

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA EKONOMIKY, MANAŽERSTVÍ A HUMANITNÍCH VĚD



**EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ INVESTICE DO VODÍKOVÉ
ČERPACÍ STANICE S LOKÁLNÍ VÝROBOU PALIVA**

**ECONOMIC EVALUATION OF INVESTMENT INTO HYDROGEN FUEL
STATION WITH LOCAL FUEL PRODUCTION**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Management energetiky a elektrotechniky

Vedoucí práce: doc. Ing. Július Bemš Ph.D.

Bc. Daniel MILKA

Praha 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	Milka	Jméno: Daniel	Osobní číslo: 469832
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická		
Zadávací katedra/ústav:	Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd		
Studijní program:	Elektrotechnika, energetika a management		
Specializace:	Management energetiky a elektrotechniky		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Ekonomické zhodnocení investice do vodíkové čerpací stanice s lokální výrobou paliva.

Název diplomové práce anglicky:

Economic evaluation of investment into hydrogen fuel station with local fuel production.

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte rešerši na metod oceňování projektů.
2. Proveďte rámcovou rešerši na využití vodíku a jeho potenciál.
3. Vytvořte model ekonomického hodnocení projektu.
4. Vyhodnoťte a interpretejte výstupy modelu.

Seznam doporučené literatury:

-Starý, O., Vašíček, J. (2000): Ekonomické hodnocení energetických investic. Sborník semináře ČEZ, RAEN
-R. A. Brealey, S. C. Myers, and F. Allen, Principles of Corporate Finance, 10th ed. McGraw-Hill/Irwin, 2010.
-Mařík, M. a kolektiv. Metody oceňování podniku - proces ocenění, základní metody a postupy. 4. Praha: Ekopress, 2018. ISBN 978-80-87865-38-5.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Július Bemš, Ph.D. FEL ČVUT v Praze, K 13116

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

Datum zadání diplomové práce: **01.09.2022** Termín odevzdání diplomové práce: _____

Platnost zadání diplomové práce: **19.02.2024**

doc. Ing. Július Bemš, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
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

.....

Bc. Daniel Milka

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval doc. Ing. Július Bemš Ph.D. za cenné připomínky a odbornou pomoc při řešení problémů, se kterými jsem se během práce setkal.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá ekonomickým zhodnocením investice do systému výroby elektrické energie fotovoltaickou elektrárnou a skladování přebytků energie do vodíku, který je dále využit v sektoru dopravy. Cílem práce bylo provést analýzu aktuálního stavu vodíkových technologií a nastítnit možné budoucí scénáře vývoje a využití, s ohledem na technologický vývoj ale i politickou iniciativu.

V praktické části práce byl navržen samotný systém výroby vodíku a vytvořen návrh modelu rozdělování elektrické energie v systému výroby vodíku pro dosažení maximální ekonomické efektivity. Celý systém byl dále hodnocen na základě ukazatelů investičního rozhodování.

Hlavním předpokladem rozvoje vodíkových technologií je ekonomická smysluplnost z pohledu jak uživatele, tak investora, který zajišťuje vodíkovou infrastrukturu. Práce definuje hlavní parametry, které ekonomickou smysluplnost obou účastníků nejvíce ovlivňují a budou tak definovat případný rozvoj.

Za aktuálních tržních podmínek a zmíněných předpokladů by investice mohla být doporučena k realizaci pouze v případě podpory projektu některou formou dotace. Další rozvoj využívání vodíku v dopravě tak bude záviset především na politických rozhodnutích. Práce nastiňuje výhody lokální výroby vodíku, kdy dochází k celé řadě úspor provozních ale i kapitálových nákladů.

Klíčová slova

Vodík, výroba vodíku, zelený vodík, ukládání energie do vodíku, investiční rozhodování, využití vodíku, doprava, fotovoltaika

Abstract

The master thesis deals with the economic evaluation of the investment in the system of electricity generated by the photovoltaic power plant and the storage of excess energy into hydrogen, which is further used in the transport sector. The aim of the work was to analyze the current state of hydrogen technologies and outline a possible future scenario of development and use, considering technological development but also political initiative.

In the practical part of the work, I designed the hydrogen production system and a model of electricity distribution within the hydrogen production system. The system of distribution was designed to achieve maximum economic efficiency. The entire system was further evaluated based on indicators of investment decision-making.

The main prerequisite for developing hydrogen technologies is economic feasibility from the point of view of both the user and the investor who provides the hydrogen infrastructure. The work defines the main parameters that most affect the economic feasibility of both participants and will thus define further development.

Under the current market conditions and the mentioned assumptions, the investment could be recommended for implementation only if the project is supported by some form of subsidy. The further development of the use of hydrogen in transport will depend primarily on political decisions. The work outlines the advantages of local hydrogen production when there are significant savings in operating and capital costs.

Keywords

Hydrogen, hydrogen production, green hydrogen, hydrogen energy storage, investment decisions, hydrogen use, transport, photovoltaics

Obsah

1	Investiční projekty a investiční rozhodování	15
1.1	Rozdělení projektů	15
1.1.1	Hledisko rozvoje podniku	15
1.1.2	Hledisko závislosti projektů	15
1.1.3	Forma realizace projektů.....	16
1.2	Fáze projektů	16
2	Metody oceňování projektů (Capital Budgeting)	18
2.1	Metody oceňování.....	18
2.2	Metody oceňování založené na diskontování peněžních toků	19
2.3	Kritéria oceňování a jejich interpretace	19
2.3.1	Čistá současná hodnota (NPV)	20
2.3.2	Vnitřní výnosové procento (IRR)	22
2.3.3	Doba návratnosti a Diskontovaná doba návratnosti.....	24
2.3.4	Index ziskovosti (PI)	25
2.4	Vážený průměr nákladu kapitálu (WACC)	26
2.5	Určení nákladů kapitálu pro samostatný projekt.....	29
3	Využití vodíku a jeho potenciál.....	32
3.1	Vodík v České republice.....	32
3.1.1	Vodíková strategie České republiky	32
3.2	Rozvoj vodíku z pohledu EU	33
3.3	Využití vodíku v dopravě	34
3.4	Předpokládaná spotřeba zeleného vodíku na území ČR	36
3.5	Vodík v Evropě a jeho cena	37
3.6	Porovnání vodíku s konvenčními palivy	38
3.7	Rozvoj FVE v České republice do roku 2030.....	39
4	Popis systému výroby vodíku a FVE	41
4.1	Vzniklé úspory z přepravy vodíku.....	42
4.2	Technická data a nacenění fotovoltaické elektrárny.....	43
4.3	Technická data a nacenění výroby vodíku.....	44
5	Ekonomický model	50
5.1	Logika rozdělení energií při výrobě vodíku.....	50

5.2	Předpoklady ekonomického modelu.....	52
5.2.1	Generování cen elektrické energie.....	52
5.2.2	Položky CAPEX	55
5.2.3	Položky OPEX.....	57
5.2.4	Výnosy a úspory.....	57
5.2.5	Určení váženého nákladu kapitálu	59
5.3	Výstupy ekonomického modelu.....	61
5.3.1	Výstupy základního scénáře ceny elektrické energie.....	62
5.3.2	Výstupy vysokého scénáře ceny elektrické energie	65
5.3.3	Citlivostní analýza hlavních položek.....	68
5.4	Vyhodnocení výstupů ekonomického modelu	69
6	Závěr.....	70
	Bibliografie	71

Seznam zkratk

FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle (automobil poháněný vodíkem)
EV	Electric Vehicle (elektromobil)
FVE	Fotovoltaická elektrárna
OZE	Obnovitelné zdroje elektrické energie
VTE	Větrná elektrárna
NPV	Net Present Value
IRR	Internal Rate of Return
PI	Profitability index
CAPEX	Capital expenditures (kapitálové náklady)
OPEX	Operating expense (provozní náklady)

Úvod

Dvacet osm členů evropské unie dospělo během Pařížské konference v roce 2015 k Pařížské dohodě o změně klimatu. V dohodě se členské státy zavazují zaujmout kroky k udržení globálního oteplování pod hranicí 2 °C v porovnání s předindustriální dobou (tato hranice představuje bod, od kterého začne docházet k významným a nenávratným ekologickým změnám).

Za účelem snížení vypouštěných emisí dochází k řadě legislativních opatření (blíže popsanych dále v této práci) jako je podpora elektromobility, návrh ukončení prodeje vozidel na spalovací pohony, zavedení emisního poplatku na sektor dopravy (včetně osobní dopravy) a další. V posledních letech prožívá rozvoj především elektromobilita, každoročně přibývá počet elektromobilů, roste také počet dobíjecích bodů a zvyšuje se zastoupení elektromobilů ve všech nově prodaných vozidlech. Přestože, řada odborníků byla k elektromobilitě skeptická, dnes o jejím nástupu pochybuje málokdo.

Souběžně s rozvojem elektromobility se začaly objevovat i koncepty využití vodíku v dopravě. Ministerstvo dopravy očekává až 50 000 FCEV do roku 2030, objevují se pilotní projekty vodíku na železnicích a v ČR vznikají první vodíkové stanice. Jestli opravdu k významnému rozvoji vodíku v dopravě dojde bude záležet na technologickém pokroku vodíkových technologií ale především na ekonomickém užtku jak pro uživatele FCEV, tak pro investora zajišťujícího vodíkovou infrastrukturu.

Cílem této diplomové práce je sumarizovat aktuální stav vodíkových technologií, faktorů ovlivňujících jejich rozvoj, navrhnout systém výroby vodíku a ekonomicky vyhodnotit tuto investici. Práce popisuje hlavní úskalí v rozvoji vodíku v dopravě a ekonomické vyhodnocení investice ukazuje, zda je z pohledu investora rozvoj vodíkových technologií při použitých předpokladech lákavý. Případně jaké parametry nebo dotace by investice musela splňovat, aby přesvědčila investory do tohoto staronového odvětví investovat.

Teoretická část: Oceňování Projektů a investiční rozhodování

Teoretická část práce shrnuje teorii investičních projektů a investičního rozhodování. V této části práce jsou rozebírány především kritéria hodnocení projektů a jejich používání. Tato kritéria jsou dále v práci prakticky použita.

1 Investiční projekty a investiční rozhodování

Běžná teorie definuje účel podniku jako *maximalizaci zisku*, mnohdy je tento jednoduše pojatý cíl doplněn o *dlouhodobé přežití na trhu*, dosažení určitého tržního podílu či *růst a expanze*. Pro naplnění toho cíle se podnik musí neustále přizpůsobovat změnám nejen tržních podmínek a hledat stále nové možnosti, jak maximalizovat svůj zisk. Mnohdy však podnik vybírá z několika investičních příležitostí, u který na první pohled nelze jasně určit, která z příležitostí je za daných podmínek výhodnější. V takovém případě je potřeba provést investiční analýzu a přistoupit k metodám investičního rozhodování.

Investiční rozhodování patří zcela bezpochybně mezi jednu z nejdůležitějších činností v podniku. Volba realizovaných investičních příležitostí může změnit celé směřování firmy a předurčit její případný úspěch či neúspěch. Správné vyhodnocení hodnoty projektů je tak klíčové a je potřeba jej vnímat jako komplexní soubor činností a aktivit, ze kterých se ocenění projektu skládá. Fotr nastiňuje myšlenku rozdělení faktorů ovlivňujících investiční rozhodování na **interní faktory** (například firemní strategie, omezení dostupnými zdroj atd.) a **externí faktory** (konkurence, tržní situace, stav kapitálových trhu a další).

Investiční projekty a vytváření nových příležitostí jsou klíčovou součástí rozvoje všech společností.

1.1 Rozdělení projektů

Investiční projekty lze rozlišit dle různých kritérií. Při investičním rozhodování a zejména oceňování projektu je pak dobré charakter projektu vnímat a brát na něj zřetel. Z pohledu oceňování projektů jsou důležitá rozdělení především dle následujících hledisek:

1.1.1 Hledisko rozvoje podniku

Rozvojové projekty: Zavádění nových produktů a služeb, expanze na nové trhy, zvyšování produkce – cílem je růst tržeb.

Obnovovací: obnova na základě fyzického stavu zařízení nebo za účelem modernizace. Pokud je zařízení obnoveno na základě fyzického stavu z pravidla je účelem zachování provozuschopnosti. Při projektu modernizace se jedná o nové zařízení s lepšími provozními parametry, díky nové technologii mnohdy dojde ke snížení výrobních nákladů.

Mandatorní: Cílem mandatorních projektů nejsou ekonomické efekty ale přizpůsobení činnosti podniku legislativním podmínkám, za účelem ochrany životní prostředí, dodržení hygienických norem nebo zlepšení pracovních podmínek. V oblasti energetiky bychom našli hned celou řadu případů, kdy společnosti provádí investice za účelem splnění legislativních norem. [1, s. 17]

1.1.2 Hledisko závislosti projektů

Vzájemně se vylučující projekty: Projekty, kdy lze realizovat pouze jednu z uvažovaných variant. Z pravidla se jedná o splnění téhož účelu s využitím jiných technologií.

Plně závislé projekty: k realizaci investice je potřeba provést řadu investic, pokud nebudou splněny všechny, nelze projekt realizovat vůbec, takto bychom mohli specifikovat závislé projekty.

Komplementární projekty: Komplementární projekty svojí realizací podněcují další návazné investice, které by mohly být realizovány. Fotr uvádí jako příklad zařízení na úpravu vody, které může dále podnítit další návazné projekty související s upravenou vodou. Stejně jako zmiňuje kapitola popisující přírůstkové peněžní toky – tyto projekty je potřeba vnímat a při ekonomickém hodnocení hodnotit nejen projekt samostatný ale včetně jím vytvořených příležitostí.

Ekonomicky závislé projekty: Projekty, které mají ekonomický dopad na další produkty a výrobky, zejména v případě, kdy dochází k substituci zboží. Při zvýšení výroby nového modelu mobilního telefonu dojde ke snížení prodejů stávajícího modelu. V tomto případě je potřeba vnímat i negativní dopady zvažované investice a při investičním rozhodování je vzít v úvahu.

Statisticky závislé projekty: Jedná se o jistý typ ekonomicky závislých projektů, kdy ekonomickou závislost jsme schopni stanovit pouze statisticky. Ekonomická závislosti může vzniknout mezi výnosy z prodeje produktů ale také mezi náklady, tyto vztahy umíme pak popsat na základě statistických dat. [1, s. 18]

1.1.3 Forma realizace projektů

Investiční výstavby: Projekty rozšiřující výrobní kapacity, služby, zavádění nových výrobků a technologií a podobné, investice do podpůrných činností a další. Z pravidla se jedná o projekty realizující již existujícím podnikem nebo výstavbou „na zelené louce“.

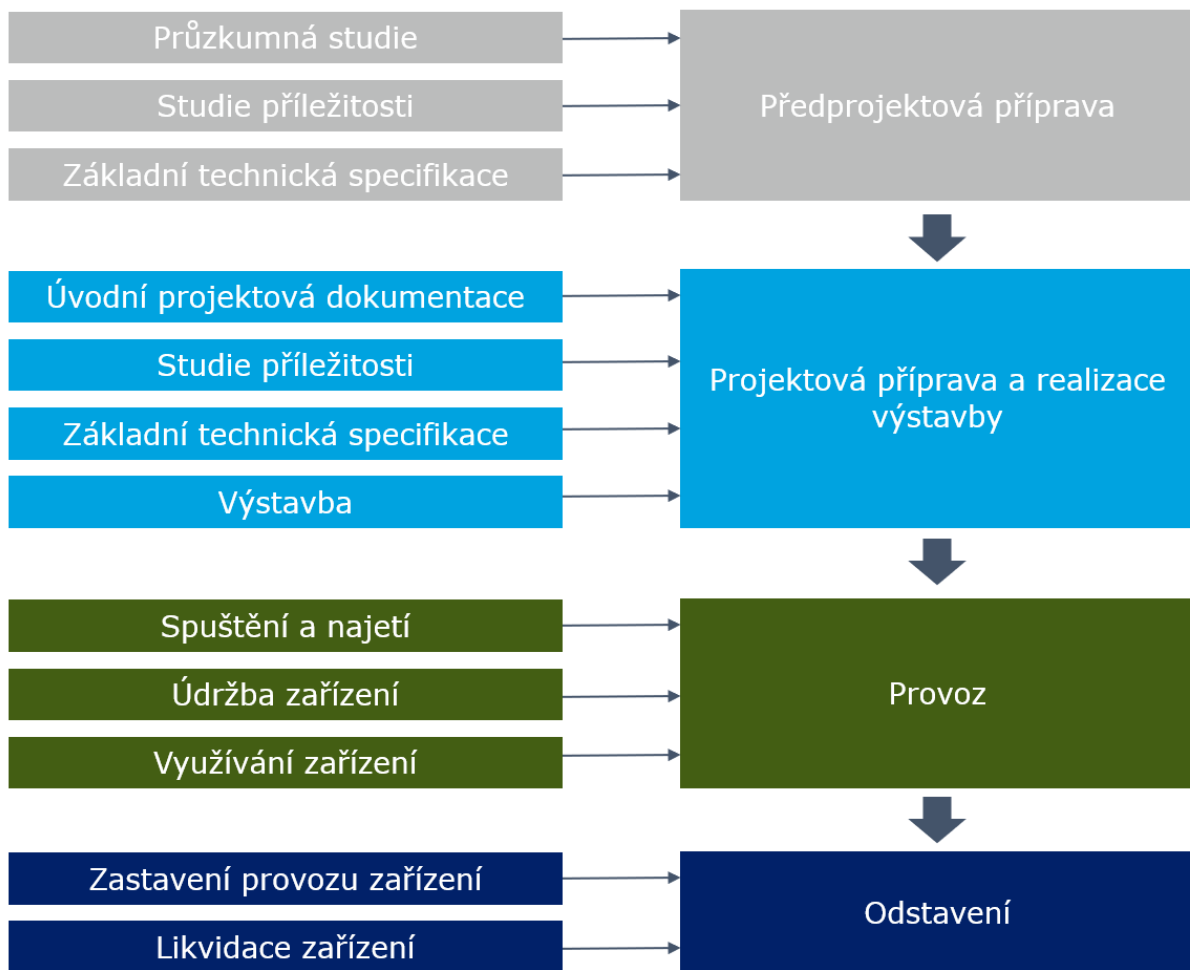
Akvizice: Akvizicí podniku se rozumí koupě celého nebo části podniku. Akvizice se realizuje za účelem uplatnění například synergií podniků. Kde sloučením dvou celků s určitým ekonomickým výkonem investor dosáhne vyššího ekonomického výkonu, než kterým oba celky preformují zvlášť. [1, s. 19]

1.2 Fáze projektů

Celý projekt se skládá z řady činností, které je potřeba při oceňování projektů znát a vnímat je. S těmito činnostmi jsou totiž spojené další vzniklé náklady, které do úvah o projektu je potřeba zahrnout. Jednotlivé etapy projektu si vyžadují určitou časovou náročnost, která je z projektového plánování dalším důležitým faktorem. Uvážíme-li dopad každého roku prodlení spuštění projektu na čistou současnou hodnotu projektu, efektivní řízení projektů nabývá na významu.

Fotr zdůrazňuje významnost předinvestiční fáze projektu, která zahrnuje právě marketingovou přípravu, ekonomicko-technologickou přípravu, finanční a ekonomické analýzy a další předprojektové analýzy. [1]

OBRÁZEK 1 ETAPY PROJEKTŮ



Zdroj: Fotr Jiří, Investiční rozhodování a řízení projektů, str. 24, vlastní zpracování

2 Metody oceňování projektů (Capital Budgeting)

Učebnice Financial Management definuje *capital budget* jako souhrn veškerých dlouhodobých aktiv, jež jsou ve vlastnictví dané společnosti. Na základě této definice potom přirovnává *capital budgeting* jako celý proces analýz a následného výběru mezi jednotlivými investičními příležitostmi. Investiční rozhodování je různorodé a přístup k jeho řešení se může vždy lišit. Pro volbu správného přístupu k hodnocení investice je vždy důležité pochopení účelu konkrétního investičního rozhodování. Většinu investičních rozhodování bychom mohli rozdělit do následujících skupin [2, s. 412]:

1. Investice za účelem pokračování provozu
2. Investice za účelem snížení nákladů
- 3. Vývoj nových produktů a jejich zavedení na trh**
4. Rozšiřování zavedených produktů
5. Bezpečnostní a environmentální projekty
6. Fúze a akvizice

Vzhledem k povaze projektu rozebíraného v praktické části této práce lze tento případ investičního rozhodování zařadit do skupiny třetí (vývoj nových produktů a jejich zavedení na trh).

2.1 Metody oceňování

Podíváme-li se na oceňování z pohledu všech příležitostí při nichž dochází k oceňování, tzn. nejen z pohledu oceňování investičních projektů ale také z pohledu oceňování společností, přístupy k ocenění mohou být následující [3, s. 45]:

1. Ocenění na základě analýzy výnosů (výnosové metody)
 - a) Metoda diskontovaných peněžních toků (DCF)
 - b) Metoda kapitalizovaných čistých výnosů
 - c) Kombinované (korigované) výnosové metody
 - d) Metoda ekonomické přidané hodnoty (EVA)
2. Ocenění na základě analýzy trhu (tržní metody)
 - a) Oceňování na základě tržní kapitalizace
 - b) Ocenění na základě srovnatelných podniků
 - c) Ocenění na základě údajů o podnicích uváděných na burzu
 - d) Ocenění na základě srovnatelných transakcí
 - e) Ocenění na základě odvětvových multiplikátorů
3. Ocenění na základě analýzy majetku
 - a) Účetní hodnota vlastního kapitálu na principu historických cen
 - b) Substanční hodnota na principu nákladů znovupořízení
 - c) Substanční hodnota na principu tržních hodnot
 - d) Majetkové ocenění na principu tržních hodnot
 - e) Likvidační hodnota

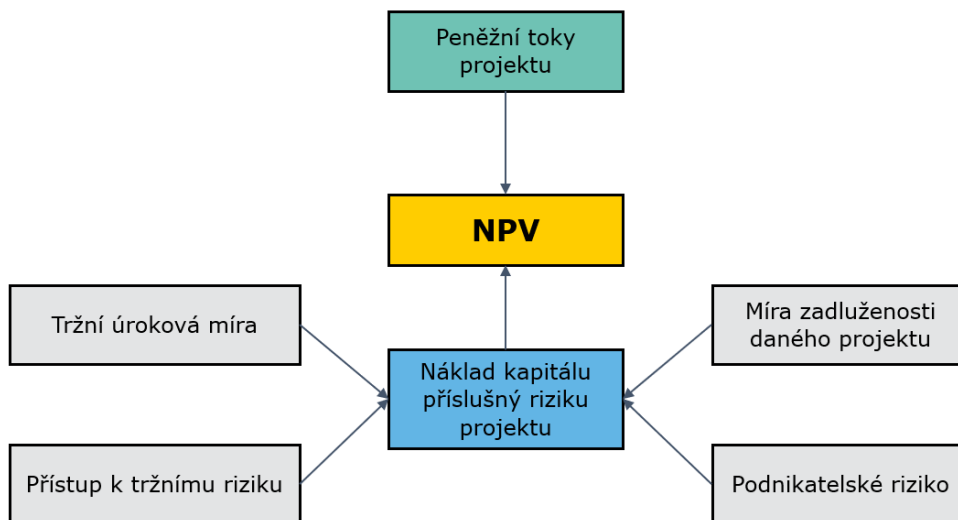
Většina zmíněných přístupů jsou aplikovatelné především při oceňování podniků, což je také považováno za součást kapitálového plánování (v případě fúze či akvizice). V praktické části této práce

je vhodným přístupem využití především DCF metody, protože se jedná o samostatný projekt bez historie, u kterého lze vyjít především z predikce budoucích peněžních toků. **Dále tak budou rozebrány především metody založené na diskontování peněžních toků.**

2.2 Metody oceňování založené na diskontování peněžních toků

Metody založené na diskontování peněžních toků patří mezi jeden z nejčastějších přístupů k oceňování podniků nebo projektů. Z diskontovaných peněžních toků vychází několik kritérií popsaných v následující kapitole.

OBRÁZEK 2 VIZUÁLNÍ SLOŽENÍ NPV A VSTUPUJÍCÍCH PARAMENTŮ

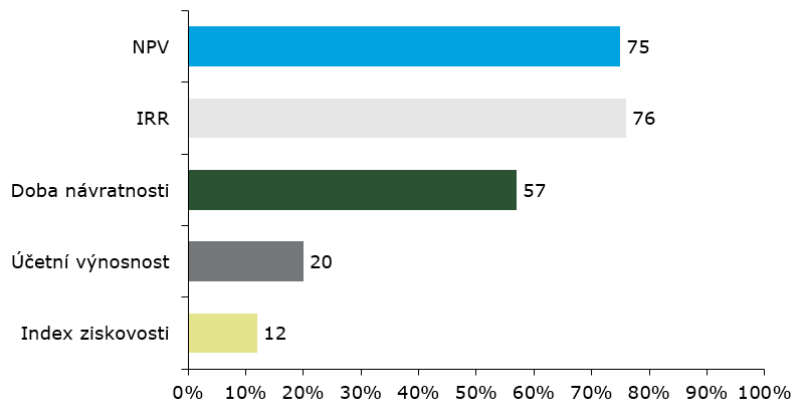


Zdroj: *Financial management Theory and Practice, vlastní zpracování*

2.3 Kritéria oceňování a jejich interpretace

Existuje řada ukazatelů při oceňování podniků nebo kapitálovém plánování. Každé kritérium má své silné a slabé stránky, které jsou rozebrány v následujících podkapitolách. Investiční rozhodování je vždy specifické a nelze proto přesně stanovit, kdy jsou jaké ukazatele lepší, či horší. Největší výpovědní hodnotu však mají tyto ukazatele společně, víme-li jak k nim přistupovat.

GRAF 1: ČETNOST VYUŽÍVÁNÍ KRITÉRIÍ INVESTIČNÍHO ROZHODOVÁNÍ



Zdroj: *Financial management Theory and Practice*, vlastní zpracování

2.3.1 Čistá současná hodnota (NPV)

Čistá současná hodnota je nejpoužívanějším ukazatelem v oceňování nebo při kapitálovém plánování. Očekávané peněžní toky v budoucnosti jsou diskontovány do současnosti, ukazatel tak zohledňuje, že peníze dnes mají jinou hodnotu než peníze v budoucnosti. Ukazatel NPV převádí peníze do dnešních hodnot, můžeme tak jednotlivá NPV porovnávat, v případě potřeby i sčítat máme-li více projektů.

ROVNICE 1 NET PRESENT VALUE

$$NPV = \sum_0^T \frac{CF_t}{(1-r)^t} = CF_0 + \frac{CF_1}{(1-r)^1} + \frac{CF_2}{(1-r)^2} + \dots + \frac{CF_T}{(1-r)^T}$$

CF_t ... Cashflow v roce t

r ... diskontní míra

T ... doba trvání projektu

Z uvedené rovnice vyplývá, že ukazatel NPV závisí především na dvou faktorech, diskontní míře r a predikovaném peněžním toku v roce t CF_t . Predikce očekávaných peněžních toků projektu představuje největší úskalí stanovení NPV (stejně jako IRR popsané v následující kapitole), mnohdy totiž určení očekávaných peněžních toků závisí na zaujatosti manažerů mnohdy ovlivněných například aktuálním děním na trhu.

2.3.1.1 Rozhodování s kritériem NPV:

Odborná literatura uvádí řadu podstatných bodů při nakládání s NPV, ať již v souvislosti s predikcí peněžních toků nebo pro provádění finálních rozhodnutí. Zmíněny a dále rozebrány budou ty nejdůležitější body, které se zároveň týkají praktické části práce.

1. Diskontování peněžních toků, ne zisků
2. Správné rozeznání dopadů investice na peněžní toky
3. Inflace

4. Rozlišení výše investice a způsobu financování
5. Načasování finančního rozhodnutí
6. Započtení daní

2.3.1.1.1 *Správné rozeznání dopadů investice na peněžní toky a jejich predikce*

Vedlejší dopady investice na peněžní toky podniku

Při predikci budoucích peněžních toků projektu je potřeba vnímat dopady investice jako celek. Například, při investici do vývoje nového produktu a jeho následného zavedení na trh je potřeba vnímat i dopady na prodeje ostatních produktů daného podniku. Sníží-li nový produkt tržby z prodeje produktu stávajícího, je třeba tyto dopady započítat do cashflow projektu také.

Výnosy plynoucí z přidružených nebo návazných služeb a produktů jsou dalším faktorem, který by neměl být přehlížen. Příkladem můžou být servisní služby nabízené k novému produktu, výnosy ze servisu mohou plynout ještě řadu let po samotném prodeji zboží. Dalším příkladem například doprodej komponentů k takovému zařízení, kdy je potřeba vnímat vliv počáteční investice na návazně vzniklé příležitosti.

Pro zohlednění všech dopadů investice používáme přírůstkové peněžní toky. Při zobecnění můžeme psát:

ROVNICE 2 PŘÍRŮSTKOVÉ PENĚŽNÍ TOKY

$$\text{Přírůstkové peněžní toky} = CF \text{ při realizaci projektu} - CF \text{ bez realizace projektu}$$

Náklady obětovaných příležitostí

Přírůstkové peněžní toky zahrnují také ušlou příležitost. Využije-li firma ke svému podnikání například prostory budovy, kterou vlastní, je potřeba do peněžních toků započítat potenciální ušlé výnosy z pronájmu budovy. [4, s. 139]

Zůstatková hodnota aktiv

Při ekonomickém hodnocení projektů nesmí být opomenuta ani zůstatková hodnota aktiv, ta se může nacházet v kladných i záporných hodnotách. Příkladem může být ukončení provozu uhelných dolů, po jejichž uzavření je potřeba provést rozsáhlé rekultivační práce pro obnovení krajiny, tyto náklady musí být brány v potaz již na začátku projektu. Opačným příkladem může být ukončení provozu zařízení, které lze částečně rozprodat nebo jej rozebrat a prodat pouze materiál, v takovém případě může být zůstatková hodnota aktiv pozitivní. [4, s. 140] [5, s. 166]

Utopené náklady

Jedná se o již vynaložené náklady, které nelze získat zpět. Tyto náklady by neměly ovlivňovat budoucí rozhodnutí a vstupovat do výpočtů. Náklady totiž jsou vynaloženy v případě realizace i nerealizace investice, tím se dostáváme opět k Rovnici 2 Přírůstkové peněžní toky a správnému určení peněžních toků uvažovaných toků ve výpočtech. [5, s. 165]

2.3.1.1.2 Oddělení výše investice a způsobu financování

Brealey dále uvádí důležitost rozlišení financování projektu, kterému bude pro jeho významnost věnována samostatná kapitola. Brigham uvádí v učebnici finančního managementu stejnou poučku. Při ekonomickém zhodnocení investice by mělo využití cizího kapitálu vstupovat do výpočtů prostřednictvím upraveného diskontního faktoru, nikoliv dopočítáváním cashflow dluhu. Dopčítávání úroků a úmoru v cashflow dluhu tak není dle zmíněných titulů správným přístupem. [2, s. 453] [4, s. 141]

2.3.2 Vnitřní výnosové procento (IRR)

Vnitřní výnosové procento projektu představuje diskontní míru, při níž se NPV=0, jinými slovy, současná hodnota očekávaných budoucích peněžních toků je rovna nule. Vztah můžeme vyjádřit následující rovnicí:

$$0 = \sum_0^T \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = CF_0 + \frac{CF_1}{1 + IRR} + \frac{CF_2}{(1 + IRR)^2} + \dots + \frac{CF_T}{(1 + IRR)^T}$$

IRR tak představuje skutečný výnos z projektu, pokud se investor rozhodne do projektu investovat. Rozhodování při kritériu IRR bychom mohli definovat následující větou: *Investici zamítáme v případě, že je IRR nižší než požadovaný výnos kapitálu, pro IRR vyšší, než požadovaný výnos kapitálu investici přijímáme.* Při investičním rozhodování tak porovnáváme náklady vlastního kapitálu a IRR. Zatímco nejsme vždy schopni určit zcela přesně náklady na vlastní kapitál jsme schopni určit přesně IRR. Během investičního rozhodování pak můžeme vyjít z hodnoty IRR a říct, zda je určitě větší než náklad kapitálu, či přibližně stejný. Příkladem lze uvést: pokud je $r_e = 9\%$, $r_d = 3\%$ a IRR vyjde 11% , aniž bychom přesně stanovili náklad vlastního kapitálu, lze investici doporučit (v případě, kdy je NPV klesající funkcí diskontní sazby na celém intervalu).

Přestože kritérium IRR se jeví jako ideální pro každý případ, mělo by vždy být používáno společně s NPV. V následujícím textu bude rozebráno, jaká úskalí mohou při použití IRR v praxi nastat.

2.3.2.1 Zacházení s kritériem IRR

Pozitivní a negativní peněžní toky

Ukazatel IRR opomíjí směr toku peněz, blíže znázorněno v následující tabulce. Tabulka 1 zobrazuje dva projekty, projekt X představuje investici na počátku a kladný cashflow v prvním roce, naopak projekt Y představuje půjčení peněz na počátku a negativní peněžní tok na koni projektu. Při výpočtu kritéria IRR, se projekty zdají být stejně výhodné, tento závěr je ovšem mylný. Při vyhodnocení NPV je Projekt X s NPV 81,8 mil. Kč zřejmě lepší, než projekt Y s NPV – 81,8 mil. Kč. [4, s. 116]

TABULKA 1 ZOHLEDNĚNÍ CASHFLOW KRITÉRIEM IRR (V MIL. KČ)

	CF ₀	CF ₁	IRR	NPV (10 %)
Projekt X	-100	200	100 %	81,8
Projekt Y	100	-200	100 %	-81,8

Zdroj: vlastní zpracování

Při investičním rozhodování je tak potřeba vždy respektovat dané omezení kritéria IRR.

Vzájemně se vylučující projekty s různou NPV

V případě vzájemně se vylučujících s různými NPV hodnotami volíme projekt s vyšším NPV, který přinese akcionářům větší bohatství. Dále při rozhodování lze použít přístup rozdílných peněžních toků, jež byly popsány blíže v předchozích kapitolách. Mějme následující příklad, kde uvažujeme dva projekty. První projekt nazvěme FVE, druhý projekt VTE, předpokládané peněžní toky projektů jsou následující. Příklad uvažuje náklad vlastního kapitálu 5 %.

TABULKA 2 CF VZÁJEMNĚ SE VYLUČUJÍCÍCH PROJEKTŮ

Rok	CF v mil Kč				
	0	1	2	3	4
Projekt FVE	-100	56	38	24	11
Projekt VTE	-100	15	24	20	84
Δ FVE - VTE	0	41	14	4	-73

Zdroj: vlastní zpracování

Při volbě mezi projekty v dané příklady vzniká konflikt mezi kritériem NPV a IRR. Situace kdy tento konflikt nastane je blíže znázorněna na Graf 2 Crossover vzájemně se vylučujících projektů.

TABULKA 3 UKAZATELE NPV, IRR PRO DANÉ PROJEKTY

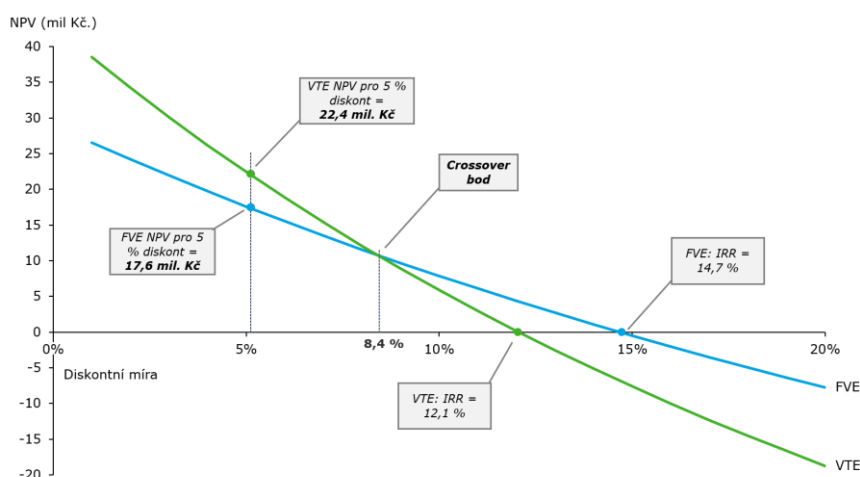
	IRR	NPV (mil. Kč)
FVE	14,7%	17,58
VTE	12,1%	22,44
Δ FVE - VTE	8,4%	

Zdroj: vlastní zpracování

Při vykreslení závislosti NPV projektů na diskontní míře získáme následující křivky průběhů NPV. Křivky se v daném případě kříží, tento bod označuje americká literatura za Crossover bod. Crossover bod lze určit při výpočtu IRR z rozdílového peněžního toku mezi oběma projekty (znázorňuje Tabulka 2 a Při volbě mezi projekty v dané příklady vzniká konflikt mezi kritériem NPV a IRR. Situace kdy tento konflikt nastane je blíže znázorněna na Graf 2 Crossover vzájemně se vylučujících projektů.

Tabulka 3). V případě klesajících křivek NPV v závislosti na diskontní míře můžeme říci, že konflikt při výběru mezi NPV a IRR nastává v případě, kdy je diskontní míra projektu nižší než Crossover bod.

GRAF 2 CROSSOVER VZÁJEMNĚ SE VYLUČUJÍCÍCH PROJEKTŮ



Zdroj: vlastní zpracování

2.3.3 Doba návratnosti a Diskontovaná doba návratnosti

Doba návratnosti udává za kolik let cashflow dorovná počáteční investici. Při výpočtu vycházíme ze záporného čísla investice projektu, ke kterému přičítáme generované peněžní toky jednotlivých let. V okamžiku, kdy se kumulovaná částka peněžních toků stane vyšší než 0 je projekt navrácený, tento okamžik se nazývá doba návratnosti. Popsáno v Rovnici 3 Doba návratnosti. Jedná se o často používaný ukazatel, který však je třeba vždy vnímat v souvislosti s životností daného projektu. V případě, že je doba životnosti projektu nižší než doba návratnosti, projekt je z pravidla klasifikován jako nenávratný. [2, s. 430], [4, s. 112]

ROVNICE 3 DOBA NÁVRATNOSTI

$$\text{Doba návratnosti} = T_{nkum} - \frac{KCF_{Tnkum}}{CF_{Tnkum}}$$

T_{nkum} ... poslední rok negativních kumulovaných peněžních toků

KCF_{Tnkum} ... kumulované peněžní toky na začátku roku T_{nkum}

CF_{Tnkum} ... peněžní tok v roce posledního negativního kumulovaného peněžního toku

Doba návratnosti má dva kritické nedostatky:

1. Ignoruje veškeré finanční toky po naplnění doby návratnosti – ukazatel tak mnohdy zvýhodňuje slabší krátkodobé projekty na úkor lepších dlouhodobých projektů. Tento faktor je potřeba vnímat především v oblasti energetiky, kde je většina projektů dlouhodobých.
2. Neuvažuje časový rozdíl v peněžních tocích – časová hodnota peněz není v ukazateli návratnosti zahrnut, pro eliminaci tohoto lze použít diskontovanou dobu návratnosti.

Diskontovaná doba návratnosti

Diskontovaná doba návratnosti používá stejný přístup k výpočtu jako v případě doby návratnosti. Jediný rozdíl spočívá v použitých peněžních tocích, zatímco doba návratnosti nezohledňuje časovou

hodnotu peněz a je počítána pouze z peněžních toků, diskontovaná doba návratnosti časovou hodnotu peněz zohledňuje a je kalkulována z diskontovaných peněžních toků. Ukazatel odpovídá na otázku, kdy se ptáme, jak dlouho musí projekt trvat, aby byl návratný v diskontovaných hodnotách – v současných hodnotách budoucích peněžních toků. [4, s. 114]

2.3.4 Index ziskovosti (PI)

Index ziskovosti udává, kolik čisté současné hodnoty projektu je tvořeno jedno každou investovanou jednotkou například korunou, či eurem. Tento ukazatel může být užitečný například při rozhodování mezi několika vzájemně se nevylučujícími projekty ale s omezenými finančními prostředky, jež nepokryjí všechny zvažované investice. V tom případě je potřeba zjistit, které projekty na jednotku investice přinesou největší užitek, dále seřadíme projekty dle indexu ziskovosti od nejvyššího po nejnižší a volíme projekty s nejvyšším indexem ziskovosti s ohledem na objem dostupných finančních prostředků. [4, s. 123] Index ziskovosti by měl být vyšší než 1, abychom ho akceptovali. [2, s. 428]

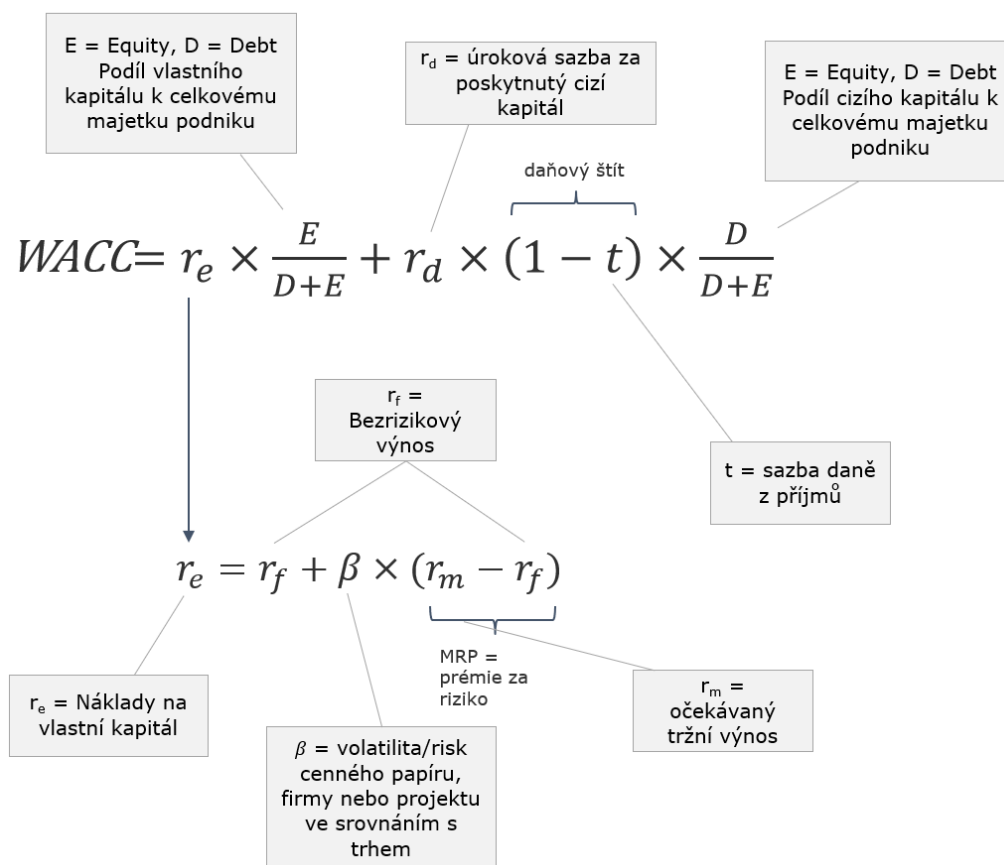
ROVNICE 4 INDEX ZISKOVOSTI

$$PI = \frac{NPV}{Investice} = \frac{\sum_0^T \frac{CF_t}{(1-r)^t}}{CF_0}$$

2.4 Vážený průměr nákladu kapitálu (WACC)

Vážený průměr nákladů kapitálu anglicky weighted cost of capital se používá v případě oceňování metodu DCF entity jako diskont. Představuje vážený náklad kapitálu se zohledněním zastoupení zdrojů kapitálu, jejich nákladu a vzniklého daňového štítu. [3] Předpis pro výpočet WACC píšeme:

OBRÁZEK 3 DEFINICE WACC A JEHO ROZBOR



Zdroj: [6, s. 177], vlastní zpracování

Výpočet WACC lze rozdělit do čtyř následujících kroků:

1. Krok: Určení váhy jednotlivých složek kapitálu
2. Krok: Určení nákladů cizího kapitálu
3. Krok: Určení nákladů vlastního kapitálu
4. Krok: Výsledný výpočet WACC

Jednotlivé kroky výpočtu WACC budou následně rozebrány s ohledem na potřebný detail v této práci. Vzhledem k tomu, že v této práci se jedná o ekonomické hodnocení projektu, u kterého není přesně určena firma, jež ho realizuje a nejsou tak ani známy detaily dostupnosti kapitálu této firmy a její kapitálová struktura, bude výpočet WACC uveden spíše pro úplnost a s určitými předpoklady. V případě oceňování konkrétního podniku by bylo vhodné rozvést výpočet ve větším detailu, což není případ této práce.

1. Určení váhy jednotlivých složek kapitálu

Při určování váhy složek kapitálu bychom neměli vycházet z účetních ale z tržních hodnot kapitálové struktury. Odůvodnění používání tržní hodnoty namísto účetní vychází z faktu, že pro investory představuje náklad kapitálu ušlou příležitost. Při oceňování mají investoři možnost prodat akcie společnosti za tržní nikoliv za účetní hodnotu, proto by se mělo vždy vycházet z hodnoty tržní, protože pro investory představuje ušlou příležitost právě hodnota tržní. Pro úplnost je dobré připomenout, že účetní hodnota představuje historickou hodnotu investice, nikoliv současnou tržní hodnotu. [2, s. 393]

V praxi a některých publikacích se používá cílová struktura kapitálu, která definuje struktury kapitálu v tržních hodnotách pro budoucí období. WACC se používá diskontování budoucích peněžních toků, proto by měl být založen na očekávané kapitálové struktuře v budoucnu. Nemusíme tak nutně vycházet z aktuálních poměrů struktury kapitálu, známe-li budoucí vývoj nebo očekávaný budoucí vývoj této struktury, ten by vždy měl reflektovat finanční možnosti daného podniku. Pro určení cílové struktury kapitálu lze použít některý z následujících přístupů:

- a) Pomocí tržní kapitalizace můžeme odhadnout současnou kapitálovou strukturu podniku.
- b) Zjištěním kapitálové struktury srovnatelných společností.
- c) Zjištění kapitálové struktury žádané vedením.
- d) Vyjít z optimální struktury oceňovaného podniku.

Nejpřesnějším určením vah kapitálových složek je iterační postup, kdy je jako výchozí hodnota odhadovaná struktura kapitálu, pro kterou se určí hodnota podniku a výpočet se poté opakuje, dokud nedojde k ustálení výsledku. [3, s. 244]

2. Určení nákladů cizího kapitálu

Náklady cizího kapitálu zahrnují veškeré úroky související s využitím cizího kapitálu. Vypočteme ho jako vážený průměr **efektivních úrokových sazeb**. V úvahu bereme úroky, disážio a další výdaje. Při výpočtu vycházíme z tržní hodnoty dluhu, tento předpoklad platí i při použití následujícího vzorce. [3, s. 248]

$$D = \sum_{t=1}^n \frac{U_t + S_t}{(1+i)^t}$$

D ... čistá částka peněz získaná půjčkou

U_t ... úrokové platby

S_t ... splátka dluhu za dohodnutý časový interval

n ... počet období plateb

i ... hledaná úroková míra, výše efektivního úroku dluhu

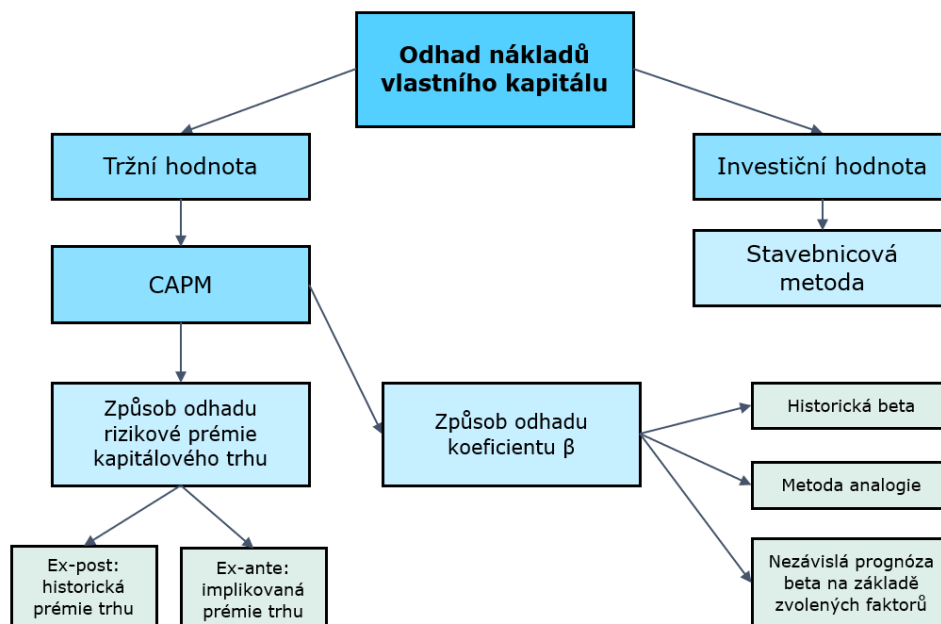
3. Určení nákladů vlastního kapitálu

Určit náklady vlastního kapitálu lze řadou přístupů, z nichž nejčastěji používaným přístupem je pomocí modelu CAPM (Capital Asset Pricing Model). Do výpočtu vstupují tři veličiny: bezrizikový výnos, beta koeficient projektu/podniku a očekávaný tržní výnos. Výnosy vlastního kapitálu dle CAPM předepisuje následující vzorec.

$$r_e = r_f + \beta \times (r_m - r_f)$$

Metody určené jednotlivých veličin popisuje následující text, pro přehlednost je doplněn i diagram možných přístupů určení nákladů vlastního kapitálu.

OBRÁZEK 4 DIAGRAM METOD URČENÍ NÁKLADŮ VLASTNÍHO KAPITÁLU



Určení bezrizikového výnosu

Mařík, stejně jako zmiňuje i zahraniční literatura, doporučuje jako bezrizikový výnos použít výnosy amerických T-Bonds, tedy výnosy do doby splatnosti se zbývající splatností minimálně 10 let. Vzhledem k tomu, že výpočet slouží pro určení ušlé příležitosti investora, lze jako bezrizikový výnos považovat i zahraniční investice, vzhledem k tomu, že i investoři v České republice mohou investovat do amerických dluhopisů (to může být ovlivněno i preferencemi investora). Při použití zahraničních dluhopisů je potřeba myslet i na zajištění oproti změně měnového kurzu.

Beta koeficient

Beta koeficient lze odhadnout způsoby zmíněnými na Obrázek 4, na základě historických dat, metodou analogie, na základě analýzy působících faktorů.

Beta koeficient vyjadřuje závislost mezi výnosy daného aktiva oproti výnosnosti tržního portfolia. Beta koeficient lze určit na základě regresní analýzy výnosů daného aktiva oproti výnosům trhu. Dále v práci je beta koeficient určen na metodou analogie.

Určení tržního výnosu

Tržní výnos představuje výnos rizikem zatíženého tržního portfolia. Hodnotu můžeme určit Ex-post nebo Ex-ante. V případě Ex-post vycházíme z průměrné hodnoty výnosů let v historii, kdy předpokládáme, že v budoucnosti bude výnos přibližně podobný jako v letech minulých. Výpočet metodou Ex-ante je založen na vztahu pro výpočet ceny akcie na trhu, z čehož lze dále určit i prémii za riziko kapitálového trhu. [3, s. 260] Dále v praktické části práce je použita metoda Ex-ante.

2.5 Určení nákladů kapitálu pro samostatný projekt

Při hodnocení jednotlivých projektů, jako v případě projektu hodnoceného v této práci, se porovnává náklad kapitálu dané společnosti spojený s určitým rizikem společnosti oproti riziku daného projektu. Tato kapitola blíže popisuje tento přístup k hodnocení rizik samostatných projektů.

U projektů rozlišujeme následující rizika:

- 1. Riziko projektu:** jedná se o riziko, které by měla firma v případě, že by to byl její jediný projekt. Tento typ rizika určíme na základě směrodatné odchylky očekávaných peněžních toků projektu.
- 2. Firemní riziko/vnitrofiremní riziko:** jedná se o riziko z pohledu firmy na celé portfolio projektů dané společnosti – dojde tak k diverzifikaci některých rizik.
- 3. Tržní riziko/beta riziko:** představuje koeficient beta daného projektu. Při zahrnutí do firemního portfolia se beta koeficient přidává do celkového rizika firmy. [2, s. 398]

ROVNICE 5 URČENÍ CELKOVÉHO BETA KOEFICIENTŮ ZE VŠECH PROJEKTŮ V PORTFOLIU

$$\beta_{celková} = \frac{P_A}{P_{Celk}} \times \beta_A + \frac{P_B}{P_{Celk}} \times \beta_B + \frac{P_C}{P_{Celk}} \times \beta_C$$

β_A ... beta koeficient projektu A

P_A ... podíl projektu A v portfoliu

$\beta_{celková}$... beta koeficient portfolia

P_{celk} ... objem celého portfolia

Při hodnocení rizika samostatného projektu je v prvním kroku určen náklad kapitálu pro celou společnost. Dále se vyhodnotí všechny tři typy rizika u projektů celého portfolia společnosti. Samostatně hodnocenému projektu se dále určí míra rizika projektu. Dále jsou porovnány rizika mezi projekty celého portfolia a hodnoceného projektu. Můžeme využít například stupnici jako nízké, středné a vysoké riziko. Po zaražení hodnoceného projektu do jedné z kategorií určíme, jakou míru rizika má projekt vzhledem k ostatním projektům v portfoliu.

Pokud je například WACC společnosti zahrnující všechny projekty 8 %, považujeme 8 % za požadovaný výnos středně rizikového projektu. Pro projekt s nízkým rizikem je požadovaný výnos například 6 % a pro riziko vysoké 10 %. Projekt, u kterého hodnotíme riziko přiřadíme jedné ze skupin a požadovaný výnos tak upravíme buď navýšením nebo snížením, abychom zohlednili dopad rozdílného rizika projektu. [2, s. 399]

Analytická část: Vodík a jeho potenciál v ČR

Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole, pro investiční analýzy a investiční rozhodování je nezbytné co nejpřesnější určení budoucích peněžních toků vzhledem k riziku, které projekt nese. Za účelem určení těchto stěžních vstupů do investičního rozhodování je potřeba detailně pochopit odvětví, ve kterém se projekt nachází. Analyzovat nejen projekt jako takový, ale také dané odvětví a možné scénáře jeho vývoje. Touto činností se zabývá právě Analytická část práce.

3 Využití vodíku a jeho potenciál

Celosvětově je vodík využíván v řadě odvětvích, především pak v chemickém průmyslu. V souvislosti s energetickou transformací se nově o vodíku začíná uvažovat jako o možnosti skladování energie a potenciálního použití v dalších odvětvích, než byl používán doposud.

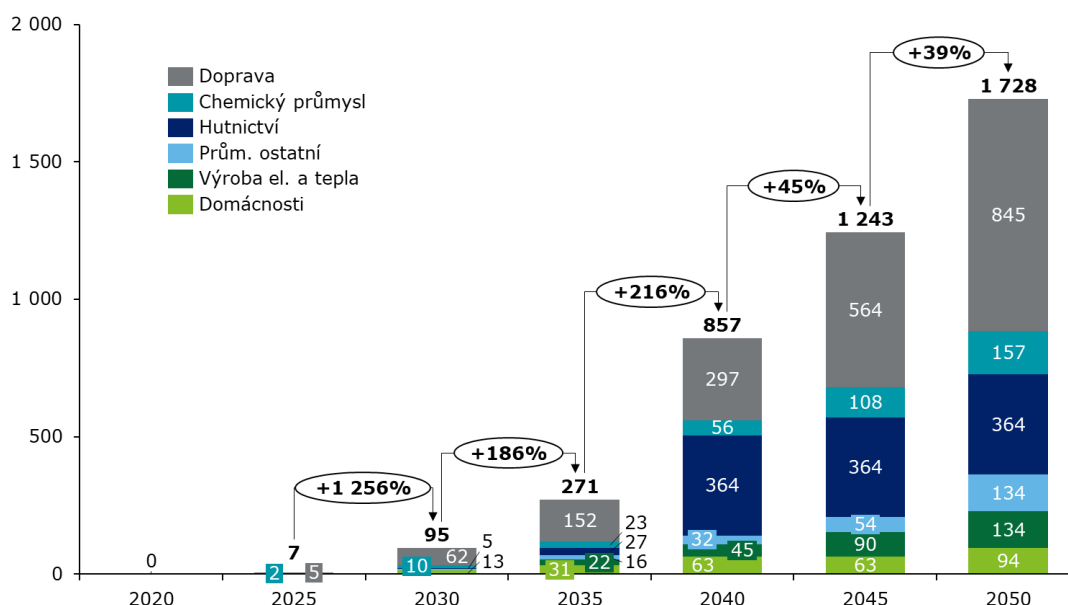
3.1 Vodík v České republice

Na území České republiky vznikají první iniciativy rozvoje a strategického plánování integrace vodíkových technologií. V srpnu roku 2021 proběhla vodíková konference České republiky, která ukázala, že Česká republika má zájem podílet se na rozvoji těchto technologií. V souvislosti s konferencí vznikla také první ucelená Vodíková strategie České republiky, která určuje první představy o rozvoji vodíku na území ČR (její rozbor níže). Strategie byla vypracována Ministerstvem průmyslu a obchodu, které zamýšlí její pravidelnou aktualizaci. [7]

3.1.1 Vodíková strategie České republiky

Dokument je tvořen v souladu s Evropskou vodíkovou strategií, která byla popsána v kapitole 3.2.

Prognóza růstu spotřeby nízkouhlíkového vodíku dle odvětví (tis. tun)



Zdroj: MPO, 2021, vlastní zpracování

Vodíková strategie předpokládá, že do roku 2050 bude spotřeba nízkouhlíkového vodíku na území ČR přes 1700 tun ročně. Při výrobě vodíku elektrolýzou by bylo potřeba k tomuto množství 95 TWh elektrické energie (tento údaj je zajímavý ve spojení s cílem elektrifikace automobilové dopravy, která navýší celkovou potřebnou elektrickou energii podobným způsobem). Možnou alternativou je dovezení vodíku ze zahraničí. [7, s. 24]

3.2 Rozvoj vodíku z pohledu EU

Výroba vodíku není aktuálně ekonomicky konkurenceschopná, cílem EK je vodík dostat do pozice konkurenceschopného zdroje. EK dělí strategické kroky do třech fází.¹ Tyto kroky by se měly významně podílet na zvýšení produkce vodíku, jeho dostupnosti (fyzické i finanční) a tím mít zásadní vliv na rozvoj vodíku v dopravě (European Commission, COM (2020) 301 final, A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe, 2020).

3.2.1.1.1 Fáze I: 2020 až 2024

Cíl: Elektrolyzéry pro výrobu vodíku z obnovitelných zdrojů o výkonu alespoň 6 GW a zahájit výrobu až do výše 1 milionu tun vodíku z obnovitelných zdrojů.

Popis: V první fázi by mělo dojít k uspokojení nejnáročnějších průmyslových procesů a nákladní dopravy (vlaky, kamiony a autobusy). Klíčový rozvoj bude především v průmyslových zónách, které jsou již na výrobu vodíku uzpůsobeny, ale nemají například dostatečné technologie nebo obnovitelné zdroje, ze kterých by se vodík mohl vyrábět.

V tomto období nebude ještě vytvořena dostatečná infrastruktura pro rozvod vodíku a zásobování všech regionů, proto se uvažuje především lokální výroba a spotřeba vodíku. Zároveň by v tomto období mělo docházet k plánování infrastruktury a začátkům výstavby.

Velké změny se plánují také na legislativní úrovni, kde všechny státy EU vytvoří svojí vodíkovou strategii (některé již vytvořily) a následně blíže definují vodíkové technologie v zákonech. S tím vznikne celá řada podpůrných investičních programů, jak na stát, tak na evropské úrovni. [8]

3.2.1.1.2 Fáze II: 2025 až 2030

Cíl: Vodík se stane neodmyslitelnou součástí integrovaného energetického systému se strategickým cílem instalovat v EU do roku 2030 elektrolyzéry pro výrobu vodíku z obnovitelných zdrojů o výkonu alespoň 40 GW a zahájit výrobu až do výše 10 milionů tun vodíku z obnovitelných zdrojů.

Popis: V této fázi by se měl vodík postupně rozšiřovat do dalších oblastí, jako jsou další sektory dopravy nebo těžký průmysl (například výroba oceli). Role vodíku jako úložiště energie by měla být nejen v krátkodobém horizontu ale také v horizontu dlouhodobém (například ukládání z letních měsíců do zimních měsíců). Zásobování vodíkem bude stále převážně na lokální úrovni, nicméně cílem EU je do roku 2030 vytvořit otevřený a konkurenceschopný trh s vodíkem. [8]

3.2.1.1.3 Fáze III: 2030 až 2050

Cíl: Technologie pro výrobu vodíku z obnovitelných zdrojů by měly dosáhnout vyspělosti a být zavedeny ve velkém rozsahu tak, aby se rozšířily do všech odvětví, v nichž je dekarbonizace obtížná, kde jiné alternativy nemusí být proveditelné nebo jsou nákladnější.

Popis: V této fázi musí výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů masivně vzrůst, protože do roku 2050 by na výrobu vodíku z obnovitelných zdrojů mohla být využívána přibližně čtvrtina elektřiny z obnovitelných zdrojů. Zejména vodíková paliva a syntetická paliva odvozená od vodíku, která mají uhlíkově neutrální CO₂, by mohla ve větší míře proniknout do širšího spektra hospodářského odvětví,

¹ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

od letecké a lodní dopravy po průmyslové a komerční budovy, v nichž je dekarbonizace obtížná. Při nahrazování zemního plynu v zařízeních na výrobu vodíku se zachycováním a ukládáním uhlíku za účelem dosažení negativních emisí může také sehrát roli udržitelný bioplyn, za podmínky, že se zabrání úniku biometanu a pouze v souladu s cíli v oblasti biologické rozmanitosti a zásadami uvedenými ve strategii EU v oblasti biologické rozmanitosti do roku 2030. [8]

3.2.1.2 Investiční programy a stimulační integrace vodíkových technologií

EK navrhuje do roku 2030 významné investiční stimuly právě vodíkových technologií, jen podpora technologie elektrolyzérů by mohla být 24 až 42 miliard EUR. Dále EK zamýšlí navýšení výrobní kapacity solárních a větrných elektráren na 80 až 120 GW, které by měly být připojeny přímo k elektrolyzérům na výrobu vodíku (zamýšlená investiční alokace představuje 220 až 340 miliard EUR).

Druhým pilířem investičních programů jsou programy zaměřené na stranu spotřeby, ty se budou týkat například transformace dosluhujících fabrik těžkého průmyslu na vodíkové technologie nebo výstavbu čerpací infrastruktury pro vodíková vozidla. Celková investiční podpora výstavby čerpací infrastruktury by se mohla dostat až na 1 miliardu EUR.

Konkrétní kroky a detailní vymezení podmínek bude ještě diskutováno a upřesněno. Je snahou, aby podpory byly co nejefektivněji mířené a přinesli spravedlivou transformaci. Další podpora je zamýšlena na straně poptávky a zvyšování produkce. [8]

3.3 Využití vodíku v dopravě

Technologie palivový článek představují možnost využívání vodíku v dopravě a dekarbonizovat tak jedno z neznečišťujících odvětví aktuální energetiky (přes 20 % světového GHG emisí). Budeme-li hovořit o silniční dopravě, dosavadních komparace naznačují, že by vodík měl napomoci především u těžkých nákladních aut, jako jsou kamiony, autobusy a další přepravní vozidla. International energy agency dokonce zelený vodík označuje za nezbytnou technologii v dosažení dekarbonizace transportu. [9]

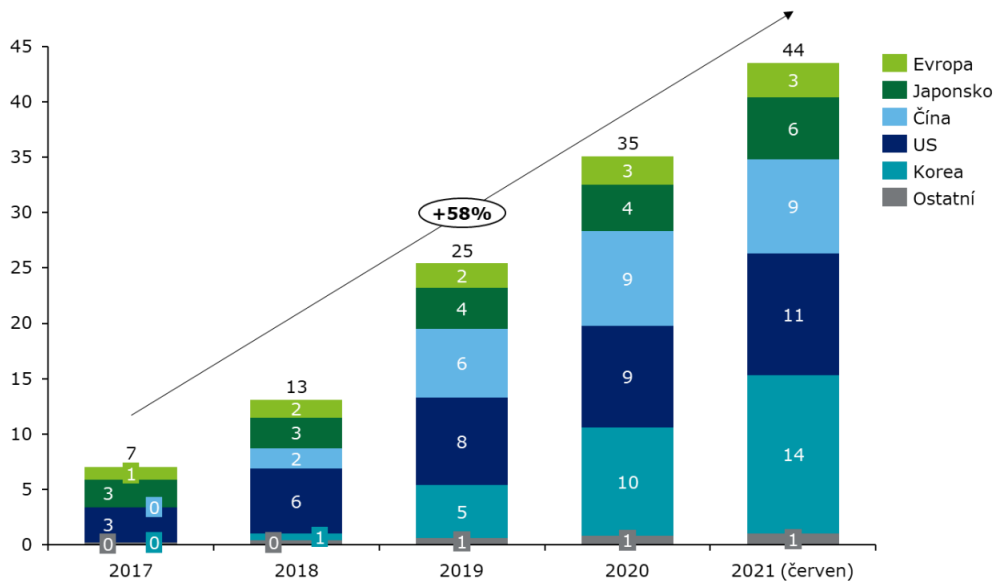
3.3.1.1 Silniční doprava

V případě EVs rostoucí hmotností vozidla narůstá velikost potřebné baterie a tím se opět výrazně navyšuje hmotnost, cena a roste také čas nabíjení. Tento problém by mělo řešit právě FCEV², kde je možnost do nádrže stlačit dostatečné množství vodíku a s rostoucí hmotností vozidla se nároky na nádrž nemění tak výrazně jako v případě BEV. [10, s. 32]

Na konci června 2021 bylo celosvětově více než 40 000 FCEVs, jejich počet narůstá od roku 2017 o 56 % meziročně po celém světě. Stejným tempem bychom mohli očekávat přibližně 270 tisíc vozidel v roce 2025 a 2 700 000 vozidel v roce 2030 na celém světě (Vodíková strategie ČR očekává rychlejší tempo růstu).

² Fuel cell electric vehicles = automobil na vodíkový pohon

Světový počet FCEVs (tis. Ks)



Zdroj: IEA, 2022, vlastní zpracování

3.3.1.2 Železniční doprava

Další možné využití vodíku v dopravě je využití na pohon vlaků, v místech, kde není běžné elektrické vedení a doposud zde jezdily vlaky na diesel. Server Alstom.com prezentuje projekt prvního vlaku na světě, který je poháněn vodíkovou technologií. V roce 2018 byl první vlak na vodík spuštěn v Německu a později začaly další startovní projekty v ostatních zemích, jako je Rakousko, Velká Británie a Holandsko. [11]

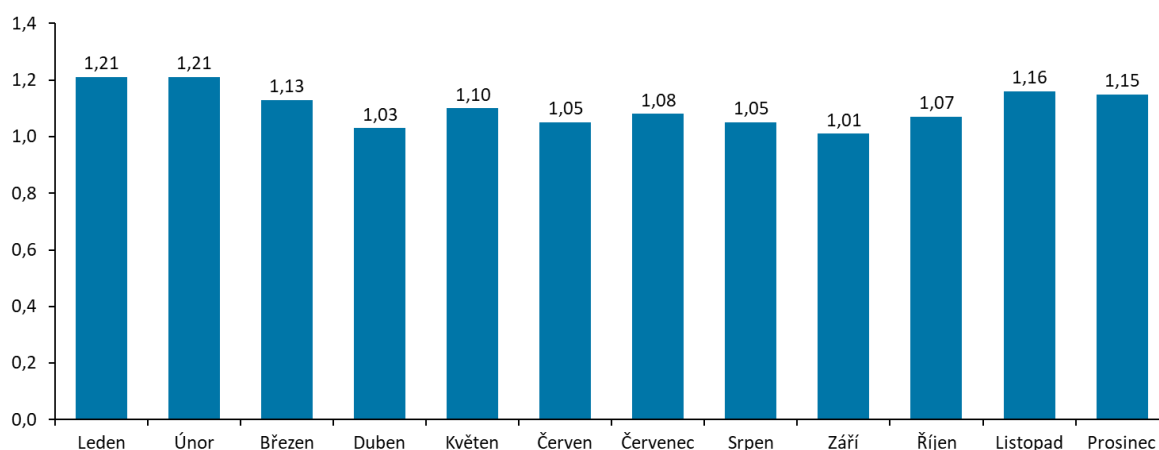
Novinový článek serveru Frankfurter ohlásil, že průkopníkem vlakové dopravy na vodík bude již v příštím roce právě Německo ve městě Frankfurt, kde má do konce roku 2022 jezdit 27 nových vodíkových vlaků. [12]

3.4 Předpokládaná spotřeba zeleného vodíku na území ČR

Studie provedená na podnět CDV (Centrum dopravního výzkumu), jež se zabývala zkoumáním spotřeby vodíkového automobilu, uvádí spotřebu FCEV. Článek shrnuje spotřebu vodíku jednotlivých vozidel udávanou výrobcem. Toyota uvádí průměrnou spotřebu **0,8 kg H₂/100 km**, u modelu Mirai uvádí **0,89 kg H₂/100 km** a Hyundai uvádí **0,95 až 0,96 kg H₂/100 km**. [13]

Studie dále zkoumá data spotřeby z databáze Spritmonitor.de, kde se nachází soubor několika milionů záznamů o uživatelích FCEV a spotřeby jejich vozidel. Na základě analýzy těchto dat je uveden následující graf.

GRAF 3 PRŮMĚRNÁ SPOTŘEBA FCEV KG H₂/100 KM



Zdroj: Energie21.cz, 2022, vlastní zpracování

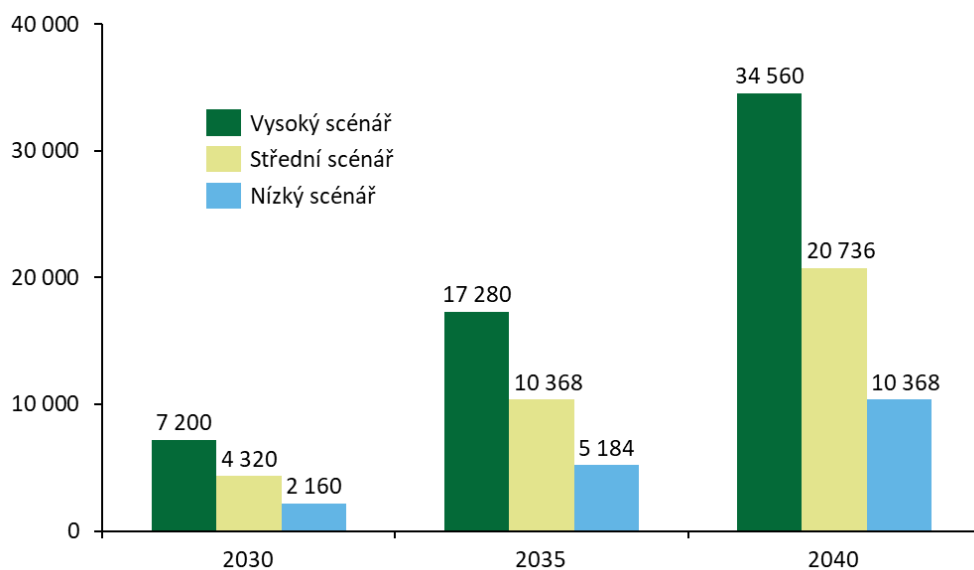
Spotřeba FCEV se během roku mění v závislosti na potřebě využívání klimatizace nebo vytápění. To vysvětluje i nejnižší spotřebu během září a dubna, kdy potřeba vytápět či chlady vůz je minimální. Na základě zkoumaných dat studie určuje celkovou průměrnou spotřebu vodíku sledovaného vzorku na **1,1 kg H₂/100 km**.

Jak bylo zmíněno v předchozích kapitolách, Ministerstvo dopravy očekává v roce 2030 přibližně **30 000 až 50 000 FCEV**. Vodíková strategie ČR zmiňuje počet podle NAP CM **45 000 vozidel** v roce 2030, **120 000** v roce 2035 a v roce 2040 odhaduje **240 000 FCEV**. [14]

Roční nájezd osobního mobilu se pohyboval v roce 2019 kolem **10 000 km** ročně, v případě firemního vozidla se může jednat i o **20 000 km**. Vzhledem k povaze zkoumané investice je vhodné do výpočtu zařadit především spotřebu automobilů pro osobní a firemní účely. Nákladní auta, například kamiony, které se pohybují po celé Evropě neodráží lokální spotřebu vodíku, která je hlediska hodnocení investice podstatná. [15, s. 19]

Při uvážení výše uvedených dat lze dopočítat následující graf. Z pohledu praktické části práce bude spotřeba vodíku důležitá v otázce dostatečného odbytu vyrobeného H₂.

GRAF 4 PRŮMĚRNÁ ROČNÍ SPOTŘEBA H₂ V ČR V SEKTORU OSOBNÍ DOPRAVY (TUN/ROK)

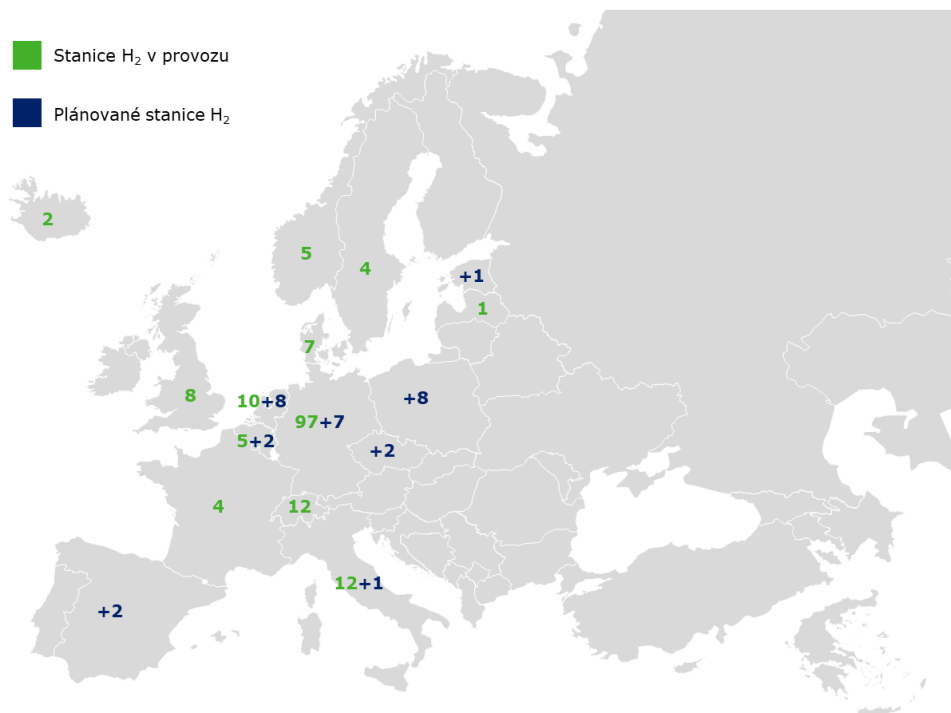


Zdroj: vlastní výpočty

3.5 Vodík v Evropě a jeho cena

Webové stránky h2.live uvádí aktuální počet čerpacích stanic vodíku v Evropě včetně plánovaných stanic k výstavbě. U některých čerpacích stanic je uvedena také prodejní cena kilogramu vodíku. V říjnu 2022 je prodejní cena kilogramu vodíku na čerpací stanici v Německu **12,85 EUR/kg**, to představuje při aktuálním kurzu 24,6 Kč přibližně **316 Kč** za kilogram H₂.

OBRÁZEK 5 POČET ČERPACÍCH STANIC H₂ V PROVOZU A PLÁNOVANÉ STANICE V EVROPĚ



Zdroj: h2.live (říjen, 2022)

3.6 Porovnání vodíku s konvenčními palivy

Vodík jako palivo se uvažuje primárně v dopravě nákladní, případně ve vlacích a osobní dopravě. Pokud budeme chtít určit přibližnou prodejní cenu vodíku, tato cena by určitě neměla být vyšší, než je cena substitutů. V tomto případě za substituty považujeme dopravu za využití běžných paliv jako je nafta a benzín. Za určením přibližné prodejní ceny vodíku můžeme uvažovat následující výpočet.

Jak popisuje kapitola 3.4 Předpokládaná spotřeba zeleného vodíku na území ČR, aktuální spotřeba vodíkových vozidel na 100 km představuje 1,1 kg vodíku. Při výpočtu průměrné spotřeby vozidla na 100 km jsem vyšel z dat uvedených na webu kurzy.cz, průměrná spotřeba benzínu na 100 km vychází na **7,1 l/100 km**. [16] Na začátku roku 2023 se ceny benzínu pohybovaly na úrovni 35-37 Kč za litr. Při úvaze ceny 36 Kč za litr benzínu jsou náklady na 100 km přibližně 260 Kč. Při úvaze této ceny by konkurenční prodejní cena vodíku musela být nižší než **236 Kč za kilogram vodíku**.

Výpočet nezohledňuje fakt, že využití vodíkového automobilu při použití zeleného vodíku je považováno za bezemisní způsob dopravy (při zohlednění způsobu výroby paliva, nikoli emisí vzniklých jinými aktivitami během výroby vodíku a zařízení k této výrobě potřebného). Fakt bezemisního paliva by mohl být argumentem pro potenciální konkurenční zvýhodnění.

Na přijatelné prodejní ceně vodíku bude zajisté záviset cena pohonných hmot a její vývoj v budoucnu. Od roku 2025 se dle návrhů v balíčku Fit for 55 mají zavést poplatky za vypuštěné emise (podobně jako funguje nyní systém emisních povolenek) také na další sektory, a to sektor budov a dopravy, včetně osobní dopravy. [17] To se může dále také projevit do konkurence schopnosti vodíkové dopravy a akceptovatelné prodejní ceny vodíku.

Další porovnání lze provádět přímo mezi elektromobilem a FCEV. Vzhledem k tomu, že účinnost celého procesu výroby vodíky elektrolýzou vody není vysoká (přibližně 30–40 %). Lze tak předpokládat, že doprava elektrovozidlem bude vždy zvýhodněna. Rozhodující faktory mezi elektromobilem a FCEV budou především pořizovací cena automobilů, hmotnost EV oproti hmotnosti FCEV a cena eklektické energie při výrobě vodíku.

Úvaha v této kapitole a rámcový výpočet možné prodejní ceny vodíku je použit v kapitole 5.2.4 při určování prodejní ceny vodíku použité v ekonomickém modelu projektu.

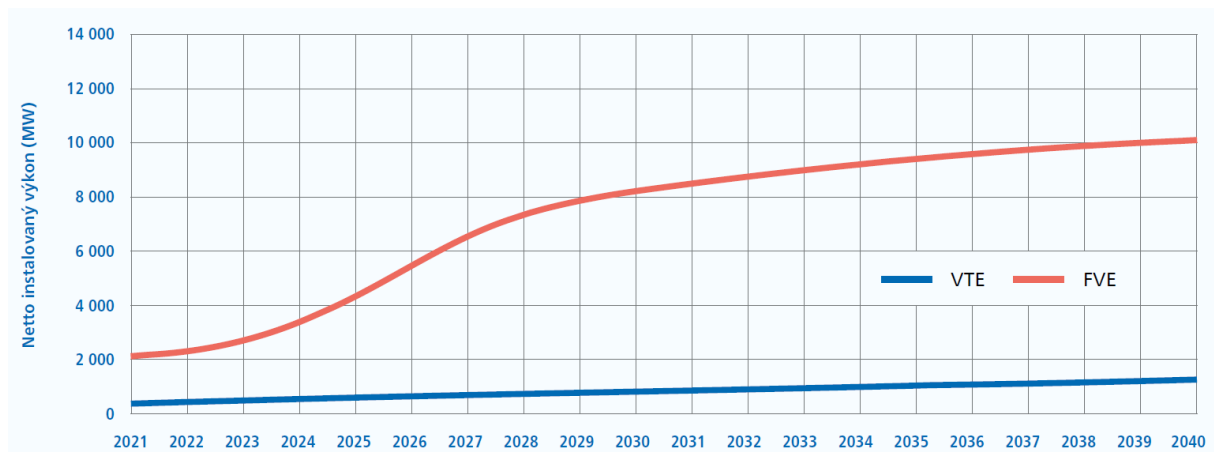
3.7 Rozvoj FVE v České republice do roku 2030

Pro určení parametrů v ekonomickém modelu je dále klíčové rámcově pochopit vývoj energetického mixu v České republice. Operátor přenosové sítě ČEPS publikoval analýzu vývoje zdrojového mixu v České republice ve střednědobém horizontu. Podle analytiků ČEPS se v ČR do roku 2030 postaví až 8 000 MW nových fotovoltaických elektráren a 1 200 MW systémů skladování energie v bateriích.

Z dat uvedených ve studii lze předpokládat, že růst zastoupení FVE v energetickém mixu zvýší potřebu kapacit ukládání energie, což je v souladu s výše uvedenou predikcí 1 200 MW systémů skladování energie v bateriích. Systém na výrobu vodíku je jednou z možností ukládání energie. [18]

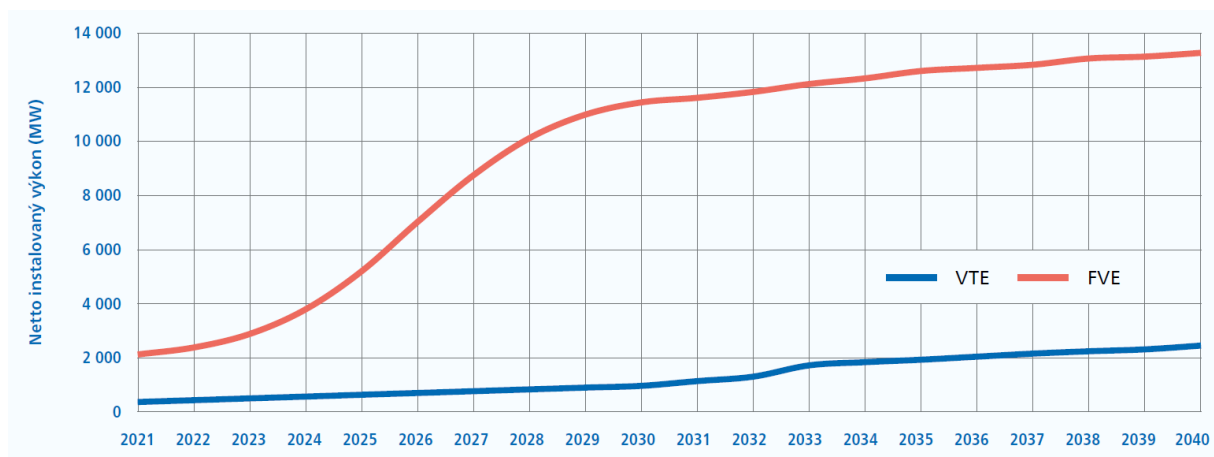
Data studie MAF CZ byla dále použita při úvaze nad budoucím stavem trhu s energií a modelování ceny elektrické energie v ekonomickém modelu.

GRAF 5 INSTALOVANÝ VÝKON FOTOVOLTAICKÝCH A VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN – REALISTICKÁ PREDIKCE



Zdroj: Hodnocení zdrojové přiměřenosti ES ČR do roku 2040 (MAF CZ), 2021, str. 18

GRAF 6 INSTALOVANÝ VÝKON FOTOVOLTAICKÝCH A VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN – PROGRESIVNÍ PREDIKCE



Zdroj: Hodnocení zdrojové přiměřenosti ES ČR do roku 2040 (MAF CZ), 2021, str. 18

Praktická část: Ocenění projektu

Praktická část práce popisuje návrh systému výroby vodíku a jednotlivých komponent. Dále je popsán ekonomický model zařízení, jeho předpoklady a výstupy.

4 Popis systému výroby vodíku a FVE

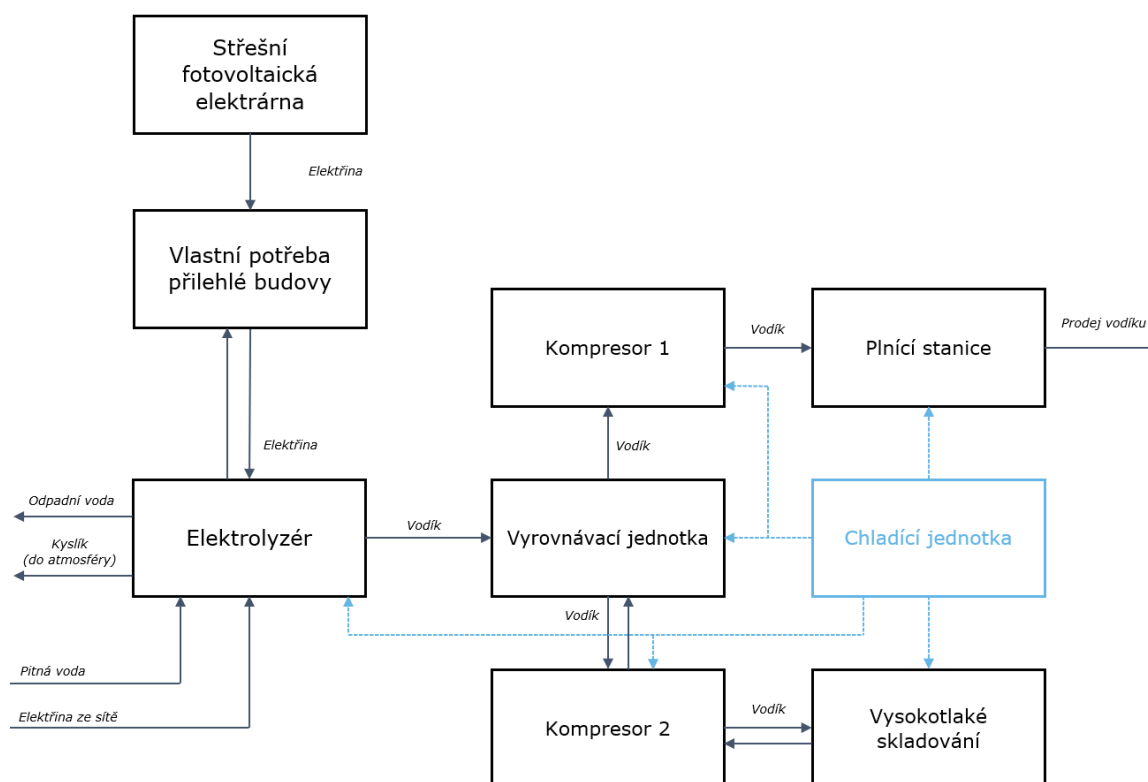
Zamýšlený návrh systému obsahuje fotovoltaickou elektrárnu, která se nachází na střeše průmyslového objektu. Vyrobená elektrická energie z této elektrárny je přímo odebírána daným objektem. V případě, že není veškerá elektrická energie spotřebována přímo, je dále využita v elektrolyzáru na výrobu vodíku přímo v blízkosti výroby elektrické energie.

Elektrolyzář vyrábí vodík z elektrické energie, která nebude spotřebována v průmyslové budově. Podle ekonomické výhodnosti je vodík vyráběn i odběrem elektrické energie ze sítě. Během reálného provozu zařízení by odběr elektrické energie ze sítě pro výrobu vodíku záležel především na reálném odbytu vodíku, naplnění zásobníků a prodejní ceně vodíku v souvislosti s cenou elektrické energie. Model prodeje vodíku předpokládá prodej veškerého vyrobeného vodíku, tento předpoklad je blíže popsán v kapitole 6.1.

Návrh systému není konkretizován z pohledu umístění. Jeho provedení by ale bylo možné v lokalitách, které splňují následující parametry:

1. Dostatečně velký střešní prostor pro umístění střešní fotovoltaické elektrárny daného výkonu.
2. Blízkost provozu objektu, který může odebírat elektrickou energii vyrobenou prostřednictvím FVE.
3. Blízkost pozemních komunikací, kde může snadno docházet k prodeji vyrobeného vodíku vysokou fluktuací vozidel.

OBRÁZEK 6 BLOKOVÉ SCHÉMA SYSTÉMU VÝROBY VODÍKU



Zdroj: vlastní zpracování

4.1 Vzniklé úspory z přepravy vodíku

Popsaný systém intuitivně vytváří další ekonomické úspory v řetězci výroby vodíku. Běžný koncept výrobu vodíku uvažuje následující schéma na Obrázek 7, výroba vodíku probíhá v místě výroby elektrické energie, kde je vodík skladován a následně distribuován prostřednictvím nákladní dopravy (cisternami určenými na přepravu vodíku) na místo prodeje vodíku (čerpací stanice). Na čerpací stanici je vodík dále skladován, dokud nedojde k jeho prodeji. [19]

OBRÁZEK 7 SCHÉMA BĚŽNÉHO ŘETĚZCE VÝROBY VODÍKU



Zdroj: vlastní zpracování

Navrhovaný systém výroby vodíku v této práci přeskakuje nutnost přepravy vodíku a jednoho skladování. Z tohoto hlediska by měla vznikat již na začátku projektu konkurenční výhoda oproti odlehlým FVE elektrárnám, u kterých vzniká dodatečná potřeba vodík dopravit na čerpací stanici. V celém řetězci tak vznikají dodatečné náklady na přepravu, které se projeví do výsledné ceny vodíku. V zamýšleném případě se výrobní řetězec zužuje na následující schéma, dochází tak k nákladovým úsporám.

OBRÁZEK 8 SCHÉMA ŘETĚZCE VÝROBY VODÍKU S PRODEJEM VODÍKU V MÍSTĚ VÝROBY



Zdroj: vlastní zpracování

Porovnáme-li výše uvedená schémata, hlavním rozdílem je snížení nákladů na skladování vodíku po výrobě a přepravu vodíku. Skladování vodíku po výrobě představuje především náklady na vybudování skladovacích prostor (kompresory, skladovací nádrže) provozní náklady představují náklady na provoz a údržbu zařízení (především vlastní spotřeba elektrické energie). Pro přepravu vodíku je potřeba zajistit cisternu umožňující přepravu vodíku a profesionálního řidiče. Všechny tyto náklady při lokální výrobě vodíku zanikají.

4.2 Technická data a nacenění fotovoltaické elektrárny

Pro projekt je uvažována střešní fotovoltaická elektrárna o celkové rozloze 2 ha – to odpovídá rozměrům průmyslových hal. Technické parametry instalace vychází z technické dokumentace poskytované výrobcem. V ceníku jsou zahrnuty také hliníkové konstrukce potřebné k umístění fotovoltaických panelů na střechu. Dále jsou zahrnuty veškeré náklady na přepravu a montáž. Celková suma už tak odpovídá celkovým CAPEX, které jsou potřeba pro zprovoznění střešní FVE.

Popis fotovoltaického panelu:

Typ modulu:	CS3W-450MS
Výkon modulu:	450 Wp
Výška modulu:	2,108 m
Šířka modulu:	1,048 m
Plocha modulu:	2,209 m ²
Životnost:	20 let

Technické parametry k celkové ploše instalace:

Střešní plocha dostupná k instalaci FVE	20 500 m ²
Počet modulů instalace	9 050
PV maximální výkon:	4 073 kWp
Odhadovaný roční energetický zisk (PV GIS):	3 792 MWh

Cena jednotlivých položek FVE instalace (ceny k roku 2022):

FVE moduly	38 400 000 Kč
FV měniče	800 000 Kč
AL-konstrukce	6 900 000 Kč
Kabely a konektory	4 000 000 Kč
Instalační materiál, rozvaděče, svodiče	10 200 000 Kč
Montáž, zprovoznění, zkoušky	6 000 000 Kč
Celkem	66 300 000 Kč

Zdroj: [20],2022

4.3 Technická data a nacenění výroby vodíku

Základní specifikace elektrolyzáru PEM

Vhodným příkladem technické stránky provedení i stránky uživatelské přívětivosti je elektrolyzáru PEM v kontejneru od společnosti Nel. Provedení elektrolyzáru, zabalením do kontejneru, rozšiřuje možná místa jeho instalace – možnost venkovní instalace, minimalizace potřebného místa pro instalaci. Při provozu elektrolyzáru je potřeba zajistit oprávnění nakládat s chemickými látkami a zabezpečit možná rizika v případě havárie, provedení zmíněného elektrolyzáru umožňuje tyto požadavky naplnit snadněji. Elektrolyzáru tak lze umístit v blízkosti větších parkovišť nebo jiných dopravě frekventovaných míst.³ Bližší technické porovnání variant elektrolyzáru a jejich možné použití je popsáno v Kapitole **Error! Reference source not found..**

OBRÁZEK 9 NEL ELEKTROLYZÉR TYPU PEM V KONTEJNERU



Zdroj: nelhydrogen.com, ilustrační obrázek

Konkrétní technické parametry dále vstupující do technických výpočtů v modelu jsou uvedeny v následující tabulce. Jedná se především o primární technické parametry, které jsou potřeba pro další modelové kalkulace.

³ Tato informace byla poskytnuta na základě rozhovoru s odborníkem v oblasti vodíkových instalací.

TABULKA 4 TECHNICKÉ PARAMETRY ELEKTROLYZÉRU PEM

Veličina	Hodnota
Kvalita vodíku na výstupu	99,9995 %
Tlak vodíku na výstupu	max. 40 bar
Provozní zatížení	15-100 %
Životnost	80 000 h
Účinnost při plném výkonu	51 kWh/kg
Očekávaná spotřeba vody	13,3 kg H ₂ O/kg H ₂
Požadovaná kvalita vody	pitná voda (WHO standard)
Studený start	<6 min
Teplý start	<1 min
Okolní teplota	-25 °C – 45 °C
Prostorová náročnost	5 m ² /MW
Cena za 100 kW jednotku	2,5 mil. Kč⁴

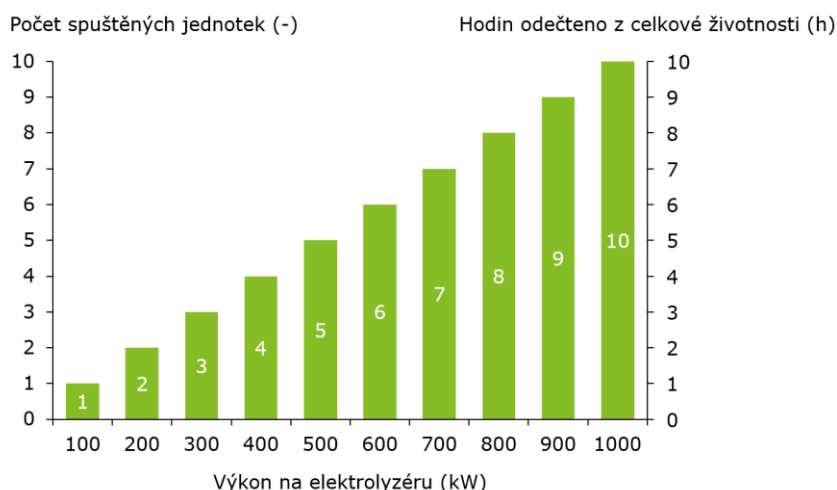
Zdroj: [20],2022

Životnost elektrolyzéro

Celá instalace výroby vodíku se skládá z řady jednotek na výrobu elektrolyzéro. Každá z těchto jednotek má životnost 80 000 hodin. Výše opotřebení jednotek elektrolyzéro odpovídá vždy výkonu vstupujícímu na elektrolyzéro. Při výkonu do 100 kW je spuštěný/opotřebovaný pouze jedna jednotka elektrolyzéro, pro výkon nad 100 až 200 kW jsou opotřebovávány dvě jednotky, nad 200 do 300 kW tři jednotky a tak dále. Celková životnost zařízení se při maximální utilizaci může být 80 000 hodin, při minimální utilizaci (vždy do 100kW) bude životnost elektrolyzéro odpovídat počtu jednotek krát jejich životnost. Následující graf zobrazuje, jak dochází k postupnému spouštění elektrolytických jednotek při různých výkonech.

⁴ Cenová úroveň roku 2022

GRAF 7 ROZPOČTENÍ ŽIVOTNOSTI ELEKTROLYZÉRU V ZÁVISLOSTI NA VÝKONU NA ELEKTROLYZÉRU V DANÉ HODINĚ



Při uvedené životnosti platí, že lze roční snížení životnosti (počtu hodin životnosti) počítat následujícím vzorcem (při předpokladu stejného opotřebení jednotky elektrolyzáru při různém zatížení):

$$\text{Roční pokles životnosti} = \frac{\text{Roční spotřeba elektrické energie zařízením}}{\text{Max výkon jednotky elektrolyzáru}} [h]$$

$$\text{Celková životnost zařízení} = \text{počet jednotek elektrolyzáru} \times \text{životnost jednotky} [h]$$

S životností elektrolyzáru souvisí také změna jeho účinnosti výroby elektrické energie, která se v čase mění maximálně však ve výši 1 % roční degradace účinnosti. Tento efekt je dále v ekonomickém modelu zanedbán.

Základní specifikace vyrovnávací nádrže

V systému jsou zařazeny vyrovnávací nádrže/zásobníky. Ty se nachází mezi elektrolyzérem a kompresorem a slouží k vyrovnání tlaků v soustavě.

TABULKA 5 TECHNICKÉ PARAMETRY VYROVNÁVACÍ NÁDRŽE

Veličina	Hodnota
Nejvyšší dovolený tlak PS:	40 bar
Provozní teplota:	-25 /+100 ° C
Objem zásobníku:	8 m ³
Kapacita skladovaného vodíku:	15 kg
Cena	5 000 000 Kč

Zdroj: [20],2022

Základní specifikace kompresoru

Kompresory v uvažovaném projektu jsou zvoleny tak, aby byly schopny uskladnit vodík do vysokotlaké skladovací nádrže a plnicí stanice pro automobily. Vodík vstupuje do kompresoru z vyrovnávací jednotky a vystupuje do vysokotlakového úložiště nebo do plnicí stanice (viz. schéma systému).

OBRÁZEK 10 KOMPRESOR VODÍKOVÉHO SYSTÉMU



Zdroj: nelhydrogen.com, ilustrační obrázek

TABULKA 6 TECHNICKÉ PARAMETRY KOMPRESORU

Veličina	Hodnota
Objemový průtok:	60 kg/h
Vstupní tlak:	20 bar
Výstupní tlak:	200 bar
Cena	8 000 000 Kč

Zdroj: [20],2022

Základní specifikace plnicí stanice vodíku

Plnicí stanice vodíku umožňuje dobíjet vodíkové automobily, autobusy i kamiony. Prakticky se jedná o část zakončující celý proces výroby vodíku. V plnicí stanici je místo, kde je vodík předán zákazníkovi. Na trhu jsou dostupná různá provedení – primárně se liší ve výstupním tlaku, který má vliv na rychlost natankování vozidla.

OBRÁZEK 11 PLNICÍ STANICE NEL



Zdroj: nelhydrogen.com, ilustrační obrázek

TABULKA 7 TECHNICKÉ PARAMETRY PLNICÍ STANICE

Veličina	Hodnota
Min. vstupní tlak	20 bar
Max. výstupní tlak	700 bar
Plnicí výkon pro min. vstupní tlak (20 bar)	min. 15 kg/ hod.
Vstupní el. přípojka	90 kW / 400 V / 50 Hz TN-S
Uvažovaná kapacita nádrže nákladní vozidla	25-35 kg
Uvažovaná kapacita nádrže osobní vozidla	3-6 kg
Cena	25 000 000 Kč

Zdroj: [20],2022

Základní specifikace vysokotlakého skladování

K vysokotlakému skladování vodíku lze použít tlakové lahve umístěné v úložném kontejneru. Běžně se používají nádoby o tlaku 200, 350, 700 a 900 bar. S rostoucím tlakem roste technologická náročnost a zvyšují se pořizovací náklady zařízení. V případě popisované instalace je uvažována skladovací nádrž o tlaku 200 bar s úložnou kapacitou 300 Kg vodíku.



Zdroj: nelhydrogen.com, ilustrační obrázek

Veličina	Hodnota
Skladovací tlak:	200 bar
Provozní teplota:	-25/+75 °C
Skladovací kapacita vodíku:	300 kg
Cena	4 000 000 Kč

Zdroj: [20],2022

Chladicí jednotka

Vzhledem k soustavnému zahřívání komponent systému je potřeba přiřadit chladicí jednotku, která bude zajišťovat vhodnou provozní teplotu jednotlivých prvků. **Cena** za chladicí jednotku pro zmíněnou instalaci by se měla pohybovat v rozmění **1 až 2 mil. Kč**. V modelu je uvažována cena **1,5 mil. Kč**.

5 Ekonomický model

Ekonomický model je postaven na základě všech předchozích kapitol od teoretického rozboru oceňování projektů po analytickou část, kde byla rozebrána možná využití vodíku a jednotlivé komponenty soustavy na výrobu vodíku. Pro zpracování pravděpodobností do ekonomického modelu byl použit doplněk @RISK⁵ do programu MS Excel. Tento doplněk umožňuje definovat různá pravděpodobností rozdělení a během simulace sleduje všechny proměnné, ke kterým zaznamenává výstupy simulace a ty pak lze zpětně analyzovat.

5.1 Logika rozdělení energií při výrobě vodíku

Elektrická energie v celém systému je využívána různými způsoby, které závisí na řadě faktorů, jako je hodinová výroba elektrické energie, cena elektrické energie na trhu, vlastní spotřeba průmyslové budovy, či plnost zásobníků vodíku (plnost zásobníků je v modelu uvažován vždy dostatečná pro výrobu dalšího vodíku). Výpočet pro optimalizaci rozdělení energie pro dosažení maximální ekonomické efektivity systému probíhá v samostatném listu excelového dokumentu, který je nazván „Systém výroby H₂“. Tato kapitola rámcově popisuje logiku těchto výpočtů.

Během zpracování praktické části této práce jsem vypracoval řadu různých logik systému, tak aby bylo dosaženo maximálního ekonomického přínosu, každý z přístupů měl určité výhody a nevýhody. Zvolená logika rozdělení energií je tou, která byla vyhodnocena jako nejvíce efektivní. V původních fázích práce jsem se zaměřoval spíše na primární výrobu vodíku z elektrické energie vyrobené ve FVE, během výpočtů se ukázalo, že větší přínos má primární pokrytí vlastní spotřeby a následná výroba vodíku. V praxi by se tato logika dala dále větvit a rozšiřovat o specifické podmínky, které v tomto investičním rozhodování nemá smysl modelovat, ve výsledku by však mohly ještě zvýšit ekonomickou efektivitu celého systému.

Popis systému – modelový den výroby

Následující Graf 8 zobrazuje vzorový den pro demonstraci výpočtů náhodně zvolený den 20.8., jedná se o letní den, výroba FVE tak bude dostatečná pro znázornění rozdělení energie.

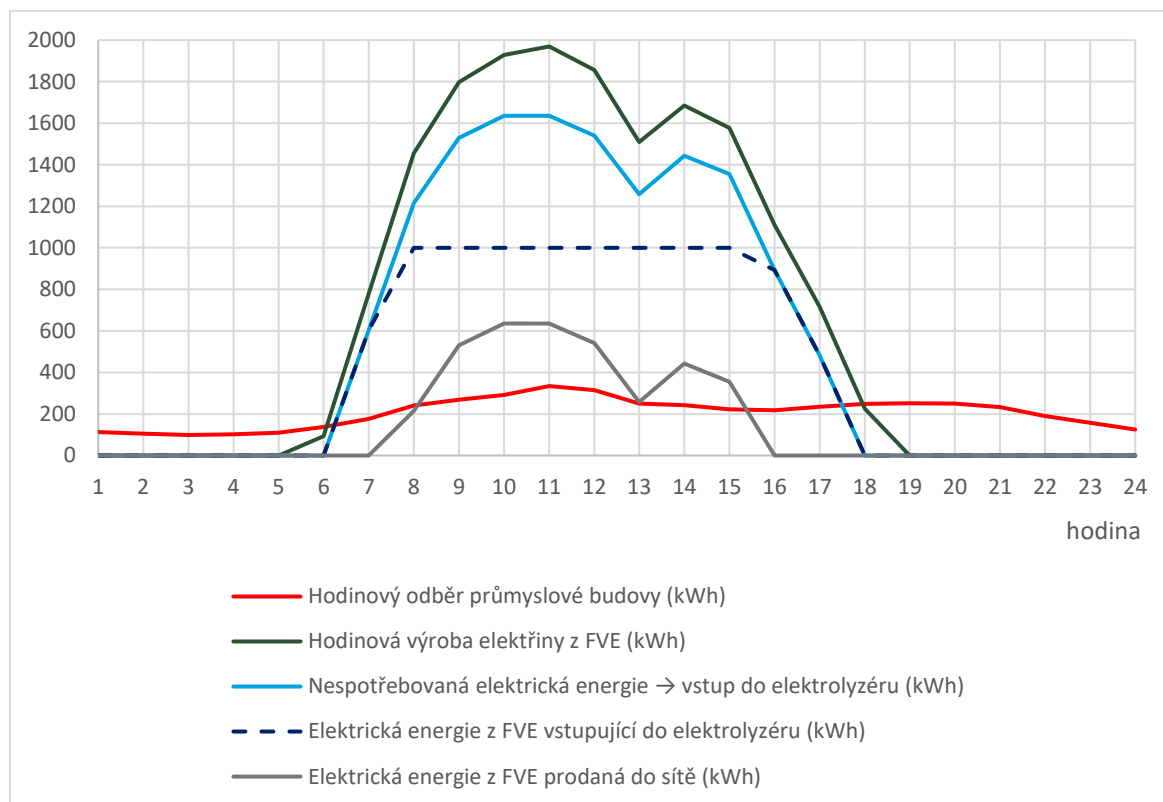
Primárním vstupem systému je výroba elektrické energie ze střešní fotovoltaiky. Hodinová data výroby elektrické energie z FVE byla stažena ze systému PV GIS, [21] tak aby odpovídala parametrům popsaným v kapitole 4.2 Technická data a nacenění fotovoltaické elektrárny. Z množství vyrobené elektrické energie ve FVE je pokryta veškerá vlastní spotřeba průmyslového subjektu, který systém na výrobu vodíku provozuje. Data pro vlastní spotřebu průmyslového subjektu byla vypočtena dle TDD4 diagramu pro ČR poskytovaného OTE pro rok 2022 tak, aby roční spotřeba odpovídala 2 GWh. [22] Elektrická energie nespotebovaná vlastní spotřebou je vstupuje dále na elektrolyzátor, kde je vyráběn vodík, elektrolyzátor je ovšem omezen maximálním výkonem 1MW. Pokud je tak zbývající energie vyrobená ve FVE po vlastní spotřebě vyšší než maximální výkon elektrolyzátoru, část elektrické energie není v systému spotřebována. Přebytková elektrická energie je dále prodávána do sítě. Naopak může

⁵ <https://www.palisade.com/risk/>

dojít k opačné situaci, kdy je elektrická energie dostupná pro elektrolyzátor nedostatečná pro plný výkon. V takovém případě je zvažováno dokoupení elektrické energie pro výrobu vodíku ze sítě.

Zda dojde v případě nedostatečného množství elektrické energie pro maximální využití elektrolyzátoru k výrobě vodíku v elektrolyzátoru k dokoupení elektrické energie v síti se dále odvíjí od momentální ceny elektrické energie, která je v modelu generována pomocí nástroje @RISK, blíže popsáno v kapitole 5.2.1.

GRAF 8 VZOROVÝ DEN 20.8. PRŮBĚHU VÝROBY A ROZDĚLENÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE V SYSTÉMU VÝROBY VODÍKU



Logika modelu dále počítá množství vyrobeného vodíku v elektrolyzátoru. Předpokladem je prodej veškerého vyrobeného vodíku. Tento předpoklad vychází z argumentů popsaných v kapitolách 3.4 a 4.1. Dopočteny jsou tak modelové souhrnné hodnoty za celý kalendářní rok následujících údajů: množství vyrobeného vodíku, množství prodané elektrické energie do sítě a množství koupené elektrické energie ze sítě a část vlastní spotřeby elektrické energie pokryté z FVE. Na základě těchto dat se dále vypočítávají předpokládané roční náklady na dokoupenou elektrickou energii ze sítě a výnosy z prodeje vodíku a přebytečné elektrické energie z FVE včetně úpory vzniklé vlastní spotřebou. Zmíněné údaje jsou již vyjádřeny v penězích a tyto hodnoty vstupují do ekonomického modelu.

5.2 Předpoklady ekonomického modelu

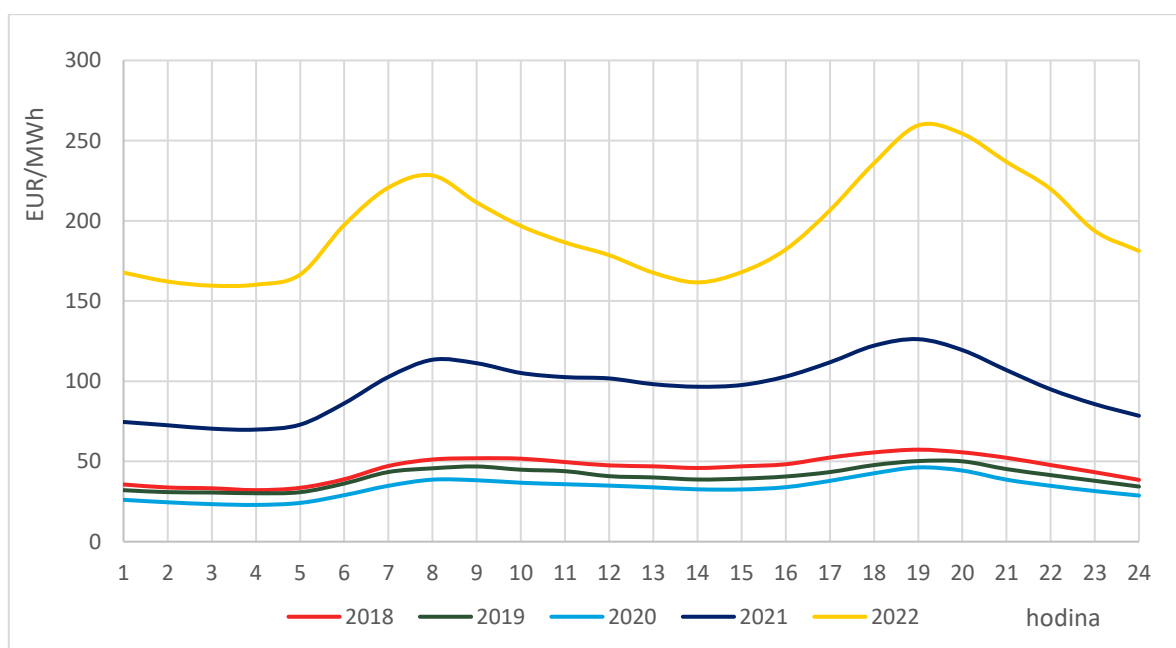
Předpoklady ekonomického modelu vychází především z rešerše provedené v analytické části práce. Jednotlivé položky a předpoklady jsou dále popsány v následujícím textu.

5.2.1 Generování cen elektrické energie

V průběhu konstrukce ekonomického modelu systému výroby vodíku se ukázalo, že cena elektrické energie bude hrát klíčovou roli v celém investičním rozhodování, proto byla tato položka modelována velmi důkladně. Pro určení cen elektrické energie bylo použito generování náhodných čísel za pomoci přídatku @RISK, které vychází z analýzy cen elektrické energie předchozích let. Vstupní data analýzy byla čerpána z OTE, [23] byla použita data denního trhu. Analýza byla provedena pro roky 2018-2022. Následující text popisuje postup při modelování ceny elektrické energie.

Z provedené analýzy ceny elektrické energie byla vysledována pravidelnost průměrných cen elektrické energie v jednotlivých hodinách dne. Následující Graf 9 a Graf 10 zobrazují průměrné ceny elektrické energie pro denní hodiny mezi roky 2018 až 2022. Z hlediska výroby vodíku je potřeba vnímat v jakých denních hodinách je vodík vyráběn z FVE a kdy je vyráběn z elektrické energie odebrané ze sítě. V každé hodině výroba vodíku využívá jiný zdroj elektrické energie a tím se liší náklady na výrobu.

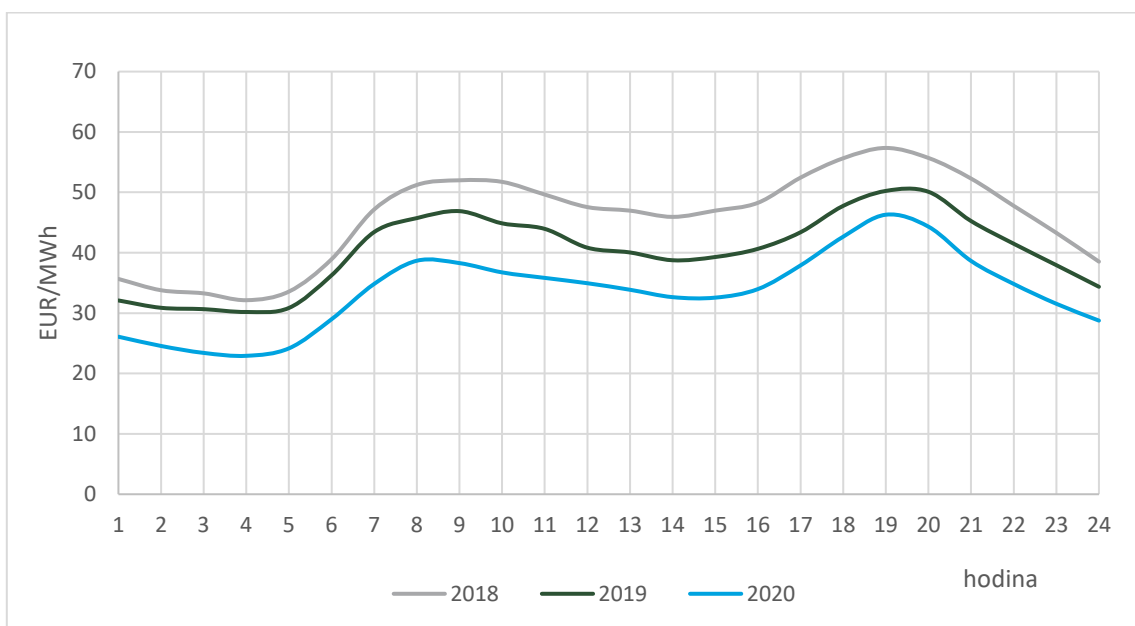
GRAF 9 PRŮMĚRNÉ CENY ELEKTRICKÉ ENERGIE JEDNOTLIVÝCH DENNÍCH HODIN (EUR/MWh)



Zdroj: OTE, 2022, vlastní zpracování

Pro účely zobrazení detailu tvaru křivky jsou zobrazeny roky 2018 až 2019 jednotlivě. V letech 2021 a 2022 došlo k výraznému nárůstu ceny elektrické energie a tím i průměru cen elektrické energie.

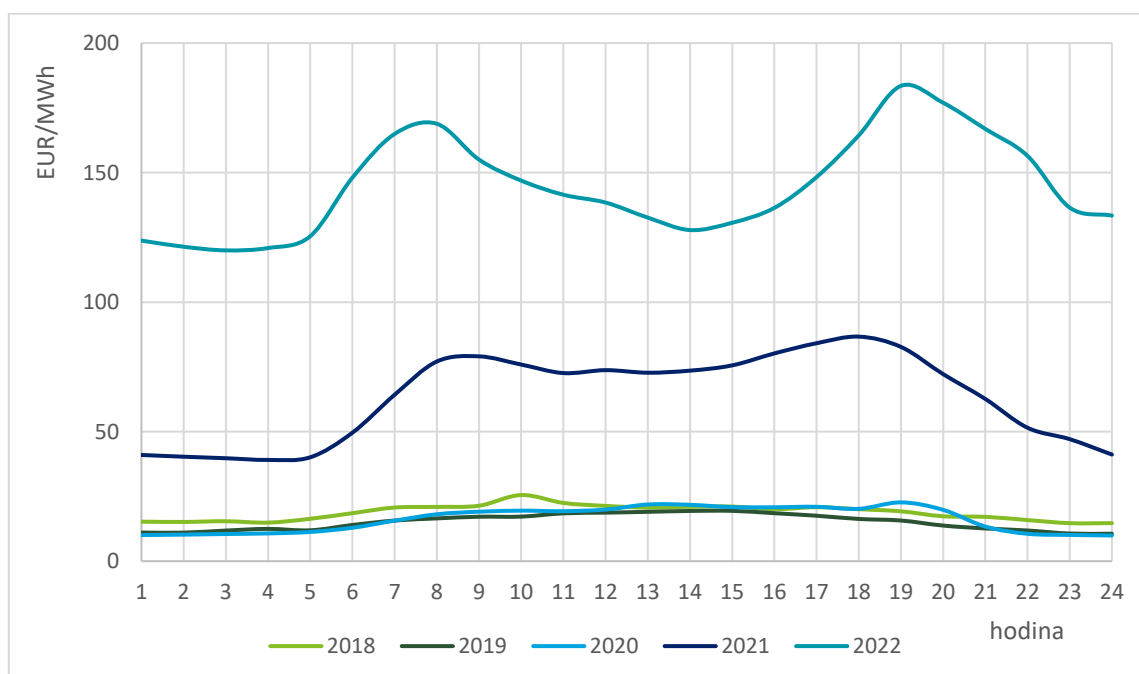
GRAF 10 PRŮMĚRNÉ CENY ELEKTRICKÉ ENERGIE JEDNOTLIVÝCH DENNÍCH HODIN (EUR/MWh)



Zdroj: OTE, 2022, vlastní zpracování

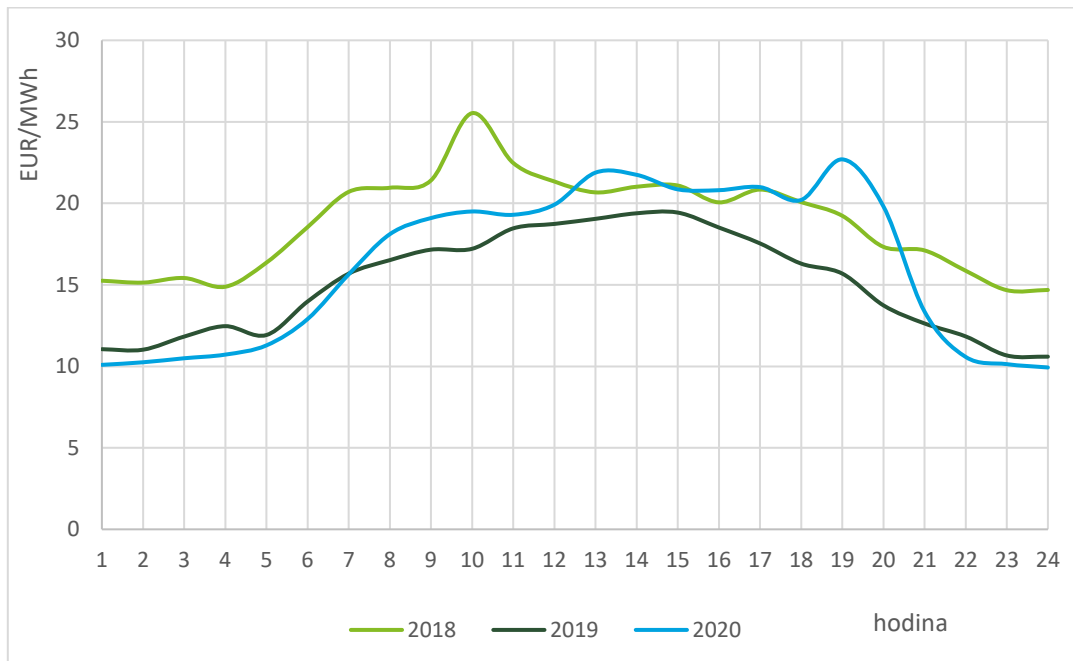
Dalším sledovaným parametrem byla směrodatná odchylka, která se v průběhu dne také mění. V letech 2018-2020 bychom mohli říci, že v první polovině dne od 1. hodiny do 14. hodiny směrodatná odchylka roste a v druhé polovině dne je směrodatná odchylka klesající, jak zobrazuje Graf 12.

GRAF 11 SMĚRODATNÁ ODCHYLKA CEN ELEKTRICKÉ ENERGIE V DANÝCH HODINÁCH DNE DLE ROKU (EUR/MWh)



Zdroj: OTE, 2022, vlastní zpracování

GRAF 12 SMĚRODATNÁ ODCHYLKA CEN ELEKTRICKÉ ENERGIE V DANÝCH HODINÁCH DNE DLE ROKU (EUR/MWh)



Zdroj: OTE, 2022, vlastní zpracování

Při modelování cen elektrické energie v letech budoucích tak můžeme vyjít z předpokladu, že stejně jako v letech minulých se cena elektrické energie bude pohybovat kolem průměrné ceny jednotlivých hodin s danou odchylkou. Cenu elektrické energie tak lze modelovat jako výše popsaný průběh průměrné ceny, okolo které se cena elektrické energie bude nacházet podle určitého pravděpodobnostního rozdělení. V každé hodině bude však odlišná směrodatná odchylka.

Ceny elektrické energie v jednotlivých hodinách lze definovat dle jejich průměrné hodnoty, ke které se přidá odchylka v každé hodnotě. Za účelem zjištění těchto odchylek a tvarů histogramů byl pro každou hodinu v roce vytvořen histogram na základě historických hodnot v letech 2018-2022, celkem tak bylo pro pět sledovaných let vytvořeno 120 histogramů cen elektrické energie. Tyto histogramy dále sloužily jako podkladová data pro určení předpokládaného modelového pravděpodobnostního rozdělení jednotlivých hodin. Modelová pravděpodobnostní rozdělení cen elektrické energie v hodinách jsou jednotlivě přiložena v Příloze 1. Modelované průběhy průměrné ceny elektrické energie vychází především z let 2018 až 2020. Roky 2021 a 2022 jsou považovány za odchylku způsobenou válečným konfliktem na Ukrajině a omezenými dodávkami plynu do Evropy, dalším důvodem může být nedostatek stabilních zdrojů a snahy pokračovat ve stanovených dekarbonizačních cílech. Dané roky tak nepředstavují obraz běžného stavu trhu, z tohoto důvodu nebyly do modelování roky 2021 a 2022 zahrnuty. Přestože se předcházející stav už vrátit nemusí, stále lze roky 2018 až 2020 považovat za přesnější obraz budoucnosti.

V kapitole 3.7 Rozvoj FVE v České republice do roku 2030 je popsán předpokládaný energetický mix České republiky v do roku 2030. Zastoupení obnovitelných zdrojů v energetickém mixu dle ČEPS a.s. poroste, lze tedy očekávat, že v grafu průměrných hodnot se bude rozšiřovat rozmezí mezi maximální a minimální hodnotou a směrodatná odchylka v hodinách výroby elektrické energie z FVE bude vyšší. Tyto změny v síti mohou vyvolat vyšší potřeby možnosti skladování energie.

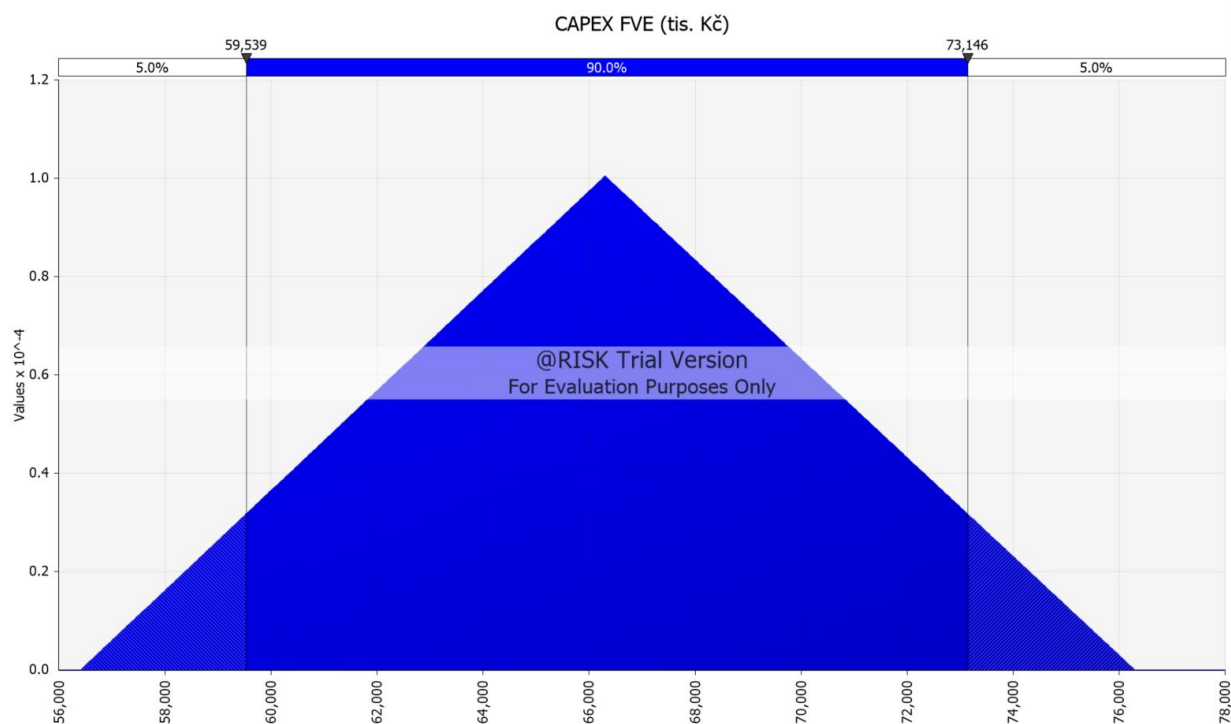
Nepřesnost způsobená při nastavení jedné ceny pro celý rok

První poznámka, která pravděpodobně napadne každého čtenáře může být, proč nebyl jednoduše vytvořen předpoklad pro cenu elektrické energie pro celý rok. Stanovením jedné předpokládané hodnoty pro celý rok by došlo k značné nepřesnosti. Technický model totiž zohledňuje fakt, že v některých hodinách je vodík vyráběn primárně z elektřiny vyrobené z FVE, zatímco například v hodinách nočních může být vodík vyráběn pouze odběrem ze sítě. Rozlišení přesných charakteristik jednotlivých hodin je tak z hlediska přesnosti modelu žádoucí. Zároveň vysoká volatilita ceny elektrické vytváří větší výnosy. V případě velmi nízké ceny elektrické energie je vodík vyráběn za velmi nízkou cenu, zatímco v případě vysoké ceny elektrické energie jsou vysoké vzniklé úspory z vlastní spotřeby a vyšší výnosy z prodeje zbylé elektrické energie.

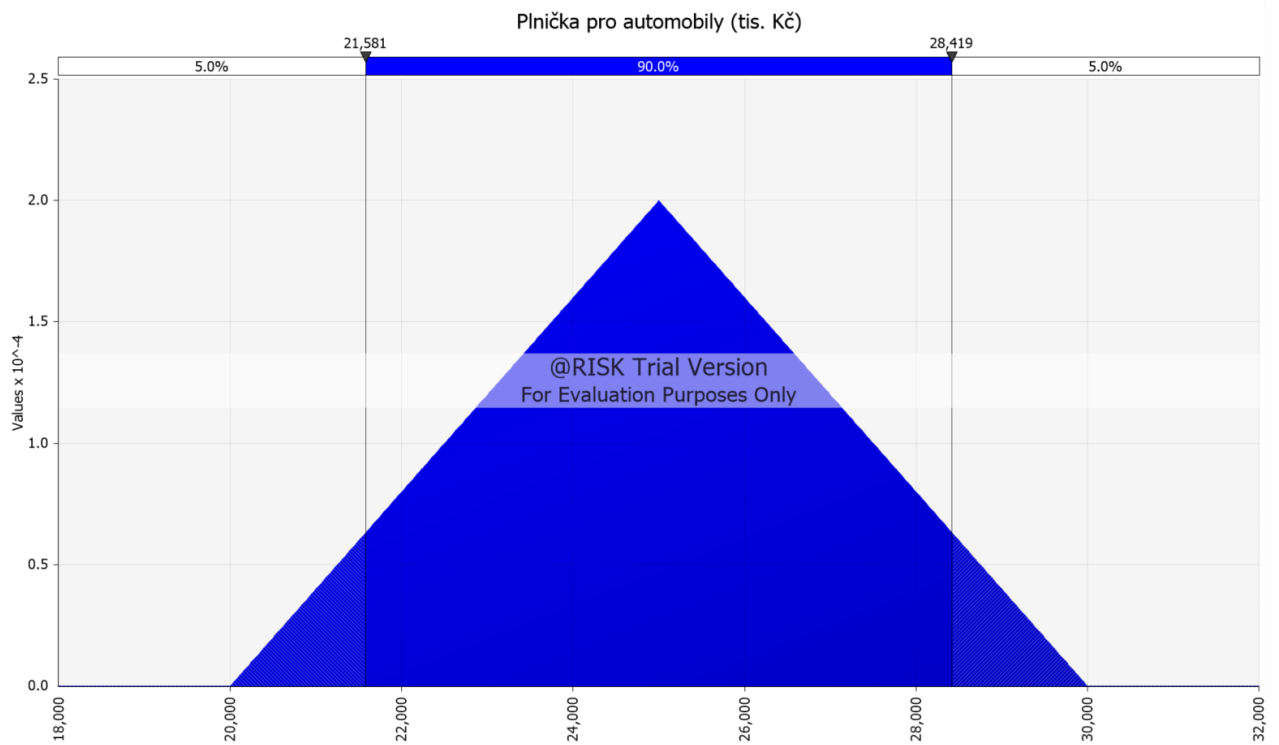
5.2.2 Položky CAPEX

Položky CAPEX jsou popsány v kapitole 4 Popis systému výroby vodíku a FVE, proto nebudou dále jednotlivě popisovány v této kapitole. Ceny komponent zůstávají stejné jako ve zmíněné kapitole. Pouze u nejvýznamnějších položek byla provedena úprava vstupních parametrů. Nejvýznamnější položky Fotovoltaické panely, Elektrolyzátor celkem a Plnička vodíku pro automobily vstupují do ekonomického modelu trojúhelníkovým pravděpodobnostním rozdělením, které je běžně používáno pro modelování investičních výdajů.

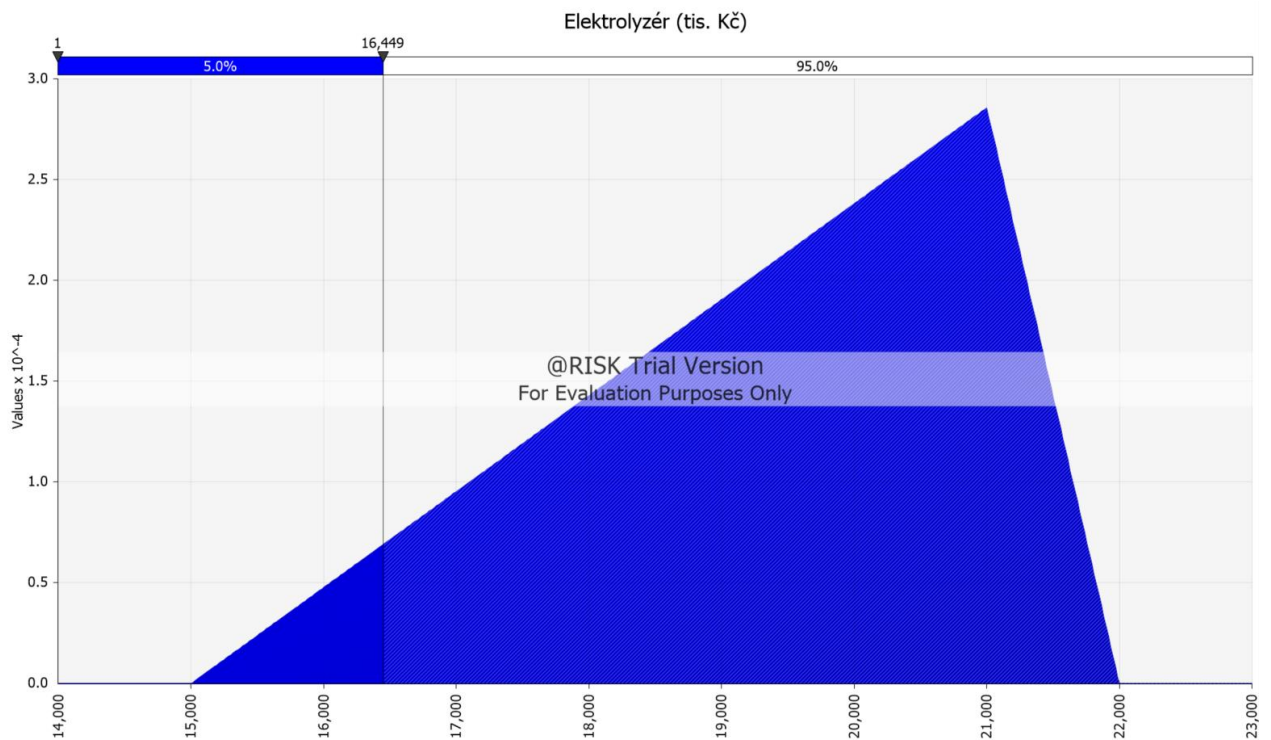
GRAF 13 TROJÚHELNÍKOVÉ PRAVDĚPODOBNOSTNÍ ROZDĚLENÍ NÁKLADŮ NA VYBUDOVÁNÍ FVE



GRAF 14 TROJÚHELNÍKOVÉ PRAVDĚPODOBNOSTNÍ ROZDĚLENÍ NÁKLADŮ NA VYBUDOVÁNÍ PLNIČKY VODÍKU PRO AUTOMOBILY



GRAF 15 TROJÚHELNÍKOVÉ PRAVDĚPODOBNOSTNÍ ROZDĚLENÍ NÁKLADŮ NA POŘÍZENÍ ELEKTROLYZÉRU



5.2.3 Položky OPEX

Položky OPEX jsou rozděleny mezi OPEX vztahující se k FVE a OPEX související s výrobou vodíku. Rozdělení nákladových položek bylo dodrženo především za účelem výpočtu měrných nákladů na výrobu vodíku a elektrické energie.

OPEX FVE

Údržba: jedná se o běžnou údržbu zařízení a další související náklady, které mohou během provozu vzniknout.

Mzdové náklady: k provozu FVE jsou přiřazeny 2 osoby na plný úvazek. Roční náklady na jednoho zaměstnance činí 900 tis. Kč, včetně souvisejících odvodů.

OPEX Vodík

Poplatek za využití plochy pro H₂: výroba vodíku je předpokládána na části průmyslového prostoru, tento prostor má i alternativní využití. Proto jsou v ekonomickém modelu předpokládány náklady na využití těchto ploch ve výši 400 tis. Kč ročně.

Mzdové náklady: k provozu výroby vodíku jsou předpokládány 2 osoby na plný úvazek. Roční náklady na jednoho zaměstnance činí 900 tis. Kč, včetně souvisejících odvodů. Osoby by měly zajišťovat provoz a dozor nad provozem všech komponent souvisejících s výrobou vodíku.

Údržba: náklady na běžnou údržbu výroby vodíky byly určeny na základě předpokladu pro úplnost. Údržba ve výši 1 mil. Kč ročně zahrnuje veškeré

Elektrická energie dokoupená ze sítě: v případě, že cena elektrické energie v síti klesne pod 1,9 Kč/kWh je cena elektrické energie považována za výhodnou k dokoupení pro výrobu vodíku. Tato hranice byla určena na základě výpočtu nákladů na výrobu kilogramu vodíku v porovnání s prodejní cenou. V úvahu zde vstupuje také požadovaná utilizace elektrolyzátoru.

K výši odebrané elektrické energie jsou dále připočteny příslušné poplatky za využití sítě a rezervovaný příkon. Tyto poplatky jsou eskalovány s inflací.

5.2.4 Výnosy a úspory

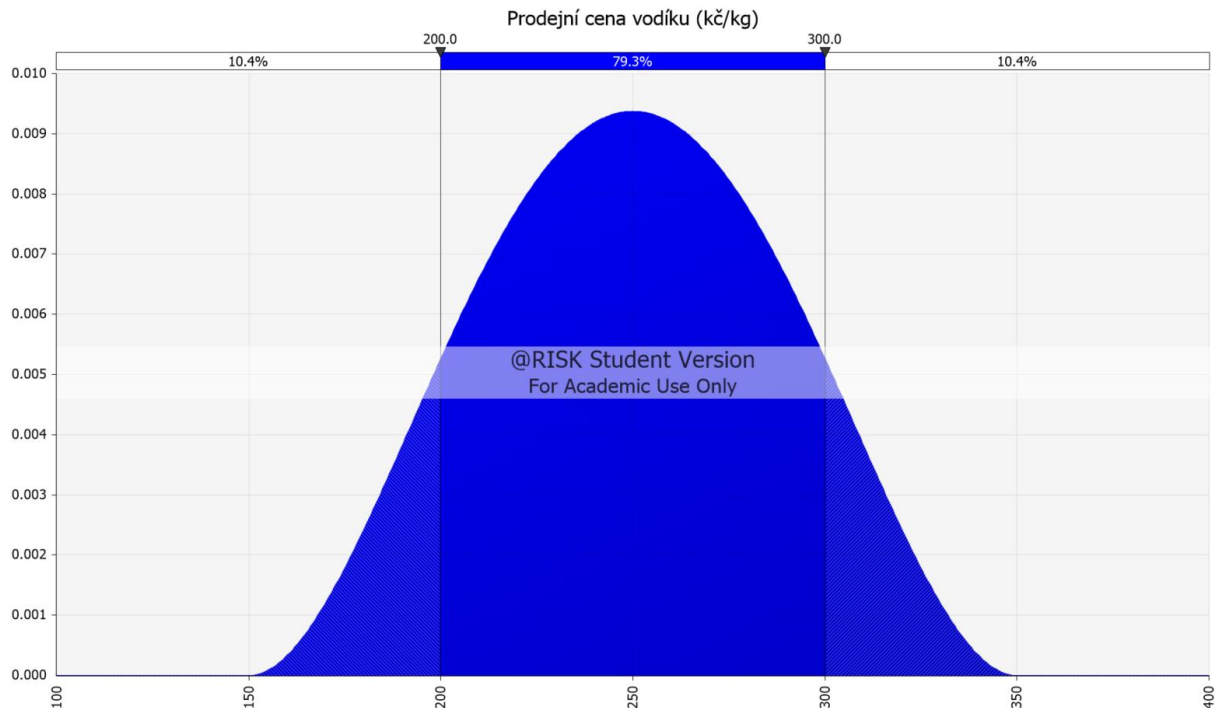
V systému výroby vodíku a vlastní spotřeby elektrické energie vyrobené ve FVE dochází jednak úsporám z vyrobené elektrické energie a tržbám z prodeje vodíku pro elektromobily. Vzniklé úspory z vlastní výroby zahrnují jednak úsporu ze silové elektřiny a úsporu vzniklou z využití sítě a poplatků za rezervovaný příkon.

Prodej vodíku

Prodejní cena vodíku je hned po ceně elektrické energie nejvýznamnější položkou v ekonomickém hodnocení projektu. Jak uvádí studie BoomborgNEF [24, s. 3] do budoucna je celosvětově očekávaný spíše pokles prodejní ceny vodíku způsobené především vývojem technologií a jejich zdokonalením. Primární úvaha cenotvorby prodejní ceny vodíku je popsána v kapitole 3.6. Prodejní cena vodíku není v ekonomickém modelu dále eskalována, protože její vývoj do budoucna je nejasný. Řadou vlivů může

cena klesat (zdokonalení technologií výroby) ale zároveň i růst (zvýšení poptávky, růst cen substitutů). Do modelu je tak cena vodíku vstupuje jako pravděpodobnostní rozdělení, které zahrnuje možné scénáře a po dobu projektu je prodejní cena vodíku konstantní.

GRAF 16 HISTOGRAM ROZDĚLENÍ CEN PRODEJNÍ CENY VODÍKU (Kč/KGH₂)



Prodej elektrické energie do sítě

Výnosy z prodeje elektrické energie do sítě jsou určeny na základě přebytečné energie po vlastní spotřebě a výrobě vodíku, kdy je jako prodejní cena brána cena elektrické energie vygenerovaná v dané hodině dne.

Úspory z vlastní spotřeby elektrické energie

Spotřeba elektrické energie vyrobené ve FVE v místě průmyslové budovy je započítávána formou úspory ze silové části elektrické energie a přidružených poplatků. Poplatky za použití sítě provozovatele distribuční soustavy, rezervovanou kapacitu a složka ceny na POZE dle rezervovaného příkonu jsou určeny na základě cenového rozhodnutí ERU. [25] Položky jsou dále eskalovány inflací.

5.2.5 Určení váženého nákladu kapitálu

Vážený náklad kapitálu byl určen na základě teoretického rozboru popsaného v kapitole 2.4 Vážený průměr nákladu kapitálu (WACC). Celý projekt je považován jediným projektem společnosti. S ohledem na celkové CAPEX ve výši přibližně 130 mil. Kč, celkový potřebný kapitál společnosti je tak uvažován 150 mil. Kč.

Určení cílové kapitálové struktury

Cílová struktura kapitálu je 40 % cizí financování a 60 % vlastní zdroje. Tento poměr byl určen jako dlouhodobý výhled společnosti.

Určení nákladů cizího kapitálu⁶

Cizí kapitál bude pokryt 20 % z celkového kapitálu formy dluhopisy a zbylých 20 % celkového kapitálu kryje bankovní úvěr.

Dluhopisy

Dluhopisy s celkovou tržní hodnotou 30 mil. Kč s vnitřním výnosovým procentem určeným na základě predikce ČNB o vývoji úrokových sazeb pro rok 2023, která činí 7,0 %, k této úrovni byla přidána odhadovaná prémie za riziko projektu, celková efektivní úroková míra dluhopisu je 11 %.

Bankovní úvěr

Bankovní úvěr ve výši 30 mil. Kč s ročním byl poskytnut s úrokovou roční sazbou 6,1 % p.a.

TABULKA 8 VÝSLEDNÁ BILANCE NÁKLADŮ CIZÍHO KAPITÁLU

	Výnos do doby splatnosti/nominální úrok	Tržní hodnota	Součin
Dluhopisy	11 %	30 mil. Kč	3,3 mil. Kč
Bankovní úvěr	6,1 %	30 mil. Kč	1,83 mil. Kč
Součet		60 mil Kč	5,13 mil. Kč

$$r_d = \frac{5,13}{60} = 0,0737 = 8,55 \%$$

Určení nákladů vlastního kapitálu

Vlastní kapitál tvoří 60 % z celkové kapitálové struktury podniku.

⁶ Údaje byly určeny odhadem pro akademické účely – demonstraci praktického vypočtení vážených nákladů kapitálu.

Určení beta koeficientu

Projekt lze vnímat jako kombinaci dvou projektů, stavby fotovoltaiky a výroby vodíku. Projekty od sebe lze do určité části odlišit. V případě nepříznivého vývoje prodeje vodíku lze stále provozovat výrobu elektrické energie z FVE zvlášť. Takto bylo na projekty nahlíženo i při určení koeficientu beta, kdy pro každou část projektu byl přiřazen vlastní beta koeficient. Pro část projektu FVE vychází beta koeficient z údajů průměrné zadlužených firem v odvětví energetiky, $\beta_{FVE} = 0,85$. [26] Beta koeficient pro část projektu výroby vodíku byl určen metodou odhadu vycházející z porovnání s projekty podobného charakteru a konzultován s vedoucím diplomové práce. Beta koeficient pro část výroby vodíky byl určen na $\beta_{H_2} = 3,5$. Koeficient odráží fakt, že se jedná o jediný projekt společnosti a velmi inovativní a neprověřenou technologii. Na základě poměru jednotlivých částí projektu byla určena celková beta projektu dle Rovnice 5.

$$\beta_{celkem} = \frac{P_{FVE}}{P_{celk}} \times \beta_{FVE} + \frac{P_{H_2}}{P_{celk}} \times \beta_{H_2} = \frac{66300}{134800} \times 0,85 + \frac{68500}{134800} \times 3,5 = 2,2$$

Určení bezrizikového výnosu

Bezrizikový výnos byl určen ex-ante, jako výnos státního dluhopisu s názvem „Státní dluhopis České republiky, 3,50 %, 2022–2035“. [27]

$$r_f = 3,5 \%$$

Prémie za riziko

Prémie za riziko byla určena pro Českou republiku na základě dat profesora Damodarana k roku 2022. [26]

$$MRP = 4,57 \%$$

Po dosažení získáváme:

$$r_e = 3,5\% + 2,2 \times 4,57\% = 13,554 \%$$

Výsledný vážený náklad kapitálu:

$$\begin{aligned} WACC &= r_e \times \frac{E}{E+D} + r_d \times \frac{D}{E+D} \times (1 - \text{daň}) = \\ &= 12,904 \% \times \frac{90}{150} + 8,55 \% \times \frac{60}{150} \times (1 - 19\%) = 10,9026 \% \end{aligned}$$

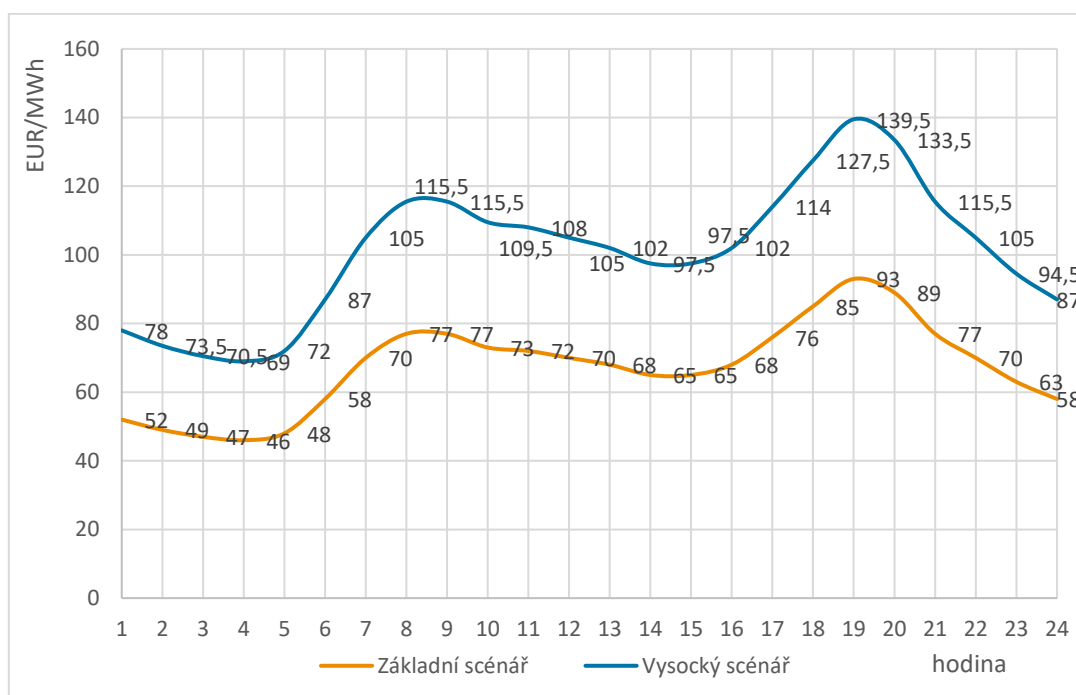
5.3 Výstupy ekonomického modelu

V doprovodném dokumentu ve formátu .xlsx byly výstupy ekonomického modelu rozděleny do dvou částí. První část kalkuluje ekonomický model s pomocí přídatku do programu MS Excel s názvem @RISK, funkce tohoto přídatku fungují pouze v případě jeho aktivace, proto uživatelům bez tohoto přídatku program použité funkce nezobrazí správně (zobrazí se hláška #NAME?). Druhá část modelu byla vytvořena za účelem zobrazení výpočtů i bez nutnosti použití přídatku @RISK. Jedná se o identický model, rozdílem je, že nepoužívá funkce @RISK. Do modelu vstupuje náhodná iterace, která byla vygenerována při simulaci během @RISK simulace. Následující text popisuje výstupy ekonomického modelu při použití funkcí @RISK, výstupy jsou tak ve formě pravděpodobnostního rozdělení. Citlivostní analýza byla provedena pro model bez funkcí @RISK.

Výstupy ekonomického byly kalkulovány pro 2 úrovně průměrné ceny elektrické energie, ze které následně vychází generovaná cena elektrické energie v jednotlivých hodinách. Systém výroby vodíku by měl být do určité míry imunní vůči změnám průměrné ceny elektrické energie. Důvodem je především fakt, že v případě vysokých cen elektrické energie sice jsou náklady na výrobu vodíku vyšší ale zároveň dochází k vyšším úsporám a vyšším výnosům z prodeje elektrické energie vyrobené ve FVE do sítě. Zatímco, v případě nižších cen elektrické energie jsou sice úspory a výnosy z prodeje elektrické energie nižší ale zároveň jsou nižší i náklady na výrobu vodíku.

Základní scénář je podle křivky základního scénáře na Graf 17 . Hranice pro nákup elektrické energie základního scénáře ze sítě jsou 4 Kč za kWh (silová část elektrické energie), v případě vysokého scénáře je hranice pro nákup el. energie 7 Kč za kWh. V jednotlivých hodinách je k očekávanému průběhu připočtena generovaná odchylka ceny elektrické energie, která je generována dle distribučních rozdělení v Příloze 1.

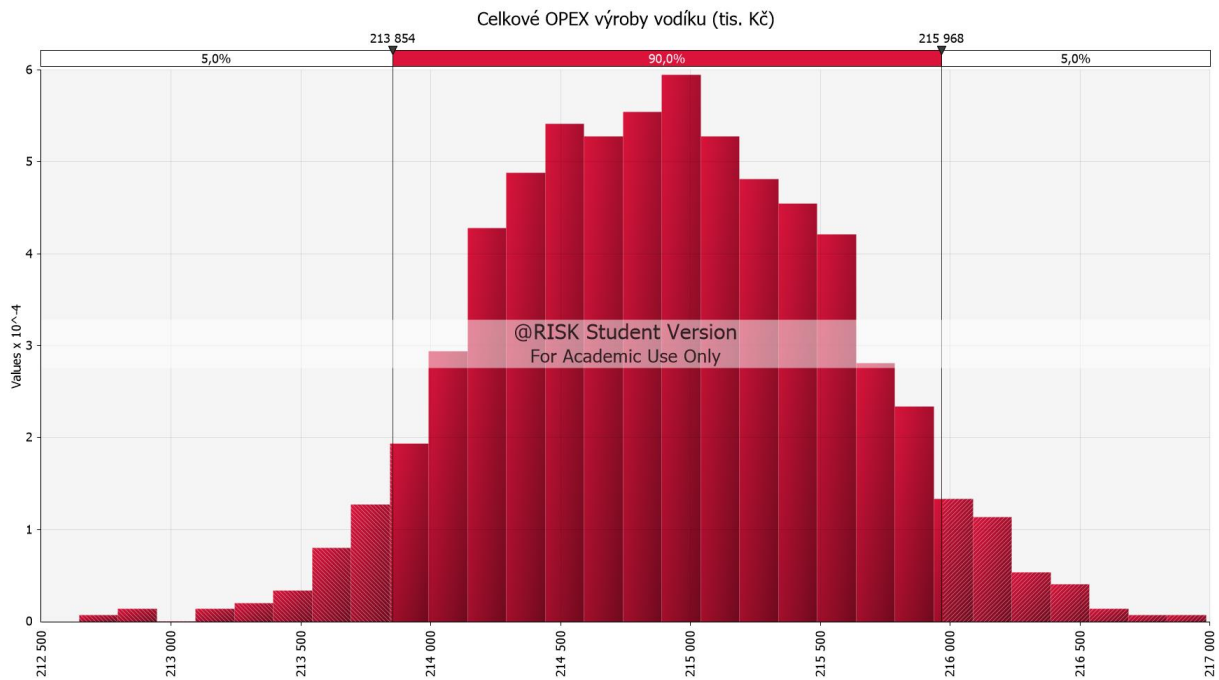
GRAF 17 SCÉNÁŘE OČEKÁVANÝCH PRŮMĚRNÝCH CEN ELEKTRICKÉ ENERGIE (EUR/MWH)



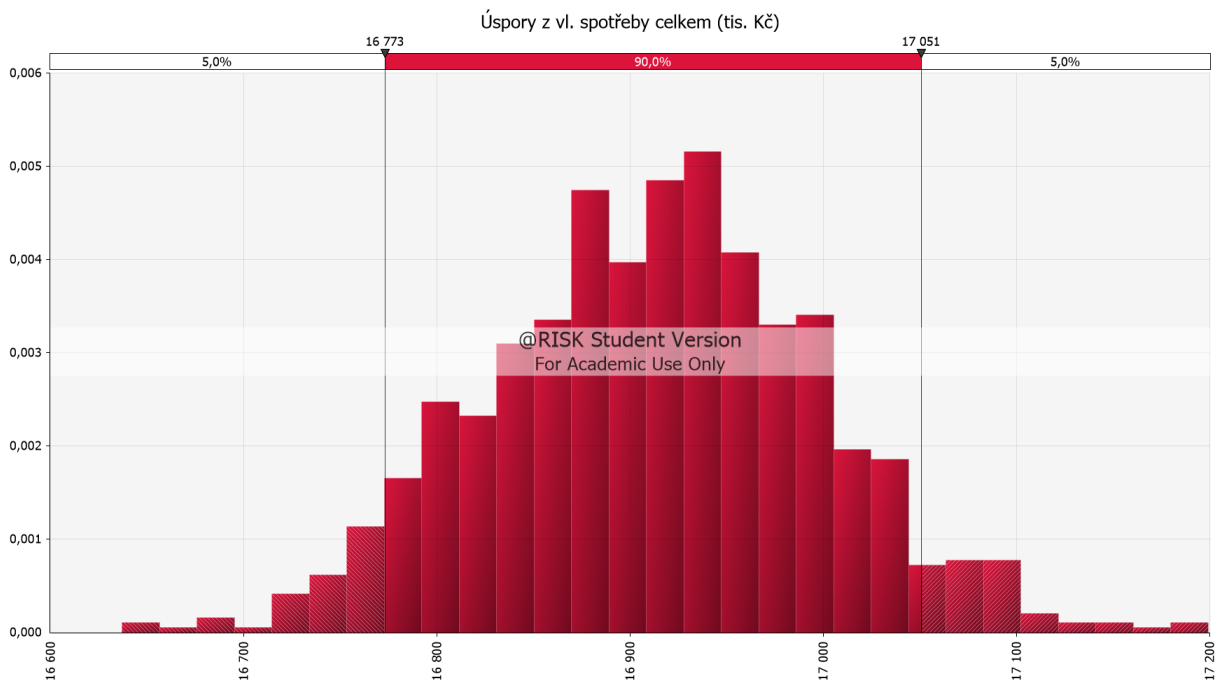
5.3.1 Výstupy základního scénáře ceny elektrické energie

Statistiky výstupů byly provedeny za hodnoty celkem po celou dobu životnosti projektu. Grafy ukazují rozmezí hodnot, které nastanou s 90% pravděpodobností. V případě NPV je ukazatel rozdělen tak, aby ukazoval pravděpodobnost, kdy je NPV vyšší a nižší než 0. Hranice pro výrobu vodíku z energie ze sítě byla určena na 4 Kč/kWh. Očekávaná průměrná hodnota ceny elektrické energie odpovídá Základnímu scénáři na Graf 17. Simulace byla provedena pro 1 000 iterací.

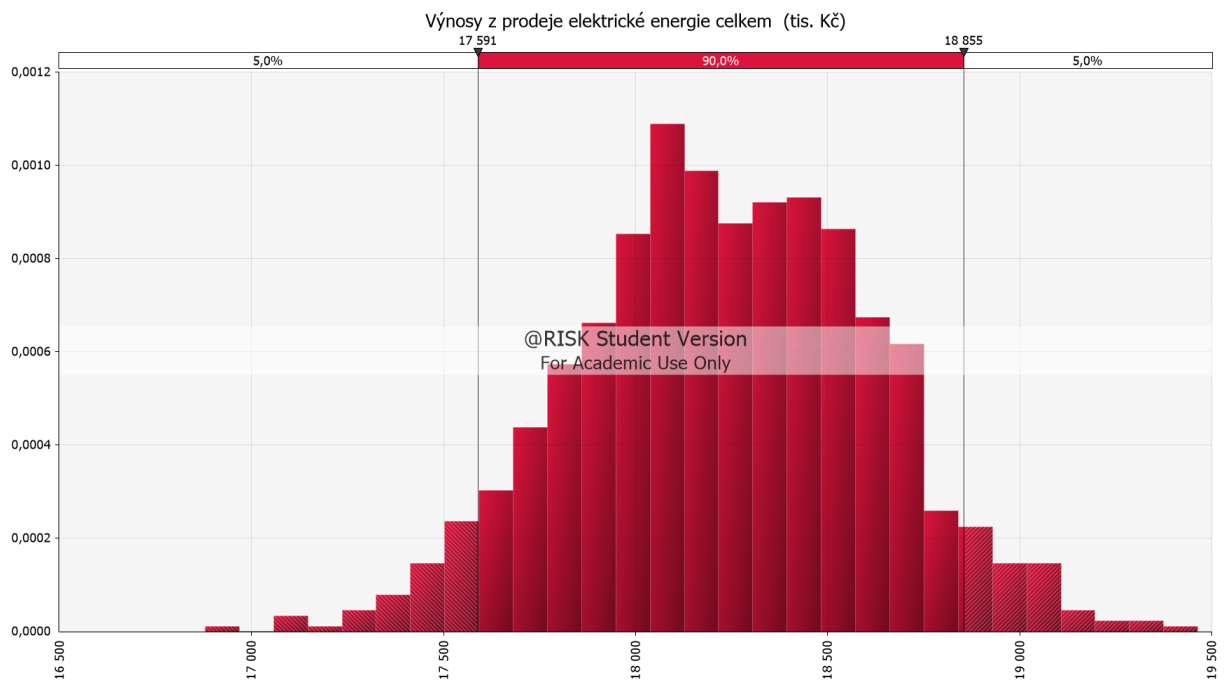
GRAF 18 OPEX NA VÝROBU VODÍKU CELKEM ZÁKLADNÍ SCÉNÁŘ



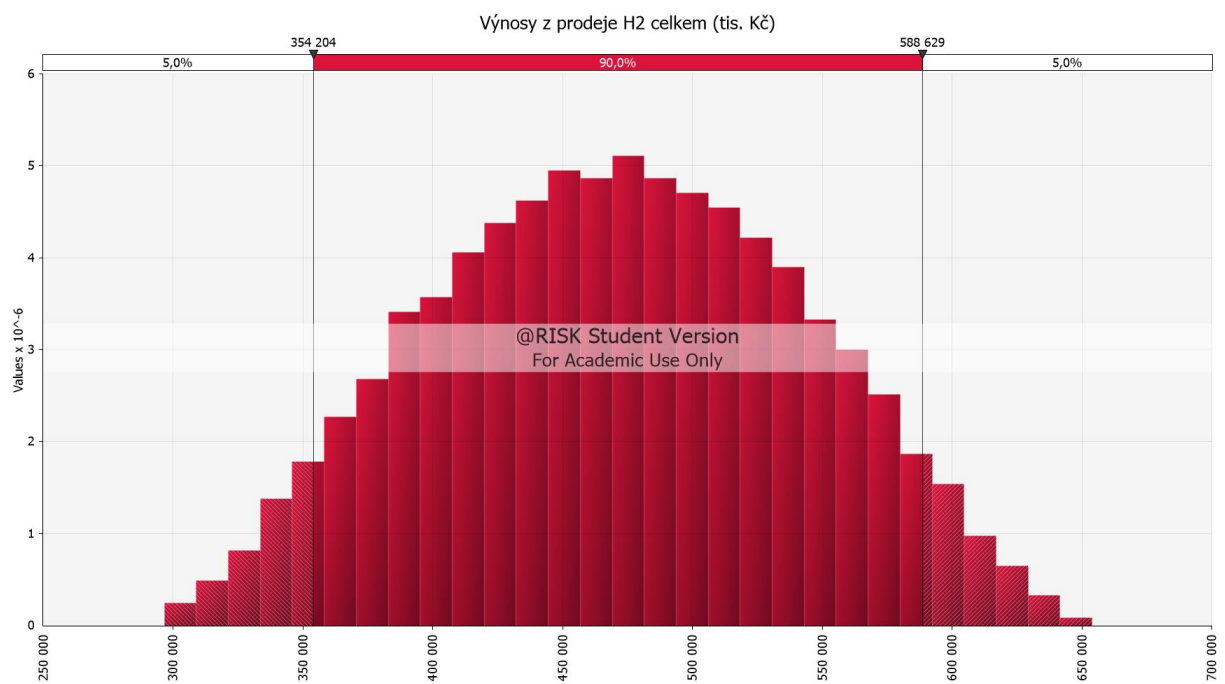
GRAF 19 VZNIKLÉ ÚSPORY CELKEM ZÁKLADNÍ SCÉNÁŘ



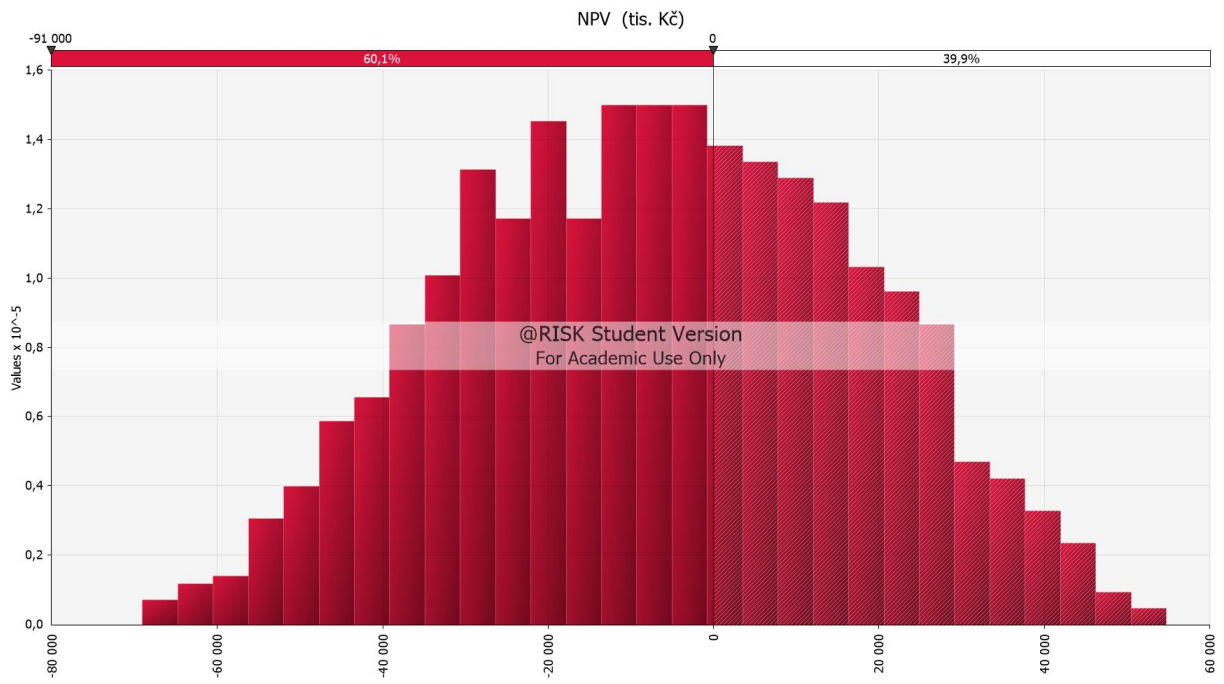
GRAF 20 VÝNOSY Z PRODEJE ELEKTRICKÉ ENERGIE CELKEM ZÁKLADNÍ SCÉNÁŘ



GRAF 21 VÝNOSY Z PRODEJE VODÍKU ZÁKLADNÍ SCÉNÁŘ



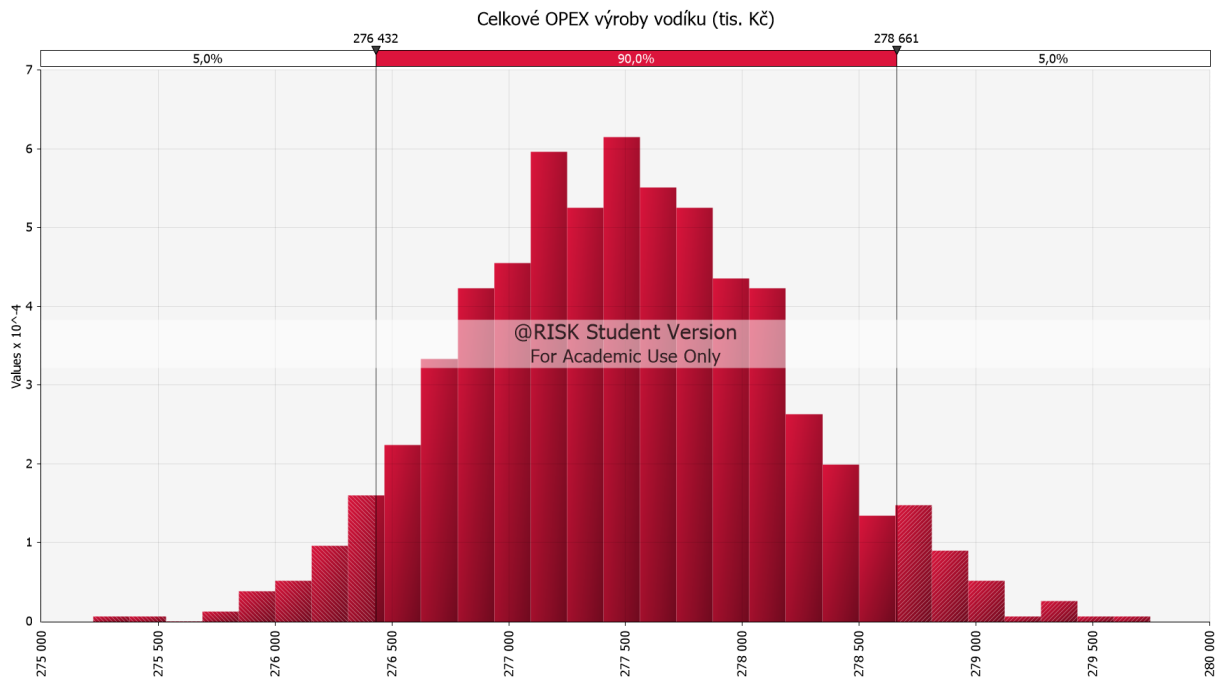
GRAF 22 NPV ZÁKLADNÍ SCÉNÁŘ



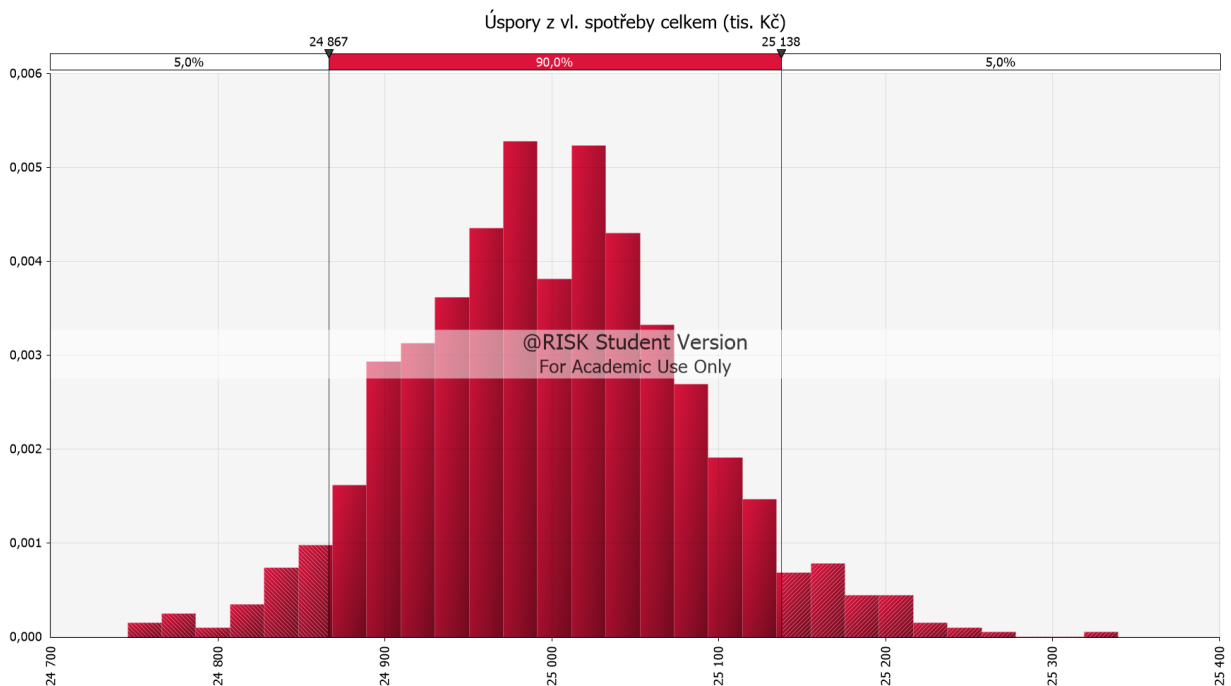
5.3.2 Výstupy vysokého scénáře ceny elektrické energie

Statistiky výstupů byly provedeny za hodnoty celkem po celou dobu životnosti projektu. Grafy ukazují rozmezí hodnot, které nastanou s 90% pravděpodobností. V případě NPV je ukazatel rozdělen tak, aby ukazoval pravděpodobnost, kdy je NPV vyšší a nižší než 0. Hranice pro výrobu vodíku z energie ze sítě byla určena na 7Kč/kWh. Očekávaná průměrná hodnota ceny elektrické energie odpovídá Vysokému scénáři na Graf 17. Simulace byla provedena pro 1 000 iterací.

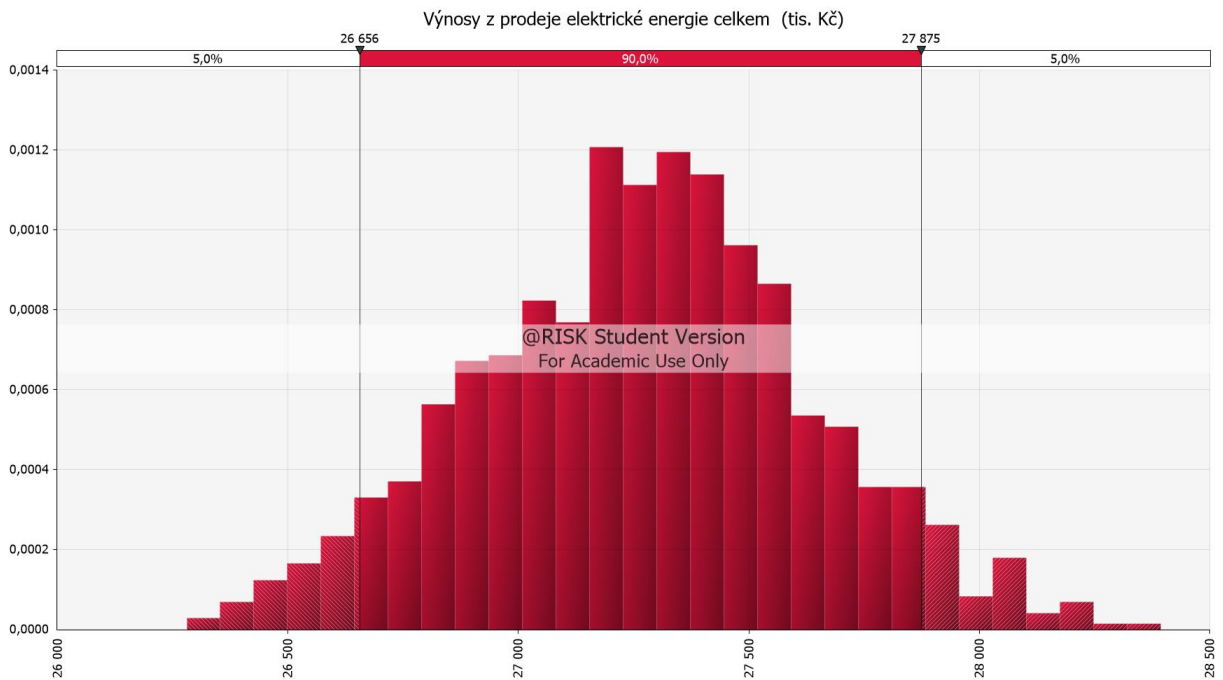
GRAF 23 OPEX NA VÝROBU VODÍKU CELKEM VYSOKÝ SCÉNÁŘ



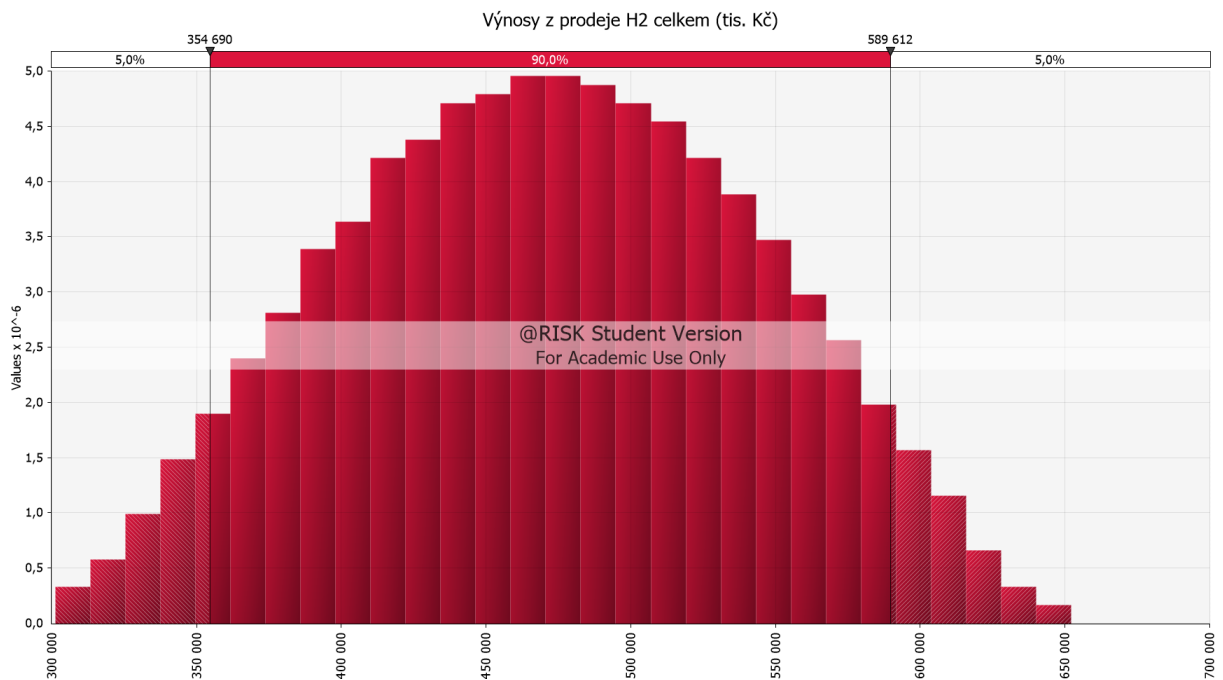
GRAF 24 VZNIKLÉ ÚSPORY CELKEM VYSOKÝ SCÉNÁŘ



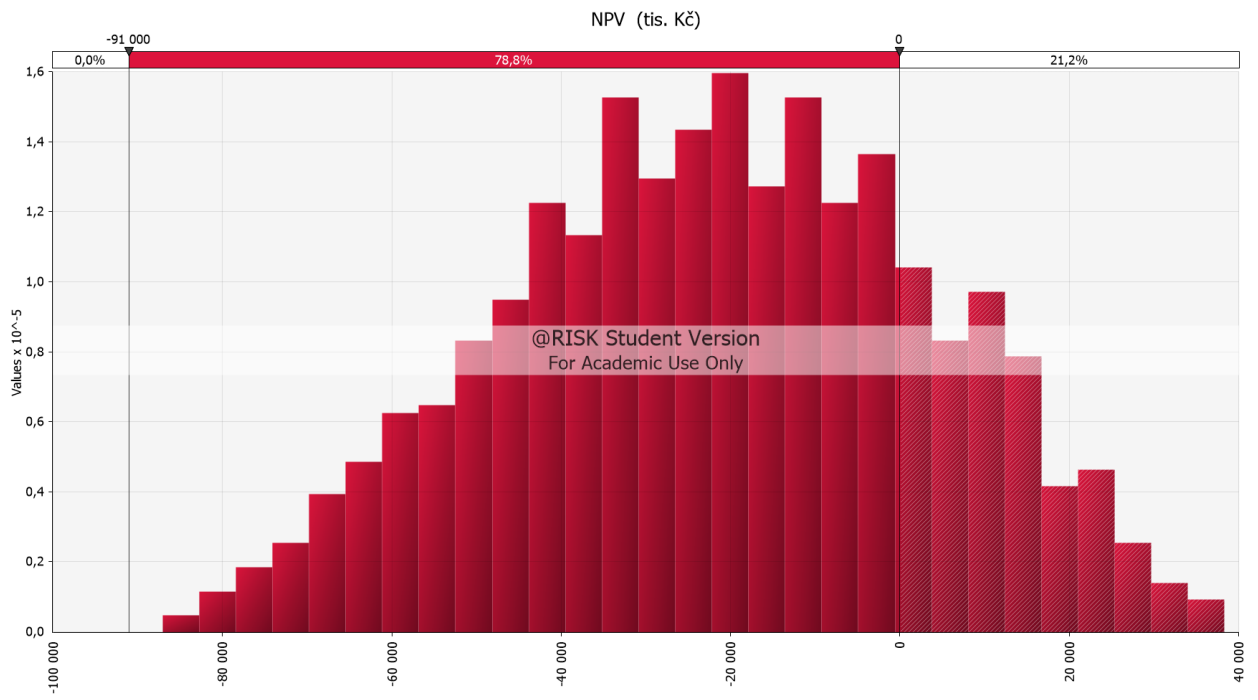
GRAF 25 VÝNOSY Z PRODEJE ELEKTRICKÉ ENERGIE CELKEM VYSOKÝ SCÉNÁŘ



GRAF 26 VÝNOSY Z PRODEJE VODÍKU CELKEM VYSOKÝ SCÉNÁŘ



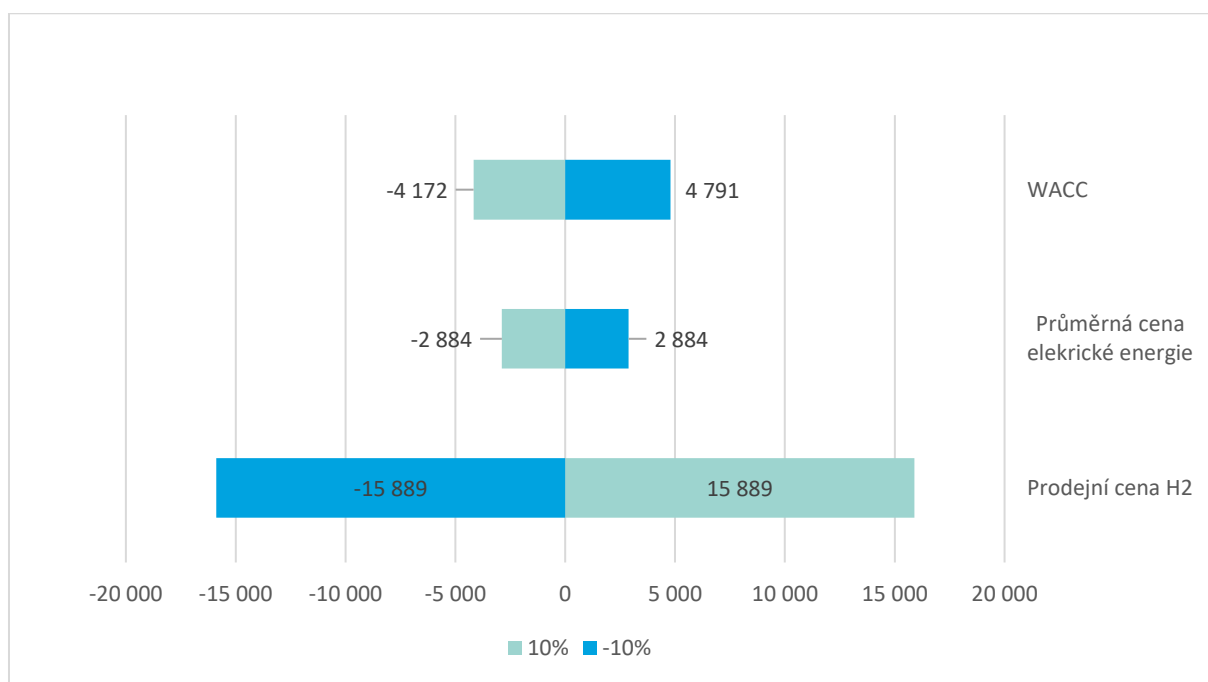
GRAF 27 NPV VYSOKÝ SCÉNÁŘ



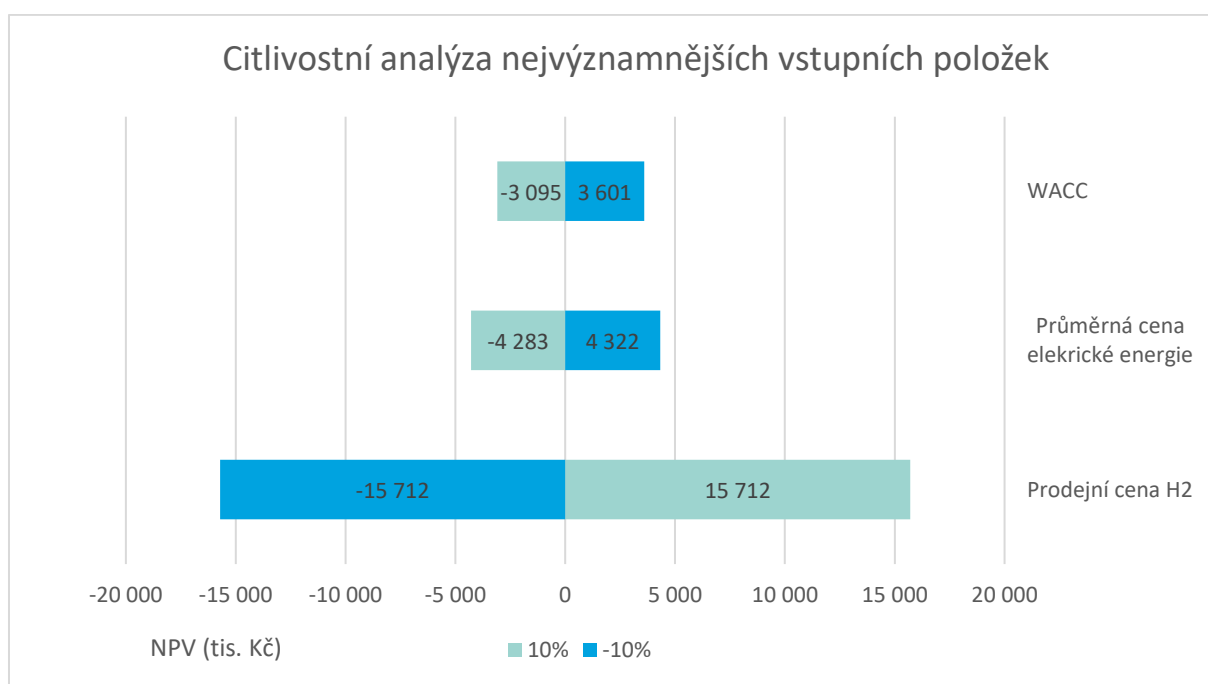
5.3.3 Citlivostní analýza hlavních položek

Na základě kalkulací byly určeny hlavní vstupní velečiny, jejichž případná změna může mít významný vliv na výstupy modelu. Tyto položky jsou cena elektrické energie, prodejní cena vodíku a určení váženého nákladů kapitálu. Citlivostní analýza byla provedena pro obě modelované úrovně očekávané střední hodnoty elektrické energie. S vyšší očekávanou průměrnou hodnotou úměrně roste u citlivost této veličiny na NPV projektu.

GRAF 28 CITLIVOSTNÍ ANALÝZA NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH VSTUPNÍCH POLOŽEK PRO ZÁKLADNÍ VARIANTU



GRAF 29 CITLIVOSTNÍ ANALÝZA NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH VSTUPNÍCH POLOŽEK PRO VYSOKOU VARIANTU



5.4 Vyhodnocení výstupů ekonomického modelu

Na základě ekonomického modelu lze definovat dvě klíčové proměnné, které mají zásadní vliv na ekonomickou efektivitu investice, a to jsou tržní cena elektrické energie a prodejní cena vodíku. Do budoucna s rozvojem elektromobility lze očekávat korelaci mezi prodejní cenou vodíku a cenou elektrické energie, kdy budou tyto komodity vzájemným substitutem. Faktor vzájemné substituce těchto komodit (který aktuálně v modelu není zohledněn) může mít také částečný vliv na budoucí ekonomiku projektu. V případě vyšší ceny elektrické energie by zároveň byla i vyšší možná prodejní cena vodíku jako paliva do automobilu.

Z výše uvedených výstupů v kapitolách 5.3.1 a 5.3.2, které porovnávají různé výstupy ekonomického hodnocení investice pro dvě varianty cen elektrické energie demonstruje původní domněnku autora. Jak je vidět na grafech zobrazujících náklady na výrobu vodíku, výnosy z prodeje elektrické energie a vzniklým úsporám, závislost mezi těmito veličinami je protichůdná. Nižší cena elektrické energie implikuje nižší náklady na výrobu vodíku, zároveň ale nižší úspory a výnosy z prodeje elektrické energie do sítě. V případě scénáře vysokých cen elektrické energie je tomu přesně naopak.

Přestože ve vysoké variantě ceny elektrické energie je průměrná cena elektrické energie 1,5krát vyšší než v základní variantě, očekávané rozmezí NPV pro Základní scénář a pro Vysoký scénář se liší přibližně o 10 mil. Kč. Celkové OPEX na výrobu vodíku v základní variantě mají střední hodnotu 215 mil Kč, oproti tomu celkové OPEX na výrobu vodíku pro variantu vysoké ceny elektrické energie jsou 277,5 mil Kč. Hlavní veličinou ovlivňující ekonomické hodnocení projektu je především prodejní cena vodíku, jak dokazuje kapitola 5.2.3.

Výnosy z prodeje vodíku jsou v případě základní varianty nižší než v případě vysoké varianty, přibližně o 5 % z důvodu rozdílného množství vyrobeného vodíku, v obou případech vyrábí elektrolyzér téměř maximální možné množství vodíku za rok. Celkové tržby z prodeje vodíku základní varianty jsou 460 mil. Kč, pro variantu vysokých cen elektrické energie jsou celkové tržby 470 mil. Kč.

Oproti tomu výnosy z prodeje elektrické energie a úspory z vlastní spotřeby elektrické energie vyrobené ve FVE pro základní scénář cen jsou 35,15 mil. Kč, při vysokém scénáři pak 52,25 mil. Kč.

Z těchto údajů je vidět, že dochází k částečnému vzájemnému vyrovnávání mezi nákladovými a výnosovými položkami v celém systému a případná ztráta způsobená odchylkou v ceně elektrické energie se kompenzuje oběma směry. Investor by mohl dosáhnout situace, kdy by vzájemný poměr technologie výroby vodíku a FVE byl v takové rovnováze, že by případná ztráta projektu byla značně redukována.

Kladné NPV v případě **Vysoké varianty** ceny elektrické energie nastane s pravděpodobností **21,2 %**. V případě **Základního scénáře** ceny elektrické energie nastane kladné NPV s **39,9 %** pravděpodobností.

6 Závěr

Investice do systému výroby vodíku se za uvedených předpokladů ukázala jako nenávratná (při uvážení diskontované doby návratnosti). NPV investice je s největší pravděpodobností záporné. Při Vysoké variantě ceny elektrické energie nastane kladné NPV s pravděpodobností 21,2 %, v případě Základního scénáře potom kladné NPV nastane s pravděpodobností 39,9 %. Investice by tak nebyla za aktuálních předpokladů doporučena k realizaci.

Ekonomické hodnocení nezahrnuje v kalkulacích případnou dotaci, kterou lze v případě projektu napomáhajícímu dekarbonizaci očekávat. Pokud by dotace pokrývala část z celkových CAPEX, investici by bylo možné doporučit k realizaci. Hlavní položkou ovlivňující ekonomický výsledek investice je prodejní cena vodíku, jak vyplývá z citlivostní analýzy. Vzhledem k tomu, že náklady na výrobu vodíku (především elektrická energie) jsou do jisté míry fixované ve výši nákladů na výrobu elektrické energie z FVE a nastavené hranici ceny elektrické energie pro výrobu vodíku z elektrické energie ze sítě, lze považovat prodejní cenu vodíku za klíčovou položku celého modelu. Vzhledem k významu této položky by se nabízelo zmíněnou dotaci koncipovat spíše jako dotaci provozní, například formou garantované prodejní ceny.

Z investorského hlediska je výhodné, že projekt nabízí částečnou kompenzaci při změně tržní ceny elektrické energie. Zatímco v případě vysokých tržních cen elektrické energie je výroba vodíku nákladná, a ne příliš výhodná, dochází k vysokým úsporám vzniklým výrobou elektrické energie ve FVE. Naopak, v případě nízkých tržních cen elektrické energie se snižují výnosy a úspory plynoucí z FVE ale zároveň se snižují náklady na výrobu vodíku a ekonomický přínos plynoucí z výroby vodíku je tak vyšší. Tento efekt se v navrhovaném systému promítl jen částečně, možnou iterací by se ale dalo dojít k optimálnímu zastoupení FVE k objemu vyráběného vodíku.

Výhodnou variantou se jeví lokální výroba vodíku, kdy dochází k přeskočení řady kroků ve výrobním řetězci vodíku. Zejména přeprava a částečně skladování, obě tyto činnosti jsou doprovázeny technickou i finanční náročností, která v případě lokální výroby odpadá.

Pokud bych shrnul analytickou část práce, je patrné, že v oblasti vodíku dochází k rozvoji a jeho využití bude stále častější. Na úrovni Evropské unie vzniká řada iniciativ do vodíku investovat, především v oblasti vývoje a do budoucna i v oblasti stavby vodíkové infrastruktury. Praktická část práce ukazuje, že investice do projektu výroby vodíku může být návratná i bez dotace, bude-li se prodejní cena za kg vodíku pohybovat nad hranicí 280 Kč/kg. Akceptovatelnost této ceny bude vycházet především z budoucích nákladů provozu vozidel na jiné pohonné hmoty včetně jejich pořizovací ceny. Aktuálně lze tuto cenu považovat z uživatelského hlediska za vysokou.

Hlavním katalyzátorem vodíkových technologií v dopravě tak může aktuálně být především politická vůle tuto formu využívání energie podpořit.

Bibliografie

- [1] FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. *Investiční rozhodování a řízení projektů: Jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů*. 1. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3293-0.
- [2] BRIGHAM, Eugene F. a Michael C. EHRHARDT. *Financial Management: Theory & Practice*. 16. Boston: Cengage, 2019. ISBN 978-1-337-90260-1.
- [3] MAŘÍK, Miloš. *Metody oceňování podniku - proces ocenění, základní metody a postupy*. 4. Praha: Ekopress, 2018. ISBN 978-80-87865-38-5.
- [4] BREALEY, Richard A., Stewart C. MYERS a Franklin ALLEN. *Principles of Corporate Finance*. 13. New York: McGraw-Hill Education, 2020. ISBN 978-1-260-01390-0.
- [5] HAIM, Levy a Sarnat MARSHALL. *Kapitálové investice a finanční rozhodování*. 6. UK: Grada, 1999. ISBN 80-7169-504-1.
- [6] KISLINGEROVÁ, Eva. *Oceňování podniku*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: C.H. Beck, 2001. C.H. Beck pro praxi. ISBN 80-717-9529-1.
- [7] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Vodíková Strategie České republiky*. 2021.
- [8] BRUSSELS. *A hydrogen strategy for a climate EN neutral Europe*. In: . Brussels: EUROPEAN COMMISSION, 2020, ročník 2020, COM(2020) 301 final. Dostupné také z: chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301&from=EN
- [9] IEA. *Global Hydrogen Review*. IEA, 2021.
- [10] HYDROGEN COUNCIL. *Path to hydrogen competitiveness*. 2020.
- [11] ALSTOM. *Alstom*. 2021. Dostupné také z: <https://www.alstom.com/solutions/rolling-stock/coradia-ilinttm-worlds-1st-hydrogen-powered-train>
- [12] VONHOF, VonHolger. *Frankfurter*. 2021. Dostupné také z: <https://www.fnp.de/frankfurt/in-frankfurt-startet-die-groesste-wasserstoff-zugflotte-der-welt-90839756.html>
- [13] POUL, Adam a Libor ŠPIČKA. *Spotřeba paliva automobilů s vodíkovým článkem*. *Energie21* [online]. 2022, **2022**(1), 3 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/spotreba-paliva-u-automobilu-s-vodikovym-clankem/>

- [14 HOLZMAN, Ondřej. V Česku se otevřela první veřejná vodíková stanice. *CzechCrunch* [online]. 2022, **2022**(1), 1 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://cc.cz/v-cesku-se-otevrela-prvni-verejna-vodikova-stanice-do-prodeje-diky-tomu-jde-i-vodikove-hyundai-nexo/>
- [15 DIVIŠ, Tomáš. *Analýza důsledků elektrifikace pohonu osobních automobilů s benzínovým motorem*. Praha, 2018. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. ČVUT.
- [16 Spotřeba paliva auto. In: *Kurzy.cz* [online]. [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/vypocet/spotreba-paliva-auto/>
- [17 BENEDIKTOVÁ, Jana. Budovy, auta, povolenky. České předsednictví chce dotáhnout domluvu o snížení emisí. *Česká televize* [online]. 2022, **2022**(1), 1 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/3514548-budovy-auta-povolenky-ceske-predsednictvi-chce-dotahnout-domluvu-o-snizeni-emisi>
- [18 Hodnocení zdrojové přiměřenosti ES ČR do roku 2040 (MAF CZ). *ČEPS* [online]. 2022, **2022**(1), 76 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/2022/2/Hodnoceni-zdrojove-primerenosti-elektrizacni-soustavy-CR-_2021__v2.pdf
- [19 MERVART, Petr. *Strategie pro vodík MPO* [online]. 2020, **2020**(1), 14 [cit. 2022-12-30]. Dostupné z: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cebre.cz/static/2020/10/cebre-strategie-pro-vodik-final.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cebre.cz/static/2020/10/cebre-strategie-pro-vodik-final.pdf)
- [20 *Technické parametry poskytnuté výrobcem*. Europe, 2022.
- [21 *PV GIS* [online]. EU: European Commission, 2022 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- [22 *Normalizované TDD* [online]. Praha: OTE, 2022 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektřiny/normalizovane-tdd?date=2022-11-18>
- [23 *Roční zpráva trhu* [online]. Praha: OTE, 2022 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/rocní-zpráva?date=2022-01-01>
- [24 BLOOMBERG. Hydrogen Economy Outlook. *BloombergNEF* [online]. 2020, **2020**(1), 14 [cit. 2022-12-30]. Dostupné z: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf](https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf)

[25 *Energetický regulační VĚTNÍK* [online]. Jihlava: ERU, 2021 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z:
] https://www.eru.cz/documents/10540/7274234/ERV11_2021.pdf/e8deae2e-0c90-4576-98a8-9e90b88ee85b

[26 *Damodaran Online* [online]. New York: Damodaran, 2022 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z:
] <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>

[27 *Emisní podmínky 145. emise státních dluhopisů ČR, 3,50 %, 35 - CZ0001006431* [online]. Praha:
] ČNB, 2022 [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://www.mfcr.cz/cs/verejny-sektor/rizeni-statniho-dluhu/emise-statnich-dluhopisu/emisni-podminky/2022/emisni-podminky-145-emise-statnich-dluho-46516>

Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obrázek 1 Etapy projektů.....	17
Obrázek 2 Vizuální složení NPV a vstupujících paramentů	19
Obrázek 3 Definice WACC a jeho rozbor	26
Obrázek 4 Diagram metod určení nákladů vlastního kapitálu	28
Obrázek 5 POČET ČERPACÍCH STANIC H ₂ V PROVOZU A PLÁNOVANÉ STANICE v Evropě	37
Obrázek 6 Blokové schéma systému výroby vodíku	41
Obrázek 7 Schéma běžného řetězce výroby vodíku.....	42
Obrázek 8 Schéma řetězce výroby vodíku s prodejem vodíku v místě výroby	42
Obrázek 9 Nel Elektrolyzér typu PEM v kontejneru	44
Obrázek 10 Kompresor vodíkového systému.....	47
Obrázek 11 Plnicí stanice Nel	48
Graf 1: Četnost využívání kritérií investičního rozhodování.....	20
Graf 2 Crossover vzájemně se vylučujících projektů	24
Graf 3 Průměrná spotřeba FCEV kg H ₂ /100 km	36
Graf 4 Průměrná roční spotřeba H ₂ v ČR v sektoru osobní dopravy (tun/rok)	37
Graf 5 instalovaný výkon fotovoltaických a větrných elektráren – Realistická predikce	39
Graf 6 instalovaný výkon fotovoltaických a větrných elektráren – Progresivní predikce	39
Graf 7 Rozpočtení životnosti elektrolyzéro v závislosti na výkonu na elektrolyzéro v dané hodině	46
Graf 8 Vzorový den 20.8. průběhu výroby a rozdělení elektrické energie v systému výroby vodíku ...	51
Graf 9 Průměrné ceny elektrické energie jednotlivých denních hodin (EUR/MWh)	52
Graf 10 Průměrné ceny elektrické energie jednotlivých denních hodin (EUR/MWh)	53
Graf 11 Směrodatná odchylka cen elektrické energie v daných hodinách dne dle roku (EUR/MWh) .	53
Graf 12 Směrodatná odchylka cen elektrické energie v daných hodinách dne dle roku (EUR/MWh) .	54
Graf 13Trojúhelníkové pravděpodobnostní rozdělení nákladů na vybudování FVE.....	55
Graf 14Trojúhelníkové pravděpodobnostní rozdělení nákladů na vybudování plničky vodíku pro automobily	56
Graf 15Trojúhelníkoví pravděpodobnostní rozdělení nákladů na pořízení elektrolyzéro	56

Graf 16 Histogram rozdělení cen prodejní ceny vodíku (Kč/kgH ₂).....	58
Graf 17 Scénáře očekávaných průměrných cen elektrické energie (EUR(MWh)).....	61
Graf 18 OPEX na výrobu vodíku celkem Základní scénář	62
Graf 19 Vzniklé úspory celkem Základní scénář	62
Graf 20 Výnosy z prodeje elektrické energie celkem Základní scénář	63
Graf 21 Výnosy z prodeje vodíku Základní scénář.....	63
Graf 22 NPV Základní scénář	64
Graf 23 opex na výrobu vodíku celkem Vysoký scénář	65
Graf 24 Vzniklé úspory celkem Vysoký scénář	65
Graf 25 Výnosy z prodeje elektrické energie celkem Vysoký scénář	66
Graf 26 Výnosy z prodeje vodíku celkem Vysoký scénář.....	66
Graf 27 NPV Vysoký scénář	67
Graf 28 Citlivostní analýza nejvýznamnějších vstupních položek pro základní variantu	68
Graf 29 Citlivostní analýza nejvýznamnějších vstupních položek pro vysokou variantu	68
Tabulka 1 Zohlednění cashflow kritériem IRR (v mil. Kč)	22
Tabulka 2 CF vzájemně se vylučujících projektů	23
Tabulka 3 Ukazatele NPV, IRR pro dané projekty.....	23
Tabulka 4 Technické parametry elektrolyzéru PEM.....	45
Tabulka 5 Technické parametry vyrovnávací nádrže	46
Tabulka 6 Technické parametry kompresoru.....	47
Tabulka 7 Technické parametry plnicí stanice	48
Tabulka 8 Výsledná bilance nákladů cizího kapitálu	59

Příloha 1

Příklady cen odchylek od střední hodnoty elektrické energie v jednotlivých denních hodinách. V průběhu dne se mění především směrodatná odchylka jednotlivých rozdělení.

