



FACULTY
OF INFORMATION
TECHNOLOGY

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta informačních technologií

MODEOVÁNÍ A SIMULACE

Studije účelnosti zbudování vodní cesty DUNAJ-ODRA-LABE

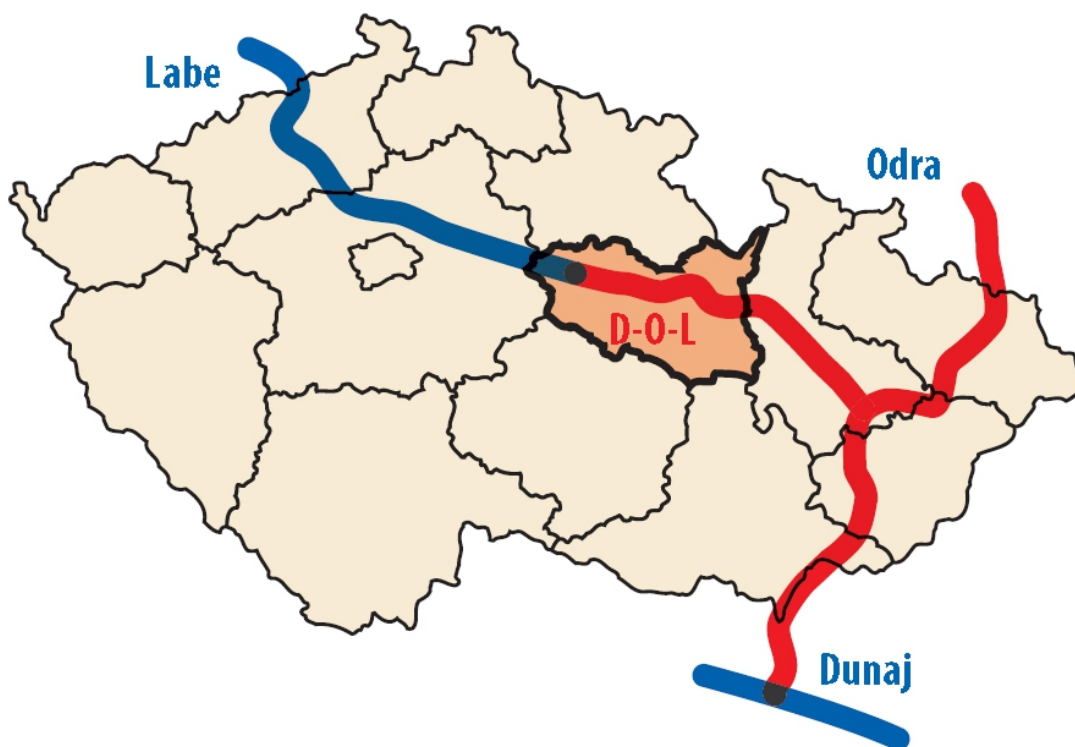
Autor: Tomáš Slunský, Lubomír Štefl
Login: xsluns01, xstefl05
Datum: 12.1. 2015

Obsah

1. Úvod	3
1.1 Zdroje faktů.....	4
1.2 Ověření validity/funkčnosti.....	4
1.3 Zadání projektu IMS.....	4
2. Fakta.....	5
2.1 Analogie výstavby.....	5
2.2 Rozdělení na etapy.....	5
2.3 Parametry kanálu.....	6
2.4 Základní předpoklady.....	6
2.5 Potenciál hustoty přeprav.....	7
3. Koncepce modelu.....	7
3.1 Vytvoření modelu.....	8
4. Architektura.....	8
5. Provedení experimentu.....	9
5.1 Finanční návratnost kanálu.....	9
5.2 Zvyšování mýta dle inflace.....	10
5.3 Srovnání dopravy loď, vlak, kamion.....	11
5.4 Vývoj dopravy.....	12
5.5 Počet lodí.....	13
5.6 Závěr experimentu.....	13
6. Závěr.....	14
7. Literatura.....	15

1. Úvod

Simulace účelnosti zbudování koridoru Dunaj-Odra-labe si má za cíl za pomoci faktů učinit serií experimentů s možnými finančními a scénáři a na tomto základě tedy zjistit, zdali by byl tento projekt výnosný a jaké další výhody by mohla jeho realizace přinést nejen státu, ale samozřejmě oblastem, kterých se tato výstavba přímo týká.



Ilustrace 1: Koridor D-O-L, z knihy: Křižovatka tří moří

Celou implementaci jsme pojali z finančního hlediska, a také z toho důvodu jsme vycházeli ze statistických dat zpracované analýzy, díky níž jsme sestavili relevantní vstupní argumenty pro sestavení statistického modelu. Do modelu muselo být zaneseno co nejvíce vstupních dat pro co nejlepší výsledky a jako každý model, i ten finanční nemůže kalkulovat s pevně nastavenými daty, proto se některé scénáře budou finančně lišit.

Na základě modelu a simulačních experimentů bude ukázáno, jakým způsobem se odrazí finanční stránka celého koridoru. To znamená tedy, že v případě výstavby, kdy počáteční náklady byly odhadnuty na více jak 8 miliard eur, se projeví finanční návratnost celé akvizice a zdali při snížené frekvenci dopravy, nebo sníženému průměrnému nákladu, dokáže do předem stanoveného data, tyto náklady pokrýt. Ale nejen to, finanční návratnost je pouze jednou stranou mince, dále je třeba uvažovat výnosy a od zisků odečíst i finanční zdroje, uvolňované průběžně na údržbu a opravy celého projektu.

1.1 Zdroje faktů

Na studii se podíleli studenti fakulty informačních technologie VUT v Brně Lubomír Štefl a Tomáš Slunský. Předlohou této studie byla kniha *Křižovatka tří moří – Vodní koridor DUNAJ-ODRA-LABE* od autora Josefa Podzimka viz odkaz www.d-o-l.cz [1]. Dále studie ministerstva průmyslu a obchodu České Republiky <http://www.d-o-l.cz/index.php/cs/kestazeni/section/5-> [3] .

1.2 Ověření validity/funkčnosti

Výsledný simulační program byl otestován na školním serveru merlin a byl plně funkční.

Výsledky získané z navrženého statistického modelu se reálně blížily již provedené studií a odpovídali nákladům zjištěných z dalších zdrojů, tudíž simulaci považujeme za úspěšnou. Více o této problematice v sekci 5.

1.3 Zadání projektu IMS

„Prostudujte a podle možností navrhnete roční poptávku po přepravě zboží mezi uzly (navrhnete jejich umístění) ve struktuře dopravní sítě vodní cesty Dunaj-Odra-Labe. Navrhnete a implementujete simulační model této dopravní cesty zahrnující stavební prvky (jezy, nádrže, průplavy), ekonomické prvky (náklady na údržbu, přepravní náklady) a povětrnostní prvky (možnosti přepravy v průběhu roku). Zhruba odhadnete náklady na přepravu poptávaného objemu zboží kamiónovou přepravou. Zhodnoťte přínos vodní cesty ve srovnání s kamiónovou přepravou.“

Zdroj: <http://perchta.fit.vutbr.cz:8000/vyuka-ims/34>

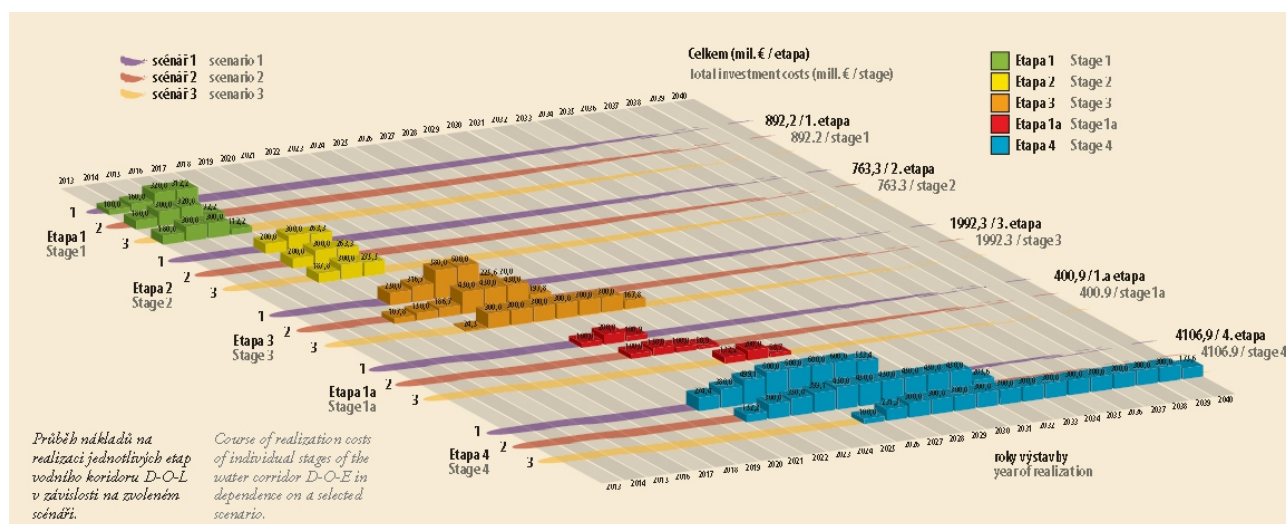
2. Fakta

2.1 Analogie výstavby

Prvotní investiční náklady na výstavbu koridoru nejsou zanedbatelné, ovšem v případě výstavby se najde jistá analogie s výstavbou jiných projektů a proto není obtížné tyto prvotní náklady odhadnout. Například výkopy, betonové a ocelové konstrukce objektů, či vegetační úpravy se dají téměř přesně zjistit z již existujících projektů, jelikož technologie výstavby se prakticky neliší od té, která se využívá při výstavbě dálnic. Tento fakt je nespornou výhodou pro stavební firmy, které s takovými pracemi, mají již dlouholeté zkušenosti a mohou je tedy aplikovat i na výstavbu D-O-L.

2.2 Rozdělení na etapy

Další analogií je bezesporu rozdělení na etapy, kde při dokončení jedné z nich, již může být tato část využívána ještě před úplným zhotovením daného projektu, což přináší zisky ještě před samotným dokončením. Naplánováno je 5 hlavních etap výstavby a to v pořadí 1, 2, 3, 4 a 1a, toto pořadí odpovídá i časovému sledu jednotlivých výstaveb etap. V první etapě bude docházet k napojení jižní Moravy na řeku Dunaj a splavnění Odry do Ostrav, následuje druhá etapa, kde bude docházet k prodloužení koridoru z Hodonína do Přerova, kde by se využil již úpravy při stavbě Bařova kanálu. Třetí etapa spočívá v prodloužení vodního toku z Přerova do Ostravy s plavební odbočkou do Olomouce. Poslední čtvrtá etapa spočívá v prodloužení koridoru z Olomouce do Pardubic. Přerov se tak stane strategickým bodem – středobodem všech tří řek.



Ilustrace 2: Rozdělení na etapy. zdroj: kniha Křižovatka tří moří

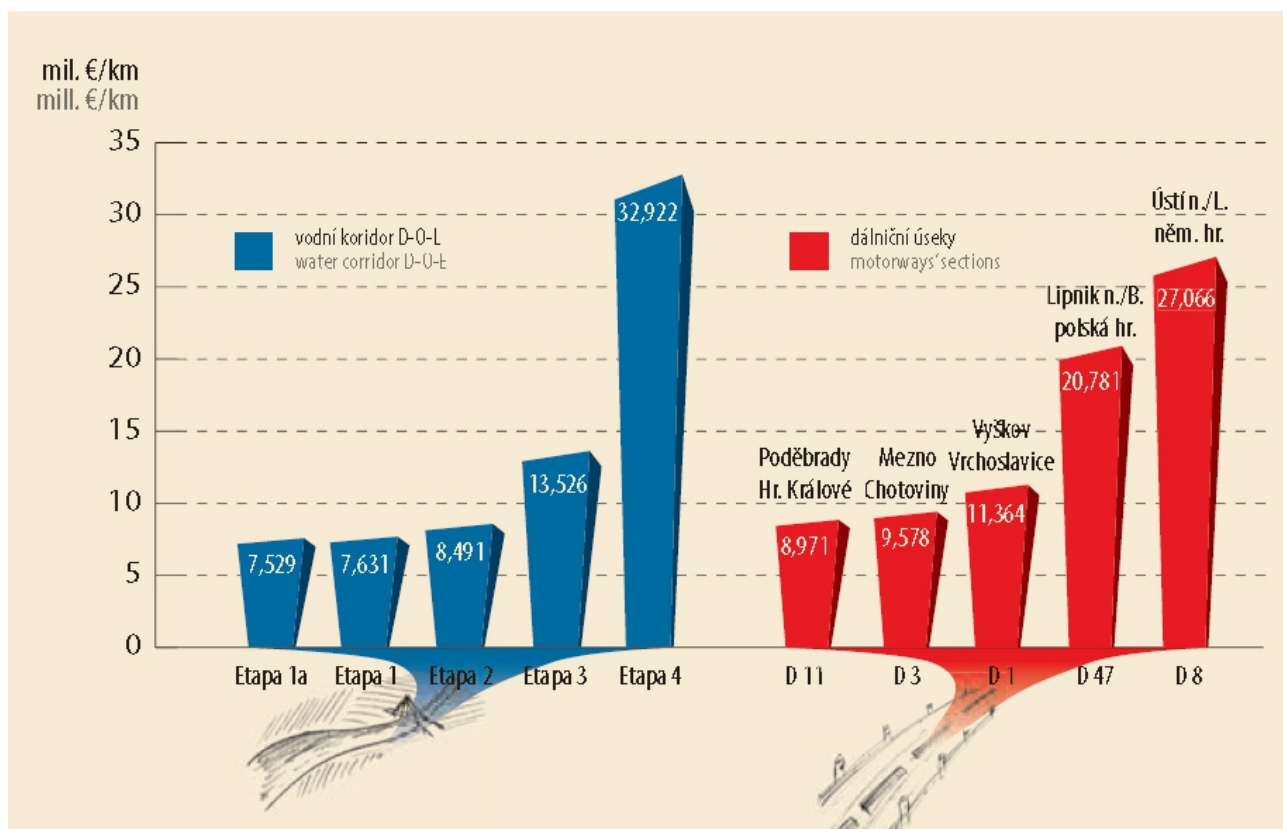
2.3 Parametry kanálu

Vodní koridor Dunaj–Odra–Labe je navrhována s následujícím rozměry:

- Přípustná délka tlačných souprav: 185 metrů
- Přípustná délka motorových nákladních lodí: 135 metrů
- Přípustná šířka plavidel: 11,4 metrů
- Přípustný ponor: 2,8 metrů
- Maximální nosnost souprav: 4000 tun
- Maximální nosnost motorových nákladních lodí: 2700 tun
- Délka plavebních komor: 190 metrů
- Šířka plavebních komor: 12,5 metrů
- Šířka plavební dráhy: 40 metrů
- Podjezdná výška mostů: 7,0 metrů

2.4 Základní předpoklady

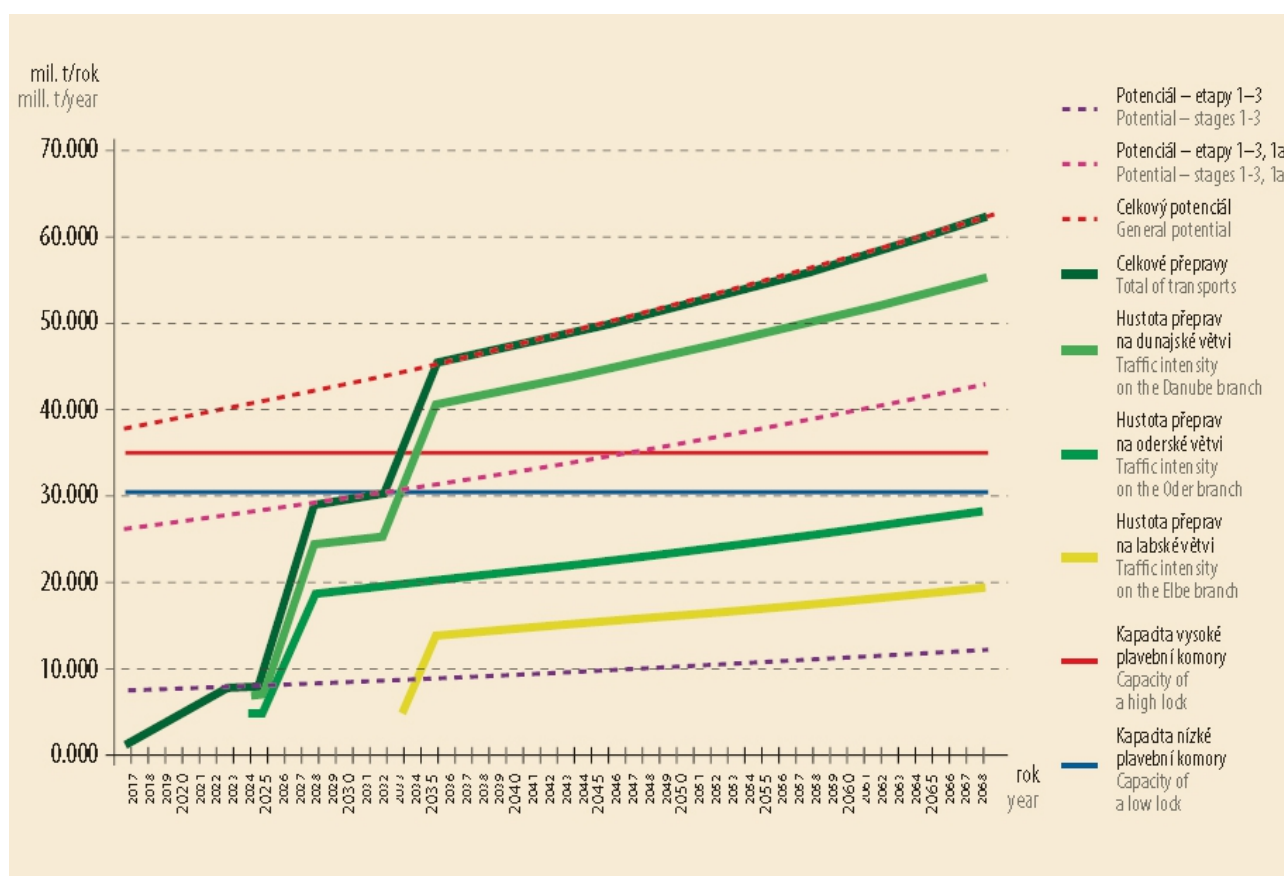
Analýza investic do zbudování koridoru D-O-L byla odhadnuta na 8,155 miliardy euro, přičemž tato částka zahrnuje 507 km zbudování nových vodních cest, poldry a nádrže. Dále se předpokládají náklady na údržbu ve výši 50 milionů euro za rok po dokončení čtvrté etapy (z roku 2004). Průměrně by mělo být kanálem přepraveno přibližně 80 milionů tun materiálu s průměrnou cenou 572 Kč na tunu materiálu na 1 Km.



Ilustrace 3: Srovnání měrných nákladů etap D-O-L a dálničních úseků v posledních letech.

2.5 Potenciál hustoty přeprav

Díky propojení oblastí vodním koridorem D-O-L je možno počítat s postupným růstem výměny daného zboží mezi konkrétními oblastmi a tím pádem u růstem přepravního potenciálu. S jedním takovým odhadem přišel basilejský institut Prognos, který odhaduje, že meziroční nárůst přepravy zboží v Evropě bude dosahovat 2,56-2,7%. Také je možné se opřít o růst přeprav v oblasti dunajské vodní cesty, kde se za posledních zhruba 10 let zvyšovaly přepravy v rakousko-německém hraničním úseku Dunaje s ročním průměrem např. 4,03-8,40 %. Obrázek níže vyobrazuje potenciál vodního koridoru D-O-L, dále přepravy v jednotlivých letech a odpovídající hustoty přepravy na jednotlivých větvích koridoru.



Ilustrace 4: Potenciál vodního koridoru

3. Koncepce modelu

Cílem projektu bylo vytvořit statistický model, který bude brát v potaz jednotlivé větve D-O-L, náklady na údržbu vodního koridoru, výnosy z mýta a bude se snažit namodelovat situaci, kdy se náklady na vybudování kanálu vrátí zpět. Celý model vychází z finanční analýzy. Pro svojí práci nepotřebuje knihovnu simlib, protože neuvažujeme procesy, čímž se projekt odlišuje od jiných zadání, proto je projekt naprogramován v jazyku C. Náš model pracuje pouze se statistickými daty, které vycházejí z analýz studie vodního koridoru Dunaj-Odra-Labe.

3.1 Vytvoření modelu

Celý finanční odhad ovlivňuje spousta faktorů, tedy nejprve budeme uvažovat přepravní potenciál u jednotlivých etap, jelikož musíme brát v úvahu, že po spuštění etapy již potenciál dané větve roste a tedy část kanálu je již v provozu, proto je tedy celkový přepravní potenciál rozdělen na etapy, kdy budou dané větve v provozu. Potenciál je založen na součtu koeficientů potenciálu přepravy každé z cílových zemí. Dále se předpokládá jak je již nastíněno výše, že každým rokem se bude tento potenciál zvyšovat. Díky přepravnímu potenciálu jsme schopni sestavit hrubý odhad, kolik lodí kanálem propluje.

Do výnosů kanálů se uvažují i výnosy z energetického hospodářství, kdy při zvýšeném vodním toku, bude možné vyrábět elektřinu. Energetické hospodářství je opět závislé na právě dokončené etapě, tudíž s každou dokončenou etapou budou výnosy z elektrické energie stoupat.

Jedním z klíčových faktorů a hlavním výnosovým faktorem kanálu je mýto, které je ovlivňováno meziročním inflačním růstem, dále vzdáleností, jakou má daná loď urazit a nakonec přepravním potenciálem konkrétní větve. Inflační růst je generován pseudonáhodnou proměnnou v rozmezí 1-4%, jelikož tento odhad se nejvíce přibližuje realitě a ze statistik se k takovému průměru reálně blíží, tudíž míra zjednodušení odpovídá ze statistického hlediska průměrnému nárůstu inflace za posledních dvacet let. Cena mýta dále může být ovlivněna typem přepravovaného materiálu, tuto skutečnost ale v modelu v rámci zjednodušení neuvažujeme.

Druhou stranou mince jsou výdaje spojené zejména s údržbou kanálu a probíhajícími rekonstrukcemi. Údržba hned po otevření etapy je prakticky zanedbatelná, jenže po otevření všech etap koridoru dosahuje téměř 55 mil €. Tudíž údržba kanálu odvozujeme podle toho, kolik etap je v provozu. Probíhající rekonstrukce kanálu jsme namodelovali pouze určitým rokem, ve kterém probíhaly.

V modelu dále počítáme kolik je potřeba lodí na přepravu materiálu za předpokladu, že jedna loď má maximální kapacitu 4000 tun, což zhruba odpovídá 312 kontejnerům nákladu.

Mezi hlavní faktory tedy patří přepravní potenciál, inflace, otevírání jednotlivých etap koridoru a mýto.

3.2 Výstup modelu

Standartním výstupem modelu je finanční nárůst či pokles za daný rok, výpis přepravy materiálu za rok, počet lodí, které koridorem proplují a přeprava na jednotlivých větvích kanálu. Nakonec je vypsána celková finanční situace.

4. Architektura

Jednotlivé potenciály destinací jsou nadefinovány v globálních proměnných včetně délek jednotlivých větví koridoru a nákladů. Program probíhá cyklem, ve kterém se každý rok zjistí, jaká je inflace za daný rok funkcí `inflation()`, dále přeprava na konkrétní větví pomocí funkcí `prepravaEtap[1|2|3]()` a roční příjem financí pomocí `vypocetVydělkůZaRok()`, který započítává mýto na kanálu, roční náklady na údržbu a příjem z energetického hospodářství. Na konec simulace se spočte celková finanční situace.

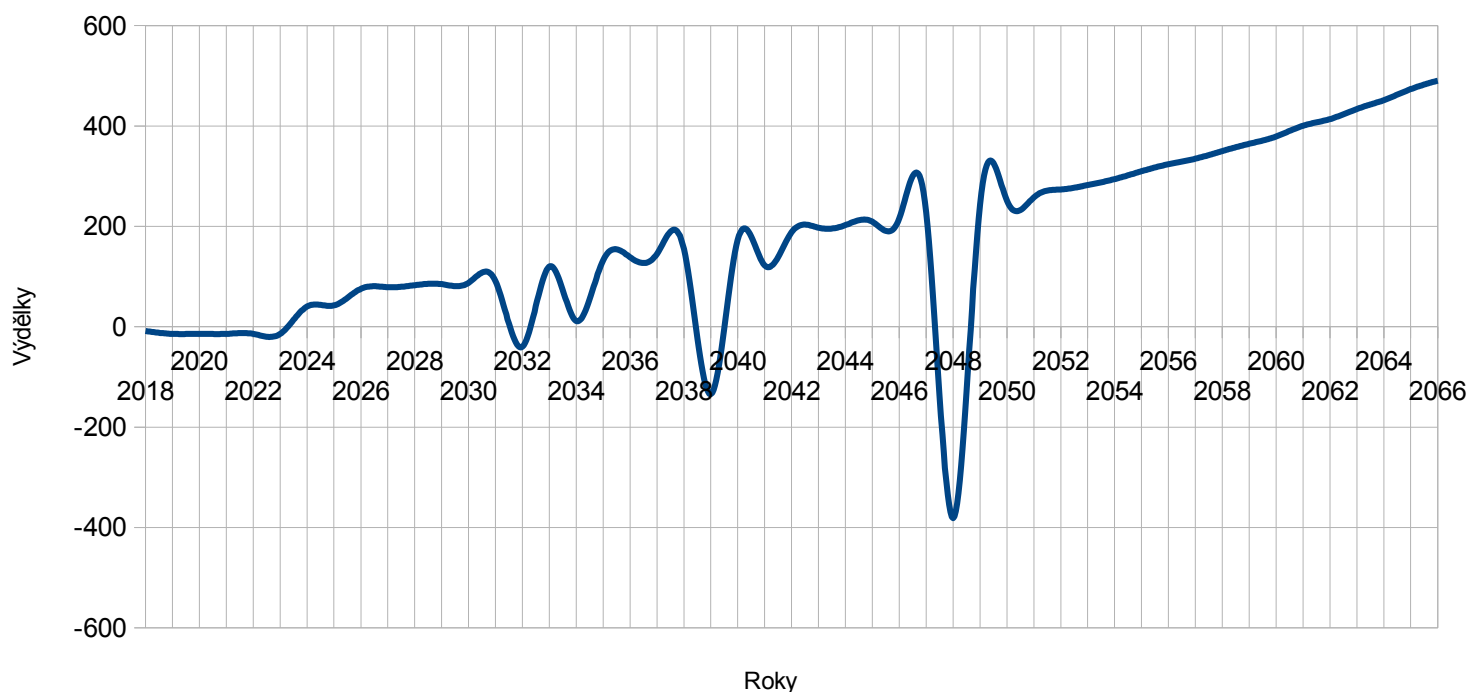
5. Provedení experimentu

V experimentu se nejdříve zaměříme na zjišťování návratnosti kanálu na základě různě zadané délky časových intervalů. Dále se budeme zaměřovat na vývoj mýta dle inflace, či srovnávání lodní dopravy se železniční a silniční dopravou. V další fázi závislost počtu přepraveného materiálu v závislosti na otevření jednotlivých etap a statistiku počtu lodí, převážející náklad v jednotlivých letech provozu kanálu.

5.1 Finanční návratnost kanálu

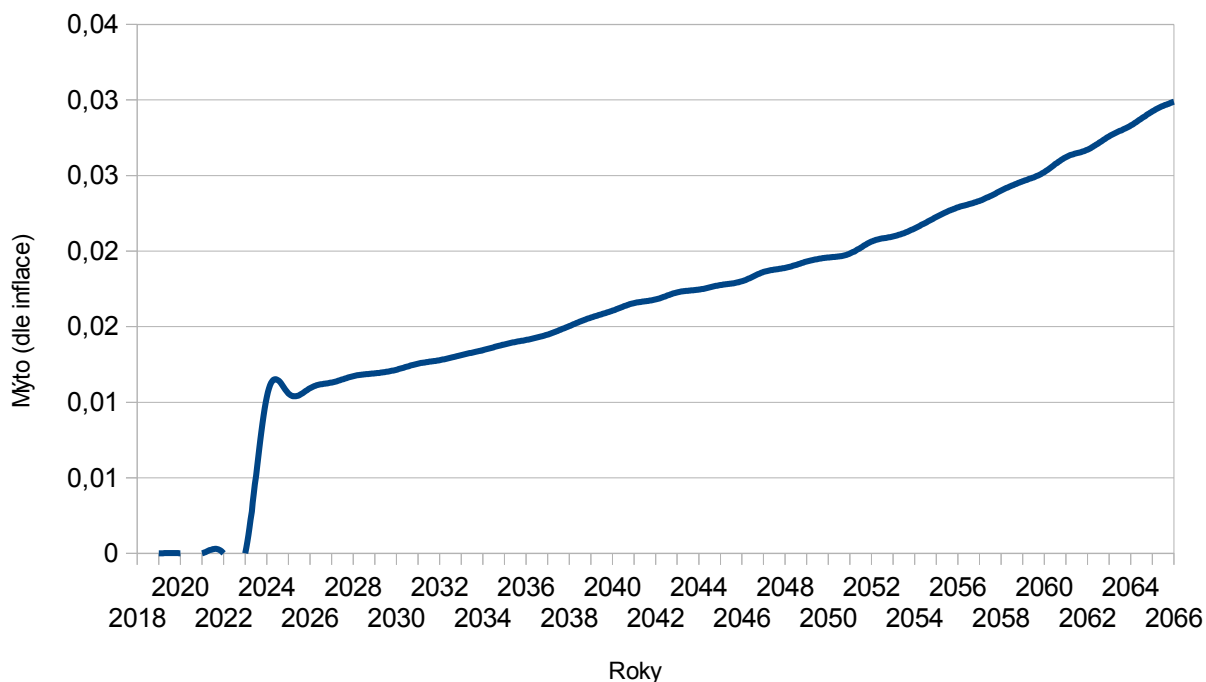
V tomto experimentu jsou popsány roční zisky kanálu v závislosti na jednotlivých letech v daném časovém rozmezí. V potaz je bráno, že 15 let po otevření jednotlivých etap probíhá rekonstrukce dané etapy, která stojí 15% celkové investice do etapy.

Na základě našeho experimentu z grafu můžete vidět, že během rekonstrukce etap je výdělek záporný.



5.2 Zvyšování mýta dle inflace

V tomto experimentu je popsána závislost růstu mýta na každoroční inflaci, která je zhruba v rozmezí 1-4%. Mýto se začíná vybírat až po propojení kanálu Dunaj-Odra, protože příplouvající lodě plují do cílové destinace a pouze proplouvají kanálem. U stanovení mýta se počítá i s již vybudovanou cestou po Labi od Pardubic do Děčína.



5.3 Srovnání dopravy loď, vlak, kamion

V tomto experimentu je popsáno srovnání vodní, železniční a kamionové dopravy. Je patrné, že lodní doprava cenou převažuje ve všech směrech. Údaje jsou v níže uvedených tabulkách.

Dopravu jsme počítali dle vzorců uvedených v analýze tohoto kanálu:

kde x = vzdálenost

y = cena Tarif Euro na tunu

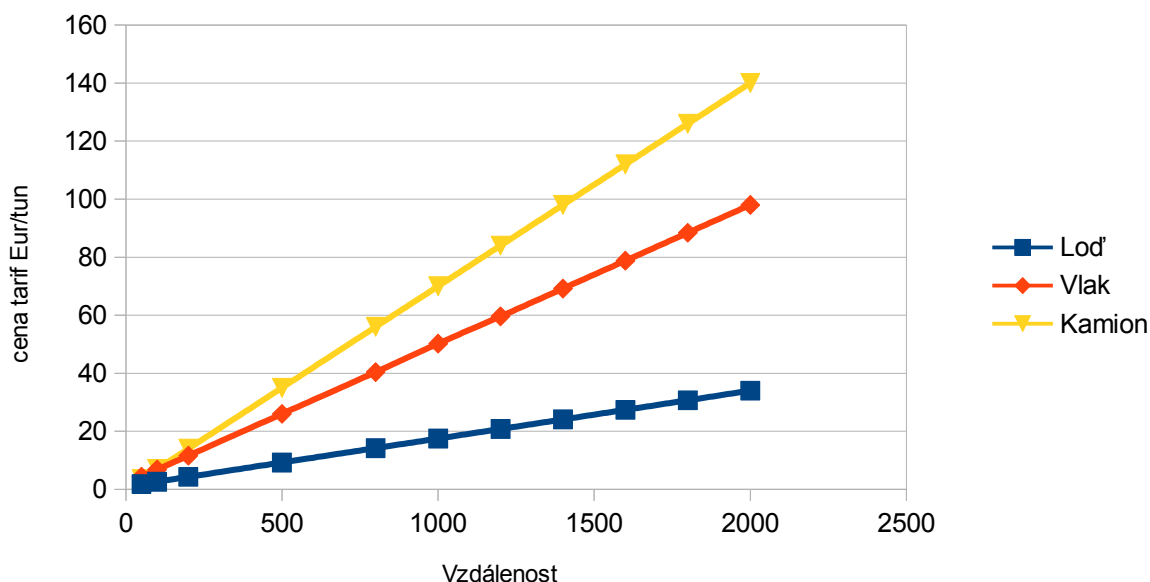
pro Loď: $y = 1 + 0,0165x$

pro vlak: $y = 2 + 0,0482x$

pro kamion: $y = 0,0700x$

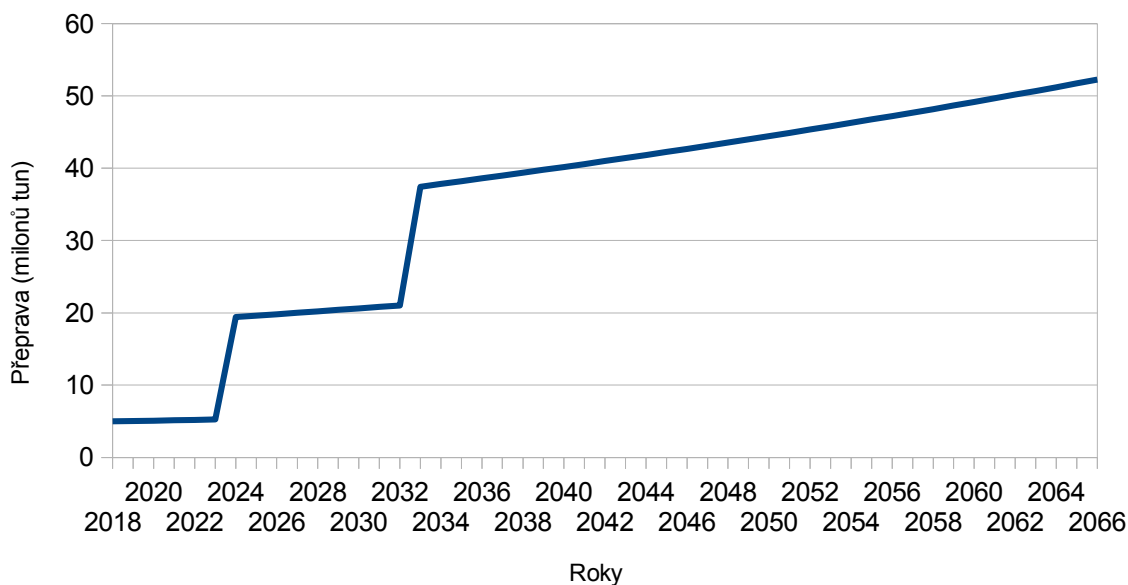
vzdálenost	loď	vlak	kamion
50	1,825	4,4	3,5
100	2,65	6,8	7
200	4,3	11,6	14
500	9,25	26	35
800	14,2	40,4	56
1000	17,5	50,2	70
1200	20,8	59,6	84
1400	24,1	69,2	98
1600	27,4	78,8	112
1800	30,7	88,4	126
2000	34	98	140

Ilustrace 5: Tabulka srovnání jednotlivých typů doprav.

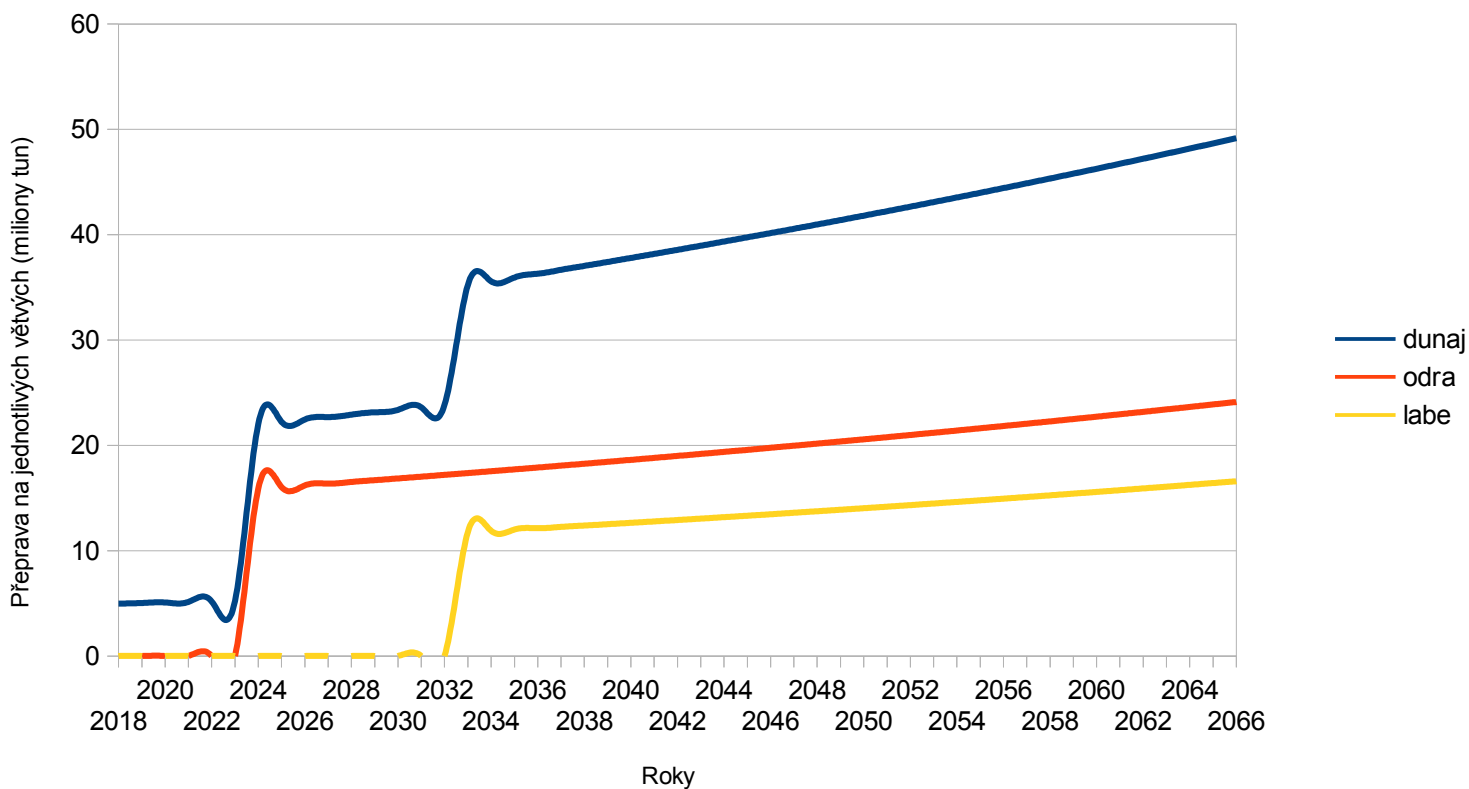


5.4 Vývoj dopravy

Graf znázorňuje přepravy materiálu na všech větvích koridoru Dunaj-Odra-Labe. Můžeme v něm zpozorovat, jak se promítne přeprava na množství nákladu po otevření Odry a Labe.

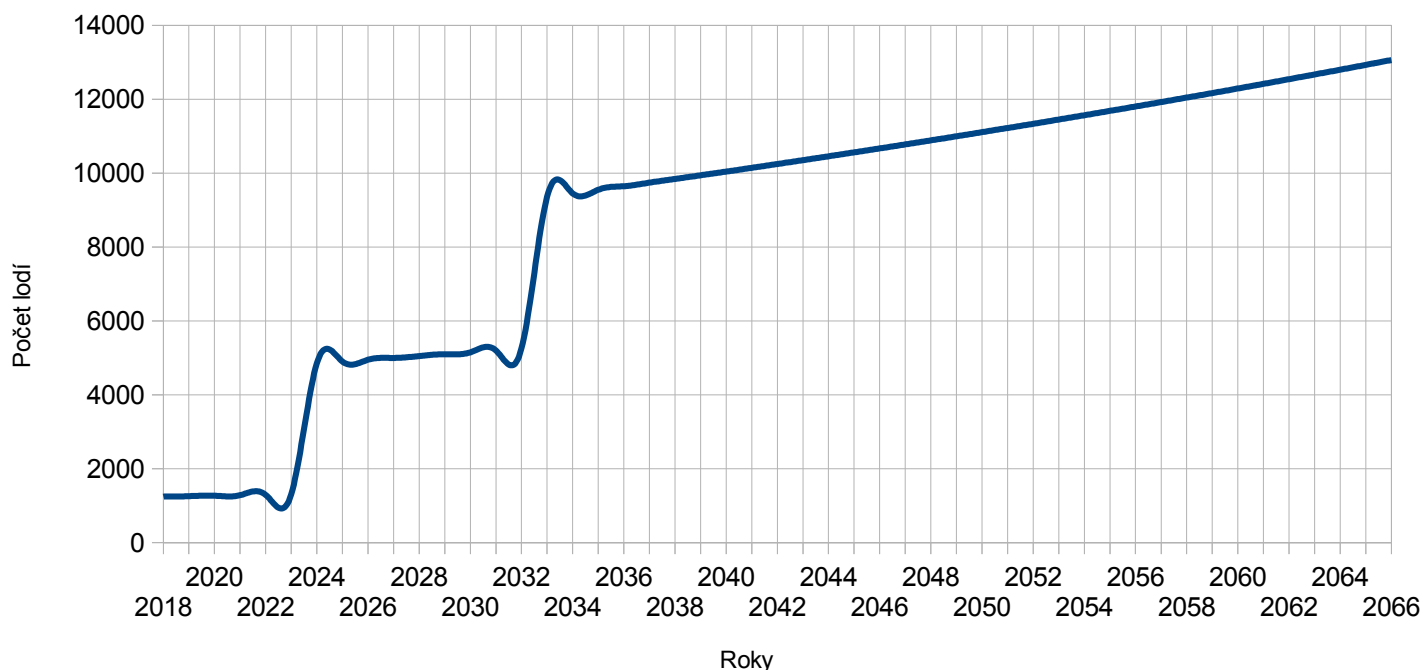


V tomto experimentu je popsán vývoj vodní dopravy v závislosti na otevření jednotlivých etap. Tento vývoj se začíná počítat až od otevření etapy 3, kdy je otevřen kanál Dunaj-Odra.



5.5 Počet lodí

Následující graf vyjadřuje kolik lodí propluje kanálem během roku v závislosti na přepraveném materiálu. Z grafu je zřejmé otevření jednotlivých etap tj. jejich dopad na frekvenci přepravy.



5.6 Závěr experimentu

V experimentech byly porovnávány jednotlivé aspekty vodního kanálu, jako jsou například výdělky za každý rok provozování kanálu - díky čemuž jsme zjistili, za jak dlouho je možná návratnost investic. V čemž byla zakomponována inflace, délka jednotlivých úseku koridoru, hustota, množství přepraveného nákladu, údržba a rekonstrukce jednotlivých etap. Provoz je počítán od otevření první etapy v roce 2017.

Za 30 let provozu tj. Rok 2047: **-5825.776855 milionu Eur**

Za 40 let provozu tj. Rok 2057: **-3743.979004 milionu Eur**

Za 50 let provozu tj. Rok 2067: **347.477783 milionu Eur**

Za 50 let provozu tedy samotný koridor pokryl veškeré náklady na vybudování včetně rekonstrukcí, oprav a údržby.

6. Závěr

Pro sestavení modelu vodního koridoru Dunaj-Odra-Labe bylo nutné nastudovat všechny možné informace o této vodní stavbě.

Dále se seznámit s finanční stránkou vodního koridoru, která zahrnuje počáteční investice, výdaje na údržbu kanálu, příjmy z provozování elektrického hospodářství, příjmy z mýtného kanálu, investice na rekonstrukci jednotlivých etap.

Seznámit se s předpokládajícím růstem hustoty přepravy, vycházející z analýz, ze kterých je viditelné, že roste potenciál vodní dopravy.

Seznámit se s technologií výstavby, při které se používá stejný postup, jako při stavbě silničních komunikací a tím pádem už firmy nemají problém stavět vodní cesty.

Cílem tohoto modelu bylo zjistit, zda se vyplatí budování vodního koridoru Dunaj-Odra-Labe z finanční stránky, z experimentů tedy vyplývá, že vodní koridor je dlouhodobě udržitelný projekt s postupně rostoucím finančním výdělkem.

Studii provedenou na našem modelu bylo prokázáno, že investice za kanál se vrátí, ale až po 50 letech po otevření první etapy vodního koridoru.

7. Literatura

[1] Josef Podzimek: *Křižovatka tří moří Vodní koridor Dunaj – Odra – Labe*

[2] Tomáš Kolařík: *Plavba a vodní cesty o.p.s* www.d-o-l.cz

[3] Josef Podzimek, Jaroslav Kubec: *Studie projektu výstavby vodního koridoru Dunaj-Odra-Labe*