

1 New York City – projekt experimentálneho nadzemného pneumatického metra z 19. storočia. Zdroj: Rufus Henry Gilbert's Elevated Pneumatic Railway (1880) [online] [cit. 9.01.2019]; <https://www.theartnewspaper.com/news/queens-museum-to-build-new-yorks-unrealised-urban-designsin-miniature>.

HYPERLOOP V KONTEXTE BRATISLAVY

Vladimír Hain, Tomáš Hanáček, Martin Uhrík

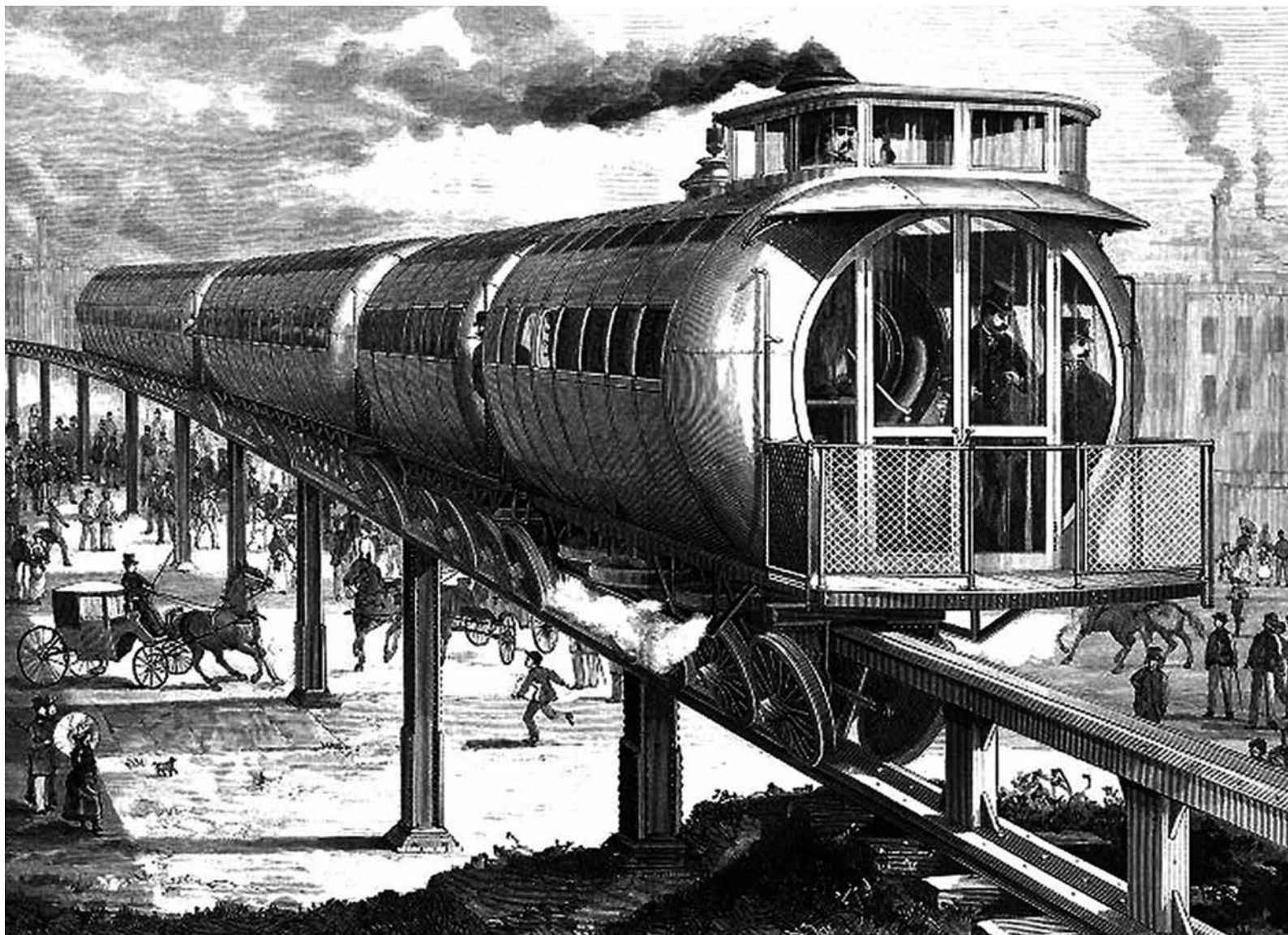
Témam strategického rozvoja dopravných systémov sa v uplynulom období venovala zvýšená pozornosť. Súvisí to nielen s rastom počtu obyvateľstva, zahusťovaním miest, budovaním obchvatu Bratislavy a migračnou krízou. Do veľkej miery to súvisí aj s vývojom inovácií, zvýšeným nárokom na ekologizáciu plánety či strategických plánov ciest do vesmíru. Tento trend oživil niektoré staršie koncepty, na ktoré sa medzičasom pozabudlo, no nastolil aj nové, s ktorými treba počítať v budúcnosti. Jedným z nich je čoraz viac skloňovaný Hyperloop.

Zjednodušene ide o koncept vysokorýchlostného transportného systému založeného na pohybe pretlakových kapsúl v podtlakových rúrkových tuneloch. Kapsuly majú poháňať lineárne indukčné motory, vzduchové kompresory¹ a magnetický urýchľovač. Pohyb kapsúl po vzduchovom vankúši majú zabezpečovať elektromotory na stenách trubice, pričom vzduchový vankúš by vytváral stlačený vzduch a vztlak. Celý dopravný systém by mal pozostávať z dvoch trubíc (jedna pre každý smer) upevnených na stožiaroch.²

Hyperloop je stále vo vývoji, ale má predpoklady ovplyvniť blízku budúcnosť dopravy. Štyri hlavné konvenčné dopravné prostriedky (cestné, vodné, letecké a železničné) prestávajú byť v dnešnej zrýchlenej dobe

efektívne s tendenciou plytvania času, nákladov či nepriaznivým dosahom na životné prostredie. Cestná doprava je pri takomto uhle pohľadu obzvlášť problematická vzhľadom na zvýšený dopyt po automobiloch, kapacitne nevyhovujúcu cestnú infraštruktúru, emisie uhlíka a v neposlednom rade kolísavú cenu ropy. Nástup elektromobilov napreduje pomalým tempom, rieši viac-menej lokálne problémy a krátke vzdialenosti. Preto je hľadanie nových globálnych možností dopravy opodstatnené.

Environmentálne nebezpečenstvá spotreby energie sa naďalej zhoršujú. Hromadný diaľkový tranzit bude v nadchádzajúcich rokoch rozhodujúci. Železničná doprava je relatívne energeticky účinná a ponúka najpriaznivejšiu alternatívu ochrany životného prostredia, ale je priveľmi pomalá a nákladná na masové prijatie. Letecká doprava už narazila na kapacitný strop, čoho príkladom je nedávne samým výrobcom avizované zrušenie výroby najväčšieho dopravného lietadla Airbus A380.³ Vzhľadom na tieto problémy sa Hyperloop snaží dosiahnuť nákladovo efektívny vysokorýchlostný dopravný systém na použitie na nevelkých vzdialenostiach do 2 000 km, ktoré sú pre leteckú dopravu krátke a pre vlakovú či automobilovú dopravu dlhé. Vyslúžil si preto prívlastok „piaty“ typ dopravy.



2 Crystal Palace Pneumatic Railway – projekt a konštrukcia Thomas Webster Rammell, 1864. Zdroj: The Crystal Palace Pneumatic Railway 1864 [online] [cit. 9.01.2019]; <http://www.xenophon.org.uk/cppr.html>.

1. HISTÓRIA PIATEHO TYPU DOPRAVY

Koncept prepravy cestujúcich v pneumatických pretlakových rúrach či tuneloch nie je nový. Má svoje historické kontexty, ktoré môžeme vnímať v súvislosti s rozvojom priemyslu a miest. Prvý svetový patent na prepravu tovaru v skúmavkách bol vydaný ešte v roku 1799 britským strojníkom a vynálezcom Geomom Medhurstom. V roku 1812 Medhurst napísal knihu s podrobnou myšlienkou o preprave cestujúcich a tovaru cez vzduchotesné trubice pomocou leteckého pohonu.⁴ Na začiatku 18. storočia existovali iné podobné systémy, ktoré boli navrhnuté alebo experimentálne odskúšané. Hoci boli všeobecne známe pod pojmom atmosférická železnica, tento termín sa používa aj pre systémy, v ktorých pohon dodáva samostatná pneumatická trubica do samotného vlakového tunela.

Jedným z prvých reálnych aplikačných pokusov v Európe bola Dalkey Atmospheric Railway, ktorá operovala v írskom Dubline v rokoch 1844 až 1854. Ďalšia pneumatická železničná trať Crystal Palace⁵ sa prevádzkovala v Londýne okolo roku 1864 a používala veľké ventilátory s priemerom 22 stôp. Poháňal ich parný stroj. Tunely sú už zničené, ale podľa záznamov linka úspešne fungovala viac ako rok. O pol storočie neskôr,

začiatkom dvadsiateho storočia, vákuové vlaky po prvýkrát podrobne opísal americký priekopník rakety Robert Goddard⁶, čo ovplyvnilo ich ďalší vývoj.

V uvedenom historickom kontexte zrodu priemyselnej revolúcie medzi koncentraciou pracovných síl do miest, hromadným presunom obyvateľstva a súčasným stavom prebiehajúcej informačno-technologickej revolúcie badať isté paralely.⁷ Revízia starých dobrých myšlienok a ich rozvoj sú preto logické a boli len otázkou času. Súčasný koncept Hyperloopu prirodzene nadväzuje na významné vyššie uvedené inovácie. V súvislosti so skoršími návrhmi dopravy s redukovaným tlakom alebo vákuovými hadicami sa zdá, že práve práca Roberta Goddarda mala na jeho rozvoj najväčší vplyv.⁸ (→ 1, 2)

Ďalší americký fyzik, ktorý ovplyvnil vývoj, bol Gerard K. O'Neill. Písal o transkontinentálnych vlakoch s pohonom pomocou magnetického pohonu vo svojej knihe *2081: Nádejný pohľad na ľudskú budúcnosť*. Kniha je pokusom predpovedať budúce technológie v každodennom živote. Vo svojej predpovedi si predstavil vlaky, ktoré používali magnetické levitácie v podzemných tuneloch, v ktorých bol vzduch vákuovaný pre zvýšenie rýchlosti a zníženie trenia. Opísal tiež model prototypu, ktorý redukoval hmotnosť pomocou magnetického



HOW MUSK'S SUPERTRAIN COULD WORK

Rail gun technology
1. Electric current flows up positive rail

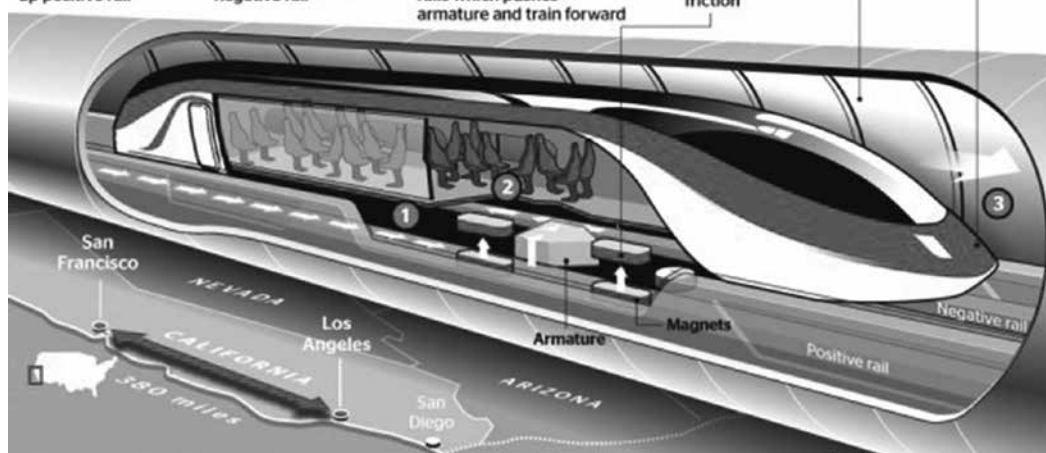
2. Current flows across armature and down negative rail

3. Magnetic force is directed towards end of rails which pushes armature and train forward

Maglev technology levitates the train eradicating rail friction

Reduced air pressure in tunnel cuts wind resistance

Top speed 750mph



- 3 **Návrh študentov z MIT na Hyperloop Elona Muska, ktorý bol následne v roku 2017 úspešne otestovaný.** Zdroj: Hyperloop, MIT (January 30, 2017). MIT Hyperloop Flight Jan 29th 2017 - First Ever Low Pressure Hyperloop Run. Youtube. Retrieved February 1, 2017 [online] [cit. 9.01.2019]; <http://yalibnan.com/2016/01/31/mit-students-win-design-competition-for-elon-musk-hyperloop/>.

pohonu a zvýšením rýchlosti. Nazývali ho masový vodič a bol hlavnou témou v jeho knihe o fikcii vesmírnej kolonizácie *The High Frontier*.⁹ Všeobecná myšlienka vlakov alebo inej dopravy, ktorá prechádza cez vákuové trubice, je teda stará vyše sto rokov. Zatiaľ nebola úspešne dotiahnutá a zavedená do každodennej praxe. Aj keď odvážnych myšlienok inovatívnych spôsobov dopravy i pokusov o realizáciu v tých časoch bolo viac.

Po relatívne dlhej odmlke sa druhá vlna pokusov tubusovej dopravy objavila až o niekoľko ďalších desaťročí neskôr. Dá sa len domnievať, či tento vývoj bol spomalený dôsledkom svetových vojen, rozdelením spoločnosti železnou oponou alebo dominanciou ropného priemyslu. Až na začiatku roka 2000 boli spoločnosti Swissmetro udelené koncesie na spojenie švajčiarskych miest St. Gallen, Zürich, Bazilej a Ženeva. Swissmetro prišlo s návrhom na prevádzkovanie inovatívneho vlaku maglev¹⁰ v nízkotlakovom prostredí. Štúdie komerčnej uskutočniteľnosti dospeli k rozdielnym záverom, a tak nikdy nebol postavený.¹¹ Myšlienku vákuových koridorov využíva aj megalomanský projekt Transatlantického tunela spájajúci Európu so Severnou Amerikou. Projekt však podľa niektorých odborníkov patrí do ríše ďalekej sci-fi,

a preto sa vlakov vactrain¹² alebo maglev obyvatelia Európy ani Spojených štátov dosiaľ ne-dočkali. Európa stále dáva prednosť klasickým koľajovým systémom. Naopak, Čína importujúca najmodernejšie nápady a technológie z celého sveta a snažiacia sa dostať na svetovú technologickú špičku neváha do podobných projektov investovať miliardy. V auguste 2010 Čína v spolupráci s laboratóriom na univerzite Jiaotong ohlásila výstavbu vákuového vlaku maglev s rýchlosťou 1 000 km/h. Očakávalo sa, že si to vyžiada investíciu 10 – 20 miliárd jüanov (2,95 miliardy amerických dolárov)¹³. Doteraz sa s realizáciou nezačalo.

V Severnej Amerike sa stavba prvých vysokorýchlostných koľajových tratí ešte len chystá. Americký koncept Hyperloop Alpha bol po prvýkrát zverejnený v auguste 2013 a navrhuje trasu z Los Angeles do San Francisco Bay Area. Projekt Hyperloop Genes predstavil systém dopravy, ktorý by prevážal cestujúcich pozdĺž 560 kilometrov dlhej trasy rýchlosťou 1 200 km/h za 35 minút, čo je podstatne rýchlejšie ako prostredníctvom aktuálneho času presunu železničnou alebo leteckou dopravou.¹⁴ Tento koncept je stále otvorený a zásluhou úspechu spoločnosti Musk a SpaceX boli povzbudení viacerí investori, aby tieto revolučné nápady prijali a ďalej rozvíjali.

K najznámejším iniciátorom v súčasnosti patria veľké svetové spoločnosti ako Hyperloop Transportation Technologies, známa ako HTT. Ide o americkú výskumnú spoločnosť na čele s Dirkom Ahlbornom, fungujúcu na princípe crowdfundingu. Ďalšou veľkou spoločnosťou je americký Virgin Hyperloop One na čele s Richardom Bransonom¹⁵. Všetky uvedené spoločnosti svojím pozitívnym a optimistickým prístupom položili základy vytvorenia celosvetovej mapy tratí hyperloopu a tzv. open-source design evolution think-tanku¹⁶ v tejto oblasti dopravy.

2. AKTUÁLNY VÝSKUM A VÝVOJ

História sa opakuje a aj v súčasnosti je väčšina odbornej verejnosti stále skeptická, keď tvrdí, že hoci technológia existuje, návrhy ignorujú výdavky na riziká, a preto je táto myšlienka „úplne nepraktická“¹⁷. Uvádžajú sa riziká, že hyperloop je priveľmi náchylný na prerušenie výpadku elektrickej energie alebo teroristické útoky, ktoré sa majú považovať za závažné a trvalé bezpečnostné riziko pre pasažierov.¹⁸ Napriek tomu v novembri 2015 vyššie uvedené súkromné obchodné spoločnosti s desiatkami študentských tímov, ktoré sa usilujú o rozvoj technológií hyperloop, začali skeptické názory vyvracať. Bezpečnostné

- 4 Strategická mapa rozvoja hyperloopu pre Európu. Grafické spracovanie v rámci výskumu na FA STU, 2018. Zdroj: Archív autorov



- 5 Fotodokumentácia podpisu spolupráce medzi vedením HTT a FA STU. Zdroj: Monika Stacho, 2018

riziká by sa mali eliminovať a nepoužívať ako zámienka na brzdenie technologického pokroku. Wall Street Journal napísal, že „Hyperloopske hnutie“, ako sa nazývajú zainteresovaní v tejto oblasti, už oficiálne presiahlo človeka, ktorý to celé začal, a kritika tejto myšlienky nie je na mieste.¹⁹ Potvrdili to následné výsledky výskumov iniciatívnych a nezávislých tímov, ako napríklad tím MIT Hyperloop, ktorý vyvinul prvý prototyp Hyperloop Pod (predstavený v MIT Museu 13. mája 2016). Ich dizajn využíva elektrodynamické odpruženie pre zdvih a bezpečné brzdenie vírivým prúdom.²⁰ V rámci vyhlásenej otvorenej súťaže Hyperloop pod competition²¹ uspel s vysokým skóre aj tím Delft University z Holandska.²² Ocenenie „najrýchlejšieho“ a „najlepšího výkonu za letu“ získal tím WARR Hyperloop z Technickej univerzity v Mníchove (TUM) v Nemecku. Tím z Massachusetts Institute of Technology (MIT)²³ zaujal tretím miestom v súťaži posudzovanej inžiniermi SpaceX²⁴. (→ 3)

Všetky uvedené súťaže potvrdili, že nástup hyperloopu výrazne ovplyvňuje obraz mesta. V tomto kontexte nezastaviteľných inovačných trendov v oblasti vývoja urbanizmu miest výskumný tím z Fakulty architektúry STU v Bratislave na základe vlastnej

iniciatívy nadviazal v roku 2017 spoluprácu s medzinárodnou spoločnosťou Hyperloop Transportation Technologies. HTT si zhodou okolností v tom čase otvorila v Bratislave ako jedinom európskom meste svoju pobočku.

3. BRATISLAVA A HYPERLOOP

Ako ilustruje strategická mapa rozvoja hyperloopu pre Európu²⁵, Bratislava v nadväznosti na Viedeň, Prahu a Budapešť predstavuje zaujímavý obchodný a dopravný uzol. Unikátna poloha štyroch hlavných miest v relatívne tesnej blízkosti je vôbec jediná na svete, čo ju robí pre tento sektor zaujímavou. To bol dôvod, prečo sa ešte pred niekoľkými rokmi celkom vážne uvažovalo o vybudovaní prvého hyperloopu v Európe na trati Bratislava – Viedeň. Viedeň nečakane odstúpila od zamýšľaného projektu. Následne pre HTT prirodzene prišiel na vybudovanie prototypu do úvahy severojužný smer trasy do Brna s pokračovaním do Prahy. V rámci interdisciplinárneho výskumu na Fakulte architektúry STU bola v septembri 2017 vytvorená výskumno-kreatívna platforma pozostávajúca z tímu mladých vedcov a študentov, ktorá sa zamerala na jednotný základný výskumný problém integrácie systému hyperloop do mestského a krajinného organizmu Bratislavy. (→ 4, 5)



6 Vytipovaná trasa prepojenia Bratislavy a Brna prostredníctvom hyperloopu. Grafické spracovanie v rámci výskumu na FA STU, 2018. Zdroj: Archív autorov

4. PRIEBEH VÝSKUMU

Základným urbanistickým problémom výskumu bolo vyhľadanie vhodných lokalít nástupových uzlov v organizme mesta, ich architektonických foriem a ich dosah na formovanie okolitej štruktúry. Následne to boli výtvarné a technické otázky vedenia systému v sídle i otvorenej krajine.²⁶ Pomocou metódy „Research by Design“ mladí architekti a dizajnéri skúmali koncepcie systému hyperloop na prípadovej štúdii prepojenia Bratislavy a Brna. Úloha bola rozdelená do štyroch hlavných tém: umiestnenie trasy, urbanistická koncepcia, návrh stanice, dizajn kapsuly. Tento proces vygeneroval niekoľko alternatív a stratégií medzi dvoma 130 kilometrov vzdialenými mestskými centrami.²⁷ (→ 6)

Celý kreatívny proces tvorby na FA STU prebiehal počas jedného semestra a skladal sa z dvoch základných fáz, resp. zložiek: výskumnej a kreatívnej. Počas prvej výskumnej fázy sa študenti vďaka interdisciplinárnej platforme rýchlo a efektívne dozvedeli priamo od odborníkov zo spoločnosti Hyperloop Transportation Technologies (HTT) základné informácie a princípy, na ktorých funguje systém hyperloop. V rámci odborných prednášok mladí architekti a dizajnéri dostali k dispozícii základné limity systému, s ktorými počítali pri navrhovaní. Po prvých skiciach a úvahách bolo nutné pristúpiť ku kroku druhej výskumnej fázy. Striedanie pasívnej (výskumnej) a aktívnej (kreatívnej) formy v procese navrhovania sa ukázalo ako efektívna kombinácia získavania informácií a generovania výsledkov. Pri takej náročnej a vizionárskej téme, ako je hyperloop, sa metóda „Research by Design“²⁸ osvedčila z viacerých hľadísk. Naštartovanie účastníkov prebehlo intenzívnejšie, zvýšila sa komunikácia medzi odborníkmi (urbanista, architekt, strojár, dizajnér),

prístup študentov sa zmenil z pasívnych poslucháčov na kriticky uvažujúcich a integrujúcich architektov. Ako výsledok tohto procesu možno označiť definovanie tém od architektov smerom k technológom. Nových podnetov, s ktorými vo vlastných úvahách nepočítali. Za všetky možno uviesť tieto tri, ktoré by mali platiť paušálne: Ako vyvíjať systém hyperloop v urbanizme i architektúre v danej lokalite? Na čo netreba zabúdať pri jeho integrácii do organizmu mesta a krajiny z pohľadu človeka užívateľa? Ako spraviť z nevýhody výhodu?

4.1. STRATÉGIA TRASY V KRAJINE A MESTE

Krajinu medzi Bratislavou a Brnom poznáme ako Záhorie a Moravu. Dva regionálne celky Slovenskej republiky a Českej republiky, ktorých prírodnou tepnou je rieka Morava a infraštruktúrne ich spája železnica a diaľnica D2. Pri úvahách, akým spôsobom a v ktorých miestach krajiny viesť trasu tuby, sa vychádzalo z dlhodobej vízie a predpokladu, že úsek Bratislava – Brno je len krátkym úsekom komplexnej európskej (celosvetovej) siete hyperloop. Pri základnom trasovaní sa zohľadňovali faktory minimálneho vertikálneho a horizontálneho zatáčania profilu trasy (predpoklad rýchlosti v tube), ne/obchádzania obcí, prírodných prvkov a chránených území, historických stavieb. Alternatívy vedenia trasy v profile železnice, diaľnice D či vodnej cesty otvárali otázky integrácie tuby do súčasnej infraštruktúry v jednom prístupe. Iný poukazoval na problémy a potenciál kritických bodov samostatnej trasy, ktorá generuje nové formy pobytových priestorov, výskumných centier či nových obytných zón a sídel. Vynorila sa otázka, či je potrebné tubu po celej trase kamuflovať (generovať násypy, valy, nové bariéry). Alebo je možné linearitu

potrubia chápať ako šancu pre nové formy verejných priestorov (cyklotrasy, pietne miesta na vode), integráciu ekologických riešení (filtrácia vody, solárne zisky). Myšlienka prepojenia súčasného Baťovho kanála z Moravy novým vodným hyperloop kanálom na Záhori otvára možnosti integrácie infraštruktúry v krajine s predpokladom nových ekonomických, sociálnych a rekreačných benefitov.

4.1.1. KONCEPT HYPERLOOPU V KRAJINE

Ako sme už uviedli, hyperloop je definovaný ako najefektívnejšia spoločensky orientovaná preprava pre budúcu generáciu. Jeho cieľom je zabezpečiť hladký tranzit, efektívne energetické riešenia a pozitívny prínos pre miestne komunity. Preto je v záujme riešenia mobility dôležité hľadať riešenia problémov v nadchádzajúcich 5 – 10 rokoch priamo na mieste – „in-situ“. Cieľom tejto kapitoly bolo novými návrhmi prispieť ku konkretizácii trasy prepojenia dvoch mestských centier, ako aj špecifikácii návrhov pylónov vhodných pre rôzne typy terénov na trase. Ich integrácia v rámci energetických systémov a alternatívne využívanie stĺpov boli jedným z preferovaných kritérií. Urbanistická stratégia posudzuje aj cestovanie hyperloopom v mestskom prostredí. Poskytuje riešenia existujúcich lokálnych problémov, udržateľnosti, prvej/poslednej míle a polohy stanice. Hyperloop nie je len stanica a jej najbližšie okolie, ale aj nutná prítomnosť konštrukcie dopravnej stavby, v ktorej sa kapsula bude pohybovať a ktorá výrazne zasiahne do obrazu krajiny. Týka sa to najmä oblastí Záhoria a Moravy, ktoré sú známe predovšetkým krásnou prírodou a množstvom pamiatok. Práve to vyvoláva niekoľko konfliktov, ktoré bolo nutné nastoliť a riešiť. (→ 7,8)

4.1.2. KONCEPT HYPERLOOPU V MESTE

Na úrovni sídla sa návrhy zameriavali na otázku zvýšenia životnej úrovne a udržateľnosti lokality pre život. Vygenerované koncepty prinášajú riešenia viacerých aktuálnych problémov konkrétnych bratislavských lokalít, ako je hlučnosť, prašnosť, a najmä bariéra pešieho prístupu obyvateľov Petržalky k nábrežiu Dunaja, ktorú vytvára objekt súčasnej diaľnice. Toto rozsiahle územie slúži len automobilom a koncept umiestnenia stanice hyperloopu ponúka transformovanie dopravnej ulice na živú tepnu pre ľudí s utlmenou dopravou, obslužiteľnú pomocou MHD. Jeden z konceptov ponúka práve integráciu mestskej hromadnej dopravy, železničnej dopravy a osobnej automobilovej dopravy do jednej budovy stanice hyperloopu na Einsteinovej ulici. (→ 9)

Stanicu hyperloopu je možné umiestniť aj na územia brownfieldov, napríklad do areálu bývalej Dynamitky, ktorá okrem ľahkej dostupnosti združuje taktiež rôzne typy dopravných infraštruktúr. Výsledkom by mohla byť zmena brownfieldu na živé mesto a následný potenciálny ekonomický rast. Na trase hyperloopu možno využiť jestvujúcu železničnú infraštruktúru, pričom pylóny s potrubiami transportujúcimi cestujúcich by boli vo výške pätnástich metrov nad súčasnou traťou železnice. V rámci urbánnej štruktúry sa prepoja ulice Vajnorská a Račianska. Návrh vizuálu novej stanice združuje hyperloop a miniloop (zmena vlakovej prepravy na systém maglev), pričom nadväzuje na industriálny charakter miesta. (→ 10)

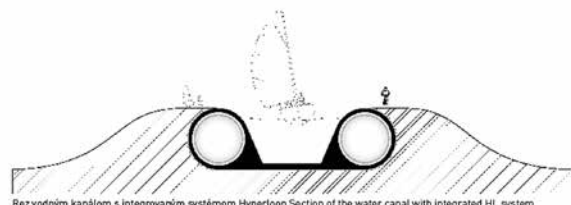
Iný koncept počíta s rozdelením Bratislavy na päť štvrtí, z ktorých má mať každá vlastné mestské riadiace centrum – satelitné mesto budúcnosti. Cieľom návrhu je nahradiť osobné automobily tzv. zdieľaním áut, posilnenou mestskou hromadnou dopravou, cyklotrasami. Novým druhom prepravy v rámci mesta má byť miniloop²⁹. Stanica hyperloopu má byť situovaná v centre mesta na Trnavskom mýte. Do mesta hyperloop vedie v zemi a spolu s ním aj železničná trať. Centrálnou stanicou sa stane existujúca Nová tržnica na Trnavskom mýte, kde sa má integrovať stanica hyperloopu, miniloopu, ale aj železničná stanica. Lineárna hmota má prepájať súčasné jadro mesta s jeho decentralizovanou časťou. Hlavným cieľom je vytvoriť kompaktnú štruktúru urbanizmu, funkčne premenlivú podľa spoločenských nárokov. Lineárna hmota má byť zdvihnutá nad zemou tak, aby nevytvárala bariéru. Budovu má tvoriť lineárne jadro obklopené z dvoch strán modulárnymi jednotkami. Konceptia tvorby verejných priestorov pod hmotou spočíva v umiestnení ťažiskových priestorov v dôležitých priechodoch pre rušnú a dynamickú prevádzku. Menšie priestory medzi hlavnými majú byť vyhradené pre intímnejšie činnosti a rekreáciu. (→ 11)



7 Výsledok výskumu a koncept riešenia trasy v krajine.
Autorka: Bc. Veronika Alfeldiová, vedúci práce: Ing.
arch. Tomáš Hanáček, PhD. Zdroj: Archív autorov



Věstonická nádrž – katedrála na vode Věstonická lake – water cathedral



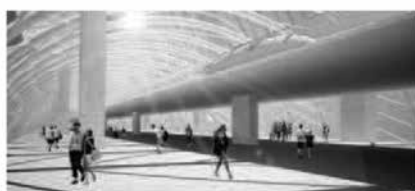
Rezvodným kanálom s integrovaným systémom Hyperloop Section of the water canal with integrated HL system



Katedrála na vode s flexibilnou podlahou Water cathedral with flexible floor



Futuristický most s pohyblivou kaviarňou Futuristic bridge with moveable café

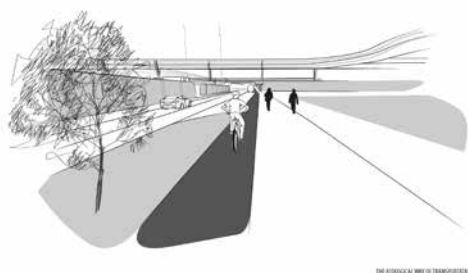
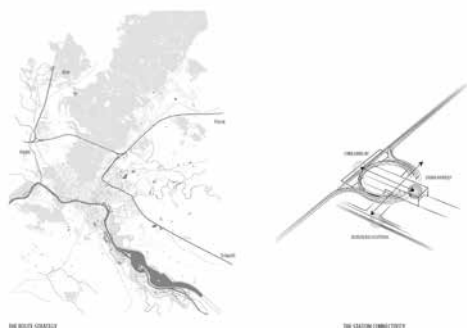


Most Lafranconi – stanica Hyperloop Lafranconi bridge – Hyperloop station

- 8 Hyperloop v krajine – Věstonická nádrž – katedrála na vode ako reminiscencia zaplaveného kostola pod vodnou nádržou. Autorka: Bc. Veronika Alföldiová, vedúci práce: Ing. arch. Tomáš Hanáček, PhD. Zdroj: Archív autorov



- 9 Integrácia viacerých typov dopravy nad diaľnicou na Einsteinovej ulici. Autori: Matej Mrva a Dušan Poliak, vedúci práce: Ing. arch. Tomáš Hanáček, PhD. Zdroj: Archív autorov



- 10 Návrh stanice v areáli bývalej Dynamitky. Autori: Bc. Zuzana Kopiláková, Bc. Mária Trnková, vedúci práce: Ing. arch. Martin Kusý. Zdroj: Archív autorov

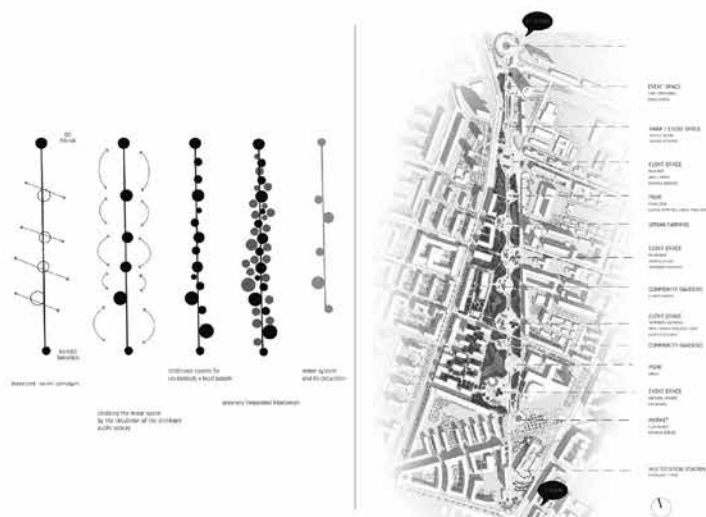
Základným konceptom návrhu The Bridge je pohľad do budúcnosti (+250 rokov). Vízia Bratislavy ako križovatky Európy, od čoho sa odvíja veľkosť, tvar a situovanie stanice. Lokalita stanice sa nachádza južnejšie od súčasných zimných prístavov popri Dunaji, kde sa odhaduje budúci urbanistický rozvoj, ktorý vytvorí moderné centrum ako opozíciu voči starému mestu. Vysoká kvalita životného prostredia na jednom brehu v absolútne zalesnenej oblasti a na druhom bývalé nevyužívané prístavy s možnosťou napojenia na vodu s využitím kanálov, brehov na vytváranie nových organických urbánnych foriem. Stanica

hyperloopu má tiež integrovanú obytnú funkciu „living bridge“ s navrhnutými komunikáciami spájajúcimi oba brehy a vytvárajúcimi „bránu“ do Bratislavy. V tomto návrhu sa použitý modulový urbanizmus zakladá na variácii modulov s rôznymi funkciami pre dokonalé reagovanie na potreby spoločnosti. (→ 12)

4.2. OBRAZ MESTA A HYPERLOOP

Súčasný obraz mesta Bratislavy sa vstupom hyperloopu do jeho organizmu zmení. Predstava potrubia na stĺpoch, rozdeľujúca mesto na dve polovice (podobne ako to vytvorila železnica v 19. storočí), evokuje nepokoj

a odpor. Či možno eliminovať negatívny vplyv vedenia trasy v meste, rieši téma urbanistickej stratégie. Kľúčovým aspektom pri optimalizácii trasy v meste a jej napojenia na krajinu bol zámer situovať novú stanicu hyperloopu v blízkosti centra mesta. Lokalizácia stanice v širšom centre Bratislavy bola vyhodnotená takmer vo všetkých prípadoch projektu za časovo a priestorovo najefektívnejšiu, pretože pri zachovaní súčasnej dopravnej siete by do centra mesta trvala cesta dlhšie ako samotná cesta hyperloopom medzi mestami. Naďalej však bolo potrebné zohľadňovať dostupnosť súčasnej, resp. potenciálnej infraštruktúry



11 Integrácia viacerých typov dopravy nad diaľnicou na Einsteinovej ulici. Autori návrhu: študenti Adriána Smolková a Tony Le Hoang, vedúci práce: Ing. arch. Tomáš Hanáček, PhD. Zdroj: Archív autorov



12 Vizionársky koncept The Bridge. Autori návrhu: študenti Ivan Kulifaj a Norbert Konrád, vedúci práce: Ing. arch. Tomáš Hanáček, PhD. Zdroj: Archív autorov

(MHD, železnice, cyklotrasy, pešie trasy), ako aj možnosť rozvoja celej zóny v okolí budúcej stanice. Nemalú úlohu pri vyhodnocovaní parametrov zohrala jednoduchosť vedenia trasy hyperloopu z krajiny do mesta a jej vizuálny vplyv na atraktivitu prostredia. Vo vybraných pozíciách sa kládol dôraz aj na riešenie lokálnych sociálnych problémov, maximálne prepojenie s organizmom mesta z materiálnej aj nemateriálnej stránky.

4.2.1. ČIASTKOVÉ HODNOTENIE Z HĽADISKA ŠIRŠÍCH VZŤAHOV

Priestorovú a časovú efektívnosť dopravného systému hyperloop môžeme zatiaľ len predpokladať. Efektívnosť metódy „Research by Design“ sa v rámci návrhového procesu potvrdila, výhody sú zrejmé. Získali sa nové poznatky a možnosti tvorby architektúry a urbanizmu Bratislavy, resp. iný neštandardný pohľad na známe lokality:

- Humanizácia Einsteinovej ulice prináša elimináciu problémovej bariéry diaľnice D1 v centre mesta, vytvára nové verejné

priestory živých ulíc s dôrazom na verejnú dopravu. Eliminuje hluk a emisie v meste, pešou nohou prepája 120 000 obyvateľov Petržalky s nábřežím Dunaja, Petržalka sa stáva súčasťou centra mesta.

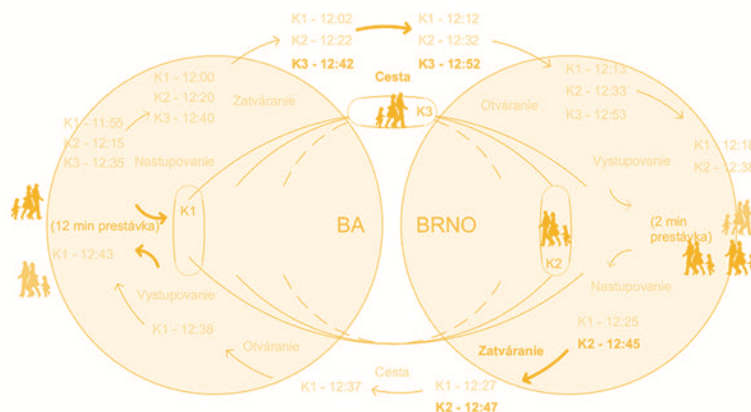
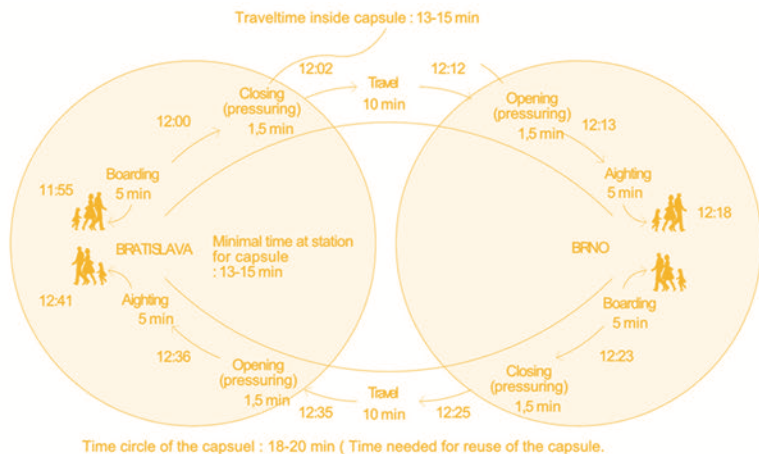
- Koncept v priestoroch brownfieldov Dimitrovka počíta s regeneráciou opusteného prostredia. Aplikuje prvky adaptabilného urbanizmu, inšpiruje sa v lokálnych formách, počíta s dostupným mestom 21. storočia (bývam v Bratislave, pracujem vo Viedni a oddychujem v Brne).
- Koncept lineárneho mesta počíta s postupným vytlačáním individuálnych automobilov z centier miest. Ponúka možnosti „selfdriven cars“ vo vybraných zónach, hyperloop dopĺňa o novú mestskú formu dopravy miniloop s dôrazom na vertikálnu a horizontálnu konektivitu mesta. Projekt adaptuje objekt Starej tržnice na novú stanicu na Trnavskom mýte, ponúka možnosti reinterpretácie verejných priestorov, generuje nové formy bývania a práce v rámci polyfunkčných (mix-used) štruktúr.

Ekologické riešenia počítajú so zachytávaním dažďovej vody s maximálnou permeabilitou povrchov.

- Koncept The Bridge ponúka dlhodobú víziu novej stanice hyperloopu nad riekou Dunaj. Lokality starého južného prístavu predstavuje potenciál rozvoja lineárneho centra Bratislavy pozdĺž rieky Dunaj po oboch jeho brehoch. Návrh spája stanicu hyperloopu do jednej štruktúry LIVING BRIDGE (živý obytný most) s ďalšími aktivitami nad riekou (hotel, galéria, záhrady, obchod). Modulárny urbanizmus vertikálnych stavieb ráta s časovou a priestorovou adaptabilitou vzhľadom na sociálne potreby komunit.

5. URBANISTICKÁ STRATÉGIA A JEJ LIMITY

Výskum na FA STU sa okrem dizajnu pokúšal ako vôbec prvý v Európe vytýčiť a teoreticky definovať všeobecné kľúčové limity dopravnej technológie hyperloop (HL) v organizme mesta. Prvou skupinou sú priestorové limity. Dopravné línie vo forme, ako boli dosiaľ



13 Fázy okružnej jazdy Bratislava – Brno – Bratislava. Autori: Rusnáková, Závodská, Palcová, Havlíková, vedúci práce: Mgr. art. Martin Uhrík, PhD. Zdroj: Archív autorov

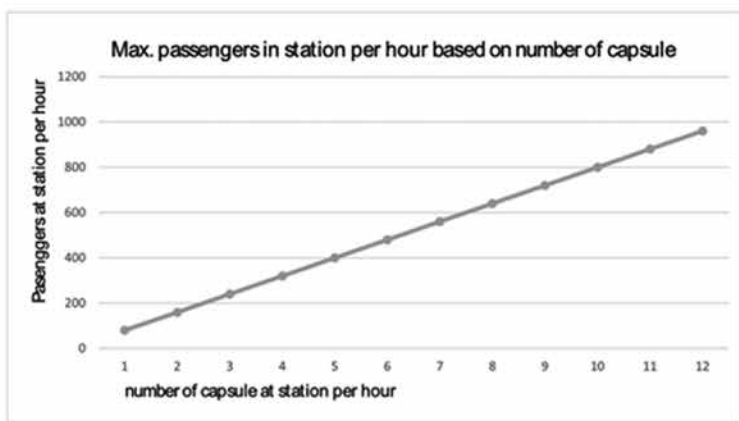


Chart 1.

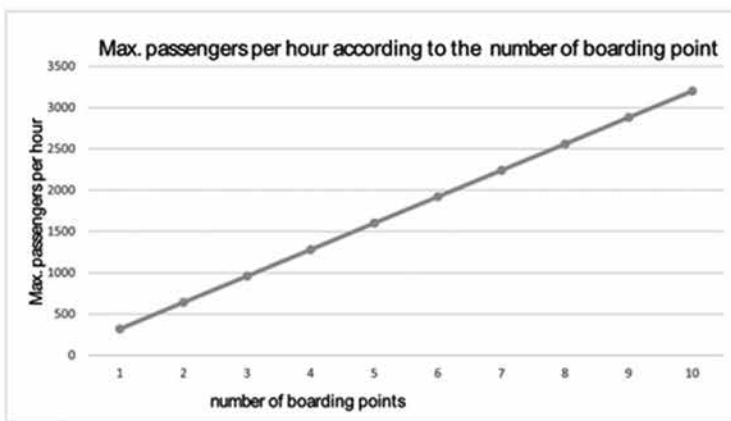


Chart 3.

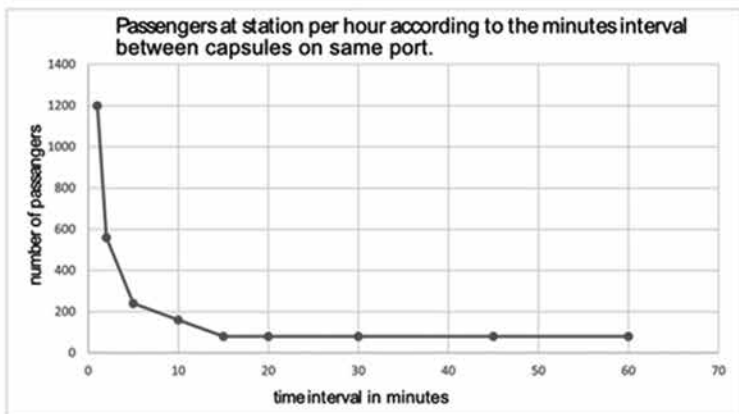


Chart 2.

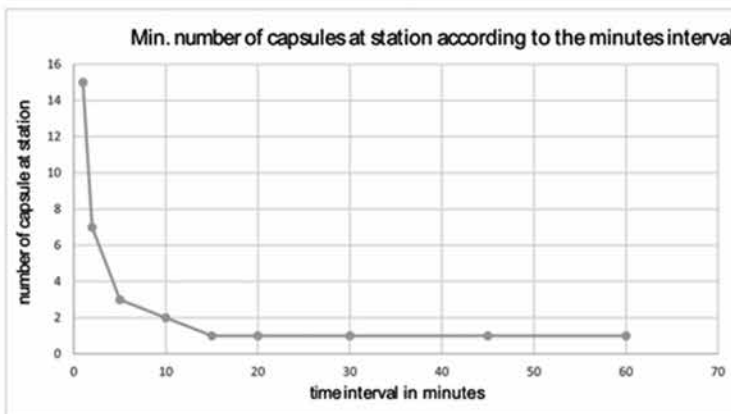


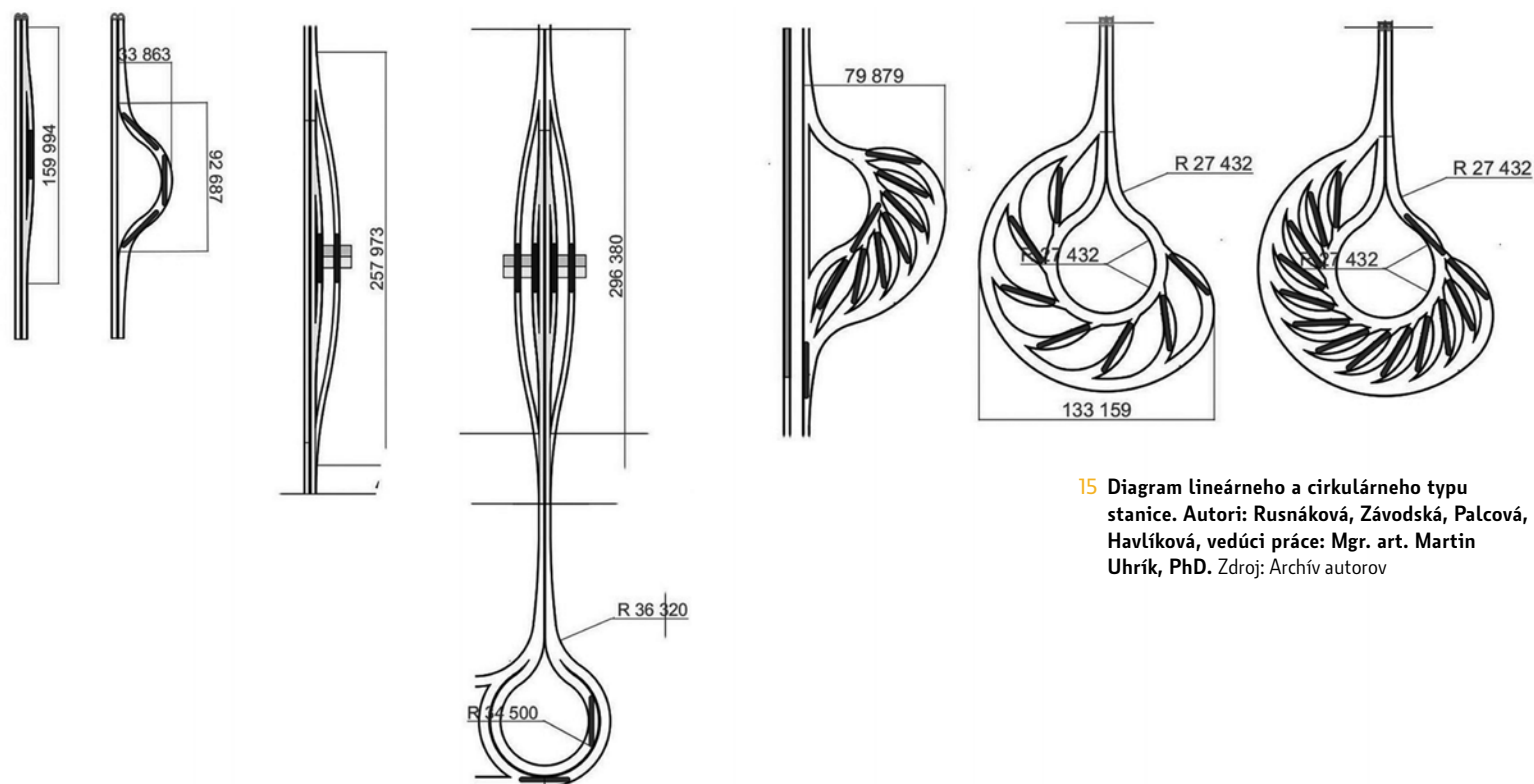
Chart 4.

14 Scenáre rozdielnej kapacity v zmysle počtu nástupných bodov a intervalov pohybu medzi kapsulami. Autori: Rusnáková, Závodská, Palcová, Havlíková, vedúci práce: Mgr. art. Martin Uhrík, PhD. Zdroj: Archív autorov

prezentované, nevyhovujú priestorovým ani estetickým požiadavkám mestského urbanizmu. Rovnako veľkosť staníc, vzhľadom na počet prepravených osôb, kladie priveľké priestorové nároky. Ďalšou problematikou sú limity dopravných kapacít. Kapsula prepraví približne 40 pasažierov, čo je z pohľadu dopravných technológií relatívne nízke číslo, avšak dokáže ich prepravovať s omnoho väčšou intenzitou a rýchlosťou ako konvenčné spôsoby hromadnej dopravy. To kladie nové požiadavky na návrh staníc. Je rozhodujúce, s akou hustotou dopravy pri návrhu stanice pracujeme. Analyzovali sa viaceré scenáre hustoty prepravy a stratégie veľkostí staníc v rámci urbanizmu mesta. Prvá analýza sa dotýkala prepravných kapacít a časov, ktoré determinuje vzdialenosť približne 100 km a dve línie systému HL. Podľa výpočtu (→ 13) trvá cesta

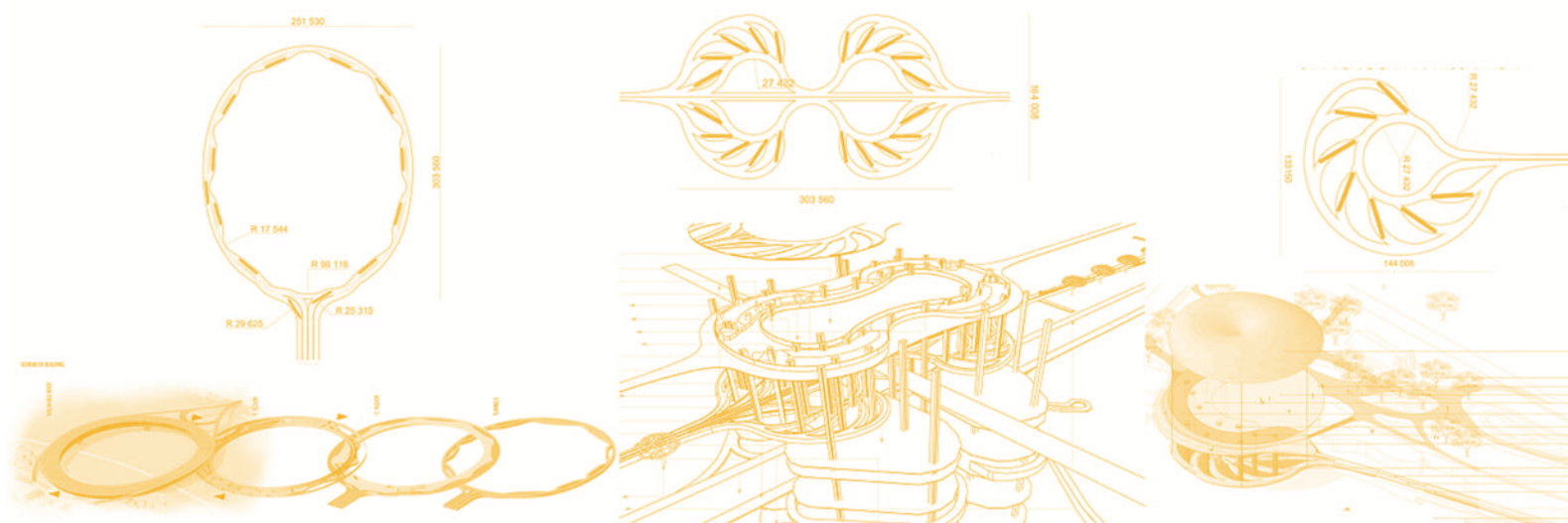
s nastupovaním a vystupovaním približne 20 minút.

Cieľom analýzy bolo na základe dopravnej kapacity siete zistiť, aké veľké stanice budeme potrebovať z pohľadu množstva cestujúcich. Rátalo sa s kapsulou kapacity 40 cestujúcich. Maximálna prepravná kapacita jedným smerom sa pohybuje okolo 25 kapsúl za hodinu, čo značí približne 1 000 cestujúcich. Táto hodnota je určená parametrami (→ 13) bez obmedzenia priestormi staníc. Je potrebné pripomenúť, že dané parametre sú závislé od technického riešenia HL, a to je stále vo vývoji. Maximálna kapacita je základným údajom pre analýzu možných kapacít staníc. Údaje sa skúmajú s ohľadom na počet cestujúcich nachádzajúcich sa na stanici a na počet kapsúl, ktoré sú v danom okamihu v priestore stanice. Počet cestujúcich zahŕňa nastupujúcich aj



15 Diagram lineárneho a cirkulárneho typu stanice. Autori: Rusnáková, Závodská, Palcová, Havlíková, vedúci práce: Mgr. art. Martin Uhrík, PhD. Zdroj: Archív autorov

16 Typologické možnosti stanice. Autori: Rusnáková, Závodská, Palcová, Havlíková, vedúci práce: Mgr. art. Martin Uhrík, PhD. Zdroj: Archív autorov



vystupujúcich. Je nutné počítať s kumuláciou čakajúcich na nástup. V prípade kapsúl sa zvažuje čas od príchodu na stanicu, vystúpenie a následné nastúpenie do novej destinácie. (→ 14)

Diagram 1 ukazuje priamu úmernosť medzi počtom cestujúcich na stanici a kapsulami, otázkou je kumulácia, ktorá nemusí byť v čase rovnomerná. Diagram 2 vizualizuje tento problém na základe hustoty prevádzky kapsúl. Obidva príklady sa zaoberajú len vzťahom prepravy medzi bodom A a B. V tomto prípade na trati Bratislava – Brno. Pri úvahe o spôsobe fungovania systému HL v rámci prepojenia miest v strednej Európe sa zdá byť najvýhodnejšie uvažovať o prepojeniach typu A – B bez použitia medzistaníc. Ak hovoríme o vzdialenostiach v rozmedzí 100 – 300 km, časová strata zbrzdzenia, nástupu ďalších

cestujúcich a následného rozbehu pri malom počte cestujúcich neúmerne zvyšuje čas cesty, ako aj energetické náklady na pohon systému. Diagram 3 ukazuje závislosť medzi počtom obsluhovaných destinácií a počtom ľudí v prípade hodinového intervalu. Znižovaním intervalu môžu počty cestujúcich výrazne narastať.

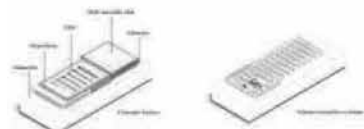
Dostávame sa ku kapacitným a priestorovým požiadavkám na stanicu. Okrem spomenutých kapacít sú výrazným obmedzením priestorové nároky trate. Minimálny polomer otáčania je 27 metrov, čo pri radeniach nástupíšť vytvára veľké priestorové nároky. Stanice sa podľa množstva nástupíšť delia na tri typy. Lokálna: 1 – 4 nástupíšťia, diaľková: 5 – 9 nástupíšť a medzinárodná stanica: 10 – 12 nástupíšť. S vyšším stupňom stanice sa kladú aj väčšie nároky na odbavovaciu a bezpečnostnú

zónu v typológii stanice. Nasledujúce diagramy prezentujú typológie stanice určené radením nástupíšť jednotlivých kapsúl. (→ 15)

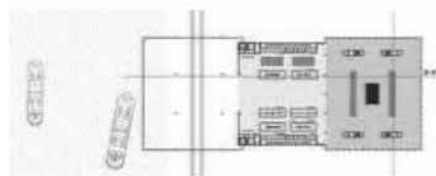
Z diagramov sú zrejme veľké priestorové nároky na koľajiská stanice. Situáciu ďalej zhoršuje nutnosť mať jednotlivé línie zokruhovované. Kapsuly zatiaľ nie sú schopné cúvať. Z organizačného hľadiska to znamená vytvorenie vertikálnej komunikácie ku každému nástupišťu. Ak prihliadneme na potrebu bezbariérovosti a bezpečnostných potrieb únikových ciest, technické obmedzenia systému hyperloop kladú na architektonické riešenie stanice požiadavky, ktoré stanicu predražujú a robia ju nevhodnou lokalizovať ju do užšieho centra Bratislavy alebo Brna. Pritom na zmysluplné použitie technológie je práve umiestnenie blízko centra s dobrou napojiteľnosťou na dopravnú štruktúru mesta kľúčové.



Situácia Situation



Členenie budovy a schéma nosného systému Parts of building and support system



Pôdorys 1. NP 1st. Floor

Vizia lokality na 100 rokov, pohľad zo Sedla Janka Kráľa
Vision of development for 100 years, view from park Sedlo Janka Kráľa

17 Koncept stanice v prístave Pálenisko. Autor: Márk Mátis, vedúci práce: Ing. arch. Vladimír Hain, PhD. Zdroj: Archív autorov

Nikto nepôjde 45 minút na okraj mesta, aby sa odviezol za 20 minút do Brna. To skôr uprednostní automobilovú dopravu. Pri umiestnení staníc sme hľadali lokality, ktoré sú blízko centra a zároveň značia pre mesto istú formu záťaže. Príkladom vhodných pozemkov sú vnútromestské diaľničné križovatky, záplavové územia a nevyužívané územia. Druhým rozmerom je hybridná typológia, ktorá spája funkciu stanice s ďalšou mestskou vybavenosťou, rekreáciou, šport alebo obchod. Dôvodom je eliminovať vznik nových brownfieldov, ktoré sa vytvárali „ako dôsledok radikálnych zmien sociálno-ekonomickej štruktúry“³⁰. Je pravdepodobné, že radikálne zmeny nás čakajú práve v nasledujúcich desaťročiach. Potenciálne je jednou z nich aj dopravný systém hyperloop. (→ 16)

6. NÁVRH STANICE

Návrhy konkrétnych objektov staníc hyperloopu sa zaoberajú vyššie spomenutými kľúčovými faktormi. Zámerom bolo prepojiť hyperloop s inými druhmi dopravy v meste, zážitkom cestujúcich, bezpečnostnou kontrolou, plynulosťou nástupu na nástupišti, modelom benefitov, vybavenia, systému signalizácie a predaja cestovných lístkov. Ďalej bolo zámerom vytvoriť dominantný charakteristický priestor priamo v centre mesta, ktorý by bol aj z vizuálnej stránky symbolom zmeny a pozitívneho vnímania hyperloopu. Okrem toho sa v spolupráci s HTT hľadali inovácie v návrhoch riešení na prevádzku kapsúl, sekvenciu nástupu (mechanický pohyb), údržbu a riadenie. Stanica potom poskytne hladký



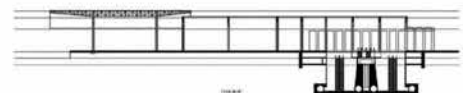
Nábřeží Dunaja Danube riverfront view



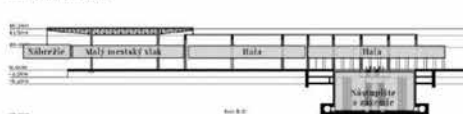
Južný pohľad South view



Severný pohľad North view



Rezové schémy Sections



Prevádzkové schéma Operation scheme



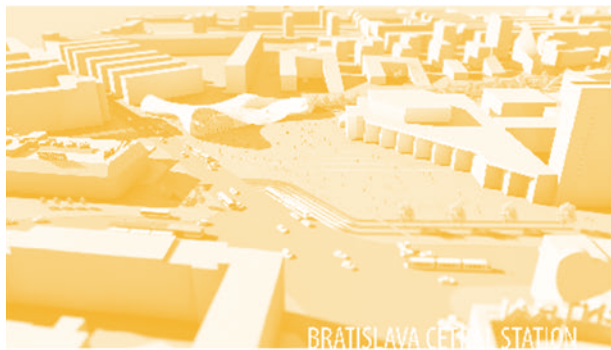
Komplexný výkres riešená Masterplan

tranzit, je udržateľná pre život s miestnou kultúrou a môže byť súčasne inšpiráciou pre návštevníkov. Výhodiskom bolo, aby hyperloop kombinoval pohodlie, rýchlosť, efektívnosť, udržateľnosť, inováciu a estetiku. Výsledky boli pomerne prekvapujúce.

Ukázalo sa, že mladá generácia študentov je do veľkej miery generácia recyklácie. Niekoľko tímov sa rozhodlo opätovne využiť existujúcu infraštruktúru v blízkosti rieky Dunaj, čo je ideálne miesto, kde sa stretávajú železnice, cesty, verejná a riečna doprava. Veľmi blízko je zimný prístav i bratislavské letisko. Nasledujúce koncepty ukazujú možnosti, ako postaviť v širšom centre Bratislavy stanicu hyperloopu pod zemou aj nad zemou.

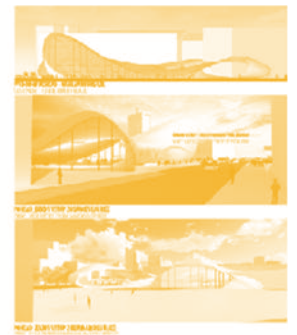
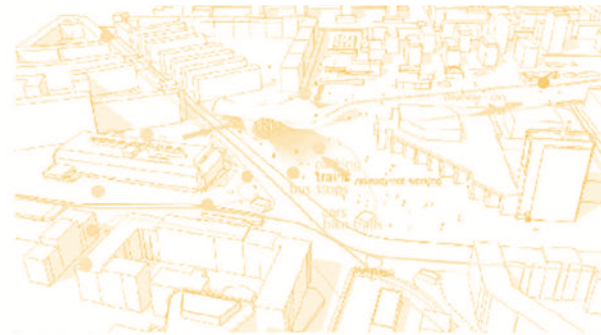
Hyperloop by mohol byť prostriedok, ktorý premostí súčasné dopravné uzly a tak efektívne nadviaže na dosiaľ vybudované, no neefektívne prepojené infraštruktúry. Pri navrhovaní prvého konceptu sa ukázalo vhodné pre novú stanicu zrekonštruovať existujúcu veľkorozponovú halu v bratislavskom prístave, ktorá má ideálnu polohu, aby prepojila vodnú, cestnú aj železničnú dopravu. Takisto je tu dostupná možnosť napojenia na existujúcu sieť električkovej mestskej hromadnej dopravy. Nová stanica takéhoto typu by v tejto lokalite mohla odštartovať megalomanský územný rozvoj s potenciálom vytvorenia nového obchodného centra – bratislavského Manhattanu. (→ 17)

V druhom koncepte je stanica hyperloopu zámerne navrhnutá bližšie do centra mesta – na opustené miesto bývalej železničnej trate. Križovatka na Trnavskom mýte je



LETECKÝ POHľad NA NÁBŕIŽIE DUNAIA / AIRSIDE RIVERFRONT AVIEW

BRATISLAVA CENTRAL STATION



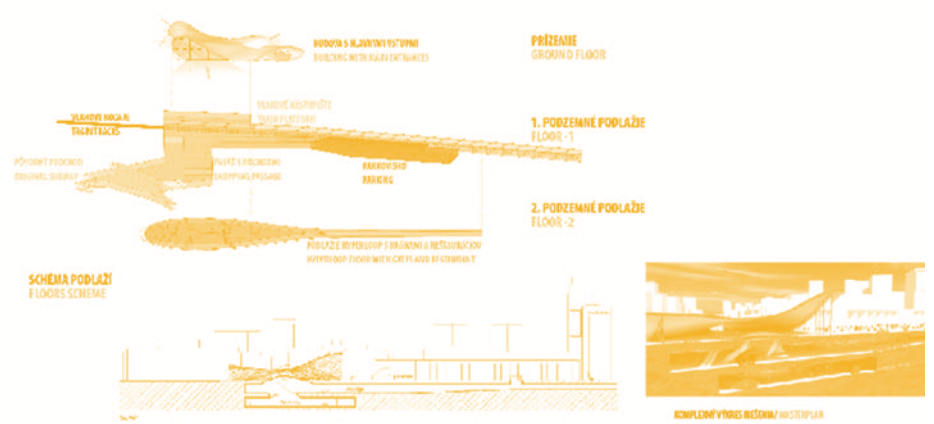
BRATISLAVA - TRASA POTRUBIA V MESTE / ALTERNATÍVA TRASAY
BRATISLAVA - ROUTE STRATEGY IN CITY / ALTERNATIVE ROUTE

MAXIMÁLNA VYDIALOVOSŤ STANICE VYPLODNY
MAXIMAL DISTANCE BETWEEN THE STATION AND TYPES OF TRANSPORT



ALTERNATÍVY NÁBŕIŽIA / ALTERNATIVES

SCHEMA KONCEPCIE / CONCEPTION SCHEME



SCHEMA PODLAŽÍ
FLOORS SCHEME

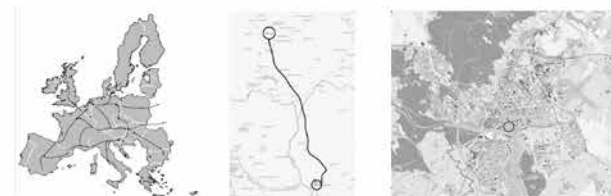
KOMPLEXNÝ VÝHĽAD NÁBŕIŽIA / COMPLEX VIEW

18 Koncept Bratislava Central Station – Trnavské mýto, Bratislava. Autor: Teo Hojda, vedúci práce: Ing. arch. Vladimír Hain, PhD. Zdroj: Archív autorov



LETECKÝ POHľad NA NÁBŕIŽIE DUNAIA / AIRSIDE RIVERFRONT AVIEW

WINTER PORT

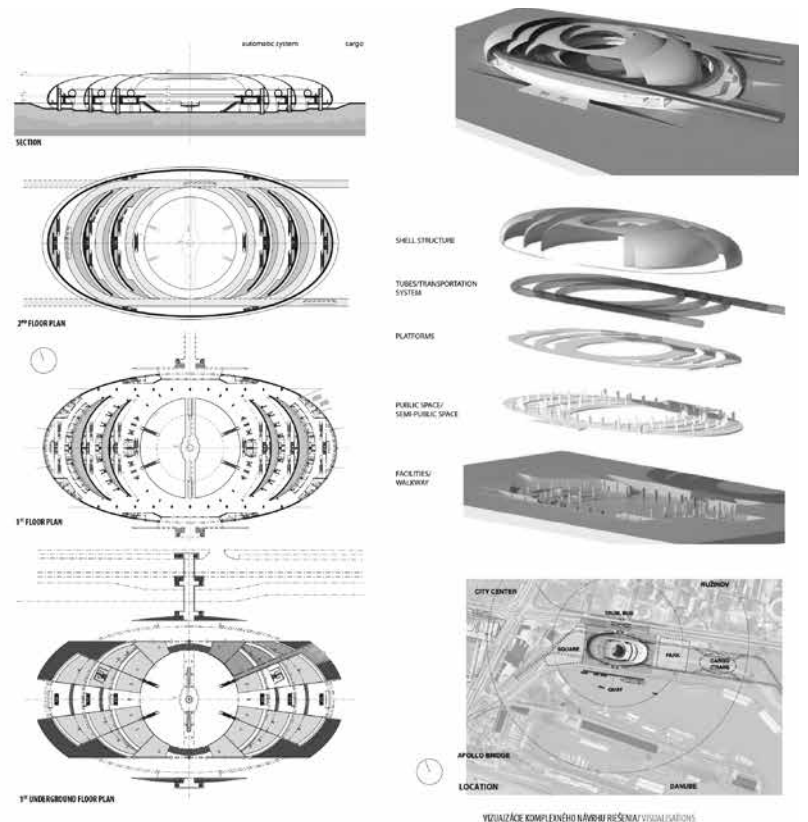


BRATISLAVA - TRASA POTRUBIA V MESTE
BRATISLAVA - ROUTE STRATEGY IN CITY



POHľad Z MOSTA SNIV VIEW FROM THE BRIDGE

SCHEMA KONCEPCIE / CONCEPTION SCHEME



SECTION

2ND FLOOR PLAN

1ST FLOOR PLAN

1ST UNDERGROUND FLOOR PLAN

SHELL STRUCTURE

TUBES/TRANSPORTATION SYSTEM

PLATFORMS

PUBLIC SPACES / SEMI-PUBLIC SPACE

FACILITIES / WALKWAYS

CITY CENTER

APOLLO BRIDGE

LOCATION

VIZUALIZÁCIE KOMPLEXNÉHO NÁBŕIŽIA / VISUALISATIONS

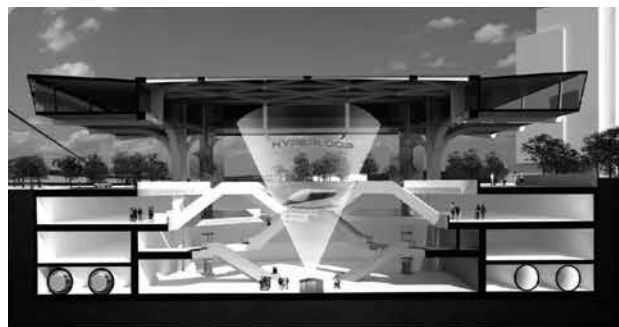
19 Koncept stanice v Zimnom prístave. Autor: Michal Púpava, vedúci práce: Ing. arch. Vladimír Hain, PhD. Zdroj: Archív autorov

veľmi frekventovaná, dostupná v rámci mesta a disponuje najväčšími možnosťami na prestup cestujúcich. Pre časovú úspornosť a s prihliadnutím na obraz mesta je hyperloop v úseku približne 5,8 km vedený podzemne. V objekte stanice sa nástupište nachádza v hĺbke 20 metrov, čo umožňuje do medziorovne integrovať ešte aj železničný dopravný uzol, čím sa stanica stáva terminálom viacerých typov dopravy. Bývalá železničná trať

tak môže získať nový impulz pre obnovu a hyperloop efektívny prísun cestujúcich z celého územia Slovenska. Samotný tvar stanice vychádza z reakcie na okolie. Výškové a plošné limity objektu rešpektujú pešie ťahy, okolitú architektúru a zároveň sa budova prezentuje novotvarom. Konštrukcia a materiály sa symbolicky odvolávajú na novú formu rýchlej dopravy z blízkej budúcnosti. Uvažuje sa o podzemnom pokračovaní trate smerom

k petržalskej vlakovej stanici a následne smerom na Viedeň a Budapešť. (→ 18)

Návrh stanice v Zimnom prístave má tiež funkciu dopravného terminálu s možnosťou napojenia súčasne na cestný, lodný a železničný systém dopravy. Aj tu výhodná poloha umožňuje prepojiť stanicu s integrovanou električkovou mestskou dopravou. Samotná budova stanice má tri poschodia a poskytuje šesť nástupísk (dve VIP).



LETECKÝ POHľad NA NÁBREŽIE DUNAJA DANUBE RIVERFRONT AIRVIEW



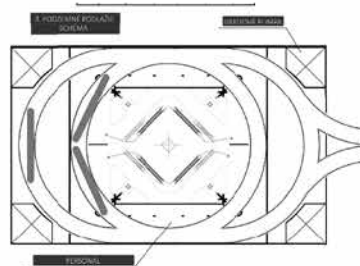
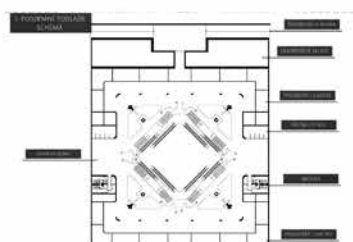
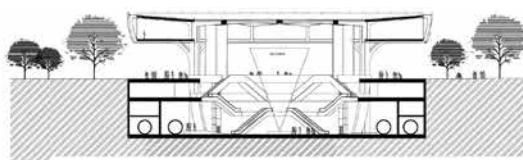
BRATISLAVA - TRASA POTRUBIA V MESTE



POHľad Z MOSTA SMYV PRED THE BRIDGE SHIP



SCHEMA KONCEPCIE / CONCEPTION SCHEME



VIZUALIZÁCIE KOMPLEXNÉHO NÁVRHU RIŠENIA / VISUALISATIONS

20 Koncept stanice v areáli výstaviska Incheba.

Autor: Branislav Pavlo, vedúci práce:

Ing. arch. Vladimír Hain, PhD. Zdroj: Archív autorov

Podzemné podlažie tvoria komerčné a technické prevádzky. Ide o novovytvorený peší uzol a miesto tranzitu ľudí medzi dopravnými prostriedkami, prechod medzi parkom aj námestím. Prvé poschodie má charakter zhromažďovacích, verejných a poloverejných priestorov s obslužnou vybavenosťou stanice. Tretie poschodie slúži súkromným nástupišťam – prístup len po bezpečnostnej kontrole. Pri návrhu stanice sa pôdorysne vychádzalo z predpísaného polomeru otáčania kapsúl, pričom sa maximalizovala prevádzková efektivita stanice. Vytvorenie dominantného átria má vzbudiť v pasažierov monumentálnosť a voľnosť podobne ako rímsky Panteón. Zaujímavosťou je, že celá stavba sa dá etapizovať od dvoch, cez 4 až po 6 nástupíšť. (→ 19)

Návrh stanice v nevyužitej časti areálu výstaviska Incheba sa odvíja od potreby plynulého prechodu potrubia hyperloopu pod zem, tak aby bol čo najmenej vnímateľný a nekонтastne reagoval na okolie nábrežia Dunaja a historické centrum mesta. Jedným z hlavných cieľov bolo vytvoriť dominantný a veľkorysý priestor priamo v srdci stanice a v srdci centra mesta s výhľadom na Bratislavský hrad. Pešia dostupnosť do centra mesta, využitie a nadviazanie na potenciál komplexu unikátneho výstaviska navrhnutého architektom Dedečkom boli determinujúcimi faktormi pri voľbe alternatívy riešenia stanice hyperloopu v tejto lokalite. Celkové nadvihnutie vrchnej časti stanice vytvorí lepšiu priechodnosť pre ľudí smerom k výstavisku a vytvára rovnocenné vstupy do stanice zo všetkých strán. (→ 20)

7. VYHODNOTENIE A ZÁVER

Výsledky výskumu priniesli pre Bratislavu viac ako 20 rôznych typov koncepčných návrhov. Vzhľadom na to, že ide o prvý takýto „Research by Design“ projekt v Európe, záujem o výsledky prejavila nielen samotná firma HTT a jej centrála v kalifornskom Los Angeles³¹, ale aj partnerské výskumné inštitúcie a centrá z Českej republiky. Očakáva sa, že celosvetovo vzrastie snaha zabezpečiť rýchlu, bezpečnú, efektívnu dopravu s využitím zelenej energie. Ak súčasná bublina okolo hyperloopu, smart cities a s nimi súvisiacej autonómnej automobilovej dopravy nepraskne, v súčasnom urbanizme Bratislavy môžu nastať významné zmeny. O niekoľko rokov si tak niektoré z vyššie uvedených návrhov a inšpirácií nájdú vlastnú cestu k realizácii. Nevyhnutné bude prehĺbenie multidisciplinárnej a medzinárodnej spolupráce na všetkých úrovniach. (→ 21)

V súčasnosti, keď sa v hlavnom meste riešia elementárne problémy s cestnou a železničnou dopravou, je zrejmé, že myšlienka hyperloopu môže byť pre väčšinu obyvateľstva i odbornej verejnosti neuchopiteľná. Aj preto sa preferujú snahy o krátkodobé kozmetické zvyšovanie kvality sídelného prostredia³². Chýba zmena celkovej dlhodobej urbanistickej paradigmy, ako aj zmena uhlu pohľadu na transformáciu súčasného mesta na mesto budúcnosti. Tá nespočíva len v urbanistickom a architektonickom výraze, rekonštrukcii staníc, vozoviek, dobudovaní obchvatov, informačných technológiách či snahe vyrovnávať

„dlhy minulosti“. Potrebuje zachytiť aj trendy komplexného ekologického zmýšľania moderných európskych miest, ako je napríklad dánska Kodaň s cieľom dosiahnuť uhlíkovú neutralitu do roku 2025 alebo susedná Viedeň, ktorá má ambíciu do roku 2050 dosiahnuť 80 % podiel obnoviteľných zdrojov a súčasne znížiť spotrebu CO₂³³. Pre moderné mesto budúcnosti je prvoradé a rovnako dôležité ako zachytávanie cudzích trendov určovanie vlastných ambiciózných vízií, a tým inšpirovanie svojich obyvateľov.

Hyperloop bezpochyby ponúka nový ambiciózný pohľad na Bratislavu a zmysluplné podnety jej rozvoja. Aj keď má zatiaľ svoje technologické vývojové peripetie a memorandum o porozumení so Slovenskou republikou uplynula v roku 2018 účinnosť, „Hyperloopske hnutie“ položilo v Bratislave svoje základy. Človek stále zostáva determinujúcim faktorom pri tvorbe rozvoja mesta a v duchu jedného z mnohých citátov Alberta Einsteina „uprostred ťažkosti leží príležitosť“ je evidentné, že hyperloop napriek súčasným ťažkostiam predstavuje pre Bratislavu nemalý rozvojový potenciál. Bez vízie niet plánu, čo platí v celom procese aplikácie piateho typu dopravy do praxe.

Článok je súčasťou výskumného projektu FA STU, ktorý bol podporený Nadáciou Tatra Banky a spoločnosťou Hyperloop Transportation Technologies.



21 Grafická schéma celkového výskumného procesu a spolupráce FA STU s HTT. Zdroj: Archív autorov

- Pozri napríklad: DODSON, Brian: *Beyond the hype of Hyperloop. An analysis of Elon Musk's proposed transit system* [online]. Gizmag, 2013-08-22 [cit. 2016-01-16].
- Tento téma sa venovala: MATEJČKOVÁ, Jana: HYPERLOOP, Trasa Bratislava – Brno je opäť na scéne. In: PC REVUE, Technologický magazín, Bratislava, 3/2018, s. 24 a 25 [online] [cit. 26.03.2018]; <https://www.pcrevue.sk/a/Hyperloop--Trasa-Bratislava--E2-80-93-Brno-je-opatna-scene>.
- Viac k téme: <https://www.bbc.com/news/business-47231504> alebo <https://www.theguardian.com/business/2018/jan/16/end-of-the-a380-superjumbo-airbus-warns-future-of-plane-programme-at-risk>.
- Komplexnej histórii sa podrobne venoval: ANDERSON, Chris C. (July 15, 2013). If Elon Musk's Hyperloop Sounds Like Something Out Of Science Fiction, That's Because It Is. Business Insider. Retrieved August 14, 2013.
- Pneumatická železnica: The Crystal Palace Pneumatic Railway 1864 [online] [cit. 9.01.2019]; <http://www.xenophon.org.uk/cpr.html>.
- Pozri: The Future of Transport: No loopy idea. The Economist. Print edition. August 17, 2013. Retrieved August 16, 2013.
- Historické paralely: The Remarkable Pneumatic People-Mover - An experimental pneumatic subway built in secret in the late 19th century. By Alan Bellows [online] [cit. .01.2019]; <https://forgottentories.net/2012/08/>, <https://www.damninteresting.com/the-remarkable-pneumatic-people-mover/>.
- Beyond the hype of Hyperloop. An analysis of Elon Musk's proposed transit system. Gizmag.com. August 22, 2013. Retrieved August 23, 2013.
- Gerard K. O'Neill (1927 – 1992) bol americký fyzik, filozof, vizionár a futuroológ, ktorý pôsobil ako profesor na Univerzite Princetone a zaoberal sa možnosťami osídľovania medziplanetárneho priestoru a nových spôsobov dopravy. Viac napríklad in: Gerard K. O'Neill: *The High Frontier*, Third Edition, Freeman Dyson, 2000. ISBN: 0-9622379-0-6.
- Maglev – je skratka slov magnetická levitácia; je to najmodernejší, najrýchlejší druh koľajovej dopravy. Anglickú skratku maglev začal v 60. rokoch používať fyzik Howard T. Coffey, v angličtine sa používa na označenie fyzikálneho javu a termín magnetic levitation na označenie technológie dopravných systémov založených na tomto princípe.
- History. Swissmetro.ch. Archived from the original on August 18, 2013. Retrieved August 14, 2013.
- Vactrain – vlak pohybujúci sa vo vákuu. Výpočty ukazujú, že teoretická rýchlosť vlakov „vactrain“ leží niekde v rozmedzí 6 400 – 8 000 km/h. Viac napríklad na stránke: <http://www.hybrid.cz/cinsky-supervlak-s-rychlosti-2900-kmh>.
- MURPH, Darren (August 4, 2010): China's maglev trains to hit 1,000 km/h in three years. Engadget.
- MUSK, Elon (August 12, 2013): Hyperloop Alpha (PDF). SpaceX. Retrieved August 13, 2013.
- Richard Branson – sir Richard Charles Nicholas Branson je britský podnikateľ, miliardár a humanista, známy aj ako majiteľ značky Virgin, ktorá zahŕňa viac ako 400 spoločností.
- Think tank je neformálny termín označujúci organizáciu, jej časť alebo skupinu expertov zaoberajúcu sa vysoko synergistickým výskumom a poradenstvom v oblasti vedy, technológie a priemyslu.
- Pozri: WOLVERTON, Troy (August 13, 2013): Wolverton: Elon Musk's Hyperloop hype ignores practical problems. *The Mercury News*. Retrieved September 15, 2016.
- WOLVERTON, Troy (August 13, 2013): Wolverton: Elon Musk's Hyperloop hype ignores practical problems. *The Mercury News*. Retrieved September 15, 2016.
- CHEE, Alexander (November 30, 2015): The Race to Create Elon Musk's Hyperloop Heats Up. *Wall Street Journal*. Retrieved January 21, 2016.
- LEE, Dave (May 14, 2016): Magnetic Hyperloop pod unveiled at MIT. BBC. Retrieved February 1, 2017.
- ZIMMERMAN, Leda (February 1, 2016): MIT students win first round of SpaceX Hyperloop contest. Retrieved February 1, 2017.
- PIETERS, Janene (January 30, 2017): Delft students win Elon Musk's hyperloop competition. *NL Times*. The Netherlands. Retrieved April 17, 2018.
- Hyperloop, MIT (January 30, 2017): MIT Hyperloop Flight Jan 29th 2017 - First Ever Low Pressure Hyperloop Run. Youtube. Retrieved February 1, 2017 [online] [cit. 9.01.2019]; <http://yalibnan.com/2016/01/31/mit-students-win-design-competition-for-elon-musk-hyperloop/>.
- Here are the big winners of Elon Musk's Hyperloop pod competition. *Business Insider Deutschland* (in German). Retrieved 2018-04-16.
- Viac uvedené in: Matúš, M.: Európsky Hyperloop nás odvezie rýchlosťou zvuku [online] [cit. 9.01.2019]; <https://refresher.sk/42034-Zabudni-na-lietadla-aj-auta-vlak-z-budcnosti-je-uz-na-cesto-Europsky-Hyperloop-nas-odvezie-rychlostou-zvuku>.
- KOVÁČ, Bohumil: Výskumné koncepcie... In: Hyperloop Bratislava - Brno Hyperloop Hyperproject. Výskum koncepcie systému Hyperloop Research design concepts for the Hyperloop system. 1. vyd. Bratislava: STU, 2018, s. 17.
- Hyperloop: Bratislava - Brno Hyperloop Hyperproject*. Výskum koncepcie systému Hyperloop Research design concepts for the Hyperloop system. 1. vyd. Bratislava: STU, 2018, s. 16. ISBN 978-80-570-0282-6.
- Viac o metóde in: DE VAUS, D. A. (2001): *Research design in social research* [online]. London: SAGE, 2001. March 20, 2018; <http://uir.unisa.ac.za/bitstream/handle/10500/1796/04chapter3.pdf>.
- Miniloop – zdvihnutá trať MHD, prípadne cyklotrasa v meste. Pozri napríklad: <https://socialcycling.com/2018/04/21/miniloop-elevated-bike-pathway/> alebo <https://inhabitat.com/this-all-weather-bicycle-highway-could-fulfill-the-dreams-of-bike-commuters-everywhere/?variation=d>.
- Viac o brownfieldoch in: KYSELOVÁ, K.: Projekty pre brownfield a ich mapovanie. *UzemnePlany.sk – Najväčší informačný portál o architektúre, urbanizme, územnom plánovaní a rozvoji Slovenska* [online] [cit. 26.02.2018]. Dostupné na internete: <http://www.uzemneplany.sk/sutaz/projekty-pre-brownfield-a-ich-mapovanie>.
- Hyperloop: Bratislava - Brno Hyperloop Hyperproject*. Výskum koncepcie systému Hyperloop Research design concepts for the Hyperloop system. 1. vyd. Bratislava: STU, 2018, s. 139. ISBN 978-80-570-0282-6.
- Viac in: AUFRICHTOVÁ, Zuzana, HANUS, Július: Kvalita sídelného prostredia. ALFA 3/3014, FA STU 2014. ForPress NITRIANSKE TLAČIARNE, s. r. o., s. 64 – 71. ISSN 1135-2679.
- Viac o paradigme in: ŠPAČEK, Robert, LEGÉNY, Ján, MORGENSTEIN, Peter: Zmena urbanistickej paradigmy. ALFA 3/3014, FA STU 2014. ForPress NITRIANSKE TLAČIARNE, s. r. o., s. 38. ISSN 1135-2679.