



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Instituudi nimetus

**UUDSE MEETODI KASUTAMINE
KONSTRUKTSIOONI PAIGALDAMISEL – TARTU
RIIA MAANTEE TUNNELI LIFTIMINE**

**USING A NEW METHOD WHEN INSTALLING A
STRUCTURE – TUNNEL BOX JACKING IN TARTU RIIA
STREET**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Ildar Sagetdinov

Üliõpilaskood: 152768EAXM

Juhendaja: Sander Sein

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad,

kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

".....".....20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Ildar Sagetdinov

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Uudse meetodi kasutamine konstruktsiooni paigaldamisel – Tartu Riia maantee tunneli, mille juhendaja on Sander Sein,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

31.05.2021

_____ (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

TalTech Instituudi nimetus
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Ildar Sagetdinov, 152768EAXM (nimi, üliõpilaskood)
Õppekava, peeriala: EAXM15/15 - Hooned ja rajatised (kood ja nimetus)
Juhendaja(d): Sander Sein, +37253304077 (amet, nimi, telefon)
Konsultant:(nimi, amet)
..... (ettevõtte, telefon, e-post)

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Uudse meetodi kasutamine konstruktsiooni paigaldamisel – Tartu Riia maantee tunneli liftimine

(inglise keeles) Using a new method when installing a structure – tunnel box jacking in Tartu Riia street

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Uue ehitustehnoloogia kasutamine Eestis
- 2.
- 3.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.		
2.		
3.		

Töö keel:eesti..... **Lõputöö esitamise tähtaeg:** ".....".....20.....a

Üliõpilane: Ildar Sagetdinov ".....".....20.....a
/allkiri/

Juhendaja: Sander Sein ".....".....20.....a
/allkiri/

Konsultant: ".....".....20.....a
/allkiri/

Programmijuht: ".....".....20.....a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	6
1. SISSEJUHATUS	7
2. „BOX JACKING” MEETOD	8
2.1 Vaadeldav projekt.....	8
2.2 Objekti olukorra kirjeldus.....	11
2.3 Tehnoloogilised etapid.....	17
2.3.1 Etapp 1 – Tunnelite rajamine raudtee muldkeha kõrval.....	17
2.3.2 Etapp 2 – Ajutiste raudteesildade paigaldus.....	26
2.3.3 Etapp 3 – Tunneli lükkamine.....	40
2.3.4 Ajutise raudteesilla eemaldamine	52
3. RICONA SÜSTEEM	55
3.1 Ehitatavus	55
3.2 Riskianalüüs	55
3.3 Ehitatavuse ja riskianalüüsi integreerimise põhimõte	56
3.4 Juhendamata masinaõppe kaudu leitud üldised riskiallikad	56
3.5 Kuidas andmete sisestamine toimub	59
3.6 RICONA poolt arvatud tulemuste ülevaade.....	61
3.6.1 Tehnilise projekti koostamine	62
3.6.2 Tootlikkus ehituses.....	63
3.6.3 Majandus, kulud, rahandus.....	63
3.6.4 Aeg ja graafik	63
3.6.5 Ehitusprotsess	64
3.6.6 Keskkond	64
3.6.7 Ohutus ja õnnetused	65
3.6.8 Projektijuhtimine.....	65
3.6.9 Lepingud ja hanked	65
3.6.10 Sotsiaalpoliitilised tegurid.....	66
KOKKUVÕTE	67
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	68
LISA 1... ..	72
LISA 2... ..	76

EESSÕNA

Käesolev töö kirjeldab Eestis uue ehitustehnoloogia kasutamist.

Magistritöö on kirjutatud Tallinna Tehnikaülikooli Inseneriteaduskonna lektori Sander Seina juhendamisel. Avaldan suurt tänu tema osalemise ja toetuse eest.

Lõputöös kasutati kirjeldatava projekti tehnilist dokumentatsiooni, mille esitamise eest sooviks tänada ettevõtet Stricto Project OÜ tegevjuhi Andreas Paapi isikus.

Sooviks tänada sillainseneri Valeri Volkovit retsensiooni kirjutamise eest.

1. SISSEJUHATUS

Käesolevas magistritöös kirjeldatakse esmakordselt Eestis ja Baltikumis kasutatud tunnelite „Box Jacking” ehk lükkamise tehnoloogia. Seda tehnoloogiat, kus jalakäijate tunnel lükatakse töötava raudtee alt läbi rakendati edukalt Tartu „Riia tn – Vaksali tn – sadamaraudtee koridori ristmiku ja Riia tn raudteeviadukti muldkehasse kergliiklustunnelite ning viadukti kõrvale kergliiklussilla rajamise” ehitusprojekti raames.

Käesolevas magistritöös tuuakse välja tehnoloogia peamised ehitusprotsessid, sellega kaasnevad riskid ning nende maandamise viisid.

Antud magistritöös kirjeldatakse rajatiste ehitamist keerulistes tingimustes, kus uute tehnoloogiate kasutusele võtmine toob endaga juurde palju riske, peamiselt seotud varasema kogemuse puudumisega. Riskide määramine, hindamine, kaalumine, arvesse võtmine tavaliselt tehakse kogemusliku tunnetuse põhjal.

Seekord sai proovida parallelselt kogemusliku tunnetusega ka uudset lähenemist – teaduslikku meetodit.

Teaduslik meetod seisneb selles, et projekti ehitatavust määratakse spetsiaalse tarkvararakenduse abil.

Käesolevas magistritöös kirjeldatakse mudelit, mis pakub välja ehitatavuse ja riskianalüüsi meetodilise ja arvutusliku integreerimise. Selline integreerimine võib, tarkvara autorite sõnul, aidata ehitajaid otsuste tegemisel sellistes valdkondades nagu innovatsioon ja tehnoloogia juurutamine, ehitusmeetodi valik ning tööohutus.

Selle integreerimise haripunktina on kirjeldatud tarkvararakenduse prototüüp RISONA (Risk Source-based CONstructability Appraisal e. Riskiallika põhine ehitatavuse hindamine) kui vahend, mis aitab ehitusjuhte ehitatavust ja riskianalüüsi puudutavate otsuste tegemisel.

Tarkvara autorid on Dimosthenis Kifokeris (Chalmers University of Technology) ja Yiannis Xenidis (Aristotle University of Thessaloniki).

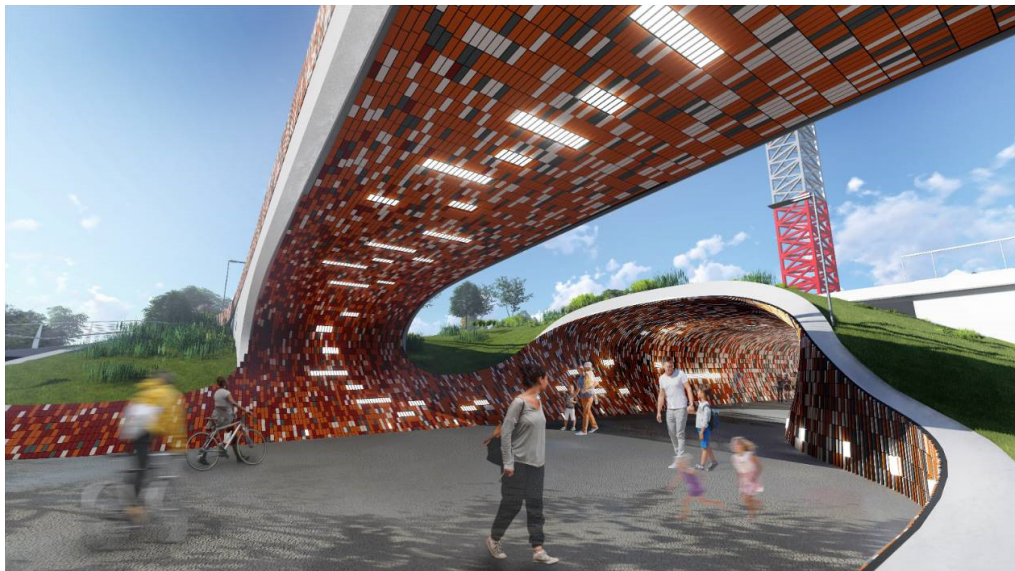
Käesolevas magistritöös esitatakse RISONA poolt saadetud andmed projekti ehitatavuse osas ning tehakse järeldus selle kohta, kas süsteem on sobilik ning kuidas see aitab ehitamisele kaasa.

2. „BOX JACKING” MEETOD

2.1 Vaadeldav projekt

Projekti nimetus on „ Riia tn – Vaksali tn – sadamarudtee koridori ristmiku ja Riia tn raudteeviadukti muldkehasse kergliiklustunnelite ning viadukti kõrvale kergliiklussilla rajamine”. Ehitusplats paikneb Tartu linnas ning tellijaks on Tartu Linnavalitsus.

Projekti käigus projekteeritakse ning ehitatakse välja Tartu linna Riia-Vaksali liiklussõlm ning lähiala ristmik. Rajatakse raudtee muldesse olemasoleva Riia tänava raudtee viadukti mõlemalt poolt otsast kaks kergliiklustunnelit ning sama raudtee viaduktile kõrvale ehitatakse ka kergliiklusviadukt (vt Joonis 1).



Joonis 1: Projekti rajatiste arhitektuurne vaade nr 1 [10]

Projekteeritav ala hõlmab lisaks uutele rajatistele Riia tänavat Kastani tn ristmikust kuni Lembitu tn ristmikuni ja Riia tänavaga ristuvaid Kastani tn, Vaksali tn ning perspektiivse sadamaraudtee harusid ca 120 m ulatuses. Lisaks jäävad alasse Raudtee tn haru 50 m ulatuses ja Kastani põiktanav (T105) kogu pikkuses. Riia tn – Vaksali tn – Kastani tn – Lembitu tn – Raudtee tn ristmike ala on üks Tartu linna olulisematest liiklussõlmedest nii autoliiklusele kui ka kergliiklusele. Kolme ca 120 m vahedega põhitänavate ristmiku liiklus on läbilaskvuse osas tihedalt üksteisega seotud. [10]



Joonis 2: Projekti rajatiste arhitektuurne vaade nr 2 [10]

Projekti eesmärgiks on tagada jalakäijatele ning jalgratturitele ohutumad võimalused ristmiku ületamiseks ning autode läbilaskevõime tõstmiseks parandada antud teelõigul tekkinud liikluse koondumiskoha olukorda (vt Foto 1).



Joonis 3: Projekti rajatiste arhitektuurne vaade nr 3 [10]

Hankelepingut rahastatakse Tartu linna ja Euroopa Liidu Ühtekuluvusfondi vahenditest. Projekteerimis- ja ehitustööde maksumus on ca 5 mln eurot ning tööde teostamisaeg on 2 aastat.



Foto 1: Riia mnt viadukti all olev kõnnitee (Foto autor: Ildar Sagetdinov)



Foto 2: Tartu Riia tänava autode ummik [8]

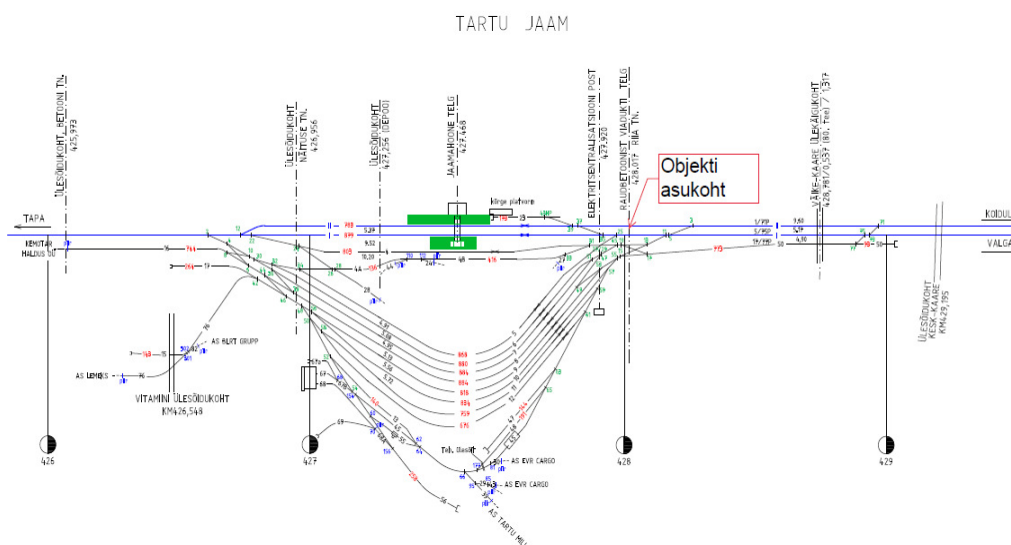
2.2 Objekti olukorra kirjeldus

2.2.1 Tunnelite asukohta geoloogiline kirjeldus

Piirkonna aluspõhjakiivimiks on liivakivi, mis asub olemasolevast Riia tn pinnast ca 2m sügavusel. Selle peal lasub peenliiva kiht, mis on kohati kruusane ja/või savine. Olemasolev raudteeviadukt on toetatud massiivsammastega liivakivile. Projekteeritud kergliiklusviadukt toetub samuti liivakivile. Projekteeritud jalgteetunnelid toetuvad peenliiva kihile (ca 1,5m liivakivist). [10]

Tunnelite asukohaga seotud täiendavad riskid

Ehitustingimusi võib pidada keeruliseks. Ehitusobjekt asub praktiliselt Tartu kesklinnas üsna suure liiklusintensiivsusega tänaval, kus tipptundidel võib autode tihedus ulatuda mõlemas suunas kuni 20 000 autot (vt Foto 2). Samuti ehitustööd toimuvad keeruliste raudteeliikluse tingimustega raudteemaal (vt Foto 3 ja Foto 4). Raudteemaa on raudtee ja raudteeinfrastruktuuri hoonete ja rajatiste alune ning nende teenindamiseks vajalik maa. [11] Olemasoleva Riia mnt viaduktil paikneb neli paari AS-le Eesti Raudtee kuuluvat rööbasteed ning antud raudteeviadukti kaudu teostatakse reisijate -ja kaubavedu Tapa-Tartu, Tartu-Valga ja Tartu-Koidula suunal (vt Joonis 4).



Joonis 4: Ehitusobjekti asukoht Tartu raudteejaama skeemil [12]



Foto 3: Rööbasteed projekti olemasoleval Riia mnt viaduktil 1 [32]

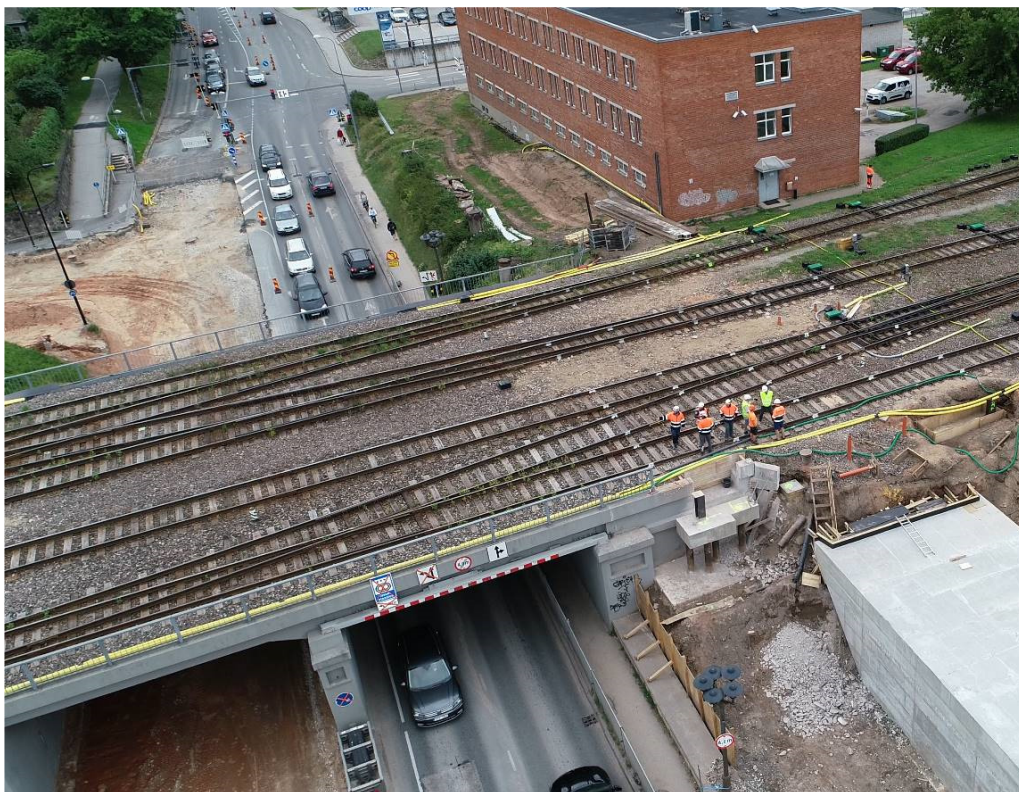


Foto 4: Rööbasteed projekti olemasoleval Riia mnt viaduktil 2 [32]

Keeruliseks asjaoluks objektil on linna hoone (Riia 43) otsene lähedus, seoses millega Tartu raudteejaama poolne kergliiklustunnel paikneb antud hoone ning olemasoleva raudteeviadukti kaldasamba tiibade vahel. Minimaalne vahemaa projekteeritud konstruktsiooni ning olemasoleva hoone vahel on 1,4m.



Foto 5: Objekti riskid: Hoone ning sidemasti lähedus 1 [32]

Praktiliselt sarnane olukord esineb ka teise tunneli juures selle erinevusega, et raudtee poolsel tänavaküljel kergliiklustunnel paikneb 60 m kõrguse AS Eesti Raudteele kuuluva sidemasti lähedalt (vt Foto 6). Oluliseks faktoriks ehitustööde teostamisel linnas on tehnovõrkude olemasolu ning selle maht: vee- ja kanalisatsioon, elektri, tänavavalgustuse, sidetrasside, gaasi- ja soojustrassid.

Kõige selle juures tuleks tööd teha piiratud aja jooksul, et kohalikele elanikele võimalikult vähe ebamugavusi tekitada.

Seda omakorda välistavad EVR-i poolt väljastatud tehnilised tingimused - raudteelõigul töid teostada ainult öösel ettetellitud ja kokkulepitud ajal (aknal), et minimeerida reisijate ja kaubavedude võimalikke ebamugavusi sellel lõigul.



Foto 6: Objekti riskid: Hoone ning sidemasti lähedus 2 [32]

Eespool esitatud tegurite keerukad ülesanded nõudsid selle maksimaalse efektiivsuse tagamiseks meie tegevuste põhjalikku analüüsi ja üksikasjalikku kavandamist, optimaalsete lahenduste otsimist, õigete ehitusmeetodite valikut ja tegijate valimist.

2.2.2 Eelprojektis pakutud tunnelite ehitustehnoloogia

Seoses tiheda raudteeliiklusega EVR on seadnud kindlad tingimused töövõtjale tööde organiseerimise ning teostamise osas.

AS Eesti Raudtee tingimustest lähtuvalt pidi töövõtja raudtee aluses osas ehitama tunnelid avatud meetodiga pool-poolse kaupa, piiratud aja jooksul, nii et osa raudteeviaduktil olevatest rööbasteedest oleksid rongidele vajadusel ümbersõiduks avatud.

Töövõtjale see tähendas täiendavaid raskusi ning riske. Pool-poolse ehitusmeetodiga raudteeliikluseks avatud osa mullet tuleb sulundseintega toetada. Sulundsein peab vastu pidama intensiivsele rongiliiklusele. Teine oluline detail on konstruktsiooni ehitusaja pikenedamine seoses ehitamisega pool-poollega. Sellel juhul osa töödest tuleb

praktiliselt teha mitu korda: sulundseinte ümberpaigutamine, kaevetööd, loomulikud ettevalmistused tunneli järgmise poole ehitamiseks, tehnovõrkude paigaldus.

Eelprojektis pakutud lahendus nägi ette tunneli ehitamist raudteealuses osas monteeritavatest elementidest ehk segmentidest kus segmentid monteeritakse kraanaga üksteise järel kokku ning peale monteerimist järelpingestatakse (vt Foto 7). Elementid on 1m pikk (iga elemendi kaal ca 10 tonni). Betooni tugevusklass C40/50 XC4 XD3 XF4 KK4. Elementid kaetakse võõrhüdroisolatsiooniga (paigaldamise järgselt ka kaitsetahvlite ja drenmatiga). Elementide ühenduskohad hüdroisoleeritakse elastse rullmaterjaliribadega. Lisaks elementid tee telje suunaliselt ühendatakse pingestusvarrastega. [10] Segmentidest ehitamine on oluliselt kallim kui tavaline monoliit ehitus, sest omavahelise sobivuse täpsuse ja kvaliteedi tagamiseks segmentid valmistatakse tehases, seega eelarvele lisatakse juurde sellised kulud nagu elementide transport objektile, montaažitööd, topelt hüdroisolatsioonitööd, järelpingestamine.



Foto 7: Eelprojektiga pakutud lahendus (Lilleküla kergliiklustunnel) [13]

2.2.3 Tunnelite ehitamiseks valitud ehitustehnoloogia

Ehitustööde planeerimise käigus projektimeeskonna koostöö tulemusel oli valitud n-ö tunneli sisselükkamine kinnisel meetodil ehk liftimine (metoodika nimetus inglise keeles Box Jacking method), kus kaks paika lükatavat tunnelit valatakse raudteemulde kõrval valmis ning seejärel surutakse muldesse, säilitades tunnelite lükkamise ajal raudteeliiklust kahel kesklinna poolsel rööpapaaril.

Antud tehnoloogiat pole varem Baltikumis kasutati. Ning Eesti on esimene riik kus seda rakendati.

Rajatiste projekterijaks on STRICTO Projekt OÜ, lükkamistööd teostas Itaalia ettevõtte Petrucco Italia SRL.

Petrucco Italia SRL juhtivatel inseneridel on kogemusi erinevate pinnasetingimuste, erineva geomeetriaga tunnelite ja kõikvõimalike tehniliste piirangutega olukordades. Petrucco ettevõtte oli loodud 1911. aastal Cividale del Friulis, Udines (Itaalia) ja on aastate jooksul end peatöövõtjana sisse seadnud teede, sildade, tunnelite ja keemiatööstuse ehitamisel. [14] Esimese tunneli lükkamine viidi läbi 1978. aastal ja sellest hetkest alates on Petrucco spetsialiseerunud Box Jackingi metoodikale ning raudtee ajutiste sildade paigaldamisele, mis võimaldab raudteeliiklust raudtee all olevate rajatiste lükkamise ajal. [14]

Alltöövõtja Petrucco Italia SLR töövõtt sisaldas [15]:

- Oskusteave tööde planeerimiseks ja läbiviimiseks
- Konkreetsele asukohale vastavate lahenduse väljatöötamine
- Varem rajatud konstruktsioonide (alusplaadid ja tõukekand, ajutiste sildade vundamendid) ülevaatus
- Vajalik tehnika lükkamistöode läbiviimiseks (tungrauad)
- Tunnelite lükkamistöode juhtimine ja järelevalve [15]

2.2.4 "Box jacking" meetodi eelised

Kasutatav tehnoloogia võimaldab [15]:

- rajada tunneli raudteemuldekõrval vähendades oluliselt ehitustööde mõju raudteeliiklusele
- teostada betoonitöid mugavamalt tagades seeläbi parema kvaliteedi
- rajada tunnelid vajadusel ilma raudteerööpaid jms süsteeme lahti võtmata
- rajada tunnelid minimaalsete katkestustega raudteeliikluses
- rajada tunnelid minimaalse mürareostusega
- vähendab raudbetootööde kestvust. [15] Ehituse kestvuse kokkuhoid vähemalt 7 kuud.

2.3 Tehnoloogilised etapid

- ETAPP 1 – Tunnelite rajamine raudtee muldkeha kõrval ja vajalikud raudtee tehnovõrkude ümberehitused
- ETAPP 2 – Raudtee ajutiste sildade paigaldus
- ETAPP 3 – Tunnelite lükkamine raudteemuldesse ja sulundseinte paigaldamine raudteeliikluse avamiseks
- ETAPP 4 – Tunnelite päiste ja fassaadi ehitus

2.3.1 Etapp 1 – Tunnelite rajamine raudtee muldkeha kõrval

ETAPP 1 ehitusala asub Riia tn raudteeviaduktis kesklinnapoolsel küljel. Tunnelleid rajatakse mõlemal pool Riia tänavat (vt Joonis 5 ja Joonis 9).

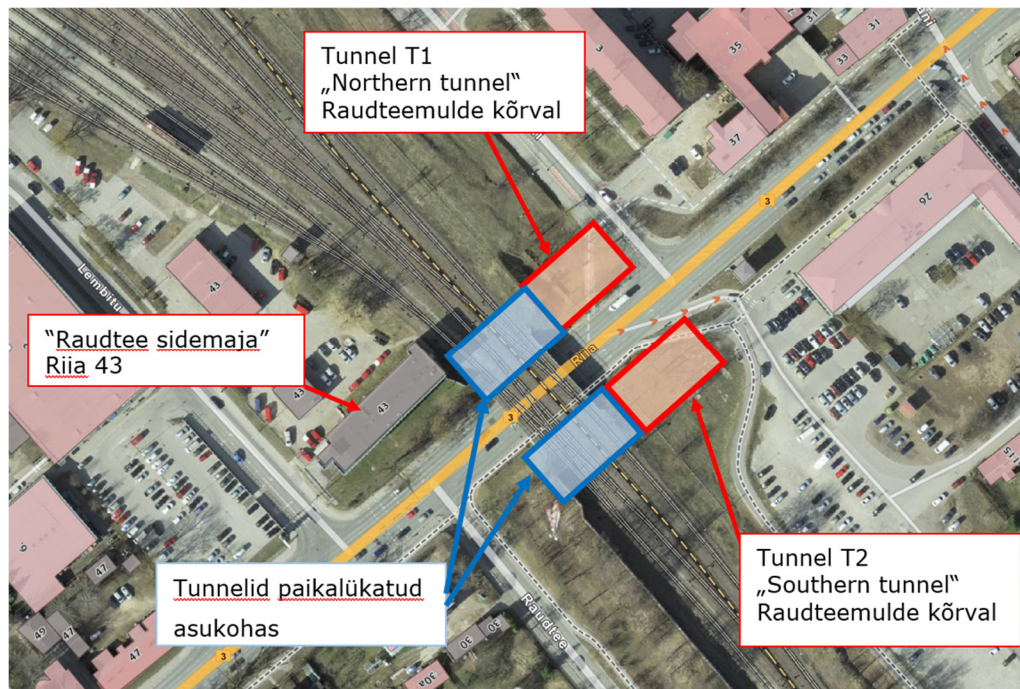
Lükatavate tunnelite parameetrid:

Tunnel T1 „North Underpass“ [15]:

- Kogupikkus: 33m
- Tunneli osa pikkus: 29m
- Lükkamise pikkus: 30.9m
- Kaal: 857 tonni

Tunnel T2 „South Underpass“ [15]:

- Kogupikkus: 33.5m
- Tunneli osa pikkus: 29.5m
- Lükkamise pikkus: 32.3m
- Kaal: 873 tonni



Joonis 5: Etapp 1 ehitusala [15]



Foto 8: Tunnel T1 „North Underpass“ (põhjapoolne tunnel) [32]

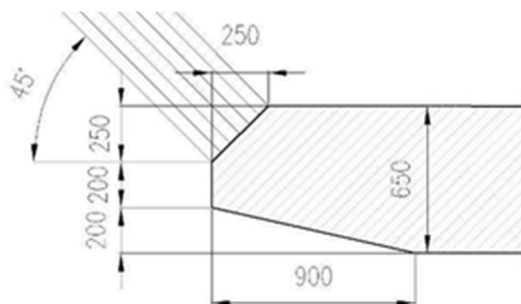
Lükatava tunneli esiotsa lahendus

Tulenevalt valitud tehnoloogiast rajatakse tunneli esimene ots (muldesse lükkamise kohast vaadatuna) kaldseintega ning teravikustuvate pindadega (vt Foto 9). See on vajalik lükkamistöõde teostamiseks. Laeplaat pikeneb mõlemal juhul 3.245m, et kaitsta kaevetööde teostamist võimalike varingute eest. Peale paikalükkamist kaldosad lõigatase küljest, rajatakse veekindel deformatsioonivuuk ning jätkatakse päiste ehitusega. [17]

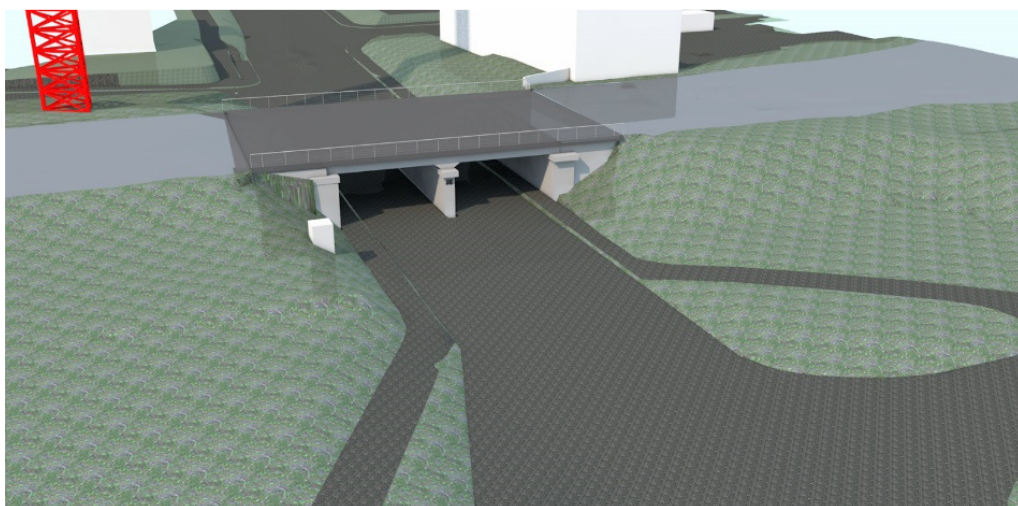


Foto 9: Lükatava tunneli esiots (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

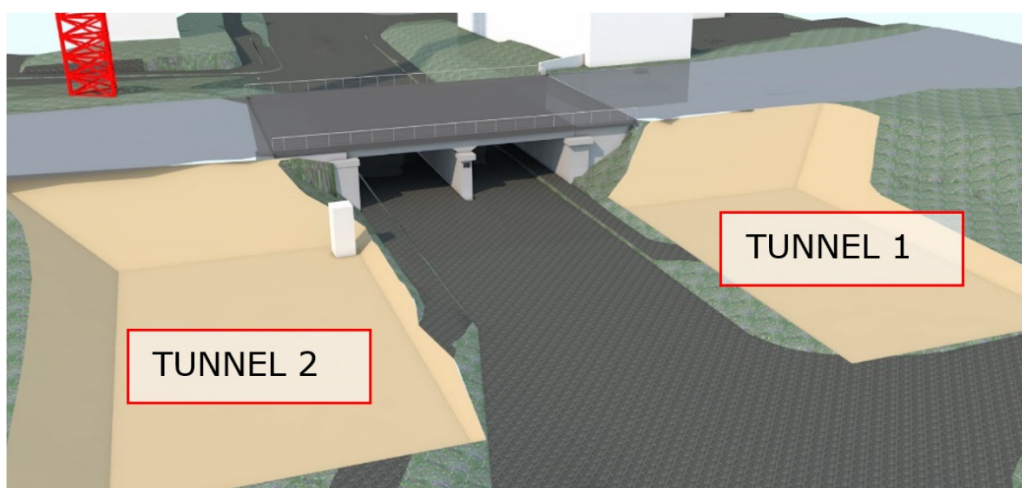
Samuti oluline on tunneli keha põhjaplaadi (põranda) isiotsa lahendus. See on teravdatud (betoneeritud kalde all) sujuvamaks muldkehast läbi tungimiseks (vt Joonis 6).



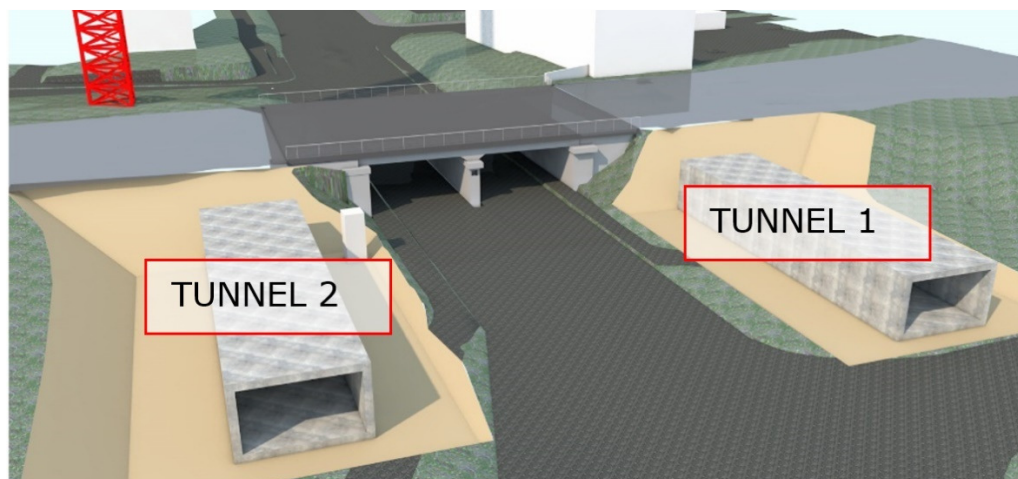
Joonis 6: Tunneli põhjaplaadi esiots [15]



Joonis 7: Olemasolev (üldistatud) olukord ETAPP 1 ehitusalal [17]



Joonis 8: Ehituskaevikud ETAPP 1 ehitusalal [17]



Joonis 9: Tunnelid raudtee muldkeha kõrval ETAPP 1 ehitusalal [17]



Foto 10: Tunnelite asetus raudtee muldkeha kõrval [32]

Tunnelid rajatakse raudbetoonist alusplaadile. Alusplaat on raudbetoonist tehnoloogiline töötasapind tunnelite lükkamiseks (vt Foto 11). Alusplaadiga tunnelile antakse õige lükkamise liikumissuund ning projektne kõrgus. Lükatava tunneli plaaniliste hälvete vältimiseks rajatakse alusplaadi külgedele juhtivad ääreprussid. Ääreprussi sisepinna ja lükatava tunneli seina vahele paigaldatakse 30 mm styrofoam plaat (vt Joonis 10).

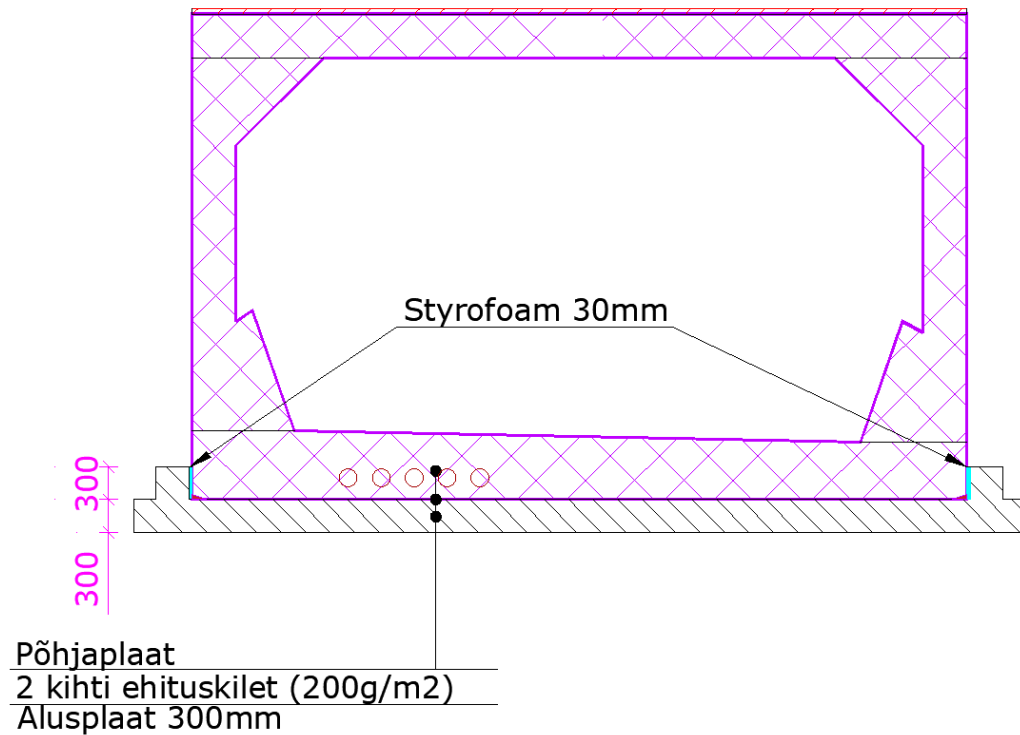
Antud plaat on väga oluline kogu protsessi jaoks, ning otseselt seotud lükkamistöde lõpptulemusega.

Alusplaat peab olema väga sile ja tasane vähendamaks hõõrdumist (tasasuse hälve mitte rohkem kui 5 mm) [15]. Kui see ei ole piisavalt sile siis tekib oht tunneli keha vaba liikumisele ehk libisemisele.

Alusplaadi tasasuse tagamisele pööratakse palju tähelepanu ehituse ajal, pealmine pind tödeldakse silumiskopteriga võimalikult siledaks.

Alusplaadi peale (ja lükatava tunneli alla) paigaldatakse 2 kihti ehituskilet (200g/m²). Kile esmane ülesanne on vältida kahe betoonpinna kokkupuudet. [15].

Peale lükkamistöde lõpetamist alusplaat lammutatakse ja utiliseeritakse.



Joonis 10: Tunneli ja alusplaadi põiklõige vahekihtidega [17]



Foto 11: Tunneli alusplaat ja tõukekand (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Tõukekand on tehnoloogiline raudbetoonkonstruktsioon mis paikneb alusplaadi otsas ning toetub lükkamisel tekkivatele jõududele.

Tõukekand on monoliitselt ühendatud alusplaadiga ning peab vastama projektis toodud toereaktsioonidele (vt Foto 11). Selle tagamiseks tõukekanna sisse puuritakse 16 terastoruvaia d219x6,3mm (16tk L=7m ja 16tk L=9m , 1450kN per vai (vt Foto 12). Tõukekand ühendatakse alusplaadiga 90 kraadi all.



Foto 12: Tõukekanna surve -ja tõmbevaiad (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Tõukekand on samuti üks olulisemaid detaile lükkamistöõde ettevalmistamise faasis. Kui tõukekand ei ole piisavalt ankurdatud, esineb oht, et tungraudade surumise ajal tunnel jääb paika aga tehnoloogiline alusplaat hakkab vastassuunas nihkuma. Selle riskide maandamiseks mikrovaiad katsetakse tõmbe -või survetugevusele (vt Foto 14).



Foto 13: Alusplaadi ja tõukekanna armeering (Foto autor: Ildar Sagetdinov)



Foto 14: Vaiade katsetamine tõmbele (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

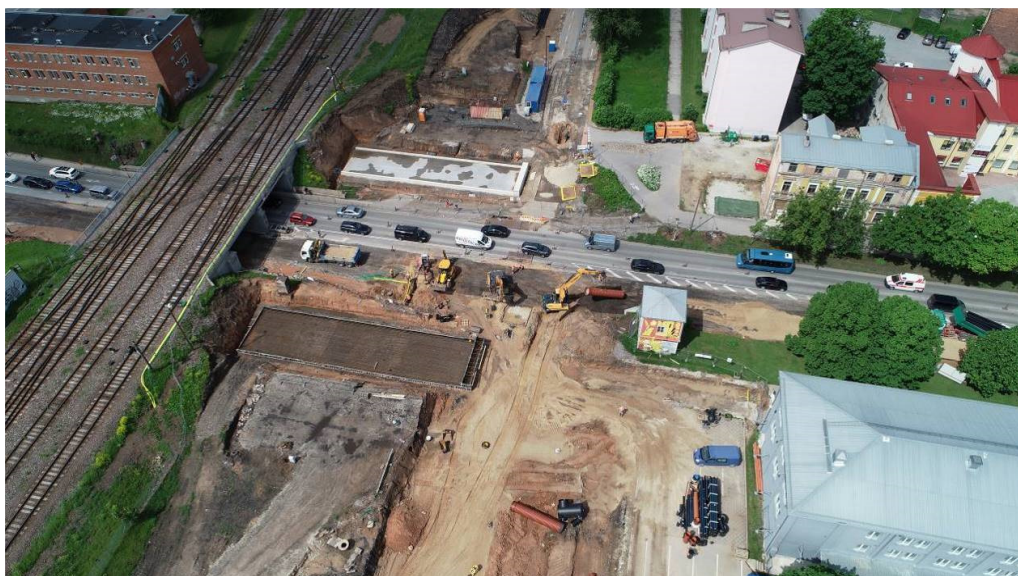
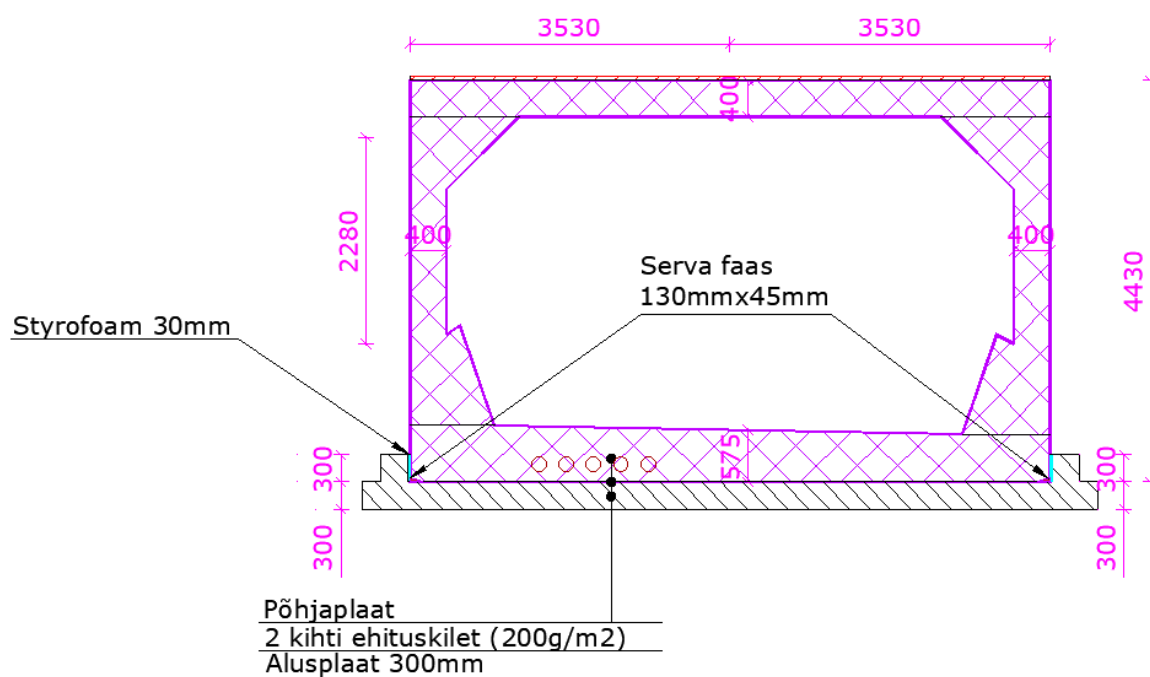


Foto 15: Tehnoloogiliste alusplaatide droonipilt (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Tunneli keha ehitamisel põhjaplaadi alumistesse servadesse tehakse faas 130mm x 45mm (vt Joonis 11). See faas on vajalik selleks, et vältida lükkamise ajal betoonkehast tükide väljalöömist (oht kaitsekihi vähenemisele).



Joonis 11: Alumine serva faas [17]



Foto 16: Tunneli vaade seestpoolt (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

2.3.2 Etapp 2 – Ajutiste raudteesildade paigaldus

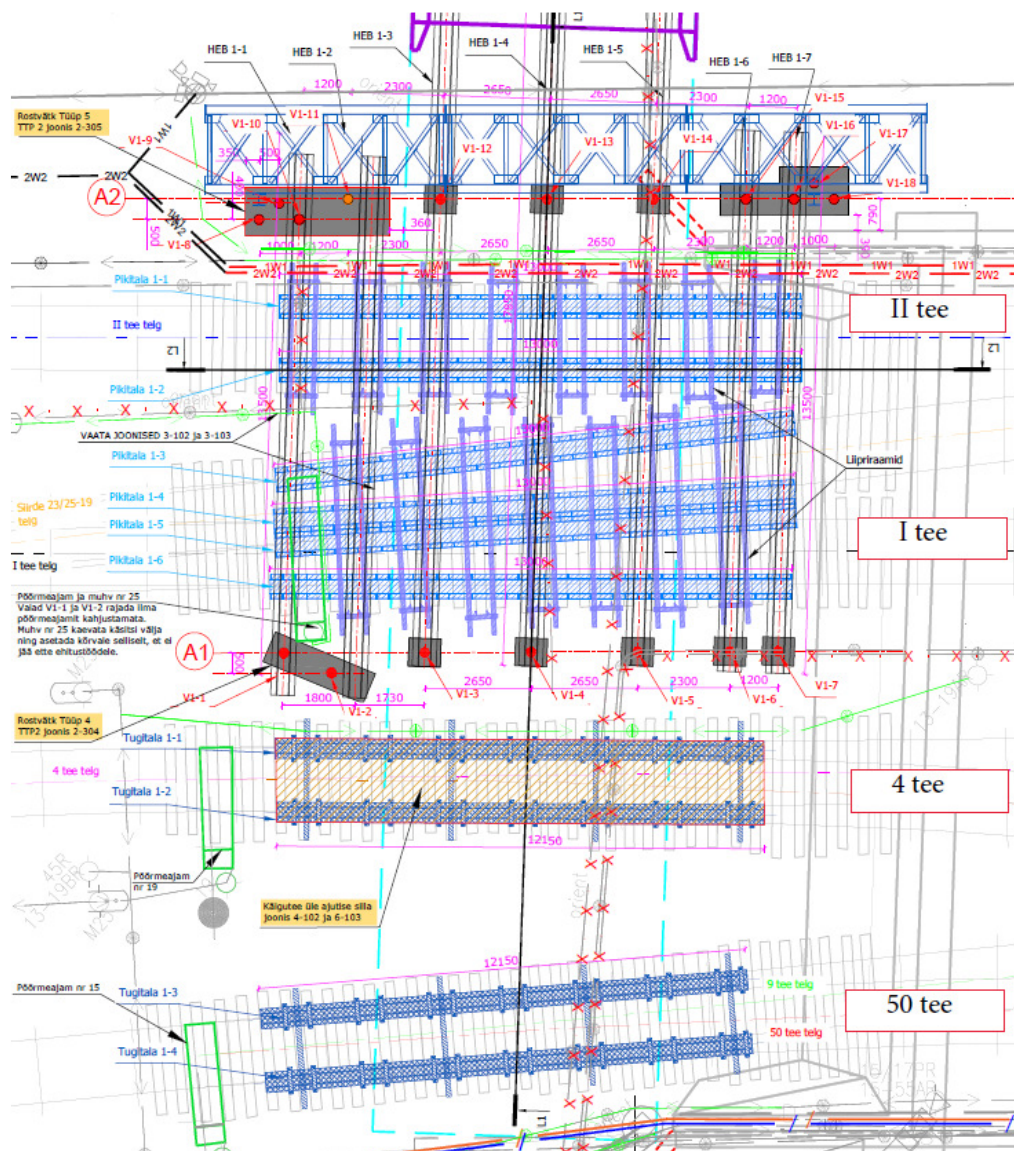
Selleks, et tagada ohutu rongiliikluse tunnelite lükkamise ajal rööbasteedele paigaldatakse ajutised raudteesillad. Antud konstruksioonid on Petrucco Italia SRL patenteeritud toode (vt Joonis 12).

Ajutiste sildade pikkus on 13m. Sildade konstruksioon on olemusel põik- ja pikitalastikul põhinev terrassild, mis toetub raudbetoonist rostvärkidele ja toruvaiadele. Ajutise silla rajamiseks raudteerööpaid (sh pöörmeid) täisulatuses ei demonteerita. [18]

Silla rajamine toimub etappidena, raudteeliikluse akendes. Silla paigaldamiseks koostatakse eraldi tööde teostamise projekt ning see kooskõlastatakse AS Eesti Raudteega.

Sillad paigaldatakse rööbasteedele „II tee“ ja „I tee“ ning neid ühendavale pöörmele (vt joonis 12).

Suletud rööbasteedele „4 tee“ ja „50 tee“ paigaldatakse rööbaste tugikonstruksioon (vt joonis 12).

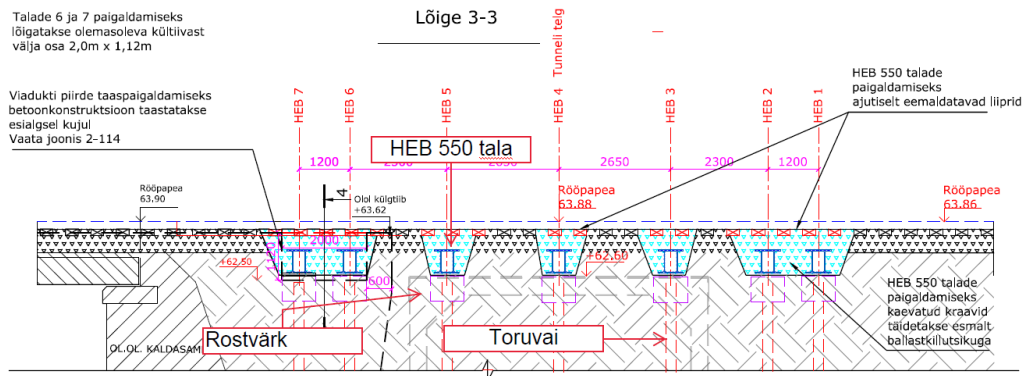


Joonis 12: Ajutise silla plaan [17]

Ajutise silla konstruktsiooni moodustavad mõlemal juhul [18]:

- Toruvaiaid 273x10mm, L=8m 18tk
- Toruvaiaadele toetuvad raudbetoonist rostvargid 12tk (Tüüp 1, Tüüp 2, Tüüp 3)
- Rostvarkidele toetuvad põikitalad (topet HEB550) 7tk
- Liiprite alused rööbaste pikitalad vastavalt rööbaste arvule
- Liipiraamid olemasolevate liiprite ümber vastavalt plaanilahendusele

Ajutise silla kandekonstruksiooniks on topelt HEB550 talad, 7 tk (vt Joonis 13).



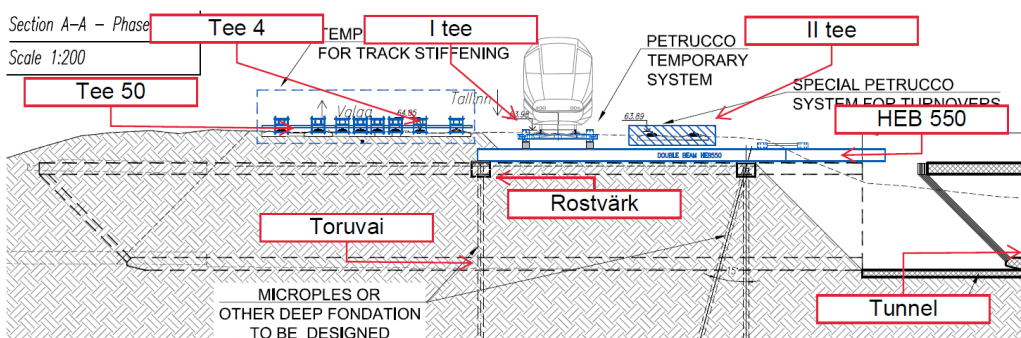
Joonis nr 13: Ajutise raudteesilla püklõige [17]

HEB550 talad toetuvad toruvaiadele läbimõõduga 273 mm, mis süvistatakse liivakivisse minimaalselt 1m ulatuses (vt Joonis 14).

Rajatakse kaks rida vaiu – ühed rööbasteede vahele (I tee ja 4 tee) ning teised raudtee äärde, kesklinna poolsesse serva (vt Joonis 13).

Rööbastevahelised vaiad rajatakse raudteeliikluse akendes öisel ajal, kus vaia masin liigub rööbaste vahele mööda spetsiaalselt ehitatud ajutist teed (vt Foto 17).

Ühes aknas puuritakse max 2 vaia.



Joonis 14: Ajutise raudteesilla lõige [17]

Vaiatööde ajal oli suurimaks riskiks "akna" aja ületamine ja rongide sõiduplaani viivitamine. Raudtee poolt trahv määratakse iga viivitatud minuti eest, seega oli väga oluline detailselt planeerida ning korraldada tööd akna ajal. Esimene asi mida eriti jälgitakse on vaiamasina üle rööbastee ohutu liikumine. Selleks tehakse sillaprussidest ajutine ülesõit (vt Foto 17). Vaiamasina kaal on 18 tonni millega tekib suur tõenäosus kahjustada rööbasteed eriti masina pööramise ajal. Teine asi mida jälgitakse on vaiamasina korrasolek. Näiteks vaiamasin jääb seisma rööbasteede vahel mootori vea tõttu, siis selle ümberpaigutamine on küll väga keeruline. Probleemi ennetamiseks vaiamasinale tehakse täielik tehnoülevaatus enne tööde algust, samuti pannakse ka kraana objektile juhuks kui on vaja operatiivselt vaiamasinat eemaldada rööbastee pealt.



Foto 17: Vaiamasina ajutine ülesõit (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

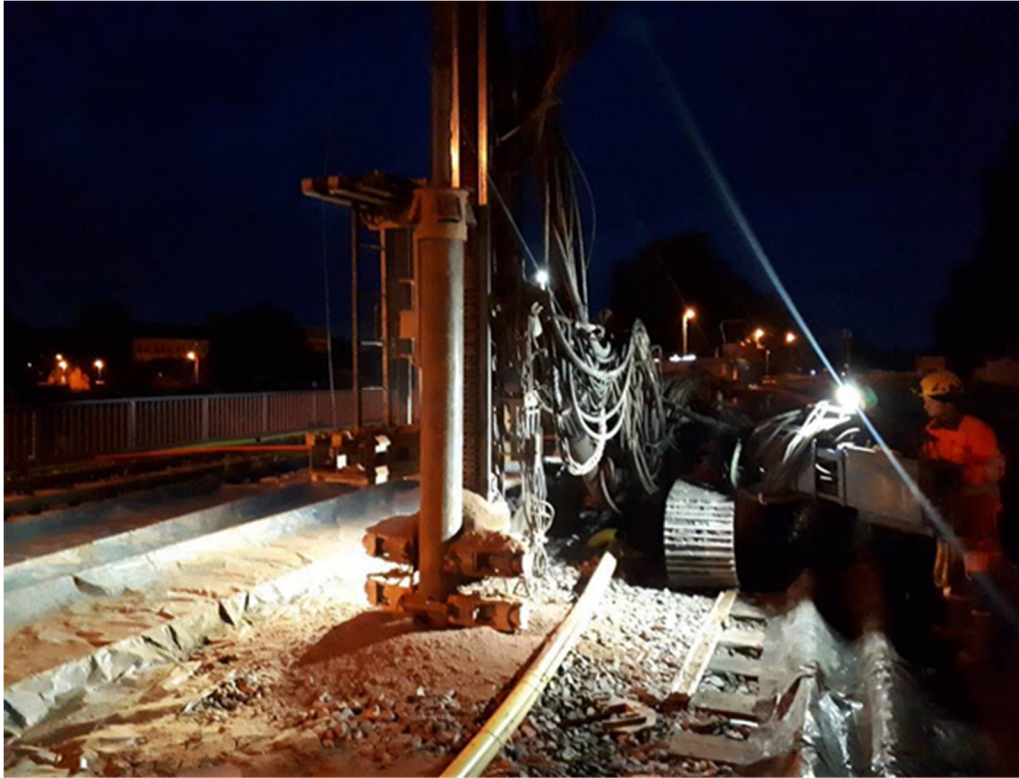


Foto 18: Puurimine tee nr I ja II vahel (Foto autor: Ildar Sagetdinov)



Foto 19: Puurimine raudtee ääres (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Ajutise silla koormuse ühtlaseks jaotamiseks toruvaiadele ehitatakse rostvargid (vt Foto 20 ja Foto 22).

Rostvargid rajatakse armeeritud betoonist C30/37 raudteeliikluse akendes öisel ajal. Ühele sillale tuleb 12 rostvarki ning seda on 3 tüüpi (Tüüp 1, Tüüp 2, Tüüp 3).

Eriti raskeks tegi asjaolu, et rostvark paikneb rööpapeast umbes 2 m sügavusel ja see tähendas, et rostvargi kaeviku serv ulatas kohati liiprite alla. Lubatud akna pikkus oli 5 tundi ja 20 minutit. Selle aja jooksul oli vaja:

- kaevata kaeviku,
- lõigata vaia projektsele kõrgusele,
- paigaldada armatuurikarkass,
- paigaldada raketis,
- valada betooni,
- tagasitäita kaeviku

See tundus ebareaalne, sest betoonile ei olnud üldse aega tugevuse saavutamiseks. Olukorrast pääsemiseks oli otsustatud teha raketisele kinnine karp vertikaalse PVC toruga betooni järgnevalks valmiseks (vt Foto 20 ja Foto 21). Ühe akna jooksul oli maksimaalselt paigaldatud 2 karpi.



Foto 20: Rostvärgi ehitus (Foto autor: Ildar Sagetdinov)



Foto 21: PVC torud rostvärgi betoneerimiseks (Foto autor: Ildar Sagetdinov)



Foto 22: Ajutise silla äärmised HEB 550 talad (Foto autor: Ildar Sagetdinov)



Foto 23: Ajutise silla keskmised HEB 550 talad (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Põiktalad (HEB550) paigaldatakse raudteeliikluse akendes, 3tk korraga. Selleks kaevatakse välja vastavad rostvärgid, eemaldatakse ajutiselt 2-3 liiprit, kaevatakse tala paigaldamiseks vajalik kraav, paigaldatakse rostvärkide ja talade vahele puidust tugiosad, paigaldatakse tala ning puitklotsid tala pealispinna ja tala kohale jääva liipri vahele (vt Foto 24) . Seejärel taaspaiigaldatakse liiprid ning teostatakse tagasitäide ja tihendamine. [18]

Kasutatav tehnika HEB550 põiktalade paigaldamiseks:

- Raudteel asuvad HR ekskavaatorid (Komatsu ja Volvo), 2 tk
- Kraana 120t (Liebherr tõsteulatusega raudtee kohale)
- Vedur TEM-7 vaguniga
- Raudteetöölised, 6 tk



Foto 24: HEB 550 tala paigaldus (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Raudteelliikluse koormuse kannavad HEB550 taladele paigaldatud keevisprofiilist pikitalad 180x600mm ristlõikega, mis paigaldatakse vahetult olemasolevate liiprite alla (vt Foto 25 ja Foto 26). [18]

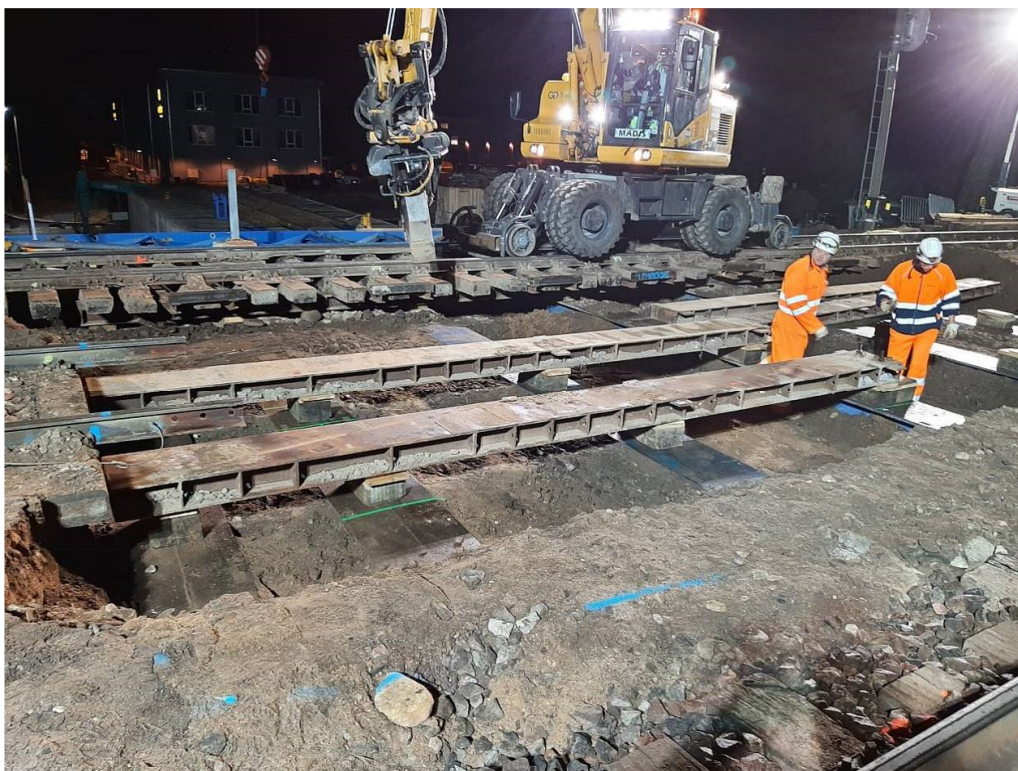


Foto 25: Pikitalad (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Pikitalasid liiprite külge ei kinnitata, liiprid ja ajutise silla konstruktsioon fikseeritakse liipriraamidega. Liipriraamid keevitatakse kokku kohapeal, liipri ümber (vt Foto 27). Liipriraamid keevitatakse pikitalade külge. Liipriraamide külge keevitatakse lehtteras, mis takistab liiprite vertikaalsuunalist liikumist. [18]

Pikitalade ja HEB550 talade vahele paigaldatakse vaheplaadid ja puidust tugiosad rööbasteede kõrguse saavutamiseks. Tugiosadena kasutatakse puitklotse (vt Foto 26). [18]

Pikitalade ja liipriraamide paigaldamiseks eemaldatakse ballastkillustik ja muldkeha pinnas ajutise silla põiktalade ja liiprite alumise pinna vahelt 13m.[18] Rööbasteede lõik ajutiselt demonteeritakse pikitalade paigaldamise lihtsustamiseks.

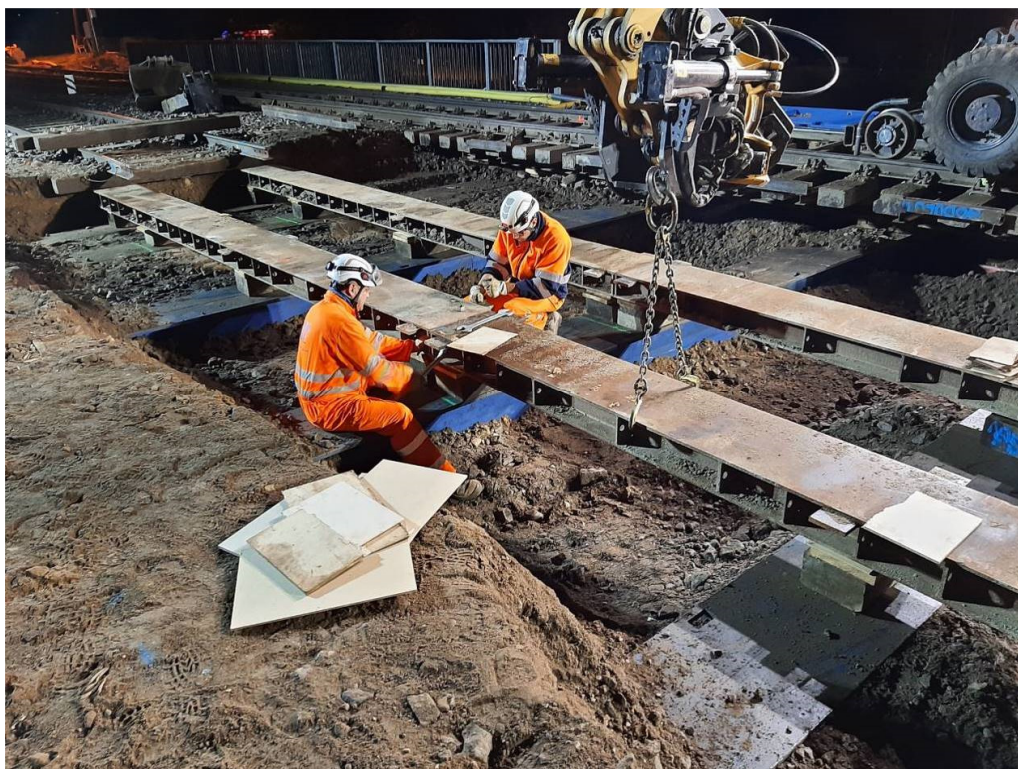


Foto 26: Pikitala puitklotside paigaldus (Foto autor: Ildar Sagetdinov)



Foto 27: Liipiraam (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

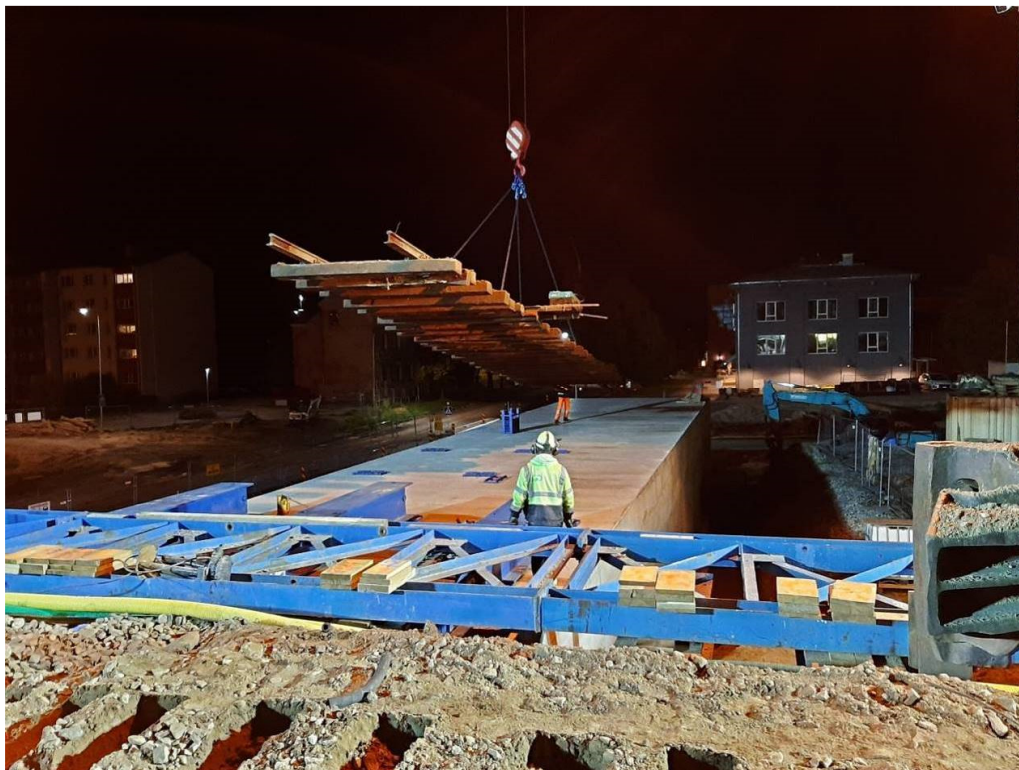


Foto 28: Demonteeritud rõõbastee lõik (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Pikitalade ja põiktalade külge paigaldatakse tõmmitsad, mille abil on võimalik reguleerida rõõbasteede plaanilist paiknemist sillal (vt Foto 29). [18]



Foto 29: Tõmmitsad rööbastee reguleerimiseks (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Põiksuunalise stabiilsuse tagamiseks paigaldatakse vaiaridade B1 ja B2 poole HEB 550 talade külge teraselementidest põiksõrestik (vt Foto 30). [18]



Foto 30: Põiksõrestik (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Lükkamistöõde ajaks suletavatele rööbasteedele „4” ja „50” paigaldatakse tugitalad HEM240 (vt Foto 31). Rööbasteede vahele paigaldatakse põikprussid 120x120mm. Talad paigaldatakse piki rööpaid ning talad ja rööpad ühendatakse klambritega. [18]



Foto 31: Tugitalad HEM 240 (Foto autor: Ildar Sagetdinov)



Foto 32: Tugitala HEM 240 kinnitusklamber (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

2.3.3 Etapp 3 – Tunneli lükkamine

Tunnelite lükkamiseks kasutatav tehnika koosneb [18]:

- Hüdrauliline õlipump (diiselajamiga)
- Hüdraulilised tungrauad (igaüks 250t jõuga)
- Hüdrovoolikut pumba, silindrite ja jagaja ühendamiseks

Terasest vahetalad (piki- ja põiktalad) [18]:

- Ristkülikuline (põiktala) 500x500x4200mm
- Ristkülikuline (põiktala) 500x350x4200mm
- Terastoru (pikitala) L=3000mm
- Terastoru (pikitala) L=6000mm

Läbimõeldud ja optimaalne seadmete ja tehnika paigutamine säästab oluliselt aega ja lihtsustab tööde läbiviimist. [18]

Tungraudade paigaldamiseks [18]:

- Esmalt paigaldatakse tungraudade sadulad, et hoida kõik tungraudad oma õigetes asukohtades tunneli lükkamise ajal (vt Foto 33).
- Tunnelite sadulad paigaldatakse lükkatava tunneli taha (tõukekanna ette, vt Foto 33).
- Tungraudade sadulate ja tungraudade paigaldamiseks on vaja kraanat või ekskavaatorit tõstekettidega. Ühe tungraua kaal ca 1 tonn.



Foto 33: Tungraua sadulad tungraudadega (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

- Toiteploki ja hüdraulilise pumba paigaldamine tõukekanna lähedale (elementide kaal maksimaalselt 4 tonni, vt Foto 34). Varuseadmed paigaldatakse vahetusse lähedusse.
- Ühendatakse hüdraulilised voolikud pumba ja silindritega. Voolikute tõstmiseks kasutatakse kraanat.
- Tungraudade süsteemi test. Peale kõiki ühendusi teostatakse tunneli lükkamine mõne sentimeetri jagu. Saadud tagasiside (jõud, liikumine) salvestatakse ja analüüsitakse. [18]



Foto 34: Toiteplokk ja hüdrauliline pump (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Enne lükkamistöde alustamist kõik raudteemuldes paiknevad kaablid tõstetakse ümber, pannakse kaablikaitsekõri sisse ning kinnitatakse ajutise silla talade külge (vt Foto 35).

Ajutisi toestamissüsteeme ja sulundseinu tunnelite lükkamise ajaks ei paigaldada. Kergliiklustunneli lükkamine raudtee muldesse alustatakse peale ajutise silla paigaldamist. Raudteeliiklust kannab ajutine sild ning ohtu rongidele ei ole. Mistahes raudteeliikluse korral tunneli lükkamine peatatakse (ületuse hetkeks). [18]

Tööde osas eristatakse kolm etappi:

- Muldkeha kaevamine;
- Materjali väljavedu;
- Tunneli liigutamine.

Tunnelite liigutamist viiakse läbi põhimõttel, et esmalt kaevatakse ja seejärel lükatakse tunnelit. Ühe lükkamise pikkus on ca 0,5m (hüdraulilise tungraua silindri käik). Oluline on märkida, et kogu protsessi kestuse määrab suuresti pinnase kaeve ja pinnase eemaldamise kiirus. Seetõttu on eriti oluline, et pinnase kaevamise ja väljaveo produktiivsus oleks tagatud ja vastaks etteantud ajakavale. [15]



Foto 35: Ümbertõstetud raudtee kaablid (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Pinnas eemaldatakse tunnelist seest kaevates (vt Foto 36). Selleks tagatakse tunneli sisse valgustus ning ventilatsioon.

Sõltuvalt tunneli ava suurusest valitakse kaevetehnika. Pinnase eemaldamine tunnelist toimub üle vahetalade ja tungraudade kattes need tunnelist kaevandatud materjali kihiga (vt Foto 38).

Antud projektis kasutati:

- Miniekskavaator Bobcat E35 (tunneli seest kaevamiseks, vt Foto 36)



Foto 36: Miniekskavaator Bobcat E35 (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

- Roomiklaadur Bobcat 2590 (materjali tunnelist välja vedamiseks, vt Foto 37)



Foto 37: Roomiklaadur (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

- Roomikekskavaator 21 tonni (vahetalade paigutamiseks tungraudade taha ning materjali kalluritele peale laadimiseks, vt Foto 38)



Foto 38: Roomikekskavaator 21 tonni (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

- Veokid pinnase äraveoks ehitusplatsilt (kallurid)

Tunnel lükatakse oma algseisust vastu nõlva ning alustatakse muldkeha kaevamisega. Iga 0,5 kaeve järel lükatakse tunnelit edasi. Muldkeha varisemist takistavad tunneli ninaosa lagi ja küljed. Peale esimest 3,5m lükkamist-kaevamist tuleb eemaldada esimene ajutist silda toetav vai (3 tk) ning ajutist silda hakkab kandma lükatav tunnel (vt Foto 39). [15]



Foto 39: Ajutise silla vaiade ümberkaevamine (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Iga lükkamise etapi (0,5m kaupa) järgselt täiustatakse vahetalade süsteemi. Lükkamise edenedes eemaldatakse ka teine tunneli teele jääv vai ning ajutise silla keskosa põiktala toetub täielikult lükkatavale tunnelile. [15]

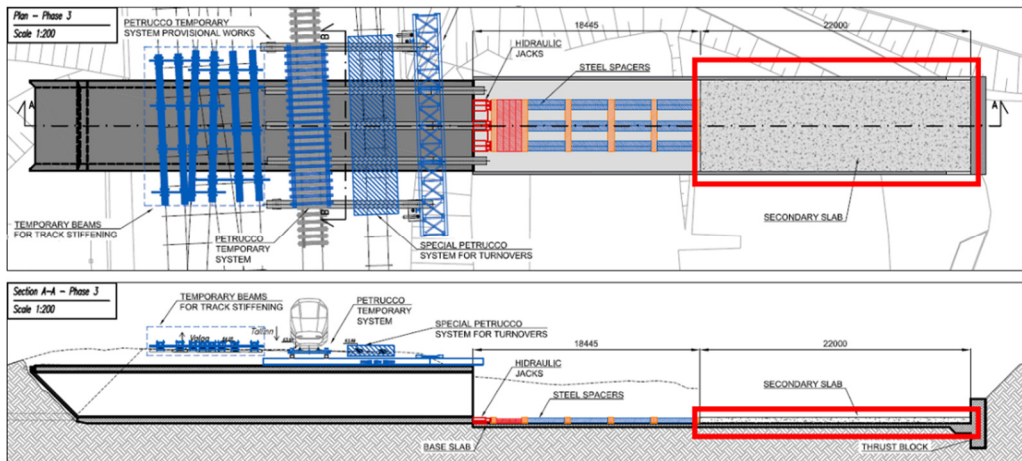


Foto 40: Tunneli kaevamise pealtvaade

Olukorras, kus lükatav tunnel on tõukekannast 21,5m kaugusel peatatakse lükkamine ning eemaldatakse terastalad ja põikprussid ning valatakse vaheplaat (betoonivalu alusplaadi peale, paksus 50cm (vt Joonis15 ja Foto 41). Märgitud vahekaugus 21,5m on hinnanguline, pikkust võib suurendada või vähendada kui kohapealsed olud, ajagraafik või muud olud seda tingivad. [15]

Enne vaheplaadi valamist alusplaadi pind puhastatakse ning armeeritakse. Vaheplaadi betoonisegu tugevus on C30/37. [15]

Tunneli lükkamine jätkatakse, kui vaheplaadi survetugevus on vähemalt 15MPa. Tavatingimustes piisab sellise survetugevuse saavutamiseks 12-20 tunnist. [15]



Joonis 1: Vaheplaat (juurdevalatav osa märgitud punasega)

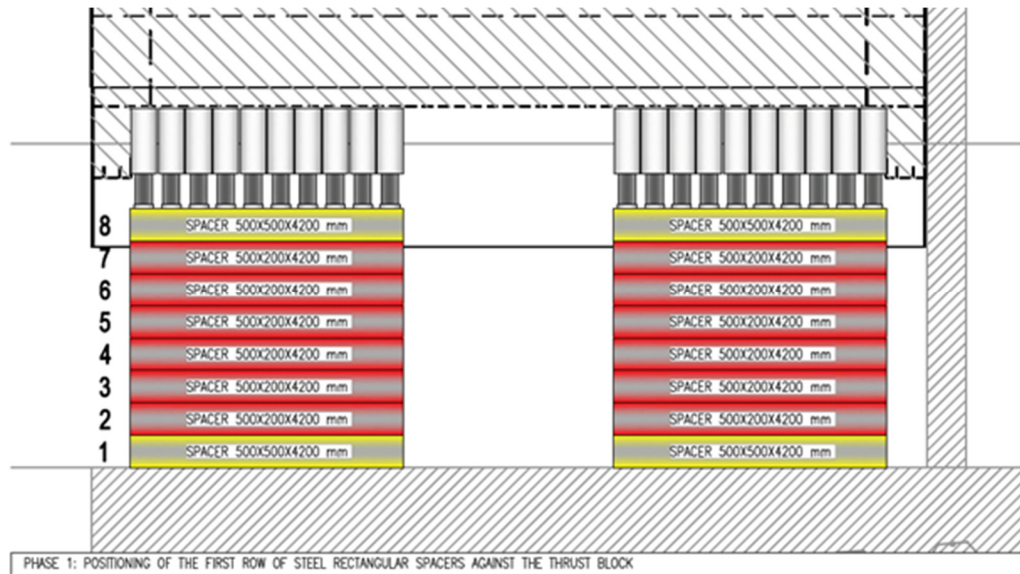


Foto 41: Betoneeritud vaheplaat (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Alljärgnevad joonised/fotod kirjeldavad vahetalade üldist paigutust ja võimalusi.

Paigutuse tüüp 1 (vt Joonis 16):

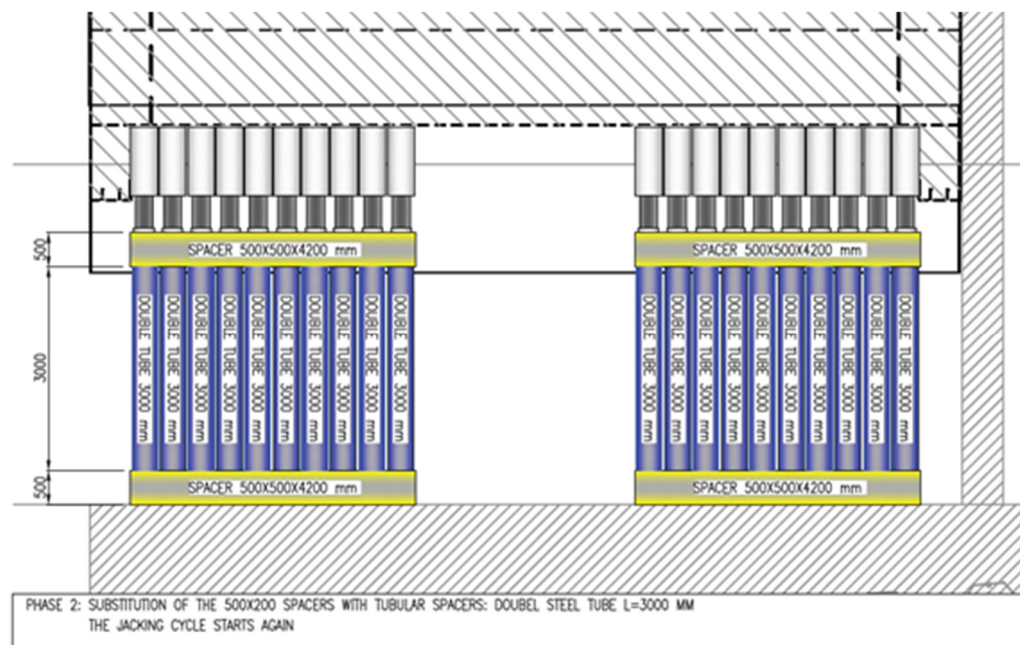
Sellist paigutust (8 põiktala) kasutakse igas faasis. Põiktala laius on 50cm. [18]



Joonis 16: Vahetalade paigutus -Tüüp 1 [15]

Paigutuse tüüp 2 (vt Joonis 17):

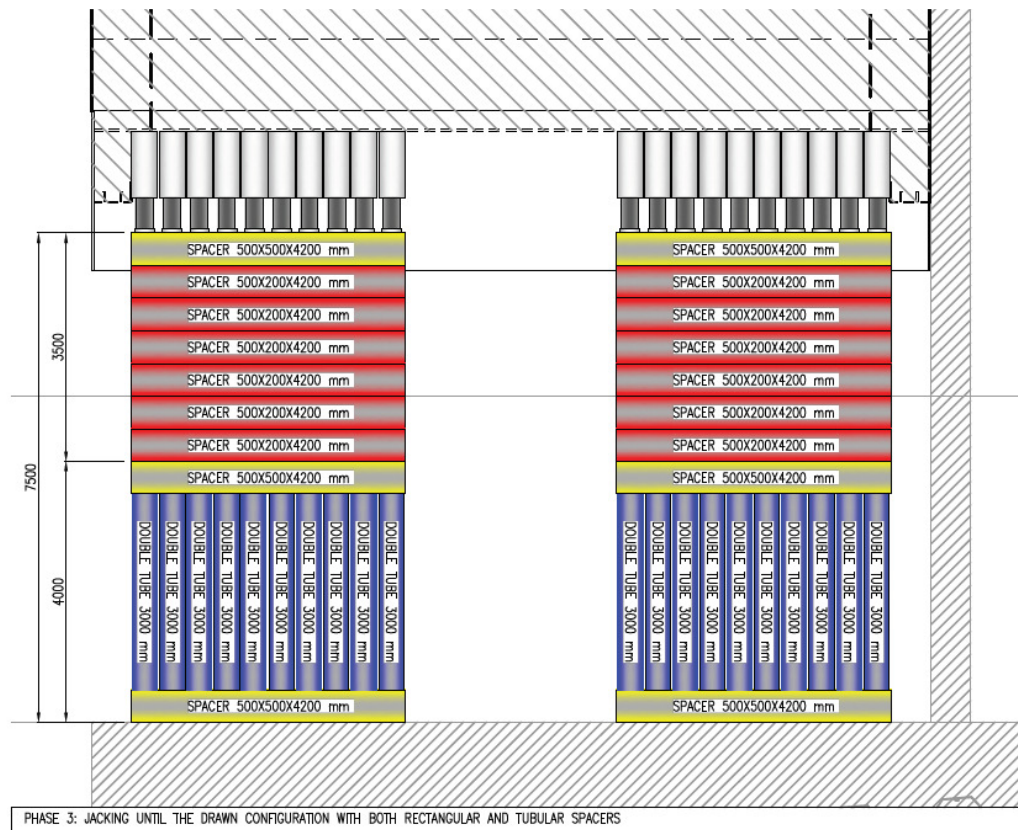
Järgnev tüüp tuleb kasutusse peale esimese 4m lükkamist. Põiktalade vahele asetatakse pikitalad (L=3m). [15]



Joonis 17: Vahetalade paigutus -Tüüp 2 [15]

Paigutuse tüüp 3 (vt Joonis 18):

Kolmas tüüp on kombinatsioon varemkirjeldatud tüüpidest 1 ja 2. Peale Tüüp 2 paigaldust alustatakse lisaks Tüüp 1 paigaldusega. Lõplik lahendus on näeb välja selline [15]:



Joonis 18: Vahetalade paigutus -Tüüp 3 [15]

Paigutuse tüüp 4 (vt Joonis 19):

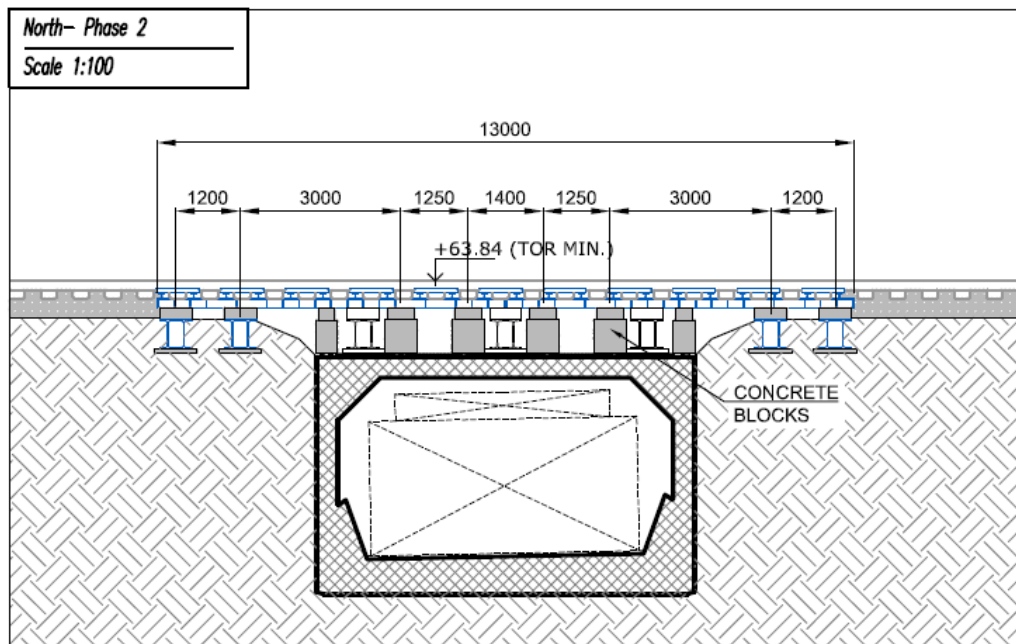
Peale Tüüp 3 ammendumist (tunnelit on lükatud 7m), paigaldatakse pikad pikitalad (L=6m) ning alustatakse taas Tüüp 1 paigutuse ladumist [15]:

kontrollpunktid, millelt pidevat mõõtmist teostada. Mõõdistus võimaldab pidevalt monitoorida tunneli paiknemist ja vajadusel saab sisse viia korrekture (varieerides tungraudade poolt avaldatava jõu balanssi) ja/või kaeve ulatust.[15]

2.3.4 Ajutise raudteesilla eemaldamine

Peale tunneli paikalükkamist toetuvad kolm keskmist tala tunneli laele ja äärmised talad endiselt vaiadele (vt Joonis 20). [15]

Esmalt teostatakse "aknas" keskmiste talade eemaldamine ning rööbasteed toestatakse tunneli laele talade asemele betoonpostidega. [15]

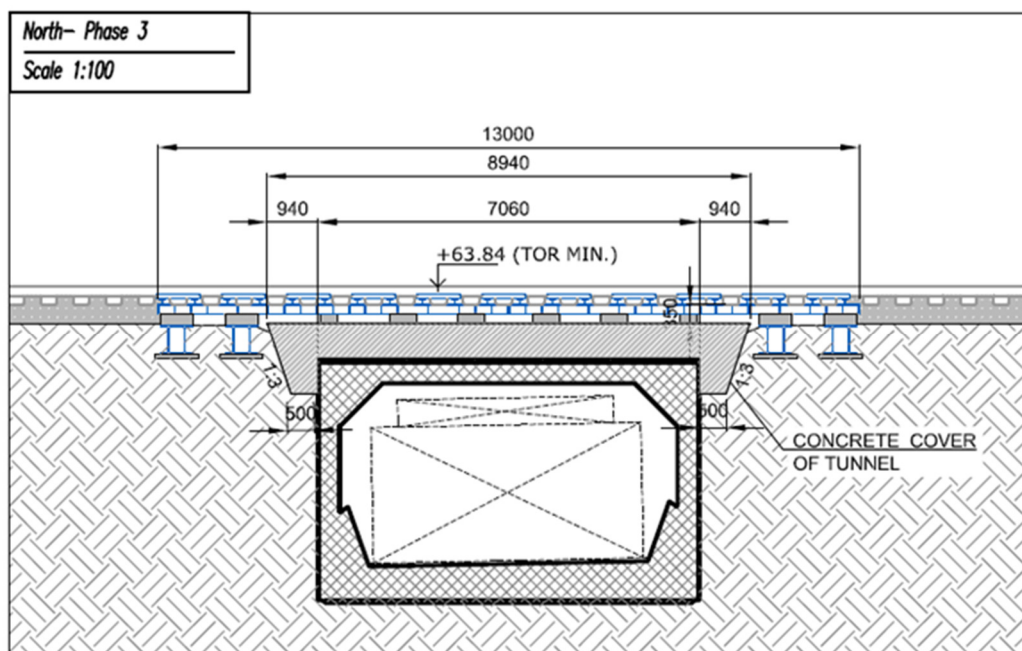


Joonis 20: Betoonpostide asend peale talade eemaldamist [15]



Foto 42: Betoonpostid rööbastee toetamiseks (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Järgmise etapina betoneeritakse tunneli pealne osa betoonpostide ulatuses (vt Foto 42, Foto 43 ja Joonis 21). Arvestatakse, et valatava betooni pealispinna ja liiprite alumise pinna vahele jääb ballastkillustiku jaoks 35cm ruumi.



Joonis 21: Tunneli pealmise osa betoon [15]



Foto 43: Tunneli pealmise osa betoon (Foto autor: Ildar Sagetdinov)

Peale betoneerimist ja betooni kividemist 7 päeva eemaldatakse toed ja teostatakse ballastkillustiku paigaldamine ning toppimistööd. Esialgu teostatakse toppimistööd käsitsi. [15]

3. RISCONA SÜSTEEM

RISCONA on ehitatavuse ja riskianalüüsi integreerimise tarkvararakenduse prototüüp (Risk Source-based CONstructability Appraisal e. Riskiallika põhine ehitatavuse hindamine), mille kaudu saab kasutaja läbi viia projekti riskiallika kindlaksmääramise ja hindamise (tavaliselt sisestatakse see riskianalüüsi sisse enne riski kindlaksmääramist) ja seejärel hinnata selle ehitatavust. [2]

RISCONA abil saab ehitaja kasutada ehitatavuse ja riskianalüüsi integreerimist automatiseeritud viisil. [2]

3.1 Ehitatavus

Ehitatavus on "ehitusteadmiste ja -kogemuste optimaalne kasutamine planeerimisel, projekteerimisel, hangetel ja välitöödel projekti üldeesmärkide saavutamiseks" [1]. See on lahutamatu ehitusjuhtimise raamistik, mida rakendatakse alustamise, teostamise ja tarnimise olelustersükli etappide ajal, et optimeerida projekti toimivuseesmärke seoses aja, maksumuse, kvaliteedi ja kliendirahuloluga. [2] See saavutatakse ehitatavusprogrammide kaudu, nt "projekti ehitusalaste aspektide korrastatud ja süsteemse optimeerimise rakendamine planeerimis-, projekteerimis-, hanke-, ehitus-, katse- ja käivitusetapis teadlike, kogunud ehitustöötajate poolt, kes on projektimeeskonna liikmed" [3].

3.2 Riskianalüüs

Riskianalüüs, mida kasutatakse ka ehitusjuhtimises, on kollektiivne matemaatiline meetodika ja süsteemne otsustusprotsess teadaolevate või eeldatavate riskide aktsepteerimiseks ning meetmete rakendamiseks, et vähendada nende kahjulikke tagajärgi ja ilmnemise tõenäosust või muuta need potentsiaalseteks võimalusteks ja tuluallikateks; selleks hõlmab riskianalüüsi riski kindlaksmääramise, hindamise, reageerimise, seire ja kontrolli etappe. [3-4] Riskianalüüsi saab läbi viia kogu projekti olelustersükli vältel, kuid eriti selle algatamise, teostamise ja elluviimise ajal [5-6].

3.3 Ehitatavuse ja riskianalüüsi integreerimise põhimõte

Ehitatavus ja riskianalüüs hõlmavad projekti olulistsüklit kuni selle elluviimiseni ja nendega tegeletakse ehitusjuhtimises aegsasti, on neid üldiselt eraldi käsitletud, ilma integreerimata terviklikku metodilisse ja arvutuslikku raamistikku [2]. Ehitusjuhtimises pole ehitatavus ja riskianalüüs kunagi olnud metodoloogiliselt ja arvutuslikult integreeritud [2]. Selline lähenemisviis tihti toob kaasa mitteoptimaalse ehitusteadmiste rakendamise, ehitusmeetodi valiku ja juhtimis põhimõtete riskipõhise tajumise [1].

Ehitatavuse ja Riskianalüüsi metodoloogiline ja arvutuslik integratsioon oleks väärtuslik otsuste tegemisel sellistes ehitusjuhtimise valdkondades nagu projekti sidusrühmade koostöö ja teadmiste levitamine, kapitaliinvesteeringud, innovatsioon ja tehnoloogia juurutamine, ehitusmeetodi valik, materjalide tarneahelad, objekti tingimuste uurimine, tööohutus ja lepingujärgsed hankemenetlused. [2].

Sel eesmärgil käsitleti seda integreerimist statistilise klassifitseerimise probleemina (SKP), mille eesmärk oli leida lahendus järgmisele küsimusele: kas projekt on ehitatav või mitteehitatav, arvestades seda mõjutavate kindlaksmääratud ja hinnatud riskiallikate väärtusi? [2]. See mudel, mis toimub riskiallikate kindlaksmääramise ja hindamise riskianalüüsi etappides ning hõlmab tegelikult ehitatavuse ja riskianalüüsi metodilist ja arvutuslikku integreerimist, on esitatud käesoleva töö LISA-s nr 1.

Käesolevas töös vaadeldakse 3 põhiasja seotud ehitatavuse ja riskianalüüsi integreerimisega RICONA süsteemi kaudu : projekti tegelikke andmete kogumine, korreleerimine need tuletatud riskiallikatega ning ehitatavuse hindamise modelleeritud andmete (juhendamata masinaõppe kaudu) analüüs.

3.4 Juhendamata masinaõppe kaudu leitud üldised riskiallikad

Teadusuuringutes ja praktikas kannatab riski kindlaksmääramine määratlusliku lahknevuse käes, kus riskid on seotud suhtelise, kuid mitte kontekstiliselt samade mõistetega, nagu ohud, mõjud ja puudused [7]. Selle lahknevuse leevendamiseks on riskiallika kindlaksmääramise ja hindamise algetapid soovitatav lisada riskianalüüside sisse enne riski enda kindlaksmääramist [19-20]. Sel eesmärgil RICONA autorid [7] töötasid välja semantilise töötlemise ja keeleliste klastrite algoritmi skeemi UML (Unsupervised Machine Learning e. juhendamata masinaõppe) kaudu. Algoritmi rakendati asjakohase riskiteemalise kirjanduse ammendava osa puhul, kustutati selle

määratluslikud lahknevused ning hõlmati see 129 üldise riskiallika kontrollnimekirja [7]. See kontrollnimekiri võib olla hüppelauaks riskiallikate kindlaksmääramise ja hindamise integreerimiseks riskianalüüside sisse [7].

Selle algoritmiga töödeldi andmebaasis enam kui 3434 ehitusjuhtimisega riskiga seotud üksust, mis leiti kontrollnimekirjadest enam kui 105 asjakohase kirjanduse allikast [7]. Selle tulemusel saadi järgmised 129 üldist riskiallikat, mis jaotati kümnesse peamisesse kontekstikategooriasse [7]:

1. Tehniline projekt ja joonised (13 riskiallikat): ametivõimude poolne projektijooniste kinnitamise viivitamine või peatamine, projekteerimisvead, -tõrked ja -lüngad; puudulik projektidokumentatsioon; projekti mittevastavus regulatiivsetele spetsifikatsioonidele; projekti ülim keerukus; ehitusjärjestuse kaalutluste puudumine; ehitusprotsesside tegelike nõuete mõistmise puudumine; konstrueerimisjooniste koordineerimise puudumine eri insenerialade vahel; vajalikus kohas projektiinnovatsiooni puudumine; ebaselged ja/või mittetäielikud projektiüksikasjad; ennatlikud projektimuudatused projekti käivitamise ja täitmise olulistsükli faasides; puuduvad standardimisprojekti kaalutlused; ebamäärased joonisespetsifikatsioonid.

2. Tootlikkus ehituses (26 riskiallikat): hilinenud või nurjunud tööjõu-, tarnija-, alltöövõtja- ja/või töövõtjamaksed; seadmete ja/või tööriistade puudumine; seadmete ja/või tööriistade tarnega/varustamisega viivitamine; seadmete ja/või tööriistade rikked; liigne ületunnitöö; graafiku ülim tihendamine/nurjumine; töölt puudumine; töövaidlused; tööjõu kurnatus; tööjõu kogenematus; tööjõu puudumine; tööjõu ehitusmeetodialase koolituse puudumine; tööjõu distsipliini puudumine; tööjõu madalad töötasud; materjalide puudumine; materjali tarnimisega/varustamisega viivitamine; ebapiisav kohapealne järelevalve; sõiduki mitteoptimaalsed marsruudid objektil; ebasobivad materjalid; ebasobivad seadmed ja/või tööriistad; ruumilised põrkumised eri projektiprotsesside vahel; vananenud ehitus- ja objektihaldusseadmed ja/või -tööriistad; kehv tööjaotus; kehvad töösused; kehv logistika; kommunaalressursside nappus.

3. Majandus, kulud ja rahandus (17 riskiallikat): lisakulud selgelt määratletud kvaliteedispetsifikatsioonide tõttu; turulangus ja kehvad makromajanduslikud tingimused; kapitali riskipositsioon; projekti keeruline finantsstruktuur; maksuregulatsioonide muudatused; äripettused ja läbipaistmatud finantstehingud; vead töömahtude loeteludes (BOQ); vahetuskursi kõikumine; ebatäpne eelarve ja kulude kalkulatsioon; inflatsiooni kõikumine; ebapiisavad rahavood; intressimäärade kõikumine; vara natsionaliseerimine ja/või sundvõõrandamine; kehv tarne-eelne kulude

kontroll ja juhtimine; projekti sidusrühmade vaheldumine ja/või rahaliste võimete piirid; ressursside hinna kõikumine; maksude kõikumine.

4. Aeg ja graafik (7 riskiallikat): viivitused objektile juurdepääsul, üleandmisel ja sõidueesõigusel (ROW); sagedased graafikumuutused; projekti eri olelustsükliprotsesside graafikute vastuolud; eri sidusrühmade graafikute vastuolud; ajahalduse keerukus ja ajaproгноosi raskused; liiga lühike ja/või ebareaalne projektigraafik; dokumentide ennatlik tarne-eelne väljastamine.

5. Ehitusprotsess (12 riskiallikat): regulatiivsete/seadusandlike spetsifikatsioonide muutused ehituse ajal; ehitustöötajate kogenematus; lahknevused projektiga; ümbertegemine; ehituse ülim keerukus; ebasobiv ehitusmeetod; kehv ehituse järjestus; kehv ajutiste rajatiste paigutus; puudulik ehitusdokumentatsioon; vajaliku ehitusinnovatsiooni puudumine; ettenägematud konstruktsioonikahjustused ehituse ajal; arheoloogiliste ja muude leidude tõttu tekkinud takistused.

6. Keskkond (5 riskiallikat): vääramatu jõud ja loodusõnnetused; kahjulikud keskkonnatingimused objektil ja selle ümbruses; ranged ökoloogilised ja keskkonnaalased piirangud ja eeskirjad; kehvast keskkonnanalüüsist tulenevad kohustused; tehnovõrkude sekkumine.

7. Objekti ohutus ja õnnetused (12 riskiallikat): kokkupuude äärmuslike temperatuuride ja muude keskkonnatingimustega; korralagedus ohtlike takistuste tõttu; objekti ohutuseeskirjade muudatused; seadmete töötõrked; liigsed koormused; kokkupuude ülitugeva müra ja/või vibratsiooniga; ohtlike jätmete käitlemine ja kõrvaldamine; ohtlike materjalide käitlemine; turvavarustuse ja/või -vahendite puudumine; objekti ohutuseeskirjade eiramine; objekti ülerahvastatus; objekti kehv ergonomika.

8. Projektijuhtimine (üldine) (21 riskiallikat): integreerivate tehnoloogiliste ja tarkvaravahendite puudumine ja/või ebapiisav kasutamine; ehitatavusprogrammi puudumine; käitus- ja hooldussätete puudumine esialgses projektijuhtimiskavas; kestlikkuse sätete puudumine esialgses projektijuhtimiskavas; juhtimis- ja haldussüsteemi muudatused, mille kehtestasid projekti sidusrühmad pärast projekti algust; kehv kvaliteedikontrolli kavade ja vastavate regulatiivsete standardite rakendamine; juhtimismeeskonna koosseisumuudatused; ebapiisav suhtlus projektijuhtide ja objektipersonali vahel; ulatuse ja sihtotstarbeliste strateegiate muudatused pärast projekti algust; ressursside ebapiisav haldamine ja eraldamine; projekti sidusrühmade ebapiisav suhtlus ja koordineerimine; eri projektide ja partnerlustega kogemuste puudumine; ebapiisav töövõtjate ja alltöövõtjate

jõudlusdokumentatsioon; ebapiisav teostatavusuuring; rahvusvaheliste projektide sidusrühmade kultuuriliste erinevuste ebapiisav lahendamine; ebapiisav muudatuste juhtimine; ebapiisav riskijuhtimiskava; töövõtjate ja/või alltöövõtjate samaaegne tegelemine teiste projektidega; sidusrühmade ametialased kohustused; teabe kehv levitamine projekti sidusrühmade vahel; kolmanda osapoole sekkumine.

9. Lepingud ja hanked (9 riskiallikat): ebaselged lepingu punktid, tingimused, parameetrid ning sidusrühmade riskide ja vastutuse jaotus; läbipaistmatu pakkumis-, hanke- ja sõlmimismenetlus; lõtvade lepingutüüpide valimine projekti sidusrühmade hulgas; viivitused lepingudokumentide kinnitamisel; sidusrühmade vahelised vaidlused ja nõuded lepingutingimuste asjus; lepingudokumentide ühildamatus, ebajärjekindlus ja liiasus; ebapiisav lepingudokumentide ettevalmistusaeg; sidusrühmade lepingjärgsete kokkulepete rikkumised pärast projekti algust; sidusrühmade erimeelsused kindlustusküsimustes.

10. Sotsiaalpoliitilised tegurid (7 riskiallikat): tsiviilrahutused; kinnituste ja lubadega viivitamisega; impordi/ekspordi piirangud; poliitiline ja valitsuste ebastabiilsus; projekti ebakõlad kohaliku kogukonna, elanike huvid ja avalik-õigusliku tegevusega; jäik bürokraatia; jäigad seadus- ja regulatiivsed raamistikud. Nende semantilise töötlemise ja algse andmebaasi allikate mitmekesisuse tõttu saab neid 129 riskiallikat kohaldada igasugustele tsiviilehitusprojektidele nende algatamise, elluviimise ja üleandmise olemustsükli etappide kaudu [7].

3.5 Kuidas andmete sisestamine toimub

RISCONA on graafiline kasutajaliides (GUI), kus ekspert saab esitada projekti 129 üldise riskiallika tõenäosuse ja mõju väärtused ning saada projekti ehitatavuse klassi (ja selle usaldusnivoo) prognoosi. [21]

Täpsemalt saab kasutaja GUI ülemisse ala sisestada iga riskiallika tõenäosuse ja mõju väärtused (skaalal 1-5). Vastavaid tooteid (normaliseeritakse siis (0,1] piires ja sisestatakse võrrandisse ((4) vt Lisa 1)), tõlgendatakse joonisel 24 esitatud maatriksiga, mis järgib PMI (Project Management Institute) juhiseid [22]. Kasutaja ei pruugi kõiki väärtusi esitada juhul, kui mõnda riskiallikat peetakse käsitletava projekti puhul mittekohaldatavaks, sest RISCONA suudab käsitleda puuduvaid väärtusi, rakendades võrrandi ((4) vt Lisa 1). Kasutaja saab seejärel "kontrollida", millised väärtused on

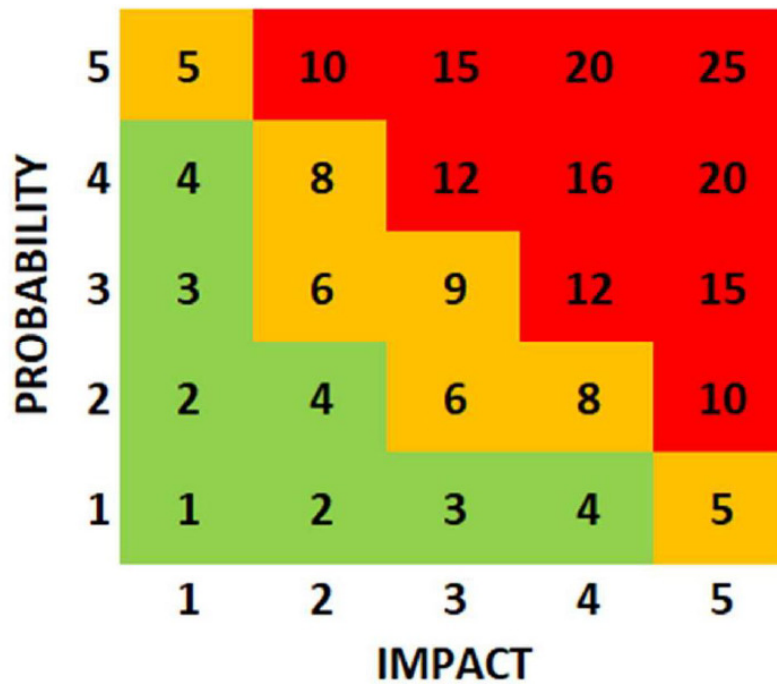
esitatud, "lähtestada" kõik väärtused täiesti uue sisendi jaoks või "arvutada" (st jõustada võrrand ((4) vt Lisa 1)) tehnilise projekti ehitatavuse klass. Nende toimingute tulemusi näidatakse koos vastavate teadetega väljundpiirkonnas, vahetult sisestusala all. [21] Joonis 23 näitab RISCOONA näidet, mida rakendati juhtumiuuringu korral, kus renoveeritava, sisustatava ja osaliselt rekonstrueeritava jaekaubandushoone projekti puhul hinnatakse selle ehitatavust riskide põhjal. [21] Nagu näidatud, on kasutaja (antud juhul töövõtja poolne ekspert) esitanud kõik riskiallika tõenäosuse ja mõju väärtused ning pärast selle sisendi täielikkuse kontrollimist toimus projekti ehitatavuse klassi arvutamine. Nagu selgus, ei olnud projekt ehitatav, hindamise usaldus - 14,33%.

The screenshot shows the RISCOONA software interface. It features two main sections for risk sources:

- K9 - RISK SOURCES REGARDING THE PROCUREMENT AND CONTRACTS:**
 - K9.1. Ambiguous contract clauses, conditions, parameters, and allocation of risks and responsibilities: 4, 2
 - K9.2. Choice of contractual types susceptible to disintegration among project stakeholders: 5, 3
 - K9.3. Delays in approvals of contractual documents: 2, 2
 - K9.4. Disputes and claims among stakeholders about contractual conditions: 4, 2
 - K9.5. Incompatibility, inconsistency, and redundancy of contractual documents: 5, 5
 - K9.6. Insufficient time for the preparation of contractual documents: 5, 4
 - K9.7. Non-transparent bidding, tendering and awarding procedures: 5, 5
 - K9.8. Stakeholder breach of contractual agreements after the commencement of the project: 2, 5
 - K9.9. Stakeholder disagreement regarding insurance issues: 2, 4
- K10 - SOCIOPOLITICAL RISK SOURCES:**
 - K10.1. Civil disorder: 1, 1
 - K10.2. Delays in approvals and permits: 5, 5
 - K10.3. Import/export restrictions: 2, 3
 - K10.4. Political and governmental instability: 1, 1
 - K10.5. Project clashes with local community, resident interests, and public activities: 1, 1
 - K10.6. Rigid bureaucracy: 4, 5
 - K10.7. Rigid law and regulatory frameworks: 3, 2

At the bottom of the interface, a status message indicates: "All values have been inputted. Appraising the project's constructability class... Please wait. The project is not constructable with 14.33% confidence." Below this message are three buttons: "Reset", "Check", and "Calculate". The footer of the window reads: "RISCOONA (Risk Source-based CONstructability Appraisal). Copyright © 2018."

Joonis 22: Juhtimisuuringus kasutatud RISCOONA süsteemi graafiline kasutajaliides [2]



Joonis 23: Tõenäosuse ja mõju maatriks

3.6 RISONA poolt arvutatud tulemuste ülevaade

Magistritöös vaadeldava projekti 129 üldise riskiallika tõenäosuse ja mõju väärtuste täidetud tabel (vt Lisa 2) oli saadetud RISONA inseneridele Rootsi Chalmersi Ülikooli.

Peale kõiki andmete sisestamist, analüüsimist ning tulemuste arvutamist ehitaja on saanud vastuse, et projekt on ehitatav tõenäosusega 61.773% (vt Joonis 24) ning uue tehnoloogia kasutuse riskide võtmine on õigustatud.

Kõik tabelis (vt Lisa 2) esitatud riskiallikad on seotud ehitusprojekti järgmiste komponentidega või teguritega:

- Tehnilise projekti koostamine (K1, vt Lisa 2)
- Tootlikkus ehituses (K2, vt Lisa 2)
- Majandus, kulud, rahandus (K3, vt Lisa 2)
- Aeg ja graafik (K4, vt Lisa 2)
- Ehitusprotsess (K5, vt Lisa 2)
- Keskkond (K6, vt Lisa 2)
- Objekti ohutus ja ünnetused (K7, vt Lisa 2)

- Projektijuhtimine (K8, vt Lisa 2)
- Lepingud ja hanked (K9, vt Lisa 2)
- Sotsiaalpoliitilised tegurid (K10, vt Lisa 2)

Joonis 24: Vaadeldava projekti ehitatavuse arvutamise tulemus

3.6.1 Tehnilise projekti koostamine

RISCONA tabeli tehnilise projekti koostamise (K1) riskiallikatest kõige suurema mõjuga (kõige kriitilisemad) olid:

- Projekti võimalik ülim keerukus
- Ehitusprotsesside tegelike nõuete mõistmise puudumine.

Need riskid vastavad tegelikkusele. Tööprojekti koostamine ning uue tehnoloogia kasutusele võtmise kooskõlastamine AS Eesti Raudtee stukturi üksustega on võtnud töövõtjal üsna kaua aega, millega seoses ehitaja oli sunnitud töögraafikut korrigeerida, mis oma poolt tõi kaasa teatavaid majanduslikke kaotusi.

Teine huvitav detail, et tööprojekti koostamise ajal rajatiste projekteeritud betooni maht tuli 600 m³ prognoositavast mahust suurem.

3.6.2 Tootlikkus ehituses

RISCONA tabeli Tootlikkuse (K2) riskiallikatest kõige suurema mõjuga (kõige kriitilisemad) olid:

- Liigne ületunnitöö
- Tööjõu kogenumatus
- Tööjõu puudumine

Seoses COVID-19 pandeemia ja eriolukorraga töövõtjal on tekkinud probleemid tööprotsesside juhtimises. Tööjõu vahepealne puudumine oli ületöötamise sagedaseks põhjuseks mis omalt poolt tekitas pinget, stressi ja tootlikkuse langust.

3.6.3 Majandus, kulud, rahandus

RISCONA tabeli majanduse ja kulude (K3) riskiallikatest kõige suurema mõjuga (kõige kriitilisemad) olid:

- Ebatäpne eelarve ja kulude kalkulatsioon (nt. pakkumine, tööjõud, materjalid, seadmed, õiguslikud protsessid, kindlustus, hooldus ja muud kulud)
- Turulangus ja halvad makromajanduslikud tingimused

Mõlemad riskid leidsid kinnitust. Seoses liftimistehnoloogia varasema kogemuse puudumisega töövõtja poolt tehtud ehitushanke pakkumus oli veidi optimistlik ning ei arvestanud mõne täiendava kuludega seotud tehniliste nüanssidega. Peamiselt see väljendub betooni mahu suurenemises.

3.6.4 Aeg ja graafik

RISCONA tabeli aja ja graafiku (K4) riskiallikatest kõige suurema mõjuga (kõige kriitilisemad) olid:

- Sagedased graafikumuutused
- Eri sidusrühmade graafikute vastuolud

Seoses ülaltoodud põhjustega (varasema kogemuse puudus, COVID-19) antud riskid leidsid kinnitust. Graafikumuutused tihti juhtuvad ning on loomulikud suurte projektide puhul.

3.6.5 Ehitusprotsess

RISCONA tabeli ehitusprotsessi (K5) riskiallikest kõige suurema mõjuga (kõige kriitilisemad) olid:

- Ehituse ülim keerukus
- Ümbertegemine
- Ebasoobiv ehitusmeetod

Kõik riskid peale viimase (ebasoobiv ehitusmeetod) realselt juhtusid. Ehitusmeetodi valik oli ehitaja sõnul õigustatud.

3.6.6 Keskkond

RISCONA tabeli keskkonna (K6) riskiallikest kõige suurema mõjuga (kõige kriitilisemad) olid:

- Kahjulikud keskkonnatingimused (nt ranniku-, geoloogilised, hüdrooloogilised ja topograafilised) saidil ja selle ümbruses.

Õnneks antud risk ei realiseerunud. Ehitaja kartis, et kaevikute kuivana hoidmiseks tuleb teha suures mahus veetõrjet mida realselt praktiliselt ei olnud.

3.6.7 Ohutus ja õnnetused

RISCONA tabeli ohutuse ja õnnetuste (K7) riskiallikatest kõige suurema mõjuga (kõige kriitilisemad) olid:

- Liigsed koormused
- Kokkupuude ülitugeva müra ja/või vibratsiooniga

Nagu oli varem öeldud COVID-19 pandeemia ja eriolukorraga töövõtjal on tekkinud probleemid tööprotsesside juhtimises. Tööjõu vahepealne puudumine oli ületöötamise sagedaseks põhjuseks.

Liftimise tehnoloogia võimaldab rajada tunnelid minimaalse mürareostusega, seega ülitugeva müra ei olnud.

3.6.8 Projektijuhtimine

RISCONA tabeli projektijuhtimise (K8) riskiallikatest kõige suurema mõjuga (kõige kriitilisemad) olid:

- Töövõtjate ja/või alltöövõtjate samaaegne tegelemine teiste projektidega
- Ebapiisav muudatuste juhtimine
- Rahvusvaheliste projektide sidusrühmade kultuuriliste erinevuste ebapiisav lahendamine

Ühtegi nendest riskidest ei realiseerunud.

3.6.9 Lepingud ja hanked

RISCONA tabeli lepingu ja hanked (K9) riskiallikatest kõige suurema mõjuga (kõige kriitilisemad) olid:

- Viivitused lepingudokumentide kinnitamisel
- Ebapiisav lepingudokumentide ettevalmistusaeg

Õnneks antud riskid ei realiseerunud. Lepingute ettevalmistamine, koostamine, kinnitamine oli tehtud ilma kriitiliste tõrgeteta.

3.6.10 Sotsiaalpoliitilised tegurid

RISCONA tabeli sotsiaalpoliitiliste tegurite (K10) riskiallikatest kõige suurema mõjuga (kõige kriitilisemad) olid:

- Impordi/ekspordi piirangud

Kuna põhi koostööpartner (alltöövõtja) oli Itaaliast, siis COVID-19 pandeemia ja eriolukorraga töövõtjal on tekkinud mõned probleemid materjalide tarnimisega, samuti osa Petrucco töölistest ei jõudnud Eestisse pandeemia pärast.

KOKKUVÕTE

Käesolevas töös tutvustati ja kirjeldati Eestis esmakordselt kasutatud liftimise tehnoloogiat. Selle tehnoloogia kasutamine oli hea kogemus ehitaja jaoks ning omakorda aitas kaasa sillaehituse arengule Eestis ning ehitustehnoloogiate võimaluste mõistmisele.

Üldiselt osutus tunnelite liftimise tehnoloogia kasutamine edukaks ja võimaldas ehitajal tellija määratud ajal ülesandega toime tulla.

Seda tüüpi ehitust hindasid Eesti Raudtee esindajad kõrgelt ning võimalik, et seda tehnoloogiat kasutatakse ka tulevastes projektides.

Uue tehnoloogia kasutamine sellel objektil on näidanud, et tehnoloogia esialgse ehitamiskogemuse puudumine toob lisaks eelistele ka teatavaid finantskaotusi. Paljud tehnilised detailid tulid üllatusena nii projekterijale kui ehitajale.

Eriti huvipakkuvaks osutus teadusliku meetodi kasutamine riskianalüüsi koostamisel. See meetod on endiselt üsna uus ja sellel on suur potentsiaal. Kuid tõenäoliselt sobib see suuremahuliste rahvusvaheliste projektide jaoks, kus poliitilistel ja majanduslikel suhetel on oluline roll.

Meie puhul osutus kõik üsna ebaselgeks COVID-19 pandeemia olukorraga tõttu, mis pöördus muidugi pea peale ja rikkus igasuguste analüüside ja arvutuste objektiivsust.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. CM (Construction Industry Institute). Constructability: A primer, CII. Austin: University of Texas at Austin; 1986.
2. Kifokeris D., and Xenidis Y. Constructability: outline of past, present, and future research. ASCE Journal of Construction Engineering and Management. 2017; 143(8): 04017035-1 - 04017035-13.
3. PMI (Project Management Institute). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). Pennsylvania: PMI Publications; 2013.
4. Ayyub B.M. (2014). Risk Analysis in Engineering and Economics. Boca Raton: CRC Press; 2014.
5. Papadaki M., Gale A.W., Rimmer J.R., Kirkham R.J., Taylor A., and Brown M. Essential factors that increase the effectiveness of project/programme risk management. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2014; 119: 921-930.
6. Kivila J., Martinsuo M., and Vuorinen L. Sustainable project management through project control in infrastructure projects. International Journal of Project Management. 2017; 35(6): 1167-1183.
7. Kifokeris D., and Xenidis Y. Application of linguistic clustering to define sources of risks in technical projects. ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering. 2018; 4(1): 04017031-1 - 04017031-13.
8. Postimees/Scanpix.
<https://www.ehitusuudised.ee/uudised/2018/09/19/tartus-algab-riia-vaksali-ristmiku-projekteerimine>
9. Tinter-Projekt OÜ, Stricto Project OÜ. Riia-Vaksali tn ristmiku rekonstrueerimise ja kergliiklustunnelite ning kergliiklussilla rajamise projekteerimise ja ehitamise põhiprojekt. 4-20_PP_TL-3-01_Teeprojekti seletuskiri. Kuupäev: 28.02.2020
10. Stricto Project OÜ. Riia tn raudtee aluste kergliiklustunnelite ja kergliiklusviadukti eelprojekt S1822. Tallinn, mai 2019.

11. Raudteeseadus. <https://www.riigiteataja.ee/akt/130102020001>
12. Foto: AS Eesti Raudtee koduleht. <https://evr.ee>
13. Foto: E-Betoonelement. <https://betoonelement.ee/valmis-baltikum-i-esimene-segment-tunnel/>
14. Petrucco Italia Srl koduleht. <https://www.petrucco.com/who-we-are/>
15. Stricto Project OÜ. Riia tn raudtee alused kergliiklustunnelid ETAPP 2 – tunnelite liigutamine raudtee alla. Töö nr S2007-2. Tallinn, märts 2020
16. Tõlge alltöövõtja Petrucco Italia SRL poolsest kirjeldusest „Method Statement“
17. Stricto Project OÜ. Riia tn raudtee alused kergliiklustunnelid ETAPP 1 – ajutised tööd raudteemuude kõrval. Töö nr S2007-1. Tallinn, märts 2020
18. Stricto project OÜ. Raudtee aluste kergliiklustunnelite rajamise ajutiste raudteesildade projekt. Töö nr S2006. Tallinn, juuli 2020.
19. Chiarini A. Risk-based thinking according to ISO 9001:2015 standard and the risk sources European manufacturing SMEs intend to manage. TQM Journal. 2017; 29(2): 310-323.
20. Liu J., Jin F., Xie Q., and Skitmore M.
Improving risk assessment in financial feasibility of international engineering projects: A risk driver perspective.
International Journal of Project Management. 2017; 35(2): 204-211.
21. Kifokeris D., and Xenidis Y. Aristotle University of Thessaloniki. The RISCONA system: constructability appraisal through the identification and assesment of technical project risks sources. IABSE Symposium 2019 Guimaraes.
22. PMI (Project Management Institute). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). Pennsylvania: PMI Publications; 2013.

23. Luo X., Zhou M., Xia Y., and Zhu Q. An efficient non-negative matrix-factorization- based approach to collaborative filtering for recommender systems. IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2014; 10(2): 1273-1284.
24. Witten I.H., Frank E., Hall M.A., and Pal C.J. Data mining: practical machine learning tools and techniques. Cambridge, Massachusetts: Morgan Kaufmann; 2017.
25. Keerthi S.S., Shevade S.K., Bhattacharyya C., and Murthy K.R.K. Improvements to Platt's SMO Algorithm for SVM Classifier Design. Neural Computation. 2001; 13(3), 637-649.
26. Bennett K.P. On Mathematical Programming Methods and Support Vector Machines. In: Schoelkopf B., Burges C.J.C., and Smola A.J. (eds.) Advances in Kernel Methods - Support Vector Machines. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press; 1999. p. 307-326.
27. Platt J. Fast training of support vector machines using sequential minimal optimization. In: Schoelkopf B., Burges C.J.C., and Smola A.J. (eds.) Advances in Kernel Methods - Support Vector Machines. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press; 1999. p. 185-208.
28. Bennett K.P., and Bredensteiner E.J. Duality and Geometry in SVM Classifiers. In: Langley, P. (ed.) Proceedings of the Seventeenth International Conference on Machine Learning. San Francisco: Morgan Kaufmann; 2000. p. 57-64.
29. Sumathi S., and Sivanandam S.N. (2006). Introduction to Data Mining and its Applications. Springer Science+Business Media International Publishing; 2006.
30. Jaggi M. (2015). "An equivalence between the Lasso and Support Vector Machines" In: Suykens J.A.K., Signoretto M., and Argyriou A. (eds.) Regularization, optimization, kernels, and support vector machines. Boca Raton: CRC Press; 2015. p. 1-26.
31. Murata T., and Suzuki T. Doubly Accelerated Stochastic Variance Reduced Dual Averaging Method for Regularized Empirical Risk Minimization. arXiv. 2017; 1703.00439 [math.OA].

32. Autor: AS TREV-2 Grupp

LISA 1

Ehitatavuse ja riskianalüüsi integreerimine SML-i (Supervised Machine Learning ehk juhendatud masinaõppe) kaudu.

Saadi 30 tegeliku projekti riskianalüüsi- ja ehitatavuse klassiga seotud andmed SCP-d kaardistava SML-skeemi alaseks koolituseks ja valideerimiseks. Seejärel korreleeriti nende projektide kindlaksmääratud ja hinnatud riskipunkte kontekstiliselt ja keeleliselt 129 üldise riskiallikaga, mille tulemused on esitatud tabelis 1. Tuleb märkida, et riskianalüüsi andmete korrelatsioon riskiallikatega polnud puuduvate väärtuste tõttu täielik. [21]

ID	Projekti tüüp	RSC (%)
PR1	Biogaas-elektrijaam	19,38
PR2	Pingsarrus-orusild	2,33
PR3	Pingsarrus-maantee-sild	24,03
PR4	Valgustuse ja ehitusvarade asendamine (LSAR) 1	41,86
PR5	LSAR 2	41,86
PR6	Munitsipaalvalgustite rekonstrueerimine	41,86
PR7	LSAR 3	45,74
PR8	LSAR 4	44,19
PR9	Munitsipaalvalgustite remont	43,41
PR10	Munitsipaalteede valgustuse ja ehitusvarade asendamine	42,64
PR11	Algkooli laiendamine	46,51
PR12	Maanteetelgede rekonstrueerimine	46,51
PR13	Kestlikud paigaldised munitsipaalväljakul	46,51
PR14	Biokliimaatiline hotelliüksus	86,05
PR15	Fotoelementide park	86,82
PR16	Hüdroelektrijaam	88,37
PR17	Ümbersõidu maanteelõik	87,60
PR18	Ümbersõidu teelõik	85,27

PR19	Teelõik	85,27
PR20	Ümbersõidu kiirteelõik	85,27
PR21	Lennujaama terminalihoone (ATB) - Pagasi käitlussüsteemide paigaldised	53,49
PR22	ATB - Raudbetoondetailid	34,88
PR23	ATB - Konstruktsiooniterasest detailid	59,69
PR24	ATB - Elektrisüsteemide paigaldised	40,31
PR25	ATB - Hoone välispiirded ja fassaadid	64,34
PR26	ATB - Sise- ja välisseadistustööd	67,44
PR27	ATB - Tuletõrje-, pääste- ja turvasüsteemide paigaldised	45,74
PR28	ATB - Kergvarustuse ülekandesüsteemide paigaldised	38,76
PR29	ATB- Mehaaniliste segasüsteemide paigaldised	42,64
PR30	ATB - Turvasüsteemide paigaldised	38,76
Üldine		52,58

Tabel 1: Koolitus-ja valideerimisprojektide riskiallika korrelatsiooni (RSC) protsent [21]

Puuduvate väärtustega tegelemiseks ning SM-SVM-is kasutamiseks mõeldud andmete faktoriseerimiseks ja vektoriseerimiseks juurutati RSGD-NMF [23]. Pärast normaliseerimist (0,1] olemasolevate väärtuste piires korraldati RA-andmed (nii olemasolevad kui ka nullväärtused) projekti riskimaatriksisse $RM_{30 \times 129}$. Seejärel faktoriseeriti see projekti varjatud teguri maatriksiks $LF_{30 \times k}$ ja riskiallika kaalu varjatud teguri maatriksiks $RSF_{k \times 129}$, nagu võrrandis 1. [21]

$$RM_{30 \times 129} = LF_{30 \times k} \times RSF_{k \times 129} \quad (1)$$

Faktoriseerimisprotsess viidi läbi teistsuguse k jaoks, kohandades $LF_{30 \times k}$ ja $RSF_{k \times 129}$ jaoks vastavaid ajakohastatud reegleid lähemast [23].

Pärast RSGD-NMF juurutamist normaliseeritud iga $LF_{30 \times k}$ kolonnivektorid võrrandi 2 abil (kohandamise lähtekoht [24]):

$$\forall j = \{1, 2, \dots, k\} : LF_{i,j}^{norm} = \frac{LF_{i,j} - LF_j^{\min}}{LF_j^{\max} - LF_j^{\min}} \quad (2)$$

, kus

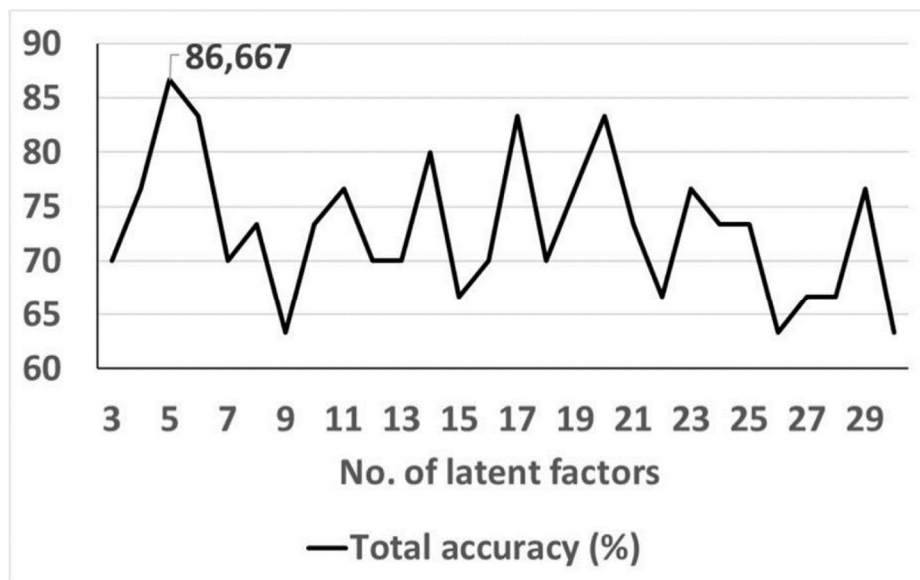
$LF^{norm}_{i,j}$ ja $LF_{i,j}$ on vastavad i -ndad väärtused j -nda normaliseeritud ja mittenormaliseeritud vektori puhul,

LF^{min}_j ja LF^{max}_j on vastavad min- ja max-väärtused j -nda mittenormaliseeritud vektori puhul.

Iga k puhul paaristati normaliseeritud vektorielemendid vastava näite ehitatavuse klassiga (CON) ja neid kasutati sisendina SM-SVM kaardistamisel [25, 26-29]. OSMO [25] kaudu lahendamise ajal kasutati n -kordseks ristvalideerimiseks $n = 10$ ja homogeense punkti tuumatriki teostamiseks kasutati toote polünoomilist tuuma [24, 30].

Sellest kaardistamisest ja SCP lahendamisest iga k puhul saadi võrrandite kogum.

Parim täheldatud täpsuse määr pärast 10-kordset ristvalideerimist oli 86,667%, kui $k = 5$, nagu on näha joonisel 25. [21]



Joonis 25: OSMO täheldatud täpsuse määrad seoses varjatud tegurite arvuga [21]

Võrrand (3) vastab $k = 5$ [21]:

$$CON = \begin{bmatrix} -2,028 \\ -0,727 \\ -0,746 \\ -0,263 \\ -1,536 \end{bmatrix} \cdot \mathbf{LF}_{30 \times 5}^{norm} + 1,622 \quad (3)$$

Kui saadakse ka RSF5x129 ja vektorite vastavad minimaalsed ja maksimaalsed normaliseerimisväärtused, mis vastavad $k = 5$, ja muudetakse sobivalt RSGD-NMF

ajakohastamise reegleid lähtekohast [31], siis võrrand (3) formuleeritakse võrrandisse (4), mis hindab uue projekti ehitatavuse klassi [21]:

$$\begin{aligned}
 CON = & -(2,028 \frac{LF_{1,1} - (3,5e-16)}{1,055} + \\
 & 0,727 \frac{LF_{1,2} - (2,2e-05)}{0,891} + 0,746 \frac{LF_{1,3} - (2,2e-05)}{0,782} \\
 & 0,263 \frac{LF_{1,4} - (7,3e-14)}{0,833} + 1,536 \frac{LF_{1,5} - (3,5e-16)}{0,776}) \\
 & + 1,622
 \end{aligned} \quad (4)$$

, kus $\forall k = \{1,2,\dots,5\}$, kui $j = \{1,2,\dots,129\}$, ja on antud reguleerimisparameeter λ LF,

$$LF_{1,k}^{REV} = LF_{1,k}^{NEW} \cdot \frac{\sum_{j \in [1]} RSF_{k,j} RM_{1,j}^{NEW}}{\sum_{j \in [1]} \left(RSF_{k,j} \sum_{k=1}^5 LF_{1,k}^{NEW} RSF_{k,j} + \lambda_{LF} LF_{1,k}^{REV} \right)}$$

on ajakohastatud reegel. Võrrandis (4):

- Kui $CON \geq 1$ või $CON \leq -1$, siis on projekt vastavalt ehitatav või mitteehitatav 100 % kindlustundega.
- Kui $CON \in (0,1)$ või $CON \in (-1,0)$, siis on projekt vastavalt ehitatav või mitteehitatav $|CCW|$ (%) kindlustundega.
- Kui $CON = 0$, siis ei saa projekti ehitatavuse klassi kindlalt prognoosida.

Võrrandi (4) puhul on ehitatavus ja RA EJ raames lõpuks integreeritud. [21]

LISA 2

PROJECT DESCRIPTION

Projekti nimetus on „ Riia tn – Vaksali tn – sadamarudtee koridori ristmiku ja Riia tn raudteeviadukti muldkehase kergliiklustunnelite ning viadukti kõrvale kergliiklussilla rajamise“. Objekt paikneb Tartu linnas ning tellijaks on Tartu Linnavalitsus.

RISKIALLIKAD (129 KOKKU)

<u>TEHNILINE PROJEKT JA JOONISED (13 riskiallikat)</u>				
		Tõenä os	Mõju	Tulem
K1				
K1.1	Delay and/or failure of approval of design drawings by the corresponding authorities /Ametivõimude poolne projektijooniste kinnitamise viivitamine või peatamine	2	2	4
K1.2	Design mistakes, errors, and omissions /Projekteerimisvead, -tõrked ja -lüngad	3	2	6
K1.3	Design non-conformity with regulatory specifications / Projekti mittevastavus regulatiivsetele spetsifikatsioonidele	3	1	3
K1.4	Extreme design complexity / Projekti ülim keerukus	4	4	16
K1.5	Inadequate design documentation / Puudulik projektidokumentatsioon	2	2	4
K1.6	Lack, in designs, of construction sequencing considerations / Ehitusjärjestuse kaalutluste puudumine	4	3	12
K1.7	Lack, in designs, of understanding of the actual construction process requirements (e.g. availability of labor workforce and equipment, budgetary limitations, existing utilities, labor safety, logistics, quantity and type of materials, site accessibility needs, technological applications, waste management, and other) / Ehitusprotsesside tegelike nõuete mõistmise puudumine (nt. tööjõu ja varustuse kättesaadavus, eelarvelised piirangud, olemasolevad kommunaalkulud, tööohutus, logistika, materjalide kogus ja tüüp, objektile juurdepääsuvõimalused, tehnoloogilised rakendused, jäätmekäitlus ja muu)	4	4	16
K1.8	Lack of design drawing coordination among different disciplines (e.g. architectural drawings, electrical network drawings, and other) / Konstrueerimisjooniste koordineerimise puudumine eri insenerialade vahel (nt. arhitektuurijoonised, elektrivõrgu joonised ja muu)	3	4	12
K1.9	Lack of design innovation when it is required / Vajalikus kohas projektiinnovatsiooni puudumine	4	1	4

K1.10	No standardization in design considerations / Puuduvad standardimisprojekti kaalutlused	1	1	1
K1.11	Unclear and/or incomplete design details / Ebaselged ja/või mittetäielikud projektiüksikasjad	4	2	8
K1.12	Untimely design changes during the late initiation and the whole execution project lifecycle phases / Ennatlikud projektimuudatused projekti käivitamise ja täitmise olelustersükli faasides.	5	2	10
K1.13	Vague drawing specifications / Ebamäärased joonisespetsifikatsioonid	3	2	6
RISK SOURCES REGARDING PRODUCTIVITY IN CONSTRUCTION / Tootlikkus ehituses (26 riskiallikat):				
K2		Tõenäos	Mõju	Tulem
K2.1	Delayed and/or failed laborer, supplier, subcontractor, and contractor payments/ Hilinenud või nurjunud tööjõu-, tarnija-, alltöövõtja- ja/või töövõtjamaksed	2	3	6
K2.2	Equipment and/or tools unavailability / Seadmete ja/või tööriistade puudumine	1	5	5
K2.3	Equipment and/or tools delivery/supply delay / Seadmete ja/või tööriistade tarnega/varustamisega viivitamine	1	4	4
K2.4	Equipment and/or tools failure / Seadmete ja/või tööriistade rikked	3	1	3
K2.5	Excessive labor overtime / Liigne ületunnitöö	5	3	15
K2.6	Extreme schedule compression and crashing / Graafiku ülim tihendamine/nurjumine	4	3	12
K2.7	Inadequate site supervision / Ebapiisav kohapealne järelevalve	4	3	12
K2.8	Labor absenteeism / Töölt puudumine	1	5	5
K2.9	Labor disputes /Töövaidlused	2	2	4
K2.10	Labor fatigue /Tööjõu kurnatus	5	3	15
K2.11	Labor inexperience /Tööjõu kogenematus	4	5	20
K2.12	Labor unavailability / Tööjõu puudumine	4	4	16
K2.13	Lack of labor construction method training /Tööjõu ehitusmeetodilase koolituse puudumine	4	3	12
K2.14	Lack of labor discipline / Tööjõu distsipliini puudumine	2	3	6
K2.15	Low labor salaries / Tööjõu madalad töötasud	2	2	4
K2.16	Material unavailability / Materjalide puudumine	3	5	15
K2.17	Material delivery/supply delay / Materjali tarnimisega/varustamisega viivitamine	3	3	9
K2.18	Non-optimal vehicle routes within the site, resulting in collisions and/or obstructions / Sõiduki mitteoptimaalsed marsruudid objektil	2	3	6
K2.19	Non-suitable materials / Ebasobivad materjalid	2	4	8
K2.20	Non-suitable equipment and/or tools / Ebasobivad seadmed ja/või tööriistad	2	4	8

K2.21	Obsolete construction and site management equipment and/or tools / Vananenud ehitus- ja objektihaldusseadmed ja/või -tööriistad	3	2	6
K2.22	Poor labor allocation / Kehv tööjaotus	3	2	6
K2.23	Poor labor skills / Kehvad tööoskused	3	4	12
K2.24	Poor logistics / Kehv logistika	3	3	9
K2.25	Spatial clashes among different processes on site / Ruumilised põrkumised eri projektiprotsesside vahel	2	3	6
K2.26	Utility resources shortage (e.g. water, fuel, and electricity) / Kommunaalressursside nappus (nt. vesi, kütus, elekter)	1	5	5
RISK SOURCES REGARDING THE ECONOMY, COST AND FINANCES / Majandus, kulud ja rahandus (17 riskiallikat)				
K3	<u>RISK SOURCES REGARDING THE ECONOMY, COST AND FINANCES / Majandus, kulud ja rahandus (17 riskiallikat)</u>			
		Tõenäos	Mõju	Tulem
K3.1	Additional cost generated by distinct quality specifications (e.g. sustainable materials, and other) / Lisakulud selgelt määratletud kvaliteedispetsifikatsioonide tõttu (nt. jätkusuutlikud materjalid ja muu)	3	3	9
K3.2	Capital exposure / Kapitali riskipositsioon	2	5	10
K3.3	Complex project financial structure / Projekti keeruline finantsstruktuur	3	2	6
K3.4	Changes in taxes regulation / Maksuregulatsioonide muudatused	2	1	2
K3.5	Corporate fraud and non-transparent financial transactions / Äripettused ja läbipaistmatud finantstehingud	1	1	1
K3.6	Errors in Bills of Quantities (BOQ) / Vead töömahtude loeteludes (BOQ)	2	1	2
K3.7	Exchange rate fluctuation / Vahetuskursi kõikumine	1	1	1
K3.8	Inaccurate budget and costs estimation (e.g. tendering, bidding, labor, material, equipment, legal processes, insurance, maintenance, and other kinds of costs) / Ebatäpne eelarve ja kulude kalkulatsioon (nt. pakkumine, tööjõud, materjalid, seadmed, õiguslikud protsessid, kindlustus, hooldus ja muud kulud)	3	4	12
K3.9	Inflation fluctuation / Inflatsiooni kõikumine	2	2	4
K3.10	Insufficient cash flow / Ebapiisavad rahavood	1	2	2
K3.11	Interest rate fluctuation / Intressimäära kõikumine	2	2	4
K3.12	Market recession and poor macroeconomic conditions / Turulangus ja halvad makromajanduslikud tingimused	3	4	12
K3.13	Nationalization and/or expropriation of assets / Vara natsionaliseerimine ja/või sundvõõrandamine	1	3	3
K3.14	Poor cost control and management until the project delivery / Kehv tarne-eelne kulude kontroll ja juhtimine	1	4	4

K3.15	Project stakeholders' fluctuation and/or limitation of financial ability / Projekti sidusrühmade vaheldumine ja/või rahaliste võimete piirid	2	5	10
K3.16	Resources price fluctuation / Ressursside hinna kõikumine	3	3	9
K3.17	Taxes fluctuation / Maksude kõikumine	2	2	4
/				
K4	RISK SOURCES REGARDING TIME AND SCHEDULE. / Aeg ja graafik (7 riskiallikat)			
		Tõenäos	Mõju	Tulem
K4.1	Delays in obtaining site access, hand-over, and right-of-way (ROW) / Viivitused objektile juurdepääsul, üleandmisel ja sõidueesõigusel (ROW)	4	3	12
K4.2	Frequent schedule changes / Sagedased graafikumuutused	5	3	15
K4.3	In-schedule conflict of different project lifecycle processes / Projekti eri olelustsükliprotsesside graafikute vastuolud	5	2	10
K4.4	In-schedule conflict of different stakeholder timeframes / Eri sidusrühmade graafikute vastuolud	5	3	15
K4.5	Time management complexity and difficulties in time estimations / Ajahalduse keerukus ja ajaprognooosi raskused	4	3	12
K4.6	Too short and/or unrealistic project schedule / liiga lühike ja/või ebareaalne projektigraafik	2	4	8
K4.7	Untimely issuance of the respective documents in all project lifecycle phases until delivery / Dokumentide ennatlik tarne-eelne väljastamine	2	2	4
/				
K5	RISK SOURCES REGARDING THE CONSTRUCTION PROCESS / Ehitusprotsess (12 riskiallikat)			
		Tõenäos	Mõju	Tulem
K5.1	Changes in regulatory and legislative specifications during construction process / Regulatiivsete/seadusandlike spetsifikatsioonide muutused ehituse ajal	2	3	6
K5.2	Construction contractor inexperience /Ehitustöötajate kogenematus	2	5	10
K5.3	Disintegration with design process / Lahknevused projektiga	3	3	9
K5.4	Extreme construction complexity / Ehituse ülim keerukus	4	4	16
K5.5	Inadequate construction documentation / Puudulik ehitusdokumentatsioon	4	4	16
K5.6	Lack of construction innovation when it is required / Vajaliku ehitusinnovatsiooni puudumine	2	3	6
K5.7	Non-suitable construction method / Ebasobiv ehitusmeetod	3	4	12
K5.8	Obstructions due to archaeological and other relative findings / Arheoloogiliste ja muude leidude tõttu tekkinud takistused.	1	3	3

K5.9	Poor construction sequencing / Kehv ehituse järjestus	3	3	9
K5.10	Poor placement of temporary site facilities / Kehv ajutiste rajatiste paigutus	2	2	4
K5.11	Reworks / Ümbertegemine	4	4	16
K5.12	Unforeseen structural damages occurring during construction / Ettenägematud konstruktsioonikahjustused ehituse ajal	3	4	12
ENVIRONMENTAL RISK SOURCES / Keskkond (5 riskiallikat):				
K6	ENVIRONMENTAL RISK SOURCES / Keskkond (5 riskiallikat):			
		Tõenäos	Mõju	Tulem
K6.1	Adverse environmental conditions (e.g. coastal, geological, hydrological, and topographic) in and around the site / Kahjulikud keskkonnatingimused (nt ranniku-, geoloogilised, hüdrooloogilised ja topograafilised) saidil ja selle ümbruses	3	4	12
K6.2	Force majeure and acts of God (e.g. earthquake, flood, fire, severely adverse weather, and other) / Vääramatu jõud ja loodusõnnetused (nt. maavärin, üleujutus, tulekahju, eriti ebasoodne ilm ja muu)	2	4	8
K6.3	Intervention of utility networks / Tehnovõrkude sekkumine	3	2	6
K6.4	Liabilities emanating from poor environmental analysis / Kehvast keskkonnaanalüüsist tulenevad kohustused	2	3	6
K6.5	Tight ecological and environmental constraints and regulations (e.g. regarding the noise, ecosystem, waste management, project pollution and contamination impact, and other) / Ranged ökoloogilised ja keskkonnaalased piirangud ja eeskirjad (nt müra, ökosüsteemi, jäätmekäitluse, projekti saastamise ja saastamise mõju jms)	3	3	9
RISK SOURCES REGARDING SITE SAFETY AND ACCIDENTS / Objekti ohutus ja õnnetused (12 riskiallikat)				
K7	RISK SOURCES REGARDING SITE SAFETY AND ACCIDENTS / Objekti ohutus ja õnnetused (12 riskiallikat)			
		Tõenäos	Mõju	Tulem
K7.1	Changes in site safety regulations / Objekti ohutuseeskirjade muudatused	2	2	4
K7.2	Cluttering due to hazardous obstacles (e.g. naked electric wires, and other) / Korralagedus ohtlike takistuste tõttu (nt lahtised elektrijuhtmed ja muu tõttu)	2	2	4
K7.3	Equipment operating errors / Seadmete töötõrked	3	3	9
K7.4	Excessive load carrying / Liigsed koormused	5	3	15
K7.5	Exposure to extreme temperatures and other environmental conditions / Kokkupuude äärmuslike temperatuuride ja muude keskkonnatingimustega	3	3	9
K7.6	Exposure to extreme noise and/or vibrations / Kokkupuude ülitugeva müra ja/või vibratsiooniga	4	3	12

K7.7	Handling and disposal of hazardous waste (particles, liquids, and emissions) / Ohtlike jäätmete käitlemine ja kõrvaldamine	2	3	6
K7.8	Handling of hazardous materials (particles, liquids, and emissions) / Ohtlike materjalide käitlemine	2	3	6
K7.9	Lack of safety equipment and/or tools / Turvavarustuse ja/või -vahendite puudumine	3	4	12
K7.10	No application of site safety regulations / Objekti ohutuseeskirjade eiramine	2	3	6
K7.11	Overcrowding of site / Objekti ülerahvastatus	1	3	3
K7.12	Poor site ergonomics / Objekti kehv ergonoomika	3	2	6
RISK SOURCES REGARDING GENERALLY PROJECT MANAGEMENT /				
K8	Projektijuhtimine (üldine) (21 riskiallikat)			
		Tõenäos	Mõju	Tulem
K8.1	Absence and/or inadequate utilization of integrating technological and software tools (e.g. Building Information Modeling, and other) / Integreerivate tehnoloogiliste ja tarkvaravahendite puudumine ja/või ebapiisav kasutamine (nt. BIM)	2	3	6
K8.2	Absence of a constructability program / Ehitatavusprogrammi puudumine	2	3	6
K8.3	Absence of operation and maintenance (O&M) provisions in the initial project management plan / Käitus- ja hooldussätete puudumine esialgses projektijuhtimiskavas	2	3	6
K8.4	Absence of sustainability provisions in the initial project management plan /Kestlikkuse sätete puudumine esialgses projektijuhtimiskavas	4	3	12
K8.5	Changes in the management and administration system, imposed by any of the project stakeholders, after the commencement of the project / Juhtimis- ja haldussüsteemi muudatused, mille kehtestasid projekti sidusrühmad pärast projekti algust	2	2	4
K8.6	Changes in the composition of the management team / Juhtimismeeskonna koosseisumuudatused	2	3	6
K8.7	Changes in the project scope and fit-for-purpose (FFP) strategies after the commencement of the project / Ulatuse ja sihtotstarbeliste strateegiate muudatused pärast projekti algust	2	4	8
K8.8	Contractors' and/or subcontractors' simultaneous commitment to other projects / Töövõtjate ja/või alltöövõtjate samaaegne tegelemine teiste projektidega	4	3	12
K8.9	Inadequate communication among project managers and on-site labor personnel / Ebapiisav suhtlus projektijuhtide ja objektipersonali vahel	3	4	12
K8.10	Inadequate communication and coordination among project stakeholders / Projekti sidusrühmade ebapiisav suhtlus ja koordineerimine	2	4	8

K8.11	Inadequate contractors' and subcontractors' performance documentation / Ebapiisav töövõtjate ja alltöövõtjate täitedokumentatsioon	2	2	4
K8.12	Inadequate change management / Ebapiisav muudatuste juhtimine	3	4	12
K8.13	Inadequate feasibility study / Ebapiisav teostatavusuuring	3	2	6
K8.14	Inadequate resources management and allocation / Ressursside ebapiisav haldamine ja eraldamine	2	3	6
K8.15	Inadequate resolution of cultural differences among stakeholders in international projects / Rahvusvaheliste projektide sidusrühmade kultuuriliste erinevuste ebapiisav lahendamine	3	4	12
K8.16	Inadequate risk management plan / Eebapiisav riskijuhtimiskava	3	3	9
K8.17	Inexperience in relevant project types and partnerships (e.g. Public-Private Partnerships) / Eri projektide ja koostöö kogemuste puudumine (nt. avaliku ja erasektori koostöö)	3	3	9
K8.18	Poor dissemination of information among project stakeholders / Teabe kehv levitamine projekti sidusrühmade vahel	3	3	9
K8.19	Poor implementation of quality control plans and the relative regulatory standards / Kehv kvaliteedikontrolli kavade ja vastavate regulatiivsete standardite rakendamine	3	3	9
K8.20	Stakeholders' professional liabilities / Sidusrühmade ametialased kohustused	2	3	6
K8.21	Third-party interference / Kolmanda osapoole sekkumine	1	3	3
RISK SOURCES REGARDING THE PROCUREMENT AND CONTRACTS /				
K9	<u>Lepingud ja hanked (9 riskiallikat)</u>			
		Tõenäos	Mõju	Tulem
K9.1	Ambiguous contract clauses, conditions, parameters, and allocation of risks and responsibilities / Ebaseelged lepingu punktid, tingimused, parameetrid ning sidusrühmade riskide ja vastutuse jaotus	3	4	12
K9.2	Choice of contractual types susceptible to disintegration among project stakeholders / Lõtvade lepingutüüpide valimine projekti sidusrühmade hulgas	2	4	8
K9.3	Delays in approvals of contractual documents / Viivitused lepingudokumentide kinnitamisel	3	5	15
K9.4	Disputes and claims among stakeholders about contractual conditions / Sidusrühmade vahelised vaidlused ja nõuded lepingutingimuste asjus	4	3	12
K9.5	Incompatibility, inconsistency, and redundancy of contractual documents / Lepingudokumentide ühildamatus, ebajärjekindlus ja liiasus	3	3	9

K9.6	Insufficient time for the preparation of contractual documents / Ebapiisav lepingudokumentide ettevalmistusaeg	5	3	15
K9.7	Non-transparent bidding, tendering and awarding procedures / Läbipaistmatu pakkumis-, hanke- ja sõlmimismenetlus	1	2	2
K9.8	Stakeholder breach of contractual agreements after the commencement of the project / Sidusrühmade lepingjärgsete kokkulepete rikkumised pärast projekti algust	1	2	2
K9.9	Stakeholder disagreement regarding insurance issues / Sidusrühmade erimeelsused kindlustusküsimustes.	2	2	4
K10	SOCIOPOLITICAL RISK SOURCES / Sotsiaalpoliitilised tegurid (7 riskiallikat):			
		Tõenäos	Mõju	Tulem
K10.1	Civil disorder / Tsiivilrahutused	2	2	4
K10.2	Delays in approvals and permits / Kinnituste ja lubadega viivitamised	3	3	9
K10.3	Import/export restrictions / Impordi/ekspordi piirangud	3	5	15
K10.4	Political and governmental instability / Poliitiline ja valitsuste ebastabiilsus	2	5	10
K10.5	Project clashes with local community, resident interests, and public activities /projekti ebakõlad kohaliku kogukonna, elanike huvide ja avalik-õigusliku tegevusega	2	2	4
K10.6	Rigid bureaucracy / jäik bürokraatia	3	3	9
K10.7	Rigid law and regulatory frameworks / jäigad seadus- ja regulatiivsed raamistikud	2	3	6