



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta elektrotechnická**

**Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**

**Využití reálných opcí při hodnocení efektivnosti elektrických sítí**

**Use of real options in electric network economic evaluation**

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: Ing. Martin Beneš, Ph.D.

**Bc. Tomáš Novák**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Novák** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **406237**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Studijní obor: **Ekonomika a řízení energetiky**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Využití reálných opcí při hodnocení efektivnosti elektrických sítí**

Název diplomové práce anglicky:

**Use of Real Options in Electric Network Economic Evaluation**

Pokyny pro vypracování:

- finanční a reálné opce, stanovení hodnoty
- klasické hodnocení efektivnosti v distribuci elektřiny
- reálné opce v distribuci elektřiny
- výpočet modelových příkladů na reálné opce

Seznam doporučené literatury:

BREALEY, Richard A a Stewart C MYERS. Teorie a praxe firemních financí. Praha: Victoria Publishing, 1992. ISBN 80-856-0524-4.  
SCHOLLEOVÁ, Hana. Hodnota flexibility: reálné opce. Vyd. 1. V Praze: C.H. Beck, 2007. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-735-7.  
STARÝ, Oldřich. Ekonomické hodnocení investic - od doby splacení po reálné opce: Investment appraisal - from payback period to real options. Praha: České vysoké učení technické, Fakulta elektrotechnická, 2003. ISBN 80-010-2750-3.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Martin Beneš Ph.D., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **17.02.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: \_\_\_\_\_

Platnost zadání diplomové práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne .....

podpis.....

Tomáš Novák

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu mé práce panu Ing. Martinu Benešovi, Ph.D. za poskytnuté studijní materiály, cenné rady, zajímavé postřehy a přínosné osobní konzultace.

Děkuji také své rodině a nejbližším přátelům za dlouhodobou podporu při studiu.

## **Abstrakt**

Cílem této práce je porovnat investici do dvou rozdílných transformátorů v distribuční síti a vybrat ekonomicky efektivnější variantu za použití metody reálných opcí.

Na začátek práce jsou zařazeny teoretické kapitoly věnované finančním a reálným opcím. V těchto částech textu je vysvětlen princip obchodování s finančními opcemi, historie jejich využití a následně je uvedeno odvození a vzájemný vztah reálných a finančních opcí. Poslední teoretická kapitola je věnovaná hlavním technickým a ekonomickým parametrům transformátorů pro danou napěťovou hladinu.

Další kapitola obsahuje popis konkrétního řešeného problému, definuje počítané reálné opce a varianty řešení, popisuje postup výpočtu a na závěr obsahuje výsledky a výstupy citlivostní analýzy. Poslední kapitolou je závěr shrnující a hodnotící dosažené výsledky a použitou metodu řešení celkově. Tato kapitola také obsahuje finální investiční rozhodnutí.

## **Abstract**

The goal of this thesis is to compare an investment in two different transformers in energy distribution network and to choose economically more effective solution using real options method.

At the beginning of the thesis are chapters dedicated to financial and real options. In these parts of the text the principle of trading financial options, the history of their usage and the derivation and relation between real and financial options are explained. Last theoretical chapter is dedicated to main technical and economic specifications of transformers for given voltage.

Next chapter contains description of the particular task to solve, defines the to-be-computed real options and possible solutions, describes the algorithm of the computation and in the end it also contains the results and the sensitivity analysis output. Last chapter is the conclusion summarizing and evaluating obtained results and used solving method in general. This chapter also contains final investment decision.

## **Klíčová slova**

Investice, transformátor, distribuce, finanční opce, reálné opce, TCO, VBA, srovnání, rozhodování

## **Key words**

Investment, transformer, distribution, financial option, real option, TCO, VBA, comparison, decision making

## Obsah

1	Úvod .....	7
2	Finanční opce.....	8
2.1	Popis .....	8
2.2	Historie finančních opcí.....	9
2.3	Hodnota opce .....	10
2.4	Stanovení hodnoty opce.....	15
2.4.1	Princip neutrality proti riziku.....	15
2.4.2	Binomická metoda.....	18
2.4.3	Black-Scholesův vzorec.....	22
3	Reálné opce .....	24
3.1	Popis .....	24
3.2	Historie .....	26
3.3	Stanovení hodnoty .....	26
3.3.1	Volatilita .....	28
3.3.2	Používané metody .....	28
4	Parametry transformátorů v distribuční síti.....	29
4.1	Technické parametry.....	29
4.2	Ekonomické parametry .....	30
5	Výpočet reálných opcí .....	31
5.1	Popis úlohy .....	31
5.2	Typy počítaných opcí.....	31
5.3	Společné vstupní parametry.....	31
5.3.1	Technické parametry.....	31
5.3.2	Ekonomické parametry .....	32
5.4	Provozní opce .....	34
5.4.1	Vstupní parametry.....	34
5.4.2	Postup výpočtu a výsledek .....	34
5.4.3	Citlivostní analýza .....	36
5.5	Opce na odložení.....	39
5.5.1	Vstupní parametry.....	39
5.5.2	Postup výpočtu a výsledek .....	40

5.5.3	Citlivostní analýza .....	42
6	Závěr .....	46
7	Zdroje .....	48
8	Seznamy .....	50
8.1	Seznam grafů .....	50
8.2	Seznam obrázků .....	50
8.3	Seznam tabulek .....	50

# 1 Úvod

Hlavní náplní této práce je investiční rozhodování v oblasti distribuce elektrické energie za použití metody reálných opcí. Popis konkrétního řešeného problému a zdůvodnění výběru této metody uvedu v dále v textu. Jelikož metoda reálných opcí vychází z teorie finančních opcí, uvedu na začátku práce stručný popis a vysvětlení finančních opcí, historii jejich použití, jejich hlavní typy a využití. Následně se zaměřím na vysvětlení reálných opcí, jejich odvození od opcí finančních a situace, kdy je jejich použití vhodné. Po těchto kapitolách zařadím poslední teoretickou kapitolu věnovanou podstatným parametrům transformátorů v distribuční síti a přehledu hlavních vzorců, které budou využity ve výpočtech. Na tyto teoretické pasáže navážu kapitolami obsahujícími popis zvolené početní úlohy k řešení, postup výpočtu, výsledky a příslušné citlivostní analýzy. Na závěr práce se pokusím okomentovat a zhodnotit získané výsledky.

## 2 Finanční opce

### 2.1 Popis

Finanční opce patří mezi tzv. finanční deriváty (stejně jako například futures nebo swapy), což jsou smlouvy odvozené od klasických finančních nástrojů (obchodovatelných aktiv). Aktivum, ke kterému je tato specifická smlouva vztažena, se nazývá podkladové (někdy také předmětné) aktivum. Samotný název „opce“ pochází z anglického slova „option“, což znamená „možnost“, popřípadě „volba“. Takto přeložený název poměrně přímočaře napovídá, co je podstatou opcí. Opce je v zásadě smlouva, na základě které má její držitel možnost (právo) provést s podkladovým aktivem příslušnou akci. To, o jakou akci se jedná, se liší podle konkrétního typu opce, jichž existuje značné množství.

Zpravidla se rozlišují klasické typy opcí (zvané z angličtiny „pure vanilla“) a exotické opce. Mezi klasické opce patří z hlediska možné operace s podkladovým aktivem opce kupní a prodejní, z hlediska termínu uplatnění opčního práva opce evropská a americká. Kupní opce představuje pro jejího držitele možnost koupit dané aktivum za předem dohodnutou cenu bez ohledu na jeho aktuální cenu na trhu. Prodejní opce naopak dává svému držiteli právo aktivum za dohodnutou cenu prodat. Americká opce umožňuje využít opční právo kdykoliv od doby jejího vydání do konce doby její platnosti. Evropská opce naopak dává držiteli právo opci uplatnit pouze v předem stanovený termín. Exotických opcí existuje teoreticky neomezený počet, neboť je možné vymýšlet stále nové akce s podkladovými aktivy (nebo popřípadě úpravy klasických opcí i v jiných ohledech), které lze obsáhnout smlouvou. Na burze jsou ovšem veřejně obchodovatelné jen některé ustálené typy opcí. Vzhledem k tématu této práce je vhodné uvést, že v energetice se poměrně často z exotických opcí používají opce asijské, u kterých se na rozdíl od klasických opcí neoperuje s okamžitými cenami, ale s průměry za dané období.

Jelikož jsou opce ve své podstatě smlouvami, jsou k jejich uzavření potřeba minimálně dvě strany. První stranou je ten, kdo opci vypisuje (vydává) a většinou i následně nabízí a prodává. Tento vydavatel je po prodeji opce v tzv. krátké pozici (z anglického „short position“), neboť již nemá možnost využití opce nijak ovlivnit a je nucen pouze čekat na reakci druhé strany. Druhou stranou je ten, kdo opci kupuje, následně vlastní a pokud se pro to rozhodne, i uplatňuje. Jedná se o držitele opce, který se nachází v tzv. dlouhé pozici („long position“), jelikož má až do vypršení termínu opce možnost rozhodnout, jestli jí využije nebo ne.

V souvislosti s opcemi se používá řada pojmů, které budou v této práci používány jak v textu, tak ve vzorcích a proto by pravděpodobně bylo dobré je stručně ozřejmit. Opční prémie je cena (poplatek) za opci, kterou platí její kupující (budoucí držitel) jejímu vypisovateli při jejím nákupu. Představuje tedy zpravidla jednorázový finanční výdaj, za který získává kupující právo provést v budoucnu s pokladovým aktivem příslušnou akci za předem stanovenou cenu. Pokladové aktivum, je, jak již bylo výše zmíněno, aktivum, ke kterému se vztahuje opční právo a jehož budoucí



cena je jedním z hlavních parametrů opce. Často se v praxi jedná o akcie, nicméně v zásadě je možné vypsát opce na jakákoliv aktiva, včetně například zemědělských komodit, uměleckých děl nebo patentů. Realizační cena je předem dohodnutá cena, za kterou bude s aktivem v termínu uplatnění opce provedena příslušná akce. Tržní cena je aktuální cena podkladového aktiva na trhu.

Finanční opce mají dvojí základní uplatnění. Na jedné straně je možné je využít k eliminaci rizika a vytvoření zajištěné pozice, na straně druhé jsou jako každá aktiva s do budoucna nejistou hodnotou předmětem spekulací.

Jednotlivé opce je možné navzájem kombinovat a vytvářet tak zajímavé opční strategie. Tyto kombinace navzájem odlišných opcí (a často i jejich navzájem se lišících počtů) bývají označovány jako dvojité opční techniky nebo také stelážové obchody. Ty mohou posloužit k vytvoření velmi efektivní investiční pozice. Nejčastěji používané opční techniky mají svá ustálená pojmenování jako například iron condor, butterfly spread nebo straddle. Podrobnější výčet a popis těchto strategií však není pro potřeby této práce nutný.

## 2.2 Historie finančních opcí

Opce a jejich obchodování má mnohem delší historii než by většina lidí odhadovala. První doložené zmínky o používání opcí pochází již ze starověké Babylonie a Řecka. Údaje o používaných opcích v Babylonii již okolo roku 1800 př. n. l. lze nalézt v Chammurapiho zákoníku. Ze starých řeckých spisů zase vyplývá, že zde se opce používaly už v obdobích před rokem 2500 př. n. l. Následně se o používání opcí konkrétně zmiňuje řecký filosof Aristoteles. Aristoteles popisuje příběh řeckého matematika a filosofa jménem Thalés z Milétu, který se částečně věnoval také obchodu a v 6. století před naším letopočtem koupil opci na použití lisů na olivový olej. Realizační cena této opce byla poměrně nízká a proto, vzhledem k tomu, že byla daný rok velká úroda oliv a následně tedy i velká poptávka po lisech na výrobu oleje, ji Thalés využil a vydělal značné peníze.

Další významnější zmínka pochází z Holandska z 16. století našeho letopočtu z období tzv. tulipománie. V této době používali prodejci tulipánových cibulí kupní opce a pěstitelé zase naopak opce prodejní. Tato první „novodobá“ etapa rozsáhlejšího používání opcí ovšem neskončila příliš úspěšně. Neexistovala totiž žádná legislativní regulace trhu ani kontrola zúčtování obchodů, což v důsledku vedlo k tomu, že při velkém výkyvu ceny nebyly vypisovatelé opcí schopni plnit své závazky. Po nějakém čase kdy se tyto případy kumulovaly, přestala být situace udržitelná a celý sektor holandského zemědělství téměř zanikl.

Jako moderní finanční nástroj podobný tomu, jak ho známe dnes, vznikly opce v roce 1929 po hospodářské krizi. Pravidla pro jejich obchodování následně stanovil americký zákon o investicích z roku 1934. První opční burza byla otevřena až o řadu let později v roce 1973 v Chicagu pod zkratkou CBOE (Chicago Board Option Exchange). Ze začátku se zde obchodovalo pouze s kupními opcemi.

Postupem času s rozvojem obchodování finančních opcí rostl počet jejich jednotlivých typů, což vedlo k tendencím je určitým způsobem standardizovat. Na standardizování se velkou měrou podílela organizace OCC (Option Clearing Corporation), která zprostředkovává obchody s opcemi.

Trh s opcemi se nadále poměrně dynamicky vyvíjí a přichází neustále s dalšími produkty, jako jsou například tzv. LEAPS neboli dlouhodobé opce.

## 2.3 Hodnota opce

Před samotným výčtem vybraných způsobů stanovení hodnoty opce, je třeba si definovat několik dalších základních pojmů souvisejících s opcemi. Částka, kterou platí kupující opce jejímu vypisovateli, se nazývá opční prémie, jež může být někdy označena za cenu opce. Výše opční prémie se odvíjí hodnoty opce, kterou lze rozdělit na vnitřní hodnotu a časovou hodnotu. Vnitřní hodnota opce je rozdíl mezi aktuální cenou podkladového aktiva a domluvenou realizační cenou. Časová hodnota opce závisí na zbývajícím době do uplatnění opce a reflektuje tak fakt, že během této zbývajícím doby může dojít na trhu k příznivému vývoji ceny podkladového aktiva vůči vyrovnávací ceně a opce se tak může stát ziskovější než právě je. Tato složka hodnoty opce tedy roste s delší dobou do expirace opce (a je taky hlavním důvodem proč cenové rozdíly mezi americkými a evropskými opcemi jsou v mnoha případech nulové). Důležitým poznatkem ohledně hodnoty opce je, že není nikdy záporná. Její majitel má totiž vždy možnost opci nevyužít a racionální rozhodovatel tudíž nikdy nezvolí dobrovolně variantu, která mu přináší ztrátu, když to není nezbytně nutné. Ztráta může nastat i tak, její maximální výše se ovšem rovná zaplacené opční prémii při nákupu opce. Z hlediska majitele opce je tedy zisk opce teoreticky neomezený a její ztráta je omezená výší opční prémie. U vypisovatele opce je situace přesně opačná a zisk je omezen výší obdržené opční prémie, zatímco ztráta může být teoreticky nekonečná.

$$\text{hodnota opce} = \text{vnitřní hodnota} + \text{časová hodnota}$$

V souvislosti s vnitřní hodnotou opce je třeba si uvědomit, že u kupní a prodejní opce požaduje její držitel přesně opačný vzájemný vztah mezi tržní a realizační cenou podkladového aktiva.

Vnitřní hodnota kupní opce lze zjednodušeně zapsat následujícím vztahem.

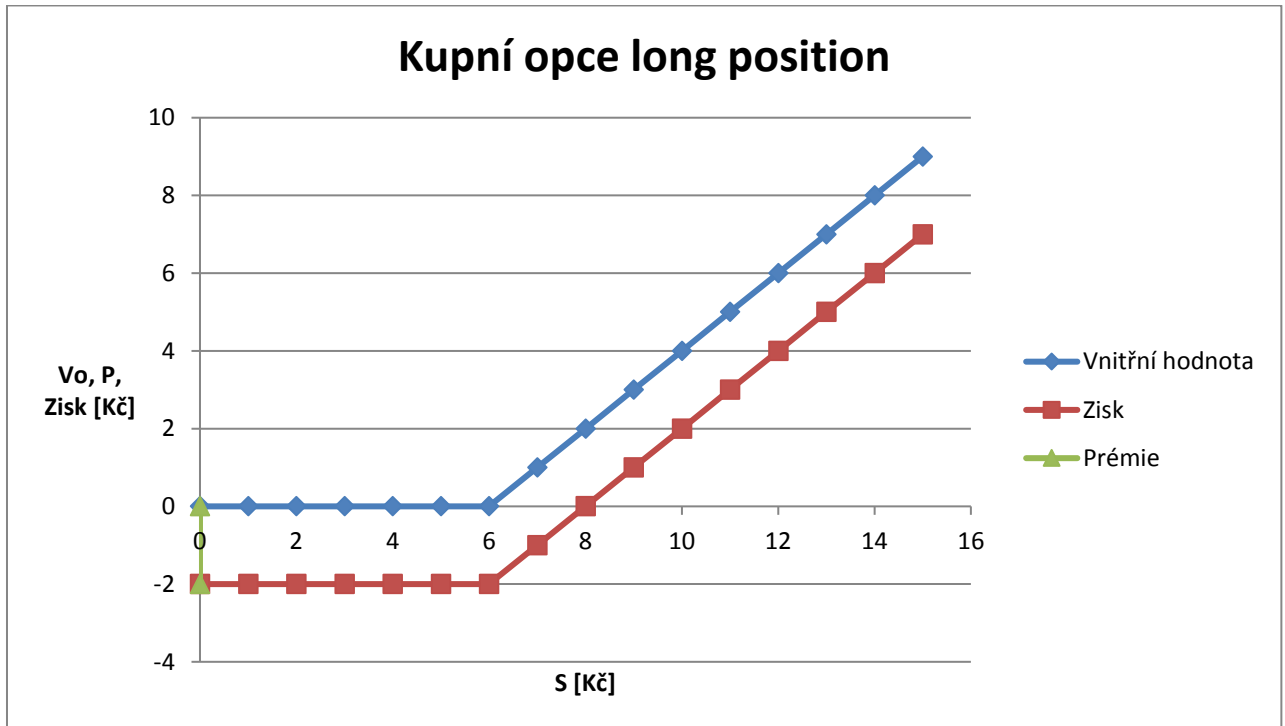
$$V_o = \max(S - E; 0)$$

Zdroj: STARÝ, 2003, str. 25 (upraveno)

Z tohoto vzorce vyplývá, že s rostoucí tržní cenou (S) oproti realizační ceně (E) vnitřní hodnota kupní opce roste. Pokud naopak tržní cena klesne pod domluvenou realizační cenu, nemá majitel opce důvod nevyhodnou opci využít a raději pokladové aktivum nakoupí za tržní cenu, čímž

získává nevyužitá opce nulovou hodnotu a finanční ztráta z jejího obchodu se rovná zaplacené opční prémii. Průběh hodnoty kupní opce v závislosti na tržní ceně ilustruje následující obrázek. V obrázku se jedná o opci s realizační cenou (E) 6 Kč a opční premií (P) 2 Kč.

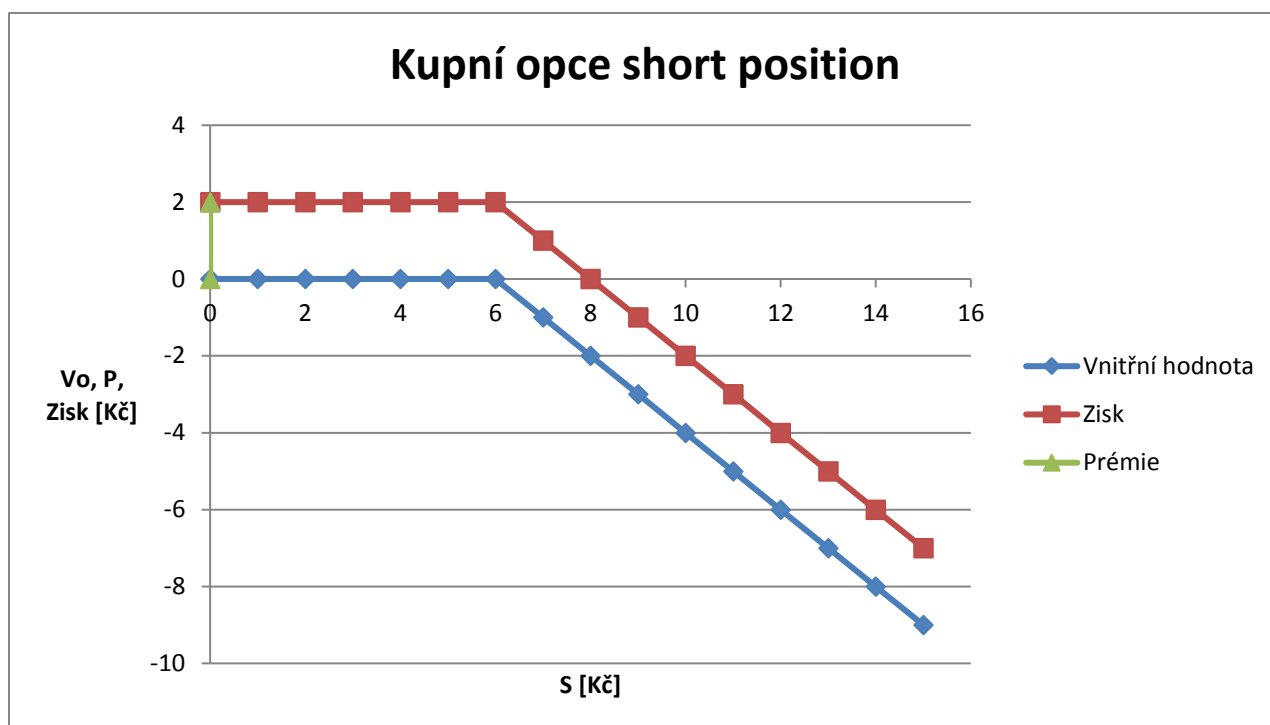
Graf 1: kupní opce z pohledu držitele



Zdroj: autor

Nicméně je třeba si uvědomit, že zmíněný průběh hodnoty opce platí pouze z pohledu kupujícího (long position). Z pohledu vypisovatele opce (short position) je situace převrácená, neboť na opce lze nahlížet jako na hry s nulovým součtem a platí tedy, že zisk jednoho subjektu se rovná ztrátě druhého a naopak. Z pohledu vypisovatele opce by hodnota opce měla následující průběh.

Graf 2: kupní opce z pohledu vypisovatele



Zdroj: autor

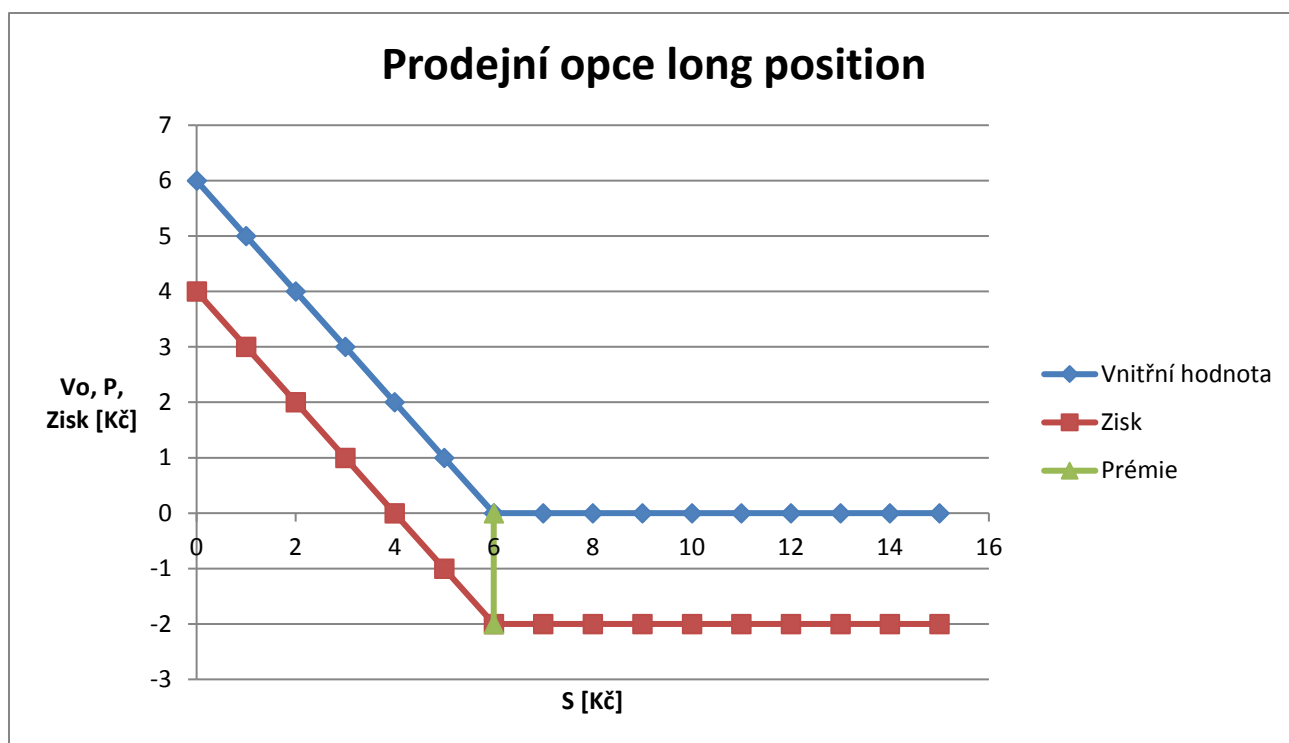
U prodejní opce je situace přesně opačná a lze jí zapsat pomocí následujícího vzorce.

$$V_o = \max(E - S; 0)$$

Zdroj: STARÝ, 2003, str. 26 (upraveno)

Z obsahu vzorce plyne, že vnitřní hodnota prodejní opce roste, pokud tržní cena oproti realizační ceně klesá. Pokud tržní cena překročí realizační cenu, je hodnota opce nulová a s ní spojená ztráta se rovná opční prémii. Průběh vnitřní hodnoty prodejní opce podle ceny podkladového aktiva z long position je znázorněn na následujícím obrázku. Jedná se o opci se shodnými parametry jako u kupní opce.

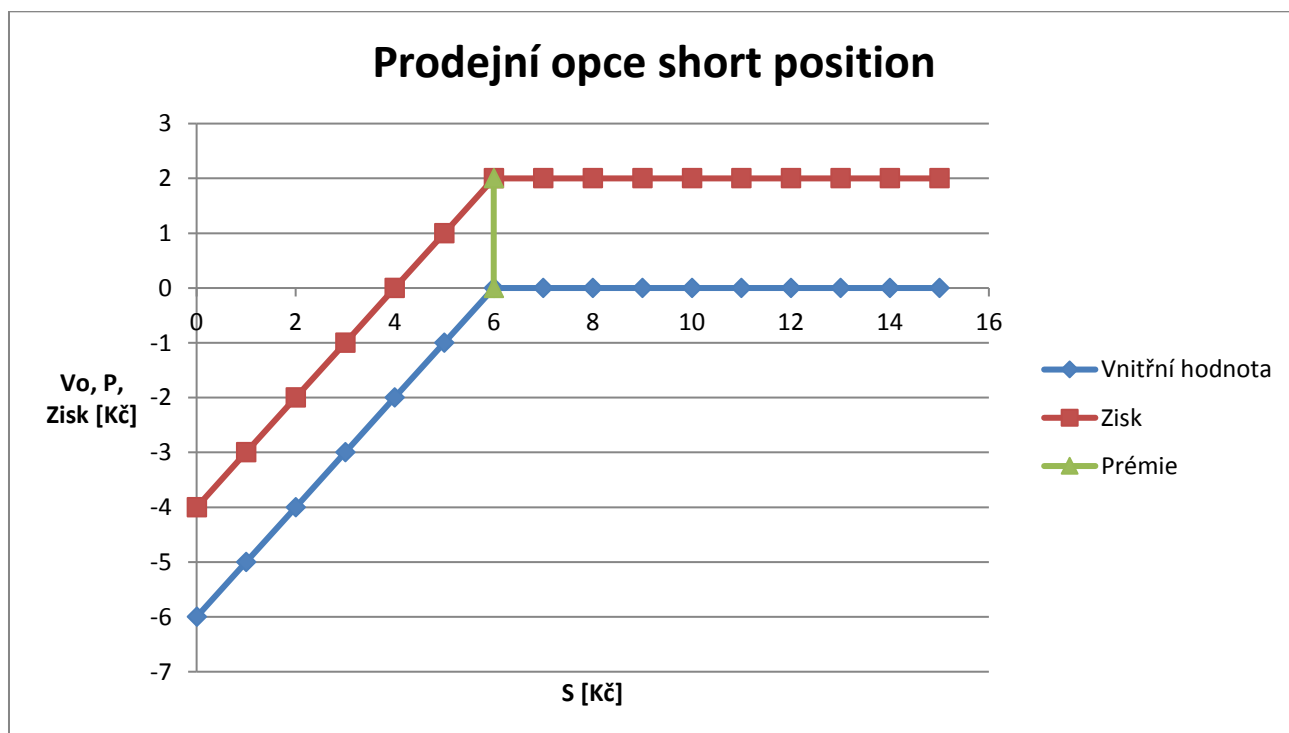
Graf 3: prodejní opce z pohledu držitele



Zdroj: autor

Z krátké pozice vypadá průběh vnitřní hodnoty prodejní opce následovně.

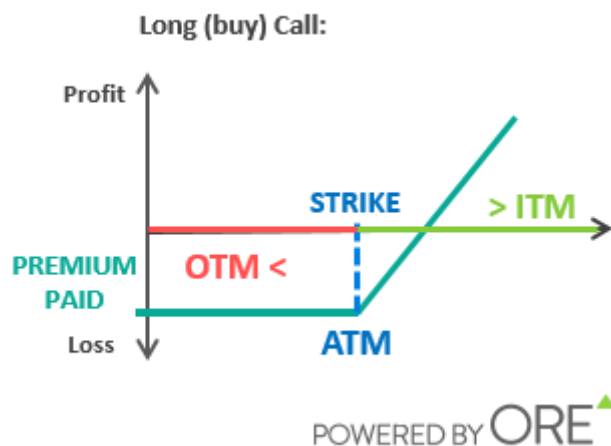
Graf 4: prodejní opce z pohledu vypisovatele



Zdroj: autor

V souvislosti s hodnotou opce se rozlišují její základní 3 stavy. Jedná se o opci mimo peníze (out the money), na penězích (at the money) a v penězích (in the money). Pokud je opce mimo peníze, má nulovou vnitřní hodnotu a pokud zbývá do termínu jejího uplatnění (nebo konce platnosti u americké opce) ještě nějaký čas, tak má nenulovou časovou hodnotu. Když je opce na penězích znamená to, že se tržní cena přesně rovná realizační ceně. V takovém případě má opce také nenulovou časovou hodnotu (pokud zbývá čas do jejího uplatnění) a nulovou vnitřní hodnotu. Ve chvíli kdy je opce v penězích, má kladnou vnitřní hodnotu a její časová hodnota opět záleží na zbývající době do vypršení. Vyjmenované stavy hodnoty opce jsou znázorněny v následujícím obrázku pro kupní opci (long position).

Obrázek 1: zisk a hodnota opce



Převzato z: Determining a Buy Call Option's Moneyness. 2015 [online].

Dostupné z: <https://www.fxstreet.com/education/options-made-easy-201503020000>

Z výše zmíněných informací a zobrazených průběhů je možné určit 5 parametrů, které ovlivňují hodnotu opce. Jedná se o zbývající dobu do expirace, realizační cenu, cenu podkladového aktiva, volatilitu ceny podkladového aktiva a výši bezrizikového výnosu.

Závislost hodnoty opce na vzájemném rozdílu realizační ceny a aktuální tržní ceny podkladového aktiva byla již názorně vysvětlena na obrázcích výše. Vliv zbývajícího času do termínu uplatnění opce byl již v textu také zmíněn. Zbývá vysvětlit vliv volatilitu a bezrizikového výnosu. Obecně lze tvrdit, že v prostředí s rostoucí volatilitou roste i hodnota opce, neboť vyšší volatilita znamená i vyšší případný zisk. Navíc lze opce využít k vytvoření zabezpečené pozice a výrazně tak snížit riziko, které z vysoké volatilitu vyplývá. Ze stejného důvodu její hodnotu ovlivňuje i bezrizikový výnos. Pokud totiž investor využije opce k vytvoření teoreticky bezrizikového portfolia, je tato investice ekvivalentní vůči například investicím do bezrizikových cenných papírů (v praxi za ně

bývají považovány dluhopisy bonitních států) a bezrizikový výnos následně reflektuje náklady ušlé příležitosti. V tom případě jej lze považovat za diskont pro danou investici, což znamená, že s jeho rostoucí hodnotou poroste hodnota kupních opcí a hodnota prodejních opcí bude naopak klesat, neboť využití kupní opce znamená v budoucnu vydání peněžních prostředků a prodejní opce zase příjem.

Derivace hodnoty opce podle uvedených 5 faktorů se označují písmeny řecké abecedy a bývají někdy nazývány Řekové (Greeks). Na těchto derivacích jsou založeny pokročilejší metody jistění, které lze při jejich správné znalosti a používání využít ke skutečně efektivním investičním strategiím. Jejich podrobnější popis však není pro potřeby této práce důležitý.

## 2.4 Stanovení hodnoty opce

Způsobů stanovení hodnoty opce existuje hned několik. V rámci této práce však není nutné uvádět a vysvětlovat všechny z nich. Postačí pouze základní metody, které se dají využít i u hodnocení opcí reálných. Konkrétně se jedná o Black-Scholesův vzorec a obecnou binomickou metodu. Základní rozdíl mezi nimi spočívá v tom, že Black-Scholesův vzorec uvažuje spojitou změnu hodnoty podkladového aktiva a binomická metoda diskrétní. Obě tyto metody vycházejí ze stejného hlavního počátečního předpokladu neutrality investora vůči riziku, který je třeba vysvětlit jako první.

### 2.4.1 Princip neutrality proti riziku

Za normálních okolností hraje u investičního rozhodování nezanedbatelnou roli investorův vztah k riziku. Na základě fiktivních investic do loterií lze sestavit křivky, které popisují vztah mezi požadovaným výnosem a podstupovaným rizikem každého investora a z nich následně odvodit, jestli má sklony spíše vyhledávat riziko nebo naopak snažit se riziko minimalizovat.

U finančních opcí však za určitých předpokladů tento postup není nutný. Jak již bylo uvedeno, opce lze totiž využít k vytvoření bezrizikové zajištěné pozice, díky které nehrají investorovy preference vůči riziku žádnou roli a každého investora lze tudíž označit za neutrálního k riziku. Předpokladem k dosažení této neutrality k riziku je tedy sestavení portfolia stoprocentně zajištěného proti riziku. To znamená, že v případě primární investice do určitého aktiva (například akcií) musí být možné koupit příslušnou opci a naopak, při investici do opcí musí být dostupné vhodně korelované aktivum. To nemusí v praxi vždy platit zcela stoprocentně, nicméně z pohledu výpočtu teoretické hodnoty opce je třeba tento předpoklad zavést. Dalším předpokladem je, že z dlouhodobého hlediska není možné provádět arbitráž. Za těchto předpokladů je tak zřejmé, že investorovi stačí, pokud výnos takto sestaveného portfolia bude odpovídat bezrizikovému výnosu.

Pro stanovení hodnoty opce pak lze postupovat podle následujících vzorců. Vzorce předpokládají investici do evropské kupní opce na aktivum, jehož cena může pro zjednodušení nabýt v budoucnu dvou rozdílných hodnot.

$V_{o1}, V_{o2}$	hodnota opce ve stavu 1 a 2
$S_{a1}, S_{a2}$	cena podkladového aktiva ve stavu 1 a 2
$S_a$	současná cena podkladového aktiva
$E_a$	realizační cena podkladového aktiva
$r$	bezrizikový výnos za dané období
$p_1, p_2$	pravděpodobnost, že nastane stav 1 resp. 2

Pro bezrizikový výnos platí, že se rovná váženému průměru dílčích výnosů v každém stavu, kde jako váhy vystupují pravděpodobnosti, že daný stav nastane.

$$r = p_1 \times \frac{S_{a1} - S_a}{S_a} + p_2 \times \frac{S_{a2} - S_a}{S_a}$$

Pokud připouštíme nenulovou pravděpodobnost pouze pro 2 budoucí stavy, musí se jejich součet rovnat jedné.

$$p_1 + p_2 = 1$$

Po vyjádření jedné pravděpodobnosti jako doplňku druhé je pak možné první vzorec přepsat takto.

$$r = p_1 \times \frac{S_{a1} - S_a}{S_a} + (1 - p_1) \times \frac{S_{a2} - S_a}{S_a}$$

Po úpravách lze z předcházejícího vzorce vyjádřit pravděpodobnost v následujícím tvaru.

$$p_1 = \frac{r \times S_a + S_a - S_{a2}}{S_{a1} - S_{a2}}$$

Budoucí hodnota (v době realizace) opce se získá z dříve uvedených vztahů.

$$V_{o1} = \max(S_{a1} - E_a; 0)$$

$$V_{o2} = \max(S_{a2} - E_a; 0)$$



Pro budoucí hodnotu opce pak platí, že se obdobně jako výnos, stanoví jako vážený průměr hodnot v obou stavech, kde jsou vahami opět dílčí pravděpodobnosti.

$$V_o = p_1 \times V_{o1} + p_2 \times V_{o2}$$

Takto získanou budoucí hodnotu opce je možné následně diskontováním převést na její současnou hodnotu.

$$PV(V_o) = \frac{V_o}{(1 + r)}$$

Pro větší názornost nebude na škodu použít tyto vzorce na příkladu. Uvažuji nyní investici do kupní opce s časem do expirace 6 měsíců. Podkladovým aktivem bude jediná akcie, jejíž současná cena je 200 Kč. Předpokládám, že za 6 měsíců cena buďto vystoupá na 250 Kč nebo klesne na 160 Kč. Realizační cena opce je 220 Kč a bezrizikový výnos za dané období je 1 %. Investora pochopitelně zajímá, jakou má pro něj za daných odhadů tato opce cenu.

$$S_a = 200,-$$

$$S_{a1} = 250,-$$

$$S_{a2} = 160,-$$

$$r = 1 \%$$

$$E_a = 220,-$$

$$PV(V_o) = ?$$

Postup řešení bude odpovídat pořadí vzorců zapsaných o několik řádků výše.

$$p_1 = \frac{r \times S_a + S_a - S_{a2}}{S_{a1} - S_{a2}} = \frac{0,01 \times 200 + 200 - 160}{250 - 160} \doteq 0,467$$

$$p_2 = 1 - p_1 = 1 - 0,467 = 0,533$$

$$V_{o1} = \max(S_{a1} - E_a; 0) = \max(250 - 220; 0) = 30$$

$$V_{o2} = \max(S_{a2} - E_a; 0) = \max(160 - 220; 0) = 0$$

$$V_o = p_1 \times V_{o1} + p_2 \times V_{o2} = 0,467 \times 30 + 0,533 \times 0 = 14$$

$$PV(V_o) = \frac{V_o}{(1+r)} = \frac{14}{(1+0,01)} = 13,86$$

Za uvedených předpokladů má kupní opce pro investora hodnotu přibližně 13,86 Kč.

### 2.4.2 Binomická metoda

Binomická metoda výpočtu hodnoty opce vychází z principu neutrality k riziku a pracuje tedy se stejnými předpoklady. Stejně jako v předchozím případě se jedná o diskrétní přístup k výpočtu. Na rozdíl od předešlého výpočtu, však v tomto případě není posuzována změna hodnoty podkladového aktiva jednorázově v termínu uplatnění opce, ale její vývoj je rozdělen do stejně dlouhých intervalů v průběhu platnosti opce. Dochází tak k rozdělení výpočtu do několika dílčích kroků, ve kterých se vždy znovu uvažuje snížení a zvýšení hodnoty podkladového aktiva a vliv těchto změn na hodnotu opce. V každém kroku tedy dochází ke vzniku dvou nových „scénářů“ vývoje ceny, vždy jednoho pro růst a jednoho pro pokles, díky čemuž se model výpočtu v každém kroku větví do dvou směrů. Míra poklesu a růstu ceny stejně jako jejich pravděpodobnosti zůstávají po celou dobu výpočtu konstantní. Strukturu celého výpočtu pak lze znázornit tzv. binomickým rozhodovacím stromem, nebo konkrétněji binomickou mříží, pokud uvažujeme rekombinaci stavů hodnoty podkladového aktiva.

Pokud budu tedy předpokládat stejně jako v předchozím případě, že ve stavu 1 hodnota podkladového aktiva vzroste a ve stavu 2 klesne, dají se tyto vývoje cen popsat novými proměnnými „u“ a „d“. Symbol  $\Delta t$  značí délku jednoho kroku výpočtu a  $\sigma$  je směrodatná odchylka roční výnosů z podkladového aktiva (značící volatilitu).

$$1 + \frac{V_{a1} - V_a}{V_a} = u$$

$$1 + \frac{V_{a2} - V_a}{V_a} = d$$

Přičemž platí pro předpoklad rekombinace stavů následující vztah.

$$u = \frac{1}{d}$$

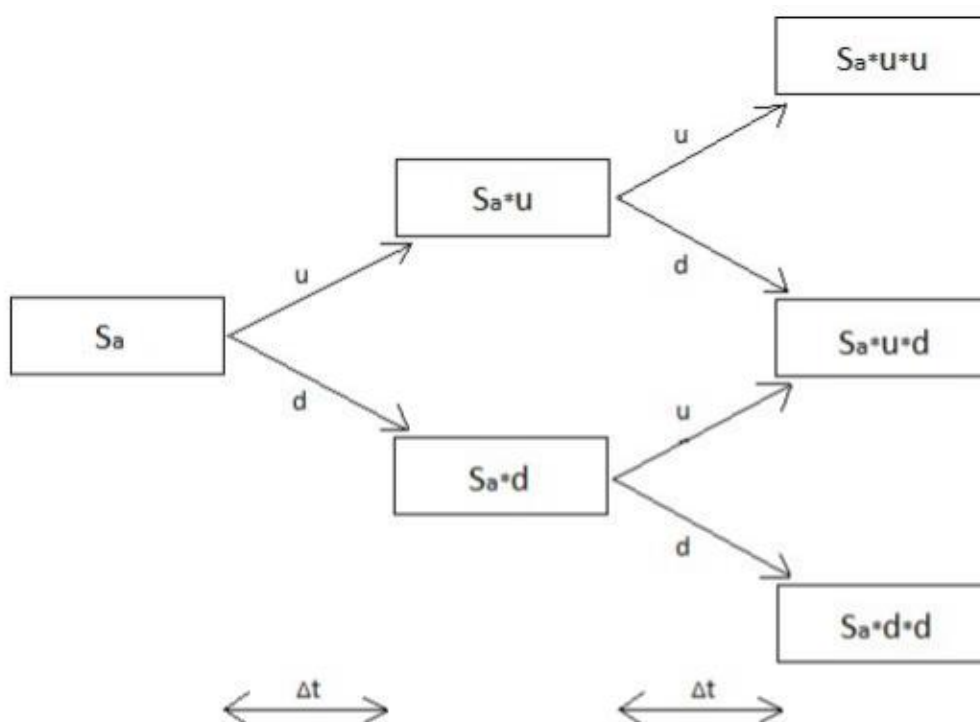
Pro stanovení míry růstu u stromu s více kroky je vhodnější použít následující vzorec, jehož výsledek platí pro každý krok stromu, přičemž délka kroků může být libovolná.

$$u = e^{\sigma \times \sqrt{\Delta t}}$$

Stanovit jednotlivé pravděpodobnosti růstu a poklesu ceny aktiva lze na základě vztahů z principu neutrality k riziku.

Vývoj ceny aktiva pak lze znázornit následujícím způsobem, který platí pro rozdělení výpočtu do dvou kroků (shodně dlouhých intervalů).

Obrázek 2: vývoj tržní ceny podkladového aktiva



Zdroj: autor

Při výpočtu hodnoty opce je třeba postupovat rekurentně. Začátek výpočtu tedy představuje výpočet hodnoty opce v každém z koncových stavů rozhodovacího stromu. Hodnoty vycházející ze společného předešlého bodu jsou následně zprůměrovány, přičemž váhy opět činí pravděpodobnosti jejich příslušných stavů. Tato průměrná budoucí hodnota opce se poté diskontuje a představuje hodnotu opce v bodě, který o jeden předchází hodnotám na začátku výpočtu. Takto se postup opakuje až do dosažení současné hodnoty opce v počátku binomického stromu.

Pro lepší ilustraci postupu řešení provedu znovu výpočet hodnoty opce z předešlé části textu věnované principu neutrality k riziku. Parametry opce jsou následující.

$$\begin{aligned} S_a &= 200,- \\ S_{a1} &= 250,- \\ S_{a2} &= 160,- \\ r &= 1 \% \\ E_a &= 220,- \\ PV(V_o) &= ? \end{aligned}$$

Výpočet hodnoty pouze pro jeden krok stromu by byl v podstatě shodný s postupem v případě využití principu neutrality vůči riziku a není tedy třeba ho znovu uvádět. Výsledná hodnota opce v tomto případě je 13,86 Kč. Jak bude ale vypadat výpočet a jak se změní výsledek, pokud se strom rozdělí na dva kroky s intervalem třech měsíců?

Nejprve je třeba určit míru volatility, tedy hodnotu směrodatné odchylky výnosů, z již známého vzorce a jeho následné úpravy.  $\Delta t$  je v tomto případě ještě stále rovno jedné, neboť se jedná o údaj vztažený na celou dobu platnosti opce a ne na jeden krok rozhodovacího stromu.

$$u = e^{\sigma \times \sqrt{\Delta t}}$$

$$\sigma = \frac{\ln u}{\sqrt{\Delta t}} = \frac{\ln 1,25}{\sqrt{1}} \doteq 0,223$$

Směrodatná odchylka činí 22,3 % a s její pomocí je možné určit tempo růstu a poklesu ceny podkladového aktiva v tříměsíčních krocích. Nyní již je hodnota  $\Delta t$  rovna jedné polovině, neboť se jedná o jeden krok stromu.

$$u = e^{\sigma \times \sqrt{\Delta t}} = e^{0,223 \times \sqrt{0,5}} \doteq 1,17$$

$$d = \frac{1}{u} = \frac{1}{1,17} \doteq 0,854$$

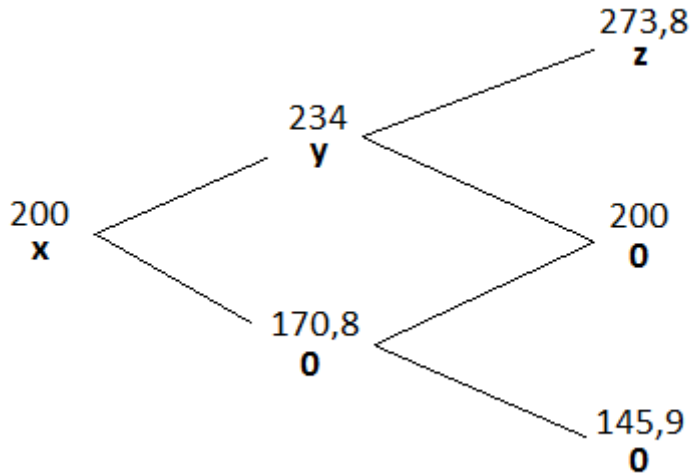
Dále je třeba určit pravděpodobnosti růstu a poklesu z již známých vzorců.

$$p_1 = \frac{r \times S_a + S_a - S_{a2}}{S_{a1} - S_{a2}} = \frac{0,005 \times 200 + 200 - 160}{250 - 160} \doteq 0,456$$

$$p_2 = 1 - p_1 = 1 - 0,467 = 0,544$$

Rozhodovací strom s hodnotami podkladového aktiva vypadá následovně.

Obrázek 3: binomický strom cen



Zdroj: autor

Jelikož je realizační cena 220,- má pro všechny hodnoty podkladového aktiva, které jsou nižší nebo rovny této částce, kupní opce nulovou hodnotu. Je však třeba určit její hodnoty v bodech x, y, z. Tyto hodnoty se postupně určí použitím následujících vztahů. Symbol T označuje délku platnosti opce.

$$V_{oz} = \max(S_{az} - E_a; 0) = \max(273,8 - 220; 0) = 53,8$$

$$V_{oy} = \frac{p_1 \times V_{o1} + p_2 \times V_{o2}}{\left(1 + \frac{r \times \Delta t}{T}\right)} = \frac{0,456 \times 53,8 + 0,544 \times 0}{\left(1 + \frac{0,01 \times 3}{6}\right)} \doteq 24,4$$

$$PV(V_o) = V_{ox} = \frac{p_1 \times V_{o1} + p_2 \times V_{o2}}{\left(1 + \frac{r \times \Delta t}{T}\right)} = \frac{0,456 \times 24,4 + 0,544 \times 0}{\left(1 + \frac{0,01 \times 3}{6}\right)} \doteq 11,05$$

Z výpočtu vyplývá, že současná hodnota této kupní opce je pro investora zhruba 11 Kč. Tato hodnota se od výsledku při uvažování pouze jednoho kroku rozhodovacího stromu liší a je nižší. Při zařazení dalších kroků do výpočtu by se hodnota opět změnila a s dostatečným počtem kroků, by rozhodovací strom přešel z binomického pravděpodobnostního rozdělení na normální a jeho výsledek by se tak blížil výsledku z Black-Scholesova vzorce, který bude rozebrán v následujícím úseku textu.

Kromě binomické metody lze také použít metodu trinomickou, která funguje na shodném principu, ale liší se v tom, že v každém okamžiku rozlišujeme tři možné směry vývoje ceny podkladového aktiva. Zatímco u binomické metody se předpokládají vždy jen dva možné směry (většinou růst a pokles), u trinomické metody se většinou uvažuje růst, stagnace na konstantní hodnotě a pokles. U binomické metody samozřejmě dojde k dosažení hodnoty, která odpovídá stagnaci také, ale až v dalším kroku výpočtu. Trinomický strom tak spojuje dva kroky binomického v jeden, což může u složitějších stromů zrychlit čas výpočtu.

### 2.4.3 Black-Scholesův vzorec

Další možností jak stanovit hodnotu opce je použít Black-Scholesův vzorec. Vzorec pracuje s normálním pravděpodobnostním rozdělením a uvažuje tak spojitou náhodnou změnu ceny podkladového aktiva.

Vzorec byl poprvé publikován v roce 1973 a v roce 1997 za jeho odvození dostali jeho autoři Nobelovu cenu za ekonomii, což naznačuje, že se jedná o poměrně užitečný a hojně využívaný způsob výpočtu.

Tento vzorec platí pro stanovení hodnoty evropské kupní opce a pracuje se stejnými předpoklady jako předcházející dva modely. Kromě těch hlavních, které již byly vyjmenované (možnost sestavení zajištěné pozice, nemožná dlouhodobá arbitráž, znalost konstantního bezrizikového výnosu), se jedná o několik dalších. Patří mezi ně zanedbání transakčních nákladů, daní a dividend, neomezené krátkodobé prodeje a libovolně dělitelná aktiva.

Nejčastěji používaný zápis Black-Scholesova vzorce vypadá následovně. Závorka  $(T-t)$  představuje zbývající čas do uplatnění opce a  $N(d_1)$  značí hodnotu distribuční funkce normovaného normálního pravděpodobnostního rozdělení pro hodnotu  $d_1$ .

$$V_o = N(d_1) \times S_a - N(d_2) \times E_a \times e^{-r \times (T-t)}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_a}{E_a}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \times (T-t)}{\sigma \times \sqrt{(T-t)}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_a}{E_a}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) \times (T-t)}{\sigma \times \sqrt{(T-t)}}$$

Zdroj: STARÝ, 2003, str. 41 (upraveno)

Po důkladnějším prostudování vzorce lze konstatovat, že se jako celek v zásadě příliš neliší od základního vzorce pro stanovení hodnoty kupní opce. Opět se pracuje s rozdílem aktuální ceny podkladového aktiva a realizační ceny. Jejich hodnoty jsou pouze upraveny pravděpodobnostmi a realizační cena je navíc diskontována na současnou hodnotu.

Při použití Black-Scholesova vzorce pro určení hodnoty opce z předešlých pasáží je výsledek 10,97 Kč. V tomto případě se tedy výsledek získaný pomocí rozhodovacího stromu od výsledku pomocí vzorce příliš neliší.

Výhodou Black-Scholesova vzorce oproti binomickému modelu, je fakt, že k ceně podkladového aktiva přistupuje spojitě a jeho výsledek je tak přesnější a nezávislý na počtu kroků. Nevýhodou je jeho použití pouze na evropské kupní opce, zatímco binomický rozhodovací strom lze použít i na prodejní a americké opce. Nicméně nedostatky Black-Scholesova vzorce lze odstranit použitím jeho již odvozených modifikací. Pro přepočítání mezi hodnotou kupní a prodejní opce lze navíc využít vztah pro jejich paritu.

Kromě Black-Scholesova vzorce existuje velké množství jiných vzorců odvozených pro širokou škálu různých typů opcí. V porovnání s Black-Scholesovým vzorcem však jejich význam a použití není tak velké.

## 3 Reálné opce

### 3.1 Popis

Reálné opce jsou metodou hodnocení investic, která zohledňuje možnosti změn investičního projektu během jeho realizace a také nejistotu ohledně jeho okolí a parametrů v budoucnu. Jedná se o poměrně nový a při správném použití velmi účinný způsob investičního rozhodování, nicméně jeho použití není vždy vhodné. Reálné opce jsou vhodným nástrojem, pokud je hodnocený projekt flexibilní a má velkou volatilitu výnosů nebo pokud lze jeho realizaci rozdělit do několika etap. Flexibilní projekt je takový projekt, u kterého lze bez větších problémů měnit jeho parametry, popřípadě projekt úplně opustit.

Reálné opce vycházejí z principů finančních opcí. Jedná se tedy o metodu, která používá teorii oceňování finančních aktiv na ocenění reálných aktiv. Paralela mezi finančními a reálnými aktivy však nemusí vždy platit zcela stoprocentně, proto je třeba přejímat vzorce a postupy výpočtu finančních opcí na reálná aktiva obezřetně a v některých případech dělat nutné úpravy (vysvětleno dále v textu).

Nejdůležitějším úkolem rozhodovatele v souvislosti s reálnými opcemi je uvědomit si vůbec jejich existenci a následně správně vyhodnotit jejich typ. Zatímco na finančním trhu je snadné rozpoznat, zda je daný finanční instrument opcí, v případě plánování a vyhodnocování investičních možností je situace obtížnější. Rozhodovatele totiž trh ani nikdo jiný neupozorňuje, že daný projekt v sobě nese určité flexibilní využitelné možnosti do budoucna a je tedy na místě uvažovat o ohodnocení těchto možností skrze reálné opce. Naopak záleží jen na důvtipu a přístupu rozhodovatele, zda si tyto možnosti a výhody z nich plynoucí uvědomí a zahrne je do svých výpočtů.

Reálné opce lze rozdělit z několika hledisek. Jeden z možných přístupů je rozdělení na vlastnické a sdílené opce. Vlastnická opce je taková, pro jejíž využití se může rozhodovatel rozhodnout bez ohledu na chování konkurence a její hodnota je tudíž na konkurenci nezávislá. Na druhou stranu sdílená opce znamená, že tuto opci může využít i konkurenční společnost, což může v důsledku pro rozhodovatele snížit výnosy z realizace opce. Další možné dělení vyčleňuje jednoduché a složené opce. Jednoduchá opce je v rámci projektu samostatně rozpoznatelná, má jasné dopady a její působení na celkovou hodnotu projektu je možné hodnotit izolovaně. Naopak složená opce sestává z několika dílčích opcí, které působí na celkový projekt i na sebe navzájem a nelze je tedy hodnotit odděleně. Hlavní rozdělení reálných opcí se však provádí podle jejich vlivu na celkový projekt. Mezi základní typy patří opce růstová, etapová, provozní, opce na opuštění projektu, opce záměny a opce na odložení. Stručné vysvětlení těchto hlavních typů je uvedeno v následujícím přehledu.



- **růstová opce (opce inovace)**

Tato opce dává držiteli právo použít produkty a přínosy minulých projektů do projektů nových a ohodnotit tak z nich plynoucí výnosy. Typicky se tento typ opce vyskytuje v oblasti vývoje a průzkumu, kde je možné získané informace a poznatky využít pro realizaci navazujících investic. Jako příklad lze uvést těžařské nebo farmaceutické firmy.

- **etapová opce (opce rozfázování)**

Tento typ opce dává držiteli možnost rozložit investici do několika dílčích úseků (menších investic), z čehož plyne několik výhod. Držitel má více času analyzovat situaci a v případě nepříznivé změny okolností může od rozpracovaného projektu odstoupit za menších ztrát nebo realizaci zbývajících etap investice odložit. Jedná se o složenou opci. Příkladem využití této opce jsou realizace velkých staveb, rozšiřování počtu poboček nebo výstavba inženýrských sítí.

- **provozní opce**

Tato opce představuje pro držitele právo změnit rozsah projektu nebo popřípadě i běžného provozu podle vývoje vnějších podmínek. Držitel tudíž může například rozšířit nebo omezit výrobu určitého produktu na základě vývoje poptávky nebo cen výrobních vstupů. Příkladem mohou být oděvní společnosti a firmy vyrábějící spotřební zboží.

- **opce na opuštění (ukončení)**

Opce na opuštění projektu dává držiteli právo od investice nebo provozu kdykoliv odstoupit za předem známých podmínek (zůstatkovou cenu), což v důsledku znamená nižší ztráty. Příkladem mohou být kapitálově náročné projekty v síťových odvětvích, jako je energetika nebo doprava.

- **opce záměny (flexibility)**

Tento typ opce vyjadřuje možnost jejího držitele měnit vstupy nebo výstupy určitého projektu nebo provozu. Tento mechanismus lze opět využít k pružnému reagování na změny vnějších podmínek. Příkladem může být možnost přechodu na jiný typ paliva u vytápění velkých objektů nebo přechod na výrobu jiného produktu u víceúčelového stroje.

- **opce na odložení (vyčkávání)**

Tato opce dává držiteli právo učinit investiční rozhodnutí nebo spustit realizaci projektu až v průběhu času v budoucnu. Držitel tak má příležitost lépe analyzovat situaci a případně počkat na vhodnější podmínky. Jako příklad lze uvést spekulativní nákup pozemků navíc, které mohou být v budoucnu při vhodné situaci využity, nebo nákup patentů.

Kromě těchto uvedených typů opcí, lze z hlediska dopadu na celkový projekt (popř. provoz) vyčlenit a definovat i několik dalších, nicméně je nepravděpodobné, že by je bylo možné vztáhnout na projekty porovnávané v této práci, tudíž není jejich výčet nezbytný.

## 3.2 Historie

Způsoby hodnocení efektivnosti investic se v průběhu času vyvíjely a rozšiřovaly a dnes jich existuje celá řada. Nejdříve se používaly pouze statické metody, které neuvažovaly časovou cenu peněz a nezohledňovaly vliv flexibility a vysoké volatility. Mezi tyto metody patří například výnosnost, doba návratnosti nebo průměrný roční výnos. Tyto metody začaly být časem nahrazovány dynamickými přístupy, které již zohledňovaly změnu hodnoty peněz v čase a částečně i výši volatility (rizika), nicméně stále nepracovaly s oceněním flexibility. Příkladem takových metod je vnitřní výnosové procento nebo čistá současná hodnota. Tyto dvě metody jsou ve velké míře používány i dnes a jejich použití je považováno za vhodné u nepružných projektů.

V oblasti hodnocení investic s velkou nejistotou a flexibilitou však byly tendence vyvíjet nové metody, které by tyto vlivy dokázaly lépe ocenit. Jednou z prvních takových metod byly rozhodovací stromy, které nepracují pouze s odhadovanými toky hotovosti, ale mapují důležité okamžiky investice, ve kterých může dojít ke klíčové změně výše hotovostních toků. I když je tato metoda použitelná, v praxi často vede buďto k přílišnému zjednodušení nebo naopak dochází k mohutnému rozvětvení stromu, který se následně stává nepřehledným a k rozhodování jen obtížně použitelným.

S rozvojem výpočetní techniky se rozšířilo používání simulačních metod, z nichž je patrně nejznámější tzv. simulace Monte Carlo. Jedná se o velice účinný nástroj, který je schopný poskytnout správný výsledek, nicméně jeho použití je poměrně náročné jak časově, tak z hlediska nároků na vstupní hodnoty. Simulace vyžadují stanovení pravděpodobnostních rozdělení u důležitých parametrů na začátku výpočtů, což může být v praxi obtížné. V některých případech tak bývají simulační metody odmítány se zdůvodněním, že jejich výsledek neodpovídá pracnosti stanovení vstupních hodnot pro výpočet.

V důsledku částečných nedostatků výše zmíněných metod se začala uplatňovat teorie oceňování finančních opcí, která je po určitých mírných úpravách vhodná i pro ocenění flexibilních projektů s velkou volatilitou budoucích toků hotovosti. Tato metoda vznikla v USA a byla pojmenována jako metoda reálných opcí. Její používání začalo během 90. let a s určitým zpožděním se z USA rozšířila i do zbytku světa včetně Evropy. Po určité době se reálné opce začaly používat kromě hodnocení investičních projektů i na hodnocení celých podniků.

## 3.3 Stanovení hodnoty

Vzhledem k tomu, že reálné opce vycházejí z teorie finančních opcí, jsou podobné i metody stanovení jejich hodnoty. Je však třeba uvést, že analogie mezi finančními a reálnými opcemi neplatí zcela stoprocentně a proto je třeba výchozí předpoklady a postupy výpočtu přejímat opatrně a v případě nutnosti provést určité korekce. Vzájemné vztahy mezi jednotlivými parametry finančních a reálných opcí jsou uvedeny v následující tabulce.

<b>parametr</b>	<b>finanční opce</b>	<b>reálné opce</b>
<b>S</b>	aktuální cena na trhu	současná hodnota provozních toků hotovosti
<b>E</b>	realizační cena	investiční výdaje
<b>t</b>	čas do expirace	doba životnosti
<b>r</b>	bezrizikový výnos	diskont
<b><math>\sigma</math></b>	volatilita podkladového aktiva	volatilita budoucích toků hotovosti

První rozdíl nastává u parametru S, neboť tržní cena finančních aktiv nemůže být záporná, zatímco cena reálných aktiv (nebo výše toků hotovosti) být záporná může.

Další odlišnost představuje u finančních opcí předpoklad existence doplňkového aktiva, které je vůči podkladovému aktivu stoprocentně korelováno a je volně obchodovatelné, což je předpoklad, který platí u finančních opcí, u reálných opcí tomu tak většinou v praxi není, i když v některých případech se tento předpoklad zavést dá. Alternativním přístupem je vycházet z předpokladu, že reálné aktivum sice není přímo volně obchodovatelné, nicméně jeho hodnota ovlivňuje hodnotu celé společnosti, která je volně obchodovatelná na akciovém trhu, a dané aktivum je tedy obchodovatelné nepřímo.

S předpokladem existence doplňkového vhodně korelovaného aktiva souvisí i volba výše diskontu. U finančních opcí se totiž předpokládá díky tomuto aktivu možnost vytvořit zabezpečenou pozici a jako diskont následně slouží bezrizikový výnos. Vzhledem k tomu, že u reálných opcí nelze vždy předpokládat vytvoření zabezpečené pozice, je nutné v některých případech do výše diskontu zahrnout i vliv tržního (systematického) rizika, ačkoliv i u reálných opcí se lze setkat s diskontem ve vyšší bezrizikového výnosu.

Pravděpodobně nejproblematičtější rozdíl je ovšem v určení výše volatility, která ovlivňuje hodnotu opce značnou měrou a jedná se tak o klíčový parametr. Metody stanovení volatility jsou uvedeny dále v textu.

Ačkoliv může být omezená analogie s finančními opcemi příčinou zpochybnění metod stanovení hodnoty reálných opcí nebo popřípadě příčinou pro kritiku celého modelu reálných opcí, je třeba si uvědomit, že spousta používaných ekonomických modelů vychází ze zjednodušujících teoretických předpokladů, které jsou v praxi jen těžko splnitelné, a i přesto se běžně používají. Stačí se podívat na model CAPM pro oceňování kapitálových aktiv, mezi jehož výchozí předpoklady patří například nulové transakční náklady a nulové daně. Tyto dvě podmínky jsou v reálném světě jen těžko splnitelné, i přesto je model CAPM dnes nejrozšířenější metodou oceňování. Stejně tak i samotné finanční opce pracující s několika zjednodušujícími předpoklady, které nemusí být vždy zcela splněny. Je tedy zřejmé, že zavedení několika zjednodušujících podmínek není důvodem pro zamítnutí celé metodiky reálných opcí. Pokud si je rozhodovatel vědom omezené analogie a teorii

finančních opcí na reálná aktiva použije s rozmyslem, jedná se o velmi efektivní metodu investičního rozhodování.

### **3.3.1 Volatilita**

Volatilita budoucích hotovostních toků je v celém výpočtu klíčovou a zároveň často problematickou složkou. Stejně jako u finančních opcí se volatilita měří směrodatnou odchylkou, nicméně její určení je v porovnání s finančními opcemi o dost složitější. Příčinou je fakt, že reálné aktivum nemusí být volně obchodovatelné na trhu a tím pádem, nejsou dostupné historické údaje, na základě kterých by šla směrodatná odchylka spočítat.

Existuje celá řada metod, které umožňují určit výši směrodatné odchylky u reálných opcí. Tyto metody se v zásadě dají rozdělit do následujících třech kategorií: expertní, výpočetní a matematicko-analytické. Mezi expertní metody patří mimo jiné nezávislé expertní odhady a použití volatility celého odvětví nebo podobného již uskutečněného projektu. U výpočetních metod se volatilita zjišťuje například logaritmickými přírůstky toků hotovosti nebo pomocí beta koeficientu. Mezi matematicko-analytické metody patří především simulace, například již zmiňovaná metoda Monte Carlo.

### **3.3.2 Používané metody**

Jak již bylo uvedeno, metody stanovení hodnoty reálných opcí jsou shodné s metodami pro ohodnocení finančních opcí, i když v některých případech s mírnými úpravami. Lze tedy použít vzorce (především Black-Scholesův vzorec) i binomické (popřípadě trinomické) stromy. Oproti finančním opcím se však používají více právě binomické stromy a použití Black-Scholesova vzorce je méně časté. Důvodem jsou výchozí předpoklady nutné pro platnost Black-Scholesova vzorce, které u reálných opcí ne vždy platí. Jedná se především o spojitou náhodnou změnu ceny podkladového aktiva, která praxi nemusí platit. Binomická metoda naopak pracuje s menším množstvím teoretických předpokladů a je přehlednější.

## 4 Parametry transformátorů v distribuční síti

### 4.1 Technické parametry

Důležitými parametry transformátoru jsou jmenovitý zdánlivý výkon, jmenovité napětí a převod. Pevod je definován jako poměr indukovaných napětí na primárním a sekundárním vinutí. Kromě jmenovitého zdánlivého výkonu je důležitým ukazatelem i ekonomický zdánlivý výkon neboli zatížení, při kterém jsou v transformátoru nejmenší měrné výkonové ztráty. Ztráty se rozlišují na činné a jalové a následně také na ztráty naprázdno (v železe) a ztráty nakrátko (ve vinutí, v mědi). Jalová spotřeba a ztráty se většinou uvažují jen u transformátorů velkých výkonů (typicky pouze na hladinách zvn a vvn) a u menších (vn a nn) se zanedbávají. Vliv jalové spotřeby ovlivňuje také navíc kromě parametrů transformátorů i jeden z parametrů samotné sítě. Jedná se o měrný činitel ztrát, jehož velikost se liší podle postavení transformátoru v topologii sítě a jeho vzdálenosti od místa výroby energie. Jeho velikost se pohybuje v rozmezí 0,01 až 0,15 a vyjadřuje, jak velké činné ztráty vyvolá doprava potřebného jalového výkonu pro nasycení magnetického obvodu transformátoru. Činné ztráty naprázdno vznikají při připojení transformátoru na napětí a sestávají z hysterezních ztrát a ztrát vířivými proudy. S velikostí ztrát naprázdno úzce souvisí parametr proudu naprázdno, což je velikost protékající elektrického proudu nutná pro vytvoření magnetického toku k nasycení jádra transformátoru. Ztráty nakrátko vznikají při zatížení transformátoru a jejich hodnotu ovlivňuje parametr napětí (impedance) nakrátko, který v podstatě vyjadřuje poměrný vnitřní odpor transformátoru. Významným parametrem je i hodinový úhel, který udává fázový posuv mezi napětím na primárním a sekundárním vinutí.

Celková ztracená energie v transformátoru za dané období je dána následujícím vzorcem.

$$W_z = (P_o + k_\Delta \times Q_o) \times T_{pr} + [(P_{KN} + k_\Delta \times Q_{KN}) \times \left(\frac{S}{S_N}\right)^2] \times T_z$$

Zdroj: VÍTEK, 2008, str. 161 (upraveno)

$W_z$	ztráty [Wh]
$P_o$	činné ztráty naprázdno [W]
$k_\Delta$	měrný činitel ztrát [W/Var]
$Q_o$	jalová spotřeba naprázdno [Var]
$T_{pr}$	doba provozu [h]
$P_{KN}$	činné ztráty nakrátko [W]
$Q_{KN}$	jalové ztráty nakrátko [Var]
$S$	přenášený zdánlivý výkon [VA]
$S_N$	jmenovitý zdánlivý výkon [VA]
$T_z$	doba plných ztrát [h]

V distribučních sítích se většinou používají olejové transformátory s měděným vinutím, jejichž udávaná technická životnost se pohybuje okolo 40 let.

## 4.2 Ekonomické parametry

Hlavními parametry jsou investiční výdaje, provozní fixní výdaje a provozní variabilní výdaje, dále fixní a variabilní náklady. Náklady na rozdíl od výdajů samozřejmě neovlivňují přímo toky hotovosti, se kterými se operuje v dále prováděných výpočtech, nicméně snižují základ pro výpočet daně z příjmů, čímž v podstatě nepřímo snižují toky hotovosti zaplacené na daních. Náklady jsou tedy brány v úvahu pouze z hlediska daňového štítu.

Investiční výdaje se zpravidla uvažují jako jednorázově vydaná suma na začátku investice, která v sobě zahrnuje pořizovací cenu zařízení včetně výdajů za dopravu, instalaci a zprovoznění.

Fixní provozní výdaje se většinou týkají průběžné kontroly a údržby zařízení zahrnující především diagnostiku stavu oleje a jeho pravidelnou výměnu. Bývají vyjádřeny v poměrném tvaru vůči investičním výdajům. Fixní náklady v sobě navíc zahrnují i účetní odpisy zařízení, jejichž výše se odvíjí od investičních výdajů a účetní životnosti transformátoru. Pro výpočty v této práci jsou ovšem na místo účetních odpisů brány v úvahu odpisy daňové z již zmíněných důvodů.

Variabilní výdaje odpovídají variabilním nákladům a sestávají především z nákladů energetických ztrát a případně nedodávky. Výdaje na nedodávku vznikají z potřeby pokrýt dodatečným nákupem poptávku, jejíž výše v daný okamžik převyšuje přenosové schopnosti transformátoru.

Příjmy a výnosy plynoucí z provozu transformátoru se většinou v úvahách nezohledňují, neboť jejich výše je poměrně dobře odhadnutelná a jistá, což je dostatečnou podmínkou pro použití nákladového (resp. výdajového) kritéria porovnání.

## 5 Výpočet reálných opcí

### 5.1 Popis úlohy

Cílem řešené úlohy je vybrat optimální variantu náhrady dosluhujícího transformátoru v distribuční síti. Jedná se o transformátor pro převod mezi hladinami napětí 22 a 0,4 kV. Současný transformátor je na konci své technické životnosti a pro zajištění provozu do budoucna je třeba jej nahradit. Vzhledem k vysoké nejistotě ohledně budoucího zatížení je pro ekonomické porovnání jednotlivých variant řešení zvolena metoda reálných opcí.

Do vzájemného porovnání jsou zvoleny 2 možné varianty nového transformátoru. Hlavním parametrem, kterým se od sebe navzájem liší, je jmenovitý zdánlivý výkon. Rozhodování tedy probíhá mezi výkonově slabším a výkonově silnějším transformátorem.

Současný starý transformátor je sice téměř na konci své technické životnosti a je tudíž možné ho nahradit ihned, nicméně jeho momentální stav napovídá, že další přiměřeně krátké období (cca 1 rok) ještě bude plnit svou funkci. Nabízí se tedy také otázka, zda provést výměnu ihned nebo s ní počkat.

### 5.2 Typy počítaných opcí

Z výše uvedených informací vyplývá, že je možné zvolit výkonově silnější transformátor a tuto výkonovou rezervu chápat jako provozní opci, která v průběhu životnosti umožní vyrovnat se i s méně pravděpodobným dlouhodobým růstem zatížení. V těchto případech tak nebude nutné transformátor nahrazovat před koncem jeho udávané životnosti z důvodu nedostatečného jmenovitého zdánlivého výkonu.

Zároveň je možné rozhodnutí o výběru nového transformátoru o rok odložit a tuto dobu využít pro získání více informací o možném budoucím vývoji zatížení, které mohou rozhodovateli umožnit snáze a lépe se rozhodnout. Tato skutečnost se dá chápat jako opce na odložení projektu pro výkonově slabší i silnější transformátor.

### 5.3 Společné vstupní parametry

Opce jsou počítány na základě nákladového (resp. výdajového) kritéria jednotlivých variant řešení, proto mezi vstupními parametry není zahrnuta prodejní cena energie koncovým zákazníkům (nebo popřípadě obchodníkům a lokálním distributorům), která by figurovala na straně příjmů.

#### 5.3.1 Technické parametry

Jak již bylo uvedeno v předchozí teoretické kapitole, důležitými technickými parametry pro ekonomické porovnání transformátorů jsou především jmenovitý zdánlivý výkon, činné ztráty naprázdno a nakrátko a předpokládaná technická životnost. Vzhledem k napěťovým hladinám

porovnávaných transformátorů a jejich jmenovitým výkonům jsou jalové ztráty zanedbány a ve výpočtu mají spolu s měrným činitelem ztrát nulovou hodnotu.

Konkrétní úsek sítě, ve kterém je transformátor zapojen, je charakterizován výkonovým zatížením, mírou systematického meziročního růstu tohoto zatížení, roční dobou využití maxima, roční dobou plných ztrát a roční dobou provozu.

Hodnoty všech zmíněných parametrů jsou zapsány v níže uvedených tabulkách (výkonově slabší transformátor je označen jako „A“ a výkonově silnější jako „B“). Tyto technické parametry jsou ve všech počítaných opcích po celou dobu porovnání konstantní a není vůči nim provedena citlivostní analýza výsledků.

Tabulka 1

<b>technické parametry transformátorů</b>			
transformátor	A	B	
jmenovitý zdánlivý výkon	400 000	630 000	VA
činné ztráty naprázdno	560	860	W
činné ztráty nakrátko	4 600	7 000	W
jalové spotřeba naprázdno	0	0	VAr
jalové spotřeba nakrátko	0	0	VAr
životnost	40	40	let

Tabulka 2

<b>technické parametry sítě</b>		
maximální zatížení první rok	300 000	VA
růst zatížení	2	%
doba využití maxima	4 000	h
doba plných ztrát	2 000	h
doba provozu	8 760	h
měrný činitel ztrát	0	-

### 5.3.2 Ekonomické parametry

Jedním z nejdůležitějších údajů je volatilita. V tomto případě se nejedná o klasickou volatilitu ceny podkladového aktiva jako u finančních opcí, ale o volatilitu budoucího výkonového zatížení. Kromě systematického růstu tak výši zatížení v jednotlivých uzlech stromu ovlivňuje i nejistota vyjádřená volatilitou. Po dohodě s vedoucím práce jsem stanovil hodnotu volatility kvalifikovaným odhadem na 20 %. Tato hodnota je následně předmětem citlivostní analýzy v rozsahu od 10 % do 50 %. Díky kombinovanému vlivu systematického růstu a volatility se původní hodnota zatížení v prvním roce 300 000 VA mění na krajní hodnoty ve čtyřicátém roce 1 584 984 109 VA při neustálém růstu a 266 VA při neustálém poklesu (při výchozí volatilitě rovné 20 %).



Dalšími parametry jsou ceny ztrát a nedodávky. Tyto ceny bývají vyjádřeny individuálními marginálními náklady provozovatele distribuční sítě a mohou se tudíž u různých subjektů mírně lišit. Po konzultaci s vedoucím práce jsem zvolil jako výchozí hodnoty 2 Kč / kWh pro ocenění ztrát i nedodávky. Tyto hodnoty jsou po celou dobu výpočtu konstantní a následně je na jejich vliv provedena citlivostní analýza výsledků. V rámci této citlivostní analýzy se cena ztrát pohybuje mezi 1 Kč / kWh a 3 Kč / kWh a cena nedodávky od 0 Kč / kWh do 3 Kč / kWh. V propočtech je tedy zahrnut i scénář s úplným zanedbáním ceny nedodávky.

Sazba daně z příjmů, která ve výpočtu vystupuje pro zohlednění daňového štítu nákladových položek, je rovná 19 %. Tato hodnota je po celou dobu výpočtu konstantní a není předmětem citlivostní analýzy.

Výchozí hodnota diskontu je pro všechny počítané opce 6 %, což zhruba odpovídá WACCu pro distribuci elektrické energie podle ERÚ. Na vyšší diskontu je provedena citlivostní analýza výsledků v rozmezí od 1 % do 10 %.

Posledními důležitými parametry jsou ekonomické parametry samotných transformátorů. Konkrétně se jedná o pořizovací ceny (včetně dopravy, instalace a zprovoznění zařízení), jejich roční stálé výdaje na diagnostiku a údržbu a roční daňové odpisy. Pořizovací cena výkonově slabšího transformátoru (ve výpočtech označován jako „A“) činí 160 000 Kč a výkonově silnějšího transformátoru (ve výpočtech označován jako „B“) 200 000 Kč. Fixní roční výdaje na údržbu jsou stanoveny kvalifikovaným odhadem na 1 % z celkové pořizovací ceny. Daňové odpisy jsou zvoleny lineární. Transformátory z jejich hlediska patří do třetí odpisové skupiny s dobou odepisování minimálně 10 let. Pro zjednodušení předpokládám rovnoměrné daňové odepisování po celou dobu životnosti, tedy 40 let. Pořizovací ceny (investiční výdaje), fixní výdaje na údržbu a daňové odpisy nejsou předmětem citlivostní analýzy výsledků a jejich hodnoty jsou v každém roce výpočtu konstantní.

Všechny uvedené vstupní parametry jsou zaznamenány v následujících tabulkách.

Tabulka 3

<b>parametry sektoru podnikání</b>		
volatilita výkonového zatížení	20	%
cena ztrát	2	Kč / kWh
cena nedodávky	2	Kč / kWh
diskont	6	%
sazba daně z příjmů	19	%

Tabulka 4

<b>ekonomické parametry transformátorů</b>			
<b>transformátor</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	
investiční výdaje	160 000	200 000	Kč
fixní provozní výdaje	1 600	2 000	Kč
daňové odpisy	4 000	5 000	Kč

## 5.4 Provozní opce

### 5.4.1 Vstupní parametry

Do výpočtu hodnoty provozní opce žádné další vstupní parametry oproti již výše zmíněným nevstupují.

### 5.4.2 Postup výpočtu a výsledek

Výpočet je proveden pomocí počítačového programu Microsoft Excel 2010. Postup výpočtu je zapsán v podobě kódu ve Visual Basic Editoru.

Příkazy v kódu nejprve zajistí vypsání binomického stromu maximálního přenášeného výkonového zatížení do příslušného listu. Následně jsou z hodnot tohoto stromu spočítány stromy výkonových ztrát transformátoru A a B. Z těchto stromů se následně spočítají stromy výdajů na ztráty a nedodávku a následně i stromy s celkovými výdaji. Hodnoty těchto dvou stromů jsou následně zkopírovány do nových stromů, ve kterých následně probíhá rekurentní výpočet čisté současné hodnoty celkových výdajů. V případě stromu celkových výdajů transformátoru A, probíhá před samotným výpočtem NPV porovnávání každé hodnoty stromu s výdaji spojenými s přechodem na transformátor B. V tomto porovnání je zahrnuta i zůstatková hodnota transformátoru A po tomto předčasném nahrazení a také zůstatková hodnota transformátoru B po skončení čtyřicetileté doby porovnání. Závěrečným krokem je poté porovnání čistých současných hodnot celkových výdajů za dobu životnosti obou transformátorů (tyto hodnoty bývají někdy označeny jako TCO – Total Cost of Ownership), tedy rozdíl mezi výdajovým NPV (TCO) transformátoru A a B. Tento rozdíl lze vnímat jako zisk plynoucí z provozní opce díky investici do transformátoru B.

Délka kroku výpočtu je zvolena na 1 rok, počet kroků stromu tak odpovídá životnosti transformátorů (tj. 40 let). Diskontování hodnot je spojitě. U všech položek je zohledněn vliv daňového štítu.

Přehled hlavních použitých vzorců ve výpočtu je uveden na následujících řádcích. Význam symbolů je stejný jako v předchozích pasážích, u nově použitých symbolů jsou uvedeny vysvětlivky.

Roční energetické ztráty:

$$W_Z = (P_o + k_{\Delta} \times Q_o) \times T_{pr} + [(P_{KN} + k_{\Delta} \times Q_{KN}) \times \left(\frac{S}{S_N}\right)^2] \times T_Z$$

Roční nedodaná energie (počítá se pouze pro  $S > S_N$ ):

$$W_{ned} = (S - S_N) \times T_Z$$

Roční výdaje na ztráty a nedodávku:

$$N_Z = W_Z \times C_{ztr} + W_{ned} \times C_{ned}$$

$C_{ztr}$	cena ztrát [Kč / kWh]
$C_{ned}$	cena nedodávky [Kč / kWh]

Celkové roční výdaje očištěné o daňový štít:

$$N = (N_i + N_F + N_Z) \times (1 - \tau) - N_{od} \times \tau$$

$N_i$	investiční výdaje [Kč]
$N_F$	fixní provozní výdaje [Kč]
$\tau$	sazba daně z příjmů [-]
$N_{od}$	daňové odpisy [Kč]

Celkový zisk opce:

$$Z_o = NPV_A - NPV_B$$

Za použití uvedeného postupu a vzorců vycházejí při výchozích hodnotách vstupních parametrů následující výsledky.

Tabulka 5

TCO A	TCO B	zisk opce
[Kč]		
35 016 864	35 018 325	-1 461

Z výsledků vyplývá, že případná úspora transformátoru B na výdajích na ztráty a nedodávku oproti transformátoru A nevyváží vyšší ihned vydanou investici a zisk opce je tak záporný (byť vzhledem k hodnotám TCO jen o hodnotu blízkou nule). V případě výchozího scénáře se tedy

ekonomicky nevyplatí tuto opci využít a investovat do výkonově silnějšího transformátoru B. Naopak doporučením pro investora by byla investice do transformátoru A s případnou pozdější náhradou transformátorem B.

### 5.4.3 Citlivostní analýza

V citlivostní analýze byl posuzován vliv následujících 4 vstupních veličin: volatility zatížení, ceny ztrát, ceny nedodávky a diskontu. Hodnoty citlivostní analýzy jsou zpracovány do tabulek, vzhledem k obtížnému vizuálně vhodnému zobrazení čísel vyšších řádů blízké velikosti nejsou použity grafy.

Vliv volatility je znázorněn v následujících 2 tabulkách. První tabulka znázorňuje, jak vliv rostoucí volatility ovlivňuje rozpětí maximálního přenášeného výkonu v posledním roce porovnání a v důsledku i průměr výdajů na ztráty a nedodávku napříč všemi body posledního kroku stromu (tento průměr je značen jako „ $V_z$ “). Jedná se o prostý aritmetický průměr, který nezohledňuje váhy pravděpodobností, slouží pouze pro názornou ukázkou vlivu volatility. Rostoucí provozní výdaje zvyšují celková TCO. Druhá tabulka znázorňuje vliv působící proti tomuto růstu výdajů, a sice snižování pravděpodobnosti růstu zatížení, neboť ze vzorce pro její stanovení vyplývá, že s rostoucím kladným odstupem volatility od diskontu (v teorii finančních opcí bezrizikového výnosu) pravděpodobnost růstu klesá.

Tabulka 6

<b>volatilita</b>	<b><math>S_m</math> min</b>	<b><math>S_m</math> max</b>	<b><math>V_z</math> A</b>	<b><math>V_z</math> B</b>	<b><math>V_z</math> A - <math>V_z</math> B</b>
[%]	[kVA]	[kVA]	[Kč]		
10	13,146	32 083	13 464 736	13 078 169	386 566
15	1,870	225 502	69 682 332	69 303 619	378 714
20	0,266	1 584 984	388 667 568	388 292 269	375 299
25	0,038	11 140 358	2 292 638 061	2 292 264 897	373 163
30	0,005386	78 302 097	14 056 543 100	14 056 171 944	371 156
35	0,000766	550 360 975	88 553 008 891	88 552 639 632	369 259
40	0,000109	3 868 315 350	569 002 437 356	569 002 069 895	367 461
45	0,000016	27 189 180 060	3 711 173 877 494	3 711 173 511 740	365 754
50	0,000002	191 104 252 216	24 488 119 840 109	24 488 119 475 493	364 616

Tabulka 7

<b>volatilita</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>TCO A</b>	<b>TCO B</b>	<b>zisk opce</b>
[%]	[-]	[-]	[Kč]		
10	0,784	0,216	32 826 821	32 821 898	<b>4 923</b>
15	0,668	0,332	33 732 483	33 730 215	<b>2 268</b>
20	0,604	0,396	35 016 864	35 018 325	<b>-1 461</b>
25	0,560	0,440	36 575 258	36 580 721	<b>-5 464</b>
30	0,527	0,473	38 242 474	38 250 288	<b>-7 814</b>
35	0,500	0,500	39 940 718	39 952 839	<b>-12 122</b>
40	0,477	0,523	41 620 177	41 636 579	<b>-16 402</b>
45	0,456	0,544	43 181 808	43 202 371	<b>-20 563</b>
50	0,437	0,563	44 611 954	44 636 528	<b>-24 574</b>

Z hodnot vyplývá, že vliv růstu zatížení a tím pádem i proměnných provozních výdajů převáží vliv snižující se pravděpodobnosti růstu a celková TCO tak rostou. Zároveň je vidět, že se navzájem přibližují průměrné proměnné provozní výdaje variant A a B, neboť s rostoucím zatížením dochází k častější náhradě transformátoru A transformátorem B v průběhu doby porovnání. Navíc při příliš velkém zatížení, které převyšuje jmenovitý zdánlivý výkon obou transformátorů má transformátor B větší ztráty a úspora tak probíhá pouze pomocí snížení nedodávky. Díky těmto vlivům tak paradoxně s rostoucí volatilitou klesá zisk provozní opce transformátoru B, ačkoliv v teorii finančních opcí hodnota opce s volatilitou zpravidla roste. Investici do varianty B tak lze doporučit pouze pro hodnoty volatility do zhruba 15 %.

Následující tabulka mapuje vliv ceny ztrát při nulové ceně nedodávky. Pro názornost jsou opět uvedeny i aritmetické průměry hodnot výdajů na ztráty a nedodávku v posledním roce porovnání.

Tabulka 8

<b>C<sub>ztr</sub></b>	<b>C<sub>ned</sub></b>	<b>V<sub>z</sub> A</b>	<b>V<sub>z</sub> B</b>	<b>TCO A</b>	<b>TCO B</b>	<b>zisk opce</b>
[Kč/kWh]	[Kč/kWh]	[Kč]				
1	0	8 154	12 139	310 380	396 371	<b>-85 991</b>
1,5	0	12 232	18 208	387 009	496 119	<b>-109 110</b>
2	0	16 309	24 278	463 639	595 868	<b>-132 229</b>
2,5	0	20 386	30 347	540 268	695 617	<b>-155 349</b>
3	0	24 463	36 417	616 897	795 365	<b>-178 468</b>

Je zřejmé, že při zanedbání nedodávky se výsledná TCO řádově snížila. S rostoucí cenou ztrát TCO rostou a zisk opce klesá. To na první pohled vypadá poměrně nelogicky, nicméně je třeba si uvědomit, že transformátor B má větší ztráty naprázdno (které se projeví především při velmi malém zatížení) i větší ztráty nakrátko při jmenovitém výkonu (které se projeví naopak při velmi vysokém zatížení) a úspora na ztrátách tak probíhá pouze ve „středním pásmu“ zatížení. Bez zohlednění nedodávky, která by přidala úsporu i v „horním pásmu“ zatížení tak vychází investice do

transformátoru B nevýhodněji a ve všech zkoumaných případech ocenění ztrát lze doporučit variantu A.

V tabulce nazvané Tabulka 9 jsou zaznamenány hodnoty stejných ukazatelů při současných změnách ceny ztrát i ceny nedodávky.

Tabulka 9

$C_{ztr}$	$C_{ned}$	$V_z A$	$V_z B$	TCO A	TCO B	zisk opce
[Kč/kWh]	[Kč/kWh]	[Kč]				
1	1	194 333 784	194 146 135	17 608 709	17 607 599	<b>1 110</b>
1,5	1,5	291 500 676	291 219 202	26 312 786	26 312 962	<b>-176</b>
2	2	388 667 568	388 292 269	35 016 864	35 018 325	<b>-1 461</b>
2,5	2,5	485 834 460	485 365 336	43 720 941	43 723 688	<b>-2 746</b>
3	3	583 001 352	582 438 404	52 425 019	52 429 050	<b>-4 032</b>

Při zohlednění ceny nedodávky TCO o 2 řády vzrostou. Z výsledků je vidět, jak úspory z menší nedodávky pomáhají ekonomice transformátoru B v porovnání s provedením A, neboť zisk opce je mnohem vyšší. Nicméně i tak je pro většinu hodnot záporný a varianta B vychází jako výhodnější jen při nízkém ocenění ztrát a nedodávky. Z ekonomického hlediska tak opět vychází ve většině případů výhodnější varianta A.

Poslední tabulka znázorňuje vliv diskontu. Ze vzorce pro výpočet na pravděpodobnosti růstu vyplývá, že s rostoucím diskontem (popř. bezrizikovým výnosem) vůči volatilitě roste pravděpodobnost růstu. Tento jev je znázorněn v tabulce.

Tabulka 10

diskont	P1	P2	TCO A	TCO B	zisk opce
[%]	[-]	[-]	[Kč]		
1	0,475	0,525	19 709 495	19 745 344	<b>-35 849</b>
2	0,500	0,500	23 067 764	23 089 237	<b>-21 473</b>
3	0,526	0,474	26 340 825	26 353 144	<b>-12 319</b>
4	0,552	0,448	29 447 602	29 454 283	<b>-6 682</b>
5	0,577	0,423	32 343 528	32 346 871	<b>-3 343</b>
6	0,604	0,396	35 016 864	35 018 325	<b>-1 461</b>
7	0,630	0,370	37 480 927	37 481 402	<b>-474</b>
8	0,657	0,343	39 765 154	39 765 177	<b>-23</b>
9	0,684	0,316	41 907 139	41 907 021	<b>118</b>
10	0,711	0,289	43 946 764	43 946 681	<b>83</b>

Vyšší diskont většinou znamená snížení hodnot NPV (popř. TCO) kvůli snižování váhy pozdějších toků hotovosti ve výpočtu, nicméně zde proti tomuto efektu působí vliv větší

pravděpodobnosti růstu zatížení, který způsobuje zvýšení výdajů na ztráty a nedodávku a v důsledku poté i růst celkových TCO. Vyšší diskont samozřejmě způsobuje i menší vliv daňových odpisů a zůstatkových hodnot, což může vyvolávat dojem, že také přispívá k růstu TCO, nicméně tento vliv je přinejmenším kompenzován již zmíněným poklesem vlivu provozních a odložených investičních výdajů. Díky větší pravděpodobnosti růstu zatížení postupně roste i zisk opce a při diskontu rovném 9 % se dostává do kladných hodnot. Nicméně i zde platí, že ve většině scénářů vychází ekonomicky výhodněji varianta A.

## 5.5 Opce na odložení

### 5.5.1 Vstupní parametry

Vstupní parametry pro výpočet přínosu opce na odložení investice do transformátoru A nebo B jsou kromě těch z výpočtu provozní opce rozšířené o parametry současného dožívajícího transformátoru, neboť ten je ve dvou ze čtyř porovnávaných scénářů ještě první rok doby porovnání v provozu. Nicméně v tomto roce již přеслужuje svou plánovanou životnost a je proto již zcela účetně i daňově odepsán. Do výpočtu tak vstupuje pouze z hlediska fixních výdajů na kontrolu a údržbu.

Tento starý transformátor má shodnou životnost a měrné fixní výdaje jako nové transformátory. Jeho jmenovitý zdánlivý výkon je stejný jako u transformátoru A. Liší se naopak v pořizovací ceně a jmenovitých ztrátách naprázdno a nakrátko. Všechny důležité vstupní technické i ekonomické údaje rozšířené o hodnoty starého transformátoru jsou zapsány v následujících tabulkách.

Tabulka 11

<b>technické parametry sítě</b>		
maximální zatížení první rok	300 000	VA
růst zatížení	2	%
doba využití maxima	4 000	h
doba plných ztrát	2 000	h
doba provozu	8 760	h
měrný činitel ztrát	0	-

Tabulka 12

<b>technické parametry transformátorů</b>				
transformátor	starý	A	B	
jmenovitý zdánlivý výkon	400 000	400 000	630 000	VA
činné ztráty naprázdno	780	560	860	W
činné ztráty nakrátko	5 200	4 600	7 000	W
jalové spotřeba naprázdno	0	0	0	VAR
jalové spotřeba nakrátko	0	0	0	VAR
životnost	40	40	40	let

Tabulka 13

<b>parametry sektoru podnikání</b>		
volatilita výkonového zatížení	20	%
cena ztrát	2	Kč / kWh
cena nedodávky	2	Kč / kWh
diskont	6	%
sazba daně z příjmů	19	%

Tabulka 14

<b>ekonomické parametry transformátorů</b>				
transformátor	starý	A	B	
investiční výdaje	80 000	160 000	200 000	Kč
fixní provozní výdaje	800	1 600	2 000	Kč
daňové odpisy	0	4 000	5 000	Kč

### 5.5.2 Postup výpočtu a výsledek

V zásadě se jedná o 2 opce, jednu na roční odložení investice do nového transformátoru A a jednu na roční odložení investice do transformátoru B. Výpočet je tudíž také rozdělen a obě opce jsou počítány zvlášť.

Výpočet je opět proveden pomocí kódu ve Visual Basic Editoru programu Microsoft Excel 2010.

Princip výpočtu je v zásadě shodný s postupem výpočtu přínosu provozní opce. Možné vývoje veličin jsou vyjádřeny binomickými stromy, ze kterých jsou následně spočítány a porovnány TCO. V případě investice do transformátoru A se opět provádí porovnání s investicí do transformátoru B v průběhu životnosti.

Varianta s okamžitou investicí do transformátoru A je označena jako A1 a varianta s investicí o rok odloženou jako A2. Obdobně jsou rozlišeny i varianty B1 a B2. V případě odložených investic,



tedy variant A2 a B2 i investice do transformátoru B v průběhu životnosti A, jsou brány v potaz zůstatkové hodnoty zařízení.

Diskontování toků hotovosti je opět spojitě a délka kroků stromu je 1 rok.

Z uvedeného popisu vyplývá, že varianta A1 je shodná s variantou A z provozní opce a stejně tak varianta B1 odpovídá variantě B. Hodnoty TCO by tedy měly pro tyto dvojice porovnávaných variant vycházet stejně.

Výsledky porovnání odložení investic do transformátorů A a B o 1 rok při použití výchozích hodnot vstupních proměnných shrnují následující tabulky.

Tabulka 15

<b>TCO A1</b>	<b>TCO A2</b>	<b>zisk opce</b>
[Kč]		
35 016 864	34 876 219	<b>140 645</b>

Tabulka 16

<b>TCO B1</b>	<b>TCO B2</b>	<b>zisk opce</b>
[Kč]		
35 018 325	35 012 043	<b>6 282</b>

Z výsledků vyplývá, že se roční odložení náhrady starého transformátoru vyplatí u obou variant. V případě transformátoru A je zisk opce zřetelně vyšší.

Celkové shrnutí výsledků výchozích scénářů pro provozní opci a 2 opcí na odložení vypadá následovně. Nejnižší TCO má varianta A2 – tedy náhrada starého transformátoru novým výkonově slabším transformátorem odložená o 1 rok. Při akceptaci výchozího scénáře pro vstupní hodnoty tak lze označit tuto variantu za ekonomicky nejefektivnější a označit ji za doporučené řešení.

Tabulka 17

<b>opce</b>	<b>TCO [Kč]</b>						<b>zisk opce [Kč]</b>
	<b>A</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>B</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	
provozní	35 016 864			35 018 325			-1 461
na odložení A		35 016 864	34 876 219				<b>140 645</b>
na odložení B					35 018 325	35 012 043	<b>6 282</b>

### 5.5.3 Citlivostní analýza

Citlivostní analýza opcí na odložení byla provedena na stejné 4 parametry jako u provozní opce. Vliv volatility na výsledky odložení investice do A i B je zachycen v tabulkách Tabulka 18 a Tabulka 19. Růst rozpětí přenášeného výkonu a s tím spojených výdajů na ztráty a nedodávku je shodný jako u provozní opce, proto je tato část tabulek nyní vynechána.

Tabulka 18

<b>volatilita</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>TCO A1</b>	<b>TCO A2</b>	<b>zisk opce</b>
[%]	[-]	[-]	[Kč]		
10	0,784	0,216	32 826 821	32 679 792	<b>147 029</b>
15	0,668	0,332	33 732 483	33 588 109	<b>144 374</b>
20	0,604	0,396	35 016 864	34 876 219	<b>140 645</b>
25	0,560	0,440	36 575 258	36 438 615	<b>136 643</b>
30	0,527	0,473	38 242 474	38 108 182	<b>134 292</b>
35	0,500	0,500	39 940 718	39 810 733	<b>129 985</b>
40	0,477	0,523	41 620 177	41 494 473	<b>125 704</b>
45	0,456	0,544	43 181 808	43 060 265	<b>121 543</b>
50	0,437	0,563	44 611 954	44 494 422	<b>117 532</b>

Tabulka 19

<b>volatilita</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>TCO B1</b>	<b>TCO B2</b>	<b>zisk opce</b>
[%]	[-]	[-]	[Kč]		
10	0,784	0,216	32 821 898	32 815 616	<b>6 282</b>
15	0,668	0,332	33 730 215	33 723 933	<b>6 282</b>
20	0,604	0,396	35 018 325	35 012 043	<b>6 282</b>
25	0,560	0,440	36 580 721	36 574 439	<b>6 282</b>
30	0,527	0,473	38 250 288	38 244 006	<b>6 282</b>
35	0,500	0,500	39 952 839	39 946 557	<b>6 282</b>
40	0,477	0,523	41 636 579	41 630 297	<b>6 282</b>
45	0,456	0,544	43 202 371	43 196 089	<b>6 282</b>
50	0,437	0,563	44 636 528	44 630 246	<b>6 282</b>

Stejně jako u provozní opce převládá vliv růstu výdajů na ztráty a nedodávku efekt klesající pravděpodobnosti růstu zatížení a celková TCO s rostoucí volatilitou rostou. U opce na odložení A se s rostoucím zatížením vzájemně přibližují varianty A1 a A2 co se týče přechodu na transformátor B v průběhu doby provozu, což postupně stírá rozdíly mezi jednotlivými TCO těchto 2 investičních možností. Naopak u variant B1 a B2 již k žádné investici do silnějšího transformátoru nedochází a rozdíl mezi oběma TCO tak zůstává konstantní, neboť na žádný z parametrů, které tyto 2 varianty odlišují, volatilita nepůsobí. V případě obou investic tak lze neohledně na výši volatility doporučit investici o rok odložit.

Spodní 2 tabulky zobrazují vliv ceny ztrát při nulové ceně nedodávky. Do tabulky byly přidány sloupce označené „ $V_{z1}$ “, které obsahují hodnoty výdajů na ztráty a nedodávku první rok provozu. V případě varianty A1 se tak jedná o výdaje již nového transformátoru A, zatímco u varianty A2 jde stále ještě o starý transformátor s o něco horšími parametry ztrát (u variant B1 a B2 je situace obdobná).

Tabulka 20

$C_{ztr}$	$C_{ned}$	$V_{z1} A1$	$V_{z1} A2$	<b>TCO A1</b>	<b>TCO A2</b>	<b>zisk opce</b>
[Kč/kWh]	[Kč/kWh]	[Kč]				
1	0	8 165	10 273	310 380	252 756	<b>57 624</b>
1,5	0	12 248	15 410	387 009	353 259	<b>33 751</b>
2	0	16 331	20 546	463 639	452 575	<b>11 064</b>
2,5	0	20 413	25 683	540 268	537 925	<b>2 343</b>
3	0	24 496	30 819	616 897	615 922	<b>975</b>

Tabulka 21

$C_{ztr}$	$C_{ned}$	$V_{z1} B1$	$V_{z1} B2$	<b>TCO B1</b>	<b>TCO B2</b>	<b>zisk opce</b>
[Kč/kWh]	[Kč/kWh]	[Kč]				
1	0	8 674	10 273	396 371	388 580	<b>7 791</b>
1,5	0	13 010	15 410	496 119	489 083	<b>7 037</b>
2	0	17 347	20 546	595 868	589 586	<b>6 282</b>
2,5	0	21 684	25 683	695 617	690 089	<b>5 528</b>
3	0	26 021	30 819	795 365	790 592	<b>4 773</b>

Podobně jako u provozní opce jsou výsledná TCO v řádu statisíců a postupně rostou. V případě odložení investice A i B zisk opce s rostoucí cenou ztrát klesá. To je způsobeno rostoucím vlivem vyšších ztrát starého transformátoru v prvním roce provozu, který postupně vyvažuje výhody ze zůstatkových hodnot a především z diskontovaných odložených investičních výdajů. Zisk obou opcí je ve všech bodech této části citlivostní analýzy kladný, takže je odložení obou investic ekonomicky výhodnější než jejich okamžitá realizace.

Vliv současných změn ceny ztrát i nedodávky lze vyčíst z Tabulka 22 a Tabulka 23.

Tabulka 22

<b>C<sub>ztr</sub></b>	<b>C<sub>ned</sub></b>	<b>V<sub>z</sub> A1</b>	<b>V<sub>z</sub> A2</b>	<b>TCO A1</b>	<b>TCO A2</b>	<b>zisk opce</b>
[Kč/kWh]	[Kč/kWh]	[Kč]				
1	1	8 165	10 273	17 608 709	17 463 984	<b>144 725</b>
1,5	1,5	12 248	15 410	26 312 786	26 170 101	<b>142 685</b>
2	2	16 331	20 546	35 016 864	34 876 219	<b>140 645</b>
2,5	2,5	20 413	25 683	43 720 941	43 582 336	<b>138 605</b>
3	3	24 496	30 819	52 425 019	52 288 453	<b>136 566</b>

Tabulka 23

<b>C<sub>ztr</sub></b>	<b>C<sub>ned</sub></b>	<b>V<sub>z1</sub> B1</b>	<b>V<sub>z1</sub> B2</b>	<b>TCO B1</b>	<b>TCO B2</b>	<b>zisk opce</b>
[Kč/kWh]	[Kč/kWh]	[Kč]				
1	1	8 674	10 273	17 607 599	17 599 808	<b>7 791</b>
1,5	1,5	13 010	15 410	26 312 962	26 305 925	<b>7 037</b>
2	2	17 347	20 546	35 018 325	35 012 043	<b>6 282</b>
2,5	2,5	21 684	25 683	43 723 688	43 718 160	<b>5 528</b>
3	3	26 021	30 819	52 429 050	52 424 277	<b>4 773</b>

Po započtení ceny nedodávky se TCO podobně jako u provozní opce řádově zvýšila na desítky milionů a s rostoucím oceněním ztrát a nedodávky postupně dále rostou. Vlivem vyšších ztrát starého transformátoru klesá zisk z odložené investice do transformátoru A i B, nicméně ve všech zkoumaných scénářích nadále zůstává kladný. Celkově lze tudíž doporučit odložení obou investic.

Poslední 2 tabulky citlivostní analýzy zachycují změny v důsledku různé výše diskontu.

Tabulka 24

<b>diskont</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>TCO A1</b>	<b>TCO A2</b>	<b>zisk opce</b>
[%]	[-]	[-]	[Kč]		
1	0,475	0,525	19 709 495	19 592 721	<b>116 775</b>
2	0,500	0,500	23 067 764	22 939 751	<b>128 013</b>
3	0,526	0,474	26 340 825	26 206 083	<b>134 743</b>
4	0,552	0,448	29 447 602	29 309 166	<b>138 436</b>
5	0,577	0,423	32 343 528	32 203 372	<b>140 157</b>
6	0,604	0,396	35 016 864	34 876 219	<b>140 645</b>
7	0,630	0,370	37 480 927	37 340 534	<b>140 393</b>
8	0,657	0,343	39 765 154	39 625 440	<b>139 714</b>
9	0,684	0,316	41 907 139	41 768 338	<b>138 801</b>
10	0,711	0,289	43 946 764	43 808 995	<b>137 768</b>

Tabulka 25

<b>diskont</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>TCO B1</b>	<b>TCO B2</b>	<b>zisk opce</b>
[%]	[-]	[-]	[Kč]		
<b>1</b>	<b>0,475</b>	<b>0,525</b>	<b>19 745 344</b>	<b>19 745 151</b>	<b>193</b>
<b>2</b>	<b>0,500</b>	<b>0,500</b>	<b>23 089 237</b>	<b>23 088 204</b>	<b>1 034</b>
<b>3</b>	<b>0,526</b>	<b>0,474</b>	<b>26 353 144</b>	<b>26 350 982</b>	<b>2 162</b>
<b>4</b>	<b>0,552</b>	<b>0,448</b>	<b>29 454 283</b>	<b>29 450 823</b>	<b>3 460</b>
<b>5</b>	<b>0,577</b>	<b>0,423</b>	<b>32 346 871</b>	<b>32 342 021</b>	<b>4 850</b>
<b>6</b>	<b>0,604</b>	<b>0,396</b>	<b>35 018 325</b>	<b>35 012 043</b>	<b>6 282</b>
<b>7</b>	<b>0,630</b>	<b>0,370</b>	<b>37 481 402</b>	<b>37 473 678</b>	<b>7 724</b>
<b>8</b>	<b>0,657</b>	<b>0,343</b>	<b>39 765 177</b>	<b>39 756 023</b>	<b>9 154</b>
<b>9</b>	<b>0,684</b>	<b>0,316</b>	<b>41 907 021</b>	<b>41 896 461</b>	<b>10 560</b>
<b>10</b>	<b>0,711</b>	<b>0,289</b>	<b>43 946 681</b>	<b>43 934 748</b>	<b>11 933</b>

Podobně jako u provozní opce jsou celková TCO s rostoucím diskontem vyšší vlivem rostoucí pravděpodobnosti růstu zatížení. U investice do transformátoru B roste zisk opce na odložení, neboť se více projevuje vliv diskontu investičních výdajů na začátku druhého roku provozu. Současně s tím jsou také více diskontovány zůstatkové hodnoty na konci životnosti u varianty B2, což působí proti vlivu snižování současné hodnoty investičních výdajů, nicméně tento vliv není tak významný. Naopak u opce na odložení A je situace o něco komplikovanější. Zde zisk opce nejprve roste, nicméně přírůstky se snižují, až dosáhne zisk vrcholu při diskontu 6 %, následně začíná zisk čím dál rychleji klesat. Na rozdíl od opce na odložení B, kde jsou kladné přírůstky zisku v rozsahu citlivostní analýzy zhruba konstantní, je charakteristika závislosti zisku opce na odložení A na výši diskontu nelineární. Je to způsobeno tím, že kromě zmíněného vlivu diskontu na investiční výdaje a zůstatkové hodnoty na konci životnosti vstupují do výpočtu ještě náhrady transformátoru A transformátorem B v průběhu doby provozu. S tímto faktem souvisí zůstatkové hodnoty a investice i v průběhu doby životnosti. Tyto vlivy tak poněkud zkreslují jednoznačný vliv diskontu, který je možné pozorovat u varianty B. U opce na odložení A tak na jednu stranu nejprve převažuje vliv diskontování investičních výdajů ve druhém roce provozu, což zvyšuje rozdíl mezi TCO A1 a A2, nicméně při vyšším diskontu naopak převáží vliv vyšší pravděpodobnosti růstu zatížení, která znamená, že se oba stromy TCO navzájem více přibližují z hlediska přechodů na transformátor B, což naopak výsledné hodnoty obou TCO sbližuje.

## 6 Závěr

Provedené výpočty poskytly jasné a jednoznačně interpretovatelné výsledky pro učinění investičního rozhodnutí. Pro provozní opci platí, že jak ve výchozím (a podle mého názoru nejpravděpodobnějším) scénáři tak ve většině ostatních případů citlivostní analýzy je zisk opce záporný a investice do výkonově silnějšího transformátoru B se nevyplatí. Z ekonomického hlediska vychází jako lepší řešení investice do transformátoru A.

U kalkulací opcí na odložení investic vychází ve výchozím scénáři i ve všech ostatních propočtech v rámci citlivostní analýzy zisk obou opcí kladný. Jednoznačně tak lze doporučit odložení obou případných investic.

Z celkového porovnání TCO napříč všemi počítanými opcemi vychází nejlépe varianta A2 (tato skutečnost je přehledně zobrazena v tabulce s názvem Tabulka 17 na straně 41). Celkově tak vychází ekonomicky nejefektivněji náhrada současného dosluhujícího transformátoru novým transformátorem A na začátku druhého roku zvolené doby porovnání.

Na konci této práce mohu konstatovat, že použitá metoda reálných opcí s využitím binomických stromů pro zmapování možného vývoje jednotlivých veličin je náročnější z hlediska správného provedení bez případných chyb ve výpočtu a i celkově z hlediska času na zapsání a vytvoření algoritmu výpočtu než klasické neflexibilní metody jako je např. vnitřní výnosové procento nebo diskontovaná doba návratnosti, ale je schopná ve výsledku poskytnout více cenných informací. Umožňuje rozhodovateli zohlednit vliv pravděpodobností jednotlivých stavů, snadno a rychle prozkoumat jednotlivé budoucí scénáře a přehledně provádět jednorozměrné i vícerozměrné citlivostní analýzy. Sám jsem si na prováděných výpočtech a získaných výsledcích potvrdil, že je tato metoda velice efektivní a pro hodnocení podobných projektů s vyšší mírou nejistoty a alespoň částečnou flexibilitou velmi vhodná.

Podkladovým údajem pro porovnání zisku opcí byla TCO, která zohledňují pouze výdaje a neuvažují příjmy. Použití tohoto kritéria bylo podle mého názoru správnou volbou, neboť ekonomické důsledky všech porovnávaných řešení byly z hlediska příjmů shodné. Navíc stanovování současných a budoucích prodejních cen energie by do výpočtu zaneslo další zbytečné nepřesnosti.

Celkově se tedy domnívám, že zvolené metody hodnocení a postup výpočtu jsou pro zadanou řešenou situaci správné.

Na úplný závěr bych rád uvedl také přínos zvolené metody hodnocení a této práce celkově pro mě osobně. Sepisování teoretického úvodu na začátku práce mě donutilo pročíst řadu zajímavých materiálů z oblasti investičního rozhodování, finančních derivátů a matematických metod používaných v ekonomii. Celkově mi tato kapitola umožnila spojit si dohromady znalosti finančního managementu a matematického přístupu k řešení problémů. Při sestavování výpočtu a následném vyhodnocování výsledků jsem se poměrně výrazně posunul ve svých znalostech VBA a jednoduchého programování obecně. Zvolené téma mi v průběhu vytváření této práce připadalo kupodivu čím dál zajímavější a

troufám si tvrdit, že by tato práce mohla být reálně využitelná v praxi pro řešení podobných úloh investičního rozhodování.

## 7 Zdroje

- 1) ABRAHAMOVÁ, Martina, 2015. *Binomický a trinomický model oceňování opcí*. Diplomová práce. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra matematiky. Vedoucí práce: Patrice Mark.
- 2) ALVIRA, Núria Foj, 2015. *Determining a Buy Call Option's Moneyness* [online]. Dostupné z: <https://www.fxstreet.com/education/options-made-easy-201503020000>
- 3) *Asijská opce*, 2012 [online]. Dostupné z: <http://www.finance-management.cz/080vypisPojmu.php?X=Opce+asijska+opce&IdPojPass=85>
- 4) *Cena opcí, opční prémie a čas*, 2014 [online]. Dostupné z: <http://opce-trading.cz/cena-opci-opcni-premie-a-cas/>
- 5) *Definition of real options reasoning*, 2017 [online]. Dostupné z: <http://lexicon.ft.com/Term?term=real-options-reasoning>
- 6) DIXIT, Avinash, Robert S. Pindyck, 1994. *Investment under uncertainty*. Princeton, New Jersey, USA: Princeton University Press. ISBN:0-691-03410-9
- 7) DVOŘÁK, Jaroslav, 2007. *Reálné opce a jejich aplikace na ocenění*. Diplomová práce. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta financí a účetnictví, Katedra podnikových financí a oceňování podniku. Vedoucí práce: Miloš Mařík.
- 8) FOTR, Jiří et al., 2007. Simulace Monte Carlo v analýze rizika investičních projektů *Acta Oeconomica Pragensia*. 15(2). 32-43.
- 9) *Historie opcí*, 2016 [online]. Dostupné z: <http://investice.finance.cz/opce/vanilla/historie/>
- 10) JURČÁK, Gabriel, 2014. *Cena opce* [online]. Dostupné z: <https://www.lynxbroker.cz/vzdelavani/cena-opce/>
- 11) KOŠTÁL, Josef, 2008. *Obliba opcí roste – opce od historie po současnost* [online]. Dostupné z: <http://www.penize.cz/akcie/42688-obliba-opci-roste-opce-od-historie-po-soucasnost>
- 12) KOŠTÁL, Josef, 2008. *Opce: Jak se tvoří jejich cena* [online]. Dostupné z: <http://www.penize.cz/investice/42486-opce-jak-se-tvori-jejich-cena>
- 13) KRACÍK, Lukáš, 2015. *Jak využít simulace Monte Carlo ve financích* [online]. Dostupné z: <http://trhy.mesec.cz/clanky/jak-vyuzit-simulace-monte-carlo-ve-financich/>



- 14) LUEHRMAN, Timothy, 1998. *Strategy as a Portfolio of Real Options* [online]. Dostupné z: <https://hbr.org/1998/09/strategy-as-a-portfolio-of-real-options>
- 15) MUN, Jonathan, 2006. *A LAYMAN'S PRIMER ON QUANTITATIVE DECISION AND RISK ANALYSIS*.
- 16) NAVRÁTIL, Hynek, 2007. *Vybrané exotické opce – tvorba, oceňování a využití*. Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta. Vedoucí práce: Boris Šturc.
- 17) PINDYCK, Robert, 2008. *LECTURES ON REAL OPTIONS: PART I — BASIC CONCEPTS* [online]. Dostupné z: [http://web.mit.edu/rpindyck/www/Courses/RO\\_P1\\_Handout%20Slides.pdf](http://web.mit.edu/rpindyck/www/Courses/RO_P1_Handout%20Slides.pdf)
- 18) Real Options Valuation, Inc., 2011. *Dynamic Simulated Decision Trees*. Dublin, California, USA.
- 19) ROHRBACHER, Jan, 2009. *Opce - jak obchodovat a realizovat zisk* [online]. Dostupné z: <http://investice.finance.cz/zpravy/finance/221518-opce-jak-obchodovat-a-realizovat-zisk/>
- 20) SCHOLLEOVÁ, Hana, 2004. *Reálné opce*. Autoreferát doktorské disertační práce. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta podnikohospodářská, Katedra podnikové ekonomiky. Školitel: Eva Kislingerová.
- 21) SCHUT, Petr, 2008. *Nebojte se finančních derivátů* [online]. Dostupné z: <http://www.investicniklub.cz/o-investovani/vybrano-z-lady-in/vybrano-z-lady-in-2010/nebojte-se-financnich-derivatu.html>
- 22) STARÝ, Oldřich, 2003. *Reálné opce*. Vyd. 1. Praha: A plus. ISBN: 80-902514-6-3
- 23) VÍTEK, Miroslav, 2008. *Ekonomika dopravních energetických systémů*. Vyd. 2.
- 24) WALTERS, Chris, Tim GILES, 2000. *Using real options in strategic decision making*. Dostupné z: [http://mba.tuck.dartmouth.edu/paradigm/spring2000/articles/walters-decision\\_making.html](http://mba.tuck.dartmouth.edu/paradigm/spring2000/articles/walters-decision_making.html)

## 8 Seznamy

### 8.1 Seznam grafů

Graf 1: kupní opce z pohledu držitele .....	11
Graf 2: kupní opce z pohledu vypisovatele .....	12
Graf 3: prodejní opce z pohledu držitele.....	13
Graf 4: prodejní opce z pohledu vypisovatele.....	13

### 8.2 Seznam obrázků

Obrázek 1: zisk a hodnota opce.....	14
Obrázek 2: vývoj tržní ceny podkladového aktiva.....	19
Obrázek 3: binomický strom cen.....	21

### 8.3 Seznam tabulek

Tabulka 1 .....	32
Tabulka 2 .....	32
Tabulka 3 .....	33
Tabulka 4 .....	34
Tabulka 5 .....	35
Tabulka 6 .....	36
Tabulka 7 .....	37
Tabulka 8 .....	37
Tabulka 9 .....	38
Tabulka 10 .....	38
Tabulka 11 .....	39
Tabulka 12 .....	40
Tabulka 13 .....	40
Tabulka 14 .....	40
Tabulka 15 .....	41
Tabulka 16 .....	41
Tabulka 17 .....	41
Tabulka 18 .....	42
Tabulka 19 .....	42
Tabulka 20 .....	43
Tabulka 21 .....	43
Tabulka 22 .....	44
Tabulka 23 .....	44
Tabulka 24 .....	44
Tabulka 25 .....	45