

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Potrubní doprava materiálu jako
náhrada pozemní nákladní dopravy**

(Diplomová práce)

Přerov 2021

Bc. Pavel Kadlčík



**Vysoká škola
logistiky**
o.p.s.

Zadání diplomové práce

student **Bc. Pavel Kadlčík**

studijní program Logistika
obor Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Potrubní doprava materiálu jako náhrada pozemní nákladní dopravy**

Cíl práce:

S využitím teorie logistiky potrubní dopravy zpracovat návrh potrubních systémů pro přepravu materiálu a zhodnotit proveditelnost potrubní dopravy.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teoretická východiska potrubní dopravy
2. Návrhy potrubních systémů pro přepravu materiálu
3. Hodnocení proveditelnosti potrubní dopravy a návrh distribučních systémů
4. Zhodnocení návrhu

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

GROS, Ivan a kol. Velká kniha logistiky. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

HLAVOŇ, Ivan a kol. Dopravní a spojová soustava. Přerov: Vysoká škola logistiky, 2010. ISBN 978-80-87179-12-3.

LAMBERT, Douglas M., STOCK, James R. a Lisa M. ELLRAM. Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0504-0.

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.

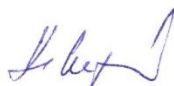
Datum zadání diplomové práce:

30. 10. 2020

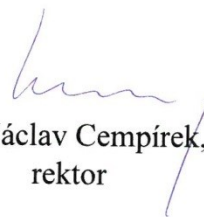
Datum odevzdání diplomové práce:

13. 5. 2021

Přerov 30. 10. 2020



Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

Čestné prohlášení


Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 13. 5. 2021



.....
podpis

Poděkování

Chtěl bych zde poděkovat panu prof. Ing. Václavu Cempírkovi Ph.D. za cenné připomínky a odborné vedení diplomové práce. Dále chci poděkovat paní Ing. Růženě Caletkové za pevné nervy, laskavý přístup a ochotu řešit nastalé problémy.

Anotace

Diplomová práce se zabývá využitelností potrubní popřípadě tunelové dopravy, jakožto náhrady přepravy kamionové. Potrubní přepravou budou přepravovány balíky, palety i jiné, rozměrnější zásilky. Práce shrnuje základní principy a možnosti potrubní přepravy, ale také již využívané technologie podzemní přepravy materiálů i technologie, které jsou teprve ve fázi vývoje. Navrhuje umístění centrálního skladu pro přepravu zboží do vybraných měst potrubní nebo tunelovou přepravou a city logistiku.

Klíčová slova

Potrubní doprava, city logistika, projekty potrubní přepravy

Annotation

This thesis deals with usability of a pipeline or tunnel transport to substitute the truck transport. Packages, pallets and other larger consignments will be transported by pipeline transport. This work suggests the basic principles and possibilities of the pipeline transport. This work also summarizes technologies of underground transport and transport in the phase of the development. This work uses pipeline or tunnel transport and city logistics for transport of goods into the cities.

Keywords

Pipeline transport, city logistics, projects of pipeline transport

Obsah

Úvod.....	1
1 Teoretická východiska potrubní dopravy	3
1.1 Inženýrské sítě.....	3
1.2 Potrubní přeprava a její druhy.....	8
1.2.1 Ropovod.....	8
1.2.2 Plynovod	11
1.2.3 Pneumatická doprava.....	12
1.2.4 Potrubní pošta	13
1.3 Silniční doprava	14
1.4 Železniční doprava	15
1.5 Vhodné přepravní systémy pro tunelovou/potrubní dopravu.....	16
1.5.1 Dopravníky	16
1.5.2 Automaticky řízený vozík.....	16
1.5.3 Úzkorozchodná dráha	21
1.5.4 Lineární motor (Magnetická levitace)	22
1.6 City logistika	23
1.6.1 Městská distribuční centra (City terminál)	24
1.7 Poštovní vůz Streetscooter	28
1.8 Europaleta (800 x 1200 x 144).....	30
1.9 Způsob ražení tunelů.....	31
1.9.1 Ukládání potrubí do výkopu	31
1.9.2 Ražením tunelu – v současnosti nejvíce používané.....	32
2 Návrhy potrubních systémů pro přepravu materiálů	34
2.1 Hyperloop.....	34
2.2 TransPod	36
2.3 Swissmetro	37

2.4	Evacuated Tube Transport - ET3	38
2.5	Podzemní Logistický Systém Schiphol (OLS)	39
2.6	Sumitomo metals.....	40
2.7	Cargo Sous Terrain	41
3	Hodnocení proveditelnosti potrubní dopravy a návrh distribučních systémů	42
3.1	Návrh na propojení měst Olomouc – Prostějov - Přerov centrálním skladem s využitím potrubní nebo tunelové dopravy	43
3.2	Výpočet návrhu polohy centrálního skladu.....	43
3.2.1	Vstupní údaje pro výpočet polohy skladu.....	43
3.2.2	Výpočet polohy skladu	44
3.3	Analýza infrastruktury	46
3.3.1	Silniční infrastruktura	46
3.3.2	Železniční infrastruktura	47
3.4	Ceny ražby	49
3.5	Hloubka a způsob ražby tunelu	50
3.6	Výběr vhodného způsobu přepravy	51
3.7	Manipulační jednotka a balení	52
3.8	Centrální sklad	53
3.9	Distribuční centrum.....	53
3.10	City logistika	55
3.10.1	Výpočet najetých km/rok.....	57
3.10.2	Výpočet spotřeby pohonných hmot za jeden rok.....	57
3.10.3	Výpočet nákladů na pohonné hmoty vozidla na 100 km (graf 3.1).....	58
3.10.4	Výpočet produkce CO ₂ naftového motoru za jeden rok na jedno vozidlo	59
4	Zhodnocení návrhu	61
	Závěr	62

Úvod

V poslední době se často hovoří v odborných kruzích a člancích o možných způsobech přepravy zboží pomocí potrubní nebo tunelové přepravy. S přibývajícím počtem nákladní přepravy a transportu osob dochází k zahlcování silniční infrastruktury. Tento jev vede ke snížení propustnosti silnic a dálnic a snížení kvality dopravních komunikací. Nelze do nekonečna rozšiřovat a přidávat jízdní pruhy a tím navýšit kapacitu silnic a dálnic. Většina populace si tuto skutečnost neuvědomuje, a hlavně si neuvědomuje dopad na další generace, pokud se tímto tématem nebudeme zabývat nyní a nebudou i jiné alternativy.

Možností jak do únosné míry nahradit silniční dopravu je navýšení přepravy železniční, lodní nebo letecké dopravy. Je zde však otázka, zda jsou tyto možnosti správné.

Možnou cestou je navýšení železniční dopravy. Tato doprava dokáže přepravit obrovské množství materiálu z bodu A do bodu B v přijatelném čase. Dokáže přepravit takové množství zboží, jako padesát nákladních automobilů. Bohužel vlivem železničních cest není možné doručit zboží až do místa určení. Byla by zde zapotřebí silniční přeprava, aby přepravované zboží rozvezla dále.

Letecká přeprava je nejrychlejší přepravou, kterou zatím známe, ale zároveň dopravou nejnákladnější. Velkým omezením je kapacita letadel a kapacita letišť. Letadla létající ve výškách vytvářejí oxid uhličitý, který nelze přeměnit na kyslík vlivem rostlin, protože neklesne na zemi. Škodlivost této dopravy však lidé přehlížejí pro její rychlost a komfort. Proto bychom tuto přepravu měli využívat jen k přepravě osob, když je zde další, možná i ekologičtější a na provoz levnější alternativa.

Posledním zmíněným druhem přepravy je vodní přeprava. Tato přeprava je ekologická a dokáže přepravit velké množství zboží. Velkým problémem této dopravy je však její rychlost a dostupnost. V České republice je použitelných pouze 10 % kapacity vodních dopravních cest [1].

Cíl práce

Diplomová práce nastiňuje návrh na umístění centrálního skladu pro přepravu zboží do vybraných měst s využitím potrubní nebo tunelové dopravy. Tato doprava bude vedena do distribučních center umístěných ve vybraných městech. Zde bude skladováno a dále distribuováno zboží zákazníkům za pomoci elektromobilů.

1 Teoretická východiska potrubní dopravy

V první části se budu věnovat teoretickým východiskům potrubní dopravy a dopravní infrastrukturu, která je důležitá pro přiblížení a pochopení návrhu této diplomové práce. Nejprve se zmíním o inženýrských sítích a jejich dělení. Zde jsou zahrnuty jejich kategorie, funkce a způsoby uložení. Hlavním bodem je potrubní doprava, která je předmětem této diplomové práce. V této části se budu zabývat potrubní dopravou, jejími principy a funkčností, jelikož mnoho projektů vzniká na základě znalostí této problematiky. Zahrnuty zde budou také teoretická východiska silniční a železniční dopravy z důvodu porovnávání a další využitelnosti.

1.1 Inženýrské sítě

Inženýrské sítě jsou sítě, které slouží k rozvodu tepla, vody, vzduchu, energie, přepravě kapalin a pevných látek. Tyto sítě také slouží k odvádění znečištěné vody, vzduchu nebo přeměněné energie. Sítě můžeme rozdělit podle vedení:

- Dálkové – 1. kategorie

Dálkové inženýrské sítě mají za úkol zásobování lokalit. Nemají přímou vazbu na obsluhované objekty. Do této kategorie spadá vysokonapěťové silové vedení (110 kV a více), dálkové plynovody, dálkové tepelné napáječe, nebo kmenová kanalizace.

- Místní – 2. kategorie

Místní inženýrské sítě jsou hlavní napáječe nebo sběrače, které mají za úkol zásobovat sídelní útvary a zóny. Tyto inženýrské sítě nemají přímou vazbu na obsluhované objekty. Zde můžeme uvést jako příklad elektrické silové vedení (22 kV až 35 kV), telekomunikační vedení z ústředny do ústředny, rozvod tepla na území sídelního útvaru a kanalizační sběr.

- Vedlejší – 3. kategorie

Vedlejší inženýrské sítě jsou uliční sítě, které zajišťují zásobování sídelních útvarů a jejich domovních bloků. Tyto sítě mají zpravidla přímou vazbu na obsluhované objekty. Do této kategorie patří elektricky silové rozvody (6 kV) a nízkonapěťové rozvody (do 1 kV), telekomunikační kabely z ústředny do domů, uliční kanalizace apod.

- Podružné – 4. kategorie

Podružné inženýrské sítě jsou na zajišťování zásobování obsluhovaných objektů, nebo provozních celků. Jsou to rozvody plynu, elektrické energie, vody v domech nebo dílnách.

Rozdělení inženýrských sítí podle dopravní cesty:

- potrubní,
- elektrické vedení,

Rozdělení inženýrských sítí podle resortů:

- vodohospodářské,
- energetické,
- telekomunikační.

Dalším způsobem rozdělení inženýrských sítí je způsob uložení. Uložení inženýrských sítí podle tohoto kritéria rozdělujeme:

- uložení inženýrských sítí v podzemní trase

Toto uložení spočívá v tom, že inženýrské sítě jsou položeny v zemi a z toho důvodu nejsou viditelné. Z tohoto důvodu musí být zobrazeny v mapách inženýrských sítí, aby tyto sítě při opravách nebyly překopnuty a lidé se rázem neocitli bez přívodu vody, plynu a jiných dodávek energií. Inženýrské sítě v podzemní trase dělíme:

- **Prosté uložení do země** viz. Obr.1.1 (Podzemní trasa je koordinovaná, což znamená vedení inženýrských sítí pohromadě jednou trasou nebo nekoordinované. Pak se jedná o samostatně vedené sítě.)



Obr. 1.1 Prosté uložení potrubí do země

Zdroj:uchytil.eu

- **Uložení do země s ochranným tělesem** tzv. kolektorem viz. Obr.1.2. Výhodou využití kolektorů oproti pokládání kabelů přímo do země je jednodušší údržba, výměna nebo pokládání nových sítí na již existujících trasách. Není tedy nutné po trase vykopávat zeminu.



Obr. 1.2 Uložení potrubí do země s ochranným tělesem

Zdroj: Echo24.cz

- **Kombinované uložení**
Kombinované uložení spočívá ve vedení inženýrských sítí jak na povrchu, tak pod zemí.
- uložení inženýrských sítí v nadzemní trase
Do této kategorie (obr. 1.3, 1.4) můžeme zařadit dráty vysokého napětí, vedení plynu (kde není možnost vedení pod zemí) apod [2].



Obr. 1.3 Uložení v nadzemní trase (plynovod)

Zdroj: viteztenazemi.cz



Obr. 1.4 Uložení v nadzemní trase (elektrická energie)

Zdroj: ekonomika.idnes.cz

1.2 Potrubní přeprava a její druhy

Potrubní přeprava je využívána k přemístění kapalných, plynných a z části pevných materiálů na dlouhé vzdálenosti. K přepravě potrubní dopravou je využívána gravitační energie nebo rozdíl tlaku v potrubí a mimo něj.

Dělení potrubní přepravy:

- ropovod,
- plynovod,
- pneumatická doprava,
- potrubní pošta.

1.2.1 Ropovod

Jedná se o systém potrubí (obr. 1.5), který je složen z dílčích částí potrubí a slouží k přepravě ropy na velké vzdálenosti. Jednotlivé části potrubí jsou vedeny pod zemí nebo také na povrchu země. Na trase ropovodu jsou umístěny stanice, které se starají o tlak v potrubí a podle potřeby tento tlak navyšují, aby se ropa pohybovala a nezůstala stát na místě. Používaný materiál na výrobu potrubí je ocel nebo plast. Vnitřní průměr trubky se pohybuje od 100 mm až do 1,220 mm. Potrubí se vyskytuje v hloubce 0,9 m až téměř 2 m. Trubky jsou chráněny proti nárazu, otěru a korozi. Ochranným prvkem může být betonový povlak, velice hustý polyetylen nebo pískové polštáře, které jsou vysypávány okolo trubek.



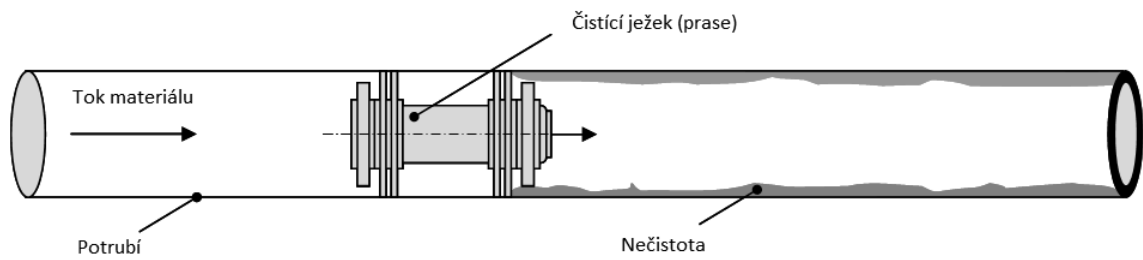
Obr. 1.5 Sít' ropovodů

Zdroj: petrol.cz

Čištění a údržba ropovodu

Čištění ropovodu se provádí vypuštěním čistícího ježka přímo do přepravované ropy. U jednotlivých čerpadel se nachází odbočka, která je zde z důvodu zavádění ježků do oběhu. V této části ropovodu jsou speciální vany, do kterých se odpad z ježků uloží a firmou určenou na likvidaci, budou tyto nečistoty odvezeny a zničeny.

Ježek (obr. 1.6 a Příloha A), který má na svém obvodu připevněné kartáče nebo magnety pro sbírání kovových předmětů, vyčistí potrubí. Tímto způsobem jsou chráněna čerpadla, armatury a zajistí se plynulý průtok přepravované ropy potrubím. Ježek může být také vybaven speciálním zařízením, vysílající signál, který je odrážen od stěn potrubí zpátky do ježka. Podle těchto signálů je možno zjistit, zda je potrubí porušené. Pokud dojde k detekci takového místa, je nutno zastavit dopravu, potrubí vykopat a špatnou část potrubí nahradit.



Obr. 1.6 Princip čištění ropovodů

Zdroj: wikipedia.org

Nejdelší ropovod světa

Nejdelším ropovodem na světě je ropovod Družba (obr. 1.7), který je dlouhý 5 100 km, spojuje 8 států a je veden z ruské Samary do Evropy. Denně ropovodem proteče 1,8 až 2 miliony barelů ropy, z toho putuje do Evropy 1,4 až 1,6 milionu barelů. Výstavba ropovodu započala 10. prosince 1960 v Samaře. V Únoru roku 1962 byl ropovod dokončen. Za jeho dobu provozu přepravil ropovod do České republiky úctyhodných 293 mil. tun ropy. Potrubí ropovodu Družba je uloženo v hlobce 1,3 m a z jeho celkové délky je na povrchu pouhých 0,8 % [3].



Obr. 1.7 Ropovod Družba

Zdroj: petrol.cz

1.2.2 Plynovod

Jedná se o soustavu složeného potrubí (obr. 1.8), které je vedeno pod zemí. V krajních případech jako např. překonání vodního toku, je možnost vést potrubí na zemi.

Plynovody se dělí podle tlaku (Příloha B):

- nízkotlaké (do 5 kPa),
- středotlaké (od 5 kPa do 0,4 MPa),
- vysokotlaké (od 0,4 MPa do 4 MPa),
- velmi vysokotlaké (od 4 MPa do 10 MPa).

a dále podle účelu:

- tranzitní,
- mezistátní,
- dálkový,
- místní,
- průmyslový,
- domovní [4].



Obr. 1.8 Síť plynovodů

Zdroj: ct24.ceskatelevize.cz

1.2.3 Pneumatická doprava

Pneumatická doprava spočívá v dopravě práškových nebo jemně zrnitých materiálů, které jsou volně loženy. Tato doprava je využívána k přepravě materiálu na vzdálenosti od pár metrů až do pár stovek metrů s převýšením několik desítek metrů a výkonem až stovky tun za hodinu. Pneumatická doprava je méně náročná na údržbu oproti dopravě mechanické (šneky, redlery, pásy, elevátory) a v některých případech není jiná možnost, než pneumatickou dopravu použít.

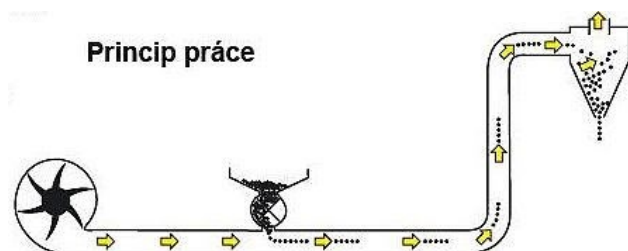
Dělení pneumatické dopravy:

- **fluidní pneumatická doprava** – horizontální doprava pneumatickými dopravníky, vykládky, žlaby, fluidní dopravníky, provzdušňovací zařízení sil
- **pneumatická doprava ve vzosu** - doprava na velké horizontální vzdálenost s poměrně značným převýšením a lze ji dělit na vysokotlakou, středotlakou a nízkotlakou
- **pneumatická doprava speciální** - potrubní pošta, doprava těles, doprava v zátkách, doprava na vzduchovém polštáři.

Principy pneumatické dopravy (obr. 1.9):

- **vířením** – dochází k rozvíření materiálu v potrubí a následně dochází k unášení materiálu vzduchovým proudem. Jedná se o nejrozšířenější pneumatickou dopravu.
- **smykem** – materiál zaplní celý vnitřní průměr potrubí (tzv. zátka) a díky tlaku je smýkán ve směru proudění vzduchu. Na této bázi pracuje potrubní pošta.

Vzduch je nosným médiem v pneumatické dopravě [5][6].



Obr. 1.9 Princip pneumatické dopravy

Zdroj: eshop-zemedelske-potreby.cz

1.2.4 Potrubní pošta

Potrubní pošta (tzv. pneumatická/vzduchová pošta) byla vynalezena v roce 1836 Williamem Murdochem a spadá do pneumatické dopravy (obr. 1.10 a Příloha C). Touto poštou lze přepravovat zásilky do blízkých budov. Potrubní pošta se během let vyvinula až v dnešní plně automatizované systémy, které jsou řízeny mikroprocesově pomocí softwaru, který lze naprogramovat dle potřeb uživatele. Může být nadzemního či podzemního typu a dochází k přepravě zásilek za nepřetržitého provozu.

V roce 1854 si nechal Josiah Latimer patentovat tzv. “pneumatické odesílání“, což spočívalo v přepravě dopisů mezi určitými místy tlakem a vakuem.

Přeprava se děje díky kapsli, která se vloží do přístroje napojeného na potrubí a díky tlaku vzduchu se tato kapsle dostane do cíle. Pro lepší průchodnost kapsle potrubím je uvnitř něj vakuum. Rychlost přepravování zásilky je 2 – 15 m/s. V kapsli je možné přepravovat peníze, dokumenty, léky, krevní vzorky apod [7].



Obr. 1.10 Kapsle v potrubní poště

Zdroj: potrubniposta.cz

1.3 Silniční doprava

Silniční doprava je nejrozšířenějším druhem dopravy, která přepravuje jak zboží, tak osoby. Jedná se o rychlou a operativní dopravu, která má ale negativní dopady na životní prostředí. Dochází k znečištění ovzduší výfukovými plyny a nadměrnému hluku. Díky její dostatečně husté infrastruktuře a celkové účelové rozmanitosti dopravních prostředků, je možné přepravit téměř jakékoli zboží. Díky výše zmíněným výhodám, jako je operativnost a čas, dochází k neustálému zvyšování poptávky po silniční dopravě.

Největší konkurencí je doprava železniční, která má větší přepravní kapacity. Její nevýhodou je však možnost nakládky a vykládky pouze v místech tomu určených (sklady, nádraží, firmy s železničním terminálem apod.).

Výhody:

- pružnost,
- rychlost,
- dostupnost,
- spolehlivost,
- přizpůsobivost.

Nevýhody:

- vyšší náklady,
- vyšší cena za přepravu,
- omezená přepravní kapacita,
- větší nehodovost (oproti jiným dopravám),
- negativní dopady na životní prostředí [8][9].

1.4 Železniční doprava

Železniční a silniční doprava tvoří v České republice páteř vnitrostátní dopravy. Rozdíl mezi železniční a silniční dopravou v rámci volného pohybu je v tom, že v silniční dopravě je pohyb vždy povolen, kdežto v železniční přepravě pokud pohyb není povolen, je zásadně zakázán. Dalším rozdílem je možnost přepravy většího a těžšího zboží na delší vzdálenosti. Železniční doprava je významným přepravním systémem zejména v Rusku a Číně, vzhledem k velkým vzdálenostem mezi místem nakládky a vykládky. Průměrná přepravní vzdálenost činí v Evropě okolo 1 100 km.

Výhody:

- rychlost,
- bezpečnost (oproti silniční dopravě),
- větší objem přepravovaného množství,
- nezávislost na dopravní situaci,
- levnější na delší vzdálenosti,
- je možné převážet nebezpečný odpad.

Nevýhody:

- nízká flexibilita,
- nemožné dodání zboží „ke dveřím“,
- vysoký podíl fixních nákladů,
- dostupnost.

Struktura tratí podle počtu kolejí:

- jednokolejné 80,3 %,
- dvoukolejné 19,3 %,
- vícekolejné 0,4 % [8][9].

1.5 Vhodné přepravní systémy pro tunelovou/potrubní dopravu

Do kategorie vhodných přepravních systémů lze zařadit dopravník, automaticky řízený vozík, úzkorozchodnou dráhu a lineární motor. Jednotlivé typy přepravy slouží hlavně k transportu věcí. Dopravníky však lze použít k přepravě na kratší vzdálenosti popřípadě k vyložení/naložení nebo uskladnění zboží. Dle mého výběru jsou níže uvedené typy přepravy, které mají reálné i praktické využití.

1.5.1 Dopravníky

Mezi nejvíce využívaná zařízení pro manipulaci kusového zboží spadají pásové dopravníky. Nejdelší dosažená vzdálenost těchto dopravníků je až 5 km. Princip pásového dopravníku [10] spočívá v hnacím a hnaném bubnu, přes který je natažen pás, který je podpírán kluzným vedením nebo válečky.

Dalším hojně využívaným systémem přepravy je válečkový dopravník. Své využití nalezne zejména na kompletačních linkách nebo ve výdejní dopravě. Pohyb válečkového dopravníku obstarává gravitace a je u něj nutnost brzdného zařízení [11].

1.5.2 Automaticky řízený vozík

Automaticky řízené vozíky tzv. AGV (Automated guided vehicle) slouží k automatizaci procesů v různých odvětvích a jsou klíčovým prvkem pro automatizaci logistických provozů i vnitropodnikové logistiky. Díky automatizaci se stane práce efektivnější a časově méně náročná, také se zmenšuje prostor na chybovost. Největší využití najdeme ve výrobě, při přepravě surových kusů, výrobků, dílů na montážní linky, zdravotnictví, skladování a podobně. Automaticky řízené vozíky mohou manipulovat se surovým materiálem, přepravovat palety, balíky, mohou naložit a vyložit náklad a dále jej zaskladnit do regálů tomu uzpůsobených. Přepravní rychlosti se pohybují okolo 30 km/h.

Podle některých odhadů poroste trh s automatizací výroby a skladováním meziročně až o 17%. Vzhledem k rostoucí ceně lidské práce a čím dál vyšším nárokům zákazníků začíná být nutností využít tyto systémy ve velkých firmách [12][13].

Navigace a polohování

Navigaci vozíků zajišťují senzory na detekování magnetického nebo barevného pásku, který je veden po podlaze výrobních nebo skladovacích hal. Tato navigace probíhá pomocí virtuální dráhy.

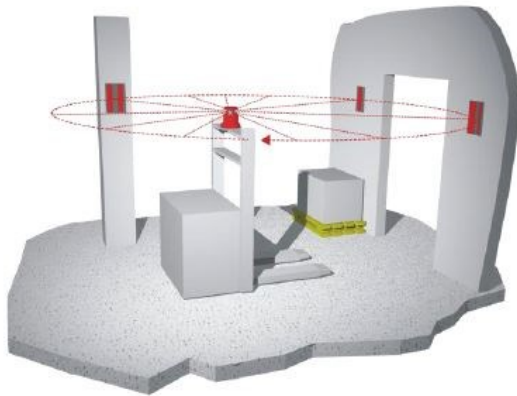
Polohování vozíku funguje na principu skenování informace z RFID tagů nebo QR kódů, popřípadě čárových kódů či odrazek. Ke skenování těchto kódů slouží 2D LiDAR skenery. Při naskenování tohoto kódu dostane vozidlo informaci, co má provést za úkon nebo kterým směrem se má vydat.

Způsoby navigace:

- přirozené,
- laserové,
- optické a indukční,
- magnetické,
- globální poziční systém.

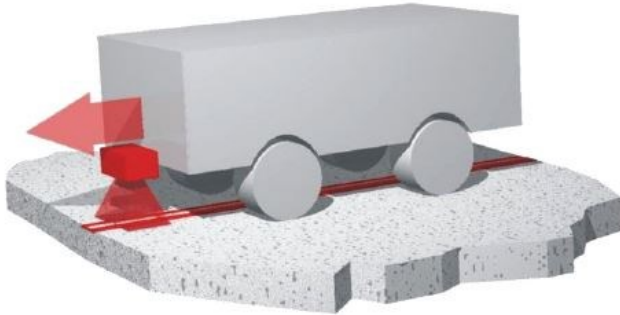
Přirozená navigace je ze všech nejsložitější a nejdražší, za to nejpřesnější. V případě změny lze trasu rychle a jednoduše upravit pomocí softwaru. Prvním krokem k implementaci je mapování a uložení dráhy pohybu do paměti vozíku. Mapování je zpracováváno laserovými senzory a pomocnými odrazovými orientačními body. Poté dojde k přenesení do 3D mapy.

Laserová navigace (viz 1.11) funguje na principu odrazu laseru od reflexních pásků, které jsou umístěny v operativním sektoru, kde se vozík pohybuje.



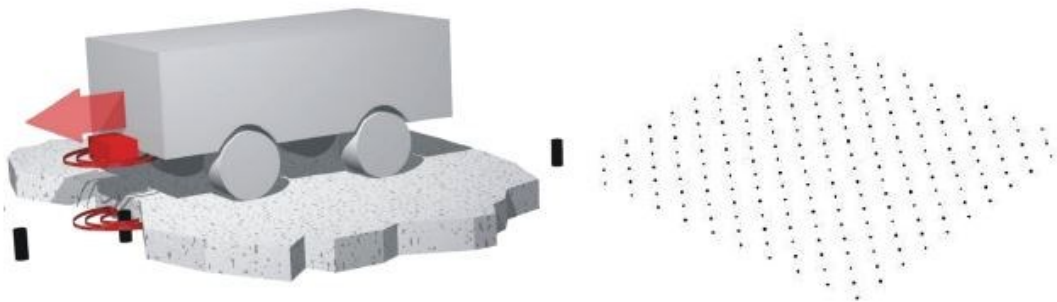
Obr. 1.11 Laserová navigace

Optická a indukční navigace (obr. 1.12) pracuje na principu senzoru umístěného těsně nad zemí, který skenuje trasu, která je definována například reflexní páskou nebo vodičem, ukrytým pod zemí.



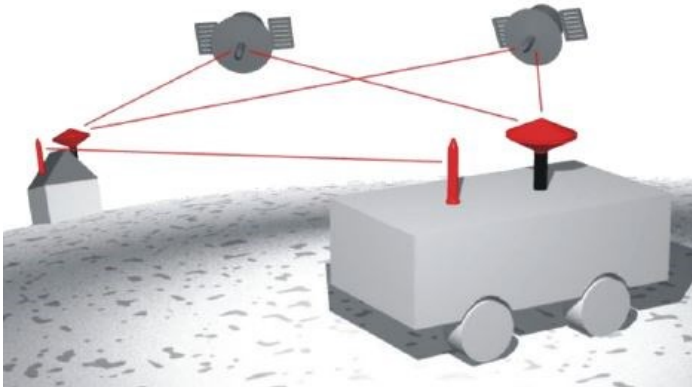
Obr. 1.12 Optická a indukční navigace

Principem **magnetické navigace** (obr. 1.13) je rozmístění desítek magnetů v mřížce nebo v řadě a tím vzniká vodící dráha. Díky těmto magnetům usazených v podlaze a senzoru na detekci magnetického pole, je vozík veden požadovaným směrem.



Obr. 1.13 Magnetická navigace

Globální poziční systém (GPS) slouží k navádění ve velkých či otevřených prostorách. Princip předávání informací funguje na způsob přijímač – lokátor, kde přijímač je vozidlo a lokátor satelit nebo radarový reflektor (obr. 1.14). Nezbytné pro zajištění předání informací mezi přijímačem a lokátorem je minimální počet překážek. Největší využití GPS navádění je zejména ve venkovních prostorách. Pro využití ve vnitřních prostorách se používá LPR (local positioning radar) neboli vnitřní GPS [13].



Obr. 1.14 Globální poziční systém

Zdroj: [13]

Snímání okolí a bezpečnost

Prevenici před kolizí zajišťují 2D senzory na principu LiDAR, ultrazvukové senzory, antikolizní 3D kamery, které mají na starost, aby se vozidla nestřetla.

Jelikož se vozidla pohybují prostředím, ve kterém se nachází osoby, dalším důležitým aspektem je bezpečnost, kterou zajišťují bezpečnostní snímače a LiDAR radary, eliminující zranění osob.

O bezpečné řízení se stará bezpečnostní relé, bezpečnostní enkodérová řešení a bezpečnostní moduly Flexi Soft slouží k bezpečné navigaci a řízení vozidel.

Vozidla jsou vybaveny kamerovým systémem jak vepředu vozidla, tak vzadu a díky tomu, pokud nastane kolize nebo jiný problém, dojde k okamžité detekci a vyřešení nastalé situace.

Manipulace s nákladem

Náklad na vozítku je monitorován optickými a ultrazvukovými snímači a 2D skenery, které monitorují přítomnost/nepřítomnost nákladu.

Vozidlo (obr 1.15) také identifikuje a monitoruje náklad, který převáží a to za pomoci UHF RFID skenerů a čtečky čárových kódů, které tento náklad zaznamenávají a odesílají informace do řídicího systému.

Důležitým faktorem přepravy na těchto vozidlech je poloha nákladu. Některé náklady mohou být náchylné na náklon. Pozici materiálu nebo zboží v nákladovém prostoru vozidla zajišťují enkodéry a snímače náklonu, čidla na detekci pozice a 3D kamera [14].



Obr. 1.15 AGV vozíky

Zdroj: SysTech Group

1.5.3 Úzkorozchodná dráha

Rozvoj úzkorozchodné dráhy v ČR nastal v druhej polovine 19. storočia v dobe rozmachu priemyslu. S väčšou potrebou prepravovať materiál, suroviny alebo zboží, bolo nutné túto poptávku vyriešiť a zrýchliť prepravu. Tieto dráhy nebyli stavěny se stejným rozchodem kolejí jako u klasické železniční dopravy, který byl 1435 mm. Rozchod těchto kolejí byl 500 mm – 1000 mm a nejmenší úzkorozchodné dráhy měly dokonce rozchod kolejí pouhých 600 mm - 700 mm. Naopak nejširší rozchodné dráhy dominují na Pyrenejském ostrově, ve Finsku, Irsku a na území bývalého Sovětského svazu. Jejich šířka je 1672 mm [15].

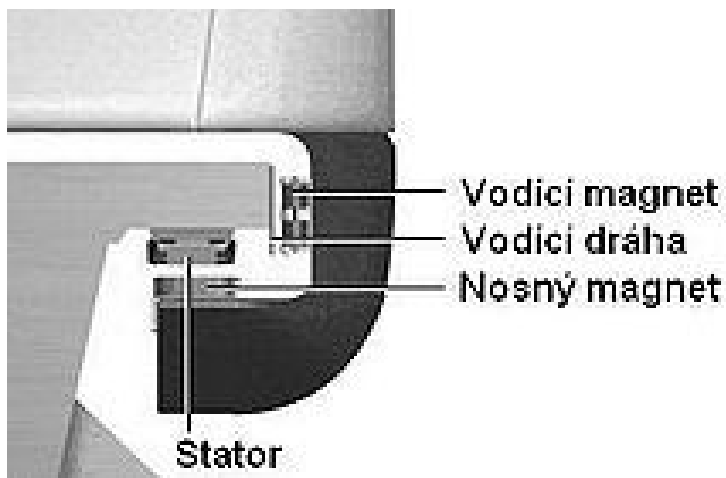
Úzkorozchodná dráha je využívána v železniční dopravě, tramvajové dopravě, ale i v průmyslu a dolech. Hlavní výhodou úzkorozchodné dráhy oproti normální kolejové dráze je, že při výstavbě a provozu tato dráha zabere méně místa a tím je také levnější na výstavbu.

1.5.4 Lineární motor (Magnetická levitace)

Lineární motory jsou speciálním druhem bezkartáčových synchronních servomotorů. Pracují jako momentové motory, ale jsou otevřené, rozvinuté do roviny. Působením elektromagnetických sil mezi cívkou (primární část) a permanentními magnety (sekundární část) se elektrická energie změní na lineární mechanickou energii s vysokou účinností. Další obvyklé názvy pro primární část jsou motor, pohyblivá část, kluzák nebo pojezd, zatímco sekundární části se také říká magnetická dráha nebo magnetické vedení (obr. 1.16).

Snížení nákladu na provoz

Díky bezkontaktnímu provozu dochází k eliminaci opotřebení mechanický převodových prvků, jako jsou vodící šrouby, rozvodové řemeny, ozubená kola, pastorky a šnekové převody. Vzhledem k žádnému mechanickému kontaktu je nespornou výhodou dlouhá životnost a spolehlivost [16].



Obr. 1.16 Princip magnetické levitace

Zdroj: hk-phy.org

1.6 City logistika

*„Definici city logistiky můžeme formulovat podle Willeke: *Wirtschaftsverkehr und City Logistika*, 1992, s. 11, následovně: city logistikou rozumíme veškerou dopravu zahrnující toky zboží a pohyby osob uvnitř města, kterými zajišťujeme provoz živností, služeb a podnikatelských míst. Do této dopravy zahrnujeme i podnikatelskou (služební) osobní dopravu. Ve většině případů se zabýváme pouze nákladní dopravou. Oficiální statistiky detailně uvádějí výkony v dopravě, ale tuto podnikatelskou (služební) osobní dopravu zahrnují do skupiny jako ostatní, resp. zbytkovou dopravu. City logistika je definována jako oprávněné stanovení požadavků v městské dopravě při zohlednění ekologických požadavků a rámcových ekonomických podmínek.“*

City logistika se těší stále větší pozornosti díky narůstajícím nežádoucím aspektům:

Přetížení dopravy – dochází ke kolizím v osobní a nákladní dopravě a také při kontaktu s chodci nebo cyklisty, v podobě pěších zón nebo cyklostezek. Pozemní doprava negativně ovlivňuje životní prostředí. *„Potíže způsobují úzké uliční komunikace, malé poloměry zatáček, nedostatečná stabilizace staveb a další omezení. Situaci nepomáhají řešit ani regulační opatření, která se snaží segregovat kolidující složky:*

- **prostorově** - zřizováním pěších zón, vyhrazováním jízdních pruhů pro městskou dopravu, vyhrazováním odbočných pruhů na parkovací místa, omezením vjezdu nákladních automobilů s větším užitečným zatížením,
- **časově** - obsluha spojená se zásobováním podnikatelských, živnostenských, servisních, administrativních, úředních, správních a dalších míst v noční dobu; omezení možnosti parkování pro určité skupiny provozovatelů motorových vozidel.

Degenerace funkční náplně center měst - je způsobena extrémním nárůstem cen pozemků a zvyšováním nájemného v centrech měst. Postiženy jsou především menší provozní jednotky maloobchodu, stravování a živností s nedostatečnou kapitálovou vybaveností. Místo nich se do center měst usídlují bohaté firmy jako např. banky, směnárny, herny a administrativní zastoupení firem [17].“

City logistika musí dbát požadavků zákazníka:

- „*potřeby města a nová řešení včlenit do urbanistické koncepce rozvoje města; v užším smyslu do systému nákladní a osobní dopravy na jeho území,*
- *problémy životního prostředí ve městě včetně bezpečnosti provozu,*
- *potřebu hospodárnosti podle kritérií jednoho logistického řetězce[17].“*

1.6.1 Městská distribuční centra (City terminál)

Hlavním prvkem city logistiky jsou městská distribuční centra tzv. city terminály. Jednotlivá distribuční centra slouží k rychlé a efektivní distribuci zboží do jednotlivých městských center. Dopravní společnosti na základě poptávky firem doručí zboží do městských distribučních center, kde jsou následně tříděny a expedovány k finálním zákazníkům. Důležitým aspektem je rychlost a kvalita dopravy, která nepřesahuje jeden den. Pro co nejnižší přepravní náklady je třeba efektivně využít ložnou plochu vozidel.

Klíčovým faktorem pro plynulý chod městských distribučních center je správná volba přepravovaného zboží. Nejlépe přepravovaným typem zboží je zboží nepodléhající rychlé zkáze o středních velikostech. Také není nejlepší volbou přeprava vysoce hodnotného zboží. Příkladem zboží, které spadá do této kategorie, mohou být domácí potřeby, drobná elektronika a oděvy.

Mezi tři hlavní systémy městské distribuční dopravy patří:

- Hub and Spoke,
- Gateway,
- Cross Docking [18][19][20].

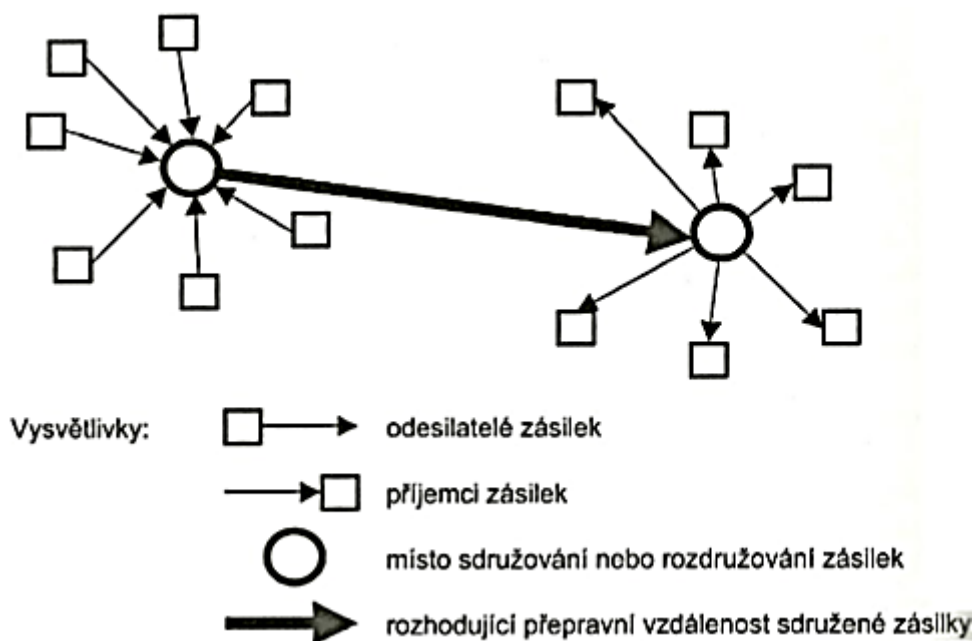
Hub and Spoke

Tato technologie (obr. 1.17) funguje na principu sdružování menších zásilek v jednom distribučním centru menšími dopravními prostředky, které jsou následně sloučeny do jedné, velké přepravní jednotky a dále přepravovány nejčastěji v ČR kamionovou či železniční dopravou do druhého distribučního centra, kde je zásilka následně roztržena a rozvezena za pomoci menších dopravních prostředků.

Úkony, jako svoz a rozvoz, jsou uskutečňovány menšími vozidly na krátké přepravní vzdálenosti, zatímco přeprava mezi distribučními centry je výrazně větší. V jiných státech se můžeme setkat s využitím i lodní nebo letecké dopravy mezi jednotlivými centry.

Výhody spočívají v nižších nákladech na dopravu a snížení potřebný počet přepravních prostředků k přepravení více zásilek a tím snížení provozu na komunikacích. Pokud se tedy sníží počet využívaných vozidel, sníží se i tvorba emisí.

Nevýhodou je nákladovost na výstavbu distribučních center a nákup vozidel [18][19][20].

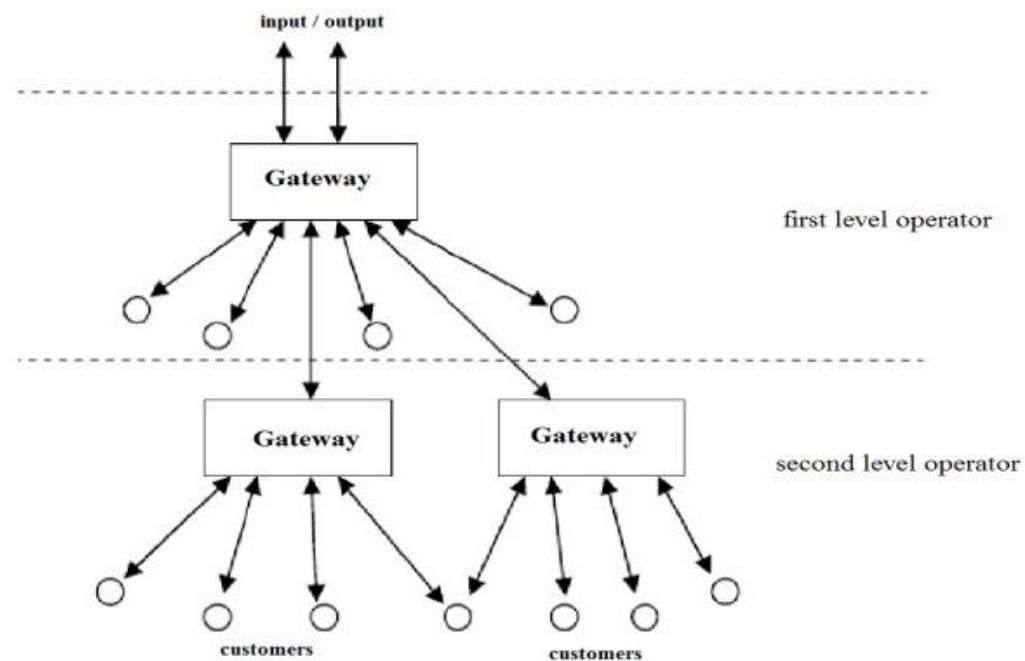


Obr. 1.17 Technologie Hub and Spoke

Zdroj: Logistické technologie

Gateway

Gateway je technologie využívající z části princip Hub and Spoke. Je hojně využívána v městské logistice. Na okrajích velkých měst jsou tzv. brány pro třídění velkých zásilek směřujících do města. Zde jsou překládány do menších zásilek a přepravovány do distribučních center umístěných v různých částech města. Zde je zboží znovu tříděno a dále expedováno do maloobchodů nebo k finálním zákazníkům. Využitelnost této technologie je v městech nad 1 mil. obyvatel [18][19][20].

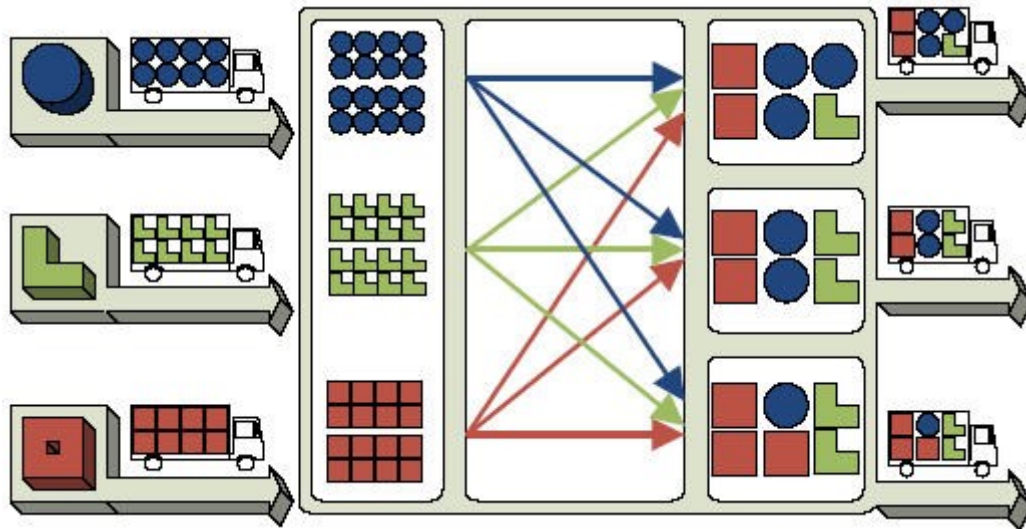


Obr. 1.18 Gateway technologie

Zdroj: Logistické technologie

Cross Docking

Technologie Cross Docking (obr. 1.20) spočívá ve vložení distribučního centra mezi finální výrobce a prodejní maloobchody. Tím získáme možnost třízení, kompletace a následné expedice různého druhu zboží od více výrobců v jedné přepravní cestě k jednotlivým maloobchodníkům. Distribuční centrum však není využíváno jako sklad, pouze slouží k nasměrování různých toků zboží požadovaným směrem [18][19][20].



Obr. 1.19 Cross docking technologie

Zdroj: [20]

1.7 Poštovní vůz Streetscooter

Jedná se o poštovní vozy na elektrický pohon. Výkon vozidla 30 nebo 45 kW s maximální rychlostí 85 km/h. Kapacita lithium-iontových akumulátorů je 20,4 kWh, se kterou je auto schopné městem ujet 80 km s 200 zastávkami denně. Auta jsou navržena na provoz 16 let, 6 dní v týdnu a 10 hodin denně a vysokou zátěž. Díky své jednoduché konstrukci váží elektrické vozidlo pouze 1495 kg. Nejlevnější model se cenově pohybuje okolo 850 tisíc korun (údaj z roku 2017). Nespornou výhodou tohoto vozu jsou nízké provozní a servisní náklady a téměř žádná produkce CO₂ při provozu vozidla, oproti autům se spalovacím motorem[21].

StreetScooter WORK Box a StreetScooter WORK L Box (Tabulka 1.1 a Příloha D)

Technické data

Tabulka 1.1 Tabulka typů vozidel

Typ vozidla	StreetScooter WORK Box	StreetScooter WORK L Box
Výkon motoru (v kW)	48	48
Typ baterie	Lithium-ion	Lithium-ion
Velikost baterie (v kWh)	20*	40
Dojezd (v km)	Více než 80 (poštovní úkony) 113 (NEDC**)	Více než 80 (poštovní úkony) 187 (NEDC**)
Maximální rychlost (v km/h)	85	85
Celkové rozměry (L/W/H in m)	4.71 / 2.09 / 2.04	5.78 / 2.09 / 2.35
Objem (v m ³)	4.3	8
Nosnost (v kg)	720	905
Celková přípustná hmotnost/pohotovostní hmotnost (v kg)	2,180 / 1,460	2,600 / 1,695
Čas nabití	4.5 – 7 hodin	10 – 13 hodin
Úspora CO ₂ a nafty za rok a vozidlo	3 tuny a 1,100 litrů	4 tuny a 1,500 litrů

*40 kWh baterie s dosahem 205 km (NEDC) dostupné na žádost zákazníka

**NEDC = New European Driving Cycles

StreetScooter WORK XL (Tabulka 1.2 a Příloha E)

Technická data

Tabulka 1.2 Tabulka typu vozidla

Typ vozidla	StreetScooter WORK XL
Oblast využití	Doručování balíků
Výkon motoru (v kW)	Max. 90
Točivý moment (v Nm)	Max. 276
Typ baterie	Lithium-ion
Kapacita baterie (v kWh)	Max. 76
Dojezd (v km)	Max. 200
Maximální rychlost (v km/h)	90
Celkové rozměry (L/W/H v m)	7.00 / 2.14 / 2.85
Objem (v m ³)	20
Užitečné zatížení (v kg)	1,275
Celková přípustná hmotnost/pohotovostní hmotnost (v kg)	4,050 / 2,900
Úspora CO ₂ a nafty za rok a vozidlo	5 tun and 1,900 litrů

Zdroj: [21]

1.8 Europaleta (800 x 1200 x 144)

Jedná se o detailně normovanou, dřevěnou paletu s plochou 0,92 m² a mírami 1200 x 800 x 144 (délka x šířka x výška). Váha palety se pohybuje okolo 20 - 24 kg, podle nabrané vlhkosti dřeva a také použitého typu materiálu na výrobu palet (smrk, dub, olše). Desky palety jsou přibity do špalků 72 speciálními hřebíky. Paleta může být transportována vysokozdvížným vozíkem nebo automatickým manipulačním zařízením ze všech čtyř stran. Při použití ručně vedených vozíků, je možné s paletou manipulovat pouze ze dvou stran a to ze stran s volným prostorem mezi dvěma špalky na kratších stranách palety. Europalety (Příloha F,G) jsou dimenzovány na přepravu železničními vagóny, proto je není možné použít na přepravu v ISO kontejnerech (není možné využít celou ložnou plochu kontejneru). Ve výrobě je striktně dodržen předpis Mezinárodní železniční unie (UIC) a European Pallet Association (EPAL) viz Příloha H.

Palety nelze měnit, pokud nejsou splněny tyto požadavky:

- není vyrobena licencovaným výrobcem,
- je-li jakkoli poškozená, shnilá nebo špinavá (chybí prkno, trčí hřebíky z palety),
- chybí označení EUR na pravém špalku palety,
- paleta byla opravena nelicencovaným/neoprávněným výrobcem [11][22][23].

1.9 Způsob ražení tunelů

Velmi důležitým prvkem při stavbě potrubní dopravy či tunelů, je vybrat nejlepší metodu pro daný typ prostředí, kde budeme tunel razit, nebo pokládat potrubí. Důležitými kritérii při výběru metody je hloubka uložení, cena, geologické rozpoložení krajiny, kudy povede tunel, doba prováděných prací apod. Je např. nemožné pokládat trouby do výkopu, který bude vést skrze městské aglomerace. V tomto případě se nabízí Nová Rakouská tunelovací metoda nebo TBM.

1.9.1 Ukládání potrubí do výkopu

Ukládání potrubí do výkopu (obr. 1.20) je nejstarší a nejrozšířenější metoda, jak ukládat potrubí do země. Princip je takový, že se do země vyhloubí jáma, a do ní se potrubí za pomoci jeřábu uloží. Zde se potrubí zafixuje, spojí dohromady a zasype.

Výhodou tohoto uložení potrubí do země je, že je zde jakákoli možnost, ve výběru tvaru potrubí. Můžeme zde volit tvary od čtverců, po obdélníky, až po několikastěnné profily. Při ražbě tunelu TBM (Tunnel Boring Machine) je využíván kruhový profil trubky z důvodu minimálních nákladů.

Obrovskou nevýhodou však je, že tato metoda není použitelná při stavbě nového potrubí pod městy, silnicemi nebo pozemky, které nemohou být poškozeny. Další nevýhodou je hloubka uložení, které je více méně povrchové.



Obr. 1.20 Ukládání potrubí do výkopu

Zdroj: amiantit.eu

1.9.2 Ražením tunelu – v současnosti nejvíce používané

TBM - Tunnel Boring Machine

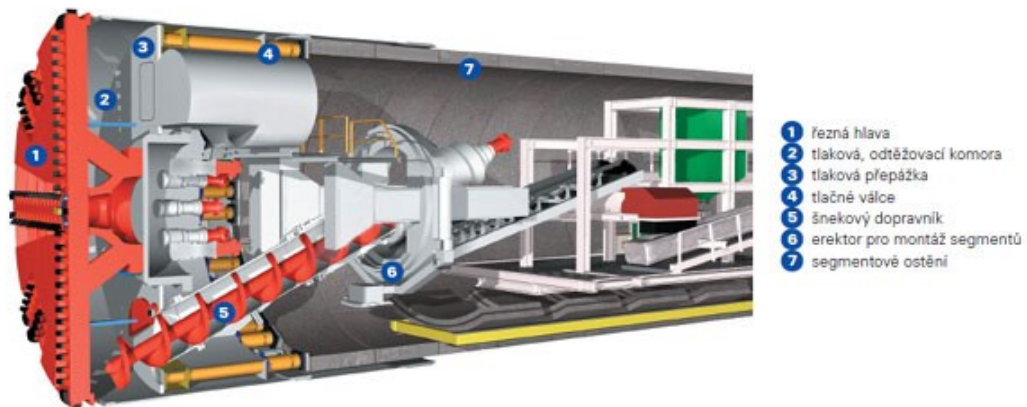
Tato tunelovací metoda používá tzv. razící štíty (obr.1.21). Tyto štíty slouží k ražení tunelů v nejrůznějších materiálech od písku až po tvrdou skálu. Tento stroj je schopen vrtat tunel od průměru 1 metru až do 19,25 metru.

Výhodou této metody je omezení propadu půdy v místě vrtání tunelu. Další výhodou jsou hladké stěny, čímž se snižují náklady na vybudování tunelu a hlavně, není nutné otevírat zemi na povrchu a tím ji poškodit.

Nevýhodou tohoto typu ražení jsou veliké náklady na výrobu vrtacích štítů a jejich složitá přeprava, avšak ceny v tomto odvětví stále klesají z důvodu častého využití této metody.

Tato metoda se dělí podle vrtaného materiálu:

- 1) Tvrdá hornina
 - TBM se štítovým pláštěm,
 - TBM bez štítového pláště.
- 2) Poloskalní hornina nebo zemina
 - APB – štít s volným čelem,
 - EPB – štít s vyrovnáním tlaku zeminou,
 - BPB – štít s bentonitovou emulzí.



Obr. 1.21 TBM - Tunnel Boring Machine

Zdroj: casopisstavebnictvi.cz

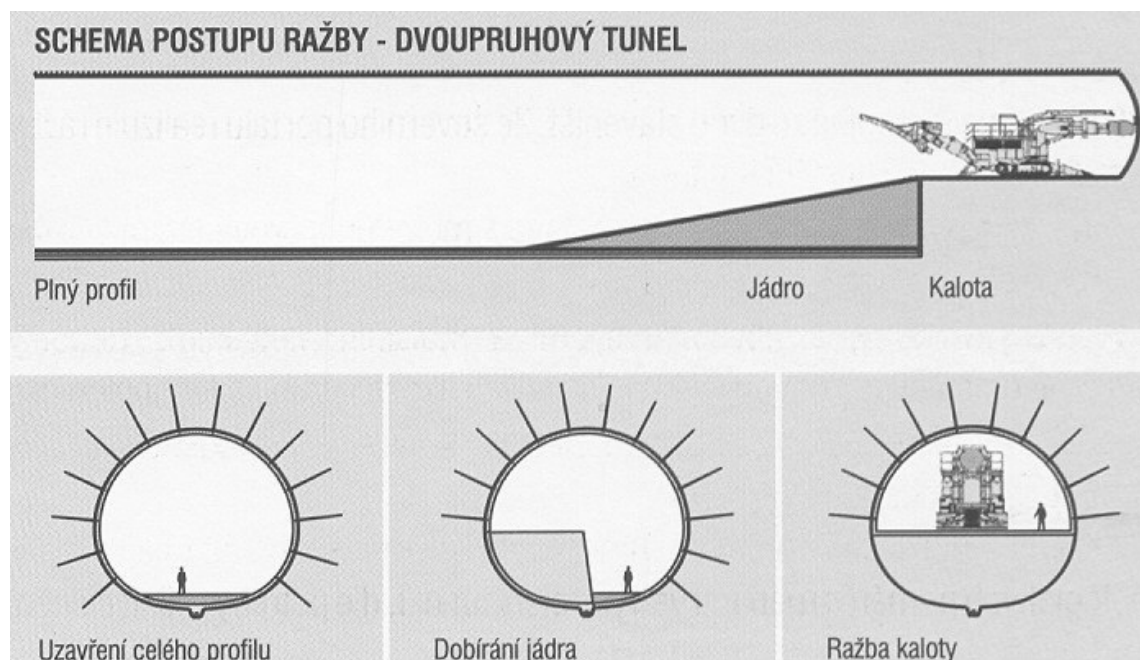
Nová rakouská tunelovací metoda - NRTM

Princip této metody (Příloha CH, obr. 1.22) spočívá v tom, že se nerazí celý profil tunelové trouby na jednou. Tunelování probíhá po částech a díky tomu lze postupovat rychleji a také lze využít horninu jako nosný prvek.

Ostění probíhá ve dvou cyklech.

V prvním cyklu se ostění provádí ihned po razících pracích. K výrubu je přiložena výztuž a na ni je nastříkán beton nebo drátkobeton. Tento první cyklus zajistí stabilitu, ale je zde jako dočasným prvkem, který zde přetrvává v rámci týdnů až měsíců.

Ve druhém cyklu se buduje ostění, které je nejčastěji složeno z železobetonových skořepin. Dalším materiálem může být použit beton nebo prefabrikované díly [24].



Obr. 1.22 Schéma postupu ražby

Zdroj: Tunely Mrázovka

2 Návrhy potrubních systémů pro přepravu materiálů

Jedná se o projekty potrubní dopravy, které jsou ať už ve fázi návrhu, testování či v reálném provozu. Většina níže zmíněných projektů se vyskytuje ve fázi návrhu, avšak Hyperloop se nachází ve fázi testování. Jediným dosud používaným podzemním přepravním systémem je Sumitomo metals pro přepravu vápence. Také jsou níže uvedeny technologie pro přepravu osob, z důvodu možnosti využití těchto poznatků a následné proveditelnosti v rámci dopravy zboží.

2.1 Hyperloop

Tento projekt spočívá v přepravě osob a materiálu v kapslích (obr 2.1), které budou vedeny na magnetických kolejkách tunelem (Příloha I), kde bude energie dodávána pomocí lineárních motorů. V tunelu bude udržováno parciální vakuum. Tato kapsle se také bude pohybovat na vzduchových polštářích, které vytvoří pod kapslí přidaný kompresor. Kompresor však bude mít ještě jeden úkol a to ten, že bude odsávat přebytečný vzduch před kapslí, aby se nevytvořil tlak v potrubí a nezpomaloval tak cestování. Rozmezí mezi jednotlivými kapslemi je od 30 sekund do 2 minut. Tento koncept přepravy by měl být rychlejší než přeprava leteckou dopravou, ale jeho využití by bylo pouze na krátké vzdálenosti, zhruba do 1600 km, pak již podle Muska nemůže Hyperloop konkurovat dopravě letecké.

Prvotní návrh přišel v roce 2013 a zahrnoval i trasu spojující Los Angeles s oblastí San Francisko Bay Area. První výpočty ukazovali, že cestu dlouhou 570km urazí za 35 minut. Přepravní rychlost měla být 1000 km/h. Maximální rychlost by se měla pohybovat okolo 1300 km/h. Cena tohoto návrhu se pohybovala v rámci 7,5 miliard dolarů (přibližně 165 miliard Kč). Tato cena je podle mnohých nerealisticky nízká. Reálná cena Hyperlooppu podle odborníku na finance se pohybuje okolo 100 miliard dolarů (přibližně 2,2 bilionu Kč).

Pro představu, by cesta z Brna do Prahy měla trvat pouhých 15 minut, ale tento projekt by oproti rychlovlakům zkrátil cestování jen o pár minut.

Soupravy lze dělit podle přepravy materiálu. Bude zde možnost přepravovat kapaliny, sypané materiály, EURO palety, kontejnery a jiné.

Tato technologie v přepravě osob a materiálu má obrovský potenciál. Klasický model v praxi je, když firma musí kooperovat s jinou firmou. Jedna firma sídlí v České republice a druhá ve Francii. Pokud na danou kooperační operaci bude využitý nákladní automobil, vrátí se za několik dní (15 hodin cesta tam, 15 hodin cesta zpátky plus kooperační operace). S propojením těchto firem pomocí potrubní dopravy při rychlostech 1000 km/h, vyjde cesta tam a zpátky na 2 až 2,5 hodiny plus kooperační operace. Je to nesmírná úspora v čase přepravy.

To stejné si můžeme ukázat na více příkladech jako je zelenina, ovoce a ryby. Hlavně u potravin podléhajících rychlé zkáze nebo u potravin mražených či chlazených [25][26][27][28].



Obr. 2.1 Hyperloop Cargo kapsle

Zdroj: Hybrid

2.2 TransPod

Další firmou sídlící v Kanadě, která vyvíjí potrubní dopravu na principu Hyperloopu je **TransPod** (obr. 2.2). Jedná se o transport potrubím za pomoci vakua. Tato technologie byla vyvinuta před 100 lety k dosažení ultra vysokých rychlostí přepravy. V roce 1914 Boris Weinberg publikoval v knize model, který sám postavil. Dalším průkopníkem byl Robert Goddard, který vytvořil podobný koncept. Po jeho smrti byly patentovány navrhnuté vakuové pumpy, které redukují tlak vzduchu v tunelu.

Firma sídlící v Kanadě představila prototyp své kapsle a její finální designový koncept. Do roku 2020 hodlá mít k dispozici hotovou kapsli a mezi lety 2020 – 2025 spustit první trať. Tato firma se také zabývá vývojem jiných vysokorychlostních dopravních prostředků.

Technologie TransPod má za cíl vysokorychlostní osobní dopravu, která překračuje schopnosti vysokorychlostních železnic a konvenčních vlaků. Dále překračuje rychlost letadel leteckých společností, závislých na fosilních palivech. Dalším cílem je úspora času pro cestující, kteří nemusí svou cestu plánovat dlouho předem. Důležitým aspektem je také snížení závislosti na fosilních palivech, emise skleníkových plynů a celkové snížení dopravy a následnému zahlcení dálnic mezi velkými městy [29].



Obr. 2.2 Kapsle TransPod

Zdroj: techbox.dennikn.sk

2.3 Swissmetro

O přepravu potrubní dopravou se jako první v Evropě začali zajímat ve Švýcarsku (Příloha J). V roce 2004 byla uskutečněna řada výzkumů a testů na proveditelnost této dopravy. Hlavním cílem tohoto projektu bylo zkrátit dobu přepravy mezi důležitými lokacemi, jako jsou letiště, průmyslové zóny, velká města a jiné. Hlavním impulsem pro tento projekt byla nedostačující kapacita železniční dopravy, i přes další velké investice.

Swissmetro by bylo schopné přepravit stejnou kapacitu zboží, jako průměrná motorová jednotka na kolejích. Intervaly mezi jednotlivými soupravami by byl od 5 do 10 minut. Potrubí mělo být vedeno pod zemí, v hloubce od 10 do 50 metrů o průměru 6,5 metru. Hloubka uložení závisela na geologii a podzemní vodě.

Mezi hlavní výhody projektu Swissmetro patří velké přepravní rychlosti, které dosahují rychlosti až 600km/h (např. cestováním mezi Curychem a Ženevou autem trvá průměrně 3 hodiny, kdežto Swissmetrem by tato cesta byla zkrácena na půl hodiny), dále minimální hlučnost a ekologické zatížení. Další nespornou výhodou je fakt, že potrubní systém byl projektován na řídký vzduch a nikoli úplné vakuum a tím by se ušetřilo mnoho financí na odčerpávání vzduchu.

Nevýhodou systému Vactrains jsou bez pochyby finance na výstavbu a údržbu systému. Také do nevýhod můžeme zahrnout proniknutí vzduchu do odvzdušněného systému při nakládce nebo vykládce zboží. Problém s pronikáním vzduchu do potrubí by byl do jisté míry eliminován třemi hermeticky uzavíratelnými rampami.

Tento projekt byl v roce 2009 zastaven, z důvodů malé podpory a rozhodnutí přejít na model evropských vysokorychlostních železnic [28][30].

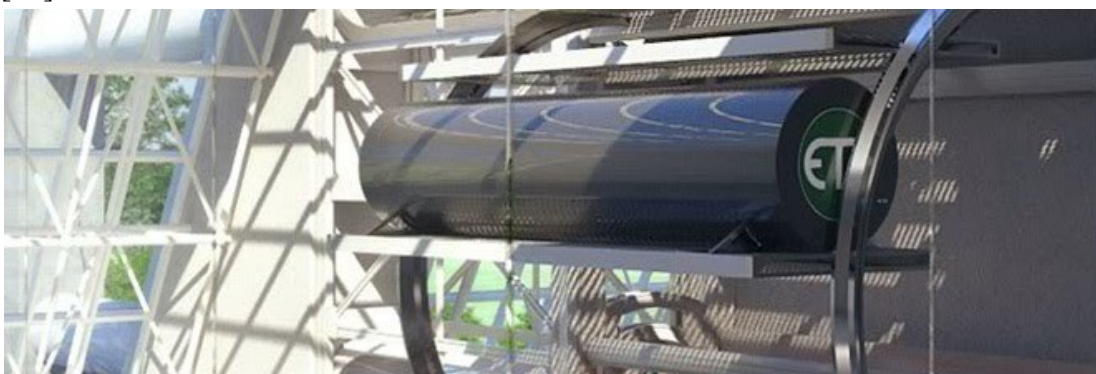
2.4 Evacuated Tube Transport - ET3

Globální aliance ET3 byla založena v USA a zavedla technologii Evacuated Tube Transport (ETT). Nově vzniklá technologie se podobá Swissmetru, avšak místo vlaku se využívá kapslí (obr. 2.3 a Příloha K,L), které mají v průměru 1,5 m. Takové kapsle by mohly dosáhnout rychlosti od 600 km/h až po 6 500 km/h. Velice ambiciózním plánem společnosti ET3 je celý svět propojit pomocí této technologie.

Takový systém by značně urychlil cestování na velké vzdálenosti a bylo by například možné urazit trasu New York – Peking za necelé 2 hodiny. Maglev, který se běžně využívá k levitaci tunelových vlaků, by měl minimální výdej energie, jelikož mají kapsle této technologie velmi nízkou hmotnost (prázdná kapsle váží 183 kg). Podle sdružení ET3 je výstavba technologie levnější variantou než klasická stavba dálnice nebo vysokorychlostní železnice. Počítá se stavbou dráhy v tunelu, držící pomocí sloupů nad zemí. Díky tomu by výstavba byla jednodušší, jelikož by se podařilo eliminovat úpravu terénu na zemi.

Princip cestování by spočíval v nastoupení osob do kapslí ve stanicích. Automatizovaným systémem by došlo k přesunu do přetlakové komory, kde by se po dobu 29 sekund odstranil veškerý vzduch. Následně by došlo k přesunu do tunelu, aby kapsle s cestujícími mohla pokračovat až do konečné destinace.

Hlavním problémem tohoto způsobu dopravy je politika. Například v USA aliance ET3 cílí na investory a zájemce, aby přesvědčily své kongresmany o novém způsobu dopravy [28].



Obr. 2.3 Kapsle ET3

Zdroj: nextbigfuture.com

2.5 Podzemní Logistický Systém Schiphol (OLS)

Celkový koncept podzemního logistického systému kombinuje ekonomické a ekologické výhody. Mezi ekonomické aspekty patří ničím nerušená automatizovaná doprava, která je oddělena od dopravy silniční. Nižší ekologické dopady jsou zajištěny dopravou pod zemí a použitím elektrické energie. Také snížení hluku, vizuálního znečištění, emisí a zvýšení dopravní bezpečnosti patří ke kladným aspektům této technologie. Nevýhodou je však vysoká investice a dlouhá doba realizace.

V 90. letech 20. století byl vytvořen projekt pro podzemní nákladní dopravu na letiště Schiphol (Ondergronds Logistiek System Schiphol). Bylo předpokládáno, že projekt bude funkční v roce 2005, avšak projekt selhal. Nicméně, analýza neúspěchu může vést k prohloubení informací a implementaci do jiných budoucích projektů.

Technologie by mohla být alternativou:

1. V městských oblastech za účelem zajištění pošty, maloobchodu, kanceláří a spotřebitelů. Tato přeprava se týká nákladních jednotek o velikosti palety. Tato aplikace byla zkoumána v nizozemských městech Utrecht, Leiden a Tilburg, dále v Tokiu a Londýně.

2. Mezi průmyslovými komplexy, logistickými centry a terminály (letištní a přístavní). Jedná se o přepravu palet a námořních kontejnerů. Příkladem je již výše zmíněna OLS Schiphol doprava.

3. Sběru nebo přepravy zemědělských produktů, rud a pevných látek na velké vzdálenosti. Za tímto účelem byly vyvinuty potrubní kapsle aplikované v Japonsku, USA a bývalém SSSR.

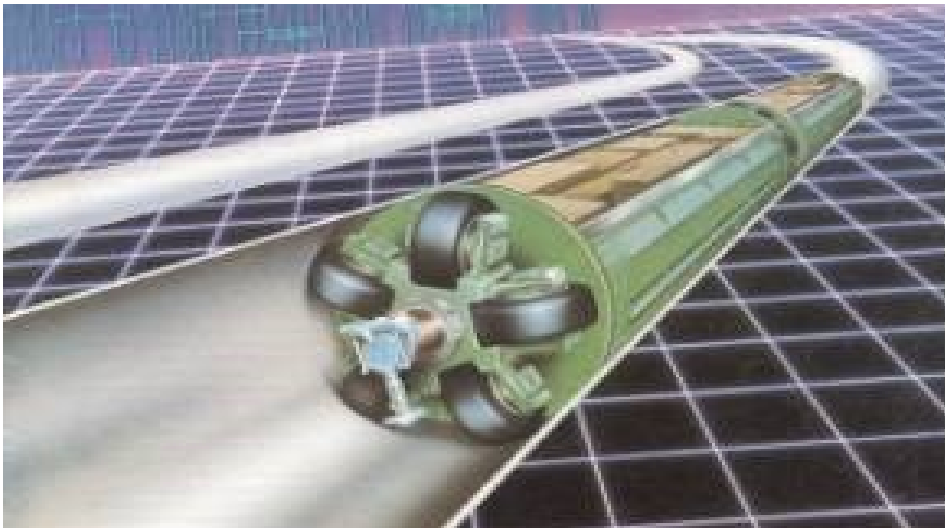
4. Přepravy námořnických kontejnerů. Tato studie byla provedena v USA, ale nebyla zavedena do praxe [31][32].

2.6 Sumitomo metals

Tento již realizovaný projekt v Japonsku, který slouží na přepravu vápence je odrazovým můstkem dalších projektů ve světě. Tato revoluční přeprava zajišťuje dopravu vápence na vzdálenost 35 km a je ukázkou ekologicky šetrné cesty pro přepravu materiálu. Tato přeprava je v provozu od roku 1983 v Tochigi Pref. Průměr potrubí je 1m. Jeden kontejner uveze až 1,6 tuny.

Princip je jednoduchý. Kontejnery (Příloha M) jsou opatřeny bantamovými koly, kterých je pět a vedou kontejner potrubím. Pohon kontejneru je zajištěn malým tlakem vzduchu (na jeden kontejner připadá 0,7 kWh na 1 km), takže k přepravě nám stačí ventilátory. Kontejnery jsou spojeny v tzv. kontejnerovém vlaku po třech.

Celý tento proces je na celé své trase monitorován počítačem a tím se stává celá přeprava plně automatizovaná. Tato doprava je i velice bezpečná, protože není téměř možnost, aby se dva vlaky jedoucí za sebou střetly. Je to díky vzduchovému polštáři mezi kontejnery. Čím více se dva kontejnerové vlaky přibližují, tím více stlačují vzduch mezi sebou a tím první kontejnerový vlak zpomaluje ten druhý. V tomto případě dva vlaky na stejné trase nejezdí [1].



Obr. 2.4 Sumitomo metals

Zdroj: canadianconsultingengineer.com

2.7 Cargo Sous Terrain

Švýcarsko vyvíjí plán na výstavbu podzemního robotického systému (Příloha N) pro přepravu “euro” palet, ISO kontejnerů, přepravních boxů, jednotlivých položek, volně vloženého nákladu nebo i sypkých či tekutých materiálů. Důvodem je obrovské přepravované množství materiálu po tamních železnicích a silnicích. Za rok 2015 bylo přepraveno 28,3 bilionů tunokilometrů (tkm). Železnice z tohoto množství přepravila 10,8 bilionů tkm a silnice 17,5 bilionů tkm. Tyto hodnoty však každým rokem narůstají a je zapotřebí najít jiné řešení.

První úsek by mohl spojit města Härkingen a Curych (67 km). Tato výstavba by stála něco okolo 86,5 miliard Kč, z toho 71 % této částky padne na výstavbu tunelu. Projekt počítá s deseti nakládacími a vykládacími uzly, které propojí výrobní, skladovací, distribuční místa v okolí měst.

V tomto projektu je počítáno s výstavbou tří tunelů o průměru 6 m položených v hloubce 50 m pod zemí. Dva ze tří tunelů budou sloužit na přepravu materiálu, vždy v daném směru. Třetí tunel bude sloužit jako servisní tunel. Servisní tunel je určen pro údržbu, opravy nebo řešení závad.

Je zde však ještě jedna alternativa, a to, že zde bude čtvrtý tunel, který bude menší, než tunely pro přepravu palet. Tento tunel bude složit na přepravu malých balíků a zásilek.

Pohon robotických vagonů bude zajištěn elektromotory. Energie zde bude předávána bezdrátově pomocí elektromagnetické indukce.

Přepravní rychlost se bude pohybovat okolo 30 km/h. Menší kapsle na přepravu menších zásilek bude dosahovat rychlosti až 60 km/h. Tato přeprava bude zajištěna 24 hodin 7 dní v týdnu.

Do tohoto projektu vstoupil Hyperloop s jejich technologií, která spočívá v přepravě materiálu v kapsli, díky energii z elektromagnetického urychlovače a odčerpání vzduchu z potrubí. V projektu Hyperloop by přeprava měla dosahovat rychlostí v rámci stovek kilometrů za hodinu [33][34].

3 Hodnocení proveditelnosti potrubní dopravy a návrh distribučních systémů

Praktická část diplomové práce je zaměřena na návrh propojení měst Olomouc - Prostějov - Přerov jedním plně automatizovaným centrálním skladem, ze kterého se bude náklad dále expedovat do těchto měst potrubní dopravu, odkud budou následně rozváženy k zákazníkům. Pro určení místa skladu využiji metodu těžiště. Vstupní hodnoty jsou určení poloh měst a počet vykládek silniční dopravy (SD) v Olomouckém kraji (obr. 3.1).



Obr. 3.1 Mapa Olomouckého kraje

Zdroj: Vlastní zpracování

3.1 Návrh na propojení měst Olomouc – Prostějov - Přerov centrálním skladem s využitím potrubní nebo tunelové dopravy

Návrh řeší způsob dopravy zboží do centrálního skladu, který byl určen metodou těžiště. Transport do centrálního skladu bude zajištěn silniční a železniční dopravou za použití technologie Hub and Spoke a Cross Docking. Vzhledem ke snížení dopadu na životní prostředí, tvorbu CO₂ a nevyužití kapacity železnic je preferována doprava železniční. Po příjezdu zboží do areálu centrálního skladu bude vyloženo a dále umístěno na výtah, který zboží sveze do podzemních prostor a zde bude naloženo na automaticky řízené vozíky, vozíky určené pro úzkorozchodnou dráhu nebo do kapslí a dále transportováno po dráze určené vybranou metodou. Po příjezdu vozíku/kapsle do distribučních center ve městech, budou automaticky vyloženy a naskladněny nebo dále tříděny či rovnou expedovány. Dalším krokem bude expedice zboží k zákazníkům, která bude zajištěna elektromobily Streetscooter a rozvezeno na příslušná místa. Stejný princip bude fungovat i opačným směrem, kdy ve městech bude zboží přijato na sklad, expedováno do centrálního skladu a železniční nebo silniční dopravou odvezeno dále.

Další vizí může být vytvoření více centrálních skladů po celé ČR a propojit je železnicí nebo přímo potrubní či tunelovou dopravou.

3.2 Výpočet návrhu polohy centrálního skladu

V této části diplomové práce se budu věnovat výpočtu a umístění centrálního skladu, ze kterého bude dále pokračovat tok materiálu a zboží do měst.

3.2.1 Vstupní údaje pro výpočet polohy skladu

Před určením umístění skladu jsem vyhledal GPS souřadnice měst a vykládky jednotlivých měst silniční dopravy v tisících tunách za jeden rok (Tabulka 3.1).

Tabulka 3.1 Vstupní údaje pro výpočet polohy skladu

Město	Souřadnice x	Souřadnice y	Počet obyvatel (2021)*	Přibližné vykládky SD v tis. tun (2019) ** q
Olomouc	49,59	17,25	100 514	5939
Prostějov	49,47	17,11	42 451	2575
Přerov	49,45	17,45	43 381	2529

* Zdroj: [www.czso.cz] ** Zdroj: [www.sydos.cz]

3.2.2 Výpočet polohy skladu

Pro výpočet polohy skladu jsem použil metodu těžiště (Tabulka 3.2).

Tabulka 3.2 Výpočet polohy skladu

Města	x_i	y_i	q_i	$x_i * q_i$	$y_i * q_i$
Olomouc	49,59	17,25	5939	294515,01	102447,75
Prostějov	49,47	17,11	2575	127385,25	44058,25
Přerov	49,45	17,45	2529	125059,05	44131,05
Suma	148,51	51,81	11043	546959,31	190637,05

$$x = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i * q_i}{\sum_{i=1}^3 q_i} = \frac{294515,01 + 127385,25 + 125059,05}{5939 + 2575 + 2529} = \frac{546959,31}{11043} = 49,53$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^3 y_i * q_i}{\sum_{i=1}^3 q_i} = \frac{102447,75 + 44058,25 + 44131,05}{5939 + 2575 + 2529} = \frac{190637,05}{11043} = 17,26$$

Pomocí výpočtu metody těžiště jsem určil GPS souřadnice centrálního skladu $x=49,53$ a $y=17,26$. Tato souřadnice odpovídá lokalitě obcí Tážaly / Blatec (Obr. 3.2, 3.3).

Souřadnice $x = 49,53$ Souřadnice $y = 17,26$



Obr. 3.2 Poloha skladu

Zdroj: Vlastní zpracování

3.3 Analýza infrastruktury

3.3.1 Silniční infrastruktura

Poblíž centrálního skladu, který byl určen výpočtem výše, se nachází dálnice D35. Dálnice propojuje města Ostrava, Olomouc, Prostějov, Vyškov a Brno.

Olomouc

Městem prochází silnice R/35 a I/55 ve směru Hradec Králové – Mohelnice – Olomouc- Přerov – Břeclav. Silnice R/35, R/47 a I/46 propojuje města Nový Jičín – Hranice na Moravě – Olomouc – Prostějov – Brno. Silnice I/44 prochází Mohelnicí, Zábřehem na Moravě, Jeseníkem a vede k hranicím s Polskem. Silnice I/46 propojuje města Olomouc – Bruntál – Opava [35].

Přerov

Městem prochází silnice I. třídy (I/47, I/55 a I/35). Silnice I/55 vede přes Přerov do Olomouce. Ve městě se větví I/47 do Lipníka nad Bečvou a následné napojení I/35 do Hranic. Ze silnic II. třídy je důležitá II/150, vedoucí přes Prostějov – Přerov – Bystřici pod Hostýnem. Na jednotlivých koncích města je dálnice D1, která zatím není přes město propojena [35][36].

Prostějov

Důležitým silničním koridorem je dálnice D46, na jihu vede dálnice D1 se silnicí I/47. S dálnicí D46 se křížuje silnice II/150, vedoucí do Přerova a Bystřice pod Hostýnem [35].

3.3.2 Železniční infrastruktura

Dalším významnou dopravní cestou je vedení železnice Olomouc – Prostějov. Významnou železniční tepnou je také Přerov, který je propojený železnicí s Olomoucí.

Železniční koridory pro níže uvedená města:

- **I. koridor** – Německo – Praha – Česká Třebová – Brno – Břeclav – Rakousko / Slovensko
- **II. koridor** – Polsko – Ostrava – Přerov – Břeclav – Česká Třebová / Rakousko
- **III. koridor** – Německo – Plzeň – Praha – Česká Třebová – Přerov – Ostrava – Polsko / Slovensko [37]

Olomouc

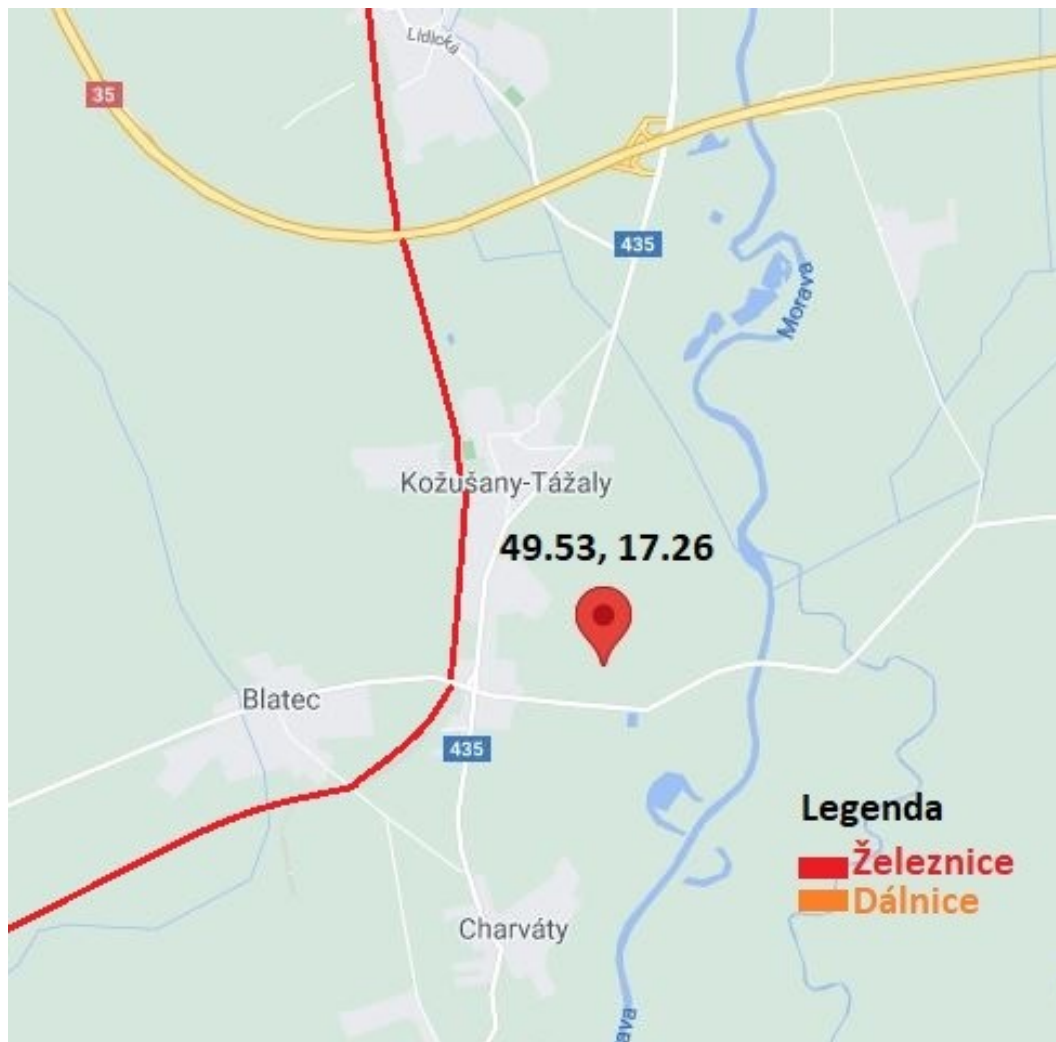
Je univerzitním městem v České republice a k roku 2021 zde žije 100 514 obyvatel. Město se vyskytuje na hlavní železniční trati a jsou vypravovány přímé spoje do Prahy, Brna, Ostravy a Zlína. Městem vede dvoukolejná trať Z České Třebové do Ostravy. Úsek Česká Třebová – Přerov je spojovací větev I. a II. železničního koridoru a je součástí III. železničního koridoru z Chebu přes Plzeň, Prahu, Pardubice a Českou Třebovou do Přerova a Ostravy. Železnice je zcela zásadním dopravním koridorem pro olomouckou metropoli [38][39].

Přerov

Město se rozkládá na obou březích řeky Bečvy jihovýchodně od města Olomouc. K roku 2021 žije ve městě 42 451 obyvatel. Jedná se o významnou dopravní evropskou křižovatku silniční i železniční dopravy. Železniční stanice je součástí II. rychlostního koridoru ČD a VI. evropského železničního koridoru. Kromě vnitrostátních spojů jsou vypravovány přímé spoje do Vídně, Budapešti, Varšavy, Krakova, Katowic, Košic aj [40].

Prostějov

Je městem, které se nachází jihozápadně od Olomouce a žije zde 43 381 obyvatel (rok 2021). Železničním koridorem je trasa Olomouc – Prostějov – Nezamyslice, která v Nezamyslicích navazuje na páteřní trať Brno – Přerov [39].



Obr. 3.3 Poloha skladu

Zdroj: Vlastní zpracování

3.4 Ceny ražby

Cenu výstavby/ražby tunelu (Tabulka 3.3) nebo potrubí je dle uvedených dat zhruba 3 mil. eur na 1 km. U silniční dopravy v hustě zabydlených aglomeracích se částka pohybuje okolo 20 mil. Eur na 1 km. Uvedená data jsou vzhledem ke studovanému oboru Logistika a tématu diplomové práce pouze orientační a jsou získána na základě dostupných informací [41][42].

Vzhledem k umístění centrálního skladu, jsem vypočítal orientační náklady na ražbu tunelů/potrubí pro jednotlivá města. Uvedené náklady na ražbu tunelu jsou pouze orientační a vypočítané dle dostupných dat.

Umístění skladu (x49.53 y17.26) → Olomouc (x49.59 y17.25)

Určená vzdálenost výše uvedených míst je zhruba 6,5km vzdušnou čarou. Po vynásobení určené vzdálenosti a nákladů na výstavbu za 1km, jsem určil hodnotu nákladů na 19,5 mil. eur.

Umístění skladu (x49.53 y17.26) → Prostějov (x49.47 y17.11)

Určená vzdálenost výše uvedených míst je zhruba 12km vzdušnou čarou. Po vynásobení určené vzdálenosti a nákladů na výstavbu za 1km, jsem určil hodnotu nákladů na 36 mil. eur.

Umístění skladu (x49.53 y17.26) → Přerov (x49.45 y17.45)

Určená vzdálenost výše uvedených míst je zhruba 16km vzdušnou čarou. Po vynásobení určené vzdálenosti a nákladů na výstavbu za 1km, jsem určil hodnotu nákladů na 48 mil. eur.

Celkové náklady na ražbu a výstavbu tunelů/potrubí se odhadují na 103,5 mil. eur.

Tabulka 3.3 Hodnoty pro výpočet ceny ražby

Město	Vzdálenost skladu a města (v km)	Přibližná cena za výstavbu (v mil. eur)
Olomouc	6,5	19,5
Prostějov	12	36
Přerov	16	48
Suma	34,5	103,5

3.5 Hloubka a způsob ražby tunelu

Hloubka ražby tunelu závisí na více faktorech. Důležité je si uvědomit, jakým terénem budeme razit potrubí nebo tunel. Musíme brát v úvahu řeku, spodní vodu a složení půdy, kudy bude ražena cesta, obydlené aglomerace, sklepy, podzemní garáže apod. Také záleží na možnostech dnešních technologií pro ražení tunelů.

Dosud zveřejněné odborné články uvádí, že u malopřůměrových tunelů o průměru 160 – 200 cm je potřebná hloubka pro ražení 5 – 20 m. Tunelovat se bude tunelovacími frézami s protlačovací hydraulikou. Pro ražbu tunelu o průměru 600 cm je potřebná hloubka 20 – 50 m [41][42].

3.6 Výběr vhodného způsobu přepravy

Výběr způsobu přepravy v potrubí nebo tunelu je rozhodující. Je zde pár možných variant, které jsou diametrálně rozdílné. Manipulační jednotkou bude EURO paleta (viz. Kap. 3.7).

První možností způsobu přepravy tunelovou dopravou jsou automaticky řízené vozíky. Tyto vozíky je možno vézt pomocí indukční navigace, kde dráha bude definována vodičem nebo reflexní páskou. Další informace budou vozíku předávány na cestě díky RFID kódům.

Druhou možností je využití lineárního motu a parciálního vakua v potrubní dopravě. Tato přeprava však je ještě ve vývoji a není možné určit její náklady na výstavbu a provoz. Dále nemůžeme určit její spolehlivost. Její nespornou výhodou jsou vysoké přepravní rychlosti, které nebudou využity na tak krátké přepravní trase, která je popsána v této diplomové práci.

Třetí možností vhodné přepravy je úzkorozchodná dráha. Náklady na výstavbu nejsou příliš vysoké, ale při tomto druhu přepravy je potřeba více manipulačních úkonů pro nakládku a vykládku zboží z vozíku, oproti automaticky řízeným vozíkům, které si zboží sami naloží již v centrálním skladu a sami přesunou zboží do distribučních center.

3.7 Manipulační jednotka a balení

Jako přepravní a manipulační jednotku je zvolena europaleta, která je nejrozšířenější a nejpoužívanější. Vzhledem k normovaným rozměrům je nejlépe využitelná celým procesem logistických systémů.

Díky své vhodné manipulaci lze EURO paletu využít v železniční i silniční dopravě a následně ji lze použít pro potrubní nebo tunelovou dopravu. Všechny výše zmíněné projekty tunelové nebo potrubní přepravy typu Cargo Sous Terrain (Kap. 2.7), jsou dimenzované na tento typ přepravní a manipulační jednotky (obr. 3.4).



Obr. 3.4 Vozík Cargo Sous Terrain

Zdroj: Cargo Sous Terrain

3.8 Centrální sklad

V areálu centrálního skladu budou vedeny železniční terminály a kamionové dorazy, uzpůsobené k automatizované nakládce a vykládce zboží. Veškeré zboží bude přepravováno na EURO paletách.

Zásilky z centrálního skladu směřované do měst

Po vykládce se zboží roztřídí dle daného města a přesune se k potrubní dopravě jednotlivých měst do podzemních prostor pomocí výtahů. Každý směr potrubní nebo tunelové dopravy bude mít dva své výtahy. Zboží v podzemí bude naloženo na potrubní nebo tunelovou dopravu a bude transportováno do distribučních center jednotlivých měst.

Zásilky směřované z měst do centrálního skladu

Po příjezdu zboží potrubní nebo tunelovou dopravou dojde k přesunu do výtahu a vyvezení do centrálního skladu. Zde bude zboží tříděno dle krajů, nakládáno na danou dopravu (železniční nebo silniční) a expedováno.

3.9 Distribuční centrum

Zásilky z centrálního skladu směřované do měst

Zboží, doručené na městské distribuční centrum, bude dále směřovat třemi různými toky.

Prvním tokem je naskladnění zásilek a jejich výdej, jako je tomu na výdejních místech. Jednalo by se o výdejní místo, kam si mohou finální zákazníci objednat menší balíčky. Po přijetí na sklad si zákazník může přijít vyzvednout svoji zásilku, která mu bude vydána na základě kódu např. v SMS, který zadá do terminálu a poté bude zboží vydáno plně automaticky do rukou zákazníka.

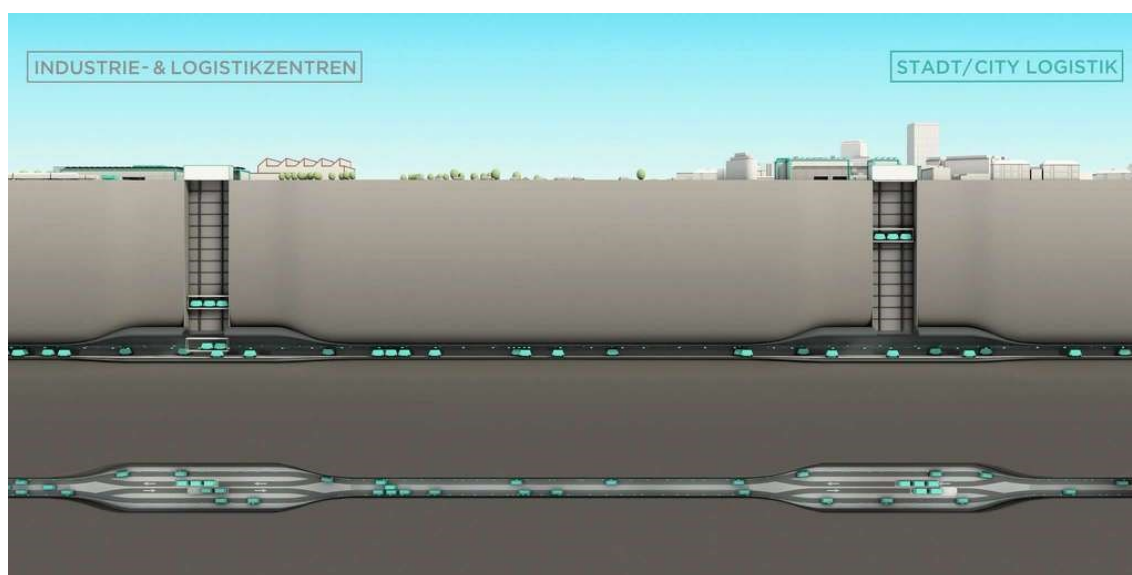
Druhým tokem zboží bude využití technologie Hub and Spoke, kdy do distribučního skladu dorazí zboží a bude zde tříděno. Expedice proběhne elektromobily k finálním zákazníkům.

Třetím tokem je technologie Cross Docking. Po tom, co dorazí zboží na sklad, bude dále tříděno podle požadavků zákazníka a elektromobily doručeno do maloobchodů, odkud bude dále prodáváno finálním zákazníkům.

Zásilky směřované z měst do centrálního skladu

Velké zásilky směřované do centrálního skladu bude možné svézt do distribučního centra na objednávku elektromobilu, který zásilku vyzvedne a doveze do distribučního centra.

Menší zásilky typu balíku bude možno donést na terminál, kde bude zásilka převzata a dále tříděna dle daného místa doručení. Zásilky budou baleny podle požadovaného místa doručení, které se budou dělit podle krajů a dále expedovány do centrálního skladu potrubní nebo tunelovou dopravou. Zabalené zásilky se následně roztřídí dle okresů a naloží na železniční nebo silniční dopravu.



Obr. 3.5 Projekt přepravy Cargo Sous Terrain

Zdroj: Hybrid

3.10 City logistika

V rámci city logistiky budou využity elektromobily k rozvozu zboží z distribučního skladu k zákazníkům. Dle objednávek budou elektromobily svážet zboží do distribučního skladu. Důraz je kladen na snížení produkce oxidu uhličitého při provozu vozidla a snížení nákladů na přepravu.

Níže je uvedena tabulka 3.4 a výpočty pro porovnání elektromobilu (StreetScooter) a klasického poštovního auta s naftovým motorem (Peugeot Boxer).

Tabulka 3.4 Porovnání parametrů vozidel

	Peugeot Boxer**	StreetScooter WORK Box***	StreetScooter WORK L Box***	StreetScooter WORK XL***
Objem nákladového prostoru v m ³	8 - 17	4,3	8	20
Maximální zatížení (kg)	1525	720	905	1275
Dojezd (nádrž/nabití v km)	900	205	187	200
Výkon v kW	88	48	48	90
Spotřeba	10l/100km	20kWh/100km	23kwh/100km	38kWh/100km
Produkce CO ₂ za rok na vozidlo (tuny)*	6,6	0	0	0
Spotřeba pohonných hmot za rok na vozidlo*	2496 litrů	4992 kWh	5740 kWh	9485 kWh
Cena za pohonné hmoty v Kč na 100km	299	96,6	111	184

*při přepravě 6 dní v týdnu, 80km denně

** Zdroj <https://www.peugeot.cz/>

*** Zdroj [21]

K datu 12. 5. 2021 je cena za 1 litr motorové nafty 29,90 Kč.

Zdroj [<https://www.mbenzin.cz/>]

K datu 12. 5. 2021 je cena za 1 kWh 4,83 Kč. Zdroj [<https://www.energie123.cz/>]

3.10.1 Výpočet najetých km/rok

Počet týdnů v roce * počet přepravních dnů * Počet najetých km za den = Ujeté km za rok

$$52 * 6 * 80 = 24960$$

Za rok tedy jedno nákladní auto pošty najede **24 960 km**.

3.10.2 Výpočet spotřeby pohonných hmot za jeden rok

Spotřeba motorové nafty za jeden rok na jedno vozidlo.

Celkové kilometry za rok * Spotřeba motorové nafty na 1 km
= Spotřeba motorové nafty za 1 rok

$$24960 * 0,1 = 2496$$

Jedno poštovní auto spotřebuje za rok **2496 litrů motorové nafty** při spotřebě 10 litrů na 100 km.

Spotřeba elektrické energie za jeden rok na jedno vozidlo (StreetScooter WORK Box).

Celkové kilometry za rok * Spotřeba el. energie na 1 km
= Spotřeba el. energie za 1 rok

$$24960 * 0,2 = 4992$$

Jedno poštovní auto StreetScooter WORK Box spotřebuje za rok **4992 kWh el. energie** při spotřebě 20 kWh na 100 km.

Spotřeba elektrické energie za jeden rok na jedno vozidlo (StreetScooter WORK L Box).

Celkové kilometry za rok * Spotřeba el. energie na 1 km
= Spotřeba el. energie za 1 rok

$$24960 * 0,23 = 5740$$

Jedno poštovní auto StreetScooter WORK L Box spotřebuje za rok **5740 kWh el. energie** při spotřebě 23 kWh na 100 km.

Spotřeba elektrické energie za jeden rok na jedno vozidlo (StreetScooter WORK XL Box).

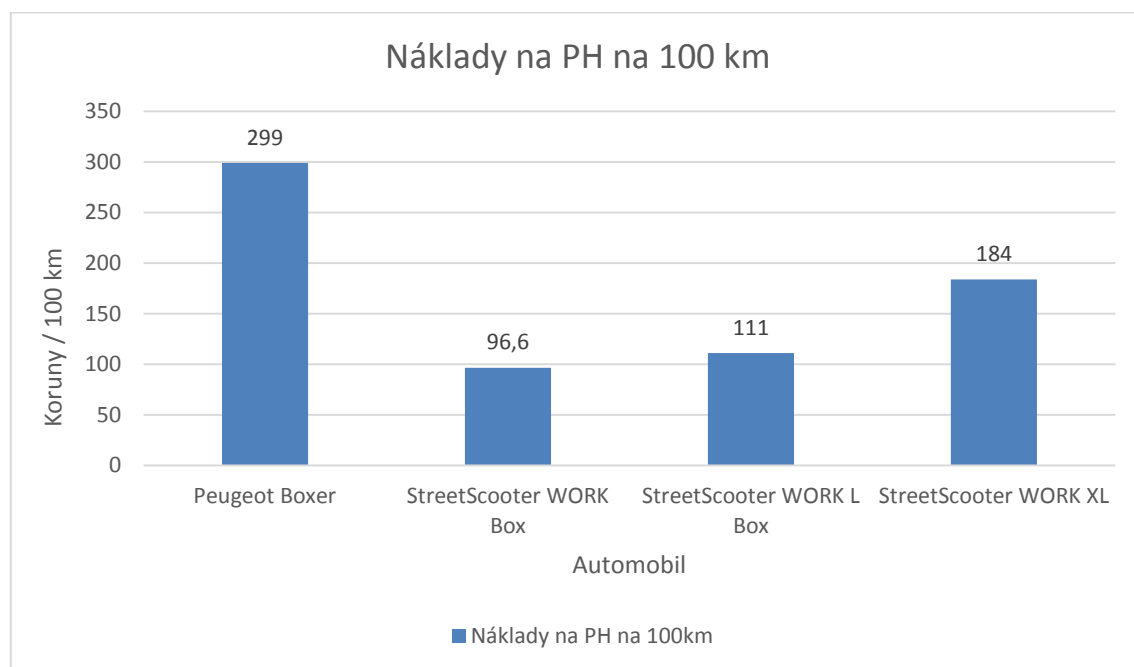
Celkové kilometry za rok * Spotřeba el. energie na 1 km

= Spotřeba el. energie za 1 rok

$$24960 * 0,38 = 9485$$

Jedno poštovní auto StreetScooter WORK XL Box spotřebuje za rok **9485 kWh el. energie** při spotřebě 38 kWh na 100 km.

3.10.3 Výpočet nákladů na pohonné hmoty vozidla na 100 km (graf 3.1)



Graf 3.1 Náklady na PH na 100 km

Cena za pohonné hmoty naftového motoru v Kč na 100 km

Spotřeba litrů na 100 km * cena 1 litru nafty = Cena za pohonné hmoty na 100 km

$$10 * 29,90 = 299$$

Cena za provoz naftového motoru při spotřebě 10 litrů na 100 km je **299 Kč**.

Cena za pohonné hmoty elektro motoru v Kč na 100 km

Spotřeba kWh na 100 km * cena 1 kWh = Cena za pohonné hmoty na 100 km

$$20 * 4,83 = 96,6$$

Cena za provoz elektro motoru StreetScooter WORK Box při spotřebě 20 kWh na 100 km je **96,6 Kč**.

Cena za pohonné hmoty elektro motoru v Kč na 100 km

Spotřeba kWh na 100 km * cena 1 kWh = Cena za pohonné hmoty na 100 km

$$23 * 4,83 = 111$$

Cena za provoz elektro motoru StreetScooter WORK L Box při spotřebě 23 kWh na 100 km je **111 Kč**.

Cena za pohonné hmoty elektro motoru v Kč na 100 km

Spotřeba kWh na 100 km * cena 1 kWh = Cena za pohonné hmoty na 100 km

$$38 * 4,83 = 184$$

Cena za provoz elektro motoru StreetScooter WORK XL Box při spotřebě 38 kWh na 100 km je **184 Kč**.

3.10.4 Výpočet produkce CO₂ naftového motoru za jeden rok na jedno vozidlo

„1 litr nafty váží 835 gramů, obsahuje 86,2% uhlíku, což odpovídá 720 gramům uhlíku v každém litru nafty. Pro spálení 1 litru nafty je třeba 1920 gramů kyslíku. Vzniklý oxid uhličitý se tedy rovná součtu 720 gramů uhlíku a 1920 gramů kyslíku. Což je 2640 gramů CO₂ z jednoho spáleného litru nafty [43].“ (obr. 3.6)

$$\boxed{\text{kombinovaná spotřeba}} \quad [\text{litr}/100 \text{ km}] \quad * \quad \frac{\boxed{\text{množství oxidu}}}{\mathbf{100}} \quad \frac{\boxed{\text{uhličitého uhlíku}}}{\mathbf{100}} \quad [\text{g}] \quad = \quad \boxed{\text{průměrné emise}} \quad \text{CO}_2 \quad [\text{g}/\text{km}]$$

<i>druh paliva</i>	<i>množství oxidu uhličitého vzniklého při spálení 1 litru paliva [g]</i>
<i>nafta</i>	2640
<i>benzín</i>	2390
<i>LPG</i>	1660
<i>CNG</i>	2666

Obr. 3.6 Množství oxidu uhličitého při spalování

Zdroj [43]

Celkově spotřebované litry za rok * 2,64 kg CO₂ na 1 liter nafty

$$2496 * 2,64 = 6\,589$$

Jedno poštovní auto vyprodukuje za rok **6,6 tun CO₂**.

4 Zhodnocení návrhu

Jak bylo zmíněno v kapitole 3, byla vybrána tři města a na základě metody těžiště bylo zvoleno optimální místo pro výstavbu centrálního skladu. V blízkosti míst centrálního skladu se nachází dálnice a železniční trať, které jsou vhodné pro dopravu do centrálního skladu pomocí kamionové a primárně železniční dopravy. Autor dále vybral přepravu mezi centrálním skladem a distribučními centry pomocí autonomních vozíků, které budou zajišťovat tok zboží.

Potrubní doprava za pomoci magnetické levitace a parciálního vakua není v běžném provozu aplikována. Není tedy možné přesně určit, jaké budou náklady na výstavbu, provoz a jiné.

Jako manipulační jednotka byla vybrána EURO paleta, z důvodu univerzálního využití ve všech dopravních odvětvích. Hlavní výhodou těchto palet jsou normované rozměry a vzhledem ke své nosnosti jsou kompatibilní k maximálnímu možnému zatížení autonomních vozíků a vybraných elektromobilů. Právě díky normovaným rozměrům těchto palet je možné využít speciální automaticky řízené vozíky na přepravu těchto palet.

Hlavní výhodou automatizace celého logistického procesu od nakládky v centrálním skladě, přes přepravu do distribučních center, až po zaskladnění či přímé nakládky zboží do elektromobilů je snížení nákladů na provoz, chybovost lidského faktoru a zvýšení efektivity a rychlosti přepravy.

Hlavním kritériem v kapitole 3.10 bylo snížení produkce oxidu uhličitého. Dle výpočtů uvedených v tabulce v kap. 3.10 byla porovnána produkce oxidu uhličitého (CO₂) u elektromobilu oproti motorům naftovým. Produkce CO₂ u naftových motorů byla 6 600 kg za 1 rok při pracovním nasazení 6 dní v týdnu a 80 km denně. Průměrná spotřeba naftového motoru byla stanovena na 10 litrů na 100 km. Oproti tomu mají elektromobily nulovou produkci oxidu uhličitého při provozu vozidla.

Dalším důležitým kritériem bylo snížení přepravních nákladů na přepravu. Při porovnání ceny pohonných hmot jsou náklady největšího elektromobilu nižší (184 Kč na 100 km), než u přepravy naftovým motorem (299 Kč na 100 km).

Závěr

Tato diplomová práce se zaměřuje na proveditelnost přepravy zboží mezi centrálním skladem a distribučními centry potrubní nebo tunelovou dopravou. Také se zabývá snížením produkce oxidu uhličitého a snížením provozních nákladů na přepravu.

Teoretická část diplomové práce shrnuje rozdělení a funkci inženýrských sítí. V této části také zmíněna potrubní pošta. Dále se zabývá vhodnými přepravními systémy a byla definována city logistika a její technologie pro efektivní transport zboží.

V další části teorie byly popsány návrhy potrubních systémů pro přepravu osob nebo nákladu. Jednotlivé projekty jsou ve fázi vývoje, testování či v běžném provozu.

V praktické části se diplomová práce zabývá určením centrálního skladu za pomoci metody těžiště. Dále je zde popsán princip Hub and Spoke a Cross Docking a jsou tyto technologie zapracovány do praktické části. Dalším bodem práce byl výpočet nákladů na pohonné hmoty a produkce oxidu uhličitého u vybraných vozidel. Posledním bodem praktické části je zhodnocení celého návrhu.

Použitá literatura

- [1] STRAKOŠ, Vladimír. *Podzemní doprava zboží v Evropě*. Podklady pro projekt proveditelnosti. VŠB Ostrava, 2011.
- [2] BERÁNEK, Josef a spol. *Inženýrské sítě* [online]. 2005. Brno: Vysoké učení technické - fakulta stavební [cit. 2021-3-12]. Dostupné z: [http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BP51-Inzenyrske%20site%20\(V\)/M01-Inzenyrske%20site.pdf](http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BP51-Inzenyrske%20site%20(V)/M01-Inzenyrske%20site.pdf)
- [3] MIKŠOVSKÝ, Tomáš. PETROLMEDIA. *Český systém ropovodů je jedinečným technologickým dilem*. Petrol.cz [online]. 2016 [cit. 2021-3-25]. Dostupné z: <https://www.petrol.cz/aktuality/cesky-system-ropovodu-je-jedinecnym-technologickym-dilem-6993>
- [4] SZOPLIK, Jolanta. *The Gas Transportation in a Pipeline Network* [online]. Szczecin: West Pomeranian University of Technology, 2012, 21 [cit. 2021-4-06]. Dostupné z: doi:10.5772/36902
- [5] HEMERKA, Jiří. *Teoretické základy pneumatické dopravy* [online]. Praha: Fakulta strojní ČVUT v Praze, 2017 [cit. 2021-4-07]. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz/~vybirpav/Pneumaticka%20doprava/PD%20verze2017.pdf>
- [6] *Principy pneumatické dopravy* [online]. [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <http://www.rayman.cz/index.php?a=stranka&m=3&s=43&lan=cz>
- [7] MATUŠINSKÝ, Jakub. *Potrubní pošta z pohledu požární bezpečnosti* [online]. Ostrava, 2018 [cit. 2021-4-9]. Dostupné z: http://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/128290/MAT0281_FBI_B3908_3908R006_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita.
- [8] BESTA, Petr. *Porovnání jednotlivých druhů dopravy* [online]. [cit. 2021-4-10]. Dostupné z: <https://www.techportal.cz/download/e->

noviny/enlog/porovnani_jednotlivych_druhu_dopravy.pdf. Vysoká škola báňská - Technická univerzita.

- [9] HLAVOŇ, Ivan a kol. *Dopravní a spojová soustava*. Přerov: Vysoká škola logistiky, 2010. ISBN 978-80-87179-12-3
- [10] CEMPÍREK, Václav, 2007. *Technologie ložných a skladových operací*. Pardubice: Institut Jana Pernera. ISBN 978-80-86530-36-9.
- [11] GROS, Ivan, BARANČÍK, Ivan a Zdeněk ČUJAN, 2016. *Velká kniha logistiky*. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [12] Ryck, De M., Versteijhe, M., and F. Debrouwere 2019. *Automated guided vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques*. [Dokument] Bruges, Belgie, 2019.
- [13] Ullrich, Günter. 2015. *Automated Guided Vehicle Systems, A Primer with Practical Applications*. Voerde : Springer, 2015. 978-3-662-44813-7.
- [14] LETKO, Vojtěch. *Nechte se svézt autonomními vozíky do světa Průmyslu 4.0* [online]. 2020 [cit. 2021-4-10]. Dostupné z: <https://www.aimtecglobal.com/aimagazine/nechte-se-svezet-autonomnimi-voziky-do-sveta-prumyslu-4-0/>
- [15] OBERHEL, Hynek. *Železnice - jak vznikl rozchod kolejí 1435 mm?* [online]. 2018 [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: <https://www.lomyatezba.cz/2018/2018-1/item/848-zeleznice-jak-vznikl-rozchod-koleji-1435-mm->
- [16] ETEL. *ETEL* [online]. [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <http://www.etel.ch/cz/linearni-motory/princip/>
- [17] TVRDOŇ, Leo, BAZALA, Jaroslav a kol.. *City logistika* [online]. 2017 [cit. 2021-4-21]. Dostupné z: https://www.dlprofi.cz/log/onb/33/city-logistika-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eluk3A1jA9RsjcMVF_BLZcI/
- [18] ČUJAN, Zdeněk a kol. *Logistika a telematika*. Přerov: VŠLG, 2013. ISBN 978-80-8717929-1, s. 159.

- [19] CEMPÍREK, Václav a Hana CÍSAŘOVÁ. *City Logistika a její možnosti*. EnviWeb [online]. Brno: EnviWeb, 2018, 2013 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/94526>
- [20] VOŽENÍLEK, Vít a Vladimír STRAKOŠ. *City logistics – dopravní problémy města a logistika*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, 193 s. ISBN 978-80-244-2317-3, s 117.
- [21] *Electro mobility* [online]. 2019 [cit. 2021-4-15]. Dostupné z: <https://www.dpdhl.com/en/media-relations/specials/electro-mobility.html>
- [22] *Europaleta EPAL* [online]. [cit. 2021-4-16]. Dostupné z: <https://cz.epal-pallets.org/nosice-nakladu/europaleta-epal>
- [23] *Europal Tůmovka* [online]. [cit. 2021-4-16]. Dostupné z: <http://www.europal.cz/ke-stazeni/>
- [24] *Tunnel Boring Machine (TBM)*. RailSystem [online]. [cit. 2021-4-18]. Dostupné z: <http://www.railssystem.net/tunnel-boring-machine-tbm/>
- [25] *Hyperloop one* [online]. 2021 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://hyperloop-one.com/>
- [26] *Hyperloop Alpha* [online]. 58 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: https://www.tesla.com/sites/default/files/blog_images/hyperloop-alpha.pdf
- [27] ZHOU, Diana. *A Look Inside a New Mode* [online]. 2018, 5 [cit. 2021-3-10]. Dostupné z: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/trnews/trnews314hyperloop.pdf>
- [28] HLAVA, Petr. *Vactrain - nevyužitá alternativa* [online]. Praha, 2014 [cit. 2021-4-15]. Dostupné z: https://cena-dekana.fd.cvut.cz/prezentace/7_rocnik/hlava/prace.pdf. Cena děkana Fakulty dopravní. ČVUT.

- [29] JANZEN, Ryan. *TransPod Ultra-High-Speed Tube Transportation: Dynamics of Vehicles and Infrastructure* [online]. 2017 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2017.09.142
- [30] *SwissMetro-NG* [online]. [cit. 2021-4-18]. Dostupné z: <https://www.swissmetro-ng.org/>
- [31] STRAKOŠ, Vladimír. *OLS (Underground Logistic Systém – Podzemní Logistický Systém) Schiphol*. Podklady autora.
- [32] WIEGMANS, Bart W. et al. *Review of underground logistic systems in the Netherlands: an ex-post evaluation of barriers, enablers and spin-offs* [online]. 2010 [cit. 2021-4-20]. ISSN 1825-3997. European Transport - Trasporti Europei.
- [33] *Cargo Sous Terrain* [online]. [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: <https://www.cst.ch/>
- [34] GROHMANN, Jan. *Švýcarsko buduje podzemní nákladní dopravu*. Hybrid [online]. 2016 [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/cargo-sous-terrain-svycarsko-buduje-podzemni-dopravni-syste>
- [35] TKADLČÍKOVÁ, Petra. *Analýza dopravní infrastruktury v Olomouckém kraji* [online]. 2010 [cit. 2021-4-05]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/13851/tkadl%C4%8D%C3%ADkov%C3%A1_2010_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [36] PIVODOVÁ, Jana. *Silniční doprava* [online]. 2008 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.prerov.eu/cs/o-prerove/doprava-ve-meste/silnicni-doprava.html>
- [37] *Tranzitní železniční koridory*. [online]. [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Drazni-doprava/Zeleznicni-infrastruktura/Tranzitni-zeleznicni-koridory>
- [38] *Železnice v Olomouci*. [online]. 2011 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <http://www.spvd.cz/index.php/olomouc/zeleznice>
- [39] TICHÁČEK, Jan. [online]. 2008 [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/7071/tich%C3%A1%C4%8Dek_

2008_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

- [40] PIVODOVÁ, Jana. *Železniční doprava* [online]. 2013 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.prerov.eu/cs/o-prerove/doprava-ve-meste/zeleznicni-doprava.html>
- [41] TŮMA, Jan. *Jak hodlají inteligentní města řešit zásobování zbožím a potravinami? Technický deník* [online]. 2018 [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: https://www.technickydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/jak-hodlaji-inteligentni-mesta-resit-zasobovani-zbozim-a-potravinami_44962.html
- [42] TŮMA, Jan. *CargoCap ulehčí městům*. Envi Web [online]. 2011 [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/87948>
- [43] SAJDL, Jan. *Výpočet emisí CO₂*. Autolexicon [online]. [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/vypocet-emisi-co2/>

Seznam obrázků

Obr. 1.1 Prosté uložení potrubí do země	5
Obr. 1.2 Uložení potrubí do země s ochranným tělesem	6
Obr. 1.3 Uložení v nadzemní trase (plynovod)	7
Obr. 1.4 Uložení v nadzemní trase (elektrická energie)	7
Obr. 1.5 Síť ropovodů	9
Obr. 1.6 Princip čištění ropovodů	10
Obr. 1.7 Ropovod Družba	10
Obr. 1.8 Síť plynovodů	11
Obr. 1.9 Princip pneumatické dopravy Zdroj: eshop-zemedelske-potreby.cz	12
Obr. 1.10 Kapsle v potrubní poště	13
Obr. 1.11 Laserová navigace	17
Obr. 1.12 Optická a indukční navigace	18
Obr. 1.13 Magnetická navigace	18
Obr. 1.14 Globální poziční systém	19
Obr. 1.15 AGV vozíky	20
Obr. 1.16 Princip magnetické levitace	22
Obr. 1.17 Technologie Hub and Spoke	25
Obr. 1.18 Gateway technologie	26
Obr. 1.19 Cross docking technologie	27
Obr. 1.20 Ukládání potrubí do výkopu	31
Obr. 1.21 TBM - Tunnel Boring Machine	32
Obr. 1.22 Schéma postupu ražby	33
Obr. 2.1 Hyperloop Cargo kapsle	35
Obr. 2.2 Kapsle TransPod	36
Obr. 2.3 Kapsle ET3	38
Obr. 2.4 Sumitomo metals	40
Obr. 3.1 Mapa Olomouckého kraje	42
Obr. 3.2 Poloha skladu	45
Obr. 3.3 Poloha skladu	48
Obr. 3.4 Vozík Cargo Sous Terrain	52
Obr. 3.5 Projekt přepravy Cargo Sous Terrain	54

Seznam zkratek

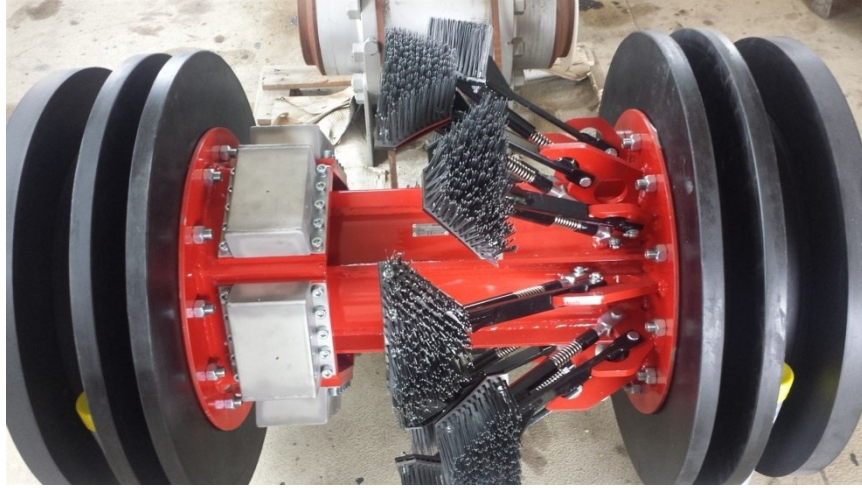
AGV	Automated guided vehicle
CO₂	Oxid uhličitý
EPAL	European Pallet Association
ET3	Evacuated Tube Transport Technologies
GPS	Global Possition System
ISO	International Organization for Standardization
LiDAR	Light Dedection And Ranging
NEDC	New European Driving Cycles
NRTM	Nová Rakouská Tunelovací Metoda
OLS	Ondergronds Logistiek Systém
QR	Quick Response
RFIP	Radio Frequencing Identification
SD	Silniční doprava
TBM	Tunnel Boring Machine
UHF	Ultralight Frequence
UIC	International union of railways

Seznam příloh

Příloha A	Čistící ježek
Příloha B	Redukce tlaku v potrubí
Příloha C	Potrubní pošta
Příloha D	StreetScooter L Box
Příloha E	StreetScooter Work XL
Příloha F	Specifikace EURO palet
Příloha G	Další označení EURO palet
Příloha H	Technické předpisy a normy
Příloha CH	NRTM – Nová rakouská tunelová metoda
Příloha I	Způsob uložení rotoru a statoru
Příloha J	Plán potrubní dopravy - Swissmetro
Příloha K	Cargo kapsle ET3
Příloha L	Trasa potrubní dopravy ET3
Příloha M	Sumitomo metals – naložený materiál
Příloha N	Cargo Sous Terrain – princip přepravy

Přílohy

Příloha A



Zdroj: technet.idnes.cz



Zdroj: athenapowertech.com

Příloha B

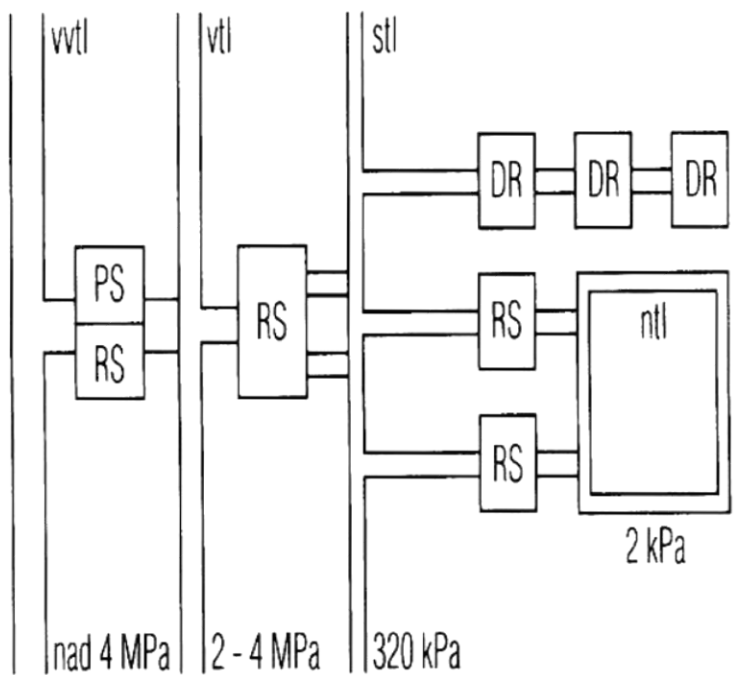


Schéma postupné redukce tlaku
plynu

wvtl – velmi vysoký tlak

vtl – vysoký tlak

stl – střední tlak

ntl – nízký tlak

PS – předávací stanice

RS – regulační stanice

DR – domovní regulátory

Příloha C



Zdroj: cs.wikipedia.org



Zdroj: olomouckadrba.cz

Příloha D



Zdroj: StreetScooter

Příloha E

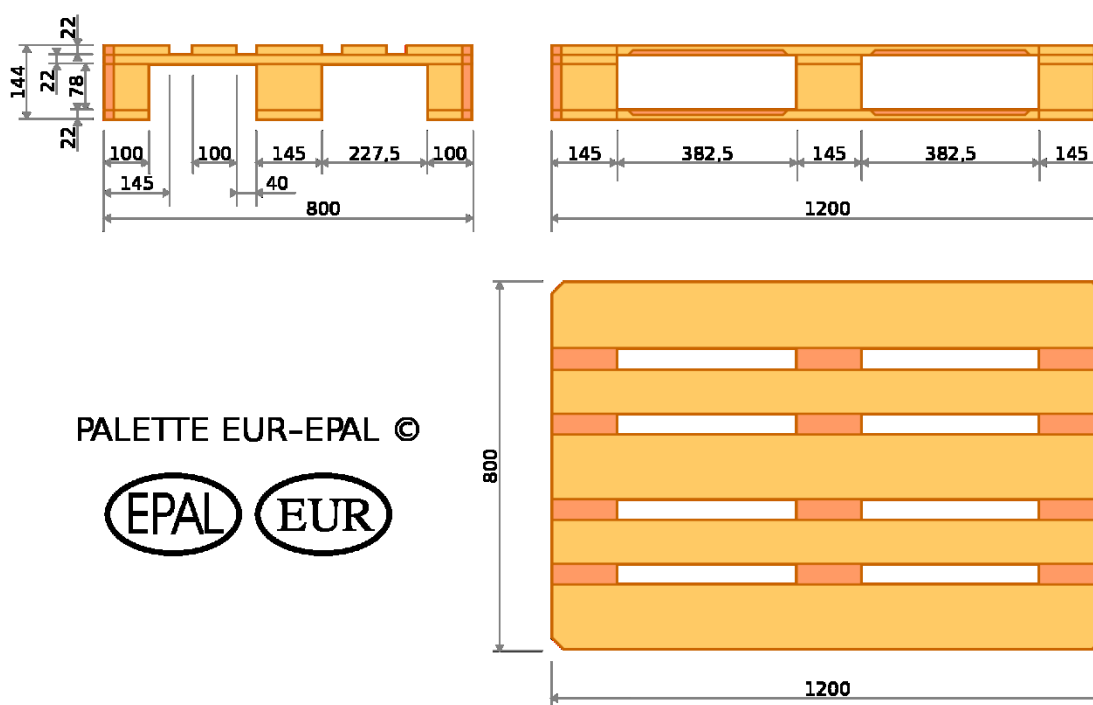


Zdroj: StreetScooter

Příloha F

Desek	11
Hřebíků	78
Špalků	9
Délka	800 mm
Šířka	1 200 mm
Výška	144 mm
Váha	asi 25 kg
Nosnost- nerovnoměrné zatížení ložné plochy	1 000 kg
Nosnost- rovnoměrné zatížení ložné plochy	1 500 kg
Nosnost- Celistvé zatížení ložné plochy	2 000kg
Maximální dodatečné zatížení při stohování	4 000 kg
Vyrobeno v souladu s Technickými předpisy EPAL	

Zdroj [22]



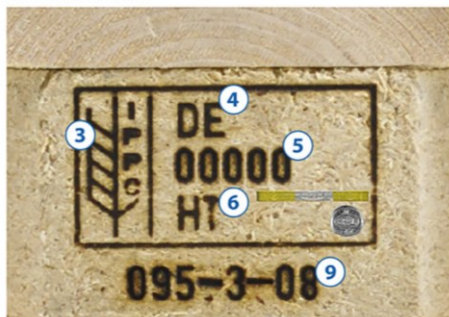
Zdroj [22]

Příloha G

OZNAČENÍ Europalet

- 1/2 Vypálené značky European Pallet Association
- 3 Vypálená značka IPPC v souladu s národními pravidly pro ochranu rostlin (povinné pro palety EPAL od 01/01/2010)
- 4 Číselný kód země
- 5 Registrační číslo odpovědného Úřadu pro ochranu rostlin
- 6 Způsob ošetření (tepelná úprava)
- 7 Kontrolní svorka EPAL (povinná)
- 8 Kontrolní hřebík (pouze pokud se jedná o opravenou paletu EPAL)
- 9 Číslo licence – rok – měsíc [17]

Central block



Left corner block



Right corner block



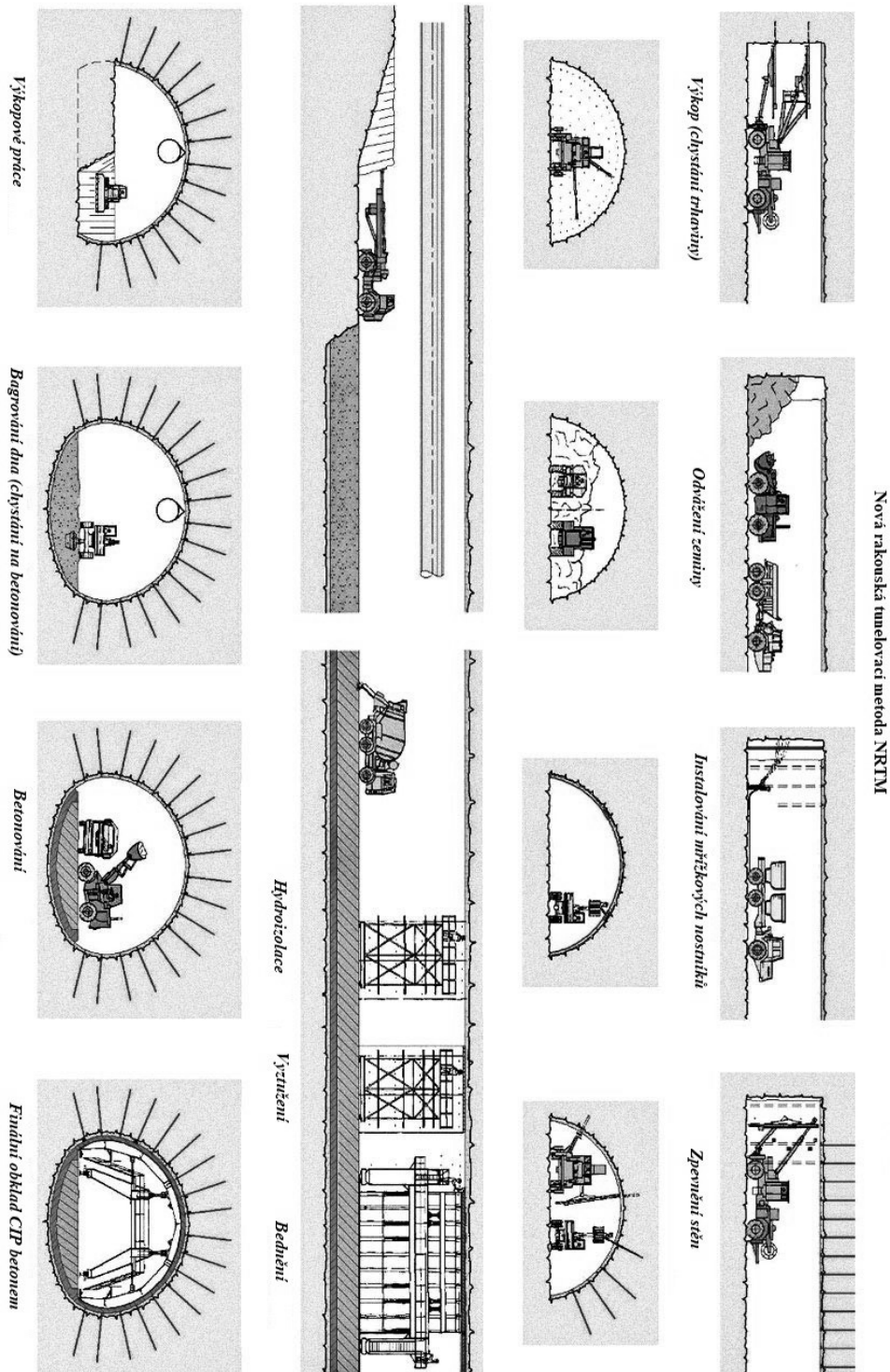
Zdroj: [17]

Příloha H

Technické předpisy a české technické normy týkající se europalet

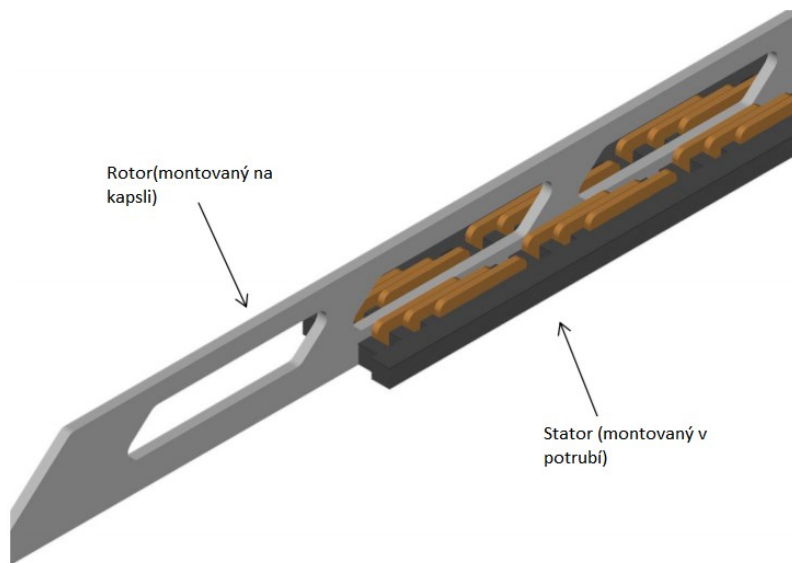
- ČSN 269110 Evropská dřevěná čtyřcestná prostá paleta s rozměry 800 x 1200 mm
- ČSN 260002 Manipulace s materiálem. Názvosloví
- ČSN ISO 445 (269006) Palety pro manipulaci s materiálem. Slovník
- ČSN 269101 Paleta a nástavby palet. Zásady bezpečné manipulace
- ČSN 269102 Palety a nástavby palet. Řady
- ČSN 269104 Nástavby palet. Základní názvosloví
- ČSN 269105 Požadavky na palety pro mezinárodní přepravu
- ČSN 269106 Nástavby palet. Technické požadavky a zkoušení
- ČSN 269107 Opravy prostých a ohradových palet Společná ustanovení
- ČSN EN 13382 (269111) Prosté palety pro manipulaci s materiálem. Základní rozměry
- ČSN 269112 Vratné prosté palety. Technické požadavky a zkoušení
- ČSN 269113 Nevratné prosté palety. Základní parametry
- ČSN 269114 Nevratné prosté palety. Technické požadavky a zkoušení
- ČSN ISO 8611 (269118) Prosté palety. Metody zkoušení
- ČSN 269119 Prosté palety. Pevnostní požadavky
- ČSN EN 13698-2 (269131) Výrobní specifikace palet – Část 1 : Konstrukční specifikace prostých dřevěných palet 800 mm x 1200 mm
- ČSN EN 13698-1 (269131) Výrobní specifikace palet – Část 2 : Konstrukční specifikace prostých dřevěných palet 1000 mm x 1200 mm
- ČSN EN ISO 18613 (269130) Opravy prostých dřevěných palet
- ČSN EN 13545 (269124) Horní konstrukce palet. Nástavné rámy palet. Zkušební metody a požadavky na provedení
- ČSN ISO 12777-1 (269140) Metody zkoušení paletových spojů - Část 1: Stanovení odolnosti paletových hřebíků a spon proti ohybu
- ČSN 269030 Manipulační jednotky - Zásady pro tvorbu, bezpečnou manipulaci a skladování
- ČSN EN 844-3 (490016) Kulatina a řezivo – Terminologie Část 3: obecné termíny vztahující se k řezivu
- ČSN EN 1611-1 (490019) Řezivo – Vizuální třídění jehličnatého dřeva – Část 1: Evropské smrky, jedle, borovice a douglasky
- ČSN 491012 Listnaté řezivo Technické požadavky [18]

Příloha CH

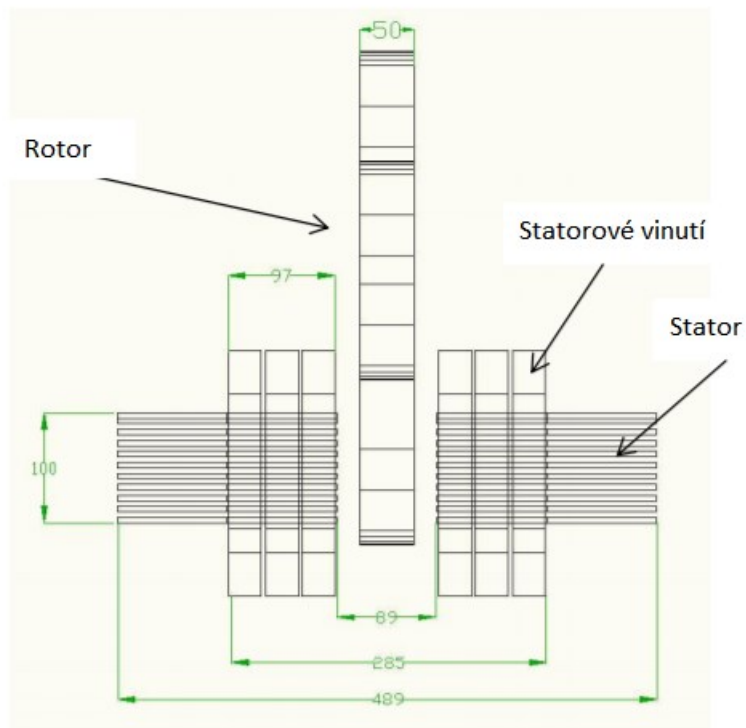


Zdroj: podzemi.solvayovylomy.cz

Příloha I

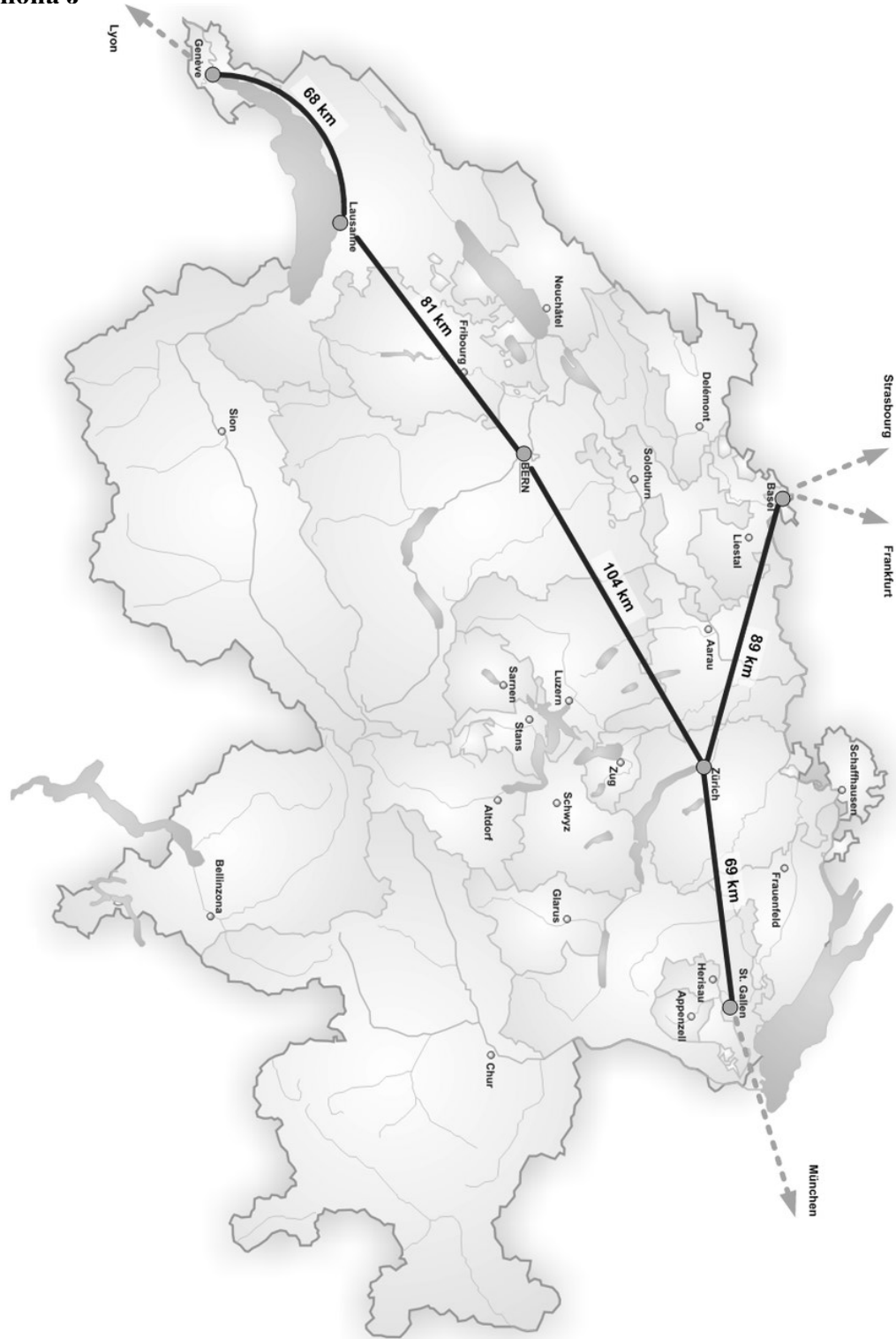


Zdroj: www.spacex.com



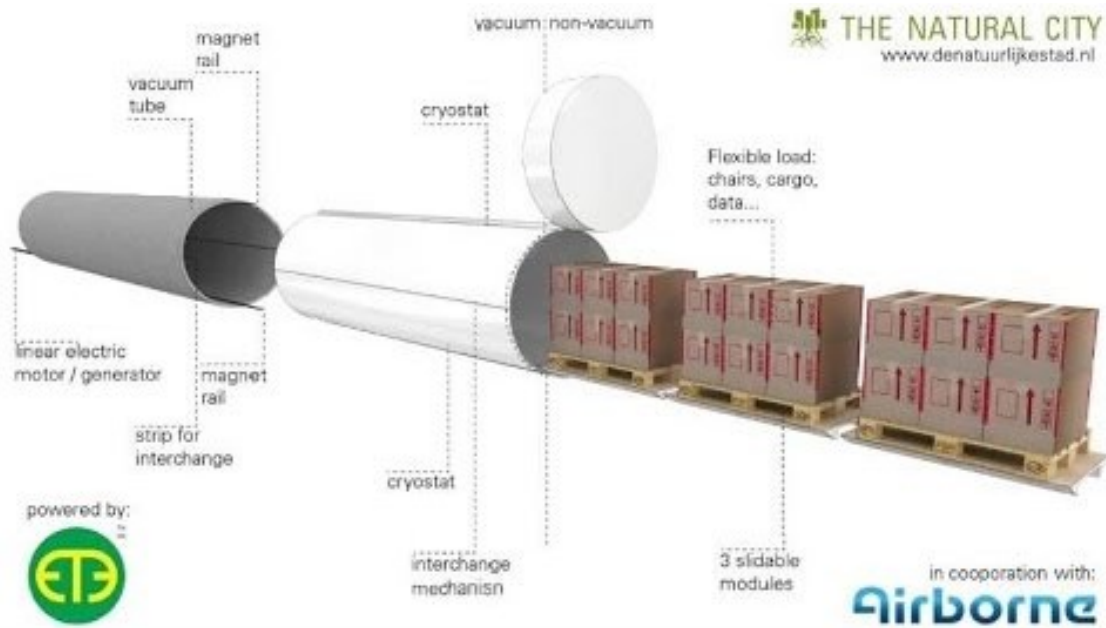
Zdroj: www.spacex.com

Příloha J



Zdroj: cs.wikipedia.org

Příloha K



Zdroj: ETT

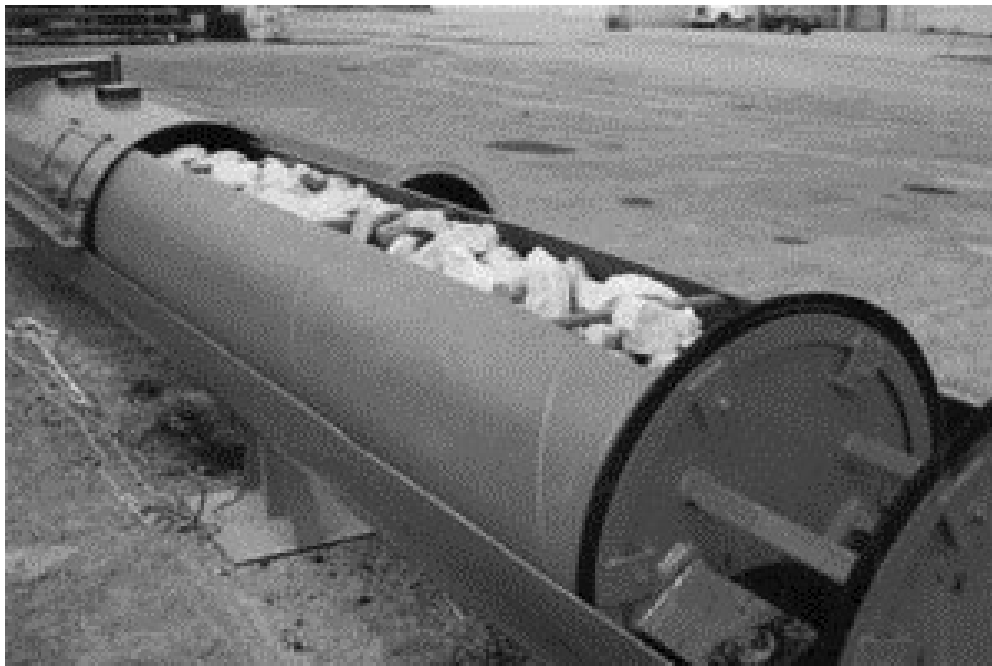
Příloha L



**Značka znázorňující hlavní trať pro mezi kontinentální přepravu
(max. rychlost 6 500km/h)**

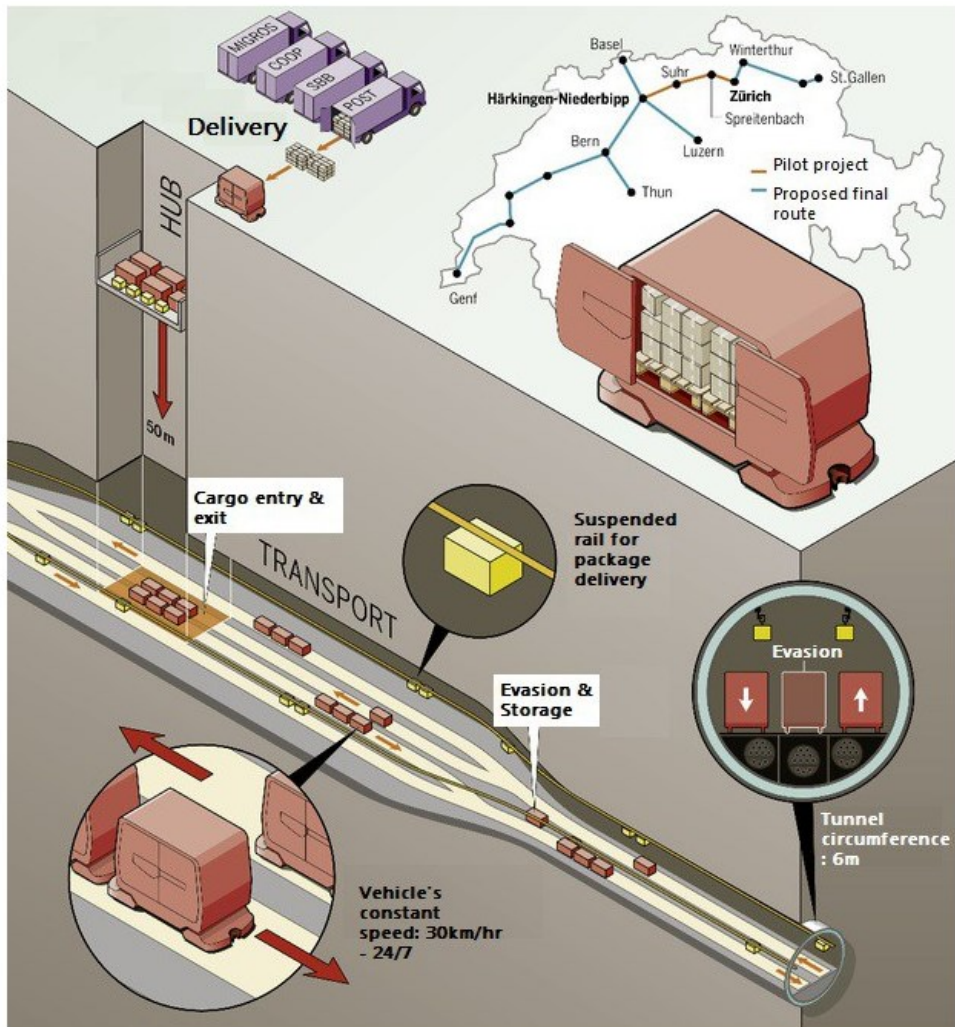
Značka pro vedlejší státní přepravu (max. rychlost 200-600 km/h)

Příloha M



Zdroj: Neznámý

Příloha N



Zdroj: Cargo Sous Terrain

Autor (vypracoval)	Bc. Pavel Kadlčík
Název DP	Potrubní doprava materiálu jako náhrada dopravy kamionové
Studijní obor	LOG
Rok obhajoby DP	2021
Počet stran	62
Počet příloh	15
Vedoucí DP	Prof. Ing. Václav Cempírek Ph.D.
Oponent DP	
Anotace	Diplomová práce se zabývá využitelností potrubní popřípadě tunelové dopravy, jakožto náhrady přepravy kamionové. Potrubní přepravou budou přepravovány balíky, palety i jiné, rozměrnější zásilky. Práce shrnuje základní principy a možnosti potrubní přepravy, ale také již využívané technologie podzemní přepravy materiálů i technologie, které jsou teprve ve fázi vývoje. Navrhuje umístění centrálního skladu pro přepravu zboží do vybraných měst potrubní nebo tunelovou přepravou a city logistiku.
Klíčová slova	Potrubní doprava, city logistika, projekty potrubní přepravy
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	