

Estonian Business School

Ettevõtluse õppetool

ERIALANE KURSusetöö

Teema: “SkyWay – Teisel tasapinnal paiknev 21. sajandi transpordisüsteem.
Selle areng, omadused ning võrdlus teiste rööbastel liikuvate
transpordisüsteemidega.”

Mihkel Liivakant

Juhendaja: Külli Hansen

Tallinn 2019

SISUKORD

JOONISTE LOETELU	3
SISSEJUHATUS	4
1. MIS ON SKYWAY TEHNOLOOGIA?.....	5
1.1. Tehnoloogia autorist	6
1.2. Miks SkyWay?	8
1.3. SkyWay võimalikud puudused	9
1.4. SkyWay maksumus.....	9
1.5. ÖkoTehnoPark (Marina Gorka, Valgevene).....	10
1.6. Innovatsioonikeskuse ehitus (Sharjah, AÜE)	11
2. RÖÖBASTEL TRANSPORDITEHNOLOOGIAD	13
2.1. Kiirrongid.....	13
2.2. Monorail.....	14
2.3. Metroo	15
2.4. Kergrööbasttransport ehk tramm	15
2.5. Maglev	16
KOKKUVÕTE	18
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	20

JOONISTE LOETELU

1. SkyWay trossrööpa läbilõige ja osade kirjeldus. Allikas: GTI, 2018, lk. 35.	5
2. Visioon SkyWay transpordi erinevatest tasanditest. RSW, 2015.	8
3. Unibus (üleval) koos Unibike'ga liuglemas ÖkoTehnoPargis. Allikas: Railway Technology, 2018.	11
4. AUE-s asuva SkyWay Innovatsioonikeskuse kontseptsioon. Allikas: Actu, 2018.	12
5. Dubai-Palm monorail. Allikas: Witpress, lk. 246.	14
6. 430 km/h sõitev Maglev'i rong Hiinas. Allikas: Civil Engineering Magazine, 2004.	17

SISSEJUHATUS

Tänapäeva maailm areneb tohutul kiirusel. Kui me võrdleme 15-20 aasta taguseid mobiiltelefone hetkel olemasolevatega, siis oskab ilmselt iga täiskasvanud inimene ette kujutada, millise kiirusega tänapäeva maailm on võimeline arenema. Selle nähtuse üheks soosivaks teguriks on Internet, mille abil informatsioon levib väga kiiresti üle kogu maailma. Käesolevas erialases kursusetöös keskendume peamiselt rööbastel liikuvatele transporditehnoloogiatele. Üldiselt on levinud teadmine, et transpordivaldkond areneb kõige kiiremini ratastel liikuvate sõiduvahendite näol. Võime samuti väita, et oleme jõudmas uude ajastusse, kus elektrienergiat liikuvate sõiduvahendite vajadus on möödapääsmatu kui me soovime säästa keskkonda. Selle kinnituseks on Aston Martin'i automarki tootev ettevõtte ja nende uus kontseptsioon täielikult elektrilisest mudelist (Carmagazine, 2019). Nii Audi kui Volkswageni esindajad on avalikult välja öelnud, et kaalutakse võimalusi ning liigutakse elektriautode tootmise suunas (CNBC, 2019). Kindlasti on paljudele teada elektriautode lipulaevaks peetav ettevõtte Tesla Inc, mis on juba alates 2012 aastast tootnud sama nimelisi elektriautosid (Wikipedia). Areng elektrifitseeritud transpordi suunas toimub suuresti tänu sellele, et maailm on jõudmas ühisele arusaamale, et sise põlemismootorid saastavad kütuse põlemise näol tohutult õhku. Šveitsi endine transpordi ja keskkonnaminister on öelnud, et riiklik plaan näeb ette, et aastaks 2022 on uutest registrisse kantud sõidukitest elektriliste autode osakaal 15% (Swissinfo, 2018).

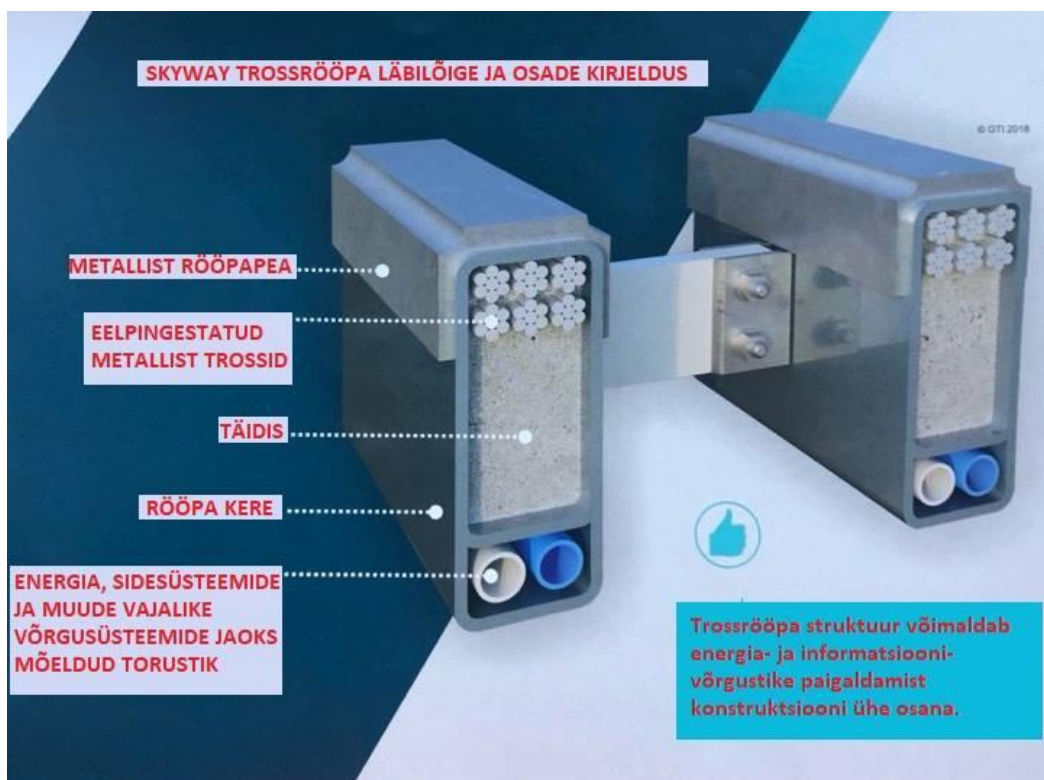
Esimene elektrifitseeritud raudtee avati 1895 aastal. Alates sellest ajast on olnud rongide, trammide ja metroode liikumisteks rööpad, mis paiknevad peamiselt maapinnal (Wikipedia).

Käesoleva erialase kursusetöö eesmärk on tutvustada uutset SkyWay tehnoloogiat ning võrrelda seda juba olemasolevate teiste sarnaste transpordilahendustega.

1. MIS ON SKYWAY TEHNOLOOGIA?

SkyWay (tõlkes taevatee) on maapinna kohal paiknev, ülimalt efektiivne transporditehnoloogia, mille aluseks on uuenduslik trossrööbasestakaad, mis eristub oma ideaalselt sirge ja sileda teestruktuuri ja tugevuse poolest. SkyWay on täiesti uus tehnoloogia, mis koosneb küll juba varasemalt teadaolevatest ideedest ja materjalidest, kuid pole selliselt kunagi varem omavahel kokku pandud. Nende sümbioos ongi see, mis muudab selle niivõrd vastupidavaks ja efektiivseks – teise tasandi trossrööbastranspordiks.

Joonis 1. SkyWay trossrööpa läbilõige ja osade kirjeldus. Allikas: GTI, 2018, lk. 35.



Kokkuvõtvalt on trossrelss SkyWay konstruktsiooni üheks põhiliseks osaks. See on metallkarp või –toru, mille sees on eelpingutatud ülitugevast terasest trossid. Trossid fikseeritakse eribetonist täidisega. Täidis kaitseb trosse korrodeerumast, muudab

reli seinad tugevamaks ja summutab heli. Samuti on võimalik ja mõistlik lisada trossreli konstruktsioonile erinevate energia- ja sidesüsteemide võrgustiku loomiseks tarvilik torustik.

Peamised SkyWay's kasutusel olevad rööbasteede liigid on monorelss (rööpaalusele transpordile) ja birelss. Relsi sile teraskate, millel veereb ratas ja ratasmootori unikaalne konstruktsioon, tagavad minimaalse energiakulu. Energiat aitab säästa ka veeremi ideaalselt voolujooneline kuju. Tänu sellele omab SkyWay suurepäraseid käidunäitajaid ja lahendab terve hulga päevakajalisi transpordiprobleeme. Kompleks hõlmab ka taristut: peatusi, jaamu, terminale ja remonditöökodasid (100 küsimust – 100 Vastust, 2016, lk. 7).

SkyWay tehnoloogia puhul teebki selle rööbastee struktuuri eriliseks asjaolu, et relss on ühes tükis kogu konstruktsiooni ulatuses. Seal ei ole tehnoloogilisi ega temperatuurivuuke. Kogu trass paikneb 2 kuni 100 meetri kõrgusel maapinna kohal. See on kinnitatud ankurtugedele (2-5 km vahedega) ja vahetugedele (25-100 m vahedega). Relsid võivad olla kas painduvad (rippteed), pooljäigad või jäigad (fermid).

Aaron J. Hargraves (2013, lk. 86) väidab oma 2013 aastal tehtud bakalaaurusetöös, et trossrööbastranspordi tehnoloogia on üle 75% soodsam võrreldes tavapärase raudteega ning 35-62% soodsam võrreldes monorail'ga. Youtube keskkonnas on alates aastast 2018 leitav SkyWay tehnoloogiat põhjalikumalt tutvustav presentatsioon nimega "SkyWay Presentation". Samuti on leitav suur hulk materjale insener ja Dr A. Yunitskiy teadustöödest tema isiklikul kodulehel.

1.1. Tehnoloogia autorist

SkyWay trossrööbastranspordi tehnoloogia (Yunitskiy String Technologies) autor ja ülddisainer on Valgevene kosmoseteadlane ning insener Dr. Anatoly Yunitskiy. Ta on samuti olnud Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni kahe projekti projektijuht ning NSVL kosmonautika liidu liige. Tema nimele kuulub enam kui 150 leiutist. A. Yunitskiy omab enam kui 20 monogrammi ja ta on teostanud üle 200 teadusliku töö. A. Yunitskiy on SkyWay Technologies Co. juhatuse esimees ja peadirektor. SkyWay autor on pärjatud kahe kuldmedaliga Venemaa Rahvamajanduse Saavutuste Näituselt.

Samuti võitis ta 2017 aastal kuldse kaariku auhinna kategoorias: “Kõige innovaatisem ja ökonoomsem transpordi projekt” (Transportaward, 2017). Lisaks omab ta veel 40 rahvusvahelise näituse diplomit ja muid auhindu ning tunnustusi.

SkyWay tehnoloogia erinevaid nüansid on patenteeritud, et vältida idee sattumist konkurentide kätte. Kõikvõimalike autori erinevate tööde, patentide, näituste ning auhindade saamise ajalooga ning konkreetselt SkyWay tehnoloogia arendamisega seotud etappidega on võimalik tagasivaatavalt tutvuda autori enda ametlikul kodulehel (www.yunitskiy.com).

SkyWay'st ehk teise tasandi transpordist on juba 1973 aastast olemas autori visandatud joonised. See tõendab, et Dr. Anatoly Yunitskiy on tegelenud konkreetselt teise tasandi transpordi kontseptsiooni arendamisega üle 40 aasta. Kõikides arenguetappides tehtud tööd on tema poolt jooksvalt üles täheldatud. Youtube'i keskkonnast leitavas avalikus pöördumises, viitab A. Yunitskiy Trans-Siberi raudtee trassile, mis ehitati 19. sajandil ja on üle elanud kõik kodusõjad ja maailmasõjad. See infrastruktuur toimib tänase päevani. Sellele väitele toetudes saame öelda, et me kasutame tänapäeval endiselt juba kaua aega tagasi ehitatud raudteid, neid pidevalt uuendades. Seda mitte ainult Venemaal, vaid kogu maailmas. Täna on aga teada, et SkyWay on oluliselt efektiivsem ning säästlikum tehnoloogia, mille trassi lubatav eluiga on 50-100 aastat (100 küsimust – 100 vastust, 2016, lk. 20).

Näiteks Pedja-Vägeva raudtee püsis peale kapitaalremonti hea kvaliteediga alates 2001 aastast kuni 2015 aastani ja ei vajanud arvukalt remonttöid. Peale kapitaalremonti Tartu-Ropka lõigul oli vaja teostada mahukaid lisatöid juba järgneval aastal (TKTK, lk. 44). Kasutuses on olnud tihtilugu ka männist tehtud liiprid, mille eluiga ei ole rohkem kui 12-15 aastat. Raskemast puidust, metallist ja betoonist liiprite eluiga on 30-50 aastat. (Iopscience, lk.2).

Selleks, et kokku hoida ehitus- ja remonttööde kuludelt on oluliselt mõistlikum paigaldada ökoloogilisem, turvalisem, kiirem, efektiivsem ning oluliselt odavam teise tasandi trossrööbastransport (100 küsimust – 100 vastust, 2016, lk. 53).

Rail Balticu trass, mida plaanitakse Eestisse ehitada, hakkaks kasutama samuti 19. sajandi põhimõtet – raudtee ehitatakse mööda maad läbi metsade ja soode. Planeeritavale trassile ette jäävad elamud paraku aga likvideeritakse ehk sisuliselt inimesed jäävad oma kodudest ilma ja on sunnitud kolima mujale. Erinevad

spetsialistid arvavad, et Rail Balticu ehituskulude tagasitasuvuse aeg ei saabugi mitte kunagi (Objektiiv, 2016). SkyWay on aga ideaalne alternatiivne lahendus Rail Balticu projektile, kuna mõju ökoloogiale oleks minimaalne. Alles jääksid ka inimeste kodud ja tagasitasuvuse aeg oleks lähitulevikus.

1.2. Miks SkyWay?

Kujutagem ette, et soovime Tartust Tallinnasse sõita. Oleme harjunud, et ligi 200 kilomeetrise vahemaa läbimiseks kulub vähemalt kaks tundi. Hüpoteetiliselt lüheneb tänu SkyWay'le sama pikkusega vahemaa läbimine 20-30 minutini. Indias, Himachal Padeshi mägises osariigis on SkyWay potentsiaal veelgi suurem. Selle osariigi endise Ministri intervjuus (2017) on selgelt SkyWay eelised välja toodud. Skyway puhul mängib olulist rolli estakaadi ehk rööbasstruktuuri teisele tasandile tõstmine, mis muudab selle ohutumaks, sest puuduvad tavalised ristmikud. SkyWay trassidel liigub transport mööda rööbast vaid ühes suunas ja rööpad paigutuvad vajadusel üksteise suhtes erinevatele kõrgustele.

Joonis 2. Visioon SkyWay transpordi erinevatest tasanditest. RSW, 2015.



Ummikud on aga tavaline olukord autoteedel liigeldes. Samuti raudtee ja autoteede ja/või kõnniteedega ristumiskohad on potentsiaalselt ohtlikud. On teada nii mõnigi surmajuhtum, milles inimene või auto on kokku põrganud rongiga (ERR, 2013).

Veel on olemas erinevad trossrööbastehnoloogial põhinevad gondlid Šveitsi suusakuurortites ning näiteks Rumeenia kuurortlinnas nimega Constanta. Viimasega olen ka isiklikult sõitnud (Inspirock, n.d.). SkyWay on sellegipoolest esimene, mis pakub võimalust liikuda teisel tasandil ehk maapinnast kõrgemal nii linnasiseselt kui ka pikki vahemaid, vastavalt 150 km/h kuni 500 km/h kiirusel. Samuti näitavad Dr. A. Yunitskiy ja tema meeskonna poolt tehtud teaduslikud arvutused ning katsed, et SkyWay on soodsam, turvalisem ning ökoloogilisem kui kõik teised tänapäeval teadaolevad rööbastranspordid (A. Yunitskiy, n.d.).

1.3. SkyWay võimalikud puudused

SkyWay osas on toodud välja ka miinuskohti. Üheks selliseks peetakse tema uudsust. Seda, et tehnoloogiat on veel vähe katsetatud. Teine asjaolu, millele saab viidata on see, et hetkel on võimalik tehnoloogiat näha ainult ÖkoTehnoPargis, mis asub Valgevenes. Samuti on ehitustööd pooleli Dubai lähistel asuvas innovatsioonikeskuses. Viimases on kavas ka kiirrongi (kuni 500 km/h) sertifitseerimine. Seega üheks miinuseks on praegu 2019 aastal veel ka see, et pole sertifitseeritud kiirrong. See tähendab, et hetkel seda veel kasutada ei saa. Samuti on iga uudse tehnoloogia arendamisel tekkivad väljakutsed nii-öelda probleemid, mis vajavad lahendust. Kuna SkyWay tehnoloogiat pole veel laialdaselt kasutatud siis igas kliimavöötmes on ilmastik erinev. Samuti on erinevates maailma paikades erinev maastik, mille tagajärjel võivad tekkida uued väljakutsed. Seega, mingil määral teadmatust võib lugeda üheks miinuseks. Samuti on uudse tehnoloogiaga kaasnevaks probleemiks tihtilugu konkurentide usin vastutegevus ehk protsessi tahtlik takistamine ja/või võimalik ideede kopeerimine jms tegevus. Mõjuvõimu saab kasutada, et hüpoteetiliselt näiteks altkäemaksu andes, osta ära poliitikute, ajakirjanike ja mõjuvõimu omavate inimeste arvamusi. Selle tagajärjel võib kannatada saada SkyWay maine (TheEconomicTimes, 2017). Seega on väga oluline juhtkonna visioon ja järjekindlus!

1.4. SkyWay maksumus

SkyWay liini 1 km ehitamise maksumus varieerub sõltuvalt sellest, kas tegu on ühe või kaheteelise, suure või väikese kiirusega, linna- või linnadevahelise, reisijatele, veosteale või mõlemale mõeldud või spetsialiseeritud liiniga. Samuti kas see on

rööpapealset või –alust tüüpi, ülikerge, kerge, keskmise, raske või üliraske klassi liin. Samuti sellest, kas jaamad, vaksalid, depood, kaubaterminalid ja teised taristuelemendid paiknevad liinil tihedalt või hõredalt ning kas kasutatakse käsitsi, poolautomaatse või automaatse juhtimise süsteemi ja liikluse korraldust. Veel enam sõltub maksumus sellest, kas toed on madalad või kõrged, kas silded on pikad või lühikesed. Võttes arvesse keskmiselt kõiki kirjeldatud näitajaid on SkyWay kaheteelise liini (kiirus 450 km/h) ühe kilomeetri maksumus tasandikul umbes 3-5 miljonit USD. Mägedesse paigaldamisel on kilomeetri maksumus umbes 7-10 miljonit USD, merele paigaldades 5-7 miljonit USD (juhul kui tee paikneb mandrilaval ehk vee kohal) ja 10-15 miljonit USD kui tee paikneb torus (100 küsimust – 100 vastust, 2016, lk. 49).

1.5. ÖkoTehnoPark (Marina Gorka, Valgevene)

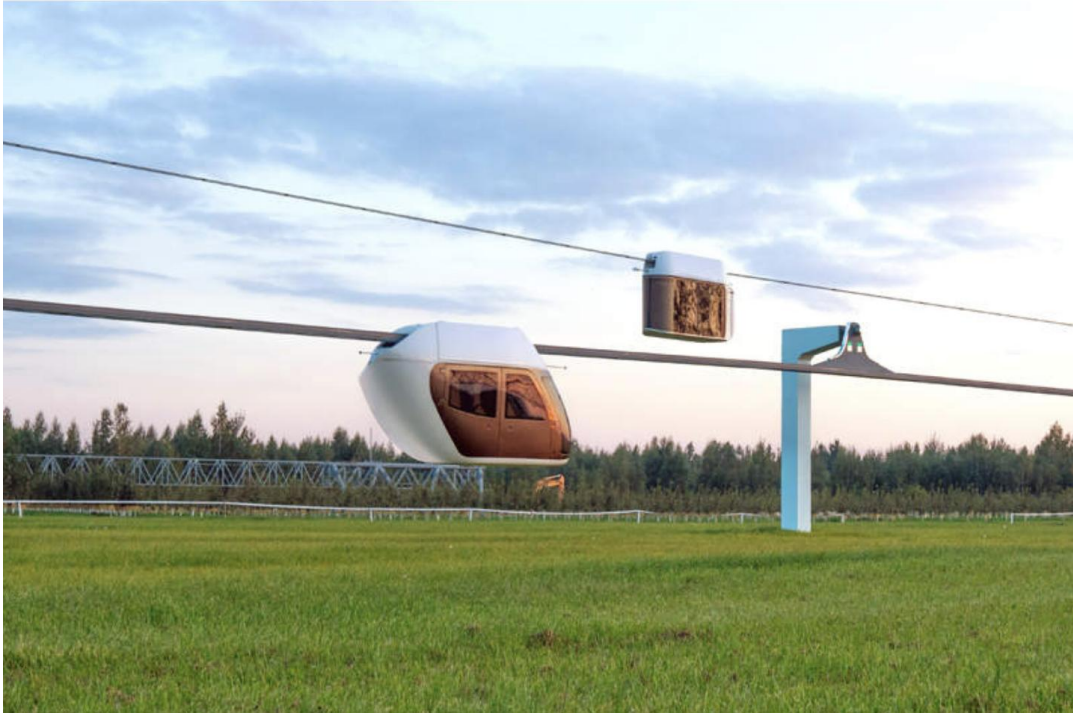
ÖkoTehnopark on loodud tehnoloogia demonstreerimise ja sertifitseerimise eesmärgil. Selleks, et midagi uut maailmale näidata on vaja see ka valmis teha. Selle jaoks, et uut toodet ka reaalselt turule kasutamiseks pakkuda on vaja see sertifitseerida ja kehtivate standartidega vastavusse viia. Seda selleks, et tagada ohutus, kvaliteet jm olulised nüansid (TTÜ, 2011).

Millegi suurejoonelise loomiseks on vaja mõelda suurelt ning tegutseda vastavalt. Nende sõnade kinnituseks otsustatigi alustada projekti ÖkoTehnoPark ehitamist Valgevenes, Marina Gorkas, Minski lähistel. Null-kilomeetri tseremoonia toimus 17.10.2015 (Interfax, 2015) mis tähistas projekti ehituse algust (Gorka, 2015).

ÖkoTehnopargis on võimalik sõita juba sertifitseeritud mudelitega nagu näiteks Unibike ja Unibus (Taevatee, 2017). Oman ka isiklikku sõidukogemust - kui külastasin esmakordselt SkyWay ÖkoTehnoParki aastal 2018. Jäädvustasin elamuse ka videole, mis on leitav Youtube keskkonnast. Tänu valminud ehitustöödele ja edukatele sertifitseerimisprotsessidele on olnud ka huviliste hulk üle kogu maailma suur. Märtsi alguses 2019 aastal külastas ÖkoTehnoParki teistkordselt Peruu presidendi kandidaat Claudio Alejandro Zolla Suarez ning veidi aega hiljem Malaisia äriühingonna esindajad (SWC, 2019). Sama allika põhjal (2019) on hiljutiste külaliste seas ka Gruusia valitsuse ja äriühingonna esindajad. A. Yunitskiy isiklikult kodulehelt on võimalik leida tagasivaatavalt läbi kogu ajaloo kõikide visiitidel käinud inimeste

nimed, staatused ja eesmärgid. Samuti on võimalus lugeda uudiseid partnerettevõtte SkyWay Capital kodulehelt.

Joonis 3. SkyWay Unibus (üleval) koos Unibike'ga liuglemas ÖkoTehnoPargis. Allikas: Railway Technology, 2018.



1.6. Innovatsioonikeskuse ehitus (Sharjah, AÜE)

SkyWay meeskond on korduvalt käinud tehnoloogiat tutvustamas sellistel suurnäitustel ja messidel nagu Future Cities Show Dubais (Epicos, 2018) ja Innotrans Saksamaal (Railway Technology, 2018). 2019 aasta alguses toimus Dubais suurejooneline World Government Summit (Wikipedia), mis tõi kokku enam kui 140 riigi ja regiooni juhid. Selle sündmuse raames tutvustas Dubai Teede Ministeerium (RTA) SkyWay tehnoloogiat kui nende uut innovatsioonilist projekti nimega Dubai Sky Pods (Arabianbusiness, 2019).

Kuulajate seas olid näiteks Dubai Emiir, Araabia Ühendemiraatide peaminister, šaik Muḥammad bin Rāshid Āl Maktūmile, kes külastas SkyWay väljapanekut koos pojaga. Kõigele lisaks eraldatakse 19% Dubai linna käesoleva aasta eelarvest RTA-le uuenduslike ja innovaatiliste tuleviku projektide arendamiseks, mille üks osa läheb ka SkyWay tehnoloogia arendamiseks (RTA, 2019).

Kõige selle tulemusel on edukalt alustatud ehitustöid Dubai lähistel asuvas Ash-Shāriqahi Emiraadis. Ehitustöösid alustati uue SkyWay innovatsioonikeskuse rajamise

eesmärgil koostöös Sharjah innovatsioonikeskuse ja tööstuspargiga STRIP (SWC 2019). Selle kõige üheks eesmärgiks on kohaneda ja kohendada erinevad sõiduvahendid nagu näiteks Unibike ja Unibus troopiliste kliimade jaoks. Loodetavasti juba käimasoleva aasta lõpus on võimalik näha esimesi troopilisi mudelid seal ka sõitmas. Kõike seda on tarvis teostada, et sertifitseerida ametlikult tooted ehk erinevad mudelid vastavalt troopilises kliimas olevatele standarditele ja nõuetele. Kontrollitakse selliseid nüansse nagu sõiduvahendi vastupidavus kõrbekuumusele ja kuidas mõjutab meri ja sealt tulenev sool ning kõrbes lendlev liiv sõiduvahendeid. Samuti kas näiteks ukсед liiguvad korrapäraselt ja konstruktsioon on edukalt paigaldatav ka liivastele tasapindadele. Kokkuvõtvalt on sertifitseerimiseprotsess väga põhjalik. Töö käib Innovatsioonikeskuses pidevalt ja selle kohta on autor A. Yunitskiy avaldanud ka mitmeid videosid, mis on leitavad Youtube'i keskkonnast.

Joonis 4. AUE-s asuva SkyWay Innovatsioonikeskuse kontseptsioon. Allikas: Actu, 2018.



2. RÖÖBASTEL TRANSPORDITEHNOLOOGIAD

Kui SkyWay on alles alustanud oma teekonda siis vanimaks raudteeks maailmas peetakse aga praeguseni töötavat Middleton'i raudteed, mis ehitati 1758 aastal (Wikipedia). Alguses tegid tööd hobused ning alates 1812 aastast auruvedur. 1830 aastal avati esimene linnadevaheline raudteeühendus Manchesteri ja Liverpooli vahel. Järgmise 30 aastaga suurenes Inglismaa raudteede võrk kogupikkuseni 16 000 kilomeetrit. USA raudteede kogupikkus jõudis 1890 aastaks ligi 263 000 kilomeetrit (Wikipedia).

Auruvedurite valitsemisaeg raudteetranspordis kestis ligi 100 aastat. Nad olid ehituselt lihtsad ja küllaltki võimsad, kuid enne sõitu pidi katelt mitu tundi kütma. Samuti olid miinusteks kõrged hoolduskulud, aeglane kiirendus, suur mass ja vähene efektiivsus manöövritel. Aastal 1881 rajas Werner von Siemens Berliini 2,5 kilomeetri pikkuse elektritrampi liini (Siemens, n.d), millele järgnes elektrivedurite kasutuselevõtt allmaaraudteedel Londonis 1890 aastal (City and South London Railway, n.d.) ja Budepestis 1896 aastal (Visitbudapest, n.d.). Esimene diiselveður valmis 1912 aastal, kuid massiliselt võeti seda kasutusele alles möödunud sajandi keskpaigast alates. Wordlbank'i andmetel on maailmas kokku raudteesid enam kui miljon kilomeetrit. Seega potentsiaal antud turul on SkyWay'l tohutu. Sarnaselt rööbastel liikuvaid, kuid erinevatel tehnoloogilistel aspektidel põhinevaid transpordivahendeid on maailmas mitmeid. Nendeks on näiteks pikamaarongid (aeglased ja kiired), lühematele distantsidele mõeldud linna ja linnalähisrongid ning trammid. Samuti eristatakse näiteks metrood, mis peamiselt asub metropolides maa all. Veel on olemas rööbastel ja tihtilugu esimesest tasapinnast kõrgemal asuv maglev ning monorail.

Meie keskendumegi edaspidises töös kiirete pikamaarongide, monorail'i, metroo ning trammi omadustele ja näitajatele, et seejärel võrrelda neid SkyWay'ga.

2.1.Kiirrongid

Esimest elektrifitseeritud kiirrongi tutvustati Jaapanis 1964 aastal, mis ehitati Tokyo ja Osaka linnade ühendamiseks. Samuti on kiirrongi teed ehitatud Hispaaniasse, Prantsusmaale, Saksamaale, Itaaliasse, Hiinasse, Taiwaani, Inglismaale, Lõuna-Koerasse, Skandinaaviasse, Belgiasse ja Hollandisse (Wikipedia). Kiirteede maksumuse juures on väga heaks näiteks võtta Hiina, kes on ehitanud 7 aastaga üle

10 000 km kiirrongiteid ning teinud seda keskmiselt 17-21 miljoni USD maksumuses kilomeetri kohta. Euroopas on kiirrongiteede ehituse maksumus 25-39 miljonit USD / km ning Californias plaanitav tee maksumus on 56 miljonit USD kilomeetri kohta. Kiirused ulatuvad nende teedel sõitvatel rongidel 200-350 km/h (Worldbank, 2014). Kiirrongid ehitatakse tavaliselt maa peale ning nad ristuvad ka teiste teedega. Ühe näite saame veel tuua Eestisse kavandata Rail Balticu näol. Selle projekti Eestisse planeeritava 213 kilomeetrise lõigu maksumus oleks tänastel andmetel 1.6 miljardit eurot. See teeb esialgseks prognoositud ühe kilomeetri maksumuseks veidi enam kui 7.5 miljonit eurot (Ärileht, 2018).

2.2. Monorail

Monorail on üks transpordisüsteeme, mis on mõeldud peamiselt reisijate vedamiseks. Monorail'i kutsutakse selliselt tema ühe rööpalise teestruktuuri omaduse pärast, millel ta liigub. Enamjaolt on raudtee tõstetud maapinnast kõrgemale, kuid seda on võimalik paigaldada ka tasasele pinnale või tunnelisse. Wikipedia andmetel paigaldati esimene üldiselt teada olev monorail 1901 aastal Saksamaale, Wuppertal'i. Olenemata monorail'i tohutust üldsuse huvist on võimalik monorail'i kohata peamiselt transpordimessidel ja lõbustusparkides. Seda tehnoloogiat on kõikidest teistest rööbastel sõitvatest võimalustest kasutatud kõige vähem. Seda suuresti tänu selle vähesele ökonoomsusele ja vähesele võimele transportida palju inimesi korraga.

Joonis 5. Dubai-Palm monorail. Allikas: Witpress, lk. 246.



Dubai Palm'is, Araabia Ühendemiraatides asuv monorail on esimene õnnestunud projekt Lähis-Idas. Selle 5,45 kilomeetrise trassi ehitus algas 2006 aasta märtsis ning lõppes trassi ametliku avamisega 2009 aasta aprillis. Dubai Palm'is asuva monorail'i maksumus oli 380 miljonit USD, mis teeb ühe kilomeetri hinnaks ligi 70 miljonit

USD (Witpress lk. 246). See on kümme ja enamgi korda kallim kui SkyWay trassi ühe kilomeetri maksumus. Dubai's asuva monorail'i maksimum kiirus on 70 km/h. Näiteid saab tuua veel Ameerikast, täpsemini New Jersey'st, kus ehitati lennujaama 4.8 km monorail'i teestruktuur. Selle maksumus kujunes 138.7 miljonit USD kilomeetri kohta.

2.3.Metroo

Metroo on peamiselt kasutuses metropolides ehk suurlinnades. Metroo teestruktuur on üldiselt kõikidest muudest teedest eraldiseisev ehk ei ristu autoteede jms, asudes peamiselt maa all tunnelites. Esineb ka tasapinnast kõrgemale tõstetud teestrukture, peamiselt linnaäärsetel või välistel aladel. Tunnelite ehitamine maa alla muudab aga ehituse küllaltki keeruliseks ning finantsiliselt kulukamaks, võrreldes maapinnale paigaldatavate süsteemidega. Rongid on elektrifitseeritud ehk kasutavad liikumiseks elektrijõudu läbi kolmanda rööpa olemasolu, mis elektrit nii-öelda edasi kannab. Nende omapära on see, et metroos sõitvad rongid suudavad üldiselt kiirendada ning pidurdada kiiremini kui rasked pikamaa rongid (Wikipedia).

Näiteks Hiinas, Beijingis oli eeldatav metroo esimese liini ühe kilomeetri ehituse maksumus 1984 aastal 150 miljonit CNY. 2007 aastaks oli sama metroo viienda liini ehituse ühe kilomeetri maksumus juba 500 miljonit CNY, mis on ligikaudu 75 miljonit USD / km (Lieyun DING, Jie XU, lk.5). Tänapäeval öeldakse, et 1 miljard USD ei vii meid metrooga väga kaugele. Seda sellepärast, et näiteks New Yorgis teisele avenüüle planeeritava 13.7 km pikkuse metroo maksumus on eeldatavalt 17 miljardit USD ehk enam kui 1.2 miljardit USD kilomeetri kohta (Citylab, 2011). Wikipedia andmetel on Stockholmi metroo maksimum kiirus 80 km/h. Tänu tihedalt asuvatele peatustele, jääbki metroo kiirus üldiselt madalaks. Samadel andmetel on näiteks Moskvas asuva metroo kiirus pikemate distantside puhul keskmiselt 41.7 km/h.

2.4.Kergrööbasttransport ehk tramm

Trammi tuntakse peamiselt tema kerguse ja aeglasema kiiruse poolest. Samuti on trammiteed peamiselt paigaldatud linnades, kus tema eesmärk on transportida inimesi (Wikipedia). Tallinna tänavatel on samuti võimalik näha endiselt sõitmas tramme. Alles hiljuti, 2017 aastal avati uus, 700 meetrine trammitee, mis ühendab Peterburi

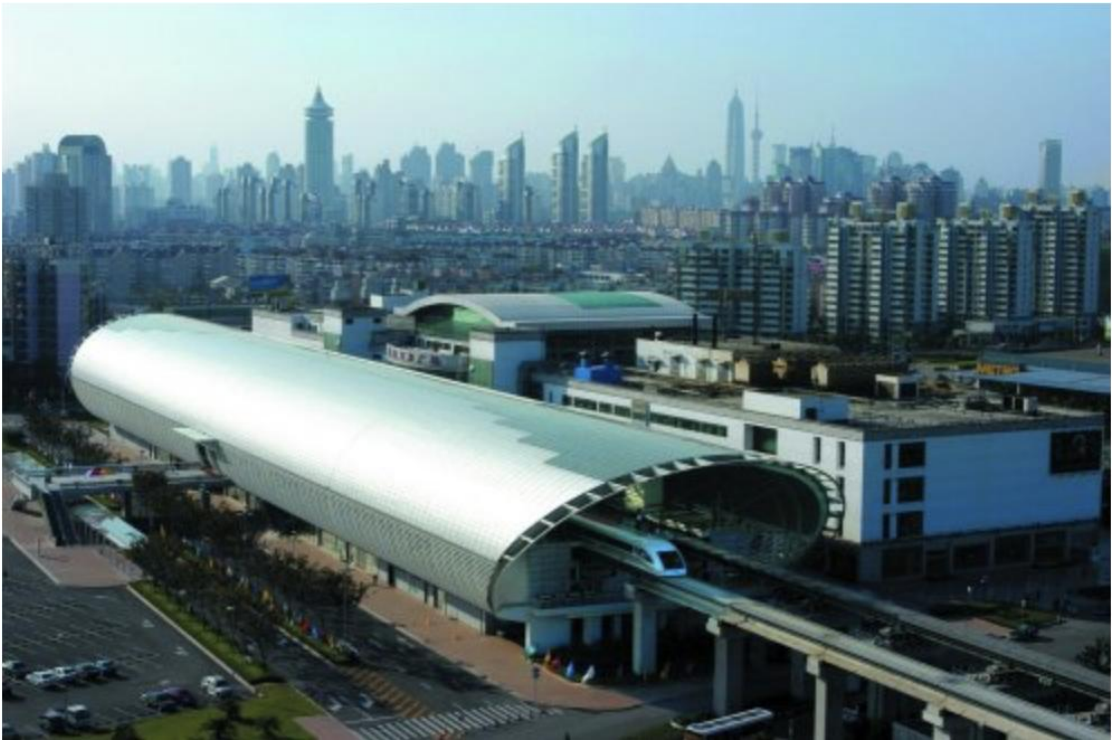
maantee äärset ala lennujaamaga. Antud projekti maksumuseks kujunes 12,5 miljonit eurot, ühe kilomeetri maksumusega 17,9 miljonit eurot (Delfi, 2017). Seega on SkyWay selgelt soodsam, keskmise maksumusega umbes 3,6 miljoni eurot (3-5 miljonit USD) kilomeetri kohta. Samuti on Edinburgis 4,6 kilomeetrise kesklinnast Newhaven'isse planeeritava trammitee lõigu maksumus ligi 239 miljonit eurot ehk ligi 52 miljonit eurot kilomeetri kohta (BBC, 2019). Keskel läbi on trammide keskmine kiirus 20 km/h (UITP, lk. 31).

2.5. Maglev

Maglev'i, teiste sõnadega magnethõljukrongi tööprintsibiiks on magnetväljade kasutamine. Magnethõljukrongil on mitmeid eeliseid seniste transpordivahendite ees. Ta liigub esiteks mõne sentimeetri kõrgusel teepinna kohal seda puudutamata, mistõttu tal puuduvad rattad, teljed, ülekanded ja muud liikuvad ning seetõttu hõõrduvad osad. Hõõrdejõu ületamine aga nõuab suure osa rongi liikumiseks kuluvast energiast. Magnethõljukrong on energeetiliselt efektiivsem ja võimaldab märgatavat energiasäästu, mis muutub tänapäeval üha olulisemaks (Tehnikamaailm, 2007). Samas artiklis öeldakse, et maglev kasutab vaid elektrienergiat ning on suuteline liikuma kiirusega kuni 600 km/h, mis on ka otseseks konkurendiks SkyWay'le kiiruse näitajate osas.

Esimene magnethõljukrong asus tööle regulaarsel reisijateveol Hiinas, Shanghai Long Yangi metroojaama ja Pudongi rahvusvahelise lennujaama vahel spetsiaalselt selleks ehitatud 30 km pikkusel kaherealisel trassil. Shanghai 30 kilomeetrise teestruktuuri maksumus kujunes 1.2 miljardit USD, mis teeb ühe kilomeetri hinnaks 40 miljonit USD (Civil Engineering Magazine, 2004). 2015 aasta aprilli kuus tegi Maglev'i tehnoloogial sõitev rong Jaapanis kiiruserekordi, purustades kõik eelnevad. Uus rekord on 603 km/h. Olenemata suurtest võimalikest kiirustest on see tehnoloogia siiski küllaltki kulukas. 2014 aastal Jaapanis Tokyo'st Nagoya'sse planeeritava Maglev'i tehnoloogial põhineva 286 kilomeetri pikkuse raja maksumus oli 9 triljonit Jeeni ehk 80.3 miljardit USD. See teeb ühe kilomeetri maksumuseks 280 miljonit USD. Kui kiiruse perspektiivis on Maglev vähemalt sama kiire kui SkyWay siis maksumuse osas on SkyWay eeldatav kilomeetri hind märgatavalt soodsam (Japan Rail Pass, n.d.).

Joonis 6. 430 km/h sõitev Maglev'i rong Hiinas. Allikas: Civil Engineering Magazine, 2004.



KOKKUVÕTE

Võrreldes peamiseid teadaolevaid rööbastel liikuvaid transpordilahendusi, saab selgelt eristada neid kiiruse, maksumuse ja tehnoloogiliste eripärade osas. Näiteks kasutab maglev magnetpatju ja hõljub nii-öelda trassi kohal. Trammid sõidavad peamiselt linnasiseselt ja aeglasemalt kui teised. Rongid jällegi liiguvad nii pikki kui lühidistantse ja peamiselt kas linnaäärsete alade ühendusena või sadu kilomeetreid ehk pikki vahemaid. Metroo on samuti mõeldud peamiselt suurte linnade maa-aluse transpordina, liikudes enamjaolt tunnelites. Monorail'i on võimalik näha näiteks Dubais, kuid üldiselt kasutatakse neid lõbustusparkides ning demonstreeritakse messidel ehk laias kasutuses neid maailmas pole nii nagu on ronge ja metrosid. Nende maksumused on samuti erinevad, kuid ulatuvad kümnetesse ning isegi sadadesse miljonitesse USA dollaritesse kilomeetri kohta.

Tabel 1. 6 erineva rööbastel liikuva transpordi kokkuvõttev võrdlus antud tööst. Käesoleva kursusetöö autori koostatud.

Tehnoloogia	Kiirus	Maksumus (miljonit USD)	Sihtrühm
SkyWay	Kuni 500 km/h	3-15	Pikad ja lühikesed distantsid nii linnasiseselt kui väliselt.
Kiirrong	200-350 km/h	8.5 - 56	Peamiselt linnaväline, kuid ka linnasid ühendav.
Monorail	70 km/h	70 – 138.7	Lõbustusparkid, turism, Dubai.
Metroo	40-80 km/h	75 - 1200	Suurlinnad
Tramm	20 km/h	17.9 - 52	Linnasisene
Maglev	Kuni 603 km/h	40 - 280	Suurlinnad, samuti linnavälised alad, pikad distantsid.

SkyWay autori, insener Dr. Anatoly Yunitskiy kõikide arvutuste ning elutöö tulemusena valminud transpordivahend, mis liigub uudsel trossrööbastehnoloogial, omab mitmeid eeliseid ülalpool käsitletud transporditehnoloogiate ees. Erinevate transpordiliikide võrdlemiseks olen koostanud tabeli, milles on märgitud olulisemad aspektid nagu näiteks kiirus, ühe kilomeetri maksumus ja paigaldatav sihtrühm ehk kas transport on mõeldud rohkem linna sisesena või ka pikkade vahemaade jaoks. Kokkuvõttes on näha, et SkyWay'd on võimalik paigaldada soovi korral praktiliselt kõikjale ning tema kilomeetri hind on märgatavalt madalam kui teistel võrdluses

olevatel transpordiliikidel. Samuti ei jää ta ka kiiruse poolest oluliselt alla Maglevile, ületades aga kõiki teisi transpordiliike selle ligi 500 km/h liikumise võimsuse poolest.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

Hargraves J. A. 2013. A feasibility study into the use of string transport system for passenger rail in New South Wales. Honours degree of Bachelor of Engineering (civil).

<http://objektiiv.ee/karli-lambot-rail-baltic-ei-tasu-ennast-ara-ja-tuleks-peatada/>

<http://rsw-systems.com/news/presentation-of-skyway-linear-city?lang=en>

<http://rsw-systems.com/news/skyway-golden-chariot?lang=en>

<http://thetransitcoalition.us/Civil%20Engineering%20Magazine%20-%20November%202004.htm>

<http://transportaward.com/index.php/history/winners-of-golden-chariot-award>

<http://visitbudapest.travel/guide/budapest-attractions/millennium-underground/>

<http://www.gorka.by/?p=29630>

<http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2014/07/10/cost-of-high-speed-rail-in-china-one-third-lower-than-in-other-countries>

<http://www.yunitskiy.com>

http://yunitskiy.com/a8/a8_en.htm

http://yunitskiy.com/author/author_en.html

<https://arileht.delfi.ee/news/railbaltic/rail-balticu-eeesti-territooriumile-jaav-trass-laheb-viiendiku-vorra-kallimaks?id=83971152>

https://books.google.ee/books?hl=en&lr=&id=Alechd_pX2UC&oi=fnd&pg=PA241&dq=report+of+cost+of+dubai+monorail&ots=44R2v2c2a4&sig=zJqOIDZsUOtFny3YOYVdBXGEb4k&redir_esc=y#v=onepage&q=report%20of%20cost%20of%20dubai%20monorail&f=false

<https://data.worldbank.org/indicator/is.rrs.totl.km>

<https://economictimes.indiatimes.com/news/politics-and-nation/doubts-raised-over-belarus-company-credential-for-rs-250-crore-skyway-transport-project-in-dharamshala/articleshow/59568813.cms>

https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_rail_transport_in_the_United_States

https://en.wikipedia.org/wiki/Stockholm_metro

https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla,_Inc.

https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_railway_history

<https://en.wikipedia.org/wiki/Train>

https://en.wikipedia.org/wiki/World_Government_Summit
https://en.wikipedia.org/wiki/Wuppertal_Suspension_Railway
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/226/1/012030/pdf>
<https://new.siemens.com/global/en/company/about/history/news/on-track.html>
<https://skyway.capital/news/new?id=374>
<https://skyway.capital/news/new?id=385>
<https://skyway.capital/news/new?id=389>
<https://skyway.capital/news/new?id=411>
<https://taevatee.ee/skyway-sertifitseeriti-tooohutuse-juhtimissusteem/>
<https://tehnikamaailm.ee/lendlev-rong>
<https://www.actu-transport-logistique.fr/ferroviaire/systeme-de-transport-innovant-skyway-marque-des-points-dans-les-emirats-arabes-unis-511679.php>
<https://www.admin.ch/gov/en/start/departments/departement-of-environment-transport-energy-communications-detec.html>
<https://www.arabianbusiness.com/transport/413107-sheikh-mohammed-inspects-dubais-new-sky-pods>
<https://www.bbc.com/news/uk-scotland-edinburgh-east-fife-47170979>
<https://www.carmagazine.co.uk/car-news/first-official-pictures/aston-martin/lagonda-all-terrain-concept/>
<https://www.citylab.com/transportation/2011/11/1-billion-doesnt-buy-much-transit-infrastructure-anymore/456/>
<https://www.cnbc.com/2019/03/14/vw-to-spend-9-billion-on-electric-vehicles-audi-plans-30-new-evs.html>
<https://www.delfi.ee/news/paevauudised/eesti/delfi-fotod-1-septembrist-saab-trammiga-lennujaama?id=79346860>
<https://www.epicos.com/article/251913/skyway-string-transport-was-displayed-arab-world-future-cities-show>
<https://www.err.ee/321958/politsei-rongionnetuses-hukkunud-noormees-vois-kuulata-muusikat>
https://www.gracesguide.co.uk/City_and_South_London_Railway
<https://www.inspirock.com/romania/constantatelegondola-din-mamaia-telegondola-din-mamaia-a6179775683>

<https://www.interfax.by/news/belarus/1193904>

<https://www.jrailpass.com/blog/maglev-bullet-train>

<https://www.railway-technology.com/contractors/suburban/skyway-technologies/pressreleases/high-speed-transport-innotrans-2018/>

<https://www.railway-technology.com/contractors/suburban/skyway-technologies/attachment/unibus-and-unibike-lead/>

https://www.researchgate.net/profile/Jie_Xu110/publication/315809424_A_review_of_metro_construction_in_China_Organization_market_cost_safety_and_schedule/links/59dcff21458515149f882452/A-review-of-metro-construction-in-China-Organization-market-cost-safety-and-schedule.pdf

https://www.rta.ae/links/magazine/masar/Al_Masar_127_Eng.pdf

<https://www.swissinfo.ch/eng/business/electric-cars/44151958>

<https://www.ttu.ee/asutused/sertifitseerimisasutus/sertifitseerimine/toote-sertifitseerimise-uldjuhend/>

https://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/errac_metrolr_tramsystemsineurope.pdf

<https://www.youtube.com/watch?v=99YgV1vfmEQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=99YgV1vfmEQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=AmOzPYViqRM>

<https://www.youtube.com/watch?v=Nz0PIqa2o18>

<https://www.youtube.com/watch?v=oo40Jm7HbdY&t=3s>

Junitski, A. 2016. *Küsimused ja vastused transpordikompleksi SkyWay kohta: 100 küsimust – 100 vastust.*

Linnik J. 2015. Pikkrööbastega raudteede pealisehitus ja kapitaal remont. Transpordi teaduskonna lõputöö. Tallinna Tehnika Kõrgkool.

SkyWay presentatsioon: <https://www.youtube.com/watch?v=7FpRQnBM9a0>

Sudhir Sharma. 2017. India osariigi Himachal Pradesh plaanid SkyWay juurutamisel. Intervjueeris Mihhail Kiritšenko. (Youtube), n.d., 26.04.2017, n.d.