

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická  
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd



Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management  
Obor: Elektrotechnika a management  
Název tématu: Porovnání nákladů variant dopravy zemního plynu

# **Bakalářská práce**

Student: Denis Senchenko  
Vedoucí práce: Ing. Miroslav Vítek, Csc.

V Praze,  
leden 2018



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Senchenko** Jméno: **Denis** Osobní číslo: **412411**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Porovnání měrných dopravních nákladů variant přepravy plynu (zkapalnění nebo plynovod)**

Název bakalářské práce anglicky:

**Comparison of natural gas transport variants (liquefied or pipeline)**

Pokyny pro vypracování:

1. Charakterizujte možnosti dopravy zemního plynu na velké vzdálenosti
2. Volba přepravní trasy pro případovou studii a sběr vstupních informací
3. Sestavení variant přepravy plynu
4. Vyhodnocení variant z hlediska projektu

Seznam doporučené literatury:

1. Vítěk, M.: Dopravní energetické systémy. Skriptum ČVUT FEL, Praha 2008.
2. Perna F., Riedl R.: Plynárenství 2. SNTL, Praha 1957

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Miroslav Vítěk CSc., 13116**

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

Datum zadání bakalářské práce: **16.02.2017** Termín odevzdání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

Platnost zadání bakalářské práce: **27.05.2018**

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) práce

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

\_\_\_\_\_  
Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské 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 08. 01. 2018

.....  
Denis Senchenko

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Miroslavu Vítkovi, Csc. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Tato práce řeší problematiku nákladů na přepravu zemního plynu v tekutém a plynném stavu. V teoretické části jsem popsal vlastnosti jednotlivých způsobů přepravy. V praktické části jsou pokryty dvě navržené trasy, používající již uvedené způsoby přepravy. Vyhodnocení výsledků se provádí pomocí porovnání hodnot ekonomických ukazatelů NPV a měrných nákladů. Výstupem práce je roční cash flow každého zvoleného projektu a vyhodnocení zdali tento projekt je ekonomicky výhodný.

## **Klíčová slova**

Zemní plyn, přeprava, LNG, porovnání nákladů, čistá současná hodnota, měrné náklady

## **Abstract**

This thesis addresses transportation cost of natural gas in fluid and gaseous state. The theoretical part describes properties of each individual way of transportation. The practical part encompasses two proposed routes, that use aforementioned ways of transportation. Evaluation of the results is based on comparison of net present value and specific cost. This thesis aims to provide annual cash flow of each chosen project and evaluate whether this project is economically favourable.

## **Keywords**

Natural gas, transportation, LNG, cost comparison, net present value, specific cost



1 Úvod .....	4
2 Možnosti dopravy zemního plynu na velké vzdálenosti .....	5
2.1 Plyn v plynné fázi.....	5
2.1.1 Potrubí .....	5
2.2 LNG.....	6
2.2.1 Na lodi .....	6
2.2.2 Nákladová vozidla.....	6
2.2.3 Železniční doprava .....	6
3 Volba přepravní trasy pro případovou studii a sběr informací .....	8
3.1 Trasa Zeebrugge – Mugardos .....	8
3.2 Trasa Rotterdam – Dortmund .....	9
3.4 Vstupní data.....	10
3.4.1 Obecné informace.....	10
3.4.1.1. Technické parametry .....	10
3.4.1.2. Ekonomické parametry.....	10
3.4.2 Plynovod.....	10
3.4.2.1. Technické parametry .....	10
3.4.2.2. Ekonomické parametry.....	10
3.4.2.2.1 Obecné.....	10
3.4.2.2.2 Při pořízení nové infrastruktury .....	10
3.4.3 Nákladové vozidlo.....	11
3.4.3.1. Technické parametry .....	11
3.4.3.2. Ekonomické parametry.....	11
3.4.3.2.1 Obecné.....	11
3.4.3.2.2 Při použití existující infrastruktury.....	11
3.4.3.2.3 Při pořízení nové infrastruktury .....	11
3.4.4 Loď .....	11
3.4.4.1. Technické parametry .....	11
3.4.4.2. Ekonomické parametry.....	11
3.4.4.2.1 Obecné.....	11
3.4.4.2.2 Při pořízení nové infrastruktury .....	11
3.4.5 Železniční doprava .....	12
3.4.5.1. Technické parametry .....	12
3.4.5.2. Ekonomické parametry.....	12
3.4.5.2.1 Obecné.....	12
3.4.5.2.2 Při pořízení nové infrastruktury .....	12
4 Sestavení variant přepravy plynu .....	13
4.1 Trasa Zeebrugge – Mugardos .....	13
4.1.1 Přeprava plynovodem.....	13

4.1.2 Přeprava tankerem .....	13
4.2 Trasa Rotterdam – Dortmund .....	14
4.2.1 Přeprava vlakem .....	14
4.2.2. Přeprava nákladovým vozidlem .....	14
4.2.3 Přeprava plynovodem.....	14
5 Vyhodnocení variant z hlediska projektu .....	15
5.1 Kritéria porovnání .....	15
5.1.1 NPV .....	15
5.1.2 Měrné dopravní náklady.....	15
5.2 Pro trasu Zeebrugge – Mugaros .....	15
5.2.1 Vodní trasa .....	16
5.2.1.1 Peněžní toky .....	16
5.2.1.2 NPV .....	18
5.2.1.3 Měrné dopravní náklady.....	18
5.2.2 Plynovod.....	19
5.2.2.1 Peněžní toky .....	19
5.2.2.2 NPV .....	20
5.2.2.3 Měrné dopravní náklady.....	20
5.2.3 Shrnutí .....	21
5.3 Pro trasu Rotterdam – Dortmund .....	22
5.3.1 Přeprava po železnici.....	22
5.3.1.1 Peněžní toky .....	22
5.3.1.2 NPV .....	23
5.3.1.3 Měrné dopravní náklady.....	24
5.3.2 Nákladové vozidlo.....	24
5.3.2.1 Peněžní toky .....	24
5.3.2.2 NPV .....	26
5.3.2.3 Měrné dopravní náklady.....	26
5.3.3 Plynovod.....	27
5.3.3.1 Peněžní toky .....	27
5.3.3.2 NPV .....	27
5.3.3.3 Měrné dopravní náklady.....	28
5.3.4 Shrnutí .....	29
6 Závěr.....	30
7 Seznam použité literatury a zdrojů .....	31
8 Seznam tabulek, obrázků a grafů .....	32
8.1 Seznam tabulek.....	32
8.2 Seznam obrázků .....	32
8.3 Seznam grafů.....	32

9 Seznam zkratek.....	33
-----------------------	----

## 1 Úvod

Jedním ze zdrojů tepelné energie je zemní plyn. V současné době se rozšiřuje použití tohoto plynu pro pohon zařízení. Navíc zemní plyn je významnou chemickou surovinou a plouží se jako palivo v paroplynových elektrárnách. S tím je spojeno několik problémů, které je potřeba vyřešit. Jedním z těchto problémů je přeprava daného plynu.

V současné době existuje několik možností přepravy zemního plynu, a to především v kapalně a v plynné fázi. Pro dopravu plynu v plynné fázi se používá potrubí neboli plynovod. V případě LNG se dá použít řada možností, nejdůležitějšími s nich jsou: přeprava na lodi a přeprava pozemními druhy dopravy. Do pozemní kategorie spadá doprava nákladovými vozidly a doprava po železnici. Ostatní druhy přepravy v této práci uvažovat nebudu.

V této práci chtěl bych popsat vlastnosti každého typu přepravy zemního plynu popřípadě popsat jejich výhody a nevýhody. Dalším cílem je jejich porovnání mezi sebou, a to z hlediska provozních podmínek a hlediska ekonomického. Závěrem bude optimální řešení které povede k nejlepšímu využití zdrojů za daných podmínek. Aby tyto úkoly mohly být splněny, pro případ dané práce výběru si teoretickou trasu a veškeré možnosti dopravy, pokud jsou použitelné, budu zkoumat na této trase.

## 2 Možnosti dopravy zemního plynu na velké vzdálenosti

V dané kapitole jsem popsal možnosti dopravy, jejich technická a ekonomická stránka. Dalším bodem je jejich omezení za určitých podmínek nebo výhody oproti jiným druhům přepravy.

### 2.1 Plyn v plynné fázi

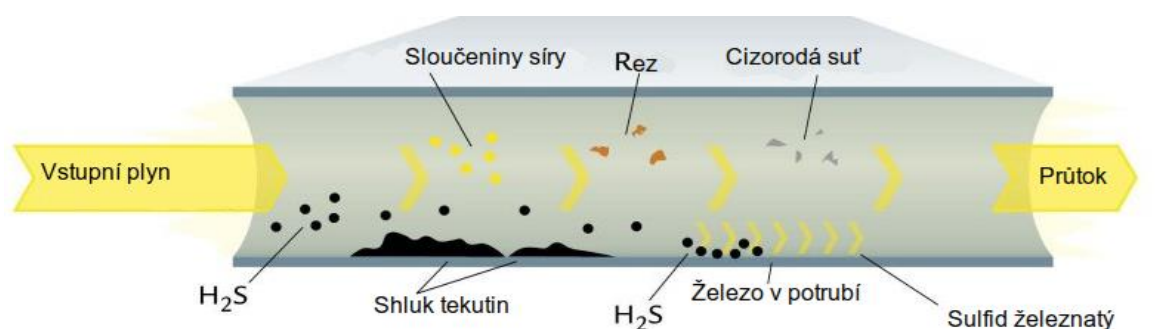
Jelikož při těžbě plynu, tento druh paliva je v plynné fázi a koncový zákazník používá plyn většinou také v plynné fázi, tak není nutná dodatečná spotřeba energie na přeměnu do jiné fáze. Avšak takový plyn se nesmí být dodáván zákazníkovi, jelikož je bez zápachu, což by mohlo způsobit nehody. Proto je nutná výstavba odorizační stanice.

#### 2.1.1 Potrubí

Infrastruktura přepravy plynu potrubím zahrnuje zásobovací stanici, kompresorové stanice, ochranné a měřicí prvky a koncovou stanici. Kompresorové stanice jsou umístěny po celé délce potrubí a slouží k dodání plynu energie, aby došlo k negaci poklesu tlaku. Vzdálenost mezi těmito stanicemi obvykle činí 80 až 120 km. [1] Na těchto stanicích jsou instalovány pístové motory a/nebo plynové turbíny, pohánějící kompresor. Jelikož existují přísné požadavky na čistotu výfukových plynů, vývoj nových typů trvá delší dobu, což zpomaluje cyklus „vývoj – uvedení do provozu – obnovení“. Proto při návrhu je potřeba mít v úvaze parametry plynovodu.

Výhodou tohoto způsobu přepravy je to, že plynovod má vysokou dobu životnosti a nízké náklady na údržbu. Také v uzlech plynovodu je možné na dálku změnit průtok plynu, směr plynu a poměr dodání v těchto směrech. Tento způsob dodání je preferován při pevných dlouhodobých smlouvách.

Nevýhodou tohoto způsobu je to, že zaujímá určitou plochu. To znamená, že než se začne výstavba plynovodu, musí se udělat průzkumy půdy, klimatických podmínek. Také to znamená, že nový směr dodávek je umožněn až po výstavbě nové větve plynovodu. Navíc to znamená, že potrubí má být chráněno proti poškození, jinak by to znamenalo přerušení dodávky, jelikož rychlá oprava potrubí není možná. Další nevýhodou tohoto způsobu přepravy je akumulace tzv. černého prášku uvnitř nechráněného potrubí. [2] Tento prášek omezuje průtok potrubím a je nebezpečný pro zdraví a životní prostředí, jelikož obsahuje rtuť a radioaktivní látky. To zdůvodňuje nutnost pravidelné údržby a čištění potrubí. Dalším důvodem k pravidelné kontrole potrubí jsou chemické a mikrobiologické vlastnosti prostředí. Tyto podmínky mohou omezit použití plynovodu v některých lokalitách, jelikož to může způsobit korozi úseku plynovodu. Bez okamžitého reagování to může vyvolat technogenní katastrofu, a tím pádem škody způsobené touto katastrofou. Aby bylo možno zabránit tímto škodám, existuje management integrity plynovodu, který zahrnuje kontrolu kvalitu potrubí, detekci poruch a komunikaci mezi likvidačními jednotkami.

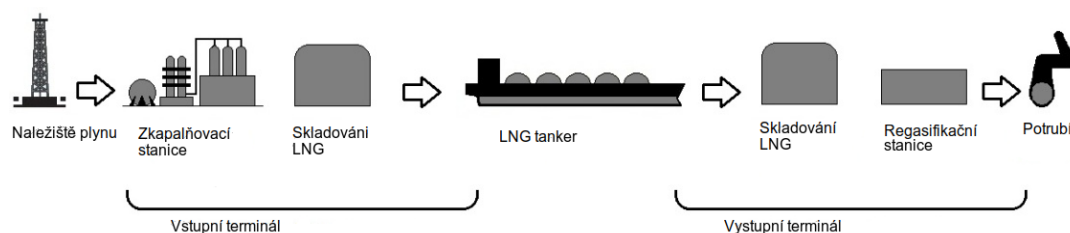


Obrázek 1. Vznik černého prášku uvnitř potrubí [12]

## 2.2 LNG

Začátek a konec dopravní cesty je stejný jako při dopravě plynu potrubím avšak prostřední část je jiná. Jelikož plyn pro vytvoření LNG má být ochlazen na velmi nízkou teplotu za normálního atmosférického tlaku (-162 °C), vstupující do zkapalňovací stanice plyn má mít vysokou míru čistoty jelikož veškeré nečistoty ovlivňují vlastnosti kapaliny. Tím pádem celková infrastruktura LNG má následující strukturu: vstupní plynovod, sušící stanice, čisticí stanice, zkapalňovací stanice, vstupní terminál, zvolený druh přepravy, výstupní terminál, regasifikační stanice, výstupní plynovod nebo jiný způsob odběru. [3] To znamená, že oproti zemnímu plynu v plynné fázi má mnohém složitější infrastrukturu, avšak koncový produkt má definovaný objem a vyšší energetickou hodnotu na jednotku objemu.

### 2.2.1 Na lodi



Obrázek 2. LNG řetězec [13]

Pro přepravu LNG vodní cestou se používají LNG tankery. Tyto lodě dají se vyrábět ve mnoha velikostech a tím pádem i různými objemy nádrží na zkapalněný plyn. Jistou výhodou tohoto způsobu je přeprava plynu mezi kontinenty, a proto přeprava na lodi někdy se může stát jedinou možností. Znamená to, že objem dodávek dá se ovlivnit počtem lodí. Navíc tento způsob dopravy umožňuje změnit orientaci dodávek v závislosti na poptávce a ceně. Cenu přepravy plynu tankerem ovlivňují poplatky v portech, mzda posádky, spotřeba paliva, cena paliva, poměr DWT ku celkové hmotnosti lodí.

### 2.2.2 Nákladová vozidla

V tomto případě se používají nákladová vozidla s jednoduchou nebo žádnou úpravou a standardní tlakové láhve, což snadně umožňuje dodávat plyn co nejrychleji do míst která mají dálniční nebo silniční spojení. Toto spojení je v daném případě jediným požadavkem, tzn., že je umožněno dodání plynu do vzdálených míst, popřípadě i se složitým terénem. Celková cena přepravy je v tomto případě ovlivněna typem vozidla, mzdou řidičů, vzdáleností, rychlostí, chlazením nákladu, poplatkem v terminálech. Dalšími náklady jsou ubytování a strava řidičů, pojištění, údržba vozidla.

Mezi příjezdem a odjezdem vozidla má být interval, plnicí funkci rezervy v případě nečekaných událostí.

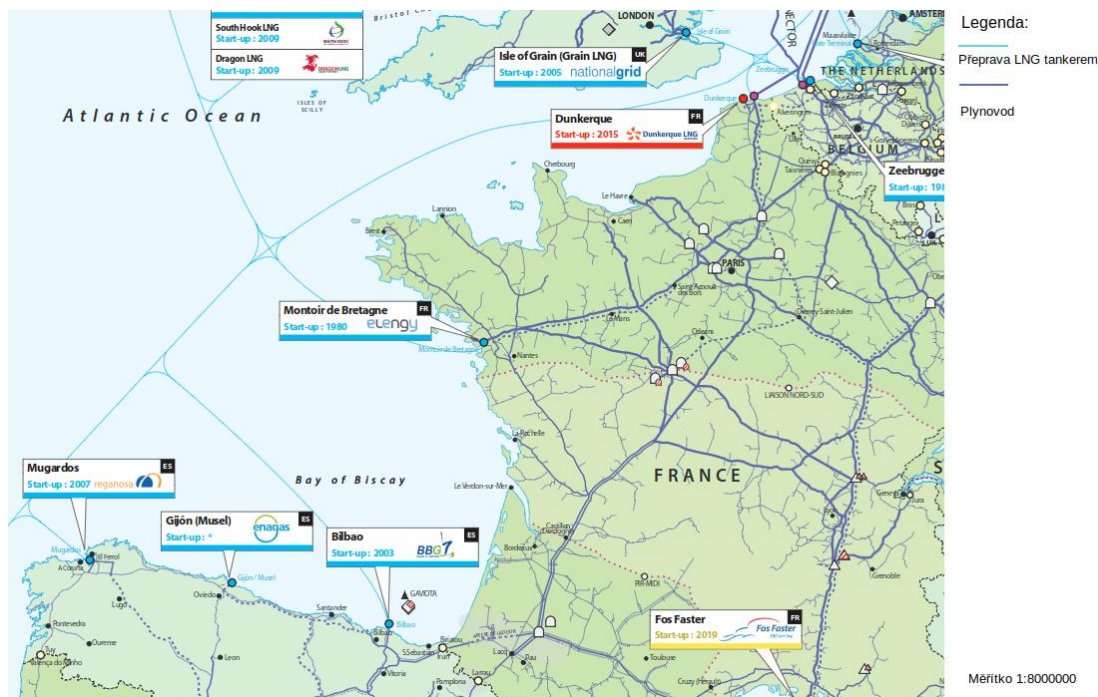
Navíc pokud vozidlo se nachází ve vlastním majetku, vzniká problém vracení prázdné tlakové lahve.

### 2.2.3 Železniční doprava

Při dopravě LNG se používají speciální vagony s vestavěnou tlakovou láhví. Tento způsob je především určen pro dlouhodobé projekty, jelikož tento způsob vyžaduje nakládací a vykládací terminál jako součást železniční stanice. Spotřebitel plynu musí se nacházet v relativní blízkosti těchto terminálů. Jelikož tento způsob dopravy vyžaduje takovou infrastrukturu, používá se

dlouhodobě a s velkou kapacitou. Existuje možnost použít již existující infrastrukturu a dostavit jen potřebný úsek k terminálu. V takové situaci počáteční investice budou menší, než v případě výstavby úplně nové infrastruktury. Cena přepravy v tomto případě závisí na jednotlivých poplatcích za infrastrukturu v zemích, přes které bude dodáván náklad.

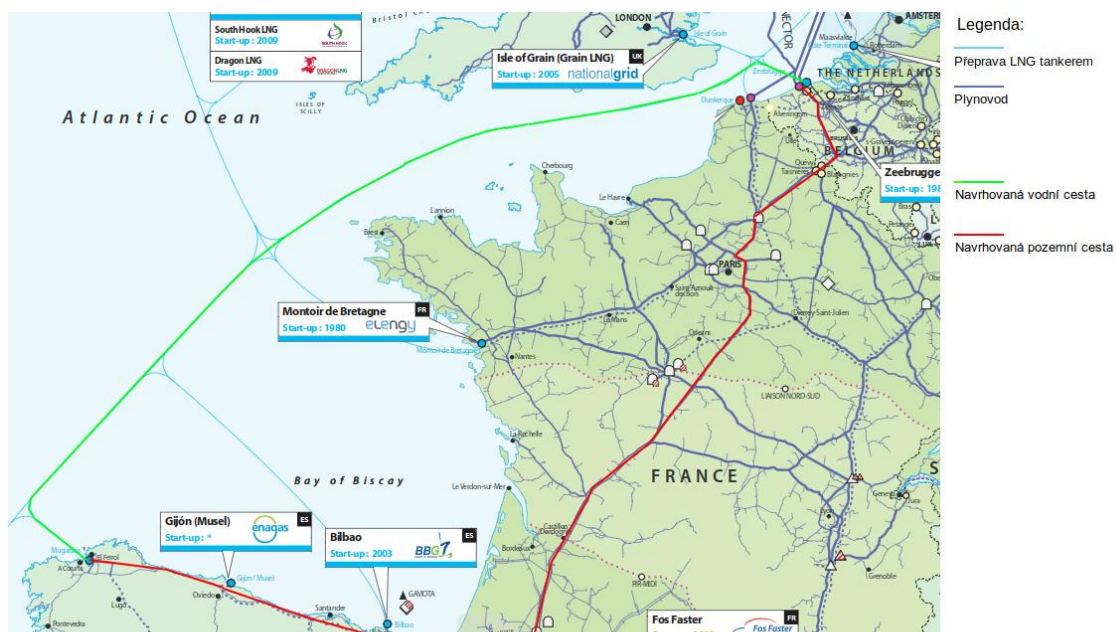
### 3 Volba přepravní trasy pro případovou studii a sběr informací



Obrázek 3. Mapa stávajících plynovodů a vodních cest LNG v Evropě [14]

#### 3.1 Trasa Zeebrugge – Mugaros

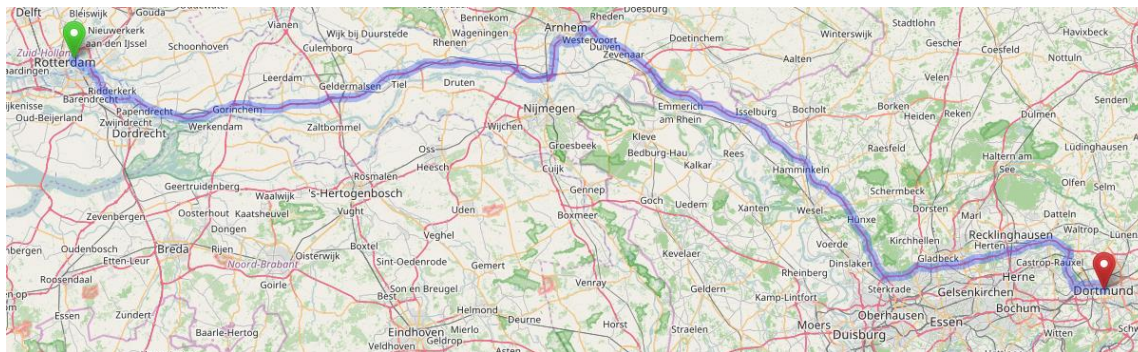
Takto navržená trasa ve mnoha místech kopíruje polohu stávajících plynovodů a plynovodů ve výstavbě. Vodní cesta kopíruje beze změny cesty tankerů. Takovým způsobem lze říct, že je tato trasa určitým způsobem přiblížená ke skutečné situaci v evropské síti plynovodů a vodních cest. Další výhodou je snadnější odhad vstupních dat.



Obrázek 4. Mapa navrženého plynovodu a vodní cesty



## 3.2 Trasa Rotterdam – Dortmund



Obrázek 5. Mapa navrhované trasy Rotterdam – Dortmund

Takto navržená trasa využívá již existující dálnici a nachází se poblíž železniční tratě, což umožňuje porovnat v tomto projektu tyto druhy přepravy.

### 3.4 Vstupní data

Pro porovnání nákladů je potřeba vědět nejen ekonomické parametry jednotlivých způsobů přepravy zemního plynu, ale i technicko-fyzické parametry. Vstupní údaje jsou shrnuty do tabulek podle těchto parametrů a podle toho, jestli vstupní údaje platí obecně nebo jen pro daný druh přepravy. Dalším řazením ekonomických parametrů je řazení podle toho, jestli se používá existující infrastruktura nebo je pořizovaná nová.

#### 3.4.1 Obecné informace

##### 3.4.1.1. Technické parametry

Hustota LNG	450 kg/m <sup>3</sup>
Energetický ekvivalent zemního plynu	1 380 m <sup>3</sup> /t neboli 30 MWh/t [4]

##### 3.4.1.2. Ekonomické parametry

Poměr údržby veškerých přepravních prostředků	3 % kupní ceny ročně
Doba životnosti plynovodu, lodi, a vagonů	20 let
Cena nafty pro pohon veškerých přepravních prostředků	0,9 EUR/l
Cena použití regasifikační stanice	160 EUR/t/rok
Cena použití zkapalňovací stanice	640 EUR/t/rok [5]
Regulována státem cena přepravy plynu	3 200 EUR/km/GWh

#### 3.4.2 Plynovod

##### 3.4.2.1. Technické parametry

Kapacita potrubí průměru 762 mm	56,6 mil. m <sup>3</sup> /den [6]
---------------------------------	-----------------------------------

##### 3.4.2.2. Ekonomické parametry

###### 3.4.2.2.1 Obecné

Napájení kompresorových stanic	0,05 EUR/m <sup>3</sup>
--------------------------------	-------------------------

Napájením kompresorových stanic se rozumí náklady na palivo, potřebné pro provoz těchto stanic.

###### 3.4.2.2.2 Při pořízení nové infrastruktury

Výstavba potrubí	3,2 mil. EUR/km
------------------	-----------------

Cena výstavby jednoho kilometru zahrnuje výstavbu kompresorových stanic.

### 3.4.3 Nákladové vozidlo

#### 3.4.3.1. Technické parametry

Doba životnosti nákladového vozidla	10 let
Kapacita nákladového vozidla	15 t
Spotřeba paliva nákladovým vozidlem	20 l / 100 km
Průměrná rychlost	80 km/h

#### 3.4.3.2. Ekonomické parametry

##### 3.4.3.2.1 Obecné

Mzda řidiče	10 EUR/h
-------------	----------

##### 3.4.3.2.2 Při použití existující infrastruktury

Dálniční poplatek	0,11 EUR/km
-------------------	-------------

##### 3.4.3.2.3 Při pořízení nové infrastruktury

Výstavba dálnice	10 mil. EUR/km
Cena vozidla	112 tis. EUR

### 3.4.4 Lod'

#### 3.4.4.1. Technické parametry

Spotřeba paliva	100 l/km
Kapacita lodě	27 500 m <sup>3</sup> [8]

#### 3.4.4.2. Ekonomické parametry

##### 3.4.4.2.1 Obecné

Osobní náklady posádky	20 EUR/h
------------------------	----------

##### 3.4.4.2.2 Při pořízení nové infrastruktury

Cena lodě	52 mil. EUR [8]
-----------	-----------------

### 3.4.5 Železniční doprava

#### 3.4.5.1. Technické parametry

Kapacita jednoho vagonu	70 t
Hmotnost vagonu	20 t
Spotřeba paliva lokomotivou	2 l/km·t
Průměrná rychlost soupravy	40 km/h

#### 3.4.5.2. Ekonomické parametry

##### 3.4.5.2.1 Obecné

Osobní náklady strojvedoucího	12 EUR/h
-------------------------------	----------

##### 3.4.5.2.2 Při pořízení nové infrastruktury

Cena nové lokomotivy	2,1 mil. EUR
Cena nového vagonu	60 tis. EUR
Výstavba železniční tratě	7,2 mil. EUR/km [9]

## **4 Sestavení variant přepravy plynu**

### **4.1 Trasa Zeebrugge – Mugardos**

Tyto údaje byly vypočteny pomocí měřítka mapy, tj. nemusí být úplně přesné.

#### **4.1.1 Přeprava plynovodem**

Celková délka plynovodů přibližně 3 190 km. Maximální průměr tohoto úseku potrubí je 915 mm, minimální průměr je 610 mm. Pro tento případ použijí hodnotu 762 mm. Roční kapacita terminálu v Zeebrugge je 9 mld. m<sup>3</sup>. Roční kapacita terminálu v Mugardosu je 3,6 mld. m<sup>3</sup>.

#### **4.1.2 Přeprava tankerem**

Celková délka vodní cesty je přibližně 2 900 km.

## **4.2 Trasa Rotterdam – Dortmund**

### **4.2.1 Přeprava vlakem**

Celková délka železniční tratě na tomto úseku je přibližně 260 km.

### **4.2.2. Přeprava nákladovým vozidlem**

Celková délka pozemní trasy je přibližně 256 km. [11]

### **4.2.3 Přeprava plynovodem**

Celková délka plynovodů je přibližně 245 km.

## 5 Vyhodnocení variant z hlediska projektu

Každou investici dá se porovnat s jinými na základě několika kritérií. V této práci použijí NPV a měrné náklady.

### 5.1 Kritéria porovnání

Pro výpočet níže uvedených kritérií je potřeba zavést definici ročního cash flow. Vzhledem k tomu, že evropská legislativa zakazuje stejné společnosti přepravovat a zároveň prodávat zemní plyn, tím se cash flow zjednoduší a je definován následujícím způsobem:

$$CF = P \cdot Q \cdot S - N_{pr} - N_{ip} \quad (1)$$

Kde  $P$  je cena v [EUR/km/GWh],

$Q$  - množství přepravované energie v plynu [GWh] nebo [GJ],

$S$  - dopravní vzdálenost [km],

$N_{pr}$  - provozní náklady [EUR/rok],

$N_{ip}$  - investiční porovnávací výdaje [EUR] v roce 0.

#### 5.1.1 NPV

NPV (Net Present Value) udává čistou současnou hodnotu investice, tj. uvažuje opportunity cost a vyhodnocuje projekt. Investice je výhodnější, když tento ukazatel má co nejvyšší hodnotu.

$$NPV = \sum_{t=0}^{Tž} CF_t \cdot (1 + r)^{-t} \quad (2)$$

Kde  $CF$  – peněžní toky v jednotlivých letech,  $Tž$  je doba životnosti,  $r$  je diskont.

#### 5.1.2 Měrné dopravní náklady

Dalším kritériem porovnání projektů jsou měrné dopravní náklady. Výhodou tohoto kritéria je to, že není nutno znát výkupní cenu plynu. Čím tato hodnota je menší, tím výhodnější je přeprava plynu. Toto kritérium má jednotku EUR/km/GWh, a vypočte se následujícím způsobem:

$$MDN = \frac{\frac{RCF}{S}}{Q} \quad (3)$$

Kde  $RCF$  je roční ekvivalentní čistá současná hodnota projektu,  $S$  – vzdálenost mezi vstupním a výstupním bodem,  $Q$  – energetická hodnota přepraveného plynu.

Hodnota  $RCF$  se vypočte následujícím způsobem:

$$RCF = a \cdot NPV \quad (4)$$

Kde  $a$  – poměrná annuita, která se vypočte následujícím způsobem:

$$a = \frac{r \cdot (1+r)^{Tž}}{(1+r)^{Tž} - 1} \quad (5)$$

Kde  $r$  je diskont.

## 5.2 Pro trasu Zeebrugge – Mugardos

V tomto projektu je potřeba každoročně přepravit 12 mld. m<sup>3</sup> zemního plynu.

## 5.2.1 Vodní trasa

Na základě vstupních údajů a doby životnosti projektu 20 let byly vypočteny následující hodnoty  $CF$ :

### 5.2.1.1 Peněžní toky

Pro daný objem přepravy LNG jsou zapotřebí 8 lodí, tj. celková počáteční investice  $N_i$  je

$$N_i = P \cdot n \text{ [mil. EUR]}$$

$P$  – kupní cena jedné lodě,  $n$  – potřebné množství lodí

Dosažení:

$P = 52$  mil. EUR,

$n = 8$  [-], poté

$N_i = 416$  mil. EUR.

Kapacita lodě  $C$  v kilogramech LNG je

$$C = \rho \cdot V \text{ [kg]}$$

$\rho$  – hustota LNG,  $V$  – kapacita lodě v  $m^3$

$$C = 450 \text{ kg/m}^3 \cdot 27\,500 \text{ m}^3 = 12\,375 \text{ t LNG.}$$

Kapacita  $C$  v kilogramech je ekvivalentem  $E = 17\,325\,000 \text{ m}^3$  plynu v plynném stavu při normálním tlaku.

Počet jednosměrných cest  $S$  je

$$S = \frac{Z}{E \cdot n} \text{ [-]}$$

$Z$  – objem plynu v  $m^3$ , který je potřeba přepravit,  $E$  – kapacita lodě v  $m^3$

$$S = 3 \text{ mld. m}^3 / 17\,325\,000 \text{ m}^3 / 8 = 87.$$

Celkový počet cest  $T$  je  $S \cdot 2 = 174$ .

Počet ujetých kilometrů  $L_r$  za rok je

$$L_r = n \cdot T \cdot l$$

Kde  $l$  je délka vodní trasy.

$$L_r = 8 \cdot 174 \cdot 2\,900 \text{ km} = 4\,036\,800 \text{ km.}$$

Spotřeba paliva  $Q_p$  za rok je

$$Q_p = L_r \cdot u$$

Kde  $u$  je spotřeba paliva za km.

$$Q_p = 4\,036\,800 \text{ km} \cdot 100 \text{ l/km} = 403\,680\,000 \text{ l.}$$

Náklady na  $N_p$  palivo jsou

$$N_p = Q_p \cdot P_p$$

Kde  $P_p$  je cena paliva.



$$N_p = 403\,680\,000 \text{ l} \cdot 0,9 \text{ EUR/l} = 363\,312\,000 \text{ EUR.}$$

Údržba  $Mi$  je definovaná jako

$$Mi = Ku \cdot Pc$$

Kde  $Pc$  je pořizovací cena,  $Ku$  - koeficient údržby.

$$Mi = 0,03 \cdot 416 \text{ mil. EUR} = 12,48 \text{ mil. EUR/rok.}$$

Roční osobní náklady  $No$  posádky jsou

$$No = no \cdot to$$

Kde  $no$  - osobní náklady,  $to$  - počet odpracovaných hodin za rok

$$No = 20 \text{ EUR/h} \cdot 360 \text{ dní} \cdot 24 \text{ hodiny} = 172\,800 \text{ EUR.}$$

Použití zkapalňovací a regasifikační stanice  $ns$  je

$$ns = (Nrg + Nz k) \cdot qz$$

Kde  $Nrg$  – náklad na použití regasifikační stanice,  $Nz k$  – náklad na použití zkapalňovací stanice,  
 $qz$  - množství zpracovaného plynu

$$Nrg + Nz k = 160 + 640 = 800 \text{ EUR/t/rok,}$$

$$qz = T \cdot C = 2\,215\,890 \text{ t, poté}$$

$$ns = 1\,772\,712\,000 \text{ EUR/rok.}$$

Celkové roční náklady  $Nr$  jsou

$$Nr = Mi + ns + No$$

$$Nr = 12,48 \text{ mil. EUR} + 1\,772,71 \text{ mil. EUR} + 0,173 \text{ mil. EUR} = 1\,785,3 \text{ mil. EUR}$$

$CF$  pro rok 0 po dosazení do vzorce (1) = - 416 mil. EUR.

$CF$  pro roky 1-20 po dosazení do vzorce (1) = 603,44 mld. EUR.

$t$ , rok	0	1-20
$CF_t$ , mld. EUR	0,416	1,79

Tabulka 1. Peněžní toky nákladů pro přepravu LNG vodní trasou

$t$ , rok	0	1-20
$CF_t$ , mld. EUR	-0,416	2 661,17

Tabulka 2. Peněžní toky v jednotlivých letech pro přepravu LNG vodní tankerem

### 5.2.1.2 NPV

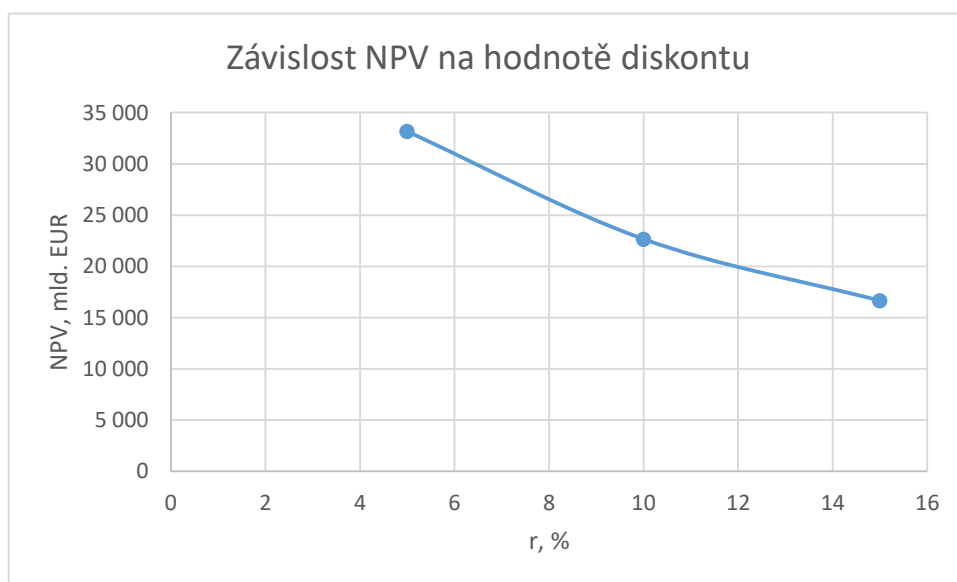
Diskont  $r = 5\%$ ,  $10\%$ ,  $15\%$ .

Využijeme hodnot počáteční investice a ročního CF, spočtených v bodě 5.2.1.1.

Po dosazení hodnot do vzorce (2) vytvořil jsem následující tabulku :

$r, \%$	5	10	15
NPV, mld. EUR	33 163,6	22 665,6	16 656,7

Tabulka 3. Závislost hodnoty NPV na diskontu



Graf 1. Závislost NPV na diskontu

### 5.2.1.3 Měrné dopravní náklady

Tankerem bylo přepraveno  $12 \text{ mld. m}^3$  zemního plynu, čemuž odpovídá  $Q = 260 870 \text{ GWh}$  energie.

Diskont  $r = 5\%$ .

Vzdálenost mezi body  $S = 2 900 \text{ km}$ .

Po dosazení hodnot z tabulky 1 do vzorců (2) a (3), mám :

$NPV = 22,72 \text{ mld. EUR}$ .

$a = 0,08$ .

$RCF = 1,82 \text{ mld. EUR}$ .

Poté  $M = 2,4 \text{ EUR/km/GWh}$

## 5.2.2 Plynovod

### 5.2.2.1 Peněžní toky

#### Počáteční investice :

Výstavba plynovodů :

Délka plynovodu  $S = 3\,190$  km,

Náklady na výstavbu jednoho km  $P_k = 3,2$  mil. EUR,

Náklady na výstavbu  $= S \cdot P_k$ ,

Výsledek:  $N_i = 10\,208$  mil. EUR.

Koeficient využití v daném případě nelze použít jelikož plynovod nejde použít k přepravě jiných nákladů než plyn. To by vyžadovalo nutnost prezenze dalších přepravců zemního plynu, což nemusí být zaručeno.

#### Roční náklady:

Provoz kompresorových stanic  $n_k = Z \cdot n_{kp}$ ,

kde  $n_{kp}$  - náklad na napájení kompresorových stanic.

$n_k = 12$  mld.  $m^3 \cdot 0,05$  EUR/ $m^3 = 150$  mil. EUR.

Údržba plynovodu  $M_i$ :

$M_i = 0,03 \cdot 10\,208$  mil. EUR = 306,24 mil. EUR.

Celkové roční náklady  $N_r$  tím pádem jsou

$$N_r = n_k + M_i$$

$N_r = 150$  mil. EUR + 306,24 mil. EUR = 456,24 mil. EUR.

$CF$  pro rok 0 po dosazení do vzorce (1) = - 10 208 mil. EUR.

$CF$  pro roky 1-20 po dosazení do vzorce (1):

$P = 3\,200$  EUR/km/GWh,

$Q = 260\,869,56$  GWh ,

$S = 3\,190$  km,

$N_{pr} = 456,24$  mil. EUR.

Výsledek: 665,72 mil. EUR.

$t$ , rok	0	1-20
$CF_t$ , mld. EUR	10,21	0,46

Tabulka 4. Peněžní toky nákladů pro přepravu plynovodem

$t$ , rok	0	1-20
$CF_t$ , mld. EUR	-10,21	2 662,5

Tabulka 5. Peněžní toky v jednotlivých letech pro přepravu plynovodem

### 5.2.2.2 NPV

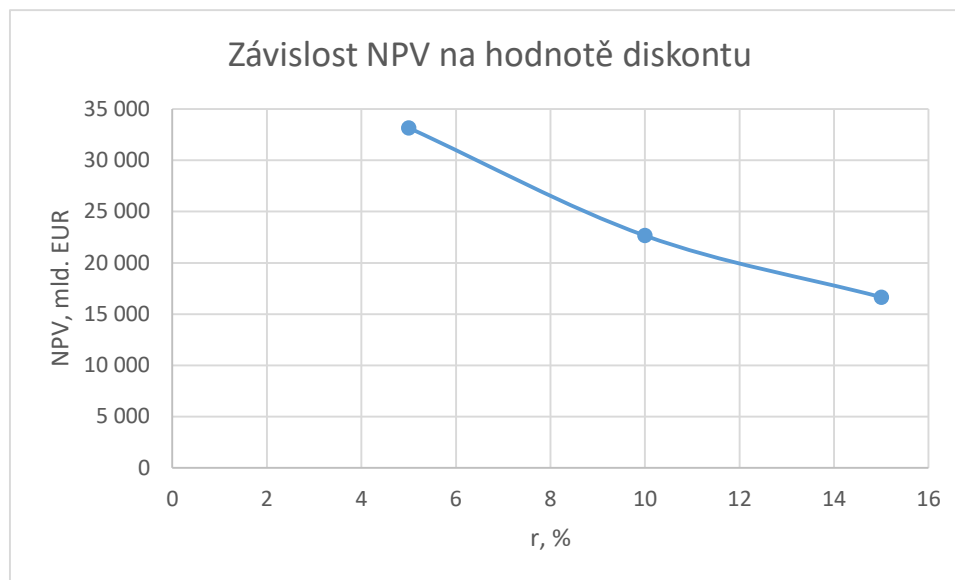
Diskont  $r = 5\%$ ,  $10\%$ ,  $15\%$ .

Využijeme výše uvedené hodnoty počáteční investice a ročního CF.

Po dosažení hodnot z tabulky 2 do vzorce (2), mám následující tabulku:

$r, \%$	5	10	15
NPV, mld. EUR	33 170,4	22 657,2	16 655,3

Tabulka 6. Analýza NPV v závislosti na hodnotě diskontu



Graf 2. Závislost NPV na diskontu

### 5.2.2.3 Měrné dopravní náklady

Plynovodem bylo přepraveno  $12 \text{ mld. m}^3$  zemního plynu, čemuž odpovídá  $Q = 260\,870 \text{ GWh}$  energie.

Diskont  $r = 5\%$ .

Vzdálenost mezi body  $S = 3\,190 \text{ km}$ .

Po dosažení do vzorců (2) a (3), mám :

$NPV = 15,94 \text{ mld. EUR}$ .

$a = 0,08$ .

$RCF = 1,28 \text{ mld. EUR}$ .

Poté  $M = 1,53 \text{ EUR/km/GWh}$

### 5.2.3 Shrnutí

Hodnoty měrných nákladů ve všech případech přepravy jsem přepočítal na MWh a shrnul do následující tabulky :

Způsob přepravy	NPV při $r = 5 \%$ , mld. EUR	Měrné náklady, EUR/km/MWh
Tanker	33 163,6	0,0024
Plynovod	33 170,4	0,00153

*Tabulka 7. Souhrn hodnot měrných nákladů na přepravu*

## 5.3 Pro trasu Rotterdam – Dortmund

Aby následující projekty se daly porovnat, v tomto příkladu potřebujeme přepravit 30 GWh ročně. Tomu odpovídá 2100 t LNG nebo 2 866 200 m<sup>3</sup> zemního plynu. Doba životnosti projektu je 20 let.

### 5.3.1 Přeprava po železnici

V případě, že v roce je 250 pracovních dnů a v jednom pracovním dni je 24 hodin, mám 6 000 pracovních hodin. Na základě vstupních údajů a doby životnosti projektu 20 let byly vypočteny následující hodnoty  $CF$ :

#### 5.3.1.1 Peněžní toky

Průměrný čas  $T_a$ , za který souprava dosáhne koncového bodu –

$$T_a = \frac{S}{V_a} [\text{h}]$$

Kde  $V_a$  – průměrná rychlost.

$$T_a = 260 \text{ km} / 40 \text{ km/h} = 6 \text{ h.}$$

Průměrný čas  $T_2$ , obousměrná cesta =  $T_a \cdot 2 = 12 \text{ h.}$

Interval  $T_3$  mezi příjezdem a odjezdem = 2 h.

Celkový čas na jednu soupravu  $TC = T_2 + T_3 \cdot 2 = 12 \text{ h} + 4 \text{ h} = 16 \text{ h.}$

To znamená, že za rok se dá vypravit 6 000 h /  $TC = 375$  obousměrných souprav.

Pro přepravu daného objemu plynu je zapotřebí 60 jednosměrných využití železniční soupravy neboli 30 obousměrných, což znamená, že železniční souprava není plně využita. To se dá vyřešit tak, že využijí tuto trať pro přepravu jiného nákladů. To ovlivní investiční výdaje následujícím způsobem :  
Koeficient využití  $K_v$  je defonován jako

$$K_v = \frac{nvs}{nps} [-]$$

Kde  $nvs$  je počet využitých souprav,  $nps$  je počet potenciálních souprav.

$$K_v = 30 / 375 = 0,08.$$

#### Počáteční investice:

Výstavba 260 km železniční tratě – 1 872 mil. EUR.

S koeficientem využití - 149,8 mil. EUR.

Nákup lokomotivy – 2,1 mil. EUR.

S koeficientem využití - 0,17 mil. EUR.

Nákup jednoho vagonu - 60 tis. EUR.

Tento vagon se nedá použít pro přepravu jiných nákladů, koeficient neaplikuji.

Tedy celková počáteční investice je 152,13 mil. EUR.

Údržba infrastruktury – 4,5 mil. EUR.

Údržba s použitím koeficientu využití – 0,37 mil. EUR

### Provozní náklady

Každoroční konstantní náklad:

Ročně strojvedoucí pracuje =  $nvs \cdot 8h \cdot 2 = 480$  h.

Osobní náklady strojvedoucího – 5 760 EUR.

Variabilní náklady:

Náklad na palivo na každou jednosměrnou cestu bez nákladu  $npb = 9\,152$  EUR.

Náklad na palivo na každou jednosměrnou cestu s nákladem  $nps = 41\,184$  EUR.

Tedy náklad na palivo na každou obousměrnou cestu  $np = npb + nps = 50\,336$  EUR.

Roční náklad na palivo =  $nps \cdot nvs = 1\,510\,080$  EUR.

Použití zkapalňovací a regasifikační stanice je  $800 \text{ EUR/t} \cdot 2\,100 \text{ t} = 1\,680\,000$  EUR/rok.

Celkový roční náklad je 3,57 mil. EUR.

CF pro rok 0 po dosazení do vzorce (1) = -157,13 mil. EUR.

CF pro roky 1 až 20 po dosazení do vzorce (1):

$P = 3\,200$  EUR/km/GWh,

$Q = 30$  GWh,

$S = 260$  km,

$Npr = 3,57$  mil. EUR,

Výsledek: 21,4 mil. EUR.

Na základě těchto hodnot se dají vytvořit následující tabulky :

$t$ , rok	0	1-20
$CF_t$ , mil. EUR	157,13	3,57

Tabulka 8. Peněžní toky nákladů pro přepravu po železnici

$t$ , rok	0	1-20
$CF_t$ , mil. EUR	-157,13	21,4

Tabulka 9. Peněžní toky v jednotlivých letech pro přepravu po železnici

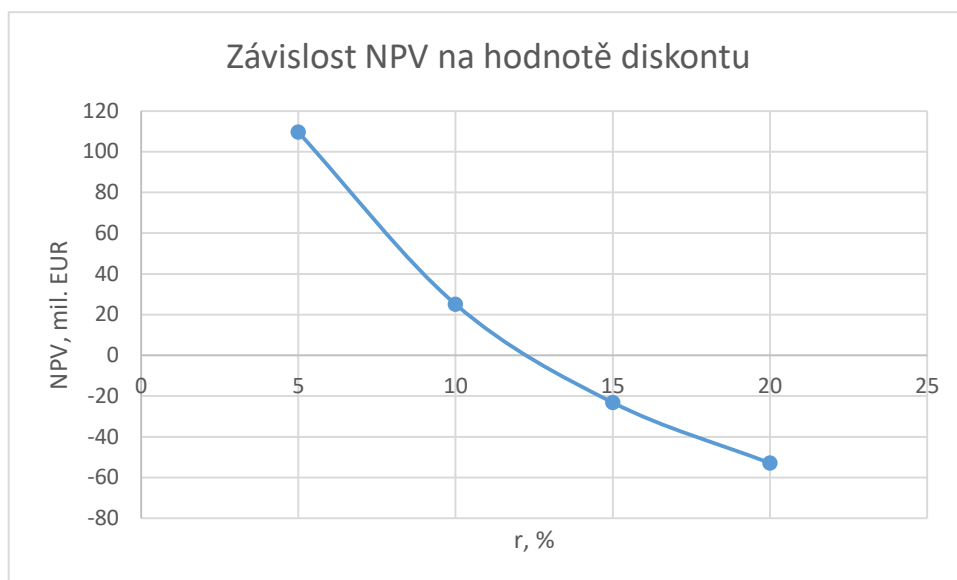
### 5.3.1.2 NPV

Využijeme hodnot počáteční investice a ročního CF, spočtených v bodě 5.3.1.1.

Po dosazení hodnot do vzorce (2) hodnoty NPV jsou :

$r$ , %	5	10	15	20
NPV, mil. EUR	109,561	25,06	-23,18	-52,92

Tabulka 10. Analýza NPV v závislosti na hodnotě diskontu



Graf 3. Závislost hodnoty NPV na diskontu

### 5.3.1.3 Měrné dopravní náklady

Po železnici bylo přepraveno 2 100 t LNG, čemuž odpovídá  $Q = 30$  GWh energie.

Vzdálenost mezi body  $S = 260$  km.

Po dosazení do vzorců (2) a (3), mám :

$NPV = 201,62$  mil. EUR.

$a = 0,08$ .

$RCF = 16,13$  mil. EUR.

Poté  $M = 2\,068$  EUR/km/GWh

### 5.3.2 Nákladové vozidlo

#### 5.3.2.1 Peněžní toky

Průměrný čas  $T_a$ , za který souprava dosáhne koncového bodu:

Dosazení:

$S = 256$  km,

$V_a = 80$  km/h,

Poté  $T_a = 3,2$  h.

Průměrný čas, obousměrná cesta:

$T_2 = 6,4$  h.

Interval  $T_3$  mezi příjezdem a odjezdem : 2h.

Celkový čas na jednu soupravu  $T$  :

Dosazení:  $6,4\text{h} + 4\text{h} = 10,4\text{h}$ .

To znamená, že za rok se dá vypravit  $n_{cp} = 6000 \text{ h} / T = 576$  obousměrných souprav.

Ku přepravě 2100 t LNG je zapotřebí  $n_{c2} = 280$  obousměrných cest, což znamená, že nákladové vozidlo není plně využito.



$$Kv = nc2 / ncp = 0,48.$$

$$\text{Za rok je ujet} \quad TS = nc2 \cdot 256 \text{ km} \cdot 2 = 143\,360 \text{ km}.$$

### Počáteční investice:

$$\text{Cena vozidla } pv = 112 \text{ tis. EUR}.$$

$$\text{Výstavba 256 km dálnice } pd = 2\,560 \text{ mil. EUR}$$

$$Ni = pv + pd = 2\,560,1 \text{ mil. EUR}.$$

$$\text{Celkové počáteční investice s koeficientem využití } Nik = Ni \cdot Kv = 1\,282,56 \text{ mil. EUR}$$

### Provozní náklady

Každoroční konstantní náklad:

$$\text{Ročně řidič pracuje} - nc2 \cdot 10,4h = 2\,912 \text{ h}.$$

$$\text{Osobní náklady řidiče } no = 29\,120 \text{ EUR}.$$

$$\text{Údržba } Mi = 80,16 \text{ mil. EUR}.$$

$$\text{S koeficientem využití } Mik = 38,47 \text{ mil. EUR}$$

Variabilní náklady:

$$\text{Roční spotřeba paliva } TS \cdot 0,2 \text{ l/km} = 28\,672 \text{ l}.$$

$$\text{Roční náklady na palivo } Np = 25\,231,3 \text{ EUR}.$$

$$\text{Nákup v roce 10 dalšího vozidla } pv10 = 112 \text{ tis. EUR}.$$

$$\text{S použitím koeficientu využití } pv10k = 57,36 \text{ tis. EUR}$$

$$ns = 800 \text{ EUR/t} \cdot 2\,100 \text{ t} = 1\,680\,000 \text{ EUR/rok}.$$

$$N = Np + ns + no + Mik = 40,2 \text{ mil. EUR}.$$

$$CF \text{ pro rok 0 po dosažení do vzorce (1)} = -1\,282,56 \text{ mil. EUR}.$$

$$CF \text{ pro roky 1-9, 11-20 po dosažení do vzorce (1):}$$

$$P = 3\,200 \text{ EUR/km/GWh},$$

$$Q = 30 \text{ GWh},$$

$$S = 256 \text{ km},$$

$$Npr = 40,2 \text{ mil. EUR},$$

$$\text{Poté } CF = -15,62 \text{ mil. EUR}.$$

Tyto údaje se dají shrnout do následující tabulky :

t, rok	0	1-9	10	11-20
$CF_t$ , mil. EUR	1 282,56	40,2	40,3	40,2

Tabulka 11. Peněžní toky nákladů pro přepravu vozidlem

t, rok	0	1-9	10	11-20
$CF_t$ , mil. EUR	-1 282,56	-15,62	-15,68	-15,62

Tabulka 12. Peněžní toky v jednotlivých letech pro přepravu vozidlem

### 5.3.2.2 NPV

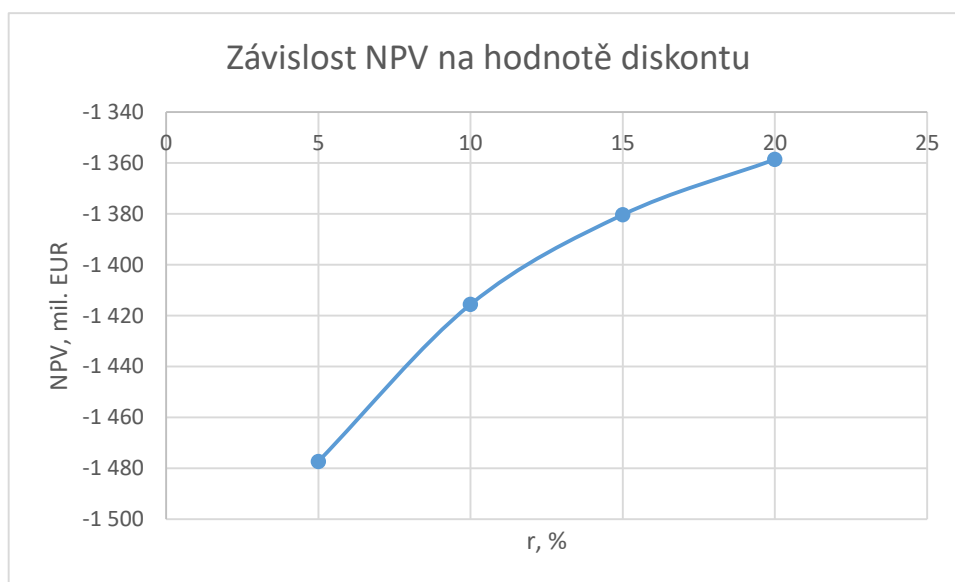
Diskont  $r = 5\%$ ,  $10\%$ ,  $15\%$ ,  $20\%$ .

Využil jsem hodnot počáteční investice a ročního  $CF$ , spočtených v bodě 5.3.2.1.

Po dosažení hodnot do vzorce (2), hodnoty  $NPV$  jsou:

$r, \%$	5	10	15	20
$NPV, \text{mil. EUR}$	-1 477,26	-1 415,56	-1 380,35	-1 358,63

Tabulka 13. Analýza  $NPV$  v závislosti na hodnotě diskontu



Graf 4. Závislost hodnoty  $NPV$  na diskontu

### 5.3.2.3 Měrné dopravní náklady

Nákladovým vozidlem bylo přepraveno 2100 t LNG, čemuž odpovídá 30 GWh energie.

Vzdálenost mezi body  $S = 256$  km.

Po dosažení do vzorců (2) a (3), mám :

$NPV = 1783,6$  mil. EUR.

$a = 0,08$ .

$RCF = 142,7$  mil. EUR.

Poté  $M = 18 579$  EUR/km/GWh.

### 5.3.3 Plynovod

#### 5.3.3.1 Peněžní toky

##### Počáteční investice :

Výstavba plynovodu:

$$S = 245 \text{ km,}$$

Výstavba jednoho km  $pp = 3,2 \text{ mil. EUR,}$

$$Pp = S \cdot pp = 784 \text{ mil. EUR.}$$

##### Roční náklady:

Provoz kompresorových stanic  $nk = Z \cdot nkp.$

$$nk = 2,87 \text{ mil. m}^3 \cdot 0,05 \text{ EUR/m}^3 = 143 \text{ 500 EUR.}$$

$$Mi = 0,03 \cdot 784 \text{ mil. EUR} = 23,5 \text{ mil. EUR.}$$

Celkové roční náklady tím pádem jsou  $nk + Mi = 0,143 \text{ mil. EUR} + 23,5 \text{ mil. EUR} = 23,66 \text{ mil. EUR.}$

$CF$  pro rok 0 po dosazení do vzorce (1) = - 784 mil. EUR.

$CF$  pro roky 1-20 po dosazení do vzorce (1) :

$$P = 3 \text{ 200 EUR/km/GWh,}$$

$$Q = 30 \text{ GWh,}$$

$$S = 245 \text{ km,}$$

$$Npr = 23,66 \text{ mil. EUR.}$$

Výsledek: -0,14 mil. EUR.

$t, \text{ rok}$	0	1-20
$CF_t, \text{ mil. EUR}$	784	23,66

Tabulka 14. Peněžní toky nákladů pro přepravu plynovodem

$t, \text{ rok}$	0	1-20
$CF_t, \text{ mil. EUR}$	-784	-0,14

Tabulka 15. Peněžní toky v jednotlivých letech pro přepravu plynovodem

#### 5.3.3.2 NPV

Diskont  $r = 5\%, 10\%, 15\%, 20\%$ .

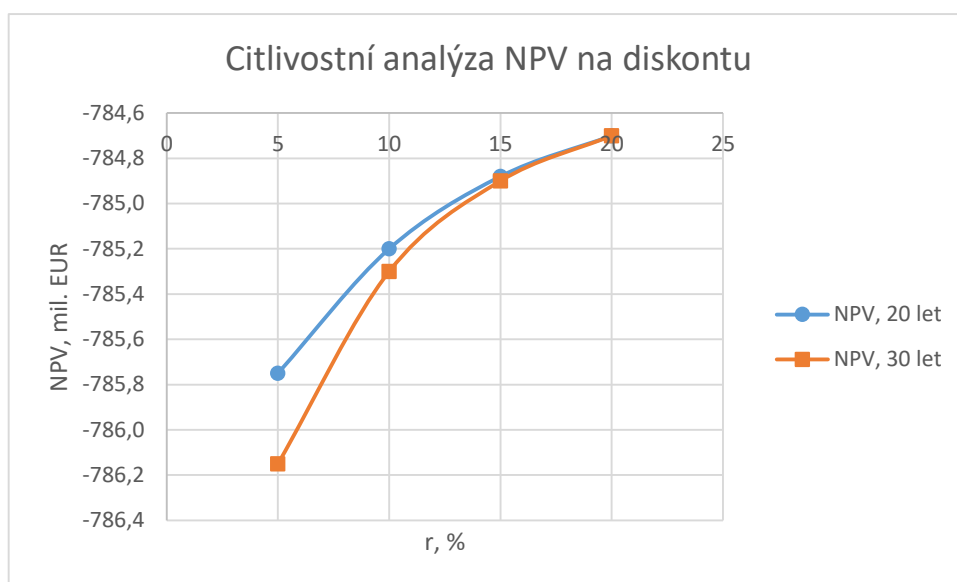
Využil jsem hodnot počáteční investice a ročního  $CF$ , spočtených v bodě 5.3.3.1.

Po dosazení hodnot do vzorce (2), hodnoty  $NPV$  pro dobu životnosti 20 a 30 let jsou:

$r, \%$	5	10	15	20
$NPV_{20}$ , mil. EUR	-785,75	-785,2	-784,88	-784,7
$NPV_{30}$ , mil. EUR	-786,15	-785,3	-784,9	-784,7

Tabulka 16. Citlivostní analýza NPV na době životnosti projektu

Při porovnání, těchto hodnot jsem zjistil, že rozdíl hodnot NPV pro dobu 20 a 30 let je nízký nebo žádný, avšak v obou případech hodnoty jsou záporné. To znamená, že volba přepravy plynu plynovodem za daných podmínek není racionální.



Graf 5. Citlivostní analýza NPV na době životnosti projektu

### 5.3.3.3 Měrné dopravní náklady

Potrubicím bylo přepraveno  $2\,866\,200\text{ m}^3$  zemního plynu, čemuž odpovídá  $Q = 30\text{ GWh}$  energie. Vzdálenost mezi body  $S = 245\text{ km}$ .

Po dosazení do vzorců (2) a (3), mám :

Pro dobu životnosti 20 let:

$NPV = 1\,078,86\text{ mil. EUR}$ .

$a = 0,08$ .

$RCF = 86,3\text{ mil. EUR}$ .

Poté  $M = 11\,741,5\text{ EUR/km/GWh}$

Pro dobu životnosti 30 let:

$NPV = 1\,147,71\text{ mil. EUR}$ .

$a = 0,065$ .

$RCF = 64,27\text{ mil. EUR}$ .

Poté  $M = 8\,744\text{ EUR/km/GWh}$

### 5.3.4 Shrnutí

Hodnoty měrných nákladů ve všech případech přepravy jsem přepočítal na MWh a shrnul do následující tabulky :

Způsob přepravy	NPV při $r = 5 \%$ , mil. EUR	Měrné náklady, EUR/km/MWh
Železnice	109,56	2,06
Nákladové vozidlo	-1 477,26	18,58
Plynovod, 20 let	-785,75	11,74
Plynovod, 30 let	-786,15	8,74

*Tabulka 17. Souhrn hodnot měrných nákladů na trase Rotterdam-Dortmund*

Což znamená, že v tomto případě železnice je nejvýhodnější způsob přepravy. Oproti předchozí trase vzrostly náklady na přepravu plynovodem jelikož využití plynovodu je nízké.

## 6 Závěr

Tématem této bakalářské práce bylo seznámení čtenáře se způsoby přepravy zemního plynu, vlastnostmi zemního plynu, vlastnostmi jednotlivých způsobů přepravy a také jejich výhodami a nevýhodami. Dalším bodem této práce bylo navržení možných tras přepravy zemního plynu, jejich vyhodnocení a porovnání.

Teoretická část této práce popisuje možné náklady, které mohou vzniknout navíc, např. při změně parametrů každého způsobu přepravy.

V této práci byly navrženy dvě trasy zemního plynu a účelem bylo porovnání způsobů přepravy na těchto trasách mezi sebou. Kvůli tomu, že každý způsob přepravy má jiné vlastnosti, výsledky razantně se od sebe liší. Pro dlouhodobou přepravu plynu na velkou vzdálenost je vhodný správně dimenzovaný plynovod, závisí však na přepravovaném množství plynu. To je dáno tím, že plynovod nelze použít ku přepravě jiných nákladů a současné užívání plynovodu s jiným dodavatelem není zaručeno. Kvůli tomu při nízkém zatížení plynovodu jeho použití se stává neracionální, jelikož v tomto případě je mnohem vyšší roční nákladové cash flow. V případě, že dodávky plynu mají začít v krátkém období nebo plynovod v dané lokalitě nemůže být postaven, je vhodněji použít přepravu vodní trasou. Je také vidět, že v případě dlouhodobých projektů není vhodné používat přepravu nákladovým vozidlem jako jediný způsob přepravy.

Dalším kritériem porovnání byly měrné náklady. Tyto hodnoty přehledně ukazují náklady v závislosti na době životnosti projektu a druhu přepravy. Kvůli tomu umožňují zvolit nejvhodnější způsob přepravy pokud je známé množství přepravovaného plynu a délka trasy. Navíc umožňují porovnat mezi sebou různé druhy energie. Dalším faktorem, který ovlivňuje měrné náklady je využití druhu přepravy. V případě, že zvolený druh přepravy není plně využit, existuje možnost spolužití infrastruktury s jiným dodavatelem nebo na přepravu jiných druhů zboží, což snižuje náklady.

## 7 Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] „Compressor and Pump Station Research,“ [Online]. Dostupné z: [https://primis.phmsa.dot.gov/rd/mtgs/121103/Facilities/RD\\_Forum\\_12-11-03\\_Facilities\\_PRCI\\_Compressor.pdf](https://primis.phmsa.dot.gov/rd/mtgs/121103/Facilities/RD_Forum_12-11-03_Facilities_PRCI_Compressor.pdf). [Přístup získán 2 5 2017].
- [2] R. W. REVIE, v *Oil and Gas Pipelines: Integrity and Safety Handbook*, John Wiley & Sons, Inc., 2015, pp. 387, 423.
- [3] A. BAHADORI, v *Natural Gas Processing*, Elsevier Science, 2014, p. 593.
- [4] „Natgas.info Liquefied Natural Gas Chain,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.natgas.info/gas-information/what-is-natural-gas/lng>. [Přístup získán 22 4 2017].
- [5] „World LNG Report,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.igu.org/download/file/2123>. [Přístup získán 20 4 2017].
- [6] „Pipelines and the Exploitation of Gas Reserves in the Middle East,“ [Online]. Dostupné z: [http://www.bakerinstitute.org/media/files/Research/d644dcc2/TrendsInMiddleEast\\_PipelinesExploitationGasReserves.pdf](http://www.bakerinstitute.org/media/files/Research/d644dcc2/TrendsInMiddleEast_PipelinesExploitationGasReserves.pdf). [Přístup získán 10 4 2017].
- [7] „European highway construction costs evaluated,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.worldhighways.com/sections/eurofile/news/european-highway-construction-costs-evaluated/>. [Přístup získán 18 4 2017].
- [8] „WORLD FLEET OF SMALL LNG CARRIERS,“ [Online]. Dostupné z: <https://small-lng.com/#small-scale-lng-transportation>. [Přístup získán 19 4 2017].
- [9] „Railway Finance,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.railway-technical.com/operations/railway-finance.html>.
- [10] „Charges for the use of rail infrastructure,“ [Online]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/rail/doc/2008\\_rail\\_charges.pdf](http://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/rail/doc/2008_rail_charges.pdf). [Přístup získán 21 4 2017].
- [11] „Driving Distance Between Cities - Mileage Calculator,“ [Online]. Dostupné z: [http://www.worldatlas.com/travelaids/driving\\_distance.htm](http://www.worldatlas.com/travelaids/driving_distance.htm). [Přístup získán 10 11 2017].
- [12] „Vznik černého prášku uvnitř potrubí - upraveno, vlastní překlad,“ [Online]. Dostupné z: [https://media.licdn.com/mpr/mpr/shrinknp\\_800\\_800/AAEAAQAAAAAAAAALNAAAAJDQ1YTY5YzNkLTMyYTQtNDc0NC05YTQwLTJlZTJmM2RlOGZjNw.jpg](https://media.licdn.com/mpr/mpr/shrinknp_800_800/AAEAAQAAAAAAAAALNAAAAJDQ1YTY5YzNkLTMyYTQtNDc0NC05YTQwLTJlZTJmM2RlOGZjNw.jpg).
- [13] „LNG řetězec - upraveno,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/source/html/40567/media/image1.jpeg>. [Přístup získán 20 4 2017].
- [14] „LNG MAP 2015,“ [Online]. Dostupné z: [http://www.gie.eu/download/maps/2015/GIE\\_LNG\\_2015\\_A0\\_1189x841\\_FULL\\_wINFOGRAP HICS\\_FINAL.pdf](http://www.gie.eu/download/maps/2015/GIE_LNG_2015_A0_1189x841_FULL_wINFOGRAP HICS_FINAL.pdf). [Přístup získán 22 4 2017].

## 8 Seznam tabulek, obrázků a grafů

### 8.1 Seznam tabulek

Tabulka 1. Peněžní toky nákladů pro přepravu LNG vodní trasou .....	17
Tabulka 2. Peněžní toky v jednotlivých letech pro přepravu LNG vodní tankerem .....	17
Tabulka 3. Závislost hodnoty NPV na diskontu .....	18
Tabulka 4. Peněžní toky nákladů pro přepravu plynovodem .....	19
Tabulka 5. Peněžní toky v jednotlivých letech pro přepravu plynovodem .....	19
Tabulka 6. Analýza NPV v závislosti na hodnotě diskontu.....	20
Tabulka 7. Souhrn hodnot měrných nákladů na přepravu .....	21
Tabulka 8. Peněžní toky nákladů pro přepravu po železnici .....	23
Tabulka 9. Peněžní toky v jednotlivých letech pro přepravu po železnici .....	23
Tabulka 10. Analýza NPV v závislosti na hodnotě diskontu.....	23
Tabulka 11. Peněžní toky nákladů pro přepravu vozidlem .....	25
Tabulka 12. Peněžní toky v jednotlivých letech pro přepravu vozidlem .....	25
Tabulka 13. Analýza NPV v závislosti na hodnotě diskontu.....	26
Tabulka 14. Peněžní toky nákladů pro přepravu plynovodem .....	27
Tabulka 15. Peněžní toky v jednotlivých letech pro přepravu plynovodem .....	27
Tabulka 16. Citlivostní analýza NPV na době životnosti projektu .....	28
Tabulka 17. Souhrn hodnot měrných nákladů na trase Rotterdam-Dortmund.....	29

### 8.2 Seznam obrázků

Obrázek 1. Vznik černého prášku uvnitř potrubí .....	5
Obrázek 2. LNG řetězec .....	6
Obrázek 3. Mapa stávajících plynovodů a vodních cest LNG v Evropě .....	8
Obrázek 4. Mapa navrženého plynovodu a vodní cesty.....	8
Obrázek 5. Mapa navrhované trasy Rotterdam – Dortmund.....	9

### 8.3 Seznam grafů

Graf 1. Závislost NPV na diskontu .....	18
Graf 2. Závislost NPV na diskontu .....	20
Graf 3. Závislost hodnoty NPV na diskontu .....	24
Graf 4. Závislost hodnoty NPV na diskontu .....	26
Graf 5. Citlivostní analýza NPV na době životnosti projektu .....	28



## **9 Seznam zkratk**

LNG – zkapalněný zemní plyn

DWT (z angl. deadweight tonnage) – jednotka, která vyjadřuje celkovou nosnost lodi v tunách