář 1	Scénář 2
FCF	200	440
Pravděpodobnost	0,4	0,6

Dále je známo, že doba životnosti projektu je jeden rok, celkové investiční výdaje projektu jsou 250 p.j. a bezriziková sazba $R_f = 3\%$. Předpokládá se, že užitková funkce má tvar $U(FCF) = 2 \ln(FCF)$. Úkolem je určit NPV projektu na bázi jistotného ekvivalentu.

Řešení

Řešení úkolu lze shrnout do následujících kroků.

- a) Výpočet užitku rizikových FCF . Má-li podle zadání užitková funkce tvar $U(FCF) = 2 \ln(FCF)$, pak pro užitky rizikových FCF podle jednotlivých scénářů platí:

$$U(FCF_1) = 2 \ln(200) = 10,6,$$

$$U(FCF_2) = 2 \ln(440) = 12,2.$$

- b) Výpočet střední hodnoty funkce užitku podle (2.24),

$$E[U(FCF)] = 0,4 \cdot 10,6 + 0,6 \cdot 12,2 = 11,5.$$

- c) Výpočet jistotného ekvivalentu CE . Podle podmínky (2.23) je užitek jistotního ekvivalentu $U(CE) = 11,5$; pro jistotní ekvivalent pak platí

$$CE = e^{\frac{11,5}{2}} = 321 \text{ p.j.}$$

- d) Výpočet NPV projektu. Dle (2.25) je NPV projektu rovna 61,6 p.j.

2.4.2 Metoda rizikově upraveného nákladu kapitálu

Základní myšlenkou tohoto přístupu je, že se rizikové peněžní toky převedou na jejich střední hodnotu a následně jsou diskontovány rizikově upraveným nákla-

dem kapitálu R , který je určen jako součet bezrizikové sazby R_f a rizikové prémie, a tedy

$$R = R_f + RP, \quad (2.30)$$

přítom riziková prémie kompenzuje riziko projektu podstoupené investorem.

Je-li R v čase konstantní, pak NPV projektu na bázi rizikově upraveného nákladu kapitálu je určena podle (2.26) takto,

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{E(FCF_t)}{(1+R)^t} - INV_0^{CELK}.$$

Příklad 2–2 Ocenění projektu na bázi rizikově upraveného nákladu kapitálu

Zadání

Úkolem je na základě vstupních dat a výsledků z příkladu 2–1 určit rizikově upravený náklad kapitálu, výši rizikové prémie a ověřit, zda přístup na bázi jistotného ekvivalentu a rizikově upraveného nákladu kapitálu vede ke stejnému výsledku.

Řešení

Rizikově upravený náklad kapitálu lze nejjednodušeji určit dle (2.27). Střední hodnota rizikových FCF je určena takto,

$$E(FCF) = 0,4 \cdot 200 + 0,6 \cdot 440 = 344 \text{ p.j.},$$

dosazením do (2.27) a po úpravě je výše rizikově upraveného nákladu kapitálu R rovna 10,4 %, riziková prémie je tedy 7,4 %.

NPV projektu na bázi rizikově upraveného nákladu kapitálu je pak podle (2.26) rovna 61,6 p.j., což je stejný výsledek jako při aplikaci přístupu na bázi jistotného ekvivalentu.

2.5 Ostatní možnosti analýzy rizika v investičním rozhodování

Oceňování projektů za rizika na bázi přepočtu rizikových FCF na jistotní ekvivalent, případně diskontováním střední hodnoty FCF rizikově upraveným nákladem kapitálu, představuje pouze jednu z možností, jak zohlednit riziko v investičním rozhodování. Těmito přístupy však není zohledněno veškeré riziko spojené s danou investicí. Tyto přístupy poskytují informaci pouze o tom, jaká je hodnota NPV projektu při zohlednění rizika, nicméně již není zkoumáno, které faktory jsou zdrojem tohoto rizika, případně není kvantifikován vliv těchto faktorů na hodnotu projektu. Z tohoto důvodu je nutno aplikovat metody, které detailněji zkoumají zdroje rizika a kvantifikují jejich vliv na hodnotu projektu. Ty budou popsány v následujících kapitolách 2.5.1–2.5.3.

Je nutno zdůraznit, že žádná z těchto metod nezohledňuje důležitý faktor investičního rozhodování, a to flexibilitu projektu. Tou se rozumí možnost zasahovat do již zahájených projektů a provádění změn v průběhu jejich životnosti, a to s ohledem na aktuální situace a stavy. Proto se začíná zejména v posledních letech stále častěji využívat přístup, který vychází z konceptu oceňování finančních opcí a je aplikován při oceňování reálných aktiv (reálné opce). Zde je paralelně zohledněno při oceňování nejen riziko, ale taktéž flexibilita. Této problematice je věnována kapitola šestá.

2.5.1 Citlivostní analýza

Citlivostní analýza je metoda, pomocí níž se zkoumá citlivost hodnoty zvoleného kritéria (např. *NPV*) na změnu některého z rizikových faktorů, které tuto hodnotu ovlivňují. V případě, že se předpokládá pouze změna jednoho faktoru, přitom ostatní zůstávají beze změny, jedná se o tzv. jednofaktorovou citlivostní analýzu. Pokud se počítá se změnami více faktorů současně, jedná se o vícefaktorovou citlivostní analýzu. Cílem takovéto analýzy je potom určit, na změnu kterého rizikového faktoru reaguje hodnota zvoleného kritéria nejcitlivěji.

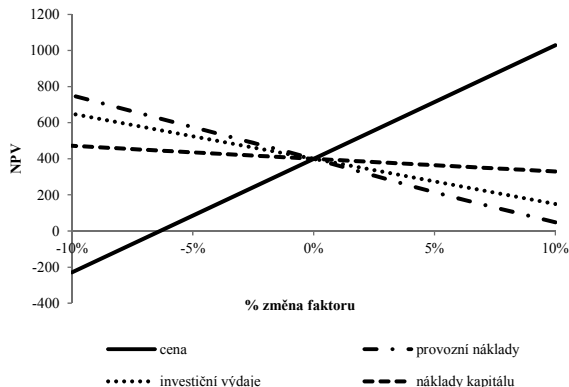
Citlivostní analýza lze obecně shrnout do tří základních kroků.

- Nejprve se určí tzv. *základní scénář*, kdy jsou nastaveny hodnoty všech rizikových faktorů tak, jak se v budoucnu budou vyvíjet nejpravděpodobněji. Na základě takto nastavených hodnot je provedeno ocenění projektu dle zvoleného kritéria.
- Následně je stanoveno *rozpětí změn hodnot vybraných rizikových faktorů* vzhledem k základnímu scénáři a pro každou možnou takovouto hodnotu je opět provedeno ocenění projektu.
- Nakonec jsou výsledky vyhodnoceny, přitom se sleduje, na který ze zkoumaných rizikových faktorů reaguje zvolené kritérium nejcitlivěji. Ten potom představuje nejrizikovější faktor a je potřeba mu věnovat zvýšenou pozornost.

Následující obrázek 2–9 zachycuje výsledky citlivostní analýzy projektu, kdy je pro ocenění zvoleno kritérium *NPV* projektu. Přitom je zkoumán vliv změn čtyř vybraných rizikových faktorů (cena, provozní náklady, investiční výdaje a náklad kapitálu), a to v rozsahu -10% až $+10\%$ vzhledem k základnímu scénáři.

Z výsledků citlivostní analýzy je zřejmé, že *NPV* projektu nejcitlivěji reaguje na změny ceny produkce, přitom mezi cenou produkce a *NPV* projektu je pozitivní závislost (tj. s růstem ceny se zvyšuje i hodnota *NPV* a naopak). Nejméně pak reaguje hodnota *NPV* na změny v nákladu kapitálu, kde je (stejně jako u provozních nákladů a investičních výdajů) negativní závislost.

Nedílnou součástí citlivostní analýzy bývá zpravidla tzv. *analýza bodu zvratu* (break-even analysis). Princip této analýzy spočívá v nalezení kritických hodnot vybraných rizikových faktorů (maximální nebo minimální úroveň, případně maximální odchylka od základního scénáře), kdy je projekt ještě přijatelný.



Obrázek 2-9 Citlivostní analýza projektu

Citlivostní analýza má některé nevýhody, které lze shrnout do následujících bodů.

- Pokud je analyzován vliv daného rizikového faktoru na vybrané hodnotící kritérium, předpokládá se zpravidla, že ostatní rizikové faktory se nemění. Tento předpoklad omezuje vypovídací schopnost citlivostní analýzy zejména v situacích, kdy existuje pozitivní nebo negativní korelace mezi jednotlivými rizikovými faktory. Např. růst provozních nákladů je zpravidla doprovázen růstem ceny produkce apod., přitom tyto současné změny rizikových faktorů nemusí být perfektně korelovány (např. x % zvýšení provozních nákladů není doprovázen nárůstem cen produkce o stejné %, apod.).
- Další problém nastává v situaci, kdy se při odhadu vývoje vybraného rizikového faktoru vyskytuje tzv. sériová závislost, tzn. chyba v předpovědi pro období t má vliv na chybu předpovědi pro následující období.

2.5.2 Analýza provozního, finančního a celkového rizika projektu

Základním východiskem pro analýzu provozního rizika je, že lze provozní náklady projektu rozdělit do dvou základních skupin, a to na variabilní, tedy měnící se v závislosti na objemu výroby, a fixní, které jsou na objemu výroby nezávislé a v určitém období jsou konstantní. Pro samotnou analýzu provozního rizika není důležitá absolutní výše těchto nákladů, ale jejich struktura, tj. podíl fixních, resp. variabilních nákladů na celkových provozních nákladech. Obecně pak platí, že čím vyšší je podíl fixních nákladů na celkových provozních nákladech, tím vyšší je i provozní riziko a naopak.

Pro kvantifikaci provozního rizika projektu slouží tzv. *koeficient provozního rizika*, který je definován následujícím způsobem,

$$KPR = \frac{\Delta EBIT / EBIT}{\Delta T / T}, \quad (2.31)$$

kde T jsou tržby, a udává citlivost změny ukazatele $EBIT$ na změnu tržeb.

Finanční riziko obecně souvisí s tím, jaké zdroje firma využívá pro financování svého majetku. Pokud firma financuje svůj majetek z vlastního kapitálu (zpravidla emisí akcií nebo zadržnými zisky), nevyplývá pro ni z použití tohoto kapitálu povinnost splatit tento kapitál nebo platit pravidelné fixní platby za jeho použití. Pokud jsou však pro financování využívány i úročené cizí zdroje, zavazuje se firma k tomu, že věřitelům zapůjčený kapitál v dohodnutém termínu splatí, přitom tento kapitál bude navýšen o jeho zápůjční cenu – úrok. Čím vyšší bude objem těchto pravidelných plateb, tím vyšší bude také finanční riziko.

Finanční riziko lze kvantifikovat obdobným způsobem jako v případě provozního rizika, přitom je zkoumán vliv změny ukazatele $EBIT$ na zisk po zdanění EAT pomocí tzv. *koeficientu finančního rizika*, a tedy

$$KFR = \frac{\Delta EAT / EAT}{\Delta EBIT / EBIT}. \quad (2.32)$$

Celkové riziko projektu představuje kombinaci provozního a finančního rizika. Význam tohoto ukazatele spočívá v tom, že provozní i finanční riziko působí současně. Konkrétně tedy jak investiční rozhodování (které má vliv na strukturu fixních a variabilních nákladů), tak finanční rozhodování (ovlivňuje strukturu zdrojů financování) ovlivňuje zisk po zdanění.

Pro měření celkového rizika slouží tzv. *koeficient celkového rizika*, který je definován následujícím způsobem,

$$KCR = \frac{\Delta EAT / EAT}{\Delta T / T}. \quad (2.33)$$

Příklad 2–3 Provozní, finanční a celkového riziko projektu

Zadání

Následující tabulka 2–23 zachycuje vybrané údaje o tržbách, celkových variabilních nákladech (VN), celkových fixních nákladech (FN) a nákladových úrocích zadluženého projektu v jednotlivých letech provozní fáze jeho životnosti.

Tabulka 2–23 Vybrané finanční údaje provozní fáze projektu

	Provozní fáze projektu (roky)			
	1	2	3	4
Tržby	100	130	110	95
VN	60	78	66	57
FN	10	10	10	10
úroky	13	11	9	7

Dále je známo, že sazba daně z příjmu je 20 % a předpokládá se, že je konstantní během celého sledovaného období. Úkolem je určit provozní, finanční a celkové riziko projektu v jednotlivých letech provozu.

Tabulka 2–24 Propočet provozního, finančního a celkového rizika projektu

	<i>Provozní fáze projektu (roky)</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Tržby</i>	100	130	110	95
<i>VN</i>	60	78	66	57
<i>FN</i>	10	10	10	10
<i>EBIT</i>	30	42	34	28
<i>Úroky</i>	13	11	9	7
<i>EBT</i>	17	31	25	21
<i>Daň</i>	3,4	6,2	5,0	4,2
<i>EAT</i>	13,6	24,8	20	16,8
<i>Provozní riziko</i>		<i>2/1</i>	<i>3/2</i>	<i>4/3</i>
$\Delta T / T$ (%)		30	-15	-14
$\Delta EBIT / EBIT$ (%)		40	-19	-17,6
koeficient provozního rizika (KPR)		1,33	1,24	1,29
<i>Finanční riziko</i>		<i>2/1</i>	<i>3/2</i>	<i>4/3</i>
$\Delta EBIT / EBIT$ (%)		40	-19	-17,6
$\Delta EAT / EAT$ (%)		82,4	-19,4	-16
koeficient finančního rizika (KFR)		2,06	1,02	0,91
<i>Celkové riziko</i>		<i>2/1</i>	<i>3/2</i>	<i>4/3</i>
$\Delta T / T$ (%)		30	-15	-14
$\Delta EAT / EAT$ (%)		82,4	-19,4	-16
koeficient celkového rizika (KCR)		2,75	1,26	1,17

Řešení

Výsledky propočtů pro jednotlivé typy rizik dle (2.31), (2.32) a (2.33) jsou uvedeny v tabulce 2–24.

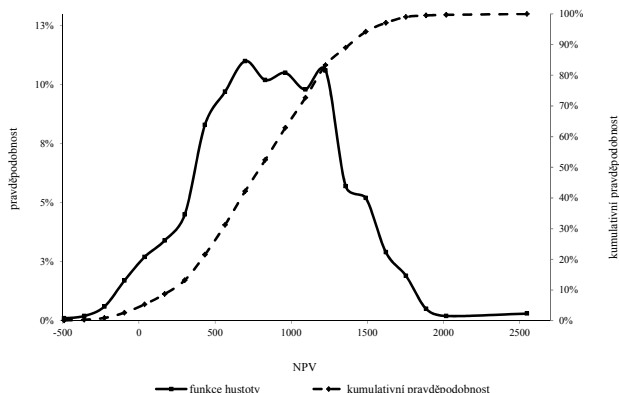
Nevýhodou této analýzy je, že je zkoumán vliv účetních hodnot projektu (*EAT*, *EBIT*), které mohou být ovlivněny různými účetními postupy (např. zvolenou metodou odepisování). Tímto způsobem pak lze částečně ovlivňovat i výsledky.

2.5.3 Aplikace simulačních technik

Simulační techniky jsou založeny na opakovaném simulování vývoje vybraných rizikových faktorů, u nichž je známo jejich pravděpodobnostní rozdělení a které ovlivňují peněžní toky generované projektem. Výsledkem takovéto simulace je pak buď pravděpodobnostní rozdělení peněžních toků projektu, nebo vybraného hodnotícího kritéria.

Proces aplikace simulačních technik lze obecně rozdělit do následujících kroků.

1. Definování klíčových rizikových faktorů a finančních závislostí pomocí matematických rovnic, které popisují vztah mezi vybraným rizikovým faktorem a peněžním tokem projektu.



Obrázek 2–10 Funkce pravděpodobnosti a distribuční funkce NPV projektu

2. Odhad parametrů pravděpodobnostního rozdělení vybraných rizikových faktorů (střední hodnota, rozptyl, atd.).
3. Generování scénářů vývoje vybraných rizikových faktorů pro jednotlivé roky provozu investice.
4. Výpočet peněžních toků projektu pro jednotlivé roky a scénáře vývoje rizikových faktorů.
5. Výpočet hodnoty zvoleného hodnoticího kritéria pro jednotlivé scénáře, sestavení histogramu četností, funkce rozdělení pravděpodobnosti nebo distribuční funkce a výpočet charakteristik rozdělení (střední hodnota, rozptyl).

Obrázek 2–10 ilustruje graficky výstup ocenění projektu dle kritéria NPV na bázi simulace.

Stejně jako v případě výše uvedených přístupů má i aplikace simulačních technik některé nedostatky, případně omezení. Ty lze shrnout do následujících bodů.

- V případě některých faktorů může být obtížné zjistit charakteristiky pravděpodobnostního rozdělení vybraných rizikových faktorů, zejména v případě, že se tyto charakteristiky v čase mění nebo případně pokud neexistují potřebná data pro jejich odhad.
- Existence tzv. sériové závislosti, a tedy chyba v predikci v čase t ovlivňuje chybu v predikci v následujícím období.
- V případě aplikace simulačních technik neexistuje žádný jednoznačný, přesně definovaný postup, jak transformovat výsledky pravděpodobnostního rozložení hodnoty projektu do rozhodovací funkce. Pravděpodobnostní rozdělení pouze udává, jaká je střední (nejpravděpodobnější) hodnota a její rozložení kolem této hodnoty (rozptyl).
- Nelze zohlednit flexibilitu při oceňování projektu, a tedy možnost provádět budoucí rozhodnutí a změny v již zahájených projektech.

2.6 Zohlednění flexibility v investičním rozhodování

Tradičně využívanou metodou, kdy je zohledněna flexibilita při řešení úloh oceňovacího a rozhodovacího typu a je počítáno s volbou mezi více variantami, je *analýza rozhodovacího stromu*. Jedná se nástroj rozhodovací analýzy, který má své uplatnění zejména pro víceetapové rozhodovací procesy s jedním kritériem rozhodování. Tato analýza umožňuje znázornit vývoj časově na sebe navazujících alternativních rozhodnutí a náhodných situací.

V případě investičního rozhodování umožňuje tento typ analýzy managementu strukturovat rozhodovací problém tak, že pro jednotlivé možné scénáře budoucího vývoje a v rámci konkrétních podmínek lze doporučit managementu optimální strategii s cílem maximalizace zvoleného hodnotícího kritéria. Algoritmus řešení je založen na dynamickém Bellmanově principu optimality, a tedy pro jakékoli počáteční rozhodnutí musí být sekvence následující rozhodnutí vždy optimální vzhledem ke stavu, který je výsledkem rozhodnutí předchozího.⁶ Cílem takovéto analýzy je tedy stanovení optimální posloupnosti rozhodnutí, která povedou k nejlepší hodnotě vybraného kvantitativního kritéria.

Zatímco v případě tradiční metody *NPV* se jedná o rozhodování dle principu *ted, nebo nikdy*, pak v případě analýzy rozhodovacího stromu se jedná o sekvenci rozhodování, a to podle scénáře vývoje, přitom se předpokládá závislost mezi rozhodnutím v čase t a $t+dt$ (tzn. rozhodnutí v čase t ovlivňuje budoucí možné scénáře a rozhodnutí v následujícím období).

Příklad 2–4 Ocenění projektu na bázi rozhodovacího stromu

Zadání

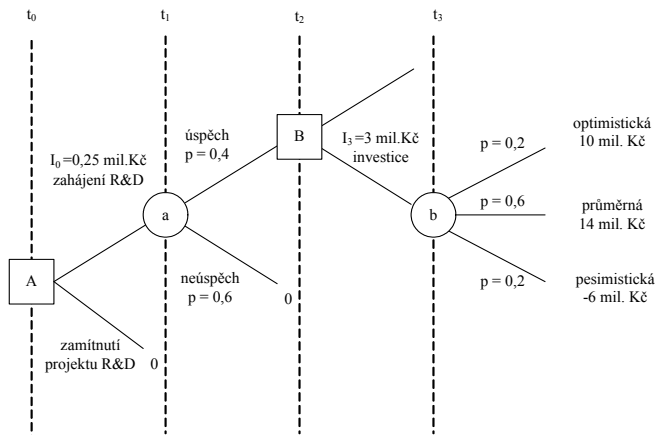
Firma zvažuje investici do projektu výzkumu a vývoje nového výrobku. Předpokládá se, že doba výzkumu bude trvat dva roky a jeho úspěšnost je odhadována na 40 %. Celkové náklady na výzkum byly propočteny ve výši 0,25 mil. Kč.

Pokud bude výzkum úspěšný, firma investuje další 3 mil. Kč do nové výrobní linky na výrobu daného výrobku. Investiční fáze bude trvat jeden rok, poté bude investice uvedena do užívání. Na základě marketingového výzkumu byly zjištěny tři možné úrovně poptávky, jejichž pravděpodobnosti a očekávané příjmy, které jsou zachyceny v tabulce 2–25, rozhodovací strom pro daný projekt je pak znázorněn na obrázku 2–11.

Tabulka 2–25 Charakteristiky úrovní poptávky

Varianta poptávky	Pravděpodobnost (%)	Očekávaný příjem (mil. Kč)
Optimistická	20	10
Průměrná	60	14
Pesimistická	20	–6

⁶ Detailněji viz např. Zmeškal (2005).



Obrázek 2–11 Rozhodovací strom projektu R&D

Bezriziková sazba je 5 %, úkolem je určit *NPV* projektu a optimální strategii (rozhodnutí) firmy.

Řešení

Střední hodnota peněžních příjmů pro situační uzel *b* je určena následovně,

$$E_3(FCF) = 0,2 \cdot 10 + 0,6 \cdot 14 + 0,2 \cdot (-6) = 9,2 \text{ mil. Kč.}$$

Očekávaná *NPV* projektu v druhém roce pro rozhodovací uzel *B* je pak rovna

$$E_2(NPV) = \frac{9,2}{(1+0,05)} - 3 = 5,76 \text{ mil. Kč.}$$

Pro počáteční uzel *A* rozhodovacího stromu je očekávaná *NPV* projektu rovna

$$E_0(NPV) = \frac{0,4 \cdot 5,76 + 0,6 \cdot 0}{(1+0,05)^2} - 0,25 = 1,84 \text{ mil. Kč.}$$

Z výsledků vyplývá, že optimální doporučení pro firmu je přijetí výše uvedeného projektu, očekávaná *NPV* je ve výši 1,84 mil. Kč.

2.7 Shrnutí problémů při použití tradičních metod kapitálového rozpočtnictví

Výše uvedené a popsané metody kapitálového rozpočtnictví jsou z hlediska aplikace poměrně jednoduché a dlouhodobě byly považovány za teoreticky nejspřávnější při hodnocení ziskovosti investičních projektů (např. Trigeorgis, 1998, aj.). Jak vyplývá z jejich popisu, je jejich použití vždy spojeno s přijetím určitých předpokladů týkajících se zpravidla vývoje peněžních toků a možnosti realizace dodatečných rozhodnutí v čase (např. Zmeškal a kol., 2010). V případě peněžních toků projektu se pracuje buď s jistými, nebo nejistými peněžními

toky, v případě možnosti rozhodování v čase se rozlišuje pasivní přístup (nelze provádět dodatečná rozhodnutí v budoucnosti) nebo aktivní přístup (dodatečná rozhodnutí lze při hodnocení projektu modelovat, ocenit a zahrnout do celkové hodnoty projektu). Kombinací těchto variant tak vznikají čtyři základní možnosti členění metod oceňování, viz obrázek 2–12.

Z obrázku 2–12 je zřejmé, že za předpokladu, že lze přesně určit peněžní toky projektu, je pro jejich přepočet na současnou hodnotu používána bezriziková sazba. Na tomto předpokladu jsou založeny metody na bázi bezrizikové současné hodnoty a metody rozhodovacího stromu. V případě, že se pracuje s rizikovými peněžními toky, je toto riziko v případě tradičních metod zohledněno rizikově upraveným nákladem kapitálu nebo převodem těchto peněžních toků na jistotní ekvivalent. Z hlediska možnosti provádět rozhodnutí v čase je u tradičních přístupů tato možnost zohledněna pouze u metody rozhodovacího stromu.

Je zřejmé, že žádná z tradičních metod nezohledňuje oba aspekty při oceňování, a tedy jak riziko peněžních toků, tak i možnosti rozhodování v čase. Z tohoto důvodu vznikla potřeba nového přístupu, který oba tyto aspekty bere v úvahu. Základní princip vychází z metod oceňování finančních opcí, přitom ten je aplikován při ocenění reálných aktiv. Pracuje se zde tedy s různými scénáři budoucího vývoje (riziko), přitom je do procesu ocenění zakomponována možnost rozhodování s ohledem na konkrétní situace a stavy. Tento přístup je označován jako reálné opce, jeho popisu včetně možností aplikace je detailně věnována kapitola šestá.

		RIZIKO PENĚŽNÍCH TOKŮ	
		NE	ANO
MOŽNOST ROZHODOVÁNÍ V ČASE	NE	bezriziková současná hodnota	rizikově-upravený náklad kapitálu jistotní ekvivalent
	ANO	rozhodovací strom	reálné opce

Obrázek 2–12 Metody oceňování dle zohlednění rizika a možnosti rozhodování v čase
Zdroj: Zmeškal a kol. (2010)