



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO

INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

**RONGIDE TEHNOHOOLDUSE TEHNOLOOGIA
OPTIMEERIMINE ETTEVÖTTES AS OPERAIL
TECHNOLOGY OPTIMIZATION OF TRAIN TECHNICAL
MAINTENANCE IN OPERAIL LTD**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Alisa Tšerepanova

Üliõpilaskood 183091EALM

Juhendaja: Jelizaveta Janno, PhD

Tallinn 2020

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.

(kuupäev digiallkirjas)

Autor: Alisa Tšerepanova

(allkirjastatud digitaalselt)

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

(kuupäev digiallkirjas)

Juhendaja: Jelizaveta Janno

(allkirjastatud digitaalselt)

Kaitsmisele lubatud

(kuupäev digiallkirjas)

Kaitsmiskomisjoni esimees: Jelizaveta Janno

(allkirjastatud digitaalselt)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Alisa Tšerepanova (*autori nimi*) (sünnikuupäev: 02.10.1989)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Rongide tehnoloogilise tehnoloogia optimeerimine ettevõttes AS Operail,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Jelizaveta Janno, PhD

(juhendaja nimi)

- 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.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

(allkirjastatud digitaalselt)

(kuupäev digiallkirjas)

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Alisa Tšerepanova 183091EALM (nimi, üliõpilaskood)
Õppekava, peaeriala: EALM02/18, Logistika, Logistika ja tarneahela juhtimine (kood ja nimetus)

Juhendaja: PhD, Jelizaveta Janno, tel. 620 2609 (amet, nimi, telefon)

Lõputöö teema:

Rongide tehnohoolduse tehnoloogia optimeerimine ettevõttes AS Operail

Technology Optimization of Train Technical Maintenance in Operail Ltd

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Tuua välja kasutusel olevate rongide tehnohoolduse tehnoloogia tugevused ja nõrkused.
2. Pakkuda tehnoloogia tõhustamise võimalusi läbi võimalikke digitaalsete ja automaatsete lahenduste kaasamise.
3. Anda hinnang muutustele rongide tehnohoolduses, mis kaasnevad protsesside digitaliseerimisega ja automatiseerimisega.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Töö teoreetiline osa koostamine	12.04.2020
2.	Töö metoodilise osa koostamine	22.04.2020
3.	Töö empiirilise osa koostamine	05.05.2020
4.	Töö valmisolek 80%, töö eelkaitsmine	06.-07.05.2020
5.	Lõputöö teema deklareerimine	11.05.2020
6.	100% valmistöö esitamine instituuti	25.05.2020
7.	Lõputöö kaitsmine	01.-02.06.2020

Töö keel: Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "25."mai 2020.a

Üliõpilane: Alisa Tšerepanova (kuupäev digiallkirjas)
(allkirjastatud digitaalselt)

Juhendaja: Jelizaveta Janno (kuupäev digiallkirjas)
(allkirjastatud digitaalselt)

Programmijuht: Jelizaveta Janno (kuupäev digiallkirjas)
(allkirjastatud digitaalselt)

SISUKORD

EESSÕNA	6
SISSEJUHATUS	7
1 TEOREETILINE TEEMAKÄSITLUS	10
1.1 Digitaliseerimine ja automatiseerimine raudteetranspordis	10
1.2 Vagunite tehnohoolduspunktide töökorraldus	12
1.3 Vagunite tehnilise seisundi kontrollimise automatiseeritud süsteemid	19
1.4 Rakendatud automatiseeritud lahendused Venemaal	26
2 LÄHTÜLESANNE	31
2.1 AS Operail ja lähteülesande formuleerimine	31
2.2 Rongide tehnohoolduse korraldus Eestis	33
2.3 Eesti raudteeinfrastruktuuril kasutusel olevad seadmed	38
3 METOODIKA	43
3.1 Uurimisstrateegia kujundamine	43
3.2 Valimi kujundamine	44
3.3 Andmete kogumine	46
3.4 Andmete analüüs	48
4 UURIMUSE TULEMUSED JA JÄRELDUSED	52
4.1 AS-IS protsess ja tulemuste analüüs	52
4.2 Ekspertintervjuu ja TO-BE protsess	57
4.3 Järeldused ja ettepanekud	59
5 KOKKUVÕTE	64
SUMMARY	66
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	68
LISAD	74
LISA 1 Teatis vaguni remondi kohta Vorm VU-23M	74
LISA 2 Teatis kaubavagunite vastuvõtu kohta jooksvast remondist Vorm VU-36M	75
LISA 3 Kaubavagunite tehniliseks teenindamiseks esitamise raamat Vorm VU-14	76
LISA 4 Väljavõtted raudteeveeremi tehnohoolduse ja remondi eeskirjast	78
LISA 5 Rongide töötlemise graafik Koidula jaamas	82
LISA 6 Ust-Luga sadamaraudtee skeem	83

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö pealkirjaks on „Rongide tehnohoolduse tehnoloogia optimeerimine ettevõttes AS Operail“. Antud lõputöö teema on sõnastatud autori poolt ning kooskõlastatud juhtumiuurimuse fookuses oleva ettevõttega ning tuleneb rongide tehnohoolduse protsessi kaasajastamise vajadusest. Lõputöö tunnetuslik probleem tuleneb asjaolust, et täna ettevõttes rakendatav rongide tehnohoolduse protsess ei ole tõhus ega jätkusuutlik olemasolevates tingimustes. Tõhusus on saavutatud tulemuste ja kasutatud ressursside suhte vahena. Töö eesmärk on kaasajastada rongide tehnohoolduse protsess läbi võimalike olemasolevate digitaalsete ja automaatsete lahenduste kaasamise. Tulemusena kujuneb parendatud rongide tehnohoolduse protsess, mis tagab ettevõtte jaoks madalamad käitluskulud rongide hooldamisel ning suurendab ohutust raudteel tervikuna.

Uurimise käigus analüüsis autor ettevõtte AS Operail vagunijärelevaatajate tööd ja tehnohoolduspunktide (edaspidi THP) tootlikkust ja hindas, kuidas muutub tehnohoolduse protsess peale uue tehnoloogia kasutusele võttu. Empiirilise uurimuse aluseks olevaks perioodiks oli jaanuar 2018 kuni märts 2020. Teised andmed pärinevad ettevõtte AS Operail andmekogust ning puudutavad andmeid seoses teostatud tehnohoolduste, laadimiseks ettevalmistuste, jooksva remondi mahtude ning töötajate arvu. Käesoleva uurimistöö raames valiti sobivaks uurimisstrateegiaks kombineeritud juhtumiuurimus ning peamisteks meetoditeks vaatlus ja ekspertintervjuu.

Rongide tehnohoolduse protsesside kaasajastamine läbi digitaalsete ja automaatsete süsteemide kasutuselevõtu toob endaga kaasa mitmeid muutusi. Selle tulemusena kiireneb rongide tehnohoolduse protsess ning väheneb rongide töötlemisaeg, mis omakorda tähendab kulude vähenemist (käitlemiskulud). Automaatsete seadmete kasutuselevõtt parandab ohutust raudteel, sest süsteem suudab ennetavalt ning inimesest täpsemalt tuvastada tehnilisi vigu. See on tähtis nii tehnohooldusteenust pakkuvale ettevõttele (AS Operail) kui ka infrastruktuuri omanikule (AS Eesti Raudtee), kaubavedajale ja klientidele, kes kasutavad kaubaveoks raudteetransporti.

Võtmesõnad: raudteetransport, vagunite tehnohooldus, automatiseerimine, optimeerimine, ohutus.

SISSEJUHATUS

Vaatamata sellele, et raudteetransport on üks ohutumaid transpordiliike, omavad võimalikud raudteeõnnetused tõsiseid tagajärgesid. Eurostat statistika andmetel juhtub raudteetranspordis keskmiselt ühe reisija surmajuhtumiga raudteeõnnetust 6,41 mld sõitjakilomeetri kohta (mld/skm). Kõige ohutum on sama statistika kohaselt lennutransport (üks surmajuhtum 9,90 mld/skm) ning kõige ohtlikum transpordiliik motoriseeritud kahe rattalised (üks surmajuhtum 0,02 mld/skm). [1]

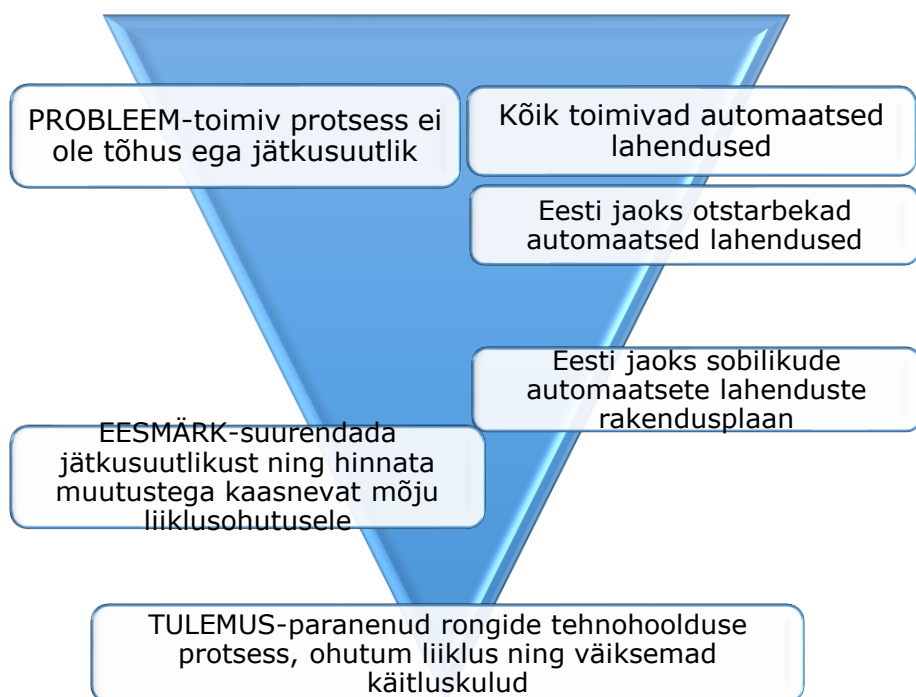
Ohutuse aspekt on tihedalt seotud raudteeveeremiga, sest raudteeinfrastruktuuril liikuv veerem peab olema tehniliselt korras. Arvestades, et tehniliselt mitte korras olev veerem võib põhjustada tõsiste tagajärgedega õnnetusi, siis oluline on toetada THP-des veeremile regulaarsed tehnohooldused ehk toiminguid veeremi töökindluse ja kasutatavuse säilitamiseks. Paljudes Euroopa ja SRÜ (Sõltumatute Riikide Ühendus) riikides on täna juba võetud kasutusele erinevaid automaatseid lahendusi, mis aitavad kaasa nii ohutuse tõstmisele läbi inimfaktori osaluse vähendamise kui ka käitluskulude vähendamisele tervikult. Käitluskulude all mõeldakse siin töötaja palgafondi, öhtu- ja öötundide lisatasusid, otseseid koolituskulusid, samuti töövahendite ja tööriiete maksumust.

Käesoleva töö fookuses on ettevõtte tunnetuslik probleemi, et toimiv rongide tehnohoolduse protsess ei ole tõhus ega jätkusuutlik olemasolevates tingimustes. Tõhusus on saavutatud tulemuste ja kasutatud ressursside suhte vahena. [2] AS Operail teostab Eestis rongide tehnohooldust, sest ettevõtte omab atesteeritud [3] vagunimajandust, millele on määratud tingimuslik kood vastavalt teatmikule *СЖА 1001 «Условные коды предприятий»* ning vastab kõikidele AS Eesti Raudtee tegevuseeskirjas välja toodud nõuetele. Rongide tehnohoolduse protsessi korraldus näeb täna ette, et rongide tehnohooldust teostavad vagunijärelevaatajad. Enamik protsessiga seotud andmeedastust toimub paberkandjal, mis terviklikult tähendab, et inifaktori mõju sellele on suur ning tehnohoolduse protsessi aeg on aeganõudev. Jätkusuutlikkus keskendub praeguste vajaduste rahuldamisele, kahjustamata tulevaste põlvkondade võimalusi nende vajadusi rahuldada. [4] Langevad kaubaveo mahud [5] mõjutavad samasuunaliselt vagunite järelevaatajate töömahtusid ning sellest tulenevalt THP-de tootlikkust.

Uurimuse eesmärk on suurendada vagunite tehnohoolduse protsessi jätkusuutlikkus ja hinnata, missugune mõju kaasneb ettevõtte käitluskuludele ning liiklusohutusele

terviklikult protsessi automatiseerimisel. Tulenevalt automaatsete süsteemide rongide tehnohoolduse protsessi kaasamisest väheneb inimfaktori mõju, millest saab oletada väiksemat tõenäosust vigade tähelepanuta jätmisele. Eelpool mainutust tulenevalt on uurimuse peamisteks uurimisküsimusteks:

1. Millised toimivad vagunite tehnohoolduse automaatsed lahendused on täna olemas?
2. Milliseid vagunite tehnohoolduse automaatseid lahendusi on otstarbekas kasutusele võtta Eestis?
3. Kuidas on mõistlik vagunite tehnohoolduse automaatseid lahendusi Eestis rakendada?



Joonis 0.1 Uurimisküsimused uurimisplaanis

Allikas: autori koostatud

Käesolevat tööd kirjutades puutus töö autor kokku teadusallikate ja varasemate uurimuste teadaoleva piiratudusega. Võttes siinkohal arvesse, et autor töötas läbi märkimisväärse koguse allikaid, pole rongide tehnohoolduse automatiseerimise teemat SRÜ riikide 1520 mm rööpmelaiuse aspektis laialdaselt uuritud. Rongide tehnohoolduse protsess on endiselt paljuski manuaalne ning kaasaegsete automaatsete süsteemide väljatöötamisest ning rakendusse võtmisest on vähe aega möödas. Raudteetransport on konservatiivne tegevusvaldkond ning andmete digitaliseerimine ja protsesside automatiseerimine on siinkohal alles algusjärgus. Tulenevalt töö spetsiifikas ning raudteetranspordi valdkonna ametlikust keelest, tugineb autor palju venekeelsetele allikatele. Kõiki seaduslikke aspekte, mis on seotud rööpmelaiusega 1520 mm, reguleerib ning jälgib nende täitmist SRÜ ja Balti riikide Raudteetranspordi Nõukogu.

[6] Samal põhjusel on töös välja toodud mitmed automatiseeritud süsteemid, mis on suuremas osas toodetud Venemaal või on kasutusel rööpmelaiusel 1520 mm. See võimaldab edaspidi arendada digitaalset andmevahetust olemasolevate SRÜ riikide administratsioonide andmebaaside vahel. Maailmas tervikuna on olemas laiem valik rongide tehnohoolduse automatiseeritud süsteeme, kuid täna ei ole need valmislahendused, mida saab kasutusele võtta Eestis, arvestades andmevahetuse vajadust SRÜ ja Balti riikide Raudteetranspordi Nõukogu andmebaasidega. Uurimuse tulemustena hindab autor valitud rongide tehnohoolduse tehnoloogia mõju raudtee liiklusohutusele üldiselt ja tuvastab kasu ettevõttele.

Uurimus on ettevõtte põhine ning uurimuse läbi viimiseks on valitud juhtumiuurimuse strateegia. Töö koosneb neljast osas. Esimeses osas tuuakse välja teoreetiline teemakäsitlus seoses digitaliseerituse ja automatiseerituse aspektidega raudteetranspordis. Keskendutakse rongide tehnohoolduse tehnoloogilisele protsessile, võimalikele automaatsete koosseisu kontrollimise süsteemidele ning Venemaa kogemusele protsesside automatiseerimises ja sellega seotud andmete digitaliseerimises raudteetranspordis. Teises osas käsitletakse rongide tehnohoolduse protsessi Eesti kontekstis ettevõttes AS Operail. Tuvastatakse, kuidas on ettevõttes täna korraldatud rongide tehnohoolduse protsess ning milliseid automatiseeritud süsteeme selleks kasutatakse. Kolmandas osas on toodud välja uurimust toetav uurimusstrateegia – tutvustatakse valimi kujundamist, andmete kogumist ning andmete analüüsimiseks valitud meetodeid. Uurimistöö koostamisel kasutas autor *Microsoft Visio* ja *Microsoft Excel* tarkvara. Neljandas osas esitab autor olemasoleva protsessi *AS-IS* ja parendusettepanekutega *TO-BE* kaardistusi. Parendusettepanekute alusel on tuvastatakse mõju raudtee liiklusohutusele üldiselt ja tuvastab kasu ettevõttele AS Operail.

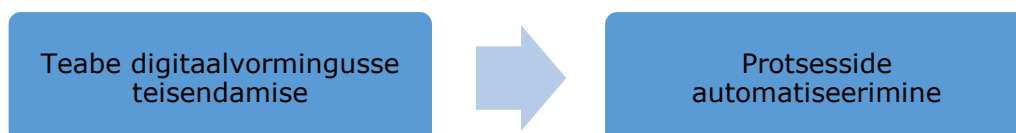
Saadud uurimistulemused on olulised ettevõttele AS Operail, sest läbi protsesside jätkusuutlikuks muutmise parandatakse ohutust ning võidetakse käitluskulude kokkuhoiu pealt. Töös on toodud välja hinnangulised arvutused, mida võib kasutada edaspidiste täpsemate arvestuste sisendina. Pakutud lahenduse kasutusele võtmise puhul ning selle toimimise korral on võimalik süsteemi edasi jätkuvalt automatiseerida ning digitaliseerida andmevahetust andmebaaside vahel.

1 TOOREETILINE TEEMAKÄSITLUS

1.1 Digitaliseerimine ja automatiseerimine raudteetranspordis

Digitaalsed suundumused avavad täna uusi võimalusi väärtuse loomiseks. See uus tehnoloogia sunnib ettevõtteid läbima põhjaliku digitaalse muutumise. Digitaalset muutumist võib määratleda kui protsesside jada, milles digitaalse tehnoloogia abil luuakse uusi lähenemisviise äritegevuseks, asendades traditsioonilised lähenemisviisid andmete edastamisel. [7]

Digiteerimine ja digitaliseerimine on kaks kontseptuaalset terminit, mis on tihedalt seotud ning nende kahe mõiste selge vahe tegemisel on määrav analüütiline väärtus. [8] Digiteerimine on teabe digitaalvormingusse teisendamise protsess. Selles vormingus on teave jaotatud diskreetseteks andmeühikuteks (nn bittideks), millele saab eraldi adresseerida. See on binaarne teave, mida arvutid ja paljud arvutusvõimsusega seadmed saavad töödelda. [9] Näiteks teabe veeremi tehniliste andmete kohta on digiteeritud ning saadaval ühistest andmebaasidest (SRÜ riikide puhul on selliseks andmebaasiks Информационно-вычислительный центр железнодорожных администраций (edaspidi ИВЦ ЖА)). Digitaliseerimine tähendab interaktsioonide, kommunikatsioonide, äriefunktsioonide ja ärimudelite muutmist (enam) digitaalseks, mis seguneb sageli digitaalse ja füüsilise aspektiga nagu universaalkanali klienditeenindus, integreeritud turundus või nutikas tootmine koos autonoomsete, poolautonoomsete ja käsitsi-toimingutega. Ilma digiteerimiseta pole digitaliseerimine võimalik [8]. Digitaliseerimise kohapealt võib välja tuua SMGS (rahvusvaheline raudtee saateleht) saatelehe täitmise võimalust digitaalsel kujul ehk selleks spetsiaalselt ettenähtud programmis. Traditsiooniliselt on andmete digitaalsel kujul edastamine eeldus protsesside automatiseerimiseks (Joonis 1.1) ehk andmed peavad olema üle viidud masinloetavasse formaati ning seejärel on võimalik juba protsessi automatiseerida.



Joonis 1.1 Digitaliseerimise ja automatiseerimise seos

Allikas: autori koostatud

Automatiseerimine tähendab masinate või muu tehnoloogia rakendamist võimaldades protsessidel toimuda ilma inimeste sekkumiseta. [10] Arvutustehnika ja sidevahendite praegune arengutase võimaldavad juhtimisprotsessi automatiseerimisel kiiresti ja tõhusalt lahendada püstitatud ülesandeid, mille jaoks luuakse integreeritud automatiseeritud juhtimissüsteem. Nende hulka kuuluvad paljud töötajate automatiseeritud töökohad, suhtlus- ja teabevahetusvahendid, muud personali tööd automatiseerivad tööriistad ja süsteemid. [11]

Digitaliseerimise osas transpordi aspektist tuleb eristada kahte erinevat suunda – reisijate- ja kaubavedu. Raudteetranspordis on uued reisirongikomplektid suures osas kaetud sensoritega, mis koostöös muude lahendustega võimaldavad uut moodi mobiilsust raudteel. Kaubaveoks mõeldud vagunid koos seotud andmevahetusega ei oma hetkel veel ka esmast taset digitaliseerimise suunas, mis on hädavajalik rongide ettevalmistamise aja ning hooldusdiagnostika efektiivsemaks muutmisel. Reisi- ja kaubaterminalid ei ole hetkel veel nii kaasaegsed kui tehnika seda võimaldaks. Infrastruktuuri ja rongide puhul kasutatavad käsu-ja juhtimissüsteemidesse on alles hiljuti integreeritud Euroopa Raudteeliikluse Juhtimissüsteem – see on edukas süsteem, mis aitab parandada lähitulevikus ohutust ning tänu satelliit süsteemidele parandada rongide läbilaskevõimet. [Ibid.]

Teine aspekt digitaliseerimise juures (kuidas sektor seostab ennast klientidega nii reisijate kui kaubaveol) on asjaolu, et digitaliseerituse tase on madal ning ei vasta klientide rahulolule ning ootustele. Väga vähesed platvormid on täna piisavalt integreeritud - näiteks piletite müük või kaubavedu erinevate transpordiliikide lõikes, sealhulgas raudteetranspordiga. Tulevikus peaksid erinevad platvormid pakkuma raudteetranspordi kui „uue“ teenusena, mis eeldab, et raudtee ja selle tehnoloogia jagab oma andmeid erinevatele platvormidele. Ehkki olulisi digitaalseid projekte on juba käivitunud, siis hetkel puuduvad andmevahetust soodustavad nutikad automaatsed lahendused raudteejaamades ja suurtes raudteelogistikaterminalides. [Ibid.] Raudtee rongide tehnohoolduse automatiseerimise süsteemide puhul luuakse automatiseeritud süsteemid, mis hakkavad edastama ja koguma digitaalset teavet süsteemi osapoolte vahel, näiteks automatiseeritud töökohta (Joonis 1.2).

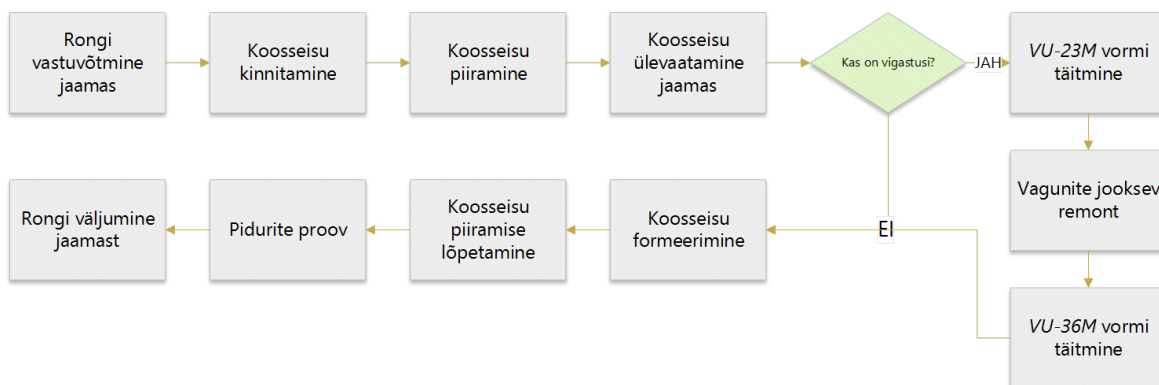


Joonis 1.2 Automatiseerimise ja digitaliseerimise seos raudteetranspordi näitel
Allikas: autori koostatud

Raudteetranspordi väljakutseteks täna automatiseerimise ja digitaliseerimise seisukohalt võib välja tuua asjaolu, et olemasolevad erinevad süsteemid ja andmebaasid ei ole omavahel seotud ning nende vahel puudub digitaalne andmevahetus.

1.2 Vagunite tehnohoolduspunktide töökorraldus

Järgnevalt keskendutakse vagunite tehnohoolduspunktide (THP) töökorraldusele andmaks ülevaadet kuidas toimub rongi koosseisude tehnohoolduse protsess. Välja toodud tehnoloogia on rakendatud kõikides Eesti THP-des, mis asuvad Muuga, Maardu, Ülemiste, Tapa, Kohtla, Vaivara, Narva, Tartu, Koidula ja Valga jaamades. Liikluses töötav raudteeveerem peab olema tehniliselt korras ning perioodiliselt kontrollitud. [12] Veetavate kaupade ohutuse ning ohutu ja katkematu rongiteenuse tagamiseks peab kõigis THP-des olema teostatud vagunite tehniliste rikete tuvastamine ja kõrvaldamine formeeritavates ja transiidirongides enne laadimise alustamist. Piirjaamade THP-d on lisaks Eesti siseste rongide tehnohoolduse teostamiseks mõeldud teistele administratsioonidele üle antavate ja vastuvõetavate tehniliselt mitte korras olevate koosseisude välistamiseks. Alljärgnevalt (Joonis 1.3) on esitatud THP töökorralduse skeem.



Joonis 1.3 THP töökorralduse skeem

Allikas: autori koostatud

Rongide tehnohooldus on toimingute kogum veeremi töökindluse ja kasutatavuse säilitamiseks. Selle alla kuulub: koosseisu ülevaatamine, vigastuste kõrvaldamine jooksvas remondis ning piduriproovi läbiviimine. Rongi vastuvõtmine jaamas, tähendab vagunijärelevaataja juuresolekul teel, mööda mida rong jaama siseneb. Kuna mõningaid vigastusi on võimalik tuvastada ainult rongi liikumise ajal, siis tehnohoolduse tegemisel inimese poolt on see osa protsessis väga oluline. Vigastusi on võimalik

tuvastada kuulmise järgi. Vagunijärelevaataja paneb tähele kõiki kahtlaseid hääli, mida veerem teeb, ning hiljem pöörab nende kohtade kontrollimisele erilist tähelepanu. Järgmine etapp on koosseisu kinnitamine pidurikingadega. Seda on vaja, et välistada selle omavolilist liikumist, mis võib olla põhjuseks liiklusõnnetuseks. Koosseisu piiramist on vaja, et tagada ohutust tehnohoolduse protsessi ajal. Piiramine välistab teise rongi otsa sõitmist, mille tagajärjel võim saada vigastada nii veerem, millele teostatakse tehnohooldust kui ka inimesed kes seda teostavad. Koosseisu ülevaatamisel peavad vagunijärelevaatajad väga tähelepanelikult üle vaatama kõiki veeremi osasid, millel vigade tuvastamiseks ning vajadusel teostama vajalikke mõõtmisi. Juhul kui on mõni vaga tuvastatud siis täidab järelevaataja VU-23 vormi ning vagun haagitakse koosseisust lahti ning saadetakse jooksvasse remondi vigade kõrvaldamiseks. Peale vaguni remonti ja selle kontrollimist vanemmeistri poolt täidetakse VU-36 vormi ning vagun suunatakse tagasi tõsse. Korras olevad vagunid formeeritakse uuteks koosseisudeks vastavalt nende sihtpunktidele. Seejärel võetakse piiramine maha. Kui uus koosseis on formeeritud teostatakse sellele piduriproov, veendumaks, et kõikidel vagunitel on pidurid korras ning rong sõidab jaamast ära.

Vagunite tehnohooldust teostavad vastavat väljaõpet saanud vagunijärelevaatajad, ette antud viisil, selleks ettenähtud kohtades, et tuvastada rikkeid ja defekte. Probleemide tuvastamiseks vagunijärelevaatajad peavad minema rongi juurde ja teostama audiitiivsel teel vaguni seisukorra kontrolli, visuaalset kontrolli liikumise ja seisu ajal ning kahtluste korral teostama vajalikud mõõtmised. Rongide tehnilise seisundi ülevaatus ekspluatatsioonis põhineb eeldusel, et seda teostatakse rangelt reglementeeritud viisil. Praktikas, rikete ja defektide tuvastamine või nende mitte tuvastamine sõltub: [13]

- Ülevaatus toimumise aeg (päev või öhtu);
- Ilmastikutingimused (päike, vihm, lumi jne);
- Töötajate tähelepanelikkus ja tehniline pädevus.

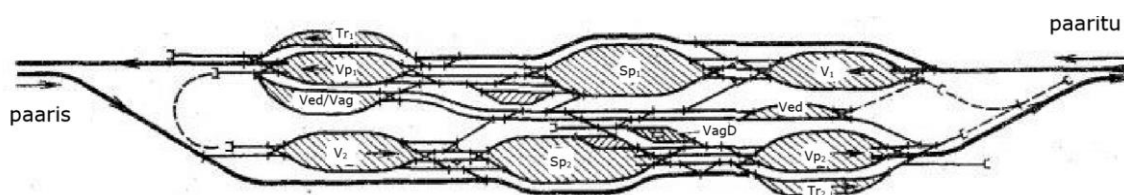
Hästi korraldatud hooldusprotsessid on veeremi jõudluse soovitud tasemel hoidmiseks hädavajalikud. Veeremi pikk viibimine remondis mõjutab oluliselt teenuste maksumust ja kvaliteeti. [14] Rattakomplektide ning pöördvankrite vigastused võivad põhjustada väga tõsiste tagajärgedega õnnetusi. Et sead vältida, tuleb nende kontrollile pöörata erilist tähelepanu. [15]

Sorteerimisjaam on raudteejaam või selle osa, mis on spetsiaalselt varustatud raudteeveeremite sorteerimiseks vajalike rööbasteede või muu varustusega. [16] Alljärgnevalt on lahti kirjutatud THP töötajate toimingud rongiga jaamas mis on

reguleeritud juhendiga «Инструкция по техническому обслуживанию вагонов в эксплуатации» (Инструкция осмотра вагонов).

Rongi vastuvõtmine ja töötlemine jaamas

Vagunite hooldus sorteerimisjaama (Joonis 1.4) THP-s algab rongide vastuvõtmis pargis olevate vagunite tehnilise seisukorra kontrollimisega ja rikete tuvastamisega, mida saab kõrvaldada ainult maha-haakeremondis, [17] ning vagunite toimetamisega selleks spetsiaalselt ettenähtud teele või depoosse. Selles pargis ei tohiks vagunite ülevaatus kesta kauem kui 15 minutit.



Joonis 1.4 Kahepoolse sorteerimisjaama skeem koos transiitparkidega ning paralleelsete rongide väljumise parkidega:

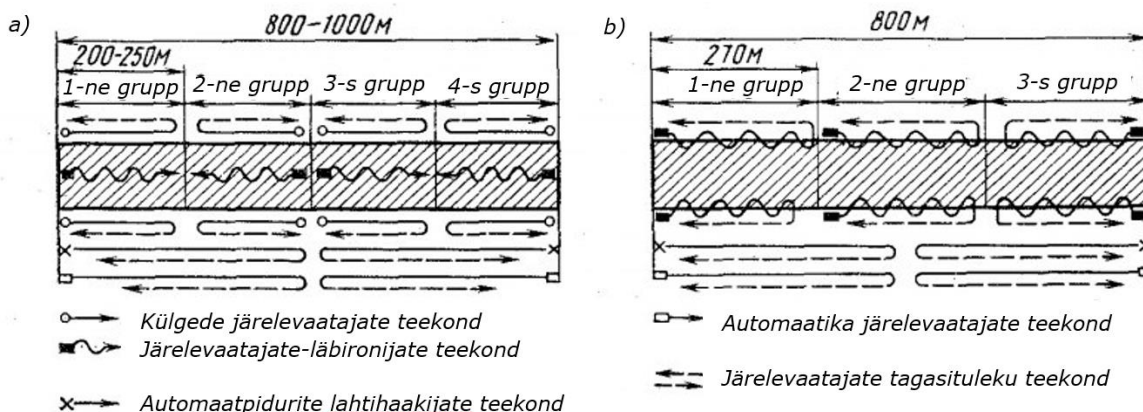
V_1, V_2 – rongide vastuvõtmise pargid; Sp_1, Sp_2 – rongide sorteerimispargid; V_1, V_2 – rongide väljumise pargid; Tr_1, Tr_2 – rongide transiidipargid; Ved/Vag – veduri- ja vagunimajandused; Ved – vedurite seadmed; $VagD$ – vagunite depoo.

Allikas: [18]

Sorteerimispargis kontrollitakse vagunite tehnilist seisukorda, et tuvastada manööverdamisprotsessis tekkinud kahjustused ja takistada maha-haakeremonti vajavate vagunite sattumist rongide väljumise parki. Rongide väljumisepargis teostatakse tehnohooldust ning vigaste ühikute ja vaguniosade remont ja asendamine ilma rongidest lahti haakimiseta vastavalt vagunijärelevaatajate rongide vastuvõtmispargis tehtud märgistustele ja sorteerimisele. Koosseisu töötlemise aeg on keskmiselt 30 minutit. Kui jaama rongide sorteerimispark on samaaegselt rongide väljumise park, siis vaguneid teenindatakse selles pargis pärast rongide moodustamist. Sorteerimisjaama saabuvad transiitrongid kontrollitakse ja remonditakse lähte- või transiitparkides.

Rongide vastuvõtmis pargis olevate vagunite tehnilist seisukorda kontrollitakse järgmises järjestuses. Pargi või jaama ülem raadioside või telefoni teel eelnevalt teatab vagunijärelevaatajatele ja THP operaatorile rongide lähenemisest või teenindamise järjestusest, märkides saabumise või töö alguse aja. Vagunijärelevaatajad, saades teavet rongi lähenemise kohta, lähevad selle vastuvõtuteele.

Tavaliselt kasutatakse rongide vastuvõtmise parkides koosseisude teenindamiseks mitme grupi meetodit. Üks järelevaatajate grupp paikneb saabuva rongi viimase vaguni peatamiskohas või piiriposti kohapeal välise visuaalse kontrolli teostamiseks ja teine esimese vaguni peatumise kohas. Kolme- ja neljagrupiliste rongi teenindamise meetodil (Joonis 1.5) lähevad vahegrupid kohtadesse, kus algab rongide ülevaatus vastavalt vagunite hooldusjuhendile. [19]

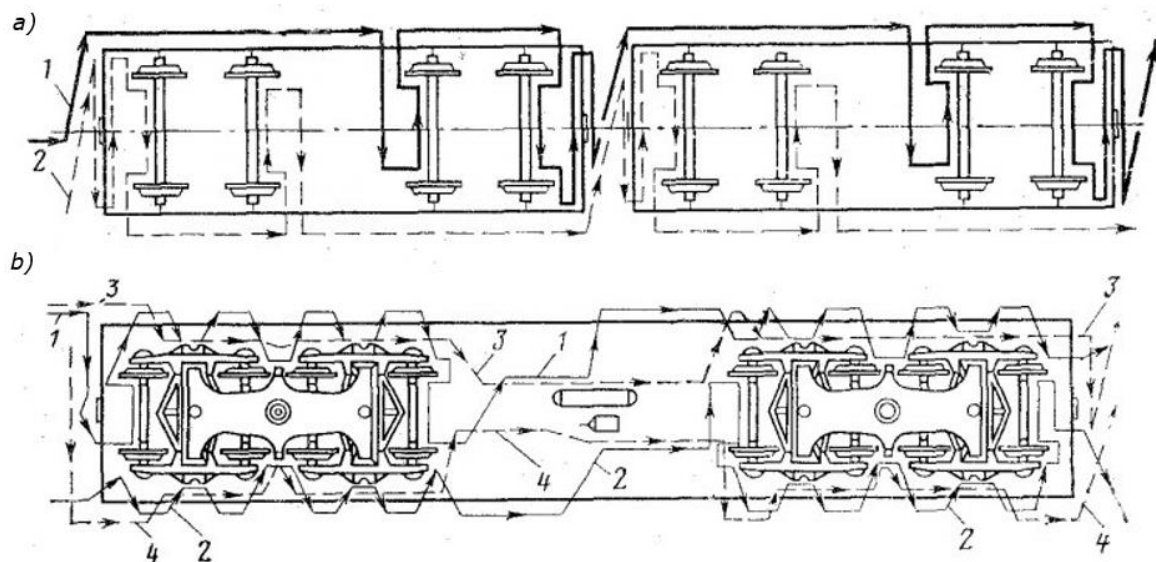


Joonis 1.5 Koosseisude tehnilise teenindamise skeem rongide vastuvõtmise pargis: a – nelja järelevaatajate gruppi puhul; b – kolme järelevaatajate gruppi puhul (vasakul – koosseisu pea, paremal – koosseisu saba).

Allikas: [18]

Parki saabuva rongi ülevaatamisel võimalikud tuvastatavad defektid on defektid rattapinnal, vaguni all olevad ja lohisevad detailid, puksisõlmede kontrollimisel tuvastatavad puudused, vankrite vedrustuse, haakeseadmete, kere ja piduriühenduste seisukorra puudused. Peale rongi peatumist teavitab vedurijuht pidurite toimimise ja muude vagunite probleemide kohta järelevaatajate peagruppi. Antud info vigaste vagunite numbritega liigub peagrupilt teistele järelevaatajate gruppidele. Seejärel, pärast veduri ja esimese vaguni vaheliste ühendushoobade lahti ühendamist ja veduri lahkumist, avatakse otsaventil, mis vabastab õhu rongi piduritorustikust. Enne tööle asumist koosseisu piiratakse, millest THP operaator teavitab koosseisu hooldavaid grupe raadioside kaudu. Tsentraliseeritud rongide piirdesüsteemi puudumisel paigaldavad piirdesignaale THP töötajad.

Peale koosseisu piiramist kontrollib remondimeeskond vagunite tehnilist seisukorda üheaegselt mõlemalt poolt (Joonis 1.6) ja iga järelevaataja vastutab rongi ühel küljel asuvate kõigi vaguniosade, samuti ühe käre ja poole vaguni raami seisundi kontrollimise kvaliteedi eest.



Joonis 1.6 Vagunite tehnilise seisundi kontrollimise toimingute järjestus: a – neljateljelise; b – kaheksateljelise; 1, 2 – vagunite järelevaatajate teekond; 3, 4 – automaatpidurite järelevaatajate teekond.

Allikas: [18]

Eespool esitatud joonisel on esitatud vagunite järelevaatajate teekond (1, 2) ning automaatpidurite järelevaatajate teekond (3, 4). Vagunite seisundi tehniliseks jälgimiseks on võimalikud ka teised variandid. Korpuste külgsentel, platvormide külgedel ja paakide kateldel tuvastatud tõrgete korral tehakse vagunile vigastuse kõrvale, nähtavasse kohta kriidiga märgistused. Lahti monteerimiseks saadetavatel vagunitel on need märgistused, mis näitavad peamist rikut, mille tõttu vagun kulub maha-haakimisele, samuti viitavad need sihtkohale, kuhu vagun tuleb saata ("depoo", "rem.tee", "ülekaal"). Samas maha-haakeremonti vajavatele vagunitele kirjutavad vagunite remontijad-järelevaatajad VU-23M vormi teatised, mis on toodud käesoleva töö lisades (Lisas 1, Joonis L 1.1), kahes eksemplaris. Üks eksemplar on ette nähtud tehnilisse kantseleisse toimetamiseks, teine üleandmiseks depoole.

Toimingud peale vigastuste avastamist

Iga grupi vagunite järelevaatajad kirjutavad VU-15 vormi raamatusse (Vormi VU-15 raamat on dokument, mis kajastab vagunite tehnilist seisukorda peale nende ülevaatamist THP-des) esimese ja viimase kontrollitud vaguni numbrid ning panevad nendele vagunitele tavapärased kriidimärgised. Seejärel teatab rongikoosseisu tehnilise teenindamise grupi juht THP operaatorile maha haakimist vajavate vagunite numbrid, nende talitlushäirete olemuse ning teavitab teda piirdesignaalide eemaldamise võimalusest. Kui THP operaator on need teatised kõigilt gruppideelt kätte saanud, eemaldab ta ise (tsentraliseeritud süsteemiga) või käsib piirdesignaalid eemaldada ja

teatab sellest koosseisu hooldavatele gruppidele raadioside kaudu. Operaator teavitab jaamaülemat või manööverdusspetsialisti rongi lahti formeerimise valmidusest ning teatab maha-haakeremonti vajavate vagunite olemasolust.

Suurtes kaubajaamades määratakse kindlaks rongide vastuvõtmine pargis olevate vagunite tehnohooldusmeeskondade arv ja koosseis, võttes arvesse vähemalt 5-6 rongi koosseisu lahutamist 1 tunni jooksul sorteerimismäelt. Sorteerimispargis on lisaks vagunite tehnilise seisundi kontrolliks manööverdamise ajal ette nähtud ka vagunite tehnohooldus ja remont spetsiaalselt selleks ette nähtud teedel.

Paljudes kaubajaamades liitub formeerimise pargi vagunite järelevaataja formeerimismeeskonnaga, aidates koostajal tuvastada haakeseadmete kõrguse erinevust rohkem kui 100 mm, ning jälgib ka vagunite ohutust manööverdamise ajal. Maha-haakeremonti vajavatele vagunitele väljastab järelevaataja *VU-23M* vormi kohese teatise. Reeglina on mehaniseeritud jaamas kaks läbikäiku vagunite remondiks ning ummiktee tagavara- ja remonditud pöördvankrite ja rattapaaride jaoks. Iga remonditee jaoks on ette nähtud kolm järjestikust sektsiooni vigaste vagunite kogumiseks, vigaste vagunite remontimiseks ja remonditud vagunite kogumiseks, mis ootavad formeerimispargist väljaviimist.

Pärast remonditud vagunite ära saatmist viiakse remonti ootavat veeremiühikud tee vabasse ossa ja defektsed vagunid jõuavad taas oma kohale. Teedele peab mahtuma kuni 10-15% ja suurtes jaamades kuni 25% päevasest remonti saabuvatest vagunitest. Töökohad remondi piirkondades peavad olema varustatud püstikute ja mitmesuguste seadmetega. Maha-haakeremondiga tegelevat meeskonda juhib meister või brigadir (mehhaanik). Grupis töötavate töötajate arv ja nende ametialane koosseis määratakse sõltuvalt töö mahust ja jaama läbiva veeremi tüübist.

Remonditud vagunid võtab vastu meister või vagunite vastuvõtja. Sellega kaasneb vormi *VU-36M* täitmine, mis on toodud käesoleva töö lisades (Lisa 2, Joonis L 2.1). See vorm on remondist vabastamise teade, mille alusel depoo ja jaam eemaldavad remonditud vagunid vigaste vagunite registrist. Sorteerimisjaamade väljumise parkides jälgitakse enne rongide väljumist vagunite tehnilist seisukorda ja teostatakse maha-haakimiseta vagunite remonti.

Enne moodustatud rongi üleviimist sorteerimispargist väljumise parki teatab jaama saatja sellest THP operaatorile, teavitades rööbastee numbrit, koosseisus olevate vagunite arvu, esimese ja viimase vagunite numbreid ning rongi väljumise kellaaega.

THP operaator kirjutab need andmed *VU-14* vormi raamatusse, mis on toodud käesoleva töö lisades (Lisa 3; Joonis L 3.1), kus on näidatud rongi esitlemise aeg, ning annab väljumise pargi töö grupile korralduse hakata rongi töötlemale.

Rongide tehnohooldust teostavate gruppide professionaalne koosseis ning arv määratakse sõltuvalt teostava töö mahust ja keerukusest, võttes arvesse asjaolu, et iga rongi töötlemisaeg, sealhulgas veduri automaatsete pidurite katsetamine, ei tohi ületada 30 minutit. Rongi töötlemisaja graafiku näidis on toodud käesoleva töö lisades (Lisa 5 Joonis, L 5.1).

Reeglina koosneb väljumise pargis asuv grupp vagunite järelevaatajast, automaatpidurite kontrollijast, veeremi remonditehnikutest ja tiseritest. Rongide kontrolli käigus märgistavad järelevaatajad-remontijad kriidiga äsja avastatud rikked ning osalevad seejärel koos lukkseppadega nende kõrvaldamises ja kontrollivad tehtud tööde kvaliteeti. Kogu grupi tööd juhendavad kas vahetusemeister või vanemjärelevaataja kes korraldavad koosseisude õigeaegse töötlemise. Varuosad tarnitakse parki ja defektsed osad korjatakse ära päevasel ajal selleks määratud töötaja poolt.

Tehnohoolduse teostamist kontrollib THP operaator, kes peab vahetustega tööde ajakava ja päevikut, teavitab gruppe töö algusest ja hoiatab rongide töötlemiseni jäänud aja eest, jälgib parkide varustamist varuosadega ja rongide liikumist mööda garantiipiirkonda. Operaatori töökohal, mis asul THP-da samas jaamas asuvas jaamahoones, on varustatud valgustuspaneeliga, mis näitab rööbasteede paiknemist jaama parkides, ja radade piirdeseadmete juhtpaneel, automaatpidurite tsentraliseeritud katsetamine, samuti keevitusseadmete sisse- ja väljalülitamise signaal. Kaugjuhtimispuuldil on mikrofonid ja valjuhääldid, rongiside ja telefonid otseste läbirääkimiste pidamiseks manööverdamisdispetšeri ja jaamapargi saatjaga. Mõnes jaamas on operaatori tuba varustatud teleriseirega.

Kui rongi hooldus on lõpule viidud, annab vahetusemeister või vanemjärelevaataja operaatorile korralduse piirded eemaldada, teatades seejärel jaama töötajale rongi valmisolekust ja täites vormi *VU-14*, kaubavagunite tehnilise korrasoleku kohta. Jaamades, kus koos rongide tehnohooldusega valmistatakse vagunid ette enne reisi väljumist kaubaveoks või töödeldakse tühjad marsruudid enne laadimisele saatmist, on nende tööde teostamiseks eraldatud spetsiaalsed meeskonnad. Iga laadimiseks ette valmistatud tühja marsruudi või tühjade vagunite grupi kohta (mida tuleb teha objekti vahejaamades) koostatakse kaaluleht, millele kirjutavad alla jaama saatja,

vahetusemeister või vagunite vanemjärelvaataja ning see näitab, milliseks kaubaveoks vagunid on ette valmistatud.

Kommertsülevaatus

Rongide ja vagunite kommertsülevaatus viiakse läbi kommertskontrolli punktides, mis peaksid olema paigutatud nii, et oleks tagatud kõigi raudteele saabuvate ja sealt väljuvate rongide ja vagunite kontrollimine. On lubatud korraldada kombineeritud kommerts- ja tehnohooldust koos vastavat koolitust läbinud THP vagunijärelvaatajate kaasamisega.

Kommertsülevaatus käigus kontrollitakse kauba paigaldamise ja kinnitamise õigsust, vaguni kere kommertssolekut, plomme, saatekirjal märgitud andmete vastavust reaalsusele (vagunite numbrid, kauba kaal, laetud kaup), ohtliku kaupade veo puhul reeglitele vastavust ja teisi tegureid vastavalt Rongide ja vagunite kommertsülevaatus eeskirjale. [20]

Vagunite tehnohoolduspunktide töökorraldus on protseduuriliselt keeruline ning kaasab endas palju formaalsust seoses inimeste töö korraldamise ning kohustuslike dokumentide täitmisega. Olemasolevas töökorralduses on palju aspekte, mida on võimalik juba praegu automatiseerida ning süsteemiga seotud andmeid digitaliseerida. Seoses antud temaatikaga on eelnevalt uuritud Tallinna Tehnikakõrgkooli, raudteetehnika eriala tudengi poolt gabariidivärvade vajadust Narva piirjaamas. Töö autor kirjeldas gabariitvärvade kasutusvõimalusi, eeliseid võrreldes töö kirjutamise hetkel piirjaamades kasutatavate süsteemidega ja lisaks andis ülevaadet ka võimalikest gabariidivärvade edasiarendusest ja integreerimisvõimalustest. [21]

1.3 Vagunite tehnilise seisundi kontrollimise automatiseeritud süsteemid

Võrguväärtusega transiitpunkti THP toimimine põhineb kaubavagunite tehnilise seisukorra puuduste tuvastamise tehnoloogia radikaalsel muutumisel. Vagunite järelvaatajate töö asendatakse automatiseeritud mittepurustavate katsesüsteemide kasutamisega, mis tuvastavad vagunite defekte rongi lähenemisel jaama. Sel juhul vaguni sõlme või detaili kasutuskõlbmatuks määramine toimub automaatselt ilma operaatori sekkumiseta. See seab ranged nõuded kasutatud diagnostikavahendite töökindlusele, kiirusele ja töötingimustele. Andmed kõikidest diagnostikasüsteemidest

peavad jõudma THP juhtimise keskpunkti. Nende alusel tehakse otsus vaguni remondi või vigase ühiku maha-haakimise vajaduses. Kõikide kontrollitud rongide parameetrite andmed registreeritakse edasiseks säilitamiseks, osa neist kantakse üle järgmisesse statsionaarsesse hoolduspunkti, kuna nende olemasolu suurendab paljude defektide diagnoosimise usaldusväärsust.

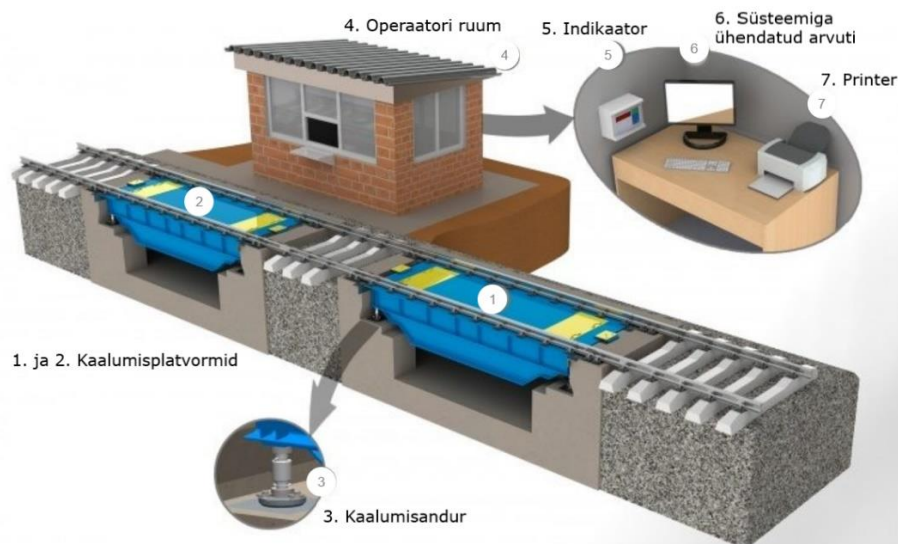
Automatiseeritud vagunite tehnilise seisundi diagnostikasüsteemid peaksid olema võimelised tuvastama vagunite järgmised rikked rongi sõidu ajal: [22]

- Puksisõlme ja pidurdatud rataste temperatuuri kontroll;
- Lohistamise kontroll;
- Vagunite gabariitide suuruse kontroll;
- Ratta defektide kontroll;
- Ratta geomeetriliste parameetrite kontroll;
- Löögijõu mehhanismi parameetrite kontroll;
- Vagunite ebaühtlase laadimise kontroll;
- Kontroll puksi libisemise üle telje kaelapinnal.

Järgnevalt on esitatud olemasolevad toimivad vagunite tehnilise seisundi kontrollimise automatiseeritud süsteemid SRÜ riikide, Euroopa ja teiste riikide näitel.

Raudteevagunikaalud

Dünaamilised raudteevagunikaalud (Joonis 1.7) on automaatsed kaalud, mis võimaldavad mõõtmisi ilma vaguneid rongist lahti haakimiseta. Vagunite ja rongikombinatsiooni kogumass määratakse iga telje raskuse hindamisel dünaamiliste raudteevagunite kaalude abil, mida kasutatakse eriti koormaga rongide kaalumiseks. Need säästavad märkimisväärselt palju aega koosseisude andmete kontrollimisel THP-des ja tööjõukulusid. Kaalud ehitatakse vajalikku raudteelõiku. [23]



Joonis 1.7 Vagunikaalude paigaldusvõimalus
Allikas: [24]; autori kohandatud

Kaalutavad rongid sõidavad kaaludest üle kindla püsikiirusega. Kaalumisandur fikseerib liikunud rongi telje raskused ja saadab andmed süsteemiga ühendatud arvutisse. Neid andmeid hinnates arvutab süsteem rongi kiiruse, vagunimassi ja kogukaalu. Netomass määratakse kahekordsel kaalumisel või eelnevalt sisestatud taarainformatsiooni abil. Seejärel prinditakse operaatoriruumis soovitud teave paberkandjale. Vagunite kaalumise aitab vältida lubatud vagunite kandevõimet ületanud ühikute liikumist ning selle kahjulikku mõju nii veeremile kui ka infrastruktuurile.

Automatiseeritud vagunite rataste geomeetriliste parameetrite diagnostikakompleks

Mitmete riikide (Saksamaa, Suurbritannia, Ameerika Ühendriigid) raudteedel on hiljuti kasutusele võetud liikuva veeremi rattapaaride parameetrite jälgimise süsteemid kontaktivaba optilise mõõtmise põhimõttel. Need süsteemid võimaldavad tuvastada ratta defekte enne kui nad võivad põhjustada õnnetusi. Nende abiga on võimalik mõõta dünaamikas järgmisi ratta parameetreid: rattaharja läbimõõt, rattaharja kõrgus ja paksus, veerepinna kulumisosa laius, rattavelje paksus. [25]

Järgnevas tabelis (Tabel 1) on toodud rattapaaride parameetreid kontrollivate optiliste kaugjuhtimissüsteemide tehnilised andmed. Nende süsteemide peamised funktsionaalsed elemendid, mis kasutavad triangulatsiooni põhimõtet, et ratta veerepinna vastavate sektsioonide vahelist kaugust mõõtmiseks, on järgmised: [25]

- Kiirgusallikas - laserdiod, mis töötab reeglina nähtava lainepikkuse vahemikus (630–670 nm) ja harvemini infrapuna vahemikus;

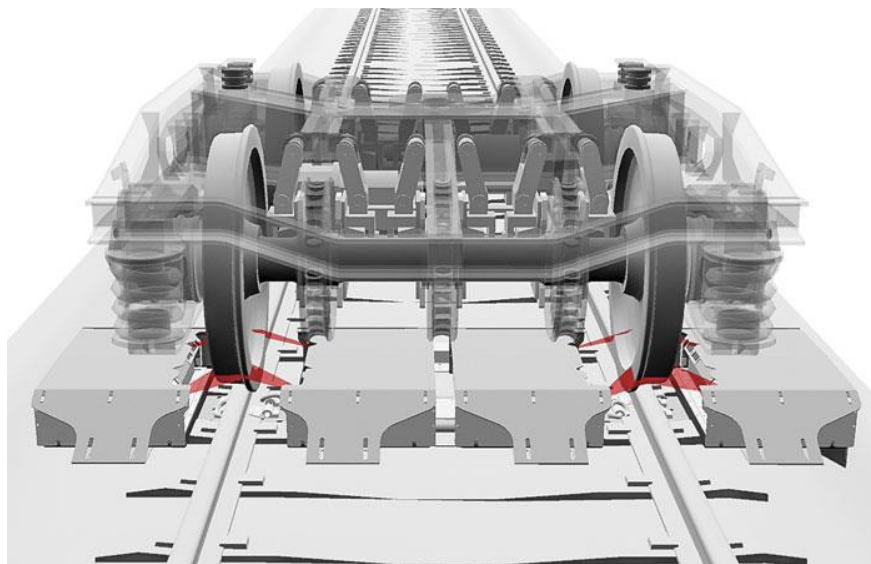
- Fotodetektor, mis tuvastab ratta pinnalt peegelduva kiirguse;
- Mõõtmistulemuste töötlemise vahendid, mis on vajalikud ratta praeguste parameetrite kindlaksmääramiseks ja vajalike väärtustega võrdlemiseks.

Tabel 1 Rattaparametrite optiliste kaugjuhtimissüsteemide tehnilised omadused

Süsteem	Mõõdetavad parameetrid	Mõõtmise viga mm	Kiirus km/tunnis
Tread View (Ühendkuningriik)	Rattaprofiil, rattaharja kõrgus ja paksus	$\pm 0,5$	8
WPMS (Austraalia)	Rattaharja kõrgus ja paksus, põiapaksus, veerepinna kulum	$\pm 0,5$	60
Wheel Spec (USA)	Ratta profiil ja rattaharja paksus, ratta diameeter, põiapaksus, veerepinna kulum, liugurid	Andmed puuduvad	100
WIS (USA)	Ratta profiil ja diameeter, rattaharja kõrgus ja paksus, põiapaksus	$\pm 0,2$; ratta diameetri puhul $\pm 0,4$	80
Wheel Scan (USA)	Rattaharja kõrgus ja paksus, põiapaksus, veerepinna laius	$\pm 0,5$	30
Argus (Saksamaa)	Ratta profiil ja diameeter, liugurid, veerepinna mitteühtlane kulum	$\pm 0,2$	12

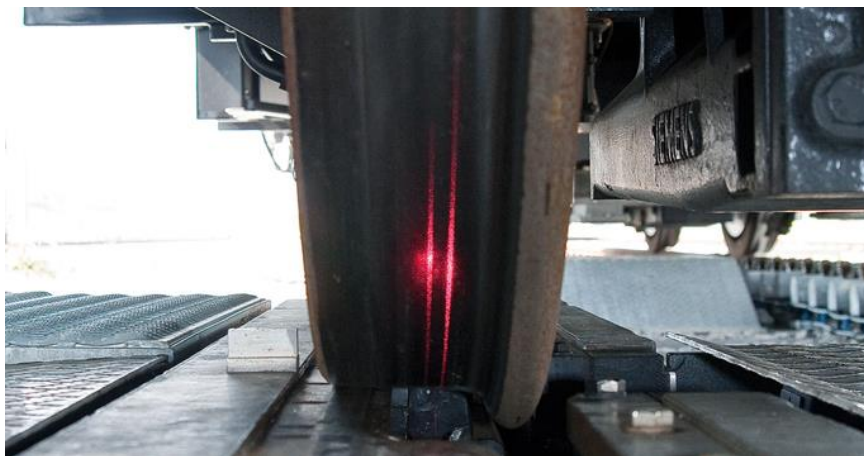
Allikas: [25]

Tuginedes eespool esitatud tabeli andmetele maksimaalne kiirus, mille juures on võimalik kaudseid rataste geomeetriliste parameetrite mõõtmisi teha on 100 km/tunnis. Reaalsuses on need kiirused väiksemad. Mida kõrgemad on kiirused, seda suurem on mõõtmisvea tekkimise tõenäosus. Enamik süsteemide puhul projitseeritakse allpool rõõpa taset paigaldatud sondeerimise laserkiir ratta küljele mingi nurga all (Joonis 1.8). Analooget mõõtmise tehnoloogiat rakendatakse *Tread View*, *WPMS* ja *Wheel Spec* süsteemide puhul. Selliste süsteemide eeliseks on võimekus teha mõõtmisi veeremi määratud kiirusel. [25]



Joonis 1.8 Teekõrvale paigaldatav rattaprofiili mõõtesüsteem
Allikas: [26]

Teine võimalus rattapaari parameetrite juhtimissüsteemide konstrueerimise põhimõtteks, seisneb ratta pinna laserkiirgusel, mille laserikiire on selle pinnaga risti (Joonis 1.9). Selline meetod on rakendatud sellistes mõõtesüsteemides nagu *Argus* (*Hegenscheidt-MFD*, Saksamaa) [27] ja *EVA* (*Talgo Group*, Hispaania) [28]. Laser asub sel juhul rööpapeast madalamal.



Joonis 1.9 ARGUS rattaparametrite mõõtmisüsteem.
Allikas: [27]

Analoogse toimimise põhimõttega süsteeme toodetakse ja kasutatakse Venemaa raudteedel. Näiteks ettevõtte ООО "Сибирский центр транспортных технологий" pakub vagunite rataste geomeetriliste parameetrite diagnostika seadmeid nimega „Комплекс“ [29], mis on juba kasutusele võetud Venemaal, Valgevenes, Gruusias, Kasahstanis ja Hiinas. Infrastruktuurile paigaldatud andurid (Joonisel 1.10) tuvastavad rattaketaste kulumise liikuvast rongis ning edastavad saadud teabe eesolevasse THP-sse. Süsteemi

põhimõtte seisneb liikuvate kolmemõõtmeliste objektide geomeetria mittekontaktset laser monitoorimisel, kasutades triangulatsiooni asukohaandureid.



Joonis 1.10 Diagnostikasüsteem koos infrastruktuurile paigaldatud anduritega Novosibirski läheduses

Allikas: [29]; autori kohandatud

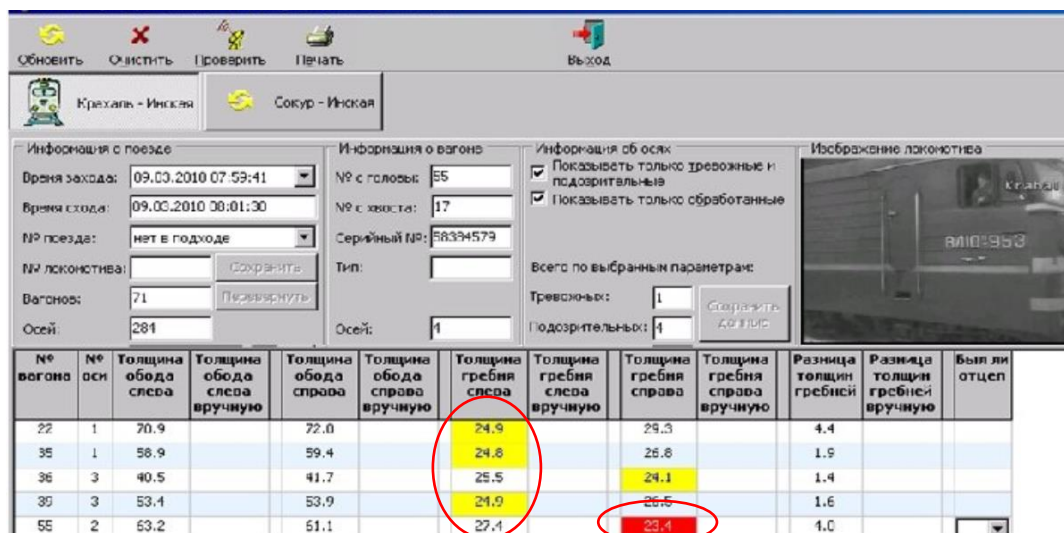
Andurite poolt registreeritavad kontrollitavad parameetrid on välja toodud alljärgnevas tabelis (Tabel 2).

Tabel 2 Andurite poolt registreeritavad parameetrid

Rattapaari peamised kontrollitavad parameetrid:	Täiendavad parameetrid:	Tehnilised andmed:
- Pöiapaksus; - Rattaharja pöiapaksus; - Harjade summa ja erinevus.	- Ratta pöiapaksuse laius; - Veerepinna kulumine; - Rattaketta diameeter; - Rattapaari sisekauguste vahe; - Veerepinna kaldenurk.	- Mõõtmised tehakse rongi kiirusel kuni 60 km/h; - Lineaarsete mõõtmete mõõtmisviga kuni 0,5 mm; - Töötemperatuuri vahemik -50 kuni +50 °C. - Toitepinge 220 V - Energiatarve mitte rohkem kui 3 kW - Tolmu- ja veekindel konstruktsioon koos termilise stabiliseerimisega

Allikas: [29]; autori kohandatud

THP operaatorile tuleb teave mõõdetud parameetritest ning parameetrid, mis hakkavad lähenema kulumisnormi piirile märgib süsteem THP operaatori automatiseeritud töökohas automaatselt kollaseks (Joonis 1.11).



Joonis 1.11 THP operaatori automatiseeritud töökoht digitaalse info saamiseks

Allikas: [29]; autori kohandatud

Näiteks, kui süsteem tuvastab, et rattaharja põiapaksus on lubatust väiksem, st kulunorm on ületatud, tekib THP operaatori automatiseeritud töökoha vaates punane hoiatusmärgistus (Joonis 1.11) ning vagun suunatakse automaatselt üle mittetöötavasse parki. Vaguni jõudmisel THP-sse see haagitakse rongist lahti ja suunatakse jooksvasse maha-haakeremonti.

Käesolevale süsteemile on võimalik paigaldada järgmiseid lisasid: [29]

- Automaatne seade teljepuksi nihke kontrollimiseks;
- Rataste veerepinna defektide kontrollimise süsteem;
- Varustus vagunite õiseks pildistamiseks;
- Vagunite küljenumbrite lugemissüsteem;
- Vagunite rattapaaride kulumise seiresüsteem;
- Süsteem ratta jõu mõju kontrollimiseks rööpale.

Kõige tõsisem oht raudteeliikluses on tingitud rattapaaride, puksisõlmede ja pöördvankrite vigastustest. Peale toimunud liiklusõnnetusi võivad käiguosade vigastuste ilmnemised tekitada ka muid tehnilisi komplikatsioone. Nii põhjustab näiteks puksisõlme rikke ilmumine kaubavaguni jaamavahest väljumise ajal rongigraafiku katkemist. See kehtib peamiselt rattapaaride ja puksisõlmede, ja ka muude kaubavagunite liikuvate osade kohta. Täiendavate lisade olemasolu tagab suurema

automatiseerituse läbi veel parema vagunite tehnilise seisundi kontrollimise ning seeläbi suurema tagab ohutuse.

1.4 Rakendatud automatiseeritud lahendused Venemaal

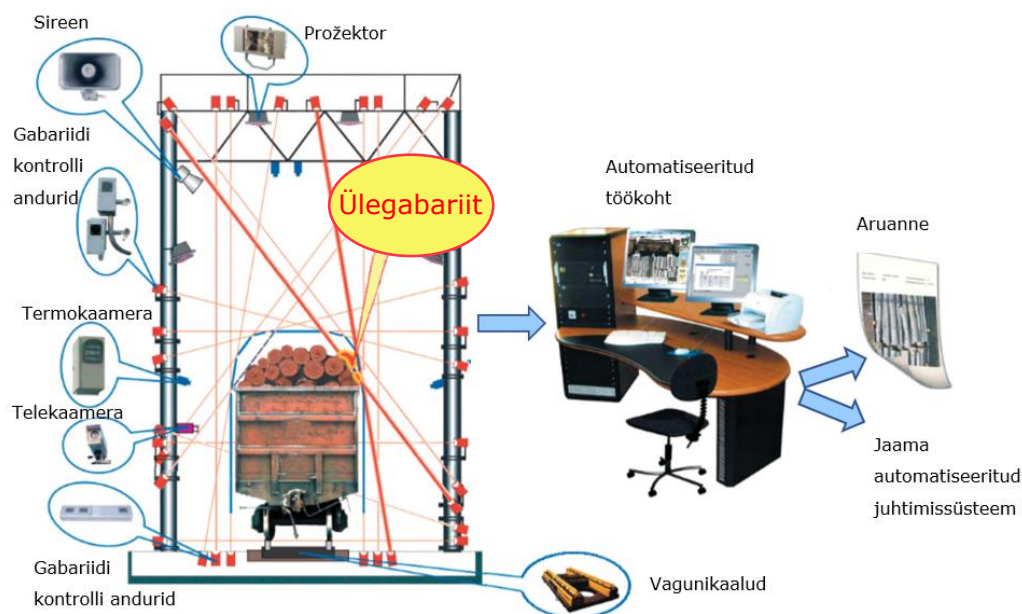
2016 aastal töötati välja Vene Raudtee (ОАО «Российские железные дороги») jaoks innovatiivne arendusprogramm ajavahemikuks 2016-2020, mille üheks ulatuslikumaks prioriteediks oli teadusliku ja tehnilise projekti „Digitaalne raudtee” (vene k. Цифровая железная дорога) rakendamine. Süsteemi rakendamise tulemusel saavutatud tulemused ületavad täna paljude näitajate järgi maailmataset. [22]

Paljud tulemused olid esitatud maailma suurimal raudteenäitusel *InnoTrans Berliinis 18.* septembril 2018. aastal. Näiteks esitles ettevõtte ООО "2050-Интегратор" oma uut projekti, mis peaks pakkuma klientidele (süsteemi kasutajatele) paindlikumat ja operatiivsemat reageerimist päringutele raudteetranspordi valdkonnas. [30] Teiste dokumentide, nagu „Raudteetranspordi arengu globaalne visioon” (vene k. «Глобальное видение развития железнодорожного транспорта») (GVRD, Международный совет по железнодорожным исследованиям [31] ja “Ülesanded – 2050. Raudteesektori visioon ja tehniline strateegia raudteetööstuse arendamiseks tuleviku Euroopas” (vene k. «Задачи–2050. Видение железнодорожного сектора и техническая стратегия развития железнодорожной отрасли Европы будущего») [32], analüüs näitab, et peamiste suundumuste juurde raudteetranspordi arengus, koos innovaatiliste energia- ja ressursitõhusate süsteemidega veeremi ja infrastruktuuri jaoks, kuulub ka nutika raudtee loomine. [22]

Värske ARUPi (ülemaailmse inseneri- ja projekteerimisnõustaja) aruanne näitab raudteereisi tulevikuvisiooni, võttes arvesse selliseid suundumusi nagu linnaelanike arv, kliimamuutused ja uued tehnoloogiad. Uuring „Raudtee tulevik 2050” (ingl k. Future of Rail 2050) pakub raudteetranspordi jaoks järgmist prognoosi, võttes arvesse uuenduste juurutamist: „Raudteekaubaveo jaoks on raudteetööstuse pikaajalise elujõulisuse jaoks võtmetähtsusega transiidiaegade parandamine ja püsiv töökindlus. Kaupade liigutamine raudteel on juba pikka aega olnud säästlikum kui kaubavedu maanteel. 2050. aastaks tagavad raudteekaubaveo jaoks helge tuleviku konkurentsivõimelised hinnad, paindlikud ajavahemikud, hea kvaliteediga veerem, suurepärase klienditeenindus ja vähenenud viivitused piiril”. [33]

Üks sellistest uuendustest on rongide ja vagunite automatiseeritud kommertsülevaatuse süsteem, tuntud ka kui "elektroonilised väravad" (Joonis 1.12) See on seade rongide ja

vagunite kommertspuuduste automaatseks tuvastamiseks. [34] Elektroonilised väravad on seade, mis on vajalik rongide, vagunite ja konteinerite kvaliteetseks kontrollimiseks, samuti veetavate kaupade ohutuse, laadimise korrektsuse, vagunite kasutatavuse ja ülegabariidsete veoste tuvastamise tagamiseks. Antud võimekuse juures võimaldab antud automatiseeritud süsteem tagada transpordi ohutuse.



Joonis 1.12 Rongide ja vagunite kommertsülevaatuse automatiseeritud süsteemi tööskeem
Allikas: [22] Autori poolt tõlgitud.

Üksikute seadmete komplekt moodustab tervikliku süsteemi, mis on ette nähtud vagunite ja rongide kauba seisukorra visuaalseks jälgimiseks ja registreerimiseks kogu liikumisprotsessi vältel, veose kinnitamise kvaliteedi visuaalseks kontrolliks, laadimise gabariitide järgimise jälgimiseks, töötingimuste parandamiseks ja vagunite kontrollimisega tegelevate töötajate isikliku turvalisuse taseme tõstmiseks. Tänapäeva seadmed võimaldavad parandada inimeste töötingimusi ja tõsta töö turvalisust, sest kaasajastud süsteemiga saab jälgida vagunite ja rongide visuaalset seisukorda, lasti kinnitamise kvaliteeti, laadimisreeglite järgimist ning defektide registreerimist koheselt arvuti juurest lahkumata. Eespool kirjeldatud põhimõttel toimivad gabariidiväravad, mis on näiteks võetud kasutusele Luzhskaya-Sortirovochnaya jaamas Venemaal (Joonisel 1.13 märgitud punasega)



Joonis 1.13 Automatiseeritud süsteem Luzhskaya-Sortirovochnaya jaamas Oktoobriraudteel
Allikas: [29]; autori kohandatud

Gabariidiväravate automatiseeritud süsteem sisaldab alljärgnevaid üksikkomponente:
[35]

- Elektroonilise väravaid;
- Termopildikompleks;
- Vaguni kaalud liikumisel kaalumiseks;
- Operaatori automatiseeritud töökoht;
- Vastuvõtja-üleandja automatiseeritud töökoht;
- Elektroonilise läbipääsu värava alamsüsteemi varustuse komplekt;
- Videoseire televisiooni alamsüsteemi varustuse komplekt;
- Seadmete komplekt signaali edastamiseks;
- Valgustuse alamsüsteemi varustuse komplekt;
- Häire allsüsteemi varustuse komplekt.

Järgnevalt esitatakse tehnohoolduse teostamist Luzhskaya jaama näitel. Ust-Luga sadama terminalide teenindamiseks ehitati Ust-Luga raudteesõlm, mis koosneb mitmest jaamast (Lisa 6 joonis 6.1.)

Tehnohooldus Luzhskaya jaamas

Tehnohooldust ja jooksvat remonti teostatakse Luzhskaya-Sortirovochnaya jaamas, mis asub sadama-ala territooriumil. Tehnohoolduse ja -remondi lihtsustatud protsess enne automaatkontrolli kasutusele võttu on toodud välja alljärgneval joonisel (Joonis 1.14).



Joonis 1.14 Tehnohoolduse skeem Luzhskaya jaamas enne tehnoloogia muutmist
Allikas: autori koostatud

Teave veeremi tehnohoolduse ja –remondiga edastatakse ühte dispetšerkeskusesse. Vastavalt spetsiaalselt välja töötatud defektide kriteeriumidele määrab operaator, millal saata vagun jooksvasse maha-haakeremonti (kohe või pärast kauba maha laadimist). Antud süsteemi puhul puudub defektide kontrolliks vagunite järelvaataja vajadus. Praktika on näidanud, et tehnilised vahendid tuvastavad 65% vigastustest. Enamus defektidest on seotud käiguosadega. Lihtsustatud protsess peale automaatkontrolli tehnoloogia kasutusele võtmist on esitatud alljärgnevalt (Joonis 1.15).



Joonis 1.15 Tehnohoolduse skeem Luzhskaya jaamas peale tehnoloogia muutmist
Allikas: autori koostatud

Vagunite üle vaatamine toimub vagunite kogumise pargis. Luzhskaya jaamas on vastuvõtmise pargi ette paigaldatud tehnoviisor. Tegemist on seadmega, mis diagnoosib tühja veeremi seisundit. Uue automaatkontrolli tehnoloogia abil kaotati dubleerivad tegevused. Viie ülevaatusete asemel jäeti ainult üks ülevaatus kogumise pargis. Ülejäänud parkides jäeti alles ainult minimaalne operatsioonide arv, mis on vajalik vagunite sõlmede läbimiseks. Tänu korduvtoimingute eemaldamisele tehnoloogilisest protsessist oli võimalik väljumise pargis vähendada vagunite ülevaatajate-remontijate arvu, 21-lt 11 inimeseni ühes vahetuses. Projekti elluviimine vähendas vagunite tehnohoolduse koguaega 225 minutilt 194 minutile ja käitluskulusid (mis koosnevad töötajate palgafondist, öhtu- ja öötundidest, töövahenditest ja tööriiete maksumusest, koolituskuludest) 50%. [36]

Tänu Luzhskaya jaama kogumise ülevaatele saab eeldada, et automaatsete süsteemide kasutusele võtmine vagunite tehnilise seisundi kontrollimisel aitab kaasa töö optimeerimisele ning kulude kokkuhoidmisele. Sobivate automaatsete süsteemide kasutamine Eestis võib kõigi eelduste kohaselt kaasa tuua positiivseid muutusi ohutuse

tõstmise ja tehnohooldust ja –remonti teostava ettevõtte käitluskulude vähendamise aspektist.

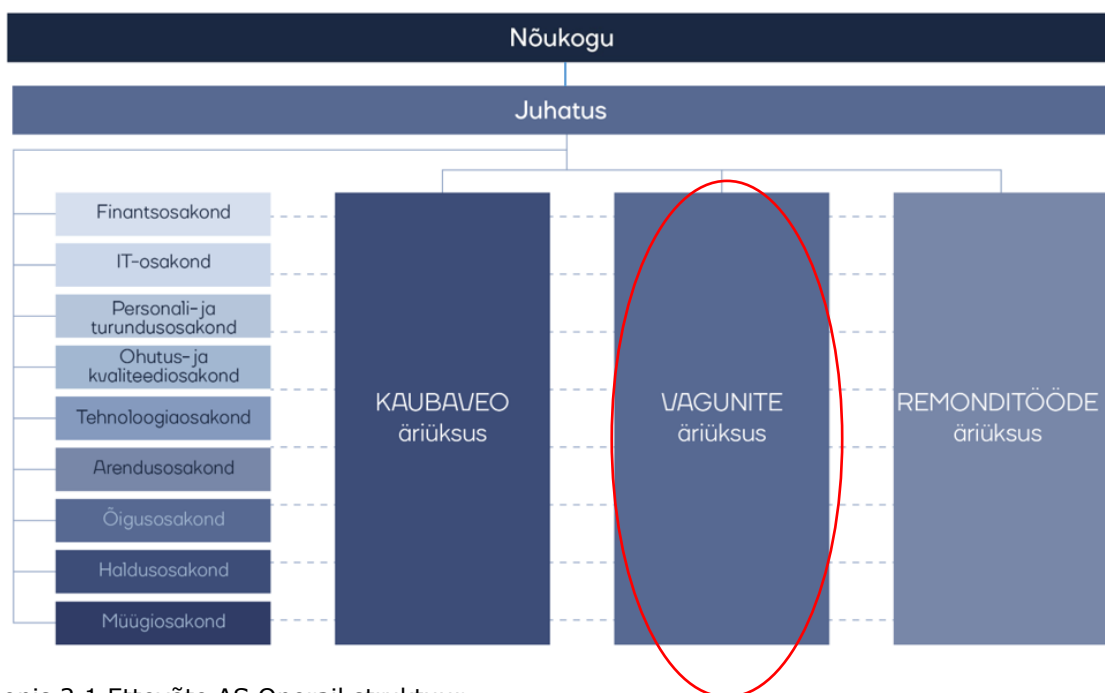
2 LÄHTÜLESANNE

2.1 AS Operail ja lähteülesande formuleerimine

AS Operail omab õigust teostada rongide tehnohooldust, sest antud ettevõtte omab atesteeritud [3] vagunimajandust, millele on määratud tingimuslik kood vastavalt teatmikule СЖА 1001 «Условные коды предприятий» ning AS Eesti Raudtee Tegevuseeskirjas välja toodud nõuetele. [37] See seab ettevõttele vastutusele liiklusohutuse eest raudteetranspordi vaatenurgast.

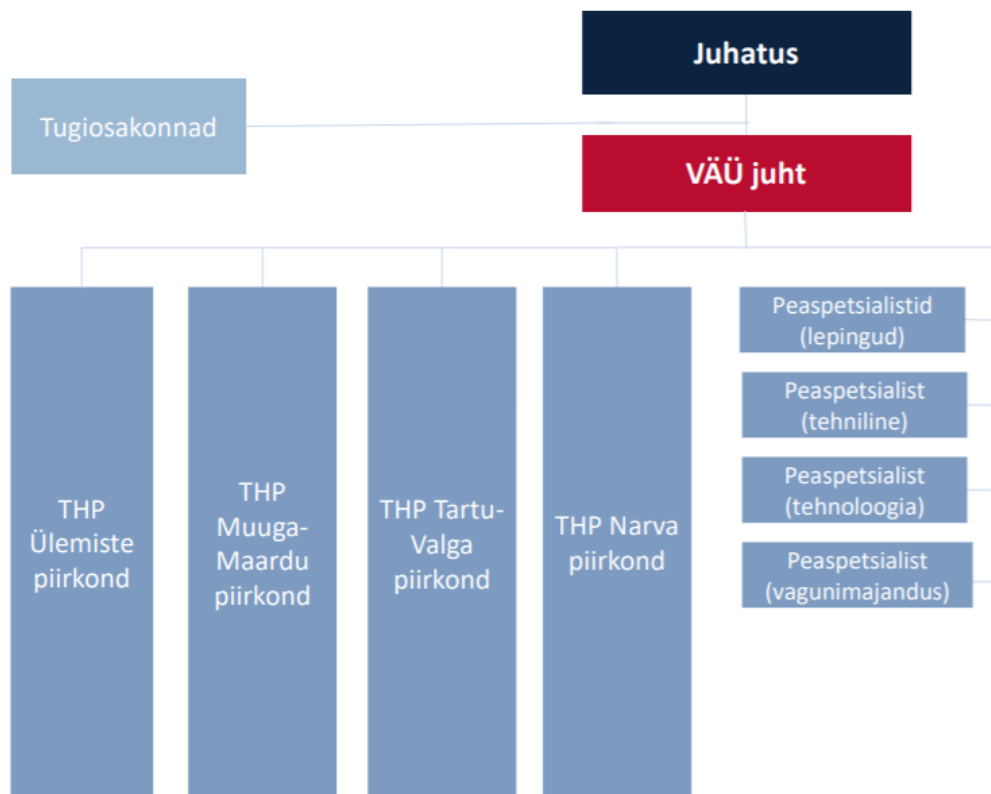
Tulenevalt raudteetranspordi spetsiifikast ning ametialastest nõuetest vagunijärelevaatajate suhtes (koolitamine ning erialaste eksamite tegemine) on inimeste tööle värbamine keeruline ning aeganõudev protsess. Värbamise käigus on väga väike tõenäosus leida valmiskujul spetsialisti, kes omab enne tööle asumist kõiki vajalikke töölubasid ja tunnistusi ning saab koheaselt asuda tööle.

AS Operail on rahvusvaheline raudteelogistikaettevõtte, mille põhilisteks ärisuundadeks on kaubavedu, veeremi rent, ehitus ja remont. [38] Tegevjuhtimise eest vastutab ettevõtte juhatus, mille määrab ametisse nõukogu. Ettevõtte tegevus seoses põhitegevusega on jaotatud äriüksusteks (Joonis 2.1)



Joonis 2.1 Ettevõtte AS Operail struktuur
Allikas: [38]; autori kohandatud

Rongide tehnohooldust teostab vagunite äriüksus, mille alla kuulub ka vagunimajandus. Vagunite äriüksuse detailne struktuur (sealhulgas ka vagunimajandus) on toodud alljärgneval joonisel (Joonis 2.2).



Joonis 2.2 AS Operail vagunite äriüksuse (sh vagunimajanduse) struktuur
Allikas: [38]

AS Operail on uuendusmeelne ettevõtte, mis on täna võtnud kasutusele uue kaubaveo infosüsteemi, mille abil digitaliseeritakse kõik need kaubaveoga seotud andmed, mis on siiani liikunud paberil [39]. 2019. aasta novembris osales ettevõtte AS Operail tiim programmeerimismaratonis Häkaton, kus nendega liitusid 50 tunniks Jaapani programmeerijad ja Soome turundusspetsialist, kes aitasid välja töötada veduri juhi abisüsteemi (ingl k. Driver Assistant System; DAS) lahenduse, mis aitab ettevõtte veduri juhtidel tulevikus tõhusamalt kaupu vedada. [38]

Võttes arvesse, et rongide tehnohoolduse protsess on oluline veeremi, infrastruktuuri ja veetava kauba säilivuseks ja arvestades, et sellest sõltub ohutus raudteel, vajab ettevõtte AS Operail tehnohoolduse protsess uuendust. Käesoleva protsessi digitaliseerimine ja automatiseerimine võimaldab lisaks eelpool mainitule optimeerida rongide töötlemisaega, mis tähendab otsest kulude kokkuhoidu.

Seoses asjaoluga, et rongide tehnohooldust teostab ettevõtte AS Operail, peab ettevõtte värbama selle tarbeks personali, koolitama inimesi vagunijärelevaatajateks ning tagama neile töö tegemiseks vajalikud tööriistad. Pädevate töötajate leidmine ning koolitamine on aeganõudev ning kulukas protsess. Vagunijärelevaatajad peavad olema tähelepanelikud ning kohusetundlikud, sest nende töö kvaliteedist sõltub otseselt ohutus raudteel ning sellest tulenevalt ka ettevõtte maine. Ettevõtte poolt peavad olema tagatud tehnoloogia ja meetmed, et tagada töötajate töö võimalikult kõrget kvaliteeti. Selle all mõeldakse piisavat töötajate arvu, mis vastab töökoormusele, välis- töötingimustele vastavat tööriistust, turvalisust tagavad vahendid (kiivrid, turvajalanõud, helkurvestid), töövahendid (erinevad mõõteriistad, kirjutusvahendid, teatiste vormid jne). Tulenevalt sellest, et rongide tehnohooldust teostatakse 24/7 tuleb ettevõttel vagunijärelevaatajatele palgaarvestusel arvestada ka öhtu- ja öötundidega. Töö kvaliteedi tagamiseks on oluline töötajate motiveerimine, mis täna tähendab ettevõtte jaoks lisakulusid. Kokkuvõtvalt võib öelda, et praegusel kujul tehnohoolduse teostamine on ettevõtte jaoks suur käitlemiskulude objekt.

2.2 Rongide tehnohoolduse korraldus Eestis

Järgnevas peatükis keskendub autor rongide tehnohoolduse korraldusele Eestis ettevõtte AS Operail tegevuse näitel. Raudteeveeremi tehnohooldus on kindlate ajavahemike või läbisõitude järel raudteeveeremi põhisõlmede ja -seadmete kontrollimine ja korrastamine tehniliste rikete ärahoidmiseks ning raudteeveeremi töökindluse, tule- ja liiklusohutuse tagamiseks raudteeveeremi remontide vahelisel ajal. [40]

Jaama saabub rong ning vagunijärelevaatajad peavad seda teenindama. Infot saabuva rongi kohta saavad jaamakorraldaja, manöövridispetšeri või THP operaatori käest. Varasemalt oli igas THP-s olnud operaatorid, kes tegelesid dokumentide vormistamisega (näiteks koostasid nad teostatud tööde graafikuid, kirjutavad välja VU vorme jne.). Täna on see töökorraldus muutunud ning operaator on jäänud ainult Ülemiste THP-s. Nüüd edastatakse raadioside või telefoni teel rongi number, tee number, millele rong saabub ja millist tööd on vaja selle rongiga teostada (näiteks asjaolu, et rongi on vaja lahti haakida). Vagunite jälgimise süsteemist (edaspidi VJS) jälgitakse teadet „*Oodatavad jaamas rongid (teade 95)*“, kus lisaks rongi numbrile on kirjas indeks, mille järgi on näha, kas rongi on vaja lahti formeerida. Info edastamine on reglementeeritud jaama tehnokorraldusaktist (edaspidi TKA). TKA-ga on reglementeeritud kogu töö jaamas (kuidas teostatakse manöövritööd, mitu teed jaamas on, pidurikingade kodus, nende asukoht jne.) Jaamade TKA-ad on leitavad AS Eesti Raudtee koduleheküljelt. Peale info

saamist peab vagunijärelevaataja reglemendi järgi vastama info andjale suuliselt raadioside või telefoni teel (näiteks: „Arusaadav, tee number 8 saabub rong number 3421, lahti haakimiseks“).

Vagunijärelevaataja vaatab eelnevalt VJS-ist järgi jaama oodatavaid ronge ning sealt on selgub, mis on antud rongi sihtjaam. Indeksi järgi saab teda, mida on vaja saabuva rongiga teha. Seejärel vaatab järelevaataja VJS teateid (näiteks teade 204 ehk vagunite andmed, teade 118 ehk mittetöötav park) ehk vadatakse vaguneid, mis tulevad jaama remonti. VJS teadetest on näha vagunite läbisõitu, läbisõidujääki ning asjaolu, millal peab vagun minema plaanilisse remonti. Juhul, kui plaanilise remondini on jäänud vähem kui 30 ööpäeva või kui läbisõidujääk on vähem kui 5000 km, siis seda vagunit enam laadimisele ei lubata. Sellised vagunid saadetakse vaguniremondi depoesse plaanilise remondi teostamiseks.

Peale info saamist lahti haakimisele saabuvast rongist läheb vagunijärelevaataja välja konkreetsele kohale raudteel, mis on mõeldud tehnoloogiliste protsesside teostamise jaoks, kuhu saabub rong. Sealt peab olema võimalik näha rong selle liikumises, sest mõningad vigastusi on võimalik tuvastada ainult rongi liikumisel (rataste veeremine, nende kolksumine, veerepinnal defektide tuvastamine, jt). Vagunijärelevaataja kontrollib rongi liikumises pöörates suurt tähelepanu rataste veerepinnale ning häälele, mida on audiitiivselt kuulda. Need vagunid jäetakse meelde, ning peale rongi täieliku peatumist pööratakse suuremat tähelepanu nende kohtadele võimalike vigastuste välja toomiseks ning nende likvideerimiseks. Jaamades, kus töötab vahetuses kaks vagunijärelevaatajat, võetakse rong vastu kontrollides seda kahelt poolt. Jaamades, kus vahetuses töötab üks järelevaataja, kontrollitakse rongi ühelt poolt.

Kui rong on liikumisest kontrollitud, siis raadioside kaudu antakse vedurijuhile info rongi peatamiseks konkreetsetes kohas raudteel seal, kus asuvad pidurikingad. Pidurikingasid kasutatakse seisva veeremi kinnitamiseks (Joonis 2.3), et vältida selle omavolilist liikumist. Pidurikingad on nummerdatud ja neid hoitakse rangelt selleks ettenähtud kohtades.



Joonis 2.3 Piduriking vaguni ratta all

Allikas: [41]

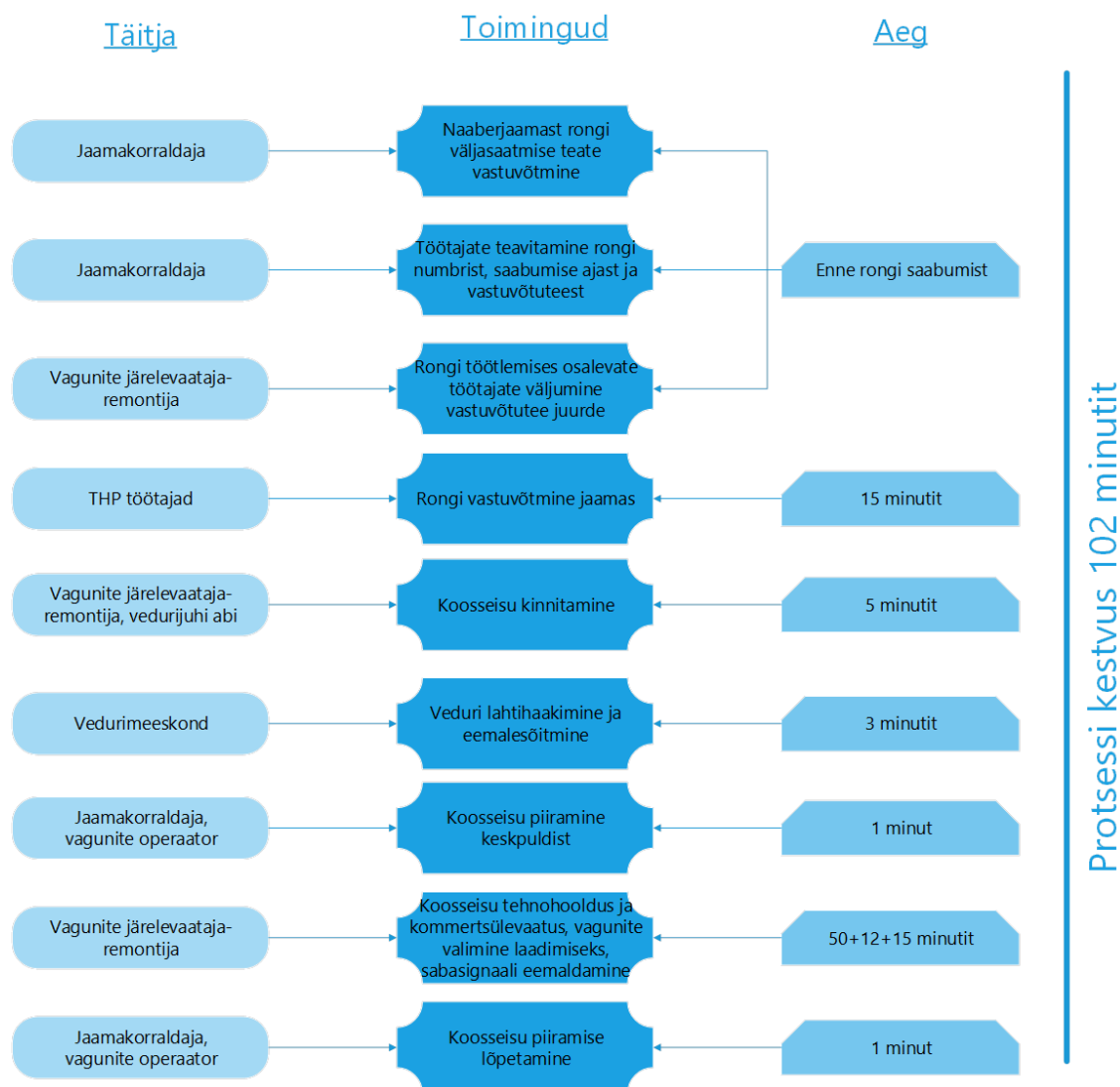
Peale veeremi kinnitamist pidurikingade abil toimub veeremi piiramine jaamavahel, mis on vajalik tehnohooldust teostavate inimeste ohutuse tagamiseks. Veeremi piiramise nõuded on toodud Raudteeseaduses. Jaamateel remonditav või tehnohoolduseks välja pandud raudteeveerem piiratakse 50 m kauguselt tee teljele paigutatavate ajutiste punaste signaalidega (läbisõidetavatel teedel mõlemalt poolt, tupikteedel ainult pöörme poolt). Kui veerem seisab pöörme piirdetulbale lähemal kui 50 m, pannakse ajutine punane signaal tee teljele vastakuti pöörme piirdetulbaga. Veeremi piiramiseks, järelveaatuseks või muuks tehnohooldusega seotud tegevuseks võib kasutada tõkkefoore. Veeremi piiramise täpse korra jaamateedel kehtestab raudteehoidja. [40]

Jaamakorraldaja annab infot, kuidas veeremit kinnitada ehk kuhu mitu pidurikinga panna sõltuvalt jaama profiilist. Iga jaama profiil on toodut välja jaam TKA-s. Nii näiteks pidurikingasid pannakse sõltuvalt kallakutest jaamateedel, et vältida vagunite jaamavahele veeremise ohtu. Täna on veeremi kinnitamine pidurikingadega ja pidurikingade eemaldamine vagunijärelevaatajate töökohustus. Selleks läbivad tehnohoolduse protsessi kaasatud töötajad vastavat koolitust. Peale veeremi kinnitust edastab vagunijärelevaataja jaamakorraldajale infot kuhu, mitu ja mis numbritega pidurikingadega seisev veerem kinnitatud. Jaamakorraldaja paneb info „Raudteeveeremi kinnitamiseks kasutatavate pidurikingade registrisse“ kirja ning kõik vastav vestlus salvestatakse. Peale veeremi kinnitamist pidurikingadega eemaldab vaguni järelveaataja viimaselt vagunilt sabasignaali (Joonis 2.5).



Joonis 2.4 Rongi sabasignaali märk
Allikas: [42]

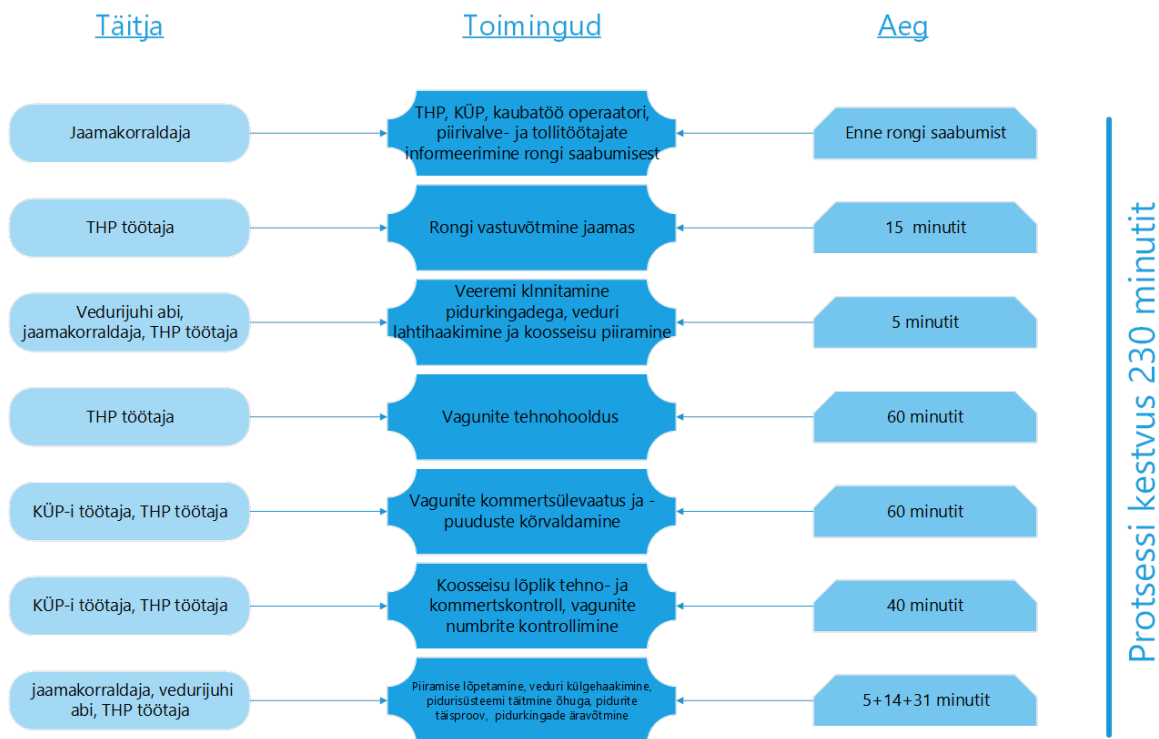
Järgnevalt teostatakse veeremi tehnohooldus ning kontrollitakse veeremi seisundit vastavalt Raudteeveeremi tehnohoolduse ja remondi eeskirjale, peamiselt punktidele 2.1–2.3. Juhendi väljavõtte on toodud käesoleva töö lisas (Lisa 4; Joonis L 4.1-4.4). Tehnohoolduse jooksul teostatakse probleemsetes kohtades vajalikud mõõtmised ning juhul, kui tuvastatakse mingisugused mittevastavused normidele, märgistatakse need kriidiga (mis vigastusega tegu on, vajadusel mõõdud, millisele teele vagun remonti saata jne.) ning vagun saadetakse maha-haakeremonti. Eelpool kirjeldatud rongi töötlemise toimingud kaubajaamas koos tööde konkreetsete teostajatega ning ajakuluga on välja toodud alljärgneval joonisel (Joonis 2.6).



Joonis 2.5 Rongi töötlemise toimingud kaubajaamas
Allikas: autori koostatud

Rongi töötlemise protsess piirjaamas on pikem, sest piirjaamas lisanduvad lisaks tavapärasele toimingutele täiendavad protseduurid. Peale rongi kontrollimist edastatakse info reglementeeritud korras jaamakorraldajale. Juhul kui teenindatud rongis on vaguneid, mis vajavad plaanilist remonti või maha-haakeremonti, siis sellekohane info edastatakse ka jaamakorraldajale. Vagunid, millel avastati töötlemise protsessi jooksul vigastusi ning mis vajavad maha-haakeremonti, viiakse üle mitte töötavasse parki ning vormistatakse vastav teatis vaguni remondi kohta VU-23M. Antud vormi märgitakse vaguni number, rongi number, vigastus vastavalt vagunite peamiste vigastuste liigitusele ning edastatakse teatis number 1353 ehk teatis vaguni üleviimisest mittetöötavasse parki. [43] Peale sellise protseduuri teostamise on kõikidele osapooltele teada, et antud vaguneid ei tohi laadimise alla anda ning need liiguvad remonti. Eelpool

kirjeldatud aspektid on kokkuvõtvalt esitatud järgneval joonisel (Joonis 2.7) Oktoobriraudteelt vastu võetava rongi kommertsülevaatuse ja tehnohoolduse toimingute näitel koos vastava täitja ning ajakuluga.



Joonis 2.6 Rongi töötlemise toimingud piirijaamas
Allikas: autori koostatud

Rongide töötlemise protsess piirijaamades on aeganõudev ning selle jooksul teostatakse palju erinevaid toiminguid kaasates sellesse erinevate oskustega spetsialiste. Rongide tehnohooldust korraldav ettevõtte AS Operail peab palkama, koolitama ja varustama palju töötajaid erinevate spetsiifiliste tööülesannete täitmiseks.

2.3 Eesti raudteefrastruktuuril kasutusel olevad seadmed

Täna ei leidu Eesti raudteefrastruktuuril palju automaatseid seadmeid, mis aitavad kaasa veeremi defektide tuvastamist ning tehnohoolduse protsessi lihtsustamist. Olemasolevatest automaatsetest lahendustest võib välja tuua veeremi teljelaagrite ülekuumenemise avastamise seadmed, nn *Hot-Box* (Joonis 2.8).



Joonis 2.7 Veeremi teljelaagrite ülekuumenemise avastamise seade
Allikas: [44]

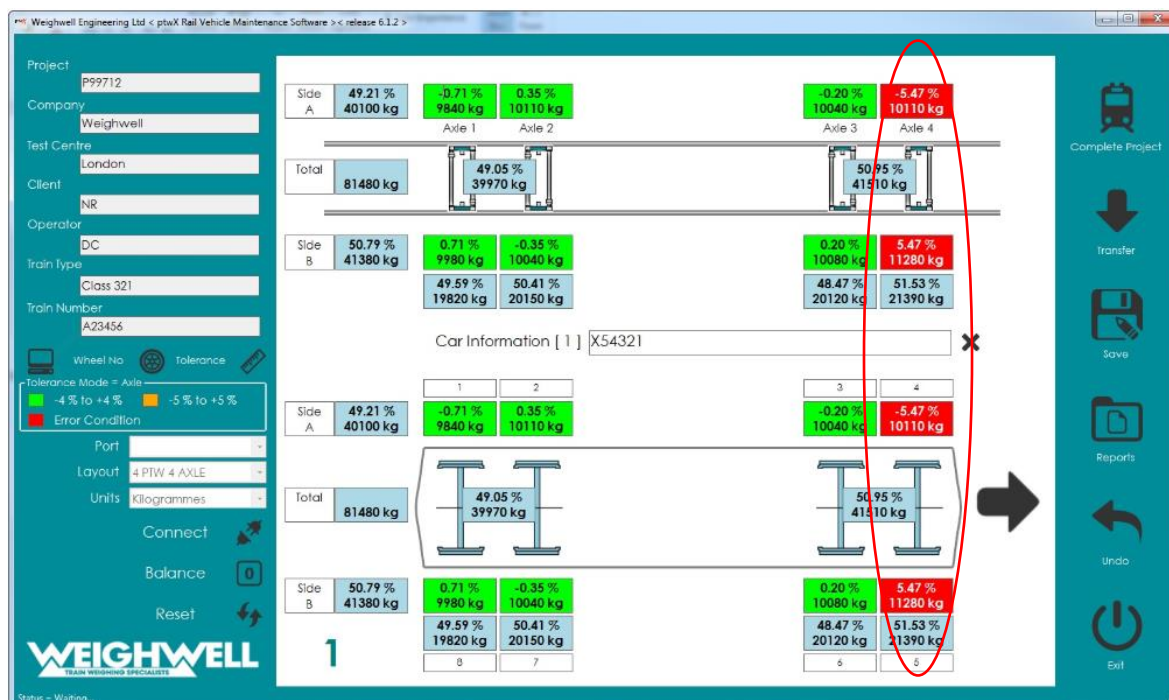
Antud seadmeid kasutatakse liikuvate rongide veeremi teljelaagrite ülekuumenemise avastamiseks ning sellekohase teabe edastamiseks vedurijuhile ja sõidusuunas eespool paiknevale jaamakorraldajale (või muule liikluskorralduspostile).

Eestis infrastruktuuril kasutatavad teisaldatavad vagunikaalud on esitatud alljärgneval joonisel (Joonis 2.9).



Joonis 2.8 Eestis kasutusel olevad vagunikaalud
Allikas: [45]; autori kohandatud

Füüsiliste vagunikaaludega raudteefrastruktuuril on seotud tarkvara ning kaalu operaatori vaade, mis võimaldab reaajas näha kaalumistulemusi ning kaalu erinevuse tuvastamisel (märgitud punasega) toimub operatiivne teabe edastamine (Joonis 2.10).



Joonis 2.9 Kaalu operaatori ekraani vaade
Allikas: [45]; autori kohandatud

Eestis on olemas vagunikaalud kasutusel mõnede ettevõtete haruteedel - näiteks Enefit Kaevandused AS. Kaalud asuvad sellises kohas, kus neid on võimalik kasutada ainult lattu sisse võetava kauba kaalumiseks. Ettevõtte poolt laetud ja välja saadetavad kaup ei kaaluta. Vagunikaalusid või leida ka Eesti Raudtee taristul – näiteks Koidula jaamas. Aga paraku ükski neist ei ole kasutusel. [46]

Probleemi põhistamine

Arvestades, et raudteel liigutavad kaubakogused on otseselt seotud THP-de töökoormusega (rongide teostatavate tehnohoolduste arvuga), siis kaubamahtude järsk suurenemine või vähenemine tähendab kas töökvaliteedi langust (kaubamahtude suurenemisel), mis otseselt mõjutab ohutust või THP-de tootlikkuse langust (kaubamahtude vähenemisel), mis mõjutab ettevõtte kulusid. Antud olukorra problemaatika seisneb kaubamahtude, ohutuse ja ettevõtte kulude optimeerimises.

Mistahes äriettevõtte peamine eesmärk on maksimeerida kasumit suurendades ettevõtte turuväärtust omanike huvides. Ettevõtte kohanemine turutingimustega nõuab

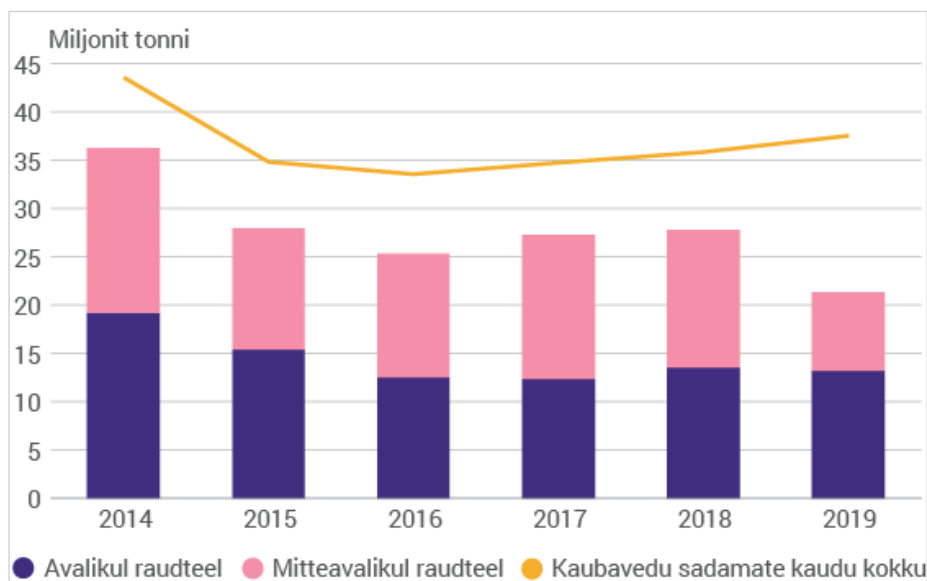
nii täidetavate funktsioonide muutmist kui ka organisatsiooni sisemist ümberkorraldamist. See hõlmab endas näiteks organisatsiooni struktuuri täiendamist uute lülidega, kogu õiguste, volituste ja vastutuse jaotussüsteemi ülevaatamist. Hinnates turu tegelikke vajadusi ja enda võimalusi, on turunõudlusele keskendumine ettevõtte strateegia väljatöötamise ja seda toetavate organisatsiooniliste mehhanismide loomise nurgakivi. Ettevõtte juhid peavad pidevalt leidma võimalusi kulude vähendamiseks toote/ teenuse kasulikkust vähendamata. [47]

Täna vajab ettevõtte AS Operail nii madalaid kulutuste tasemeid kui ka protsesside kaasajastamist, mille eesmärk on kasulikkuse suurendamine. Funktsionaalse kuluarvestuse juurutamise peamine eesmärk on kulude juhtimine äriprotsesside juhtimise kaudu. Kulud tekivad mistahes funktsioonide rakendamisel ja mitmesuguste funktsioonide tõhususe suurendamine viib ettevõtte kulustruktuuri optimeerimiseni. Järgnevalt esitatud valem (2.1) iseloomustab kulude optimeerimist (minimeerimist) logistilises ahelas/kanalis Selle all mõistetakse logistiliste lülide ja elementide omahinna või ostuteenuste hinna (c_i) optimeerimist ja sellega kaasnevat rahavoogude vähendamist(C) [48].

$$C = \sum_{i=1}^n c_i \rightarrow \text{opt}(\min) \quad (2.1)$$

Käesoleva uurimuse raames otsitakse võimalusi AS Operail rongide tehnohoolduse protsessile kulutava aja ning THP-de töötajate optimeerimiseks, mida on võimalik taandada rahalisele väärtusele.

Kaubaveo mahud Eesti raudteel on langevas trendis (Joonis 2.11) ning selleks on mitmeid põhjusi. Kütusehindade langemisega väheneb nõudlus raudteetranspordi ja intermodaalsete vedude järgi. [49] Venemaa on avanud oma Ust-Lagasse ja Primorski sadamates väetiseterminalid ja suunas ümber väetise koormate liikumise läbi nende sadamate. [50] Tulenevalt veomahtude langusest väheneb samaväärselt THP-de töökoormus, mis põhjustab ka THP-de tootlikkuse langust.



Joonis 2.10 Kaubaveomahud raudteel

Allikas: [5]

Täna seisab ettevõtte silmitsi probleemiga, kus Eestis kasutusel olev tehnohoolduse tehnoloogia vajab kaasajastamist. Vigade tuvastamiseta jätmine on väga tõenäoline, sest inimfaktori roll olemasolevates protsessides on suur, ning sellega võivad kaasneda nii õnnetused kui täiendavad kulutused. Lisaks süvendavad probleemi olulisust vagunijärelevaatajate vähenenud töö maht ning asjaolu, et töö ajal esineb hetki, kus pole koosseise, mis vajavad tehnohooldust. Dokumentide täitmine käib käsitsi ning paljud dokumendid liiguvad tavapostiga. Vagunite tehnohoolduse protsessi tuleb automatiseerida ning andmete edastamine peab toimuma digitaalsel kujul. Arvestades sellega, et Eesti raudteel liikuvad kaubamahud on vähenenud ja automaatse vagunite kontrolli süsteemide hankimine on kulukas, tuleb muudatused sisse viia järk-järgult. Plaanide realiseerimiseks tuleb teha kindlaks, milliseid süsteeme on otstarbekas Eestis kasutusele võtta ja kuidas on mõistlik neid rakendada. Samuti on oluline tuvastada strateegilise tähtsusega kohad Eesti raudteeinfrastruktuuril, kuhu paigaldada automaatsed süsteemid, et nende potentsiaal oleks maksimaalselt ära kasutatud ning kasumlik. Seeläbi on võimalik tuvastada kaasnevad muutused seoses rongide tehnohoolduse protsessi digitaliseerimisega ja automatiseerimisega.

3 METOODIKA

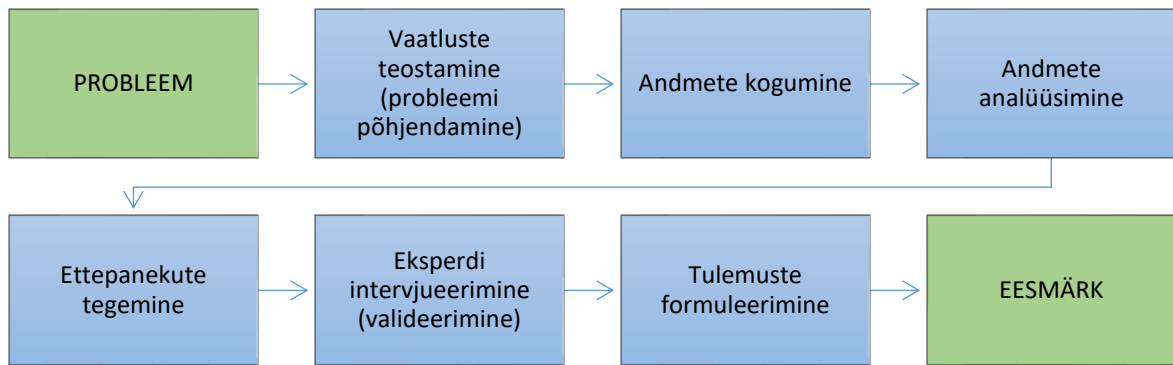
3.1 Uurimisstrateegia kujundamine

Käesoleva uurimus on kujundatud kombineeritud juhtumiuurimusena ning töös rakendatud peamine uurimismeetod on juhtumiuuring (juhtumianalüüs). Juhtumiuurimust mõistetakse kui [51]:

- Konkreetse osa mitmekülgne analüüs, mis võib olla tehtud kas inimese, inimeste grupi, sündmuse või projekti põhjal;
- Konkreetsest osast lähtuv täpne kirjeldus – uurimuse või analüüsi tulem;
- Sotsiaalse fenomeni uurimine läbi kindla osa, kus see fenomen esineb.

Käesolevat uurimisstrateegiat iseloomustab rikkalik ja süvitsi kogutud kvalitatiivne ja kvantitatiivne andmestik. Andmete kogumiseks viidi läbi THP töökorralduse vaatlused probleemi tuvastamiseks ning selle põhistamiseks, tutvuti tehnoloogilise protsessi reguleeritava tehnilise dokumentatsiooniga, otsiti antud temaatikaga seonduvaid varasemaid uuringuid ning tulemuste formuleerimisel viidi läbi intervjuu eksperdiga.

Juhtumianalüüs nõuab äriprobleemi uurimist, alternatiivsete lahenduste uurimist ja toetavate tõendite abil kõige tõhusama lahenduse pakkumist. Alguses on oluline juhtumiuuringu ette valmistamine ja selle mõistmine. Selleks tuleb juhtumiga tutvuda ja seda põhjalikult uurida. Märkmete tegemine veel enne uurimuse läbi viimist tõstab esile olulisi fakte ja rõhutab peamisi probleeme konkreetse juhtumi puhul. Edasine analüüs tuleb fokuseerida kahe kuni viie peamise probleemi tuvastamiseni. On oluline selgitada, miks need probleemid esinevad ja kuidas nad uuritavat objekti (näiteks ettevõtet) mõjutavad, samuti kelle vastutada need on. Järgnevalt tuleb selgitada võimalikud lahendused. Selleks peab tutvuma varasemate uuringutega, arutlema võimalike lahenduste üle ala spetsialistidega ning tuginema võimalusel enda kogemusele. Olles läbinud eelnevad etapid saab lõpuks valida parima lahenduse kujunevate valikute seast. [52]



Joonis 3.1 Uurimisdisain
Allikas: [53] autori kohandatud

Antud uurimisstrateegia toetab uurimisprobleemi lahendamist. Eespool esitatud uurimisdisaini (Joonis 3.1) etappide läbimine võimaldab kujundada ülevaadet sellest, milles seisneb rongide tehnohoolduse protsess Eestis täna, toob välja selle probleemid ja pakub välja lahendused, mis aitavad ettevõttel AS Operail tehnohoolduse protsessi optimeerida.

3.2 Valimi kujundamine

Valim on üldkogumi osa, millest tehakse järeldusi selle üldkogumi kohta. Valim sisaldab suuremast üldkogust väiksemat osa. Selleks, et valim oleks usaldusväärne, tuleb järgida kindlaid nõudeid. Valimi moodustamisel peab olema selge, milliste tunnuste järgi eraldatakse osa üldkogust. Valim jaotatakse tõenäolisteks ja mittetõenäolisteks. [51] Käesoleva uurimuses on tegemist tõenäolise valimiga põhjusel, et kõikide andmete sattumise tõenäosus on teada (autori poolt kontrollitud) - täpsemalt on tegemist juhuvalimisega ning esinduslikkuse saavutamiseks on valimi liikmed valitud juhuslikult. [Ibid.]

Käesoleva töö valimiks on valitud perioodil jaanuar 2018 kuni märts 2020 teostatud tehnohoolduste, laadimiseks ettevalmistuste, jooksva remondi ning töötajate arvu kogused. Antud periood on valitud tulenevalt asjaolust, et töömahud raudteel seoses tehnohoolduse teostamisega on pidevalt muutuvad ja piisavalt pikk periood tagab maksimaalselt võimalikud muutused. Autori arvates tuleb analüüsi tegemisel arvestada võimalikult värskete andmetega ehk mitte ajastada analüüsitavat perioodi pikalt tagasiulatuvaks. Arvestades Ust-Luga sadama uute terminalide avamist ning muutlikke suhteid Venemaaga pole Eestis järsku kaubamahtude kasvu oodata. Seega arvestab

autor analüüsi teostamisel maksimaalselt praeguste kaubamahtudega ning nendest tulenevate tehnohooldustega raudteel. Alljärgneval joonisel (Joonis 3.2) on esitatud vaade teistele andmetele seoses teostatud tehnohooldustega.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	VAGUNITE TEHNOHOOLDUS RONGIDES																				
2																					
3	THP	aasta	jaanuar	veebruar	märts	i kv	aprill	mai	juuni	ii kv	6 kuud	juuli	august	september	iii kv	9 kuud	oktoober	november	detsember	iv kv	aasta kokku
4																					
5		2018	7 007	6 385	8 545	21 937	8 162	8 611	9 555	26 328	48 265	8 230	7 821	7 340	23 391	71 656	6 935	6 388	7 311	20 634	92 290
6		2019	6 739	6 291	7 826	20 856	8 290	7 993	7 228	23 511	44 367	6 502	4 801	7 011	18 314	62 681	6 856	6 987	8 811	22 654	85 335
7		2020	10 806	7 757	7 907	26 470				0	26 470				0	26 470				0	26 470
8																					
9		2018	12 889	11 639	11 577	36 105	11 002	10 530	9 789	31 321	67 436	10 010	9 567	10 596	30 173	97 599	10 543	11 795	8 330	30 668	128 367
10		2019	11 350	9 590	10 032	30 972	7 749	9 899	11 096	28 744	59 716	13 494	9 192	9 612	32 298	92 014	9 521	9 579	8 128	27 228	119 242
11		2020	8 010	5 953	7 133	21 096				0	21 096				0	21 096				0	21 096
12																					
13		2018	10 981	8 205	10 191	29 377	5 680	8 608	12 520	26 808	56 185	8 614	7 805	6 387	22 806	78 991	7 173	7 868	6 878	21 919	100 910
14		2019	9 951	10 043	9 197	29 191	6 912	7 528	6 965	21 405	50 596	4 662	4 694	6 684	16 040	66 636	5 588	6 257	5 873	17 718	84 354
15		2020	9 026	4 589	4 078	9 693				0	9 693				0	9 693				0	9 693
16																					
17		2018	13 074	10 208	10 890	34 172	10 768	14 796	14 840	40 404	74 576	14 697	14 499	12 258	41 454	116 030	13 837	12 328	11 160	37 335	153 365
18		2019	14 551	13 326	14 248	42 125	13 746	15 702	13 722	43 170	85 295	13 014	11 035	12 755	36 804	122 099	12 204	12 322	14 010	38 536	160 635
19		2020	10 336	8 769	9 182	28 287				0	28 287				0	28 287				0	28 287
20																					
21		2018	5 503	5 090	4 842	15 435	4 816	5 315	5 359	15 490	30 925	5 724	5 462	5 039	16 225	47 150	5 391	4 942	5 016	15 349	62 499
22		2019	5 093	4 961	5 067	15 121	6 018	4 812	6 734	17 564	32 685	6 058	5 261	5 685	17 004	49 689	4 558	4 942	5 301	14 801	64 490
23		2020	5 929	5 008	5 396	16 333				0	16 333				0	16 333				0	16 333
24																					
25		2018	22 947	16 606	17 557	57 110	18 463	21 509	15 733	55 705	112 815	23 495	21 584	20 474	65 553	178 368	21 697	21 506	23 930	67 133	245 501
26		2019	21 518	20 623	24 887	67 028	26 178	24 530	23 130	73 838	140 866	24 246	24 395	15 353	63 994	204 860	16 732	22 864	28 039	67 635	272 495
27		2020	26 830	23 164	25 759	75 753				0	75 753				0	75 753				0	75 753
28																					
29		2018	24 281	20 898	21 455	66 634	22 285	23 736	18 494	64 515	131 149	21 833	23 143	19 707	64 683	195 832	22 537	21 942	25 905	70 384	266 216
30		2019	25 696	22 407	26 098	74 201	27 216	25 653	25 689	78 558	152 759	25 849	24 798	15 916	66 563	219 322	17 545	25 787	30 086	73 418	292 740
31		2020	29 649	23 825	26 494	79 968				0	79 968				0	79 968				0	79 968
32																					
33		2018	20 999	16 417	20 017	57 433	15 345	15 746	10 481	41 572	99 005	8 446	6 004	7 789	22 239	121 244	9 526	9 211	11 233	29 970	151 214
34		2019	13 953	13 989	13 732	41 674	13 846	13 999	13 554	41 399	83 073	11 446	11 152	12 249	34 847	117 920	13 037	13 385	16 028	42 450	160 370
35		2020	10 046	8 675	11 535	30 756				0	30 756				0	30 756				0	30 756
36																					
37		2018	22 203	19 915	22 194	64 312	15 300	19 412	21 356	56 068	120 380	16 470	15 336	12 026	43 832	164 212	13 446	15 332	14 724	43 502	207 714
38		2019	22 905	21 145	20 015	64 065	17 696	16 434	12 749	46 879	110 944	13 873	10 183	14 512	38 568	149 512	12 729	15 749	19 602	48 080	197 592
39		2020	8 235	5 857	8 846	22 918				0	22 918				0	22 918				0	22 918
40																					
41		2018	12 439	9 678	12 569	34 686	11 988	11 774	17 985	41 747	76 433	16 033	14 963	16 437	47 433	123 866	14 420	14 414	10 919	39 753	163 619
42		2019	11 425	11 382	12 327	35 134	9 492	12 603	15 736	37 831	72 965	14 697	11 612	13 282	39 591	112 556	11 549	11 665	10 024	33 238	145 794
43		2020	10 401	7 880	9 520	27 801				0	27 801				0	27 801				0	27 801
44																					
45		2018	9 159	6 890	8 914	24 963	8 603	7 930	12 106	28 639	53 602	11 572	11 572	11 648	34 792	88 394	10 178	10 257	7 914	28 349	116 743
46		2019	8 281	8 162	8 960	25 403	6 535	9 206	11 329	27 070	52 473	10 603	8 157	9 578	28 338	80 811	8 279	8 302	7 156	23 737	104 548
47		2020	7 360	5 790	6 919	20 069				0	20 069				0	20 069				0	20 069
48																					
49		2018	161 482	131 931	148 751	442 164	132 412	147 967	148 218	428 597	870 761	145 124	137 756	129 701	412 581	1 283 342	135 683	135 993	133 320	404 996	1 688 338
50		2019	151 462	141 919	152 389	445 770	143 678	148 359	147 932	439 969	885 739	144 444	125 280	122 637	392 361	1 278 100	118 598	137 839	153 058	409 495	1 687 595
51		2020	130 608	105 267	122 769	358 644	0	0	0	0	358 644	0	0	0	0	358 644	0	0	0	0	358 644
52																					
		ettev	jooks	tehn	tööt. arv	tootlikkus	VG gr	Ülemiste	Muuga	Maardu	Tapa	Kohtla	Vaivara								

Joonis 3.2 Andmed teostatud tehnohoolduste kohta
Allikas: autori koostatud

Uurimisvaldkonna mõju valimi kujundamisel väljendub raudteetranspordis sesoonsuse aspektis. Sesoonsus on iseloomulik aegreale, kus andmetes toimuvad regulaarsed ja ennustatavad muutused, mis korduvad igal kalendriaastal. Kõik prognoositavad kõikumised või mustrid, mis ühe aasta jooksul esinevad või korduvad, on väidetavalt sesoonsed. [54] Teadaolevalt on raudteetranspordi sõltuvus ilmastikuoludest väike, seega aastaaja mõju kaubaveo sesoonsusele Eesti tingimustes puudub. Sesoonsus tulenevalt nõudlusest ei ole raudteetranspordis samuti nii märkimisväärne kui teiste transpordiliikide puhul. Kuna töö raudteel toimub 24/7 on töötajate puhkused jaotatud aasta peale. Arvestades kõike ülalmainitud võib järeldada, et sesoonsuse mõju raudteetranspordi töömahtudele on minimaalne.

3.3 Andmete kogumine

Käesoleva uurimuse uurimisstrateegia on kombineeritud juhtumiuurimus ning peamiseks uurimismeetodiks on juhtumiuuring (juhtumianalüüs). Uurimisstrateegiat toetavate andmete kogumismeetoditeks on valitud vaatlus, teiseste andmete kogunime ning ekspertintervjuu.

Vaatlusuuringud ja teisesed andmed

Vaatlusuuringud on kvalitatiivsed uuringutehnikad, mille abil jälgitakse osalejate jätkuvat käitumist loomulikus olukorras. Sõltuvalt vaatlusuuringute tüübist ja uuringu eesmärgist on uurijal uuringus osalemise tase erinev. Antud meetodi eesmärk on koguda vahetult usaldusväärsemat teavet. Teisisõnu saab uurija koguda andmeid selle kohta, mida osalejad realselt teevad, mitte seda, mida nad ütlevad. Kui tegemist on vaatlusuuringutega, on kolm erinevat tüüpi metoodikat: süstemaatilised vaatlused, täieliku osalusega vaatlused ja osaluseta vaatlused. [55]

Süstemaatiline vaatlus viiakse läbi kas rangelt määratud tingimustes (näiteks laboris või uurimisruumides). Sellisel juhul kontrollitakse paljusid muutujaid, sealhulgas osalejaid, vaatluse asukohta, uuringu aega, uurimistööga seotud asjaolusid ja muud. Seda tüüpi uuringute ajal luuakse sageli koode, mis esindavad eri tüüpi käitumist. Nii saavad nad üksikasjaliku aruande kirjutamise asemel liigitada käitumise eri kategooriatesse ja andmeid hõlpsamalt analüüsida. Täielik osalusvaatlus toimub siis, kui uurija püüab rühma täieõiguslikuks liikmeks saada. Sellisel juhul võib tekkida eetilisi probleeme, st mida võib uurija rääkida uuritavatele oma uurimusest ja selle eesmärgist (näiteks sellistes rühmades, mille liikmed uurimusega tõenäoliselt meelsasti ei nõustuks). Uurija jääb siin vastuolulisesse rolli, sest ühelt poolt peab ta tegutsema loomulikult ja siiralt, teiselt poolt aga koguma teavet teaduslikel eesmärkidel. Osaluseta vaatluse puhul jääb uurija rühmas vaid vaatlejaks. Ta võib esitada rühmale küsimusi ning teha endale märkmeid, mida saab hiljem analüüsis kasutada. [56]

Käesolevas uurimuses teostas autor osaluseta vaatluseid. Vaatluste teostamise kohtadeks olid Muuga ja Maardu THP-d. Vaatluste käigus tutvuti vagunijärelevaatajate tööga ning koguti andmeid uurimisprobleemi tuvastamiseks ja selle kinnitamiseks. Tehnohoolduse protsessi tehnoloogia on keeruline ning lugedes juhendeid on raske kõiki nende detaile mõista. See oli peamine põhjus, miks oli otsustatud minna THP-desse kohale ning tutvuda protsessiga realses elus. Võttes arvesse, et THP Muuga-Maardu

piirkonna vanemmeister on pikaajalise kogemusega spetsialist, kes on käeoleva teemas pädev, siis oli valitud vaatluse kohaks just Maardu ja Muuga jaamad.

Kogutavad andmed nii kvantitatiivses kui kvalitatiivses uuringus võivad olla esmased, teisesed või kolmandased andmed. Enamik uurimistöödest algab uurimisega, et teada saada, mis on juba teada ja mida on veel vaja teema kohta õppida, vaadates läbi teisesed allikad ja uurimised, mida teised on eelnevalt kindlaksmääranud huvivaldkonnas läbi viinud. [57] Käesolevas lõputöö kvantitatiivse analüüsi aluseks on teisesed andmed. Need on ettevõtte AS Operail THP vanemmeistrite poolt kogutud andmed THP-de teostatud tööde mahtude kohta, sealhulgas vagunite kogused, millele oli teostatud tehnohooldus, jooksev remont ning laadimiseks valmistatud vagunite arv perioodil jaanuar 2018 kuni märts 2020. Antud algandmed olid edastatud uurimuse autorile vanemmeistrite poolt sorteerimata kujul *MS Excel* tabelite näol.

Andmete kogumine intervjuerimise teel

Uurimisintervjuusid on kolme tüüpi: struktureeritud, poolstruktureeritud ja struktureerimata. Struktureeritud intervjuud on verbaalselt hallatavad küsimustikud, milles küsitakse etteantud küsimuste loendit, varieerudes vähe või üldse mitte ning jätmata võimalusi järelküsimustele vastuste jaoks, mis nõuavad edasist läbitöötamist. Järelikult on neid suhteliselt kiire ja lihtne hallata ning neist võib eriti kasu olla, kui on vaja selgitada teatud küsimusi või kui vastajatel on tõenäoliselt kirjaoskuse või arvutamisoskuse probleeme. Kuid oma olemuselt võimaldavad need osalejate piiratud vastuseid ja seetõttu on neist vähe kasu, kui nõutakse põhjalikkust. [58]

Struktureerimata intervjuud ei kajasta eelarvamuste teooriaid ega ideid ning neid korraldatakse vähe või üldse mitte. [59] Struktureerimata intervjuu võib alata lihtsa avaküsimusega ja seejärel edusammud põhinevad peamiselt esialgsel reageerimisel. Struktureerimata intervjuud on tavaliselt aeganõudvad (kestavad sageli mitu tundi) ning neid on keeruline hallata ja nendes osaleda, sest ette antud intervjuu küsimuste puudumine annab vähe juhiseid selle kohta, millest rääkida (mida paljud osalejad peavad segaseks ja kasutuks). Seetõttu kaalutakse nende kasutamist tavaliselt ainult siis, kui on vaja olulist "sügavust" või kui teemavaldkonnast ei teata praktiliselt midagi (või on vaja teadaoleva aineala teistsugust vaatenurka). [58]

Poolstruktureeritud intervjuud koosnevad mitmetest võtmeküsimustest, mis aitavad määratleda uuritavaid valdkondi, kuid võimaldavad ka küsitlejal või küsitletaval lahkumist, et saada idee või vastuse üksikasjad üksikasjalikumalt. Seda intervjuu formaati

kasutatakse kõige sagedamini, sest see annab osalejatele mõned juhised, millest rääkida, millest paljude arvates on abi. Selle lähenemisviisi paindlikkus, eriti võrreldes struktureeritud intervjuudega, võimaldab ka leida või välja töötada teavet, mis on osalejatele oluline, kuid mida uurimisrühm pole varem pidanud vajalikuks. [Ibid.]

Ekspert on mingi ala asjatundja, keda rakendatakse eriteadmisi nõudvate küsimuste lahendamiseks. [60] Ekspertintervjuu eesmärk on koguda rikkalikku teavet eksperdi kogemuste kohta, seadmata piiranguid sellele, mida nad saavad väljendada. Intervjuu suunda saavad mõjutada nii intervjuerija kui ka ekspert. [61] Käesoleva töö uurimisprotsessi oli kaasatud ekspert, kellega oli läbi viidud poolstruktureeritud intervjuu hinnanguliste tulemuste saamiseks (andmete kogumine) ja esmaste tulemuste valideerimiseks (andmete analüüs). Antud uurimuse vaatenurgast on eksperti iseloomustavad kriteeriumid järgmised:

- Ametialane pädevus uurimust käsitletavas teemas (rongide tehnohoolduse protsessi tehnoloogia);
- Pikaajaline praktiline kogemust rongide tehnohoolduse protsessi ja selle tehnoloogilise arendamise aspektist;
- Ülevaate omamine tehnohoolduse protsessist erinevatelt ametipositsioonidelt.

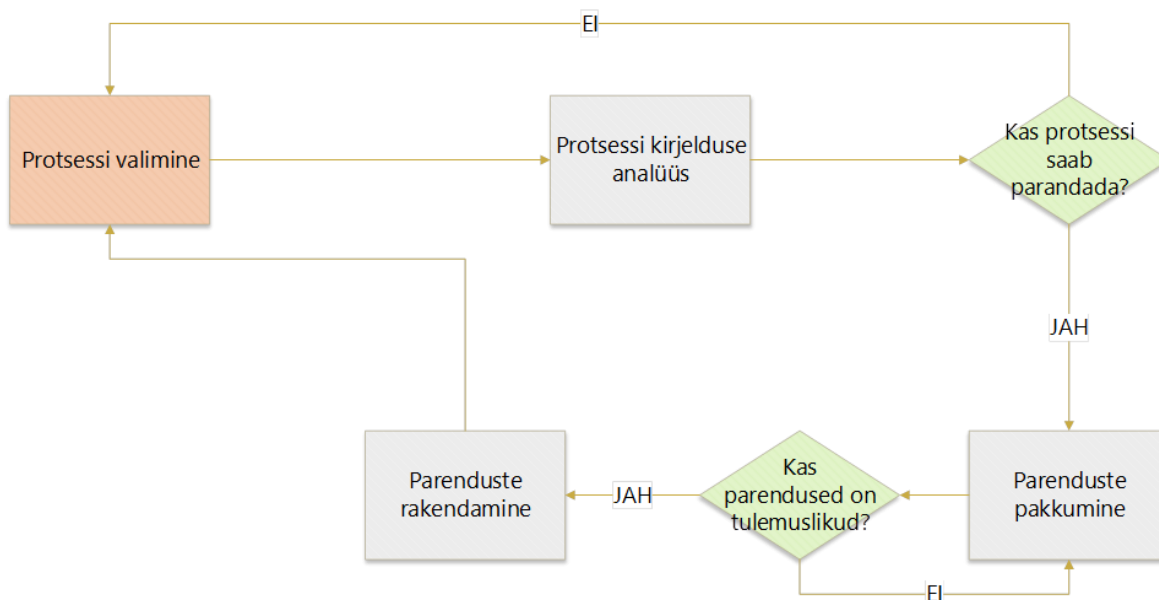
3.4 Andmete analüüs

Andmete analüüs tuleneb kogutud andmetest, mida antud uurimuse teostamisel saadi vaatluste, teisesed andmete kogumise ja sorteerimise ning ekspertintervjuu läbiviimise käigus. Tulenevalt sellest, et kasutati nii kvalitatiivset kui kvantitatiivset lähenemist, siis tegemist on kombineeritud metoodikaga andmete analüüsimisel. Antud metoodika eesmärk oli arendamine ehk ühe meetodiga leitud sisendi analüüsi jätkati teise meetodiga. [62]

Väärtusahela kaardistamine

Osaluseta vaatluse käigus rongide tehnohoolduse protsessi tehnoloogiaga tutvumine oli antud uurimuse vaatenurgast nii probleemi tuvastamise-kinnitamise kui ka olemasoleva AS-IS protsessi kaardistamiseks vajalike sisendandmete kogumine. Väärtusahela kaardistamine on laialt kasutatav ja tõestatud meetod, mis võimaldab protsessiahelate kaardistamist ja analüüsi ning aitab tuletada parenduspotentsiaali. Tootmise digitaliseerimine (*Industry 4.0*) töötab uusi võimalusi tõhusamate tootmisliinide arendamiseks. Uut lähenemisviisi tuleb tutvustada eriti ettevõtetele, kes täiustavad olemasolevaid toiminguid digitaalselt. See terviklik lähenemisviis laiendab *Lean-*

tootmise tõestatud meetodeid, kaardistades samal ajal süstemaatiliselt digitaliseerimise võimalused parendusmeetmete saamiseks. Kaardistamisega kuvatakse terviklik ülevaade teabe – logistiliste objektide registreerimise, käitlemise, töötlemise, analüüsimise ja (teabe) protsesside optimeerimise osas. [63] Protsessi parendamise üldine skeem on esitatud alljärgneval joonisel (Joonis 3.3).



Joonis 3.3 Protsessi parendamise skeem
Allikas: [64]; autori kohandatud

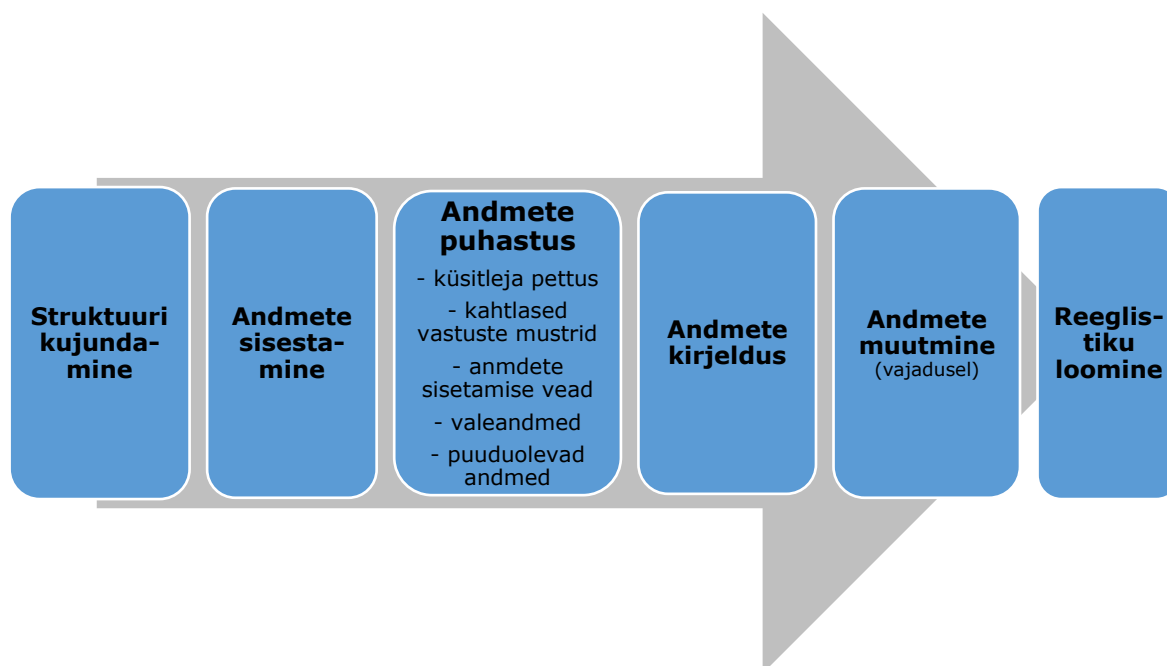
Vähesed tootmise optimeerimise meetodid pakuvad terviklikku kaardistamis- ja kujundamismeetodit. Üheks selliseks on väärtuste voo meetod, mis kirjeldab täpsemalt kaardistamise eesmärki – võimaldada tuvastada protsessides vigu ning tuvastada parandus potentsiaali. Selleks, et optimeerida protsesse digitaalselt, peab olema teada protsessi algne seis enne parandust. [63]

Teisene andmeanalüüs ja kvantitatiivsete andmete esmaanalüüs

Teisene andmeanalüüs on andmete analüüs, mille keegi teine kogus peamiseks otstarbeks. Olemasolevate andmete kasutamine on teadlastele, kellel on piiratud aeg ja ressurss, toimiv võimalus. Teisene analüüs on empiiriline harjutus, mille puhul rakendatakse samu põhilisi uurimispõhimõtteid nagu lähteandmeid kasutavate uuringute puhul ja milles on samme, mida tuleb järgida nagu iga uurimismeetodi puhul. [65] Teiseste andmete analüüs viib selle ühe sammu edasi, sealhulgas vaadeldaval alal varem kogutud andmete ülevaatamist. Kui teisene andmete analüüs on paindlik lähenemisviis ja seda saab mitmel viisil kasutada, on see ka protseduuriliste ja

hindavate sammudega empiiriline harjutus, nagu ka lähteandmete kogumine ja hindamine. [66]

Enne mistahes andmekogumi analüüsimist, on oluline kõigepealt andmetest aru saada. Kirjeldav statistika võimaldab kokku võtta vaatluse või eksperimendi teel saadud esmased tulemused. Siin redutseeritakse andmete rühmitamiseks nende väärtuste järgi, nende sageduste jaotuse ülesehitamiseks, keske jaotuse suundumuste kindlakstegemiseks (näiteks aritmeetiline keskmine) ja lõpuks andmete leviku hindamiseks leitud keske suundumuse suhtes. [65] Andmebaitide juhuslik sisestamine, puhastamine ja analüüsimine pole hea strateegia, sest see suurendab vigade tõenäosust ja raskendab tulemuste kopeerimist. Pealegi on ilma hea andmevoota keeruline uurimisprotsessi dokumenteerida ja projektide osas koostööd teha. Analüüsi tegemiseks peab olema arusaam mis andmed need on ja mida konkreetsed väärtused tähendavad. Lõpuks suurendab hea töövoogu puudumine töö dubleerimise või isegi andmete kaotamise riski. [66] Alljärgneval joonisel (Joonis 3.5) on esitatud etapid vajaliku andmekogu loomiseks ja kirjeldamiseks peale teiseste andmete kogumist.



Joonis 3.4 Andmekogu loomise ja kirjeldamise etapid
Allikas: [66]; autori tõlgitud

Peale andmete saamist vanemmeistritelt autor koostas saadud andmete alusel uued risttabelid, mis võimaldasid saada süstematiseeritud ülevaadet teostavatest töödest THP-de ja kuude lõikes. Kõik saadud andmed olid kaasatud ning olid ära kasutatud käesoleva töö analüüsi teostamisel.

Valideerimine

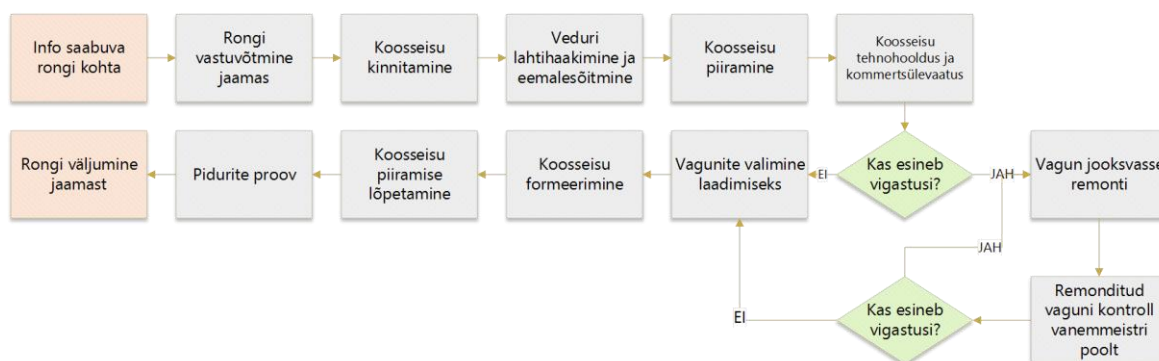
Valideerimise eesmärk on välja selgitada metoodika ja/ või tulemuste vastavust eesmärgile. Valideerimise ulatus sõltub tehtud muudatuste olemusest ning asjaoludest, milles meetodit kasutatakse. Valideerimine on vajalik ka siis, kui on vajadus näidata tulemuste samaväärsust, mis on saadud kahel meetodil, näiteks äsja välja töötatud meetod ja olemasolev standard/regulatiivne meetod. [67] Peale teostatud analüüsi esmaste tulemuste formuleerimist kohtus lõputöö autor eksperdiga esitades talle saadud tulemused, viies samaaegselt läbi ekspertintervjuu. Eksperdi arvamusel autori poolt valitud meetodid olid õiged sõnastatud probleemi lahendamiseks ning eesmärgi saavutamiseks, samuti olid formuleeritud tulemused asjakohased ja reaalsed.

Uurimuses rakendatud meetodid tulenevad probleemist ning terviklik uurimisstrateegia toetab probleemi lahendamist ning eesmärgi saavutamist uurimisküsimustele vastamise kaudu. Uurimuse tulemusena kujuneb parendatud rongide tehnohoolduse protsess automaatsete lahenduste kaasamisel, millega kaasnevad muutused käitluskulude suuruses ja mõjus ohutusele.

4 UURIMUSE TULEMUSED JA JÄRELDUSED

4.1 AS-IS protsess ja tulemuste analüüs

Uurimuse käigus teostati väärtusahela kaardistamine, mille käigus kaardistati AS-IS ja TO-BE protsessid. Rongide tehnohoolduse AS-IS protsessi kaardistamise aluseks olid autori poolt teostatud rongide tehnohoolduste vaatlused on kujundatud alljärgneval joonisel (Joonis 4.1).

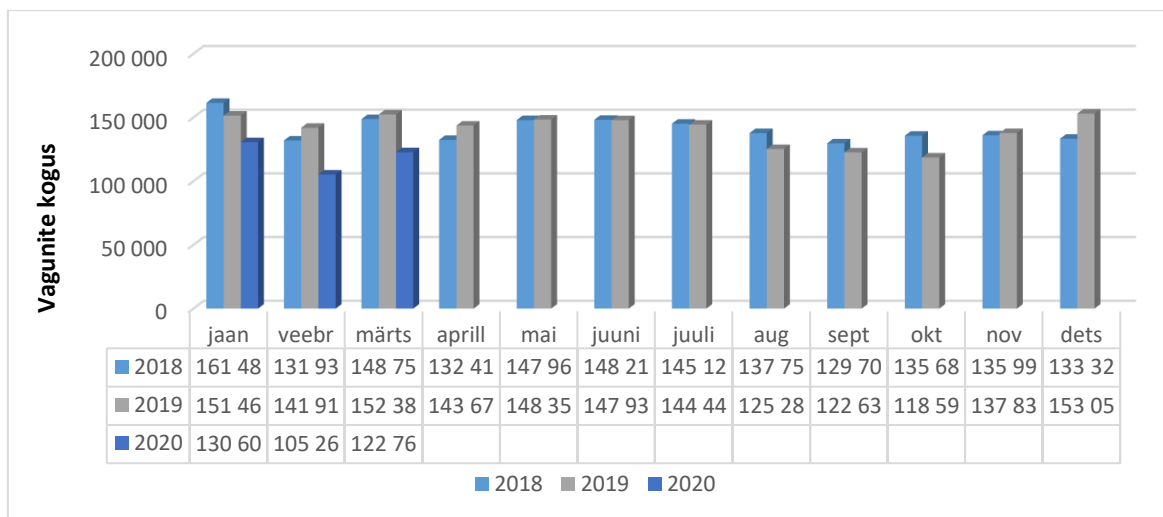


Joonis 4.1 Rongide tehnohoolduse AS-IS protsess

Allikas: autori koostatud

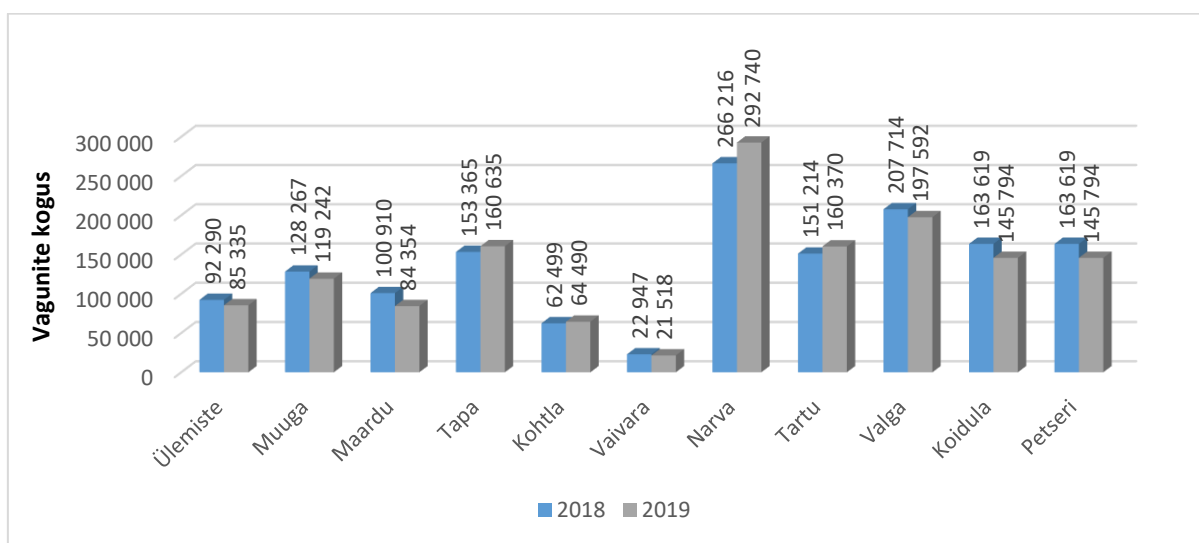
Uurimuse valimiks oli valitud THP-de poolt teostatud tehnohoolduste tööde arv perioodil jaanuar 2018 kuni märts 2020. Ettevõtte AS Operail poolt saadud teostatud tööde ja nende tööde detailide alusel teostas autor kvantitatiivsete andemete esmaanalüüsi kirjeldava statistika näol. See aitab mõista töömahtude tegelikest mahtudest ning protsessi automatiseerimise vajadusest suurimatest kitsaskohtades seal, kus töömaht kriitiliselt kõrge. Tuginedes kirjeldava statistika tulemustele saab teha otsuseid selles osas, missugusel kujul alustada automatiseeritud süsteemide rakendamisega.

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.2) on esitatud mitmele vagunile teostatud tehnohoolduse spetsiifika. Näha on, et 2020. a. alguses on vagunite kogused vähenenud ning oodata on ka edaspidist langust. Sellele on kindlasti avaldanud täiendavalt hetkelist mõju COVID-19 [68] viiruse levik ning paljudes riikides välja kuulutatud eriolukord. Peale eriolukorra lõppu on oodata kaubaveo taastumist kriisieelse olukorra tasemeni. Samas on kaubaveomahtude langus Eesti raudteel kinnitust leidnud ning on põhjendatud, et samasuunaline trend jätkub kuni leitakse uusi kliente ning ärisuundasi.



Joonis 4.2 Tehnohooldus rongides kuude-de lõikes
Allikas: autori koostatud

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.3) on näha, et arvulisi teostatakse kõige rohkem tehnohooldusi Narva ja Valga THP-des. Narvas ja Valgas asuvad piirijaamad, kus toimub teistelt raudteeadministratsioonidelt saabuvate rongide vastu võtmine. Siinkohal on tähtis teostada tehnohooldust ning tuvastada kõikvõimalikud vagunite vigastused.

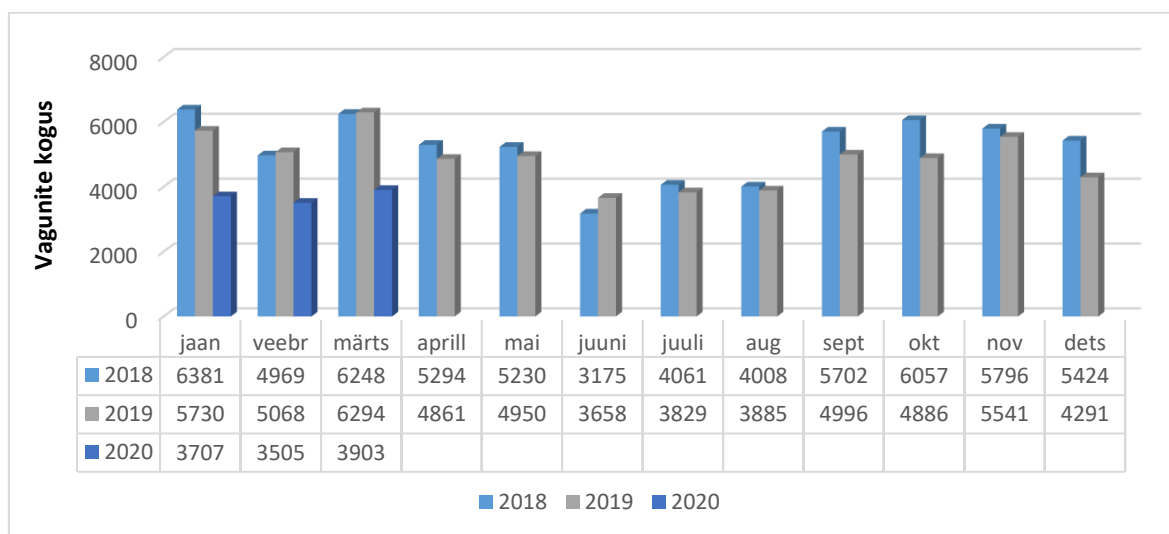


Joonis 4.3 Tehnohooldus THP-de lõikes
Allikas: autori koostatud

Vigastatud vaguneid ei võeta piirijaamades vastu ning enne nende üle andmist teisele raudtee administratsioonile tuleb likvideerida kõik tuvastatud vead. Vastavalt Rahvusvahelisele raudteeadministratsioonide kokkuleppele remonditakse ühispargi vagunid selle administratsiooni arvelt, kus nad parasjagu liiguvad. Sellest järeldub, et juhul kui ei tuvastata tehnilist viga piirijaamas (näiteks pragu rattavankri külgraamis) võib see selle hilisema avastamise korral viia suurte kulutusteni või tõsiste

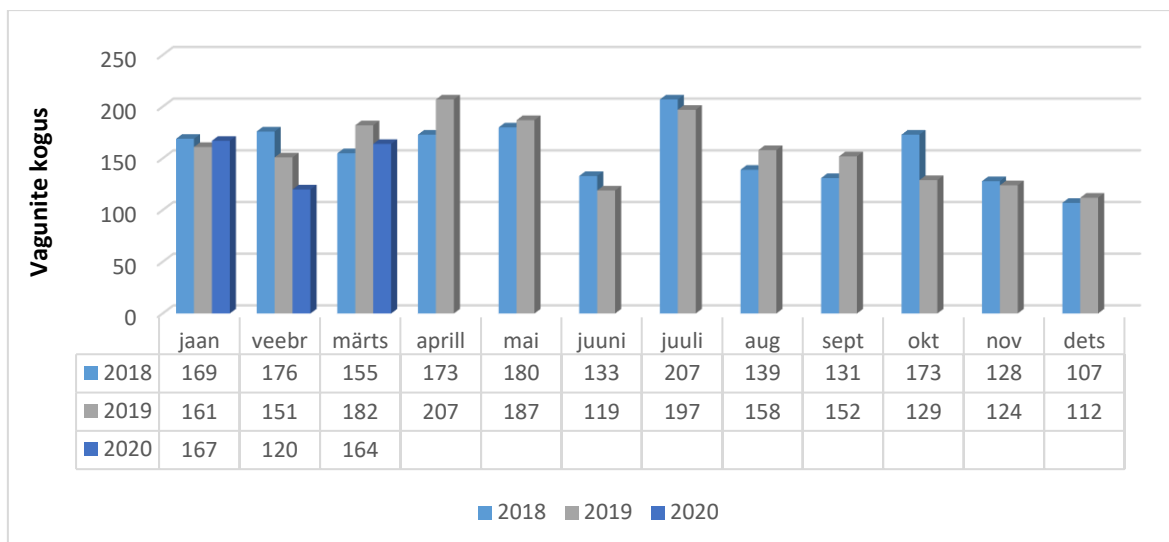
tagajärgedega liiklusõnnetuseni, mis omakorda tähendab mõlemal juhul suuri kulutusi AS Eesti Raudteele kui kohalikule raudteeadministratsioonile.

Lisaks saabuvate rongide tehnohoolduse tegemisele kontrollivad vagunijärelevaatajad vaguneid enne laadimisele saatmist. Alljärgneval joonisel (Joonis 4.4) on esitatud laadimiseks ettevalmistatud vagunite arv vaadeldaval perioodil. Sarnaselt kaubaveomahtude vähenemisele raudteetranspordis, on tuvastatav ka laadimise alla antavate vagunite koguse vähenemine.



Joonis 4.4 Ettevalmistus laadimiseks kuude lõikes
Allikas: autori koostatud

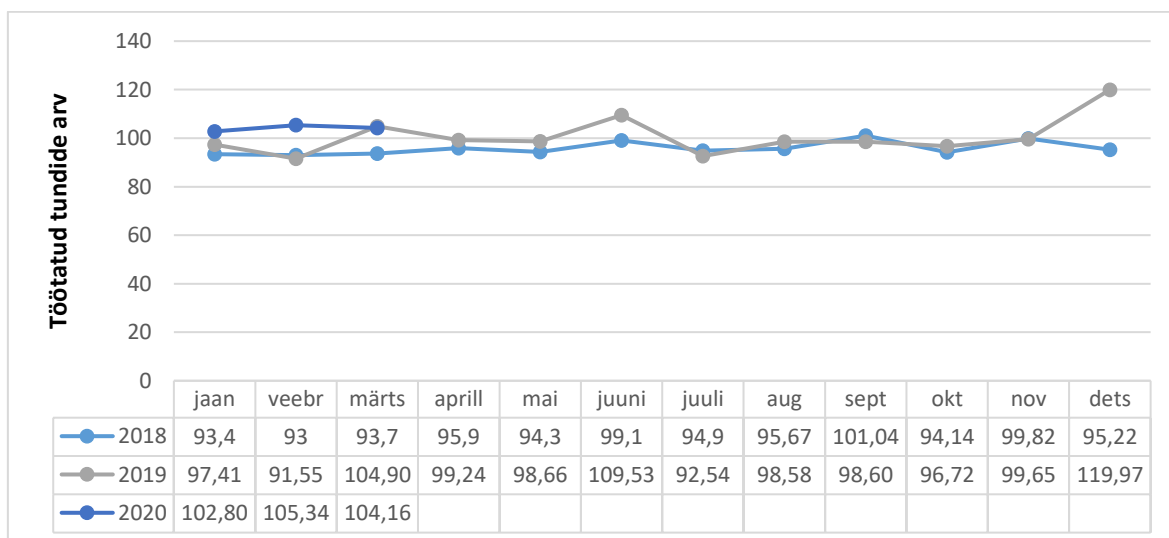
Vaatamata kaubaveo mahtude ja teostatava tehnohoolduse langusele jooksva remondi maht ei ole proportsionaalselt sama palju langenud tuginedes järgnevale joonisele (Joonis 4.5). See võib tähendada, et ringluses olev vagunipark on suuremas osas vananenud ning vajadus remondi järgi on suur ning aastatega kasvanud. Vanade vagunite puhul tuleb pöörata suuremat tähelepanu liikuvosade tehnilisele korrashoiule nagu näiteks rattapaaride veerepinnad, pidurisüsteem ning puksisõlmed. Arvestades, et jooksvat remonti vajavate vagunite arv on muutuv, siis ei ole võimalik ette planeerida töötajate vajadust. See tähendab, et suuremate mahtude muutumisel võib jääda töötajaid väheseks, et tagada tehnohoolduse kõrge kvaliteet. Vastupidisel juhul pole töötajatel piisavalt tööd ning inimressurss jääb sellisel juhul kasutamata. Mõlemal juhul tähendab see ettevõttele AS Operail kulu. Antud teema kontekstis on oluline optimeerida kulude ja teostatava tehnohoolduse kvaliteedi sõltuvust töömahtude kõikumisel.



Joonis 4.5 Jooksev remont kuude lõikes

Allikas: autori koostatud

Järgnevalt on esitatud vagunimajanduse töötatud tundide arvu muutus vaadeldaval perioodil (Joonis 4.6). Töötatud tundide arvu saamiseks arvestatakse kokku THP-de lõikes vagunijärelevaatajate ja lukkseppade töötunnid kuu normtöötundide suhtes. Antud näitajad on olulised indikaatorid tootlikkuse välja arvutamiseks.



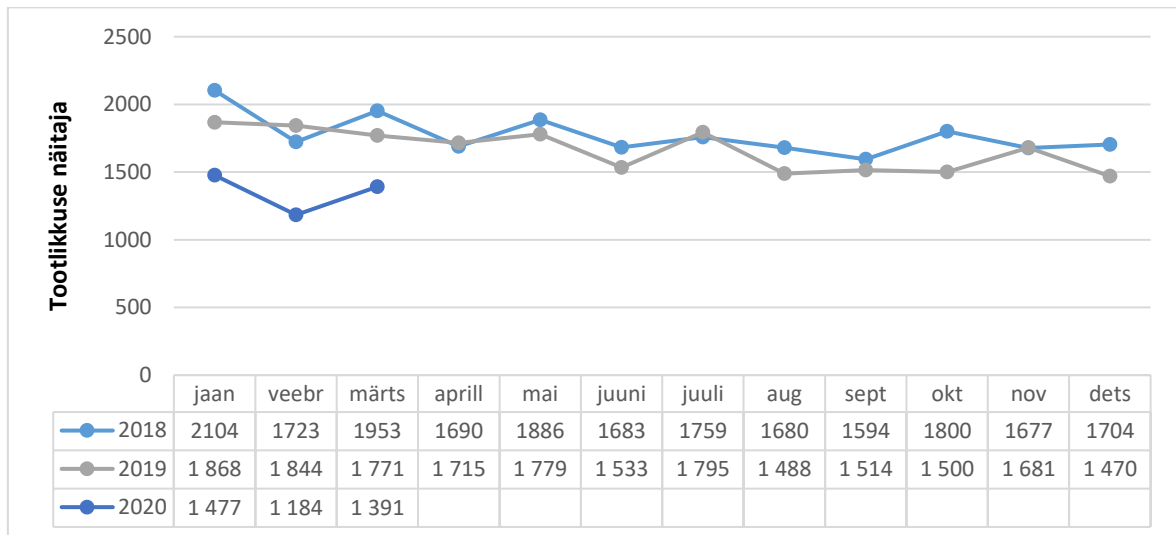
Joonis 4.6 Vagunimajanduse töötatud tundide arvu muutus

Allikas: autori koostatud

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.7) on näha, et 2019. aasta lõpus ja 2020. aasta alguses on vagunimajanduse tootlikkus märkimisväärselt langenud. Selle põhjuseks on teostatavate tööde koguse vähenemine, samas kui töötajate arvu pole vastavalt töömahule vähendatud. Tootlikkuse väljaarvutamiseks kasutatud valem (4.1) on esitatud alljärgnevalt:

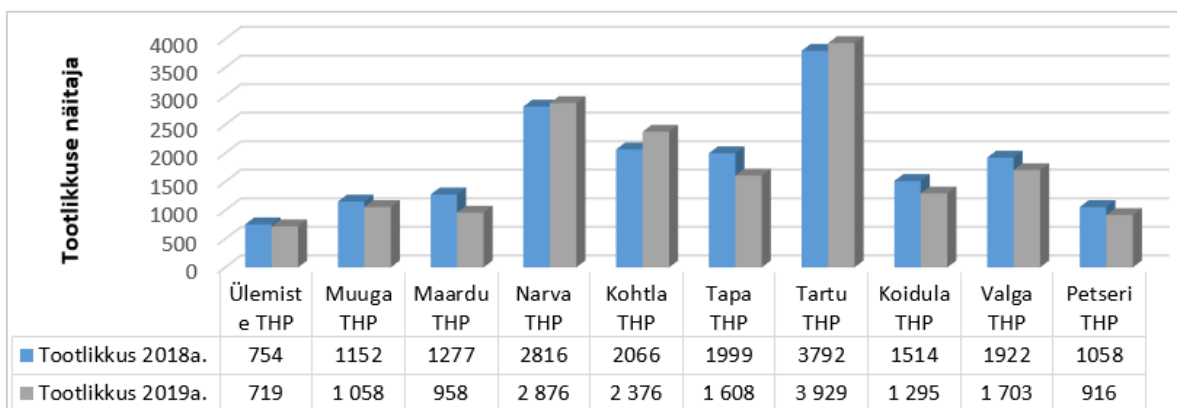
$$Tootlikkus = \frac{(a \times 5 + b \times 16 + c)}{\text{töötatud tundide arv}} \quad (4.1)$$

kus a – laadimise alla ettevalmistatud vagunite kogus,
 5 ja 16 – tööle kulutatud norm tunnid,
 b – vagunite kogus, millele on teostatud jooksvat remonti,
 c – vagunite kogus, millele on teostatud tehnohooldust.



Joonis 4.7 Vagunimajanduse tootlikkus kuude lõikes
 Allikas: autori koostatud

Järgnevalt esitatud joonisel (Joonis 4.8) on esitatud tootlikkus THP-de lõikes. Siit ilmneb, et Ülemiste, Muuga ja Maardu THP-de tootlikkus on madal. Need THP-d vajavad tehnohoolduse teostamise aspektist protsesside ümber korraldamist ning tööde optimeerimist.



Joonis 4.8 Tootlikkus THP-de lõikes
 Allikas: autori koostatud

Narva, Koidula ja Valga ning Tapa THP-de tootlikkuse näitajad on kõrged millest tuleneb suurem inimressursside vajadus mis omakorda tähendab suuremaid käitluskulusid ettevõttele. Tartu THP kõrge tootlikus tuleneb väikesest töötajate arvust. mis on tingitud sellest, et jooksva remondi grupi pole Tartus kohapeal füüsiliselt olemas. Juhul, kui Tartus avastatakse vagun, mis vajab jooksvat remonti, siis tuleb Valgast kohale lukkseppade grupi ning teostab vagunile remondi.

Saadud esmased statistilised andmed on sisendiks ekspertintervjuule. Saadud andmetest selgub, millised THP-d on kõige kriitilisemad ning kus süsteemide rakendamine võiks aidata kaasa nende töö tõhustamisele ning ettevõtte AS Operail käitluskulude vähendamisele. Ekspert aitab kaasa rakendamisplaani valikule ning toob välja hinnangulised tulevased muudatused.

4.2 Ekspertintervjuu ja *TO-BE* protsess

Antud uurimuse raames oli eksperdiks valitud Igor Taaksalu, kes on ettevõtte AS Operail Muuga-Maardu piirkonna vanemmeister. I. Taaksalu omab ettevõttes üle kahekümne aastase töökogemuse ning on selle aja jooksul täitnud järgmisi ameteid: THP lukksepp, vagunijärelevaataja, vanem järelevaataja, TPH vanemmeister. Hetkel täidab I. Taaksalu THP Muuga-Maardu piirkonna vanemmeistri ametipositsioonil. Uurimuse vaatenurgast ekspertile seatud kriteeriumid seoses ametialase pädevuse, praktilise töökogemuse ja ülevaate omamisega rongide tehnohoolduse aspektist on täidetud.

Ekspertintervjuu oli teostatud poolstruktureeritud intervjuu vormis intervjuueeritavaga füüsilisel kohtumisel 7. mail 2020, Muuga jaamas ning selle jooksul keskendus autor järgmistele fookusküsimustele, mis olid eksperdile tutvumiseks eelnevalt ette saadetud:

1. Kuidas oleks on eksperdi arvamusel võimalik automaatseid lahendusi Eesti rakendada?
2. Missuguseid automaatseid lahendusi on Eestis võimalik ja otstarbekas kasutusele võtta?
3. Mis on automaatsete süsteemide rakendamise hinnangulised tulemused rongide tehnohoolduste aspektist?

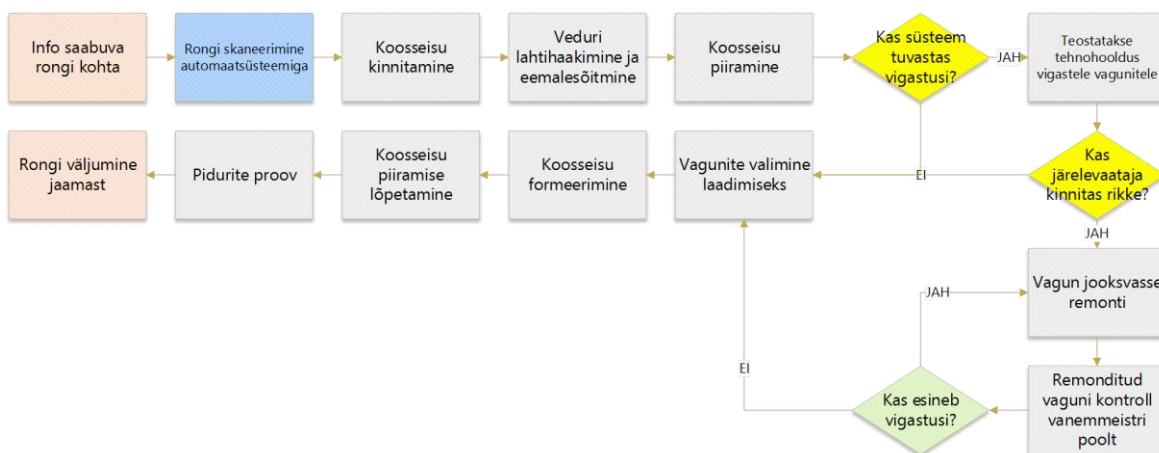
Alljärgnevalt on esitatud kokkuvõtte ekspertintervjuu tähelepanekutega, mis on olulised sisendid autori poolt loodava rongide tehnohoolduse *TO-BE* protsessi kaardistamisel. Vagunite järelevaatajate töö tehnoloogiat on muudetud tulenevalt kaubaveo mahtude muutustest ning teenuste nõudlusest. Edaspidiseks optimeerimiseks on ainuke võimalus võtta kasutusele digitaliseerimise ja automatiseerimise lahendusi. Arvestades, et Eestis

on kaubaveomahud vähenenud, millest tulenevalt on ka summaarne töökoormus langenud, on THP-dest likvideeritud operaatori töökoht. Ainuke THP, kus on operaatori ametikoht on jäänud, on Ülemiste THP, kus operaatorid töötavad vahetustega. Kuna kaubavedu Eestis toimub enamasti öisel ajal, siis kui reisijatevedu ei toimu, tasub kaaluda operaatorite töökorralduse korraldamist selliselt, kus töötaja on tööl siis, kui selleks on kõigse suurem vajadus (näiteks, kui on kriitiline vormistada dokumente).

Tartu ja Kohtla THP-de vahetustes töötavad praegusel hetkel kummaski THP-s üks vagunijärelevaataja. Kõikides teistes THP-des on ühes vahetuses vähemalt kaks töötajat. Töö käib 12 tunniste vahetustega ööpäevaringselt. Rongi saabumisel jaama kus rakendatakse automatiseeritud tehnohoolduse süsteeme jääb ära vajadus terve koosseisu põhjalikuks tehnohoolduseks mis võimaldab nendes THP-des vähendada järelevaatajate arvu. Rongi kinnitamise protsess siiski säilib. Süsteem kontrollib rattavankrid, pidurid ja muud kontrolli vajavad osad ära. Järelevaatajad kontrollivad vajadusel ainult need vagunid, mille puhul süsteem on tuvastanud vea.

Kommertsülevaatuse tegemine jääb ära. Rong sõidab gabariidivärvatest läbi ning süsteem skaneerib, kas kõik on nn gabariidis. Operaator näeb seejuures kaameratest pilti kogu rongist. Töötaja läheb rongi üle vaatama juhul, kui süsteem tuvastab probleemi või operaator tuvastab kaamerate kaudu midagi, mis vajab üle kontrollimist (näiteks koormas liikunud kaup või lahtine koormakinnitus). Vedur tuleb ette ning teostatakse piduriproov ning vormistatakse dokumendid. Peale seda on koosseis valmis liikuma.

Rongide tehnohoolduse protsess peale uue tehnoloogia rakendamist on toodud *TO-BE* protsessina järgneval joonisel (Joonis 4.9).

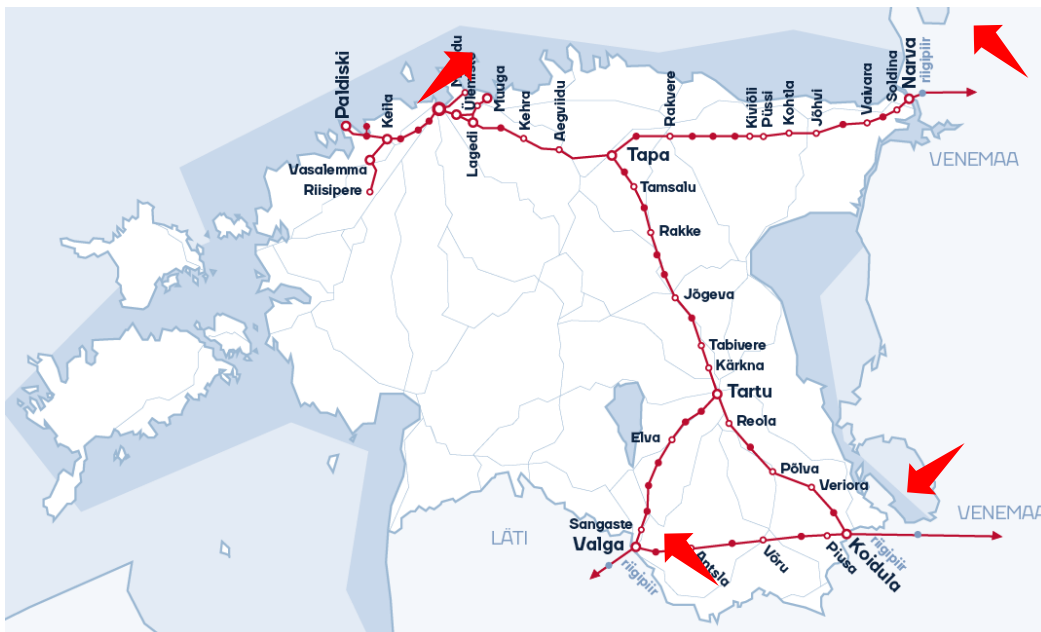


Joonis 4.9 Rongide tehnohoolduse protsess TO BE
Allikas: autori koostatud

Ühe rongi lubatud pikkus Eestis on kuni 57 tingvagunit (ühe tingvaguni pikkuseks on 14 meetrit). [69] Automaatsete lahenduste kasutuselevõtt võimaldaks vähendada rongi tehnohoolduse aega 60 minutilt 20 minutini ja kommertsülevaatuse aega 60 minutilt 40 minutini. Lisaks jääb seejuures ära vajadus võtta vastu rongi jaama sisenemisel kahelt poolt, mis võimaldab täiendavalt kokku hoida veel 15 minutit. Kokku annab see ajalise kokkuhoiu 1 tund 15 minutit ühe rongi tehnohoolduse teostamise pealt. Võttes arvesse vagunijärelevaataja arvestuslikuks tunnimaksumuseks 18,56 eurot (mis koosneb töötaja palgafondist, öhtu- ja öötundidest, töövahenditest ja tööriiete maksumusest, koolituskuludest), on käitluskulude aspektist võimalik ühe rongi pealt kokku hoida hinnanguliselt 46,63 eurot. [46]

4.3 Järeldused ja ettepanekud

Tuginedes uurimuse jooksul kogutud andmete analüüsile toob autor alljärgnevalt välja järeldused ning pakub ettepanekuid seoses vagunite tehnohoolduse protsessi automatiseerimisega ettevõttes AS Operail. Ettevõttel tuleb alustada seadmete rakendamisega piirjaamadest (Narva, Koidula ja Valga THP-d) ning kaaluda võimalust seadmete paigaldamist Lagedi jaama. Illustratiivne joonis seoses valitud jaamadega on esitatud alljärgnevalt (Joonis 4.9).



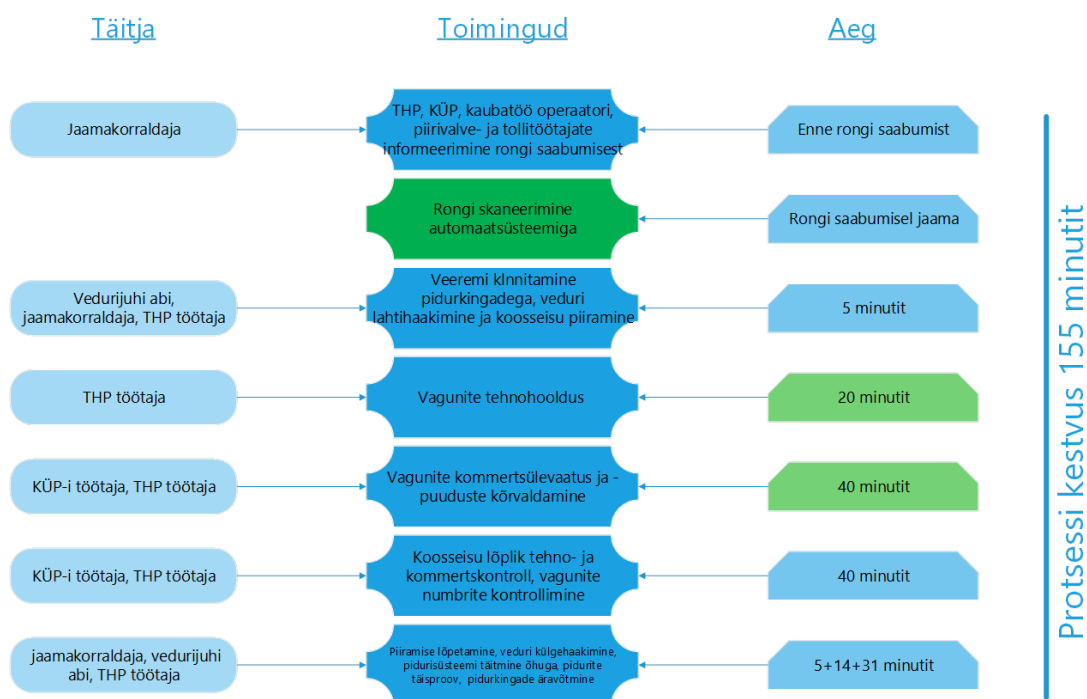
Joonis 4.10 Kaart Eesti jaamadega kuhu võiks süsteeme paigaldada

Allikas: [38]; autori kohandatud

Piirjaamad

Narva, Koidula ja Valga on väga tähtsad piirjaamad. Võttes teiselt raudteeadministratsioonilt vastu rong, võetakse sellega ka vastutus rongide tehnilise seisundi eest. Ebakvaliteetse kontrolli teostamise tulemuseks piirjaamades võib olla tõsiste tagajärgedega liiklusõnnetus, mille tulemuse võivad viga saada inimesed, kahjustuda veerem ja infrastruktuur. Kõige sellega kaasnevad ka suured kuulutused.

Automaatsete tehnohoolduse lahenduste aspektist saab piirjaamadesse paigaldada gabariidiväravaid, vagunikaalusid ja automatiseeritud vagunite rataste geomeetriliste parameetrite diagnostikaseadmeid. Peale süsteemide rakendamist on viidud miinimumini vigade tuvastamata jätmine. Rakendatavate tehnoloogiate süsteemi abil on võimalik vähendada rongide tehnohoolduse koguaega ja optimeerida tööjõu rakendamist. Vagunite automaatkontrolli süsteemide kasutusele võtmisega on võimalik vähendada piirjaamades vagunijärelevaatajate arvu ning rongide töötlemisaega vastavalt järgnevalt esitatud joonisele (Joonis 4.10).



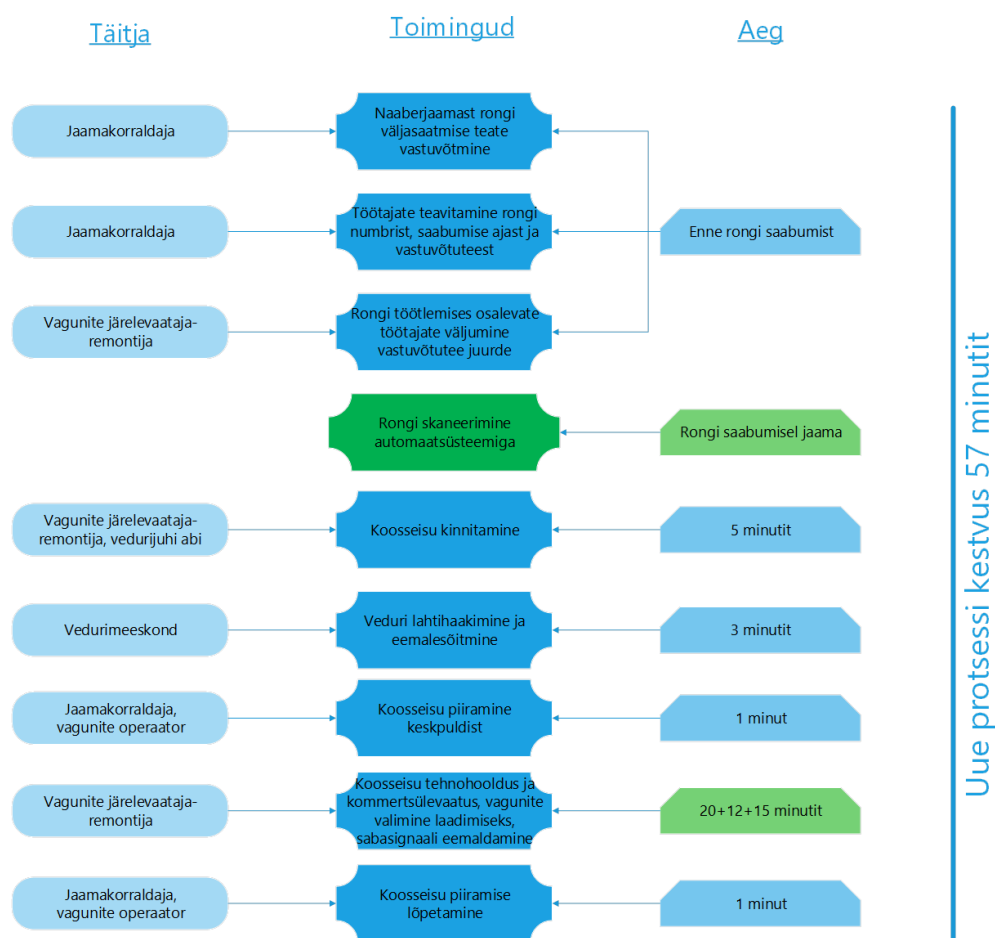
Joonis 4.11 Rongi töötlemise toimingud piirjaamas automatiseeritud süsteemi rakendamisel
Allikas: autori koostatud

Arvestades, et Narva THP-s on töö 24 järelevaatajat, kes töötavad vahetustega (kolm inimest vahetuses), on võimalik vähendada töötajate arvu 20 inimeseni (kaks inimest vahetuses). Võttes arvesse 2020. a. keskmist töötundide arvu kuus 167,92 tundi ning arvestusliku vaguni järelevaataja tunni maksmust 18,56 eurot (mis koosneb töötaja palgafondist, öhtu- ja öötundidest, töövahenditest ja tööriiete maksumusest,

koolituskuludest) on ühe töötaja vähendamise arvelt võimalik kokku hoida hinnanguliselt 3 116,60 eurot kuus. Aastas teeb tee hinnanguliselt 37 399,20 eurot kokkuhoidu ühe töötaja arvelt. Nelja töötaja arvelt oleks hinnanguline kokkuhoid 149 596,80 eurot. Koidula TPH-s on hetkel tööl 14 järelevaatajat sarnaselt ka Valga THP-ga. Automaatsete lahendustele rakendamine käesolevates THP-des annab võimaluse vähendada töötajate arvu kummaski THP-s üheksa töötajani. See tähendab omakorda iga THP jaoks hinnangulist aastast võitu summas viie töötaja arvelt (5 töötajat x 167,92 tundi x 18,56 eurot x 12 kuud) 186 995,71 eurot. Kolme piirjaama pealt tähendab see hinnanguliselt (149 596,80 + 186 995,71 x 2) 523 588,22 eurot kokkuhoidu.

Lagedi jaam

Gabariidiväravad ja automatiseeritud vagunite rataste geomeetriliste parameetrite diagnostikaseadmeid on autori ettepanekul sobivad paigaldamiseks ka Lagedi jaama. Rongide töötlemise toimingud koos muudatustega on toodud alljärgneval joonisel (Joonis 4.11).



Joonis 4.12 Rongi töötlemise toimingud kaubajaamas automatiseeritud süsteemi rakendamisel
Allikas: autori koostatud

Automaatsete lahenduste paigaldamisel Lagedi jaama on võimalik optimeerida korraga Ülemiste, Maardu ja Muuga THP-de tööd. Lagedi jaamas süsteemiga kogutud informatsioon läheb edasi olemasolevale THP operaatorile, kes asub Ülemistel. Juhul, kui saabub info võimalike vigastuste või normidest kõrvale kaldumiste kohta, edastab operaator info rongi sihtjaama THP-se. Edastavas teabes sisaldub seejuures info vigastuse täpsest kohast ning süsteemi näitajad selle kohta. Rongi saabumisel sihtjaama keskendub järelevaataja just tähelepanuvajava vaguni üle vaatamisele.

Nii Muuga kui ka Ülemiste THP-s on tööl 14 järelevaatajat, kes töötavad vahetustega. Automaatsete lahenduste kasutusele võtmine annab võimaluse vähendada mõlemas THP-s töötajate arvu üheksa töötajani, mis tähendaks iga THP jaoks hinnangulist võitu (5 töötajat x 167,92 tundi x 18,56 eurot) 15 582,98 eurot kuus või (15 582,98 eurot x 12 kuud) 186 995,76 eurot aastas. Maardu THP-s on hetkel tööl 9 töötajat ning nende arvu saab vähendada kuni viie töötajani. See annab hinnangulist kokkuhoidu (4 töötajat x 167,92 tundi x 18,56 eurot) 12 466,38 eurot kuus või (12 466,38 eurot x 12 kuud) 149 596,56 eurot aastas.

Süsteemi paigaldamine Lagedi jaama tähendab hinnangulist kokkuhoidu summas (186 995,76 eurot x 2 + 149 596,56 eurot) 523 588,08 eurot aastas. Tingimuste täitmisel ning nende eeldataval toimimisel võimaldab eelpoolvalitud automaatsete lahenduste kasutamine antud jaamades hoida ettevõttel AS Operail kokku aastas ca 1 047 176 eurot käitluskuludelt. Kokkuvõtlik tabel seoses muutustega tööjõu vajaduses ning kaasnevas kulude kokkuhoiuses on esitatud alljärgnevas tabelis (Tabel 2).

Tabel 3. Töötajate arvu muutus ning käitluskulude hinnanguline kokkuhoid

	Vagunijärele- vaatajaid enne	Vagunijärele- vaatajaid pärast	Vahe	Hinnanguline kokkuhoid kuus (€)	Hinnanguline kokkuhoid aastas (€)
Narva THP	24	20	4	12 466,38	149 596,57
Koidula THP	14	9	5	15 582,98	186 995,71
Valga THP	14	9	5	15 582,98	186 995,71
Muuga THP	14	9	5	15 582,98	186 995,71
Ülemiste THP	14	9	5	15 582,98	186 995,71
Maardu THP	9	5	4	12 466,38	149 596,57
Kokku	89	61	28	87 264,67	1 047 175,99

Allikas: autori koostatud

Tehnohooldust teostava ettevõtte (AS Operail) jaoks tähendab see inimefaktori mõju vähenemist mis võimaldab tagada kõrgemad tehnohoolduse kvaliteeti. Masin suudab skaneerides avastada tõhusamalt vigu, mida inimsilm ei suuda tuvastada, mis aitab

tagada ohutumat liiklust raudteel. [70] Tulemusena rongide ringlus kiireneb. Nii näiteks kliendil, kelle kaup liigub Kohtlast Muugale, tehnohoolduse protsessi kiirendamise tulemusena võib vagunite ringlus väheneda viie päeva pealt 4,5 päevale. Sellisel juhul väheneb ka aasta lõikes vagunite summaarne vajadus. Rongide töötlemisaja vähendamine tähendab samuti vedurite ringluse kiirenemist, mis vähendab vedaja kulusid. Mida vähem aega kulub rongi tehnohooldusele, seda rohkem vedusid jõuab vedur teostada.

Rongide töötlemisaja vähendamine tähendab raudteeinfrastruktuuri läbilaskevõime suurenemist. Raudteeinfrastruktuuri läbilaskevõime on potentsiaal kindlal ajavahemikul raudteeinfrastruktuuri mingil osal liiklusgraafiku koostamiseks [40]. Kõik see võib olla sisendiks vedurijuhtide töö optimeerimiseks. Klientide jaoks tähendab see kauba kiiremat ja sujuvamat liikumist raudteetranspordi aspektist ning võimalikku väiksemat veokulu. Kõik ülalmainitud võib kaasa aidata raudteetranspordi kaubaveomahtude kasvule.

Ülalmainitud automaatsete süsteemide kasutusele võtmise puhul on hiljem võimalik neid edaspidi täiustada ja arendada. Süsteeme saab siduda erinevate andmebaasidega nii, et teabe edastamine toimub automaatselt. See tähendab omakorda ka suuremas osas paberitöö kadumist. Kõikide VU vormide käsitsi täitmine jääb siinkohal ära, sest süsteem teeb seda ise. Inimfaktori roll taandub ning inimvea võimalus taandub miinimumini - dokumentide täitmine toimub kiiremini ning info on seejuures täpsem. Informatsiooni õigeaegne edastamine süsteemi osapooltele oh aluseks ohutuse tagamiseks raudteetranspordis.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töös käsitletakse tunnetuslikku probleemi, et toimiv rongide tehnohoolduse protsess ei ole tõhus ega jätkusuutlik olemasolevates tingimustes. Uurimuse eesmärk on suurendada vagunite tehnohoolduse protsessi jätkusuutlikkust ja hinnata, missugune mõju kaasneb ettevõtte kuludele ja liiklusohutusele protsessi automatiseerimisel. Täpsemalt uuritakse automaatsete süsteemide kaasamisest rongide tehnohoolduse protsessi tulenevat mõju seoses vabanevate käitluskulude ja liiklusohutuse suurenemisega.

Uurimuse raames olid püstitatud järgmised uurimisküsimused:

1. Millised toimivad vagunite tehnohoolduse automaatsed lahendused on täna olemas?
2. Milliseid vagunite tehnohoolduse automaatseid lahendusi on otstarbekas kasutusele võtta Eestis?
3. Kuidas on mõistlik vagunite tehnohoolduse automaatseid lahendusi Eestis rakendada?

Antud uurimuse raames uuritud, tuvastatud ja autori poolt ettepanekuna esitatud vagunite tehnohoolduse automaatsete lahenduste kasutamine võimaldab välja töötada soovitusel iga veeremiüksuse individuaalsete remondimahtude kohta, võttes arvesse veeremi tegelikku tehnilist seisukorda. Seeläbi vähenevad ettevõtte käitluskulud ning optimeeritakse tehnohoolduse protsessi kaasatud spetsialistide tööd. Samuti parandab see liiklusohutust. Selliste süsteemide juurutamise majanduslikku mõju saab esitada kolme komponendina. Esimene komponent on võrgutasandil saavutatav majanduslik mõju. Seda seostatakse liiklusohutusega, vedurite veojõu energia- ja kütusekulu vähenemisega, pöörangute kahjustuste arvu ja rööbastee dünaamiliste koormuste vähenemisega. Teine komponent on ettevõttes rakendatud majanduslik mõju, mis on tingitud hoolduskulude (terviklikumalt käitluskulude) vähenemisest. Kolmas komponent on ettevõtluses saavutatud majanduslik mõju, mis on seotud veeremi kasutusea pikenemisega.

Autor jõudis uurimustulemustega järelduseni, et Eestis tuleks kasutusele võtta gabariidivärvad, vagunikaalud ning automatiseeritud vagunite rataste geomeetriliste parameetrite diagnostikaseadmeid. Üldalmainitud seadmete rakendamisega tuleb alustada piirjaamadest (Narva, Koidula ja Valga) ning lisaks on ettevõtte aspektist kasumlik paigaldada need Lagedi jaama. Vagunite automaatkontrolli süsteemide rakendamine võimaldab parandada raudteeohutust Eestis. Lisaks võimaldab

automaatsete süsteemide kasutuselevõtt hoida ettevõttel AS Operail kokku aastas hinnanguliselt kuni 1 047 176 eurot käitluskulusid.

Antud uurimus on edaspidise detailse tasuvusanalüüsi aspektist ettevalmistav eeluuring - tasuvusanalüüsi teostamiseks on vaja hinnata täpne tehnoloogia vajadus seadmete näol valitud jaamadesse, mille kasutusele võtmine on jätkusuutlik ning tagab võimaluse edaspidiseks süsteemide integreerimiseks nii ettevõtte AS Operail siseselt kui ka SRÜ ja Balti riikide Raudtee nõukogu andmebaasidega. See näeb ette, et ettevõtte peab koostama oma protsesside (kõik protsessid mida on lähitulevikus otstarbekas digitaliseerida ja automatiseerida) tervikliku digitaliseerimise kava.

Saadud uurimistulemused on olulised ettevõtte AS Operail sest läbi enda jätkusuutliku muutmise parandatakse ohutust ning hoitakse kokku käitluskuludelt. Töös on toodud välja hinnangulised arvutused, mida võib kasutada järgnevate uurimuste ja analüüside sisendiks. Pakutud lahenduse kasutuselevõtu puhul ning selle korraliku toimimise korral on võimalik süsteemi arendada edaspidi, seda digitaliseerides ning automatiseerides.

SUMMARY

Even though rail transport is one of the safest modes of transportation, potential rail accidents have serious consequences. According to Eurostat statistics, the average number of death cases in rail transport is one per 6.41 billion passenger-kilometres. According to the same statistics, air transport is the safest (9.90 billion passenger-kilometres per one death case) and motorized two-wheelers are the most dangerous mode of transportation (0.02 billion passenger-kilometres per one death case).

The safety aspect is closely connected to rolling stock, as rolling stock running on the railway infrastructure must be in good technical condition. Given that technically unserviceable rolling stock can cause accidents with severe consequences, it is crucial to support regular maintenance of rolling stock, i.e. operations to maintain the reliability and usability of rolling stock. Many countries in Europe and the CIS (Commonwealth of Independent States) have already introduced various automated solutions today, which help to increase safety by reducing the human factor as well as reducing operational costs. Operational costs here mean the employee's salary fund, additional bonuses for the evening and night shifts, direct training costs, as well as the cost of tools and work clothes.

The focus of this work is on the company's cognitive problem that a current train maintenance process is not efficient or sustainable, given existing conditions. Efficiency is the difference between the results achieved and the resources used. Operail Ltd performs technical maintenance of trains in Estonia. The company is certified in wagon management, which means a conditional code assignation according to the guide СЖА 1001 «Условные коды предприятий» and meeting all the requirements listed in the operational rules set by Eesti Raudtee Ltd. The organization of the train maintenance process today stipulates that train maintenance is carried out by wagon inspectors. Most of the data related aspects of this process takes place on paper, which means that the impact of the human factor is high, and the overall time of the maintenance process is too long. Sustainability focuses on meeting current needs without compromising the ability of future generations to meet those needs. Decreasing freight volumes are having the same effect on the workload of wagon inspectors and, consequently, on the effectiveness of the technical maintenance process.

This study aims to increase the sustainability of the wagon maintenance process and to assess the impact of process automation on road safety. Thanks to the inclusion of automatic systems in the train maintenance process, the effect of the human factor will

be reduced, which means that issues are less likely to be ignored. Based on the above, the main research questions of the study are:

1. Which effective automated wagon maintenance solutions are available today?
2. Which automated solutions for wagon maintenance are relevant to introduce in Estonia?
3. How is it reasonable to implement automated solutions for wagon maintenance in Estonia?

During the study, the author of the thesis concluded that clearance gates, wagon scales, and automated diagnostic equipment for controlling geometrical parameters of wagon wheels should be introduced in Estonia. The implementation of the systems mentioned above should start at the stations next to the state's border, and it would also be beneficial to install them at the Lagedi station. The implementation of automatic wagon control systems would enable to improve railway safety in Estonia. Besides, the application of automated systems would enable Operail Ltd to save up to 1 047 176 euros in handling costs per year.

The obtained research results are essential for the Operail Ltd because through supporting these changes, safety will be improved, and operational costs will be saved. The document presents estimated calculations that can be used as input for future analyzes. With the implementation of the proposed solution and its proper functioning, it is possible to further develop the system by digitizing and automating the data exchange between the implemented systems and databases.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] European Commission, „Eurostat,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat>. [Kasutatud 23. 05. 2020].
- [2] Riigikontroll, Tulemusauditi teooria ja praktika käsiraamat, Tallinn: AS Pakett, 2001.
- [3] МПС Российской Федерации, „Положение об аттестации пунктов технического обслуживания вагонов,” 1999.
- [4] S. Rajak ja S. Vinodh, „Application of fuzzy logic for social sustainability performance evaluation: a case study of an Indian automotive component manufacturing organization,” *Journal of Cleaner Production*, kd. 108, pp. 1184-1192, 2015.
- [5] B. Ojamaa, „Sadamate kaubamaht suurenes, raudteel vähenes,” Statistikaamet, 2020.
- [6] Дирекция Совета по железнодорожному транспорту государств - участников Содружества, „Совет по железнодорожному транспорту государств - участников Содружества,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.sovetgt.org/>. [Kasutatud 27 04 2020].
- [7] N. Johansson, E. Roth ja W. Reim, „Smart and Sustainable eMaintenance: Capabilities for Digitalization of Maintenance,” *Sustainable Product Lifecycle: The Role of ICT*, kd. 11, nr 13, pp. 1-19, 2019.
- [8] „i-SCOOP,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.i-scoop.eu/digital-transformation/digitization-digitalization-digital-transformation-disruption/>. [Kasutatud 21. 05. 2020].
- [9] „WhatIs.com,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://whatis.techtarget.com/definition/digitization>. [Kasutatud 20 05. 2020].
- [10] „Your Dictionary,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.yourdictionary.com/automatization>. [Kasutatud 19. 05. 2020].
- [11] A. B. Villalba, „How to speed up digitization in the railway,” *IEEE Electrification Magazine*, kd. 8, nr 1, pp. 75-76, 2020.
- [12] A. B. Евграфов ja O. A. Зарщикова, „Техническое состояние железнодорожного транспорта для обеспечения безопасности движения поездов,” *Доклады ТСХА*, kd. 290, nr 1, pp. 287-288, 2018.

- [13] Z. Spijunovic, R. Mirkovic, Z. Nesic, M. Radojicic ja J. V. Vasovic, „Automatization of obtaining information at inspection of technical safety of railway vehicles,” *International Journal for Quality research*, kd. 7, pp. 315-324, 2013.
- [14] M. M. Chatzimichailidou, A. Martinetti, A. Majumdar, L. A. v. Dongen ja W. Y. Ochieng, „Wheel maintenance in rolling stock: safety challenges in the defect detection process,” *System of Systems Engineering*, kd. 8, nr 4, pp. 387-297, 2018.
- [15] L. Liu, F. Zhou ja Y. He, „Vision-based fault inspection of small mechanical components for train safety,” *IET Intelligent Transport Systems*, kd. 10, nr 2, pp. 130-139, 2016.
- [16] Eurostati, ITFi ja ÜRO Euroopa Majanduskomisjoni sekretariaatidevaheline transpordistatistika töörühm, „Transpordistatistika sõnastik,” 09. 2011. [Võrgumaterjal]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/coded_files/transport_glossary_4_ed_ET.pdf. [Kasutatud 01 05 2020].
- [17] В. Ю. БАСКАЛ, „Организация текущего отцепочного ремонта вагонов,” *Транспортная инфраструктура Сибирского региона*, kd. 2, pp. 357-362, 2016.
- [18] „СЦБИСТ,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://scbist.com/>. [Kasutatud 03. 05. 2020].
- [19] Совет по железнодорожному транспорту государств - участников Содружества, Инструкция по техническому обслуживанию вагонов в эксплуатации, 2010.
- [20] AS Operail, „Veoeeskiri,” Tallinn, 2018.
- [21] V. Smõslov, „Narva piirjaama gabariidivärvad,” Tallinn, 2019.
- [22] Т. М., „Инновационные технологии коммерческого осмотра поездов и вагонов,” *Proceedings of Petersburg Transport University*, pp. 130-138, 2019.
- [23] MRT Vagi, 2011. [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mrtvagi.com.mk/en/truck_scales_dr_dr_dynamic_railway_wagon_scale.php#. [Kasutatud 02. 05. 2020].
- [24] AGRO PROFF SIA, 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <http://kaltes.lv/en/scales/rail-weighbridge/>. [Kasutatud 01. 05. 2020].
- [25] В. В. Бурченков ja О. В. Холодилов, „Техническая диагностика состояния подвижного состава и перспективы ее развития в Западной Европе и США,” *Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт*, kd. 34, nr 1, pp. 5-9, 2017.

- [26] Beena Vision, [Võrgumaterjal]. Available: <https://beenavision.com/>. [Kasutatud 23. 05. 2020].
- [27] HEGENSCHIEDT-MFD GmbH, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hegenschiedt-mfd.com/>. [Kasutatud 23. 05. 2020].
- [28] Talgo Group, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.talgo.com/en/maintenance-equipment/>. [Kasutatud 20. 05. 2020].
- [29] Сибирский центр транспортных технологий, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.labracon.ru>. [Kasutatud 02. 05. 2020].
- [30] „ООО "2050-Интегратор",“ 18 september 2018. [Võrgumaterjal]. Available: https://2050-integrator.com/about/news/innotrans_2018/.
- [31] Institute for Cosmic Ray Research University of Tikyo (ICRR) , „Annual Report (april 2014 - march 2015),“ Kashiwa, 2015.
- [32] „UIC e-News,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://uic.org/com/uic-e-news/>. [Kasutatud 05. 04. 2020].
- [33] ARUP, „Future of Rail 2050,“ 2019.
- [34] Russian Federation Mintrans, „Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации,“ 01 02 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293802/4293802679.htm>. [Kasutatud 02 04 2020].
- [35] АО «АЛЬФА-ПРИБОР», [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.alfa-pribor.ru/products/automated-inspection-system/asko-pv/>. [Kasutatud 26. 04. 2020].
- [36] Я. П. Беседовала, „Оптимизация техобслуживания поездов на Лужской сэкономит около 70 млн руб,“ Гудок, 2015.
- [37] Eesti Raudtee, „AS EESTI RAUDTEE TEGEVUSEESKIRI,“ 2017.
- [38] AS Operail, [Võrgumaterjal]. Available: <https://operail.com>. [Kasutatud 29. 03. 2020].
- [39] AS Operail, „Logistika ja Transiidi Assotsiatsioon,“ 08. 04. 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transit.ee/operail-votab-kasutusele-uusima-kaubaveo-infosusteemi>. [Kasutatud 13. 05. 2020].
- [40] Riigikogu, „Raudteeseadus,“ 30. 11. 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/129112019003?leiaKehtiv>. [Kasutatud 25. 04. 2020].

- [41] ООО компания «ПромПутьСнабжение, [Võrgumaterjal]. Available: <https://promputsnaab.ru/poleznoe/295-zheleznodorozhnye-tormoznye-bashmaki-ves-razmery-i-foto-ustrojstva-na-zhd.html>. [Kasutatud 25. 04. 2020].
- [42] ООО «МОСПРОМЗНАК», [Võrgumaterjal]. Available: <http://mpz-group.ru/product/hvost-gruzovogo-poezda/>. [Kasutatud 26. 04. 2020].
- [43] Совет по железнодорожному транспорту государств-участников Содружеств, „Правила эксплуатации и пономерного учета собственных грузовых вагонов),“ 2018.
- [44] Southern Technologies Corporation, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.southern-tech.com/images/uploads/product_documents/Frauscher_Wheel-Sensor-RSR110.pdf. [Kasutatud 04. 05. 2020].
- [45] Weighwell Engineering Ltd, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.weighwell.com/>. [Kasutatud 04. 05. 2020].
- [46] I. Taaksalu, Interviewee, *Vagunite automaatkontrolli kasutuselevõtt Eestis. Mis see meile annaks?*. [Intervjuu]. 07. 05. 2020.
- [47] Ю. Лапыгин ja Н. Прохорова, Управление затратами на предприятии. Планирование и прогнозирование, анализ и минимизация затрат, ЭКСМО, 2017.
- [48] J. Suursoo, *Transpordisüsteemide logistika ja ekspedeerimine*, Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool , 2010.
- [49] C. Macharis, E. V. Hoeck, E. Pekin ja T. Lier, „A decision analysis framework for intermodal transport: Comparing fuel price increases and the internalisation of external costs,“ *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, kd. 44, nr 7, pp. 550-561, 2010.
- [50] I. Khodachek, „Does regional context matter? A comparative study of two Russian regions implementing budget reforms,“ *Barents studies: Governance in the High North: Rhetoric and reality in the Barents region* , kd. 6, nr 1, pp. 38-62, 2019.
- [51] Tartu Ülikool, „Sotsiaalse analüüsi meetodite ja metodoloogia õpibbaas,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://samm.ut.ee/etnograafiline-uurimus>. [Kasutatud 05. 05. 2020].
- [52] American Public University System, „Library,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://apus.libanswers.com/writing/faq/272074>. [Kasutatud 17. 05. 2020].
- [53] L.-M. Tooding, *Andmete analüüs ja tõlgendamine sotsiaalteadustes*, Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 2015.

- [54] C. Silver, J. Chen, J. Kagan, B. Woolsey ja T. Carey, „Investopedia,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/s/seasonality.asp>. [Kasutatud 18. 05. 2020].
- [55] Fuel Cycle, 22 08. 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://fuelcycle.com/blog/the-3-most-common-observation-research-methods/>. [Kasutatud 17. 05. 2020].
- [56] S. Virkus, 2016. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.tlu.ee/~sirvir/Intervjuu_vaatlus_ja_sisuanals/vaatlus_ja_selle_liigi_d.html. [Kasutatud 17. 05. 2020].
- [57] D. Doolan ja E. S. Froelicher, „Using an Existing Data Set to Answer New Research Questions: A Methodological Review,” *Research and theory for nursing practice*, kd. 23, nr 3, pp. 203-215, 2009.
- [58] P. Gill, K. Stewart, E. Treasure ja B. Chadwick, „Methods of data collection in qualitative research: interviews and focus groups,” *British Dental Journal volume*, kd. 204, pp. 291-295, 2008.
- [59] M. K. M., „Interview techniques in qualitative research: concerns and challenges,” *Qualitative nursing research*, pp. 187-201, 1991.
- [60] Eesti Keele Instituut, „[EKSS] "Eesti keele seletav sõnaraamat",” 2009. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eki.ee/dict/ekss/>. [Kasutatud 14. 05. 2020].
- [61] C. Wilson, Interview Techniques for UX Practitioners, 2014.
- [62] E. Kallaste ja A. Lang, „Kvalitatiivsete andmete kogumise ja analüüsimetodid”.
- [63] T. Meudt, J. Metternich ja E. Abele, „Value stream mapping 4.0: Holistic examination of value stream and information logistics in production,” *CIRP Annals*, kd. 66, nr 1, pp. 413-416, 2017.
- [64] T. Rohac ja M. Januska, „Value Stream Mapping Demonstration on Real Case Study,” *Procedia Engineering*, kd. 100, pp. 520-529, 2015.
- [65] R. V. McCarthy, M. M. McCarthy, W. Ceccucci ja L. Halawi, „What Do Descriptive Statistics Tell Us,” %1 *Applying Predictive Analytics*, Cham, Springer, 2019, pp. 57-87.
- [66] E. Mooi, M. Sarstedt ja I. Mooi-Reci, „Descriptive Statistics,” %1 *Market Research*, Singapore, Springer, 2017, pp. 95-152.
- [67] Eurachem, „Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods,” 2014.

- [68] N. Fernandes, „Economic Effects of Coronavirus Outbreak (COVID-19) on the World Economy,” p. 33, 23 03 2020.
- [69] Tehnilise Järelevalve Amet; Operation Lifesaver Estonia, Raudteeohutus, 2016.
- [70] T. Maly, M. Rumpler, H. Schweinzer ja A. Schoebel, „New development of an overall train inspection system for increased operational safety,” %1 *8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, Vienna, Austria, 2005.
- [71] [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.stena.ee/>. [Kasutatud 03. 05. 2020].
- [72] M. P. Johnston, „Secondary Data Analysis: A Method of which the Time Has Come,” *Qualitative and Quantitative Methods in Libraries*, kd. 3, nr 3, pp. 619-626, 2014.
- [73] „TechTerms,” Scarpened Production, [Võrgumaterjal]. Available: <https://techterms.com/definition/ict>. [Kasutatud 23. 05. 2020].
- [74] A. Yokoyama, „Innovative changes for maintenance of railway by using ICT-To Achieve “Smart Maintenance”,” *ScienceDirect*, kd. 38, pp. 24-29, 2015.
- [75] Teede- ja Sideminister, „Raudtee signalisatsioonijuhend,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/13017066/htmlisa/13017516>. [Kasutatud 24. 04. 2020].

LISAD

LISA 1 Teatis vaguni remondi kohta Vorm VU-23M

AS Eesti Raudtee

Jaam _____ rdt / ж.д.

Станция

Vorm VU-23M

Форма ВУ-23М

Kinnitatud / Утверждена в 1995

TEATIS / УВЕДОМЛЕНИЕ Nr

VAGUNI REMONDI KOHTA / НА РЕМОНТ ВАГОНА №

Omanik _____

Собственность

Saabus rongiga _____

Прибыл с поездом

rongi nr ja indeks / № и индекс поезда

Saabumise aeg _____ päev _____ kuu _____ tund _____ min _____

Время прибытия

число

месяц

час

мин

Avastatud kella _____ tund _____ min _____

Обнаружен

час

мин

Tee (park) _____

Путь (парк)

Laaditud, nõuab ümberlaadimist, tühi

Груженный, требуется перегруз, порожний

kood / код

Viinase plaanilise remondi liik, koht ja aeg _____

Вид, место и дата последнего планового ремонта

Ehituskoht ja -aeg _____

Место и год постройки

Rikke nimetus _____

Наименование

неисправностей

+
 +

kood / код

Nõutava remondi liik (tehnohooldus) _____

Вид требуемого ремонта

(технического обслуживания)

Kuhu anda vagun remondiks _____

Место подачи вагона

kood / код

Vaguniülevaataja allkiri _____

Подпись осматривщика вагонов

Teatis üle antud jaamakorraldajale _____

Уведомление вручено

дежурному по станции

kuupäev / число

kuu / месяц

tund / час

min / мин

Jaamakorraldaja allkiri / Подпись дежурного по станции

Andmed arvutisse sisestatud _____

Ввод данных в компьютер

“ “ _____ 200 a. / г.

Koostatalase järelvaataja poolt kaheks eksemplaris: 1. antakse jaamale; 2. - vagundepoole, TTP.

Vagunitele, mis antakse remonti veduridepoosse, teatis koostatalase kolmes eksemplaris.

Составляется в 2-х экземплярах: 1-й экз. вручается станции, 2-й экз. - вагонному делу (ПТО, ППВП, МВРП).

На вагоны, подаваемые для ремонта в локомотивное дело, составляется 3-й экз.

3001/4

Joonis L 1.0.1 Vorm VU-23M

Allikas: Ettevõtte sisene dokument

LISA 2 Teatis kaubavagunite vastuvõtu kohta jooksvast remondist Vorm VU-36M

AS Operail

Vorm VU-36M
Форма ВУ-36М

TEATIS №
Уведомление

kaubavagunite vastuvõtu kohta jooksvast remondist
о приёмке грузовых вагонов из текущего отцепочного ремонта

kuupäev
число _____ месяц _____ год _____ час _____ мин _____

ettevõtte/ettevõtte eraldi teede
предприятия, специально выделенный ремонтный путь

ettevõtte kood
код предприятия

Jrk nr № п/п	Vaguni number Номер вагона	Omaniku teetnimark Код собствен- ника	Remondi algus Начало ремонта				Märkus Примечание
			kuupäev число	kuu месяц	tund час	minut мин	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

Vagunid on remonditud vastavalt Jooksva mahahaakeremondi juhendile ja on tunnistatud kasutamiskõlblikuks.

Вагоны отремонтированы в соответствии с Руководством по текущему отцепочному ремонту и признаны годными к эксплуатации.

Allkirjad: Brigadir _____
Подписи Бригадир

Vanemmeister _____
Старший мастер

Teatis üle antud jaamakorraldajale: kuupäev _____ kuu _____ kellaaeg _____ : _____
Уведомление передано дежурному по станции:

Jaama teinpeel Jaamakorraldaja _____
Штормель станции Дежурный по станции

Arvutisse sisestatud: kuupäev _____ kuu _____ kellaaeg _____ : _____
Ввод в ЭВМ:

Joonis L 2.1 Vorm VU-36M

Allikas: Ettevõtte sisene dokument

LISA 3 Kaubavagunite tehniliseks teenindamiseks esitamise raamat Vorm VU-14

EESTI RAUDTEE
pidevas liikumises

VU-14

**KAUBAVAGUNITE TEHNILISEKS
TEENINDAMISEKS ESITAMISE
RAAMAT**

_____ jaam

Algus _____ 200 _____
Lõpp _____ 200 _____

Joonis L 3.1 Vorm VU-14 raamatu kaas
Allikas: Ettevõtte sisene dokument

[illegible]

Joonis L 3.0.2 Vorm VU-14 raamatu sisu
Allikas: Ettevõtte sisene dokument

LISA 4 Väljavõtted raudteeveeremi tehnohoolduse ja remondi eeskirjast

2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВАГОНОВ

2.1 Техническое обслуживание вагонов в транзитных поездах

2.1.1 Контроль технического состояния вагонов начинается в пути следования.

При наличии на перегоне аппаратуры КТСМ или других средств контроля технического состояния вагонов, осмотрщик получает от оператора ПТО, информацию о времени прибытия поезда, пути присма, данные о расположении в составе вагонов с греющимися буксами, или другими неисправностями. Конкретный порядок приема поездов на станцию с неисправными вагонами на станцию отражается в техническо-распорядительном акте станции и местной Инструкции.

Для обследования прибывающего поезда (встречи сходу) осмотрщики заблаговременно выходят к пути прибытия и размещаются в местах, установленных технологическим процессом работы ПТО. Осматривая вагоны движущегося поезда, осмотрщики по внешним признакам выявляют возможные неисправности на поверхностях катания колесных пар, в буксовых узлах, тележках, определяют не отпустившие тормоза отдельных вагонов, работу привода генератора. При обнаружении на ходу поезда неисправностей или их признаков, осмотрщик фиксирует данные вагоны.

Техническое обслуживание и ремонт грузовых и пассажирских вагонов производится в соответствии с технологическим процессом работы ПТО и графиком движения поездов.

2.1.2 После остановки поезда осмотрщик головной группы перед началом осмотра вагонов должен получить от локомотивной бригады, начальника (механика-бригадира) пассажирского поезда, начальника рефрижераторной секции информацию о работе тормозов и о замеченных в пути следования неисправностях вагонов.

Обобщенная информация доводится до работников соответствующих групп, принимающих участие в техническом обслуживании вагонов поезда. Перед осмотром и ремонтом вагонов состав ограждается в установленном порядке. Ремонтируют неисправные вагоны в поезде или с отцепкой в соответствии с порядком, установленным технологическим процессом, осмотрщики-ремонтники или слесари по ремонту подвижного состава.

На сортировочных и станциях формирования грузовых поездов (кроме транзитных поездов), на станциях разделяющих смежные гарантийные участки, на межгосударственных пунктах передачи вагонов, техническое обслуживание вагонов производится с пролазкой.

2.1.3 При обнаружении неисправностей осмотрщик наносит меловые надписи на кузовах вагонов, бортах платформ, котлах цистерн. После устранения неисправностей меловые пометки с кузовов вагонов удаляются, за исключением разметки, характеризующей работу буксовых узлов и состояние колесных пар. Качество технического обслуживания вагонов проверяет старший осмотрщик вагонов (руководитель смены) или мастер ПТО.

2.1.4 Ходовые части, тормозное оборудование, автосцепные устройства, рамы и кузова рефрижераторных вагонов осмотрщики контролируют так же, как и у грузовых вагонов. Электрооборудование пассажирских вагонов проверяется поездным электромехаником.

Техническое обслуживание транспортеров всех типов при подготовке к перевозкам и после выгрузки, а также в поездах на ПТО должно производиться в полном соответствии с требованиями Руководства по техническому обслуживанию транспортеров.

2.1.5 При обнаружении неисправностей, требующих отцепки вагонов, осмотрщик наносит меловую разметку, сообщает по телефону или радиосвязи оператору ПТО об объеме ремонта, выписывает в двух экземплярах уведомление формы ВУ-23М (ВУ-23) и передает дежурному по станции и оператору ПТО. Эту работу контролирует руководитель смены.

2.1.6 Осмотрщик, убедившись в окончании работ и отсутствии работников ремонтно-смотровой группы у вагонов, сообщает о результатах технического обслуживания оператору ПТО, а при его отсутствии дежурному по станции, для снятия сигналов ограждения состава.

2.1.7 Старший осмотрщик вагонов (руководитель смены), порядком, установленным технологическим процессом работы ПТО, подтверждает, росписью в книге формы ВУ-14, находящейся у дежурного по станции, готовность поезда к отправлению.

2.1.8 При отправлении поезда осмотрщик головной группы, производивший опробование тормозов, должен находиться на островке безопасности и осматривать движущиеся вагоны поезда, контролируя техническое состояние ходовых частей, тормозного оборудования и автосцепных устройств. Доклад, о результатах осмотра поезда и наличии сигнала ограждения на хвостовом вагоне, передаётся по имеющейся связи оператору ПТО, а при обнаружении неисправностей по радиосвязи машинисту локомотива через дежурного по станции для остановки поезда.

Техническое обслуживание грузовых вагонов на межгосударственных станциях передачи вагонов

2.1.9 Техническое обслуживание грузовых вагонов на межгосударственных передаточных станциях осуществляется в соответствии с разделами 2.1—2.3 настоящей инструкции.

2.1.10 Передача вагонов с путей одной железнодорожной администрации на железнодорожные пути другой осуществляется по передаточной поездной ведомости, установленной формы, и справки формы 204 — для железнодорожных администраций внедривших систему технического обслуживания и ремонта с учетом фактически выполненного объема работ. Количество экземпляров справки формы 204 должно соответствовать количеству экземпляров передаточной поездной ведомости.

2.1.11 Не принятые вагоны должны быть вычеркнуты из передаточной поездной ведомости с указанием причины неприема и возвращены на дорогу сдающей стороны в суточный срок по новой передаточной поездной ведомости с оформлением акта формы ИНУ-53 (Приложение 3), в количестве не менее 4-х экземпляров - по два для каждой стороны.

2.1.12 До начала осмотра вагонов поезда оператор ПТО принимающей стороны, а при отсутствии этой должности — дежурный по станции запрашивает в ИВЦ ЖА электронную справку 2731, содержащую сведения о комплектации ходовыми частями (колесными парами, боковыми рамами, надрессорными балками, по клеймам расположенным на полях, указанных в Приложении Е) вагонов принимающей стороны, находящихся в составе поезда, с учетом данных об их текущих отцепочных ремонтах на территории других железнодорожных администраций. При осмотре состава осмотрщик вагонов принимающей стороны сверяет данные справки 2731 с фактическими на предмет равноценности замены ходовых частей вагонов в соответствии с требованиями «Правил эксплуатации, пономерного учета и расчетов за пользование грузовыми вагонами собственности других государств».

2.2 Техническое обслуживание вагонов на сортировочных станциях

Парк прибытия

2.2.1 Встреча поездов, прибывающих на станцию, и осмотр вагонов выполняются в порядке, изложенном в разделе 2.1 настоящей Инструкции. В парке прибытия производится: снятие сигнальных дисков с хвостовых вагонов; выявление и разметка неисправных вагонов, требующих ремонта, в том числе и по показаниям приборов КТ-СМ или других средств контроля технического состояния вагонов; разметка и отбор исправных порожних вагонов под погрузку; устранение в вагонах неисправностей, не обеспечивающих их роспуск с горки; отпуск тормозов вагонов.

Информацию о выявленных неисправностях вагонов осмотрщик по радиосвязи передает оператору ПТО (номер пути, инвентарный номер вагона, сторону осматриваемой части состава, наименование ремонтных работ). При этом осмотрщик наносит четкие меловые надписи на вагонах, в соответствии с кратким наименованием работы в классификаторе.

Продолжительность технического обслуживания составов устанавливается технологическим процессом ПТО с учетом осмотра вагонов с пролазкой.

При техническом обслуживании и безотцепочном ремонте нефтебензиновых цистерн на ПТО должны соблюдаться меры пожарной безопасности. В случае обнаружения течи груза работники ПТО должны немедленно сообщить об этом дежурному по станции или маневровому диспетчеру. Дальнейшие действия должны выполняться в соответствии с требованиями технологического процесса работы станций.

При техническом обслуживании поездов (вагонов) с опасными грузами 1-го класса должны соблюдаться требования местной инструкции, регламентирующие порядок проведения технического обслуживания поездов с такими грузами.

Работы по обслуживанию и ремонту вагонов, загруженных грузами 1-го класса, сопровождаемых охраной или представителем грузоотправителя, производят только в присутствии сопровождающих.

При невозможности следования в составе поезда из-за неисправности вагона с опасным грузом 1-го класса вагон отцепляют от поезда. Если неисправен один вагон в группе, то отцепляется вся группа вагонов и подается на путь для ремонта.

При обслуживании на ПТО цистерн, груженых опасными грузами и имеющих соответствующие знаки и надписи, особое внимание необходимо уделять исправности котла цистерны и его запорной арматуры.

На цистернах, предназначенных для перевозки сжиженных или растворимых под давлением газов, кислот, метанола, желтого фосфора, этиловой жидкости, устранять утечки газа или жидкости работникам ПТО запрещается. Устранение производится порядком, установленным национальным законодательством.

Парк формирования

2.2.2 В парке формирования осмотрщики по сохранности контролируют скорости соударений, выявляют вагоны, поврежденные при маневровой работе и роспуске с горки.

2.2.3 На каждый поврежденный вагон осмотрщик обязан составить акт формы ВУ-25М (ВУ-25) и выписать уведомление формы ВУ-23М (ВУ-23) с постановкой в правом верхнем углу буквы «П» (поврежден).

Парк отправления

2.2.4 При техническом обслуживании вагонов на ПТО с укрупненным ремонтом на специализированных путях в сформированных составах выполняются следующие работы:

— техническое обслуживание, выполняемое с пролазкой и устранением выявленных при этом неисправностей;

Allikas: [19]

- проверка действия механизмов автосцепок сжатого состава на саморасцеп;
- осмотр и ремонт тормозного оборудования, опробование тормозов.

2.2.5 При отсутствии на ПТО специализированных путей для укрупненного ремонта вагонов, ремонт производят в парке отправления. При этом выполняются следующие работы:

- осмотр с проверкой действия механизмов автосцепок сжатого состава на саморасцеп, устранение неисправностей по меловым разметкам, нанесенным осматривающими вагонов в парке прибытия, и выявленных при осмотре выставленного в парк отправления состава своего формирования, и приемка выполненного ремонта;
- контроль закрытия и закрепления грузополучателями (грузоотправителями) разгрузочных устройств вагонов, бункерных полувагонов, дверей, люков, бортов, переездных мостиков, бункеров и нижних крышек сливных приборов порожних вагонов;
- осмотр, ремонт и испытание тормозов, которые проводятся порядком установленным Правилами по эксплуатации тормозов подвижного состава железных дорог.

2.2.6 Если ПТО работает по технологии технического обслуживания вагонов с АСУ ПТО, ремонт вагонов в парке отправления производится по нарядам вычислительного центра станции на основании дефектной ведомости формы ВУ-22, составленной по результатам осмотра вагонов в парке прибытия и выявленных в парке отправления.

2.3 Техническое обслуживание вагонов на пунктах со сменой локомотива и перед затяжными спусками

2.3.1 Контроль технического состояния при встрече поезда «сходу» и при отправлении, техническое обслуживание и ремонт вагонов в поезде осуществляют за время, установленное технологическим процессом работы ПТО в соответствии с разделом 2.1 настоящей Инструкции.

2.3.2 На станциях, предшествующих перегонам с затяжными спусками крутизной 0,018 и более воздухораспределители в грузовых поездах необходимо включать на горный режим, а переключать на равнинный режим — после прохода поездом этих спусков в пунктах, установленных приказом руководителя подразделения железнодорожной администрации или владельца инфраструктуры. В поездах при наличии и исправном действии электрического тормоза на локомотиве с учетом местных условий на основании опытных поездок с разрешения железнодорожной администрации или владельца инфраструктуры, допускается использовать равнинный режим воздухораспределителей на затяжных спусках крутизной: с составом из груженых вагонов — до 0,020 включительно; с составом из порожних вагонов — до 0,025 включительно, а на спусках большей крутизны — по распоряжению владельца инфраструктуры.

На станциях, где остановка поезда предусмотрена графиком движения, перед затяжными спусками 0,018 и круче полное опробование производится с десятиминутной выдержкой в заторможенном состоянии. Перечень таких станций устанавливается местной инструкцией, утвержденной руководителем подразделения железнодорожной администрации или владельца инфраструктуры.

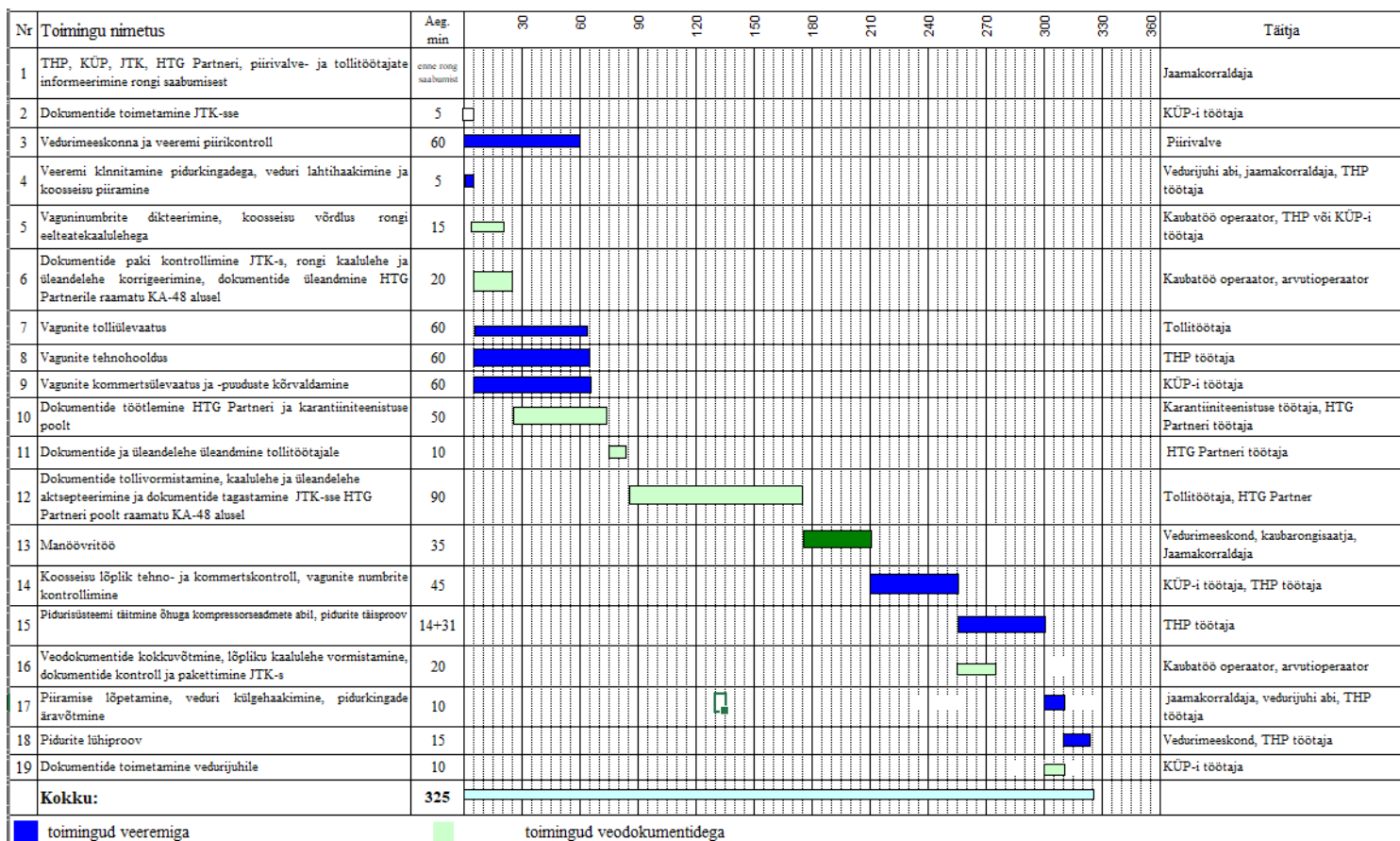
Время от начала отпуска при опробовании до отправления на затяжной спуск пассажирского поезда должно составлять не менее 2 мин, грузового поезда — не менее 4 мин.

2.3.3 По окончании технического обслуживания вагонов осматривщик сообщает оператору ПТО о технической готовности поезда с последующей росписью старшего осматривщика вагонов в книге формы ВУ-14. На станциях, где нет оператора ПТО, такое извещение передают дежурному по станции.

Joonis L 4.4 Väljavõte juhendist rongide tehnohoolduseks sorteerimisjaamades ja vagunite tehnohooldus punktides koos veduri vahetusega ja enne sorteerimismäest alla laskmist

Allikas: [19]

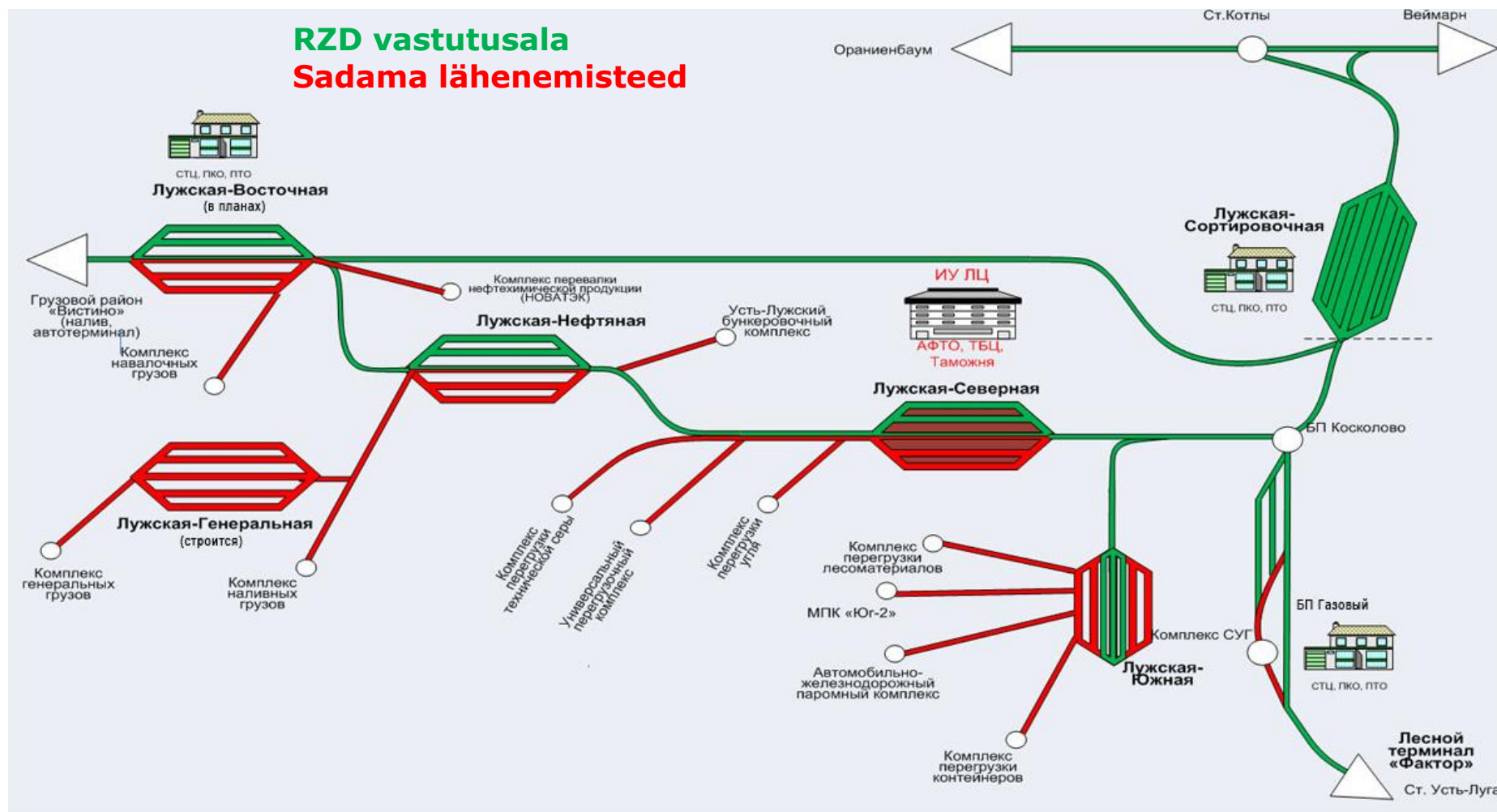
LISA 5 Rongide töötlemise graafik Koidula jaamas



Joonis L 5.1 Oktoobriraudteelt vastuvõetava rongi töötlemise graafik Koidula jaamas (töötlemisega)

Allikas: Ettevõtte sisene dokument

LISA 6 Ust-Luga sadamaraudtee skeem



Joonis L 6.1 Ust-Luga raudteesõlme jaamade (parkide) paigutuse skeem aastaks 2020

Allikas: [32]; autori kohandatud