

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
Infotehnoloogia teaduskond

Olga Guseva 192421IABM

**MONITOORINGUSÜSTEEMI LOOMINE  
VKG KAEVANDUSED OÜ-S KASUTATAVA  
TOOTMISTEHNIKA SEISUNDI  
JÄLGIMISEKS JA HINDAMISEKS**

Magistritöö

Juhendaja: Olga Ruban

PhD

Tallinn 2021

## **Autorideklaratsioon**

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Olga Guseva

10.05.2021

## **Annotatsioon**

Antud magistritöö teema on „Monitooringusüsteemi loomine VKG Kaevandused OÜ-s kasutatava tootmistehnika seisundi jälgimiseks ja hindamiseks“.

Magistritöö eesmärgiks on ettevõttes kasutatava tootmistehnika seisundi jälgimise ja hindamise monitooringusüsteemi loomine, mis aitaks remonditööde organiseerimisel, tehnika efektiivsuse hindamisel ja operatiivsete ning mõistlike juhtimisotsuste vastuvõtmisel.

Autor on loonud monitooringusüsteemi, mis koosneb erineva otstarbega analüütiliste lahenduste kompleksist ja kuvab tootmistehnikaga seotud kogu vajalikku informatsiooni, mis katab erinevate sihtrühmade vajadusi.

Autor näitab, et andmete süstematiseerimine ja mõistlik visualiseerimine suurendab informatsiooni tajumise efektiivsust ning tagab töötajatele ja juhtkonnale kõige tõhusama eesmärgi saavutamise, mida tõendavad monitooringusüsteemi kasutajate (antud juhul ettevõtte remondipersonal, tehnikaoperaatorid ja juhtkond) rahulolu uuringu tulemused. Monitooringusüsteem toob ettevõttele vaieldamatult kasu ja aitab igapäevases töös, millega on nõus rohkem kui 80% vastajatest. Süsteem aitab kaasa otsuste vastuvõtmisel, mille ajakulu vähenes keskmiselt ligi kaks korda, pärast monitooringusüsteemi kasutusele võtmist.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 63 leheküljel, 3 peatükki, 41 joonist, 4 tabelit.

## **Abstract**

### **The establishment of a monitoring system to track and evaluate the state of production machinery used at VKG Kaevandused OÜ**

The purpose of current master's thesis is to establish a monitoring system in order to track and evaluate the state of production machinery used in the mine VKG Kaevandused OÜ. The monitoring system is designed to assist in daily work maintenance, as well as to assess the effectiveness of the production machinery and to help in making prompt and meaningful decisions.

The Author has created a monitoring system that consists of several analytical applications of various purposes, which display the important enterprise data regarding the production machinery along with covering the needs of each engaged party.

Accordingly, the Author shows that data systematization together with its visualization in a meaningful way can improve the quality and speed of a perceptual information. Furthermore, it gives assurance that all employees and a management team achieve the set goal in the most effective way. This can be evidenced by the results of a survey showing the user's satisfaction (including maintenance team, operators and the management team). There were 80 percent of respondents, who agreed that the monitoring system brings the enterprise the undeniable advantages as well as assists in producing the daily work. Moreover, since the monitoring system was established into everyday usage, the decision-making time has been reduced by two times, which has significantly accelerated the current process.

Overall, the master's thesis is written in Estonian and contains 63 pages that consist of 3 chapters, including 41 figures and 4 tables.

## Lühendite ja mõistete sõnastik

VKG	Viru Keemia Grupp
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
EVS	Eesti Standardikeskus
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IFS	<i>Industrial and Financial Systems</i>
EAM	<i>Enterprise Asset Management</i>
RFID	<i>Radio Frequency IDentification</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
PL	<i>Procedural Language</i>
SSMS	<i>SQL Server Management Studio</i>
SSRS	<i>SQL Server Reporting Services</i>
QV	<i>QlikView</i>
ETL	<i>Extract-Transform-Load</i>
ODBC	<i>Open Database Connectivity</i>
TMS	Tehnika monitooringusüsteem

## Sisukord

Sissejuhatus .....	11
1 Üldtaust .....	14
1.1 Teoreetiline käsitlus .....	14
1.2 VKG Kaevandused OÜ varahalduse juhtimissüsteemi hetkeolukord, probleemid ja vajadused .....	16
1.3 Teemaga seotud kirjanduslikud allikad .....	19
2 Monitooringusüsteemi loomine .....	21
2.1 Kasutatud meetodika .....	21
2.2 Objekti kirjeldamine .....	24
2.2.1 Ettevõtte analüüsimise vajadused .....	24
2.2.2 Nõuded monitooringusüsteemi analüütilistele lahendustele .....	25
2.2.3 Andmed ja andmeallikad .....	26
2.3 Kasutatud vahendid .....	26
2.4 Töö protsess .....	28
2.4.1 Ettevalmistustööd .....	28
2.4.2 Tootmismasinate hetkeseisude monitooring .....	28
2.4.3 Tootmismasinate asukoha monitooring .....	32
2.4.4 Tootmismasinate asukoha ajalugu .....	33
2.4.5 Tootmismasinate remondi/ülevaatuse teostamise prioriteet .....	36
2.4.6 Tootmismasinate valmisolek .....	39
2.4.7 Tootmismasinate kättesaadavus .....	43
2.4.8 Tootmismasinate efektiivsuse hindamine, kulude analüüs ja mahakandmise prognoos .....	50

3 Analüüs ja järeldused .....	63
3.1 Tulemused.....	63
3.2 Probleemid ja lahendused .....	63
3.3 Kasutajate rahulolu hindamine .....	64
3.4 Edasised arendused .....	71
3.5 Järeldused .....	72
Kokkuvõte .....	73
Kasutatud kirjandus .....	74
Lisa 1 – Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks .....	76
Lisa 2 – Küsitlus monitooringusüsteemi kasutajate rahulolu hindamiseks .....	77

## Jooniste loetelu

Joonis 1. Ärijuhtimise põhilised protsessid.....	14
Joonis 2. Andmete visualiseerimise kavand.....	30
Joonis 3. Tootmismasinate seisude monitooring.....	31
Joonis 4. Hüpikvihje.....	32
Joonis 5. Andmete visualiseerimise kavand 2.....	32
Joonis 6. Tootmismasinate asukoha monitooring.....	33
Joonis 7. Aja vahemiku parameetrid.....	34
Joonis 8. Andmete visualiseerimise kavand 3.....	35
Joonis 9. Tootmismasinate asukoha ajalugu.....	36
Joonis 10. IFS Applications süsteemis loodud kohandatud väli.....	37
Joonis 11. Tootmismasinate remondi/ülevaatuseteostamise prioriteedi monitooring... 38	
Joonis 12. Andmete visualiseerimise kavand 4.....	41
Joonis 13. Tootmismasinate valmisoleku monitooring.....	42
Joonis 14. Analüütilise lahenduse andmete struktuur.....	43
Joonis 15. „VAHETUSED“ Excel faili struktuur.....	45
Joonis 16. Tehnika kättesaadavus (konkreetne päev).....	45
Joonis 17. Tehnika remondis (konkreetne päev).....	47
Joonis 18. Tehnika kättesaadavus (periood).....	48
Joonis 19. Analüütilise lahenduse andmete struktuur.....	50
Joonis 20. „PLANEERIMINE“ Excel faili struktuur.....	53
Joonis 21. Lehe päis.....	54
Joonis 22. Faktilised töötunnid masinapargil ja masinate efektiivsus.....	55
Joonis 23. Lehe päis.....	55



Joonis 24. Masinate erikulud ja kulutused. ....	55
Joonis 25. Lehe päis. ....	56
Joonis 26. Masinate efektiivsus ja kulutused vs töötunnid – trend.....	56
Joonis 27. Lehe päis. ....	56
Joonis 28. Masinapargi EU – trend.....	57
Joonis 29. Lehe päis. ....	57
Joonis 30. Põhivara soetusmaksumus vs remondikulud (TOOTMISMASINAD).....	58
Joonis 31. Remondikulude detailid.....	58
Joonis 32. Lehe päis. ....	59
Joonis 33. Mahakandmise prognoos. ....	60
Joonis 34. Diagramm 1. ....	66
Joonis 35. Diagramm 2. ....	66
Joonis 36. Diagramm 3. ....	67
Joonis 37. Diagramm 4. ....	68
Joonis 38. Diagramm 5. ....	68
Joonis 39. Diagramm 6. ....	69
Joonis 40. Diagramm 7. ....	69
Joonis 41. Diagramm 8. ....	70

## **Tabelite loetelu**

Tabel 1. Monitooringusüsteemi loomise peamised etapid.....	21
Tabel 2. Monitooringusüsteemi loomiseks vajalikud andmed ja andmeallikad.....	26
Tabel 3. SSMS ja SSRS kasutamise jaoks vajalike tarkvarade nimekiri hindadega. ....	27
Tabel 4. QV kasutamise jaoks komponentide ja litsentside hinnad. ....	28

## Sissejuhatus

Tänapäeval on paljudes suurtes ettevõtetes arendustegevus suunatud äriprotsesside optimeerimisele ja automatiseerimisele.

Ettevõtte äriprotsesside automatiseerimine laiemas tähenduses on tehnoloogiliste ja tarkade süsteemide loomine, mis vähendavad nii füüsilist kui ka intellektuaalset töövajadust, säästavad töötajate ja juhtide aega ning aitavad muuta rutiinsed ülesanded sujuvamateks tegevusteks.

Ettevõtte äriprotsesside juhtimine, nende optimeerimine ja automatiseerimine toimub sageli erinevate infosüsteemide juurutamise abiga, kuid sellega võivad siiski kaasneda mõned probleemid. Iga päev ettevõtted põrkavad kokku olemuselt ja sisult väga erinevate andmete tohutu hulgaga, kuid ainuüksi andmete olemasolu ei ole tihtipeale efektiivselt kasutatav teave, mis aitab ettevõttel langetada põhjendatud ja tõhusaid juhtimisotsuseid. Andmed moonduvad kasulikuks informatsiooniks alles pärast nende töötlemist ja teisendamist ning lihtsal ja arusaadaval visuaalsel kujul esitlemist, s.t. visualiseerimist. Hästi hoomatav andmete visualiseerimine suurendab informatsiooni tajumise efektiivsust.

Kaasaegsed infosüsteemid sisaldavad reeglina vahendeid andmete analüüsimiseks ja visualiseerimiseks, kuid tihti seda ei ole piisavalt, sest need ei kata kõiki analüüsi vajadusi, pole ühendatud teiste andmeallikatega ning ei hõlma kõikide sihtgruppide huve.

Täna päeval on Viru Keemia Grupp (VKG AS) üks suurimaid põlevkivi töötlevaid ettevõtteid maailmas. See „on erakapitalil põhinev Eesti suurtööstusettevõtte, mille peamised tegevusalad on põlevkivi kaevandamine, põlevkiviõli, soojus- ja elektrienergia koostootmine ning peenkeemia toodete valmistamine ja turustamine“ [1].

VKG AS-is on oluliseks eesmärgiks töötada välja protsess sissetulevate andmete muutmiseks kasulikuks infoks, et see suudaks ettevõtte konkurentsivõimet ja üldist tõhusust suurendada.

Kontsern koosneb hetkel üheksast erineva tegevusalaga tütarettevõtetest, kus kesksel kohal on VKG Kaevandused OÜ.

VKG Kaevandused OÜ-s põlevkivi kaevandamisel kasutatakse erineva otstarbega masinaid ja seadmeid, millede kasutamise efektiivsus ja kättesaadavus on kriitilise tähtsusega. Ettevõtte strateegiliseks eesmärgiks on seadmete efektiivne kasutamine ja nende efektiivsuse suurendamine, kus kvaliteetne remont ja õigeaegne hooldus mängivad väga olulist rolli. Samuti on tähtis õigeaegsete ning mõistlike juhtimisotsuste vastuvõtmine. Eesmärkide saavutamisel on kesksel kohal erinevat liiki informatsiooni kogumine ja andmete töötlemine tehnika kogu eluea jooksul. Eesmärkide saavutamise jaoks on suur vajadus informatsiooni kiire analüüsimise võimaluse ja andmete mõistliku visualiseerimise järele.

Lähtudes ülaltoodud ettevõtte eesmärkidest ja vajadustest on selle lõputöö eesmärgiks VKG Kaevandused OÜ-s kasutatava tootmistehnika seisundi jälgimise ja hindamise monitooringusüsteemi loomine.

Loodud süsteem peab aitama remonditeenistust tööde organiseerimisel, tehnika efektiivsuse hindamisel ja operatiivsete ning mõistlike juhtimisotsuste vastuvõtmisel.

Eesmärgi täitmiseks on lõputöö autor püstitanud järgnevad ülesanded:

1. Uurida ettevõttes kasutatava tehnika eluea jooksul kogutud andmete olemasolu ja allikaid.
2. Defineerida ettevõtte andmete analüüsi vajadusi.
3. Valida monitooringusüsteemi loomise meetodid ja vahendid.
4. Luua monitooringusüsteem.

Magistritöö esimeses peatükis käsitleb autor ärijuhtimisega seotud teoreetilisi aluseid ja seletab andmete analüüsimise ning andmete visuaalse esitlemise olulisust. Samuti tutvustab autor VKG Kaevandused OÜ remondi ja hoolduse protsessi juhtimist ning varahalduse juhtimissüsteemi hetkeolukorda, probleeme ja vajadusi. Lisaks käsitleb autor lõputööteemaga seotud kirjanduslikke allikaid.

Teises peatükis käsitleb autor töös kasutatavat meetodikat, teeb ettevõtte analüüsimise vajadustest ülevaate, defineerib nõudeid monitooringusüsteemile, andmeid, andmeallikaid ning põhjendab monitooringusüsteemi loomiseks kasutatavate vahendite valikut. Samuti

selles peatükis dokumenteerib autor monitooringusüsteemi loomise protsessi ja selle tulemust.

Viimases peatükis analüüsib autor loodud monitooringusüsteemi tulemusi, käsitleb töö käigus tekkinud probleeme ja selle lahendusi, esitab monitooringusüsteemi kasutajate (antud juhul ettevõtte remondipersonal, tehnikaoperaatorid ja juhtkond) tagasisidet (rahulolu küsitluse tulemused) ning teeb järeldusi.

Magistritöö tulemused on eelkõige mõeldud kasutamiseks VKG Kaevandused OÜ-le ja VKG AS-le.

Käesoleva töö suurim väljakutse oli luua süsteem, mis reaalselt ja tegelikult aitab kaasa inimeste töö tõhustamisele ja tagab õiged juhtimisotsused ning tooks ettevõtte tegevusele tervikuna kaasa suurimat kasu. Seepärast tänab lõputöö autor esmajoones VKG Kaevandused OÜ vanemmehaanikut Vadim Pivovarovi tekkinud küsimustele üksikasjalike selgituste, konsultatsioonide ja vastuste eest, kelle abita ei oleks antud lõputöö eesmärgiks olnud monitooringusüsteem valminud. Autor tänab VKG Kaevandused OÜ juhatuse liiget Margus Lokot tulemusliku koostöö eest. Töö autor tänab oma juhendajat Olga Rubani professionaalse abi eest töö lõppversiooni koostamisel.

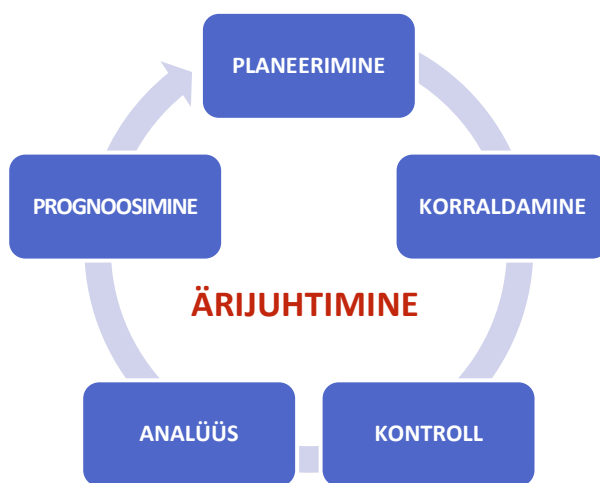
# 1 Üldtaust

## 1.1 Teoreetiline käsitlus

Efektiivne ärijuhtimine toimub pädeva planeerimise, strateegia ja ressursside haldamise kaudu. Kogu maailmas tunnustatud ja laialdaselt kasutusel olevas õpikus „Management. Michael H. Mescon; Michael Albert; Franklin Khedouri.“ ärijuhtimine on määratud nagu tegevus, mis on vajalik organisatsiooni eesmärkide sõnastamiseks ja saavutamiseks [2]. Üldistatult see on terve kompleks protsessidest, mis garanteerib ettevõttele efektiivsust ja tasuvust.

Toomas Lukk oma töös „Ettevõtte äriprotsesside efektiivsuse tõstmine kliendisuhete halduse lahenduse juurutamise abil“ tsiteerib M. Hammer ja J Champy („Reengineering the Corporation: A manifesto for Business Revolution“ raamatu autorid) ja Thomas H. Davenport (ameerika teadlane ja autor, kes on spetsialiseerunud analüütikas, äriprotsessides ja tehisintellektis) ning annab äriprotsessi mõistele kaks definitsiooni nagu „tegevuse kogumit, mis omavad mingit sisendit ja annavad väljundi, mis annab kliendile väärtust“ või „töötegevuse järjestus, millel on algus ja lõpp ning selgelt määratletud sisend ja väljund“. [3]

Tõhusa ärijuhtimise põhilisteks protsessideks on kõigepealt nõuetekohane ja mõistlik planeerimine, korraldamine, kontroll, analüüs ja prognoosimine.



Joonis 1. Ärijuhtimise põhilised protsessid.

Käesoleval ajal paljudel ettevõtetel on vajadus innovaatiliste vahendite ja meetodite rakendamisel oma äritegevuse korraldamiseks ja kontrollimiseks. Kõik ettevõtte üksused peavad olema teabe tasemel ühendatud, et reaalajas tõepäraselt informatsiooni omada ja kiireid ning õigeid otsuseid teha. Sel põhjusel on ettevõtetel erinevate äriinfosüsteemide järele suur huvi ja nõudlus. Näiteks üheks äriinfosüsteemide levinuimaks liigiks on ERP süsteem (Enterprise Resource Planning – ettevõtte ressurside juhtimine). See on kompleksne tarkvara, mis integreerib kõiki äriprotsesse ja funktsioone, et esitada tervikvaade ettevõtte ühest teabe- ja IT-arhitektuurist [4].

ERP süsteemid on iga organisatsiooni aluseks infohaldussüsteemide integreerimise osas [5].

Infosüsteemide kasutuselevõtmisel on vaieldamatud eelised, kuid sellega kaasneb probleem. Suured ettevõtted puutuvad kokku olemuselt ja sisult mitmekesiste andmete tohutu hulgaga. Peab aga mõistma, et andmete sisestamine ja salvestamine või üldiste andmete olemasolu iseenesest pole eriti väärtuslik. Andmetel on oluline tähendus ainult siis, kui nad on muundatud kasulikuks informatsiooniks. Äriteabe õigeaegne analüüs ja jälgimine on olulised, et tuvastada mittevastavused või häiringud ja reageerida neile koheselt.

Huvipakkuvatele andmetele kiireks ligipääsuks ja nende visuaalseks esitlemiseks on viimasel ajal väga populaarne Business Intelligence (BI) süsteemide integreerimine ettevõtte andmete analüüsimise protsessidesse. Uurimisartiklis „Social media analytics and business intelligence research: A systematic review“ autorid kirjeldavad BI nagu üldmõistet, mis hõlmab kvaliteetsete andmete või teadmiste hankimise, tõlgendamise, korrelatsiooni ja analüüsi kogu protsessi erinevates ärikontekstides [6]. Ärianalüüsi süsteem võimaldab spetsialistidel või ettevõtjatel oma äri paremini mõista ja strateegilisi otsuseid õigeaegselt langetada [6]. BI süsteemid võimaldavad teavet nii tagasiulatuvalt, kui ka reaalajas hinnata ja analüüsida ning ka prognoose koostada. BI süsteemide üheks tugevamaks küljeks on andmete visualiseerimise võimalused. Kvaliteetne andmete visualiseerimine on andmete analüüsimiseks ja nende põhjal otsuste tegemiseks kriitilise tähtsusega. Visualiseerimine võimaldab kiiresti ja hõlpsalt seoseid ning sõltuvusi märgata ja tõlgendada, samuti tuvastada tekkivaid trende, mis ei köidaks tähelepanu tabelina või tekstina. Läbimõeldud graafiline esitus sisaldab mitte ainult teavet, vaid suurendab ka

selle tajumise efektiivsust. Lisaks on BI süsteemid absoluutselt universaalsed ja neid on võimalik rakendada igasugustes tegevusalades.

Kokkuvõtteks, sõltuvalt eesmärkidest hõlmab ärijuhtimine palju erinevaid tegevusi kus on põhiliste portsessidena planeerimine, korraldamine, kontroll, analüüs ja prognoosimine. Andmed mängivad juhtimises väga olulist rolli, kuid nad on väärtuslikud ainult juhul, kui on muundatud kasulikuks informatsiooniks, mis on visuaalselt läbimõeldud ja näitlik. Eelnevalt hinnatud ja analüüsitud informatsiooni põhjal on võimalik teha edaspidiseks tasakaalukaid ja teadlikke juhtimisotsuseid.

## **1.2 VKG Kaevandused OÜ varahalduse juhtimissüsteemi hetkeolukord, probleemid ja vajadused**

VKG Kaevandused OÜ on VKG AS-i tütarettevõtte, põhitegevusalaks on põlevkivi kaevandamine. VKG Kaevandused OÜ on asutatud 2002. aastal.

2009. aastal VKG Kaevandused OÜ alustas kaevandamist Ojamaa allmaa kaeveväljal, mis paikneb Ida-Virumaal Mäetaguse ja Maidla valla territooriumil ning hõlmab pindalaliselt 22,4 km<sup>2</sup>. Alates avamisest on kaevandatud ala suuruseks umbes 9 km<sup>2</sup>.

Ettevõttes on töös ja ekspuaterimisel suur hulk erineva otstarbega tehnikat ja seadmeid, kus tootmismasinad on kriitilise tähtsusega.

Hetkel on Ojamaa kaevanduses kasutusel 158 mobiilset tootmistehnika ühikut.

92% ekspuateritavast mobiilsest masinapargist kasutatakse vahetult maa-aluse kaevandamise ja maa-aluste abitööde teostamiseks. 8% masinatest on hõivatud maapealsete tootmisoperatsioonide teostamisel.

Peamises põlevkivi kaevandamise protsessis kasutab Ojamaa kaevandus järgmisi tootmismasinade tüüpe, tehnoloogilise protsessi järjekorrale:

- lae toetusmasinad (maa-alustes kambrites lagede toestamine);
- algmurde puurmasinad (lõhkamise vabapinna puurimine);
- laenguaukude puurmasinad (lõhkeainelaengu puuraukude puurimine);
- kopplaadurveokid (kaevise ammutamine, vedu ja mahalaadimine);



- 6 m<sup>3</sup> kopamahuga kopplaadurid (kaevise teisaldus kamberplokkides ja läbindustes, samuti kambritevaheliste tervikute ehk tugipostide ja lagede puhastus peale lõhketöid);
- 9 m<sup>3</sup> kopamahuga kopplaadurid (kaevise teisaldus kamberplokkides);
- läbinduse puurmasinad (lõhkeainelaengu ja lae toestamise puuraukude puurimine läbinduses;
- kallurveokid (kaevisevedu ja mahalaadimine kraapkonveieritele).

Ettevõtte prioriteet on tootmisplaani täitmine ja seadmete maksimaalselt tõhus kasutamine. Tootmisplaani täitmiseks määratud erinevat tüüpi tehnika kogus, sõltuvalt tehnoloogilisest protsessist, peab olema kogu aeg kättesaadav. Tehnikat ekspuateritakse üsna suure koormusega (keskmiselt 16,5 tundi ööpäevas), mille jooksul tekivad rikked ja seadmete kulumine. Tootmismasinate kvaliteetne remont ja õigeaegne hooldus on võtmetähtsusega teguriks tehnika efektiivsuse tõstmisel.

Remondi ja hoolduse protsessi juhtimine on üks põhjanev osa varahalduse juhtimissüsteemis. Varahalduse juhtimine VKG Kaevandused OÜ-s põhineb Eesti standardil EVS ISO 55001 „Varahaldus – Juhtimissüsteemid – Nõuded“ (põhineb rahvusvahelisel standardil ISO 55001 „Asset management – Management systems – Requirements“), kus esitatakse „nõuded vara haldamiseks kasutatava juhtimissüsteemi ehk varahalduse juhtimissüsteemi sisseadmisele, elluviimisele, toimivana hoidmisele ja parendamisele“ [7]. Standardi rakendamine aitab ettevõttel saada läbimõeldud, selge ja toimiv varahalduse strateegia, mis viib organisatsiooni eduka toimimiseni.

Umbes 98% kogu tehnika remondi- ja hooldustöödest teostab VKG Kaevandused OÜ oma remondipersonali jõuga.

Remondi ja hoolduse protsessi juhtimises on teave iga seadme kohta ülioluline. Remonditeenistusele on vaja tehnika kohta pidevalt mitmesugust informatsiooni koguda ja analüüsida – tehnilised karakteristikud, rikete statistika ja ajalugu, rikete tekkimise põhjused, kulutused, tööaeg jne. Seetõttu on VKG Kaevandused OÜ-s remondi ja hoolduse juhtimises kesksel kohal tehnika kogu eluea jooksul tekkiva erinevat liiki informatsiooni kogumine.

Esialgu kasutas ettevõtte remondi ja hoolduse teabe kogumise vahendina Microsoft Excelit, kuid see programm ei suutnud rahuldada kõiki remondipersonali ja juhtkonna infovajadusi ning sellest tulenevalt oli vajadus parema lahenduse järgi.

Alates 2015. aastast kasutab ettevõtte IFS Applications ERP-süsteemi EAM-lahendust (Enterprise Asset Management). IFS Applications on tõhusaks äritegevuseks mõeldud komponendipõhine kohandatav tarkvara, mis tagab põhivara haldamist (EAM), ettevõtte ressursside juhtimist (ERP) ning projekti ja tarneahela juhtimist. IFS Applications-i EAM-lahendus toetab kogu hooldusprotsessi, sealhulgas remonti, hooldust ja elutsükli haldamist [8].

VKG Kaevandused OÜ kasutab IFS Applications peamiselt järgmistel eesmärkidel:

- seadmete andmebaas;
- defektide (rikete), avarii- ja plaaniliste tööde fikseerimine ja arvestus;
- remondi/hooldustööde staatuse fikseerimine ja arvestus;
- remondi/hooldustööde kestuse fikseerimine ja arvestus;
- remondi/hooldustööde tööjõukulude arvestus;
- remondi/hooldustööde materiaalsete kulude arvestus;
- lihtne analüütika.

2018. aastal VKG Kaevandused OÜ võttis kasutusele RFID (Radio Frequency IDentification) süsteemi, mis võimaldab reaajas jälgida tootmismasinate asukohta kaevanduses. Vaatamata sellele, et tänapäeva maailmas kasutatakse navigatsioonisüsteemi võimalusi tootmistehnika tööprotsesside jälgimiseks, siis seda ei ole võimalik kasutada allmaa kaevanduses, mis on tingitud raadiosageduste neeldumisest põlevkivi tulptervikutes. RFID süsteemi abil tootmismasinate fikseerimine (sisenemine/väljumine) toimub maa all kõikides kamberplokkides ja remondigaraažides või muudes olulistest asukohtades.

Võiks arvata, et kasutades neid kahte süsteemi (RFID ja IFS Applications) omab ettevõtte kogu vajalikku informatsiooni remondi ja hoolduse protsessi tõhusaks juhtimiseks, kuid nagu näitas kogemus, siis ainuüksi erineva teabe hulk ja kättesaadavus ei pruugi osutada piisavalt hoomatavalt informatiivseks. Vajaliku info operatiivne otsing erinevatest allikatest on remondipersonali jaoks probleemne, mis vähendab olukorra hindamise kiirust ja pikendab tehnika remondis olemise aega. See asjaolu mõjutab otseselt

tootmisetehnika puhast tööaega ja seega ka tootmisplaani täitmist. Lisaks on erinevatest andmeallikatest andmete omavaheline sidumine ja analüüs liigselt töömahukas ja keeruline protsess, mis raskendab tervikpildi nägemist. Ilma selge ja üksikasjaliku ning kompaktselt informatsioonita on juhtkonnal raske võtta vastu otsuseid paremaks planeerimiseks, juhtimiseks ja otsustamiseks.

Ülaltpoolt lähtudes järeldub, et protsesside, nii remondi kui ka juhtimise, tõhusamaks haldamiseks on ettevõttel kriitiline vajadus andmete süstematiseerimiseks ning nende esitlemiseks kujul, mis tagaks töötajatele ja juhtkonnale kõige efektiivsema eesmärgi saavutamise võimaluse.

Seoses ülaltoodud olukorra kirjeldusega võttis autor vastu otsuse luua monitooringusüsteem ettevõttes kasutatava tootmistehnika seisundi jälgimiseks ja hindamiseks, mis aitaks remonditeenistust töö organiseerimisel, tehnika efektiivsuse hindamisel ja operatiivsete ning mõistlike juhtimisotsuste tegemisel.

### **1.3 Teemaga seotud kirjanduslikud allikad**

Jyotirmoy Patgiri oma töös „Suurandmete analüütika kasutamine avalikus sektoris: võimalused ja väljakutsed“ on teinud uuringud suurandmete analüüsi tähtsusest ja mõjust ühiskonnas, eriti avalikus sektoris. Töö peamiseks mõtteks on veenda kogu maailma avaliku sektori organisatsioone kasutama suurandmete analüüsi. Jyotirmoy Patgiri rõhutab, et andmete analüüs võimaldab salvestatud teabest õppida, grupeerida, uurida seoseid ja prognoosida. Samuti tõstab ta esile, et andmete analüüsi üheks olulisemaks väärtuseks on otsuste tegemine. [9]

Tashi Dolma töös „Graphical user interface development for production monitoring system“ kirjeldas tootmise monitooringusüsteemi graafilise kasutajaliidese (GUI – graphical user interface) väljatöötamise kontseptsiooni. Tootmise monitooringusüsteemi peamiseks eesmärgiks on ettevõtetele reaalsajas täpsete ja sisukate andmete esitamine, mis võimaldab õigeaegselt reageerida sündmustele ja mõjutada tootmisprotsessi toimimist. Tashi Dolma järeldab oma töös, et tõhus tootmise monitooringusüsteem peab koosnema vähemalt viiest põhielemendist, mis on andmete kogumine ja analüüs, prognoosimine, salvestamine ja visualiseerimine, vastavate tulemuslikkuse võtmenäitajate (KPI – Key

Performance Indicator) valimine ning graafilise kasutajaliidese arendamine. Antud tööd saab kasutada juhendina tootmise monitooringusüsteemi loomisel. [10]

Aleksei Snatkin töös „Development and Optimisation of Production Monitoring System“ kirjeldab samuti monitooringusüsteemi loomise põhimõtet. Kavandatud kontseptsioon ja ennustatav mudel võimaldavad hinnata seadme (või tootmisliini) seisundit ja eksploateerimist, selle tootmisprotsesse ning järelejäänud eluiga. Töös soovitab autor kasutada kvalitatiivseid mõõtmisi ja KPI-sid seadme tootlikkuse, seisukorra ja kättesaadavuse näitamiseks. [11]

Sandrina Vilarinho, Isabel Lopes, Sérgio Sousa teadusartiklis „Design procedure to develop dashboards aimed at improving the performance of productive equipment and processes“ dokumenteerisid protseduuri informatiivse paneeli (ehk Dashboard, edaspidi infolaud) loomiseks. Selles töös on infolaua mõiste määratletud nagu visuaalne ja interaktiivne vahend, mis võimaldab teavet tõlgendada ja dekodeerida ning kuvab kõige olulisema teabe organisatsiooni eesmärkide saavutamiseks. Vahend võimaldab kasutajatel tuvastada ja uurida sekkumist vajavaid probleemseid alasid. Autorid toovad esile infolaua loomise protseduuri peamised etapid, mis on tootmispiirkonna diagnostika, infolaua nõuete uuring, infolaua malli defineerimine, vajalike ressursside kättesaadavuse tagamine ja realiseeritavus, infolaua hindamine ja parendamine. See protseduur on traditsioonilise tootearendusprotsessi kohandamine ja seda on võimalik erinevates valdkondades rakendada. [12]

## 2 Monitooringusüsteemi loomine

### 2.1 Kasutatud metoodika

Kasutatava metoodika valimisel olulisima osa moodustas töö esimese peatüki „Teemaga seotud kirjanduslikud allikad“ dokumenteerimine, kus autor on teinud teoreetilise käsitluse ja seotud kirjanduslike allikate ülevaate.

Tabelis 1 on esitatud uuritud artiklite autorite järelused, mis on monitooringusüsteemi või teise toote planeerimise ja kujundamise protsessi peamised etapid.

Tabel 1. Monitooringusüsteemi loomise peamised etapid.

<b>Autor</b>	Tashi Dolma	Aleksei Snatkin	Sandrina Vilarinho, Isabel Lopes, Sérgio Sousa
<b>Töö</b>	Graphical user interface development for production monitoring system”	Development and Optimisation of Production Monitoring System“	„Design procedure to develop dashboards aimed at improving the performance of productive equipment and processes“
<b>Peamised etapid</b>	Andmete kogumine ja analüüs; Proгноosimine; Visualiseerimine; KPI-de valimine; GUI arendamine	Andmete kogumine; Andmete analüüs ja prognoosimise mudeli loomine; Visualiseerimine;	Tootmispiirkonna diagnostika; Nõuete uuring; GUI malli defineerimine; Vajalike ressursside kättesaadavuse tagamine; Realiseeritavus; Tulemuste hindamine ja parendamine;

Tehtud uuringu alusel on autor koostanud enda jaoks kontseptsiooni, mis aitab sellele tööle püstitatud eesmärgi saavutamist:

1. vajaduste ja nõuete uuring;
2. vajalike andmete olemasolu ja andmeallikate kättesaadavuse defineerimine;
3. realiseerimise vahendite valimine;

4. andmetöötlus;
5. visualiseerimine;
6. tulemuste hindamine, parandamine ja parendamine.

### **Vajaduste ja nõuete uuring**

Selle töö kontekstis vajaduste ja nõuete uuring tähendab ettevõtte analüüsimise vajaduste välja selgitamist. Kvalitatiivsetes uuringutes on intervjuud üks laialt kasutatavatest teabe kogumismeetoditest. Intervjuud viiakse läbi fookus-gruppides või individuaalselt konkreetses protsessis osalevate isikutega. Intervjueeritavad valitakse nii, et nad oleksid selles protsessis pädevad [9]. Selles etapis toimub töö planeerimine ja ülesannete selgitamine ning täpsustamine.

### **Vajalike andmete olemasolu ja andmeallikate defineerimine**

Selles etapis toimub vajalikke andmete selgitamine ja kogumine ning andmeallikatega ühendamise viisi uurimine. Samuti on selles etapis vaja andmete kvaliteedile tähelepanu pöörata ja hinnata kas neid saab integreerida teiste andmeallikatega, kui tekib selline vajadus.

### **Realiseerimise vahendite valimine**

Realiseerimise vahendite valimine tähendab riist-, tarkvara ja teiste vahendite ning meetodite defineerimist, mis on vajalik püstitatud eesmärgi saavutamiseks.

### **Andmetöötlus**

Andmetöötlus hõlmab järgmisi protsesse:

- andmete väljavõtmist;
- erinevatest andmeallikatest, tabelitest, failidest andmete ühendamist;
- andmete puhastamist ja teisendamist;
- andmete tõlgendamist;
- andmete agregeerimist ehk grupeerimist, filtreerimist ja sorteerimist.

Üldiselt see on andmete ettevalmistus edasiseks analüüsi protsessiks.

## Visualiseerimine

Andmete visualiseerimine aitab muuta andmeid arusaadavaks, visuaalselt atraktiivseks ja kasulikuks äriteabeks. Visualiseerimise põhiidee on keeruliste andmete esitamine lihtsal viisil [10]. Andmete visualiseerimine pole lihtne protsess. Stephen R. Midway oma artiklis „Principles of Effective Data Visualization“ annab nõu: enne visualiseerimist on vaja teave prioriseerida, seda ette kujutada ja projekteerida [13]. Samuti on Steve Midway välja toodud mõistliku visualiseerimise kümme põhimõtet, mis on juhendiks nendele, kes püüavad oma visualiseerimise vilumust täiustada.

Monitooringusüsteemi arenduse ajal autor juhendus „agiilse“ ehk välearenduse (Agile Software Development) printsiipidest. Selle metodoloogia põhiideeks on arenduse jagamine etappideks, kus iga etapp koosneb planeerimisest, nõuete analüüsist, arendamisest, kujundamisest ja testimisest. Arendaja suhtlemine kliendiga toimub pidevalt terve protsessi jooksul. Iga etapi tulemust hinnatakse, testitakse ja parandatakse. Iga järgmine etapp toob eelmise etapiga võrreldes lisaväärtust. Antud metodoloogia detailne ülevaade on esitatud Julio Cesar Pereira ja Rosaria de F.S.M. Russo ühises artiklis „Design Thinking Integrated in Agile Software Development: A Systematic Literature Review“. [14]

Erinevate kirjanduslike allikate uurimine näitas, et ärianalüüsi protsessis ettevõtted kasutavad erinevaid tulemuslikkuse võtmenäitajaid ja/või juhtimismõõdikuid. KPI põhineb kindlal arvutuslikul väljal olemasolevate andmete alusel ja näitab ettevõtte hetkeolukorda. Arvestades seda aspekti autor juhendus Eesti standardist EVS-EN 15341 „Hooldus – Hoolduse võtmenäitajad“ (põhineb Euroopa standardil EN 15341 „Maintenance – Maintenance Key Performance Indicators“). „Selles dokumendis loetletakse hooldustegevuse peamised võtmenäitajad ja antakse juhiseid selleks, et määratleda sobivad näitajad, et hinnata ja parandada olemasolevate füüsiliste varade hooldamise efektiivsust, tõhusust ja jätkusuutlikkust kas tööstuse, infrastruktuuri, tugikeskkonna, tsiviilehitiste või transpordisüsteemide jne puhul väliste ning sisemiste mõjurite raamistikus“ [15].

## 2.2 Objekti kirjeldamine

### 2.2.1 Ettevõtte analüüsimise vajadused

Ettevõtte analüüsimise vajaduste ja nõuete uurimise käigus on selgitatud ja võetud arvesse erinevate sihtrühmade (remondipersonal, kesk- ja kõrgastmejuhid) allpool dokumenteeritud põhivajadusi.

On vajadus reaalajas jälgida tootmismasinade seisakuid, mis on seotud hoolduse- ja remondiga. On vaja reaalajas hinnata mitu erineva tüüpi tehnikat seisab, kui kaua iga konkreetne tehnika ühik seisab ja mis on seisaku põhjus.

On vajadus reaalajas jälgida tootmismasinade asukohta. On vaja reaalajas hinnata, kas tootmismasin asub konkreetsetes kamberplokis, remondigaraažis või on teel tootmisesse ja arvestada tehnika ühiku viibimise aega konkreetsetes kohas.

On vajadus reaalajas hinnata, mis konkreetse tüübi tehnika, mis ootab remonti või ülevaatus, peab kõigepealt valmis olema tööks.

On vajadus reaalajas hinnata remondigaraažis asuva iga konkreetse tehnika ühiku seis, kas see on remondis või ülevaatuses, kas ootab remonti või ülevaatus või on valmis tööks.

On vajadus hinnata missugust tüüpi tehnika oli kättesaadav konkreetsetes päevades või vahetuses ja kui tihti tekkis tehnika puudus perioodi jooksul, mis otseselt mõjutab tootmisplaani täitmist. Edaspidi see annab võimaluse aru saada, kas on vaja tehnikat juurde soetada ja/või on vajalik parendada remondi/hoolduse teostamise protsessi.

On vajadus hinnata masinapargi ja iga eraldi oleva tootmismasina efektiivsust. Efektiivsust mõjutavad töötatud töötunnid ja remondis viibitud aeg, valitud perioodi jooksul. Iga eraldi oleva tootmismasina efektiivsust on vaja võrrelda selle konkreetse eritüübilise masinagrupi efektiivsusega kogu masinapargist.

On vajadus hinnata tootmismasina remondi- ja hooldusega seotud kulusid. Need kulud võrreldakse tootmismasina soetusmaksumusega ja/või jääkväärtusega (sõltub ettevõtte strateegiast). Juhul kui remondi- ja hooldusega seotud kulud ületavad soetusmaksumust



või jääkväärtust, tuleb juhtkonnal otsustada, kas on mõistlik edaspidi tehnikat remontida või selle mahakandmine ning uue ostmise on otstarbekam.

On vajadus perioodiliselt hinnata tootmismasinate mahakandmise vajadust, mis edaspidi mõjutab investeeringute planeerimist. Mahakandmise otsus sõltub erinevatest teguritest, mida tihti on vaja koos hinnata. Mõnikord juhtub nii, et tehnika amortisatsiooni periood on juba möödas, aga selle efektiivsuse näitajad ületavad keskmist piiri. Või vastupidi, paar aasta töötanud seadmete kulutused ja remondis olemise aeg on ebamõistlikult suured. Selle alusel on ka võimalus analüüsida kasutatavate masinate amortisatsiooniperioodi pikkust.

Ülalpool dokumenteeritud vajadused on rühmitatud sõltuvalt otstarbest ja informatsiooni uuendamise kiiruse nõudest. Kokkuvõtteks, monitooringusüsteem peab koosnema erineva otstarbega analüütiliste lahenduste kompleksist:

1. Tootmismasinate hetkeseisude monitooring – reaajas;
2. Tootmismasinate asukoha monitooring – reaajas;
3. Tootmismasinate remondi/ülevaatuseteostamise prioriteet – reaajas;
4. Tootmismasinate valmisolek – reaajas;
5. Tootmismasinate kättesaadavus – tagasiulatavalt;
6. Tootmismasinate efektiivsuse hindamine, kulude analüüs ja mahakandmise prognoos – tagasiulatavalt;

### **2.2.2 Nõuded monitooringusüsteemi analüütilistele lahendustele**

- On kättesaadavad määratud kasutajatele.
- On kättesaadavad ööpäevaringselt.
- Kokkulepitud intervalliga uuendatavad andmed.
- Kuvavad vajalikku informatsiooni.
- On vajadusel edasi laiendatavad.
- Võimalusel realiseeritud vahenditega, mis on juba ettevõttel kasutusel (minimaalsete investeeringutega).

### 2.2.3 Andmed ja andmeallikad

Tabelis 2 on esitatud monitooringusüsteemi analüütilistele lahendustele vajalikud andmed ja andmeallikad.

Tabel 2. Monitooringusüsteemi loomiseks vajalikud andmed ja andmeallikad.

Andmed	Andmeallikas	Andmebaas	Ligipääs	Teenindus
Remondi- ja hooldustöödega seotud andmed	IFS Applications	Oracle	Täielik	VKG AS teeninduses
Toomismasinate asukohad	RFID süsteem	MySQL (kaugandmebaas)	piiratud	Teise/võõra ettevõtte teeninduses
Finants- ja laotehingud kuni a. 2021	BAAN ERP	IBM DB2	Täielik	VKG AS teeninduses
Finants- ja laotehingud peale a. 2021	Microsoft Dynamics 365 Business Central (Business Central)	SQL Azure (kaugandmebaas)	piiratud	Teise/võõra ettevõtte teeninduses

### 2.3 Kasutatud vahendid

Arvestades nõudeid analüütilistele lahendustele, erinevatest andmeallikatest andmete väljavõtmise vajadust ja monitooringusüsteemi minimaalsete investeeringutega realiseerimise nõuet, uuris autor tarkvarasid, mis on ettevõttes kasutusel ja defineeris allpool loetletud antud vahendid.

**SQL Server Management Studio (SSMS)** – see on integreeritud keskkond Microsoft SQL Server-i kõikide komponentide juhtimiseks ja administreerimiseks/haldamiseks. SSMS pakub ühte komplekstarkvara, mis ühendab graafilisi tööriistu ja skriptiredaktoreid, et pakkuda arendajatele ja andmebaasi administraatoritele juurdepääsu SQL Serverile [16]. SSMS abiga, kasutades Linked Servers-ite seadistamist, autor on saanud andmeid kaugserveritest (RFID süsteemist ja Business Central andmebaasist).

**SQL Server Reporting Services (SSRS)** – tööriistad aruannete loomiseks ja administreerimiseks/haldamiseks veebiliidese kaudu. SSRS on SSMS-i komponent [17]. Autor on kasutanud SSRS-i reaalajas uuendatavate analüütiliste lahenduste publitseerimiseks ja majutuseks.

**Report Builder** – pagineerimisega aruandlusetööriist. Report Builder on SSRS-i komponent [18]. Autor on kasutanud Report Builder-it reaalajas uuendatavate analüütiliste lahenduste loomiseks.

Tabelis 3 on esitatud SSMS-i ja SSRS-i kasutamise jaoks vajalike tarkvarade nimekiri koos hindadega. Hinnad on indikatiivsed, sest sõltuvad piirkonnast ja partnertasemest. Monitooringusüsteemi loomiseks kulusid pole.

Tabel 3. SSMS ja SSRS kasutamise jaoks vajalike tarkvarade nimekiri hindadega.

<b>Tarkvara</b>	<b>Litsentsimine</b>	<b>Hind</b>
<i>Windows Server 2019 Datacenter</i>	<i>Core based</i>	\$6155 [19]
<i>SQL Server Standard 2019</i>	<i>2 core pack</i>	\$1418/aastas [20]

**Oracle SQL Developer** – tasuta integreeritud arenduskeskkond SQL ja PL/SQL-keeltes, andmebaaside administreerimise võimalusega [21]. Autor on kasutanud Oracle SQL Developer-i Oracle andmebaasi ligipääsuks.

**QlikView (QV)** – analüütiline tarkvara kategooriast BI. Qlik on visuaalse analüüsi valdkonna liider. QV sisaldab võimsat ETL-i tööriista (Extract-Transform-Load), mis lubab sisseehitatud funktsioonide abiga andmeid filtreerida, ühendada ja keerukaid toiminguid teostada, et andmeid otse erinevatest andmeallikatest laadida. QV-rakendusi hostitakse QV-serveris ärikasutajatele, kes pääsevad neile juurde tavalise veebibrauseri või mobiilikliendi kaudu [22]. Autor on kasutanud QV-vahendeid tagasiulatuvalt uuendatavate analüütiliste lahenduste loomiseks ja publitseerimiseks/majutuseks.

Tabelis 4 on esitatud QV kasutamise jaoks vajalike komponentide ja litsentside hinnad. Hinnad on ligikaudsed, sest sõltuvad partnertasemest, pakkumisest ja muutuvad perioodiliselt. Monitooringusüsteemi loomiseks läheb ettevõtte kuludesse ainult litsentside maksumus.

Tabel 4. QV kasutamise jaoks komponentide ja litsentside hinnad.

<b>Litsentsimine</b>	<b>Hind</b>
<i>Small Business Edition Server (kuni 25 Named User License)</i>	~ €7000/server
<i>QlikView Publisher</i>	~ €20000/server
<i>Named User License</i>	~ €1100/litsents
<i>Document License</i>	~ €320/litsents

## 2.4 Töö protsess

### 2.4.1 Ettevalmistustööd

Enne analüütiliste lahenduste koostamise alustamist autor on teinud mõningaid ettevalmistustöid.

Selleks, et töötada SSMS, SSRS ja QV programmides on vajalik eelnevalt seadistada ODBC (Open Database Connectivity) ühendus serverites, millele nimetatud tarkvara on installeeritud. ODBC on protokoll ehk rakendusliides (Application Programming Interface – API), mida kasutatakse andmebaaside ühendamiseks väliste (kolmandate) andmeallikatega [23]. ODBC kujutab endast dünaamiliselt lingitavaid teeke kogumit (DLL – dynamic link library), mis tagab ühenduse ja töö konkreetse andmebaasi tüübiga. ODBC seadistamiseks on vajalik alla laadida tarkvarakomponent ehk draiver, mis on erinev sõltuvalt andmebaasi tüübist. Vajaliku draiveri ja ODBC seadistamise juhend on leitav näiteks Microsofti kodulehelt või mõne teise arendaja kodulehelt. Monitooringusüsteemi toimimiseks on seadistatud ODBC liidesed Oracle, MySQL, MS SQL ja IBM DB2 andmebaasidega.

Allpool on dokumenteeritud analüütiliste lahenduste koostamine SSRS-i ja Report Builder-i abiga.

### 2.4.2 Tootmismasinade hetkeseisude monitooring

Selle analüütilise lahenduse peamiseks ideeks on jälgida tootmismasinade seise, mis on seotud hoolduse- ja remondiga. Peab olema võimalus reaajas hinnata mitu erinevat tüüpi tehnikat seisab või on valmis tööks. Tehnika seiskumise puhul peab olema info seisaku kestuse ja põhjuse kohta. Lisaks sellele on tehtud otsus lisada info tehnika asukohast ja seal viibimise ajast.

Report Builder-i aruandemudeli loomiseks on vaja andmeallikaid (Data Sources) ja andmekogumid (Datasets) luua. Andmete lisamiseks SSRS-i aruannetesse on vaja andmeallika ühendusstringi (connection string) luua, mis sisaldab andmeallika tüüpi ja ühendusteavet. Ühenduse loomisel ei määrata, milliseid andmeid välisest andmeallikast välja võtta. Seda defineeritakse päringus andmekogumi loomisel. [24]

Analüütilise lahenduse koostamisel autor seadistas ühendused IFS Applications ja RFID süsteemidega ja lõi kaks andmekogumit: „Aktiivsed remondid“ (IFS Applications) ja „Tehnika asukoht“ (RFID).

„Aktiivsed remondid“ andmekogumi SQL päringu tulemusena on info järgmine:

- Tehnika ID (tehnika ühiku unikaalne tunnus);
- Tehnika kirjeldus;
- Tehnika tüüp;
- Töö ID (töö unikaalne tunnus);
- Töö kirjeldus;
- Töö algus;
- Töö kestus –  $(SYSDATE-TO\_DATE(Töö\ algus))*24$ ;
- Töö tüüp – hooldus või remont;
- Töö staatus – tehnika seisu juhul *Töö staatus=„STARTED“*.

„Tehnika asukoht“ andmekogumi SQL päringu tulemusena on info järgmine:

- Tehnika ID (tehnika ühiku unikaalne tunnus);
- Viimane sündmus – tehnika sisenemine või väljumine;
- Viimase sündmuse aeg – tehnika sisenemise või väljumise aeg;
- Asukoht – Kui tehnika viimaseks sündmuseks on sisenemine, siis kuhu tehnika sisenes. Kui tehnika viimaseks sündmuseks on väljumine, siis kust tehnika väljus;
- Aeg –  $CAST((GETDATE()-Viimase\ sündmuse\ aeg)\ as\ float)*24$ .

Andmekogumite loomisel autor arvestas, mis andmebaasi tüüp see on, kuivõrd sellest sõltub SQL päringu süntaks. Näiteks Oracle andmebaasi juhul praegune kuupäeva ja kellaaja funktsioon on *SYSDATE*, aga MySQL juhul on *GETDATE()*. Süntaksi eripära selgitamiseks autor kasutas ametlike Oracle ja MySQL veebilehti. [25][26]

Edasi tekkis autori ees ülesanne, kuidas paigutada kogu vajalik informatsioon ~60 tehnika ühiku kohta ekraanile võimalusega kiiresti hinnata iga tehnika tüübi seisukorda. Andmete visualiseerimine peab olema kompaktne, et ekraanile mahtuda, aga samal ajal piisavalt sisukas.

Lahenduseks autor otsustas kasutada tabelleid, kus andmed on igas tabelis filtreeritud sõltuvalt tehnika tüübist. Andmete visualiseerimise kavand on kajastatud joonisel 2, kus on:

- 📍 Tehnika sisenemine või väljumine + asukoht;
- 🕒 Viibimise aeg;
- 🔧 Remondis oleku aeg.



Joonis 2. Andmete visualiseerimise kavand.

Andmete ühendamiseks kahest sõltumatust andmekogumist kasutas autor *Lookup()* funktsiooni, mis võrdleb ühe andmekogumi andmeid teise andmekogumiga. Näiteks tehnika sisenemise või väljumise sündmuse visualiseerimiseks kujul →GR 1 ja KP 5→ autor rakendas väljendit:

```
=IIF(Lookup(Fields!MCH_ID.Value, Fields! MCH_ID.Value, Fields!EVENT.Value,
“Tehnika asukoht”)="out", Lookup(Fields!MCH_ID.Value, Fields! MCH_ID.Value,
Fields!LOCATION.Value, “Tehnika asukoht”) & ChrW(&H2192), ChrW(&H2192) &
Lookup(Fields!MCH_ID.Value, Fields!MCH_ID.Value, Fields!LOCATION.Value,
“Tehnika asukoht”))
```

kus →GR 1 – tehnika sisenes Garaaži nr. 1, aga KP 5→ – tehnika väljus Kamberplokist nr. 5.

Järgnevalt tekkis autori ees küsimus, kuidas ekraanil kuvatud informatsiooni kujundada kiiresti loetavaks ja hõlpsasti mõistetavaks.

Lahenduseks autor otsustas kasutada värve. Värvide kasutamine visualiseerimisel võib olla väga tõhusaks viisiks eristada olulisust. Värv kujutab informatsiooni otseselt ja ilmselgelt või kaudselt ja tajutavalt. Värvikombinatsioonid võivad tähendada erinevat

teavet. [13] Värv on oluline atribuut erinevates valdkondades. Näiteks mõjutavad tootevärvid sageli nende müüki. Samuti sobivate värvide kasutamine veebilehel on selle kasutamisel tajumise ja meeldivuse võtmeks. Teatud olukordade puhul on värvide kasutamine äärmiselt oluline, näiteks valgusfooride kasutamine liikluses. [27]

Värvide kasutamine ja valik on kooskõlastatud monitooringusüsteemi kasutajatega (antud juhul ettevõtte remondipersonali esindaja- ja juhtkonnaga). Värvide valik on teostatud lähtudes kasutajate loogikast:

- Remondis;
- Hoolduses;
- Valmis tööks/Töös;
- Garaažis;
- Kamberplokis;
- Teel.

Analüütilise lahenduse lõpptulemus on kajastatud joonisel 3.

Tootmismasinade seis					Masinate asukoht	Masinate asukoha ajalugu	Masinate remont/ülevaatus	Masinate valmisolek	09:42:05		
Algmurdemasin		📍	🕒	⌘	EE puurmasin		Kopplaadur maa-alune (tootmine)		Kallur maa-alune		
Nr204 GB, inv.728	→KP 18→	00t 10m		Nr224 M1L, inv.903	→GR 5	03t 22m	02t 53m	Nr218 ST1030, inv.857	→KP 1	02t 15m	
Nr215 GB, inv.862	→GR 5	94t 50m	30t 54m	Nr225 M1L, inv.904	→GR 5	97t 154m	954t 15m	Nr229 ST1530, inv.1036	→KP 9	04t 41m	
Nr220 GB, inv.883	→GR 5	286t 36m		Nr234 M1L, inv.1110	GR 2→	01t 08m		Nr230 ST1530, inv.1044	→GR 5	58t 56m	
Nr241 GB, inv.1231	→GR 2	06t 28m		Nr238 S1D, inv.1213	→KP 17	00t 46m		Nr236 ST1530, inv.1120	→KP 1	02t 24m	
Nr247 GB, inv.1273	→KP 18	04t 46m		Nr246 S1D, inv.1271	→GR 5	29t 11m	289t 06m	Nr239 EST1030, inv.1212	→GR 2	182t 35m	145t 16m
Nr2511 GB, inv.1294	→GR 5	06t 57m	06t 16m	Nr255 S1D, inv.1286	→KP 18	00t 54m		Nr240 ST1030, inv.1217	→KP 18	01t 53m	
Nr260 GB, inv.1430	→KP 9	00t 07m						Nr242 ST1530, inv.1235	→KP 9	04t 40m	
								Nr245 LH514, inv.1269	→GR 5	00t 57m	
								Nr248 ST1030, inv.1274	→GR 5	04t 53m	03t 38m
								Nr252 ST1030, inv.1280	→GR 5	03t 05m	02t 27m
								Nr253 ST1030, inv.1288	→KP 9	04t 34m	
								Nr254 ST1030, inv.1287	→GR 5	00t 57m	
								Nr258 LH514, inv.1328	→KP 1	00t 27m	
								Nr261 ST1030, inv.1450	GR 5→	00t 22m	
Lae toetusmasin		📍	🕒	⌘	Abikopplaadurid / Lahtitoetusmasinad		Kopplaadur maa-alune (lääbindus)		Puurmasin (lääbindus)		
Nr208 FA, inv.757	→KP 18	07t 59m	05t 44m	Nr11 SFL65, inv.30	GR 5→	00t 22m		Nr136 ST1030, inv.1112	GR 5→	00t 58m	
Nr209 FA, inv.758	→KP 9	00t 28m		Nr12 SFL65, inv.137	→GR 5	27t 144m	30t 55m	Nr137 ST1030, inv.1234	GR 5→	00t 51m	
Nr222 FA, inv.892	→KP 9	00t 28m		Nr205 ST1030, inv.689	→GR 5	04t 49m		Nr138 LH410, inv.1327	GR 5→	00t 42m	
Nr226 FA, inv.906	→GR 5	5459t 34m	5459t 08m	Nr212 SFL65, inv.808	GR 5→	00t 07m		Nr139 LH410, inv.1329	→GR 5	259t 30m	259t 04m
Nr227 FA, inv.915	→GR 5	18t 31m		Nr221 Roof Master, inv.882	→GR 2	03t 48m	01t 02m	Nr213 ST1030, inv.804	→GR 5	11t 14m	
Nr2351 FA, inv.1111	→GR 5	37t 34m	38t 30m	Nr223 Roof Master, inv.891	→KP 18	01t 17m					
Nr249 FA, inv.1285	GR 5→	00t 21m		Nr228 Roof Master, inv.908	→GR 2	03t 17m					
Nr256 FA, inv.1297	→GR 2	03t 58m									

Joonis 3. Tootmismasinade seisude monitooring.

Tootmismasinade seisude monitooringu informatsiooni uuendatakse automaatselt iga 180 sekundi järel. Analüütiline lahendus võimaldab operatiivselt ja täpselt hinnata:

- Iga tehnika tüübi olukorda;
- Mitu masinat asub remondis või hoolduses;

- Mitu masinat asub garaažis, kamberplokis või teel;
- Kui kaua iga tehnika ühik asub remondis või hoolduses;
- Tehnika seisaku põhjust – realiseeritud hüpikvihjena (Joonis 4);

Puurmasin (läbindus)			
(№32) PAUS, inv.490	→GR 32	23t 57m	25t 41m
(№33) PAUS, inv.679	GR 32→	01t 36m	
(№34) SANDVIK, inv.1197	→GR 5	428t 03m	417t 30m
(№35) Face Master, неисправность насоса		01t 38m	
(№36) Face Master, inv.1360	GR 2→	01t 39m	
(№37) Face Master, inv.1478	→GR 5	429t 01m	417t 26m

Joonis 4. Hüpikvihje.

- Kui kaua iga tehnika ühik asub garaažis, kamberplokis või teel.

Tootmismasinate seisude monitooring on hetkel juba ettevõttes kasutusele võetud.

### 2.4.3 Tootmismasinate asukohta monitooring

Selle analüütilise lahenduse peamiseks ideeks on jälgida tootmismasinate asukohta. Peab olema võimalus reaajas hinnata, mis tehnika asub konkreetses kamberplokis, remondigaraažis või on teel ja tehnika ühiku viibimise aega konkreetses kohas.

Analüütilise lahenduse realiseerimiseks võttis autor aluseks ülaltpoolt dokumenteeritud lahenduse. Selles lahenduses tekkis veel tõsisem probleem informatsiooni paigutamise ja mahutamise ekrani.

Lahenduseks kasutas autor samuti tabeleid, kus on andmed filtreeritud asukohta ja kohati tehnika tüübi järgi. Lisaks on tabelid jagatud aladeks. Visualiseerimise kavand on eelnevalt kasutajatega kooskõlastatud (Joonis 5).

Kamberplokis														
KP 1.01	⌚	✖	KP 5	⌚	✖	KP 7	⌚	✖	KP 9	⌚	✖	KP 17	⌚	✖
«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»
KP 2.01	⌚	✖	KP 16	⌚	✖	KP 18	⌚	✖	KP 20	⌚	✖	KP 22	⌚	✖
«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»
Garaažis														
Lae toetusmasin	⌚	✖	Algmurdemasin	⌚	✖	EE Puurmasin	⌚	✖	Kopplaader (Tootm.)	⌚	✖	Kallur maa-alune	⌚	✖
«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»
Lahti toetusmasin	⌚	✖	Puurmasin (läbindus)	⌚	✖	Abimasin	⌚	✖	Kopplaader (Läbind.)	⌚	✖			
«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»			
Teel														
«Expr»	⌚	✖	«Expr»	⌚	✖	«Expr»	⌚	✖	«Expr»	⌚	✖	«Expr»	⌚	✖
«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»	«Expr»

Joonis 5. Andmete visualiseerimise kavand 2.



Analüütilise lahenduse lõpptulemus on kajastatud joonisel 6.

Tootmismasinate asukoht				Masinate seis	Masinate asukoha ajalugu	Masinate remont/ülevaatus	Masinate valmisolek	15:10:24
<b>Kamberplokis</b>								
KP 1-01 (N242) ST1530 01:34m (N253) ST1030 01:54m KP 2-01	KP 5-01 (N218) ST1030 01:53m (N248) ST1030 00:07m	KP 7-01 (N215) GB 02:07m (N260) GB 02:13m	KP 9 (N213) ST1030 03:58m (N245) LH515 03:58m (N254) ST1030 03:42m	KP 17 (N240) ST1030 00:02m	KP 16 (N204) GB 03:55m (N220) GB 20:16m	KP 18 (N225) M1L 10:20:22m (N238) S1D 00:03m	KP 20 (N229) ST1530 02:24m (N236) ST1530 4:21:23m (N217) ST1030 14:00:49m (N258) LH514 00:26m (N230) ST1530 2:25:18m	KP 22 (N251) GB 01:49m
<b>Garaazis</b>								
Lae toetusmasin (N206) FA 00:16m (N227) FA 1:21:23m (N235) FA 00:12m (N256) FA 00:16m (N226) FA 5:51:03m (N222) FA 5:11:25m (N249) FA 24:08m (N209) FA 00:16m	Algurdemasin (N247) GB 04:09m (N241) GB 30:36m (N204) GB 03:55m (N220) GB 20:16m	EE Puurmasin (N246) S1D 34:51:39m (N255) S1D 00:32m (N234) M1L 0:7:44m (N224) M1L 0:9:07m (N225) M1L 10:20:22m (N238) S1D 00:03m	Kopplaader (Tootm.) (N261) ST1030 00:25m (N239) EST1030 2:36:04m (N252) ST1030 00:26m (N229) ST1530 02:24m (N236) ST1530 4:21:23m (N217) ST1030 14:00:49m (N258) LH514 00:26m (N230) ST1530 2:25:18m	Kallur maa-alune (N11) SCANIA 04:54m (N12) SCANIA 00:34m (N18) SCANIA 3:11:28m (N231) SCANIA 06:23m (N232) SCANIA 06:21m (N233) SCANIA 09:56m	Lahti toetusmasin (N221) Roof Master 5:71:16m (N223) Roof Master 0:11:47m (N228) Roof Master 0:01:41m	Puurmasin (labindus) (N131) PAUS 6:26:45m (N132) PAUS 7:7:05m (N134) SANDVIK 0:11:05m (N135) F MASTER 0:01:34m (N136) F MASTER 0:01:55m (N137) Faca Master 4:22:09m	Abimasin (N1243) Apollo 24:21m (N1257) dIECI APOLLO 4:08:16m (N1317) JCB 3CX 0:11:17m	Kopplaader (Labind.) (N136) ST1030 00:40m (N137) ST1030 00:35m (N138) LH410 00:13m (N139) LH410 3:12:58m
<b>Teel</b>								
GR 1 → (N103) SCANIA GR 1 → 0:7:01m (N16) SCANIA GR 1 → 0:6:47m (N17) SCANIA GR 1 → 0:6:58m (N19) SCANIA GR 1 → 0:6:59m (N28) SCANIA GR 1 → 0:4:00m	GR 5 → (N3) ORICA GR 2 → 0:11:50m (N10) ORICA GR 2 → 0:21:35m	GR 2, GR 32 → (N3) ORICA GR 2 → 0:11:50m (N10) ORICA GR 2 → 0:21:35m	KP → (N3) ORICA GR 2 → 0:11:50m (N10) ORICA GR 2 → 0:21:35m					

Joonis 6. Tootmismasinate asukoha monitooring.

Tootmismasinate asukoha monitooringu informatsiooni uuendatakse automaatselt iga 180 sekundi järel. Analüütiline lahendus võimaldab operatiivselt ja täpselt hinnata:

- Mis tehnika asub konkreetses asukohas;
- Mitu masinat asub remondis või hoolduses;
- Kui kaua iga tehnika ühik asub remondis või hoolduses;
- Tehnika seisaku põhjust (hüplikvihjena);
- Mitu masinat asub garaazis, kamberplokis või teel;
- Kui kaua iga tehnika ühik asub konkreetses asukohas.

Tootmismasinate asukoha monitooring on hetkel juba ettevõttes kasutusele võetud.

Tootmismasinate asukoha monitooringu kasutamise ajal on kasutajatel tekkinud vajadus tehnika asukohta vaadata tagasiulatuvalt ja ajavahemiku valides. Autor realiseeris selle eraldi lahendusena „Tootmismasinate asukoha ajalugu“.

#### 2.4.4 Tootmismasinate asukoha ajalugu

Selle analüütilise lahenduse peamiseks ideeks on vaadata tootmismasinate asukohta tagasiulatuvalt ajavahemikku valides. Peab olema võimalus vaadelda, mis tehnika asub konkreetses kamberplokis, remondigaraazis või teel valitud perioodil.

Analüütilise lahenduse realiseerimiseks võttis autor aluseks ülalpoolt dokumenteeritud lahenduse, aga andmekogumis „Tehnika asukoht“ tegi olulisi muudatusi. Andmekogumit „Aktiivsed remondid“ selles lahenduses ei kasuta.

„Tehnika asukoht“ andmekogumi SQL päringu kirjutamisel selgus probleem, et aeg-ajalt RFID-märgiste lugemine RFID-luguritega ei toimu ja seetõttu on iga tehnika ühiku vaheldumisi „in“ ja „out“ sündmuste asemel andmebaasis fikseeritud kaks järjestikku „in“ või „out“ sündmust. Kuid see olukord võib takistada asukohas viibimise aja arvutamist. Autor jagas probleemi kasutajatega (antud juhul ettevõtte remondipersonali esindaja- ja juhtkonnaga), kellega on tehtud kokkulepe, et kahe järjestiku „in“ sündmuse vahele lisada „out“ sündmus, kus on „out“ sündmuse aeg=järgmine „in“ sündmuse aeg, ja vastupidi kahe järjestikku „out“ sündmuse vahele lisada „in“ sündmus, kus on „in“ sündmuse aeg=eelmine „out“ sündmuse aeg.

„Tehnika asukoht“ andmekogumi SQL päringu tulemusena on järgmine info:

- Tehnika ID (tehnika ühiku unikaalne tunnus);
- Sisenemise sündmuse aeg;
- Sisenemise asukoht;
- Väljumise sündmuse aeg;
- Väljumise asukoht;
- Aeg –  $CAST((Sisenemise\ sündmuse\ aeg - Viimase\ sündmuse\ aeg) as\ float)*24$  (kui Väljumise sündmuse aeg puudub, siis  $CAST((GETDATE()-Sisenemise\ sündmuse\ aeg) as\ float)*24$ .

Ajavahemiku valik lahenduses on realiseeritud kasutajate jaoks parameetritega kus on aasta, kuu, päev ja aeg eraldi parameetrid (Joonis 7).

Aasta (alates)	<input type="text" value="2021"/>	Kuu (alates)	<input type="text" value="veebruar"/>	Päev (alates)	<input type="text" value="12"/>	Aeg (alates)	<input type="text" value="08:00:00"/>
Aasta (kuni)	<input type="text" value="2021"/>	Kuu (kuni)	<input type="text" value="veebruar"/>	Päev (kuni)	<input type="text" value="12"/>	Aeg (kuni)	<input type="text" value="11:00:00"/>

Joonis 7. Aja vahemiku parameetrid.

Tabelid lahenduses on filtreeritud aja vahemiku parameetrite järgi, kus on

**Sisenemise**                                      **sünnimuse**                                      **aeg**                                      <=  
 CDate(DateTime.ParseExact(CStr(CStr(Parameters!Aasta\_kuni.Value) &  
 CStr(Parameters!Kuu\_kuni.Value)      &      CStr(Parameters!Paev\_kuni.Value)      &  
 CStr(Parameters!Aeg\_kuni.Value)), "yyyyMMddHHmmss", Nothing))

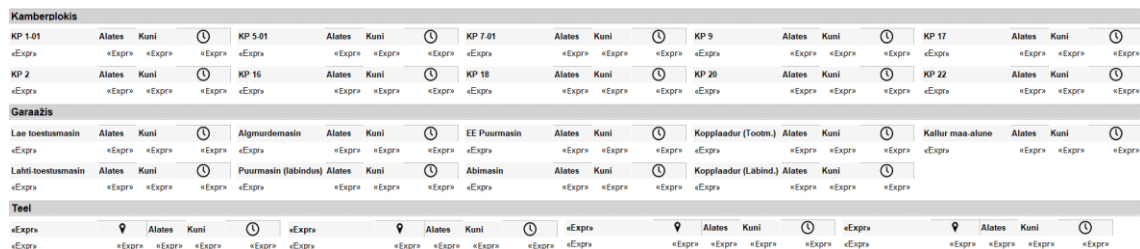
ja

**Väljumise**                                      **sünnimuse**                                      **aeg**                                      >=  
 CDate(DateTime.ParseExact(CStr(CStr(Parameters!Aasta\_alates.Value) &  
 CStr(Parameters!Kuu\_alates.Value)      &      CStr(Parameters!Paev\_alates.Value)      &  
 CStr(Parameters!Aeg\_alates.Value)), "yyyyMMddHHmmss", Nothing))

Samuti on andmed tabelites filtreeritud asukoha ja kohati tehnika tüübi järgi.

Andmete visualiseerimise kavand on kajastatud joonisel 8, kus on:

- Alates Sisenemise sünnimuse aeg;
- Kuni Väljumise sünnimuse aeg;
- 🕒 Viibimise aeg;
- 📍 Tehnika väljumise asukoht.



Joonis 8. Andmete visualiseerimise kavand 3.

Analüütilise lahenduse lõpptulemus on kajastatud joonisel 9, kus värvide kasutamise loogika on järgmine:

- Valitud ajavahemikus tehnika asus selles asukohas;
- Valitud ajavahemikus tehnika asus ja siiamani asub selles asukohas;
- Viibimise aeg > 24 tundi.

Aasta (alates)	2021	Kuu (alates)	veebruar	Päev (alates)	11	Aeg (alates)	09:00:00
Aasta (kuni)	2021	Kuu (kuni)	veebruar	Päev (kuni)	11	Aeg (kuni)	11:00:00

**Tootmismasinatate asukoht alates 11.02.2021 09:00:00 kuni 11.02.2021 11:00:00**

Masinate seis Masinate asukoht

Kamberplokkid							
KP 1-01	Alates	Kuni		KP 5-01	Alates	Kuni	
Ni218) ST1030	05:11:36	10:43:26	051 31m	Ni229) ST1030	08:17:13	12:38:59	041 23m
Ni242) ST1530	05:06:10	10:42:06	051 35m	Ni248) ST1030	08:27:57	12:12:38	031 44m
Ni253) ST1030	05:07:34	10:43:51	051 36m				

Garaažid							
Lae tootmismasin	Alates	Kuni		Algmurdemasin	Alates	Kuni	
Ni208) FA	06:23:13	09:00:13	021 37m	Ni215) GB	10:51:11	12:57:06	1461 05m
Ni209) FA	06:25:46	09:00:08	021 34m	Ni220) GB	10:53:27	04:53:13	651 59m
Ni222) FA	11:44:15	21:28:05	811 36m	Ni241) GB	08:33:33	12:49:55	521 16m

Teel									
GR 1 --	♀	Alates	Kuni		GR 5 --	♀	Alates	Kuni	
Ni103) SCANIA	GR 1-♀	08:12:24	15:40:40	071 28m	Ni111) SP.L65	GR 5-♀	09:15:31	21:43:44	811 24m
Ni116) SCANIA	GR 1-♀	08:26:12	15:42:37	071 16m	Ni136) ST1030	GR 5-♀	08:32:50	14:29:09	061 56m
Ni117) SCANIA	GR 1-♀	08:14:44	15:40:12	071 25m	Ni138) LH410	GR 5-♀	08:48:11	14:56:30	061 08m

Joonis 9. Tootmismasinatate asukoha ajalugu.

Tootmismasinatate asukoha ajaloo informatsiooni uuendatakse manuaalpäringu korral. Analüütiline lahendus võimaldab operatiivselt ja täpselt hinnata:

- Mis tehnika asus konkreetses asukohas valitud perioodil;
- Mitu masinat asus garaažis, kamberplokkis või teel valitud perioodil;
- Kui kaua, alates valitud perioodist, iga tehnika ühik asus konkreetses asukohas.

Tootmismasinatate asukoha ajaloo analüütiline lahendus on hetkel juba ettevõttes kasutusele võetud.

## 2.4.5 Tootmismasinatate remondi/ülevaatuse teostamise prioriteet

Selle analüütilise lahenduse peamiseks ideeks on reaajas hinnata, mis konkreetse tüüpi tehnika, mis ootab remonti või ülevaatust, peab kõigepealt tööks valmis olema. Selleks on vaja võrrelda tootmisplaani täitmiseks vajaliku erinevat tüüpi tehnika kogust, tehnika kogusega, mis on hetkel kättesaadav.


Analüütilise lahenduse koostamisel autor seadistas ühenduse IFS Applications süsteemiga ja lõi kaks andmekogumit: „Aktiivsed remondid“ ja „Tehnika plaan“.

„Aktiivsed remondid“ andmekogumi SQL päringu tulemusena on info järgmine:

- Tehnika ID (tehnika ühiku unikaalne tunnus);
- Tehnika kirjeldus;
- Tehnika tüüp;
- Töö ID (töö unikaalne tunnus);
- Töö kirjeldus;
- Töö algus;
- Töö lõpp;
- Töö kestus –  $(SYSDATE-TO\_DATE(Töö\ algus))*24$ ;
- Töö tüüp – hooldus või remont;
- Töö staatus – tehnika seisu juhul *Töö staatus* = „STARTED“.

„Tehnika plaan“ andmekogumi SQL päringu tulemusena on info järgmine:

- Tehnika tüüp;
- Tootmisplaani täitmiseks vajalik kogus (IFS Applications süsteemi eraldi sessioonis on loodud kohandatud väli ehk custom field, eesmärgina kasutada analüütilises lahenduses. Kogust täidab ja muudab peamehaanik või osakonnajuhataja (Joonis 10));



Object Type	Description	Plan	NB!
VKGG_ML2	Kallur maa-alune (tootmine)	1	
VKGG_MA	Algmurdemasin	4	
VKGG_MB	Ee puurmasin	4	
VKGG_MB1	Puurmasin	4	
VKGG_MC	Lae toetusmasin	5	
VKGG_ML2	Kopplaadur maa-alune (läbindus)	3	
VKGG_MT	Kallur maa-alune	6	
VKGG_ML6	Kopplaadur maa-alune (tootmine 6m3)	6	Kiiresti on vaja masin 204!
VKGG_ML9	Kopplaadur maa-alune (tootmine 9m3)	4	

Joonis 10. IFS Applications süsteemis loodud kohandatud väli.

- Tehnikapark – erinevat tüüpi tehnika kogus;
- NB – lisainfo remonditeenistuse jaoks (Samuti kasutatakse kohandatud välja süsteemi sessioonis. Lisainfot täidab ja muudab peamehaanik või osakonnajuhataja (Joonis 10)).

Analüütilise lahenduse lõpptulemus on kajastatud joonisel 11, kus värvide kasutamise loogika on järgmine:

- Tootmisplaani täitmiseks selle tüübi tehnikat ei ole piisavalt;
- Tehnika number, mis asub remondis või ülevaatuses.

Veerus „Prioriteet“ on konkreetse tüübi tehnika kogus, mida ei ole piisavalt tootmisplaani täitmiseks.

### Tootmismasinade remondi/ülevaatuseteostamise prioriteet

Masinate valmisolek

14:58:54

Tüüp	Tootmisplaani täitmiseks vajalik kogus	Tehnika park	Remondis	Ülevaatuses	Valmis tööks	Prioriteet
Lae toetusmasin	5	8	209 00 t 24 m 226 5800 t 26 m 235 00 t 29 m 249 26 t 50 m		4	1
Algmurdemasin	4	7	204 245 t 38 m 247 153 t 34 m		5	
Ee puurmasin	4	6	225 1305 t 32 m 234 03 t 48 m 246 630 t 25 m		3	1
6m3 kopplaadur (tootmine)	6	10	218 00 t 27 m 239 486 t 33 m 252 06 t 34 m		7	
9m3 kopplaadur (tootmine)	4	6	242 286 t 38 m		5	
Kopplaadur (läbindus)	3	5	138 138 t 35 m		4	
Kallur	6	11	28 06 t 31 m	232 07 t 37 m	9	
Puurmasin (läbindus)	4	6	32 366 t 38 m 37 758 t 23 m		4	

Joonis 11. Tootmismasinade remondi/ülevaatuseteostamise prioriteedi monitoring.

Tootmismasinade remondi/ülevaatuseteostamise prioriteedi informatsiooni uuendatakse automaatselt iga 180 sekundi järel. Analüütiline lahendus võimaldab operatiivselt ja täpselt hinnata:

- Tootmisplaani täitmiseks vajaliku erinevat tüüpi tehnika kogust;
- Erinevat tüüpi tehnika kogust tehnikapargis;
- Mitu masinat asub remondis või hoolduses;
- Kui kaua iga tehnika ühik asub remondis või hoolduses;
- Tehnika seisaku põhjust (hüpikvihjena);
- Mitu erinevat tüüpi tehnikat on valmis tööks;
- Mitu erinevat tüüpi tehnikat ei ole piisavalt tootmisplaani täitmiseks.

Tootmismasinate remondi/ülevaatus teostamise prioriteet on hetkel juba ettevõttes kasutusele võetud.

#### 2.4.6 Tootmismasinate valmisolek

Selle analüütilise lahenduse peamiseks ideeks on reaajas hinnata remondigaraažis asuva iga konkreetse tehnika ühiku seis. Lahenduse jaoks on defineeritud järgmised tehnika seisud:

- remondis – asub remondigaraažis ja hetkel toimub remont;
- ülevaatuses – asub remondigaraažis ja hetkel toimub ülevaatus;
- ootab ülevaatus – kopplaadurite puhul ülevaatus teostatakse intervalliga kas 20 (tootmine) või 6 (läbindus) tundi, teist tüüpi tehnika puhul iga kord remondigaraaži saabumisel;
- remonditud – asub remondigaraažis ja pärast viimast remonti ei ole väljunud remondigaraažist;
- ülevaadatud – asub remondigaraažis ja pärast viimast ülevaatus ei ole väljunud remondigaraažist;
- valmis tööks – tuli remondigaraaži ja ei vaja remonti või ülevaatus (näiteks tootmisplaani täitmiseks seda masinat hetkel vaja ei ole).

Remondi või ülevaatus seisu puhul näidata remondis või hoolduses oleku aega.

Analüütilise lahenduse koostamisel seadistas autor ühendused IFS Applications ja RFID süsteemidega ja lõi kaks andmekogumit: „Aktiivsed remondid“ (IFS Applications) ja „Tehnika asukoht“ (RFID).

„Aktiivsed remondid“ andmekogumi SQL päringu tulemusena on info järgmine:

- Tehnika ID (tehnika ühiku unikaalne tunnus);
- Tehnika kirjeldus;
- Tehnika tüüp;
- Töö ID (töö unikaalne tunnus);
- Töö algus;
- Töö lõpp;
- Hetke töö kestus –  $(SYSDATE-TO\_DATE(Töö\ algus))*24$ ;
- Seis.

Arvesse võetud ainult tehnikaga seotud viimased tööd  $\max(\text{Töö algus})$  töö staatuses „STARTED“ või „WORKDONE“.

Kopplaaduritele seisu „ootab ülevaatus“ määrab autor järgmise päringuna:

CASE

```
WHEN Töö staatus = 'WORKDONE' AND Töö tüüp = 'hooldus' AND Tehnika tüüp =  
'kopplaadur tootmine' AND (SYSDATE - Töö lõpp) * 24 > 20 THEN 1  
WHEN Töö staatus = 'WORKDONE' AND Töö tüüp = 'hooldus' AND Tehnika tüüp =  
'kopplaadur lääbindus' AND (SYSDATE - Töö lõpp) * 24 > 6 THEN 1  
ELSE 0 END AS Ülevaatus staatus
```

kus 1 – ootab ülevaatus, 0 – ei oota ülevaatus.

Tehnika seisu määrab autor järgmise päringuna:

CASE

```
WHEN Töö staatus = 'STARTED' AND Töö tüüp = 'remont' THEN 'remondis'  
WHEN Töö staatus = 'WORKDONE' AND Töö tüüp = 'remont' AND Ülevaatus staatus =  
0 THEN 'remonditud'  
WHEN Töö staatus = 'WORKDONE' AND Töö tüüp = 'remont' AND Ülevaatus staatus  
=1 THEN 'ootab ülevaatus'  
WHEN Töö staatus = 'STARTED' AND Töö tüüp = 'hooldus' THEN 'ülevaatuses'  
WHEN Töö staatus = 'WORKDONE' AND Töö tüüp = 'hooldus' AND Ülevaatus staatus  
= 0 THEN 'ülevaadatud'  
WHEN Töö staatus = 'WORKDONE' AND Töö tüüp = 'hooldus' AND Ülevaatus staatus  
= 1 THEN 'ootab ülevaatus'  
ELSE 'X' END AS Seis
```

kuid tehnika seis päringus ei ole lõplik, sest ei võetud arvesse tehnika asukoha andmeid RFID süsteemist, mis asuvad teises andmekogumis.

„Tehnika asukoht“ andmekogumi SQL päringu tulemusena on info järgmine:

- Tehnika ID (tehnika ühiku unikaalne tunnus);
- Viimane sündmus – tehnika sisenemine või väljumine;
- Viimase sündmuse aeg – tehnika sisenemise või väljumise aeg;
- Asukoht – Kui tehnika viimaseks sündmuseks on sisenemine, siis kuhu tehnika sisenes. Kui tehnika viimaseks sündmuseks on väljumine, siis kust tehnika väljus.



Arvesse on võetud ainult read, kus viimaseks sündmuseks on sisenemine ja sisenemise asukohaks on garaaž.

Visualiseerimiseks autor kasutas tabelleid, kus on andmed filtreeritud tehnika tüübi järgi.

Andmete visualiseerimise kavand on kajastatud joonisel 12, kus on:

- ✓ X Tehnika seis;
- 🕒 „REMONIDIS“ ja „ÜLEVAATUSES“ seisude juhul remondis/hoolduses oleku aeg. „REMONIDITUD“ ja „ÜLEVAADATUD“ seisude juhul remondi/hoolduse lõpetamise aeg.



Joonis 12. Andmete visualiseerimise kavand 4.

Tehnika lõpliku seisu määramiseks autor ühendas valemis kaks andmekogumit ja tegi lisa kontrolli *IIF()* ja *Lookup()* funktsioonide abil:

```
=IIF(Lookup(Fields!MCH_ID.Value, Fields!MCH_ID.Value, Fields!STATE.Value,
"Aktiivsed remondid") = "ülevaatuses", "ÜLEVAATUSES",
IIF(Lookup(Fields!MCH_ID.Value, Fields!MCH_ID.Value, Fields!STATE.Value,
"Aktiivsed remondid") = "remondis", "REMONDIS",
IIF(Lookup(Fields!MCH_ID.Value, Fields!MCH_ID.Value, Fields!STATE.Value,
"Aktiivsed remondid") = "ülevaadatud" And Fields!EVENT_IN_DATE.Value <
Lookup(Fields!MCH_ID.Value, Fields!MCH_ID.Value, Fields!READY_DATE.Value,
"Aktiivsed remondid"), "ÜLEVAADATUD", IIF(Lookup(Fields!MCH_ID.Value,
Fields!MCH_ID.Value, Fields!STATE.Value, "Aktiivsed remondid") = "remonditud"
And Fields!EVENT_IN_DATE.Value < Lookup(Fields!MCH_ID.Value,
Fields!MCH_ID.Value, Fields!READY_DATE.Value, "Aktiivsed remondid"),
"REMONITUD", IIF(Lookup(Fields!MCH_ID.Value, Fields!MCH_ID.Value,
Fields!STATE.Value, "Aktiivsed remondid") = "ootab ülevaatus", "OOTAB
ÜLEVAATUST", IIF(Lookup(Fields!MCH_ID.Value, Fields!MCH_ID.Value,
```

Fields!MCH\_TYPE.Value, "Aktiivsed remondid") <> "kopplaadur", "OOTAB ÜLEVAATUST", "VALMIS TÖÖKS")))))))

Analüütilise lahenduse lõpptulemus on kajastatud joonisel 13, kus värvide kasutamise loogika on järgmine:

- Remondis;
- Ülevaatuses;
- Ootab ülevaastust;
- Remonditud, Ülevaadatud, Valmis tööks.

#### GARAAŽ Nr. 2 - ETTEVALMISTAV TEHNIKA

Masinate seis

Masinate asukoht

11:39:07

Lae toetusmasin	✓ x	🕒
(N227) FA	OOTAB ÜLEVAATUST	
(N249) FA	OOTAB ÜLEVAATUST	

#### GARAAŽ Nr. 5 - ETTEVALMISTAV TEHNIKA

EE Puurmasin	✓ x	🕒	Algmurdemasin	✓ x	🕒	Lae toetusmasin	✓ x	🕒
(N246) S1D	REMONDIS	8671 05m	(N215) GB	OOTAB ÜLEVAATUST		(N256) FA	REMONDITUD	05.03/07:57
(N234) M1L	REMONDITUD	05.03/09:29	(N251) GB	ÜLEVAATUSES	1451 21m	(N226) FA	REMONDIS	60371 06m
(N225) M1L	REMONDIS	15421 12m	(N204) GB	OOTAB ÜLEVAATUST		(N222) FA	REMONDIS	1821 20m
			(N220) GB	REMONDITUD	04.03/09:17			
			(N260) GB	REMONDITUD	04.03/15:33			

#### GARAAŽ Nr. 5 - KOPPLAADURID (MAA-ALUNE)

PLOKK	✓ x	🕒	LÄBINDUS	✓ x	🕒
(N248) ST1030	REMONDIS	004 06m	(N219) LH410	REMONDIS	704 34m
(N245) LH515	REMONDIS	714 04m	(N2137) ST1030	REMONDIS	204 42m
(N240) ST1030	OOTAB ÜLEVAATUST				
(N229) ST1530	OOTAB ÜLEVAATUST				
(N242) ST1530	VALMIS TÖÖKS				
(N217) ST1030	VALMIS TÖÖKS				
(N253) ST1030	OOTAB ÜLEVAATUST				

Joonis 13. Tootmismasinate valmisoleku monitooring.

Tootmismasinate valmisoleku monitooringu informatsiooni uuendatakse automaatselt iga 180 sekundi järel. Analüütiline lahendus võimaldab operatiivselt ja täpselt hinnata:

- Remondigaraažis asuva iga konkreetse tehnika ühiku seisu;
- Tehnika ühiku remondis/hoolduses oleku aega;
- Tehnika ühiku remondi/hoolduse lõpetamise aega.

Tootmismasinate valmisoleku monitooring on hetkel juba ettevõttes kasutusele võetud.

Kõik analüütilised lahendused koostatud Report Builder-i abiga on publitseeritud SSRS-is.

Lisaks ühendas autor kõik analüütilised lahendused ühele veebileheküljele, mis lubab vajadusel kiiremini vajalikku monitooringut taas käivitada.

Allpool on dokumenteeritud analüütiliste lahenduste koostamine QlikView abiga.

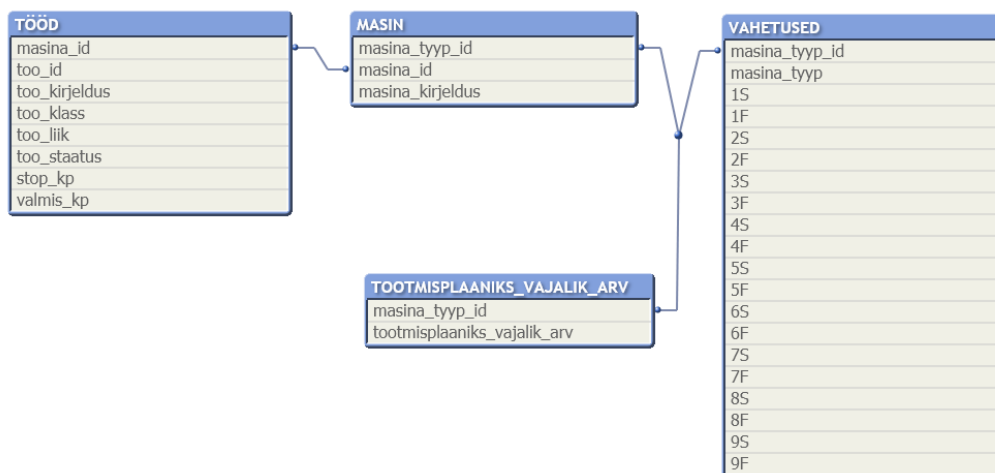
#### 2.4.7 Tootmismasinate kättesaadavus

Selle analüütilise lahenduse peamiseks ideeks on hinnata mitu erineva tüübi tehnikat oli kättesaadav konkreetses päevas või vahetuses. Samuti on tähtis hinnata, kui tihti tekkis tehnika puudus perioodi jooksul.

Analüütilise lahenduse koostamisel autor kasutas andmeid IFS Applications süsteemist. Kuna süsteemis puuduvad mõned vajalikud andmed analüütilise lahenduse jaoks on otsustatud andmeallikana kasutada ka Exceli faile.

Andmete laadimiseks kasutas autor QV skriptiredaktorit, kus esimeseks sammuks on vaja genereerida parameetreid spetsifitseeriv andmejada (kujul: **CUSTOM CONNECT TO "Provider=custom\_connect\_app\_name;[UserId | XUserId=userid;][Password | XPassword=password;][custom\_connect\_app\_specific\_param]"**) ja pärast, kasutades operaatoreid ja väljendeid, defineerida vajalikud tabelid ja väljad. Skriptiredaktoris määratletakse ühised väljad (võtmeväljad) andmete sidumiseks erinevatest tabelitest. Samuti on võimalik skriptiredaktoris andmestruktuuri manipuleerida või muuta. [28][29]

Saadud dokumendi andmete struktuur on kajastatud joonisel 14,



Joonis 14. Analüütilise lahenduse andmete struktuur.

kus on info järgmine:

#### Tabel MASIN (IFS Applications)

- masina\_id – tehnika ühiku unikaalne tunnus;
- masina\_kirjeldus – tehnika ühiku kirjeldus;
- masina\_tyyp\_id – tehnika tüübi id;
- masina\_tyyp – tehnika tüübi kirjeldus;

#### Tabel TÖÖD (IFS Applications)

- masina\_id – tehnika ühiku unikaalne tunnus;
- too\_id – töö unikaalne tunnus;
- too\_kirjeldus – töö kirjeldus;
- too\_klass – töö klass: avariitöö, defekt, plaaniline töö;
- too\_liik – töö klass: avariitöö, defekt, plaaniline töö;
- too\_staatus – töö staatus;
- stop\_kp – töö alguse kuupäev  $Floor(Date(töö\ algus))$ ;
- valmis\_kp – töö lõpu kuupäev  $Floor(Date(töö\ lõpp))$ ;
- stop\_aeg – töö alguse aeg  $Hour(töö\ algus)+Minute(töö\ algus)/60$ ;
- valmis\_aeg – töö lõpu aeg  $Hour(töö\ lõpp)+Minute(töö\ lõpp)/60$ ;

#### Tabel TOOTMISPLAANIKS\_VAJALIK\_ARV (IFS Applications)

- masina\_tyyp\_id – tehnika tüübi id;
- tootmisplaaniks\_vajalik\_arv – tootmisplaani täitmiseks vajalik tehnika kogus;

#### Tabel VAHETUSED (Excel fail)

- masina\_tyyp\_id – tehnika tüübi id;
- 1S – esimese vahetuse algus;
- 1F – esimese vahetuse lõpp;
- 2S – teise vahetuse algus;
- 2F – teise vahetuse lõpp;
- ...

Excel faili struktuur on kajastatud joonisel 15.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	<b>TÜÜP</b>	<b>KIRJELDUS</b>	<b>1S</b>	<b>1F</b>	<b>2S</b>	<b>2F</b>	<b>3S</b>	<b>3F</b>	<b>4S</b>	<b>4F</b>	<b>5S</b>	<b>5F</b>	<b>6S</b>	<b>6F</b>	<b>7S</b>	<b>7F</b>	<b>8S</b>	<b>8F</b>	<b>9S</b>	<b>9F</b>
2	VKGK_MA	Algmurdemasin	4	12	12	20	20	24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	4
3	VKGK_MB	Ee puurmasin	x	x	x	x	x	x	0	8	8	16	16	24	x	x	x	x	x	x
4	VKGK_MC	Lae toetusmasin	x	x	x	x	x	x	0	8	8	16	16	24	x	x	x	x	x	x
5	VKGK_MB1	Puurmasin	x	x	x	x	20	24	x	x	8	16	x	x	2	10	14	22	0	4
6	VKGK_MT	Kallur maa-alune	x	x	x	x	20	24	x	x	8	16	x	x	2	10	14	22	0	4
7	VKGK_ML2	Kopplaadur maa-alune (läbindus)	x	x	x	x	20	24	x	x	8	16	x	x	2	10	14	22	0	4
8	VKGK_ML16	Kopplaadur maa-alune (koristus) 6m3	x	x	x	x	x	x	0	8	8	16	16	24	x	x	x	x	x	x
9	VKGK_ML19	Kopplaadur maa-alune (koristus) 9m3	x	x	x	x	x	x	0	8	8	16	16	24	x	x	x	x	x	x

Joonis 15. „VAHETUSED“ Excel faili struktuur.

Andmete visualiseerimiseks autor jagas lahenduse lehtedeks.

Leht „Tehnika kättesaadavus (konkreetne päev)“ kajastab informatsiooni tehnika kättesaadavusest valitud päevas iga töövahetuse ja tehnika tüübi lõikes (Joonis 16),

**TEHNIKA KÄTTESAADAVUS**  
(NB! Tehnika loetakse kättesaadavaks, kui seisab remondis rohkem kui 1,5 tundi vahetuses)

Tüüp	Algmurdemasin	Ee puurmasin	Lae toetusmasin	Puurmasin	Kallur maa-alune	Kopplaadur maa-alune (läbindus)	Kopplaadur maa-alune (koristus) 6m3	Kopplaadur maa-alune (koristus) 9m3
Kokku masinaid	7	6	8	6	11	5	9	6
Tootmisplaaniks vajalik masinate arv	4	4	4	3	6	3	5	4
Vahetus 00:00-04:00	4			4	11	3		
Vahetus 00:00-08:00		4					3 (inimfaktor: 0)	
Vahetus 02:00-10:00				4	10	3		
Vahetus 04:00-12:00	4							
Vahetus 08:00-16:00		4	4	4	8	3	8	3
Vahetus 12:00-20:00	4							
Vahetus 14:00-22:00				4	10	3		
Vahetus 16:00-24:00		4	3 (inimfaktor: 1)				6	3
Vahetus 20:00-24:00	4			4	10	3		

Joonis 16. Tehnika kättesaadavus (konkreetne päev).

kus tabelis dimensiona on tehnika tüüp ja väljenditena on:

- Kokku masinaid – erinevat tüüpi tehnika kogus tehnikapargis;
- Tootmisplaaniks vajalik masinate arv – tootmisplaani täitmiseks vajalik erineva tüüpi tehnika kogus;
- Vahetus XX:00-XX:00 – kättesaadav tehnika arv, kus *inimfaktor* = *tehnika arv remondis*, kus rike on põhjustatud inimfaktoriga.

**Kättesaadav tehnika arv (Vahetus 00:00-04:00)** = IF([Kokku masinaid] - [Remondis 00:00-04:00] < [Tootmisplaaniks vajalik masinate arv], [Kokku masinaid] - [Remondis 00:00-04:00] & ' (inimfaktor: ' & [Inimfaktor 00:00-04:00] & '), [Kokku masinaid] - [Remondis 00:00-04:00])

kus parameeter min\_h = minimaalne lubatud aeg remondis ja kp = valitud päev, siis

```
[Kokku masinaid] = count(masina_id)
[Remondis 00:00-04:00] = count(distinct if(
//töö algus = valitud päev, töö lõpp = valitud päev
(stop_kp = kp and valmis_kp = kp and stop_aeg > [9S] and valmis_aeg < [9F] and
valmis_aeg - stop_aeg > min_h) or (stop_kp = kp and valmis_kp = kp and stop_aeg
> [9S] and valmis_aeg >= [9F] and [9F] - stop_aeg > min_h)
//töö algus < valitud päev, töö lõpp = valitud päev
or (stop_kp < kp and valmis_kp = kp and valmis_aeg > [9F]) or (stop_kp < kp
and valmis_kp = kp and valmis_aeg <= [9F] and valmis_aeg - [9S] > 1)
//töö algus = valitud päev, töö lõpp > valitud päev
or (stop_kp = kp and (valmis_kp > kp or IsNull(valmis_kp)) and stop_aeg > [9S]
and stop_aeg <= [9F] and [9F] - stop_aeg > min_h)
//töö algus < valitud päev, töö lõpp > valitud päev
or (stop_kp < kp and valmis_kp > kp) or (stop_kp < kp and IsNull(valmis_kp)),
masina_id))
```

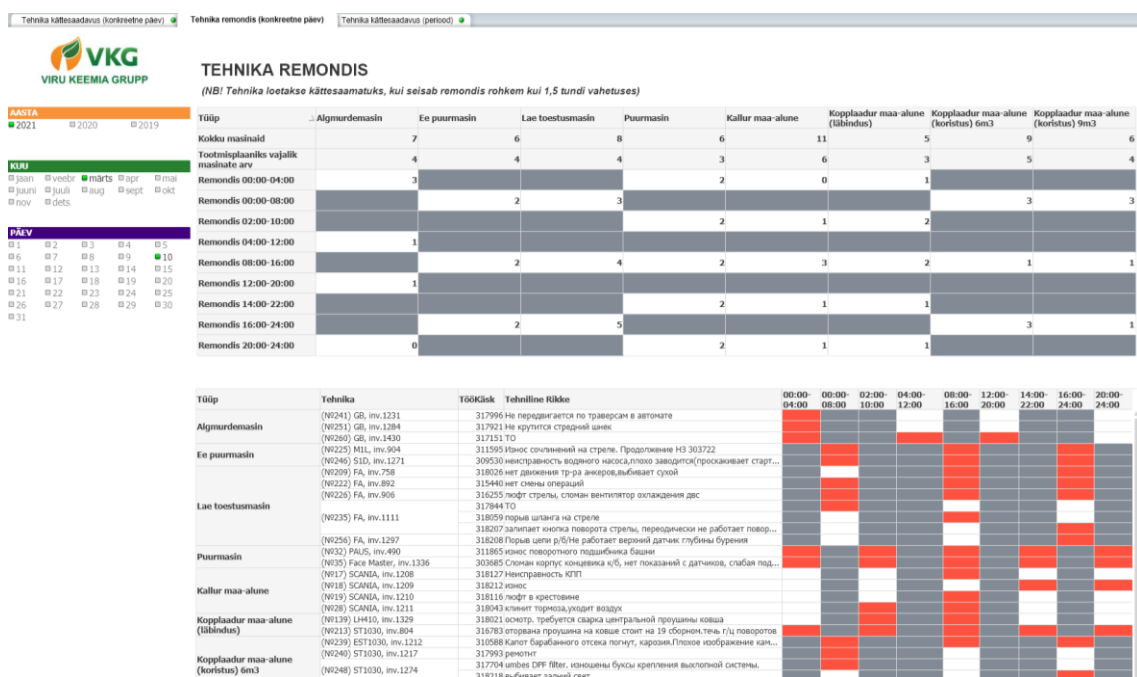
```
[Inimfaktor 00:00-04:00] = count(distinct if(
//töö algus = valitud päev, töö lõpp = valitud päev
(stop_kp = kp and valmis_kp = kp and stop_aeg > [9S] and valmis_aeg < [9F] and
valmis_aeg - stop_aeg > min_h and too_klass = 'AW2') or (stop_kp = kp and
valmis_kp = kp and stop_aeg > [9S] and valmis_aeg >= [9F] and [9F] - stop_aeg
> min_h and too_klass = 'AW2')
//töö algus<valitud päev, töö lõpp=valitud päev
or (stop_kp < kp and valmis_kp = kp and valmis_aeg > [9F] and CLASS_ID = 'AW2')
or (stop_kp < kp and valmis_kp = kp and valmis_aeg <= [9F] and valmis_aeg -
[9S] > 1 and too_klass = 'AW2')
//töö algus=valitud päev, töö lõpp>valitud päev
or (stop_kp = kp and (valmis_kp > kp or IsNull(valmis_kp)) and stop_aeg > [9S]
and stop_aeg <= [9F] and [9F] - stop_aeg > min_h and too_klass = 'AW2')
//töö algus<valitud päev, töö lõpp>valitud päev
or (stop_kp < kp and valmis_kp > kp and too_klass = 'AW2') or (stop_kp < kp
and IsNull(valmis_kp) and too_klass = 'AW2'), masina_id))
```

Teiste vahetuste kättesaadav tehnika arv on arvutatud „Vahetus 00:00-04:00“ näitel, kuid arvutuskäik kohati erineb, sest see sõltub vahetuse aja diapasoonest.

Värvide kasutamise loogika tabelis on järgmine:

- Tehnika tüüp mida vahetuses ei kasutata;
- Tootmisplaani täitmiseks ei ole piisavalt tehnikat;
- Tootmisplaani täitmiseks vajalik tehnika arv = kättesaadav tehnika arv;
- Kättesaadav tehnika arv ületab tootmisplaaniks vajaliku tehnika kogust.

Leht „Tehnika remondis (konkreetne päev)“ on koostatud lehe „Tehnika kättesaadavus (konkreetne päev)“ põhjal ja kajastab informatsiooni, millal tehnika ei ole kätte saadav valitud päeval iga töövahetuse ja tehnika tüübi lõikes (Joonis 17),



Joonis 17. Tehnika remondis (konkreetne päev).

kus ülemises tabelis dimensioonina on tehnika tüüp ja väljenditena on:

- Kokku masinaid – erinevat tüüpi tehnika kogus tehnikapargis;
- Tootmisplaaniks vajalik masinate arv – tootmisplaani täitmiseks määratud erineva tüüpi tehnika kogus.
- Remondis XX:00-XX:00 – tehnika arv, mis asus remondis või hoolduses. Arvutuses on kasutatud valemid lehest „Tehnika kättesaadavus (konkreetne päev)“.

Värvide kasutamise loogika tabelis on järgmine:

- Tehnika tüüp mida vahetuses ei kasutata;
- Remondis või hoolduses asuv tehnika arv.

Alumises tabelis dimensioonidena on tehnika tüüp, tehnika ühik, töö unikaalne tunnus, töö kirjeldus ja väljenditena on fakt, kas tehnika ühik asus remondis või hoolduses.

Värvide kasutamise loogika on tabelis järgmine:

- Tehnika ühik mida vahetuses ei kasutata;
- Tehnika ühik asus remondis või hoolduses.

Leht „Tehnika kättesaadavus (periood)“ on koostatud lehe „Tehnika kättesaadavus (konkreetne päev)“ põhjal ja kajastab informatsiooni tehnika kättesaadavusest valitud perioodi, töövahetuse ja tehnika tüübi lõikes (Joonis 18),

Joonis 18. Tehnika kättesaadavus (periood).

kus ülemises tabelis dimensioonina on tehnika tüüp ja väljenditena on tehnika puuduse juhtumite arv valitud perioodi jooksul. Arvutuses on kasutatud valemid lehest „Tehnika kättesaadavus (konkreetne päev)“.



**Tehnika puuduse juhtumite arv** = If([Vahetus 00:00-04:00] < [Tootmisplaaniks vajalik masinate arv],1,0)

Keskmisses tabelis dimensioonina on tehnika tüüp ja väljendina on juhtumite arv, kui Tootmisplaaniks vajalik masinate arv = Kättesaadavus valitud perioodi jooksul. Arvutuses on kasutatud valemid lehest „Tehnika kättesaadavus (konkreetne päev)“.

**Juhtumite arv** = If([Vahetus 00:00-04:00] = [Tootmisplaaniks vajalik masinate arv],1,0)

Alumises tabelis dimensioonina on aasta, kuu, päev, tehnika tüüp ja väljenditena on:

- Kokku masinaid – erineva tüübi tehnika kogus tehnikapargis;
- Tootmisplaaniks vajalik masinate arv – tootmisplaani täitmiseks määratud erineva tüübi tehnika kogus;
- Vahetus XX:00-XX:00 – kättesaadav tehnika arv. Arvutuses on kasutatud valemid lehest „Tehnika kättesaadavus (konkreetne päev)“.

Värvide kasutamise loogika tabelis on järgmine:

- Tootmisplaani täitmiseks ei ole piisavalt tehnikat.

Tootmismasinate kättesaadavuse monitooringu informatsiooni uuendatakse automaatselt kord ööpäevas. Analüütiline lahendus võimaldab operatiivselt ja täpselt hinnata:

- mitu erineva tüübi tehnikat oli kättesaadav konkreetses päevas ja vahetuses;
- mitu erineva tüübi tehnikat ei olnud kättesaadav konkreetses päevas ja vahetuses;
- mis tehnika asus remondis või hoolduses konkreetses päevas ja vahetuses;
- kui tihti tekkis tehnika puudus valitud perioodi jooksul;
- juhtumite arvu perioodi jooksul, kui tootmisplaaniks vajalik masinate arv oli võrdne kättesaadava tehnika arvuga.

Tootmismasinate kättesaadavuse monitooring on hetkel juba ettevõttes kasutusele võetud.

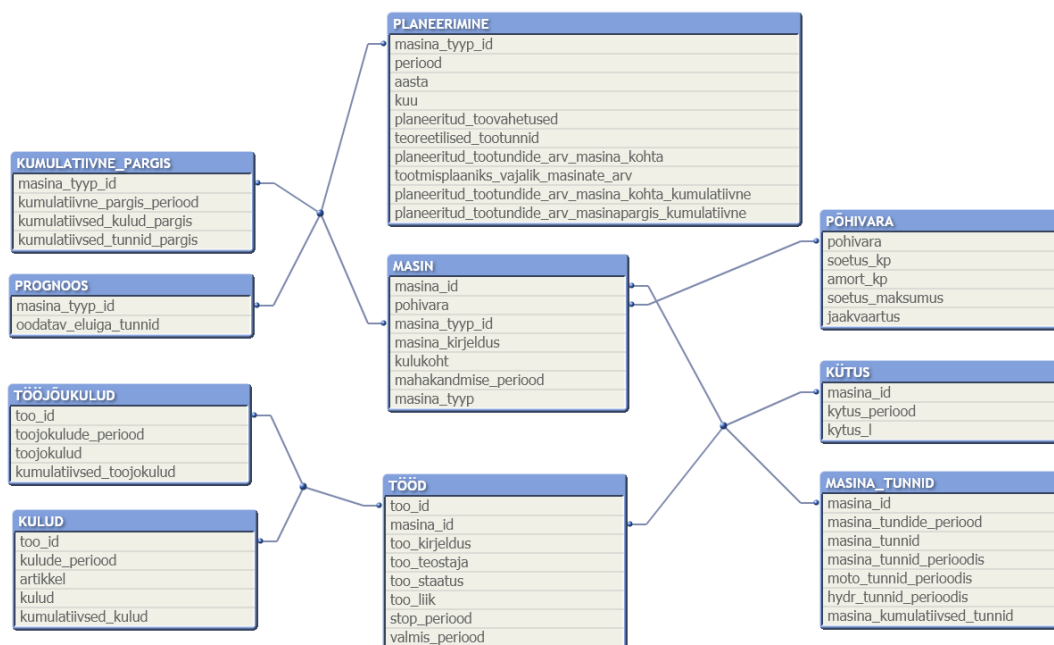
## 2.4.8 Tootmismasinate efektiivsuse hindamine, kulude analüüs ja mahakandmise prognoos

Selle analüütilise lahenduse peamiseks ideeks on hinnata masinapargi ja iga eraldioleva tootmismasina efektiivsust. Iga eraldioleva tootmismasina efektiivsust on vaja võrrelda selle konkreetse eritüübilise masinagrupi efektiivsusega kogu masinapargist. Samuti peab analüütiline lahendus andma võimalust hinnata tootmismasina remondi- ja hooldusega seotud kulusid ja võrrelda kulusid masina soetusmaksumusega ning jääkväärtusega. Tootmismasina efektiivsuse ja kulude hindamine peab andma võimaluse aru saada, kas on otstarbekas masina edaspidine ekspluateerimine või on mõistlikum otsustada see maha kanda.

Analüütilise lahenduse koostamisel autor kasutas andmeid IFS Applications, BAAN ja Microsoft Dynamics 365 Business Central süsteemidest. Samuti andmeallikana on kasutatud ka Exceli faile.

Erinevatest allikatest andmete laadimiseks ja ühendamiseks autor kasutas QV skriptiredaktorit.

Saadud dokumendi andmete struktuur on kajastatud joonisel 19,



Joonis 19. Analüütilise lahenduse andmete struktuur.

kus on info järgmine:

#### Tabel MASIN (IFS Applications)

- masina\_id – tehnika ühiku unikaalne tunnus;
- masina\_kirjeldus – tehnika ühiku kirjeldus;
- pohivara – põhivara number;
- kulukoht – masina kuuluvus osakonnale;
- masina\_tyyp\_id – tehnika tüübi id;
- masina\_tyyp – tehnika tüübi kirjeldus;
- mahakandmise\_periood – mahakandmise periood (juhul, kui on tehnika maha kantud);

#### Tabel TÖÖD (IFS Applications)

- masina\_id – tehnika ühiku unikaalne tunnus;
- too\_id – töö unikaalne tunnus;
- too\_kirjeldus – töö kirjeldus;
- too\_teostaja – töö teostaja;
- too\_liik – hooldus või remont;
- too\_staatus – töö staatus;
- stop\_periood – töö alguse periood;
- valmis\_periood – töö lõpu periood;

#### Tabel MASINA\_TUNNID (IFS Applications)

- masina\_id – tehnika ühiku unikaalne tunnus;
- masina\_tundide\_periood – masina töötatud tundide periood;
- masina\_tunnid – masina kokku töötatud tunnid;
- masina\_tunnid\_perioodis – masina töötatud tunnid perioodis;
- moto\_tunnid\_perioodis – masina töötatud mototunnid perioodis;
- hydr\_tunnid\_perioodis – masina töötatud hüdraulikatunnid perioodis;
- masina\_kumulatiivsed\_tunnid – masina kumulatiivsed tunnid  
*if(masina\_id =Previous(masina\_id), RangeSum(Peek('masina\_kumulatiivsed\_tunnid'), masina\_tunnid\_perioodis), masina\_tunnid\_perioodis) as masina\_kumulatiivsed\_tunnid;*

#### Tabel TÖÖJÕUKULUD (IFS Applications)

- too\_id – töö unikaalne tunnus;
- toojoukulude\_periood – periood, millal on teostatud remondi- ja hooldustööd;
- toojoukulud – tööjõukulud seotud masina remondi- ja hooldusega perioodis;
- kumulatiivsed\_toojoukulud – masina kumulatiivsed tööjõukulud;

#### Tabel KULUD (ühendatud BAAN ja Business Central)

- too\_id – töö unikaalne tunnus (kasutatakse finants dimensioonina konteeringutes);
- kulude\_periood – konteeringu periood;
- artikkel;
- kulud – kulud perioodis;
- kumulatiivsed\_kulud – masina kumulatiivsed kulud;

#### Tabel KÜTUS (ühendatud BAAN ja Business Central)

- masina\_id – tehnika ühiku unikaalne tunnus (kasutatakse finants dimensioonina konteeringutes);
- kytus\_periood – kütuse mahakandmise periood;
- kytus\_1 – kütus liitrides perioodis;

#### Tabel PÕHIVARA (Business Central)

- pohivara – põhivara number;
- soetus\_kp – masina soetuskuupäev;
- amort\_kp – masina amortisatsiooni kuupäev;
- soetus\_maksumus – masina soetusmaksumus;
- jaakvaartus – masina jääkvärtus;

#### Tabel KUMULATIIVNE\_PARGIS (ülalpool laaditud tabelid MASINA\_TUNNID ja KULUD – RESIDENT LOAD)

- masina\_tyyp\_id – tehnika tüübi id;
- kumulatiivne\_pargis\_periood – masinapargi kulude ja tundide periood;
- kumulatiivsed\_kulud\_pargis – kumulatiivsed kulud masinapargis;
- kumulatiivsed\_tunnid\_pargis – kumulatiivsed tunnid masinapargis;

Tabel PLANEERIMINE (Excel fail)

- masina\_tyyp\_id – tehnika tüübi id;
- periood – planeerimise periood (*aasta-)\*12 + kuu*);
- aasta – planeerimise aasta;
- kuu – planeerimise kuu;
- planeeritud\_toovahetused – planeeritud töövahetused perioodis;
- teoreetilised\_tootunnid – teoreetilised töötunnid perioodis;
- planeeritud\_tootundide\_arv\_masina\_kohta – planeeritud töötundide arv masina kohta perioodis;
- tootmisplaaniks\_vajalik\_masinate\_arv – tootmisplaaniks vajalik masinate arv;
- planeeritud\_tootundide\_arv\_masina\_kohta\_kumulatiivne – kumulatiivne planeeritud töötundide arv masina kohta;
- planeeritud\_tootundide\_arv\_masinapargis\_kumulatiivne – kumulatiivne planeeritud töötundide arv masinapargis;

Excel faili struktuur on kajastatud joonisel 20,

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	TÜÜP	KIRJELDUS	Aasta	Kuu	Planeeritud töövahetused	Teoreetilised töötunnid	Planeeritud töötundide arv masina koht	Tootmisplaaniks vajalik masinate arv	Planeeritud töötundide arv kumulatiivne	Planeeritud töötundide masinapargis	Planeeritud töötundide arv masinapargis kumulatiivne
2	VKGG_MA	Algmurdemasin	2017	1	81	648	486	4	486	1944	1944
3	VKGG_MB	Ee puurmasin	2017	1	81	648	486	4	486	1944	1944
4	VKGG_MB1	Puurmasin	2017	1	66	552	414	4	414	1656	1656
5	VKGG_MC	Lae toetusmasin	2017	1	81	648	486	4	486	1944	1944
6	VKGG_ML1	Kopplaadur maa-alune (tootmine)	2017	1	76	608	456	9	456	4104	4104
7	VKGG_ML2	Kopplaadur maa-alune (läbindus)	2017	1	66	528	396	4	396	1584	1584
8	VKGG_MT	Kallur maa-alune	2017	1	66	528	396	8	396	3168	3168
9	VKGG_MA	Algmurdemasin	2017	2	69	552	414	4	900	1656	3600
10	VKGG_MB	Ee puurmasin	2017	2	69	552	414	4	900	1656	3600
11	VKGG_MB1	Puurmasin	2017	2	69	552	414	4	828	1656	3312
12	VKGG_MC	Lae toetusmasin	2017	2	69	552	414	4	900	1656	3600
13	VKGG_MD	Lahtitoetusmasin	2017	2	66	528	396	2	396	792	792
14	VKGG_ML1	Kopplaadur maa-alune (tootmine)	2017	2	69	552	414	9	870	3726	7830
15	VKGG_ML2	Kopplaadur maa-alune (läbindus)	2017	2	57	456	342	4	738	1368	2952
16	VKGG_MT	Kallur maa-alune	2017	2	57	456	342	8	738	2736	5904
17	VKGG_MA	Algmurdemasin	2017	3	85	680	510	4	1410	2040	5640
18	VKGG_MB	Ee puurmasin	2017	3	81	648	486	4	1386	1944	5544
19	VKGG_MB1	Puurmasin	2017	3	81	648	486	4	1314	1944	5256
20	VKGG_MC	Lae toetusmasin	2017	3	85	680	510	4	1410	2040	5640
21	VKGG_MD	Lahtitoetusmasin	2017	3	79	632	474	2	870	948	1740
22	VKGG_ML1	Kopplaadur maa-alune (tootmine)	2017	3	79	632	474	9	1344	4266	12096

Joonis 20. „PLANEERIMINE“ Excel faili struktuur.

kus:

**Planeeritud töötundide arv kumulatiivne** = SUMIFS(\$G\$2:\$G2;\$A\$2:\$A2;"="&A2)

**Planeeritud töötundide masinapargis** = G2\*H2

**Planeeritud töötundide arv masinapargis kumulatiivne** = SUMIFS(\$J\$2:\$J2;\$A\$2:\$A2;"="&A2)

Tabel PROGNOOS (Excel fail)

- masina\_tyyp\_id – tehnika tüübi id;
- oodatav\_eluiga\_tunnid – oodatava eluea töötatud tunnid.

Andmete visualiseerimiseks autor jagas lahenduse lehtedeks.

Leht „Faktilised töötunnid masinapargil ja masinate efektiivsus“ sisaldab päise, mis muutub sõltuvalt valikust lehel (Joonis 21)

Faktilised töövahetused:	Teoreetilised töötunnid:	Planeeritud töötundide arv masina kohta:	Tootmisplaaniks vajalik masinate arv:	Masinate park:	Planeeritud töötunde masinapargile:	Faktilised töötunnid masinapargil:	Masinapargi EU:
888	7104	5328	4	7	21312	16805	79 %
Faktilised töövahetused:	Teoreetilised töötunnid:	Planeeritud töötundide arv masina kohta:	Tootmisplaaniks vajalik masinate arv:	MASINA: 11	Planeeritud töötunde masinapargile:	Faktilised töötunnid masinapargil:	MASINA EU:
15	120	90	6	1	540	401	34 %
Faktilised töövahetused:	Teoreetilised töötunnid:	Planeeritud töötundide arv masina kohta:	Tootmisplaaniks vajalik masinate arv:	MASINA: 203	Planeeritud töötunde masinapargile:	Faktilised töötunnid masinapargil:	MASINA EU:
3849,5	30796	23097	4	mahakantud	92388	68132	43 %

Joonis 21. Lehe päis.

ja kajastab järgmist informatsiooni tehnikast (Joonis 22):

- arvele võtmise kuupäeva;
- eluea töötunde;
- töötatud töötunde perioodis;
- seisutunde seoses remondi- ja hooldusega perioodis;
- rikete arvu perioodis;
- kulutatud inimtunde tehnika remondile perioodis;
- kulutusi perioodis (kus on oranži värviga kulud rehvidele kulutuse sees);
- tööjõukulused perioodis;
- kulutusi töötunni kohta perioodis – *kulud/masina\_tunnid\_perioodis*;
- kütusekulu perioodis – *kytus\_l/moto\_tunnid\_perioodis*;
- efektiivsust perioodis – *masina\_tunnid\_perioodis/planeeritud\_tootundide\_arv\_masina\_kohta*.

Faktilised töötunnid masinapargil ja masinate efektiivsus	Masinate erikulud ja kulutused	Masinate efektiivsus ja kulutused vs töötund - trend	Masina pargi EU - trend	Põhivara soetusmaksumus vs remondukid (TOOTMISMASINAD)	Põhivara soetusmaksumus			
Remondukkulude detailid	Töötunnimäärade üldandmed	Mahajandamisprognos						
<b>VKG VIRU KEEMIA GRUPP</b>	Faktilised töövahetused: <b>333</b>	Teoreetilised töötunnid: <b>2664</b>	Planeeritud töötundide arv masina kohta: <b>1998</b>	Tootmisplaaniks vajalik masinate arv: <b>6</b>	Masinate park: <b>11</b>	Planeeritud töötunde masinapargile: <b>11988</b>	Faktilised töötunnid masinapargil: <b>9902</b>	Masinapargi EU: <b>83 %</b>
Aasta: 2021, 2020, 2019, 2018	Kuu: 01, 02, 03, 04	Tüüp: Algmurdemasin, Buldooser, Ee puurmasin, Kallur maa-alune, Kopplaadur maa-alune (lâibindus)				Kopplaadur maa-alune (tootmine), Lää toetusmasin, Puurmasin, Rataslaadur (maa-pealne)		

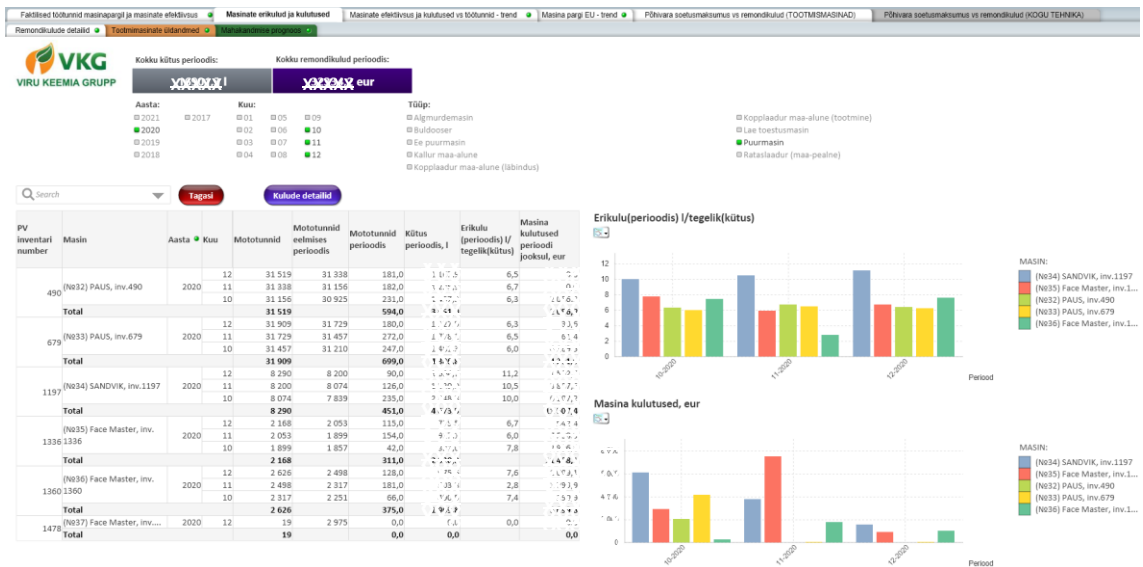
PV inventari number	Masin	PV arvele võtmise kuupäev	Aasta	Kuu	Masina eluea töötunnid	Töötundude perioodid	Masina seisuajad seoses remondiga	Seisutunnid seoses Hooldusega/Ülevaatamisega	Töökäskude arv	Inimtunnid	Masina kulutused perioodi jooksul, eur	Masina tööjõukulud perioodi jooksul, eur	Kulutused vs töötunnid, eur/h	Erikulu (perioodis) / tegelik(kütus)	Masina efektiivsus, faktilised vs planeeritud töötunnid
934	(N811) SCANIA, inv.934	2.08.2013	2020	12	22 146	136	16,9	0,0	3	17,4	27,9	5,7	36,0%		
				11	22 010	117	226,1	0,0	8	55,3	12,9	6,0	31,0%		
				10	21 893	72	368,2	0,5	6	11,6	21,9	5,6	18,2%		
				09	21 821	144	33,5	0,0	7	40,1	7,3	5,7	36,4%		
				08	21 677	101	18,7	0,0	7	18,0	9,3	5,8	28,1%		
				07	21 576	31	6,6	4,0	3	6,6	24,5	6,0	34,4%		
				<b>Total</b>				<b>601</b>	<b>670,0</b>	<b>4,5</b>	<b>34</b>	<b>149,0</b>		<b>16,0</b>	
1015	(N8231) SCANIA, inv.1015	3.04.2014	2020	12	15 299	56	7,6	0,0	2	8,5	28,6	5,3	14,8%		
				11	15 243	0	1,5	0,0	1	1,5	0,0	0,0	0,0%		
				10	15 243	51	1,4	0,0	1	1,4	7,0	6,1	12,9%		
				09	15 192	216	158,4	4,3	5	19,9	8,8	5,8	54,5%		
				08	14 976	193	20,0	0,0	5	31,4	1,7	5,9	53,6%		
				07	14 783	40	35,3	5,4	4	27,2	39,1	6,3	44,4%		
				<b>Total</b>				<b>556</b>	<b>224,3</b>	<b>9,7</b>	<b>18</b>	<b>89,9</b>		<b>10,8</b>	
1016	(N8232) SCANIA, inv.1016	3.04.2014	2020	12	19 091	251	53,8	1,2	11	56,4	2,8	5,9	66,4%		
				11	18 840	172	223,3	0,3	8	49,4	22,8	6,3	45,5%		
				10	18 668	242	110,1	0,4	9	44,1	11,1	5,9	61,1%		
				09	18 426	274	31,9	0,0	5	38,5	5,3	5,8	69,2%		
				08	18 152	214	30,7	4,1	10	45,0	28,0	5,9	59,4%		
				07	17 938	47	205,1	4,9	4	20,1	45,5	5,9	52,2%		
				<b>Total</b>				<b>1 200</b>	<b>654,9</b>	<b>10,9</b>	<b>47</b>	<b>254,4</b>		<b>14,1</b>	
1206	(N812) SCANIA, inv.1206	1.06.2016	2020	12	15 997	120	16,6	9,0	6	15,5	3,7	5,5	31,7%		
				11	15 877	146	10,1	1,4	6	14,2	3,1	5,7	38,6%		
				10	15 731	143	17,1	1,9	6	29,1	8,4	5,3	36,1%		
				09	15 588	42	11,6	0,0	3	13,8	3,9	6,2	33,3%		

Joonis 22. Faktilised töötunnid masinapargil ja masinate efektiivsus.

Leht „Masinate erikulud ja kulutused“ sisaldab päise, mis muutub sõltuvalt valikust lehel (Joonis 23) ja kajastab informatsiooni kuludest ja kütusekulust tehnikale (Joonis 24).

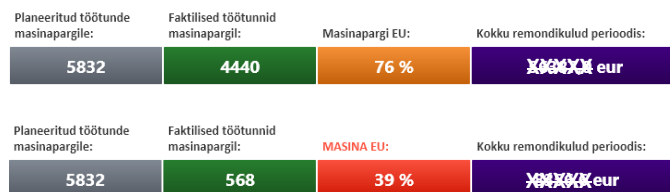


Joonis 23. Lehe päis.

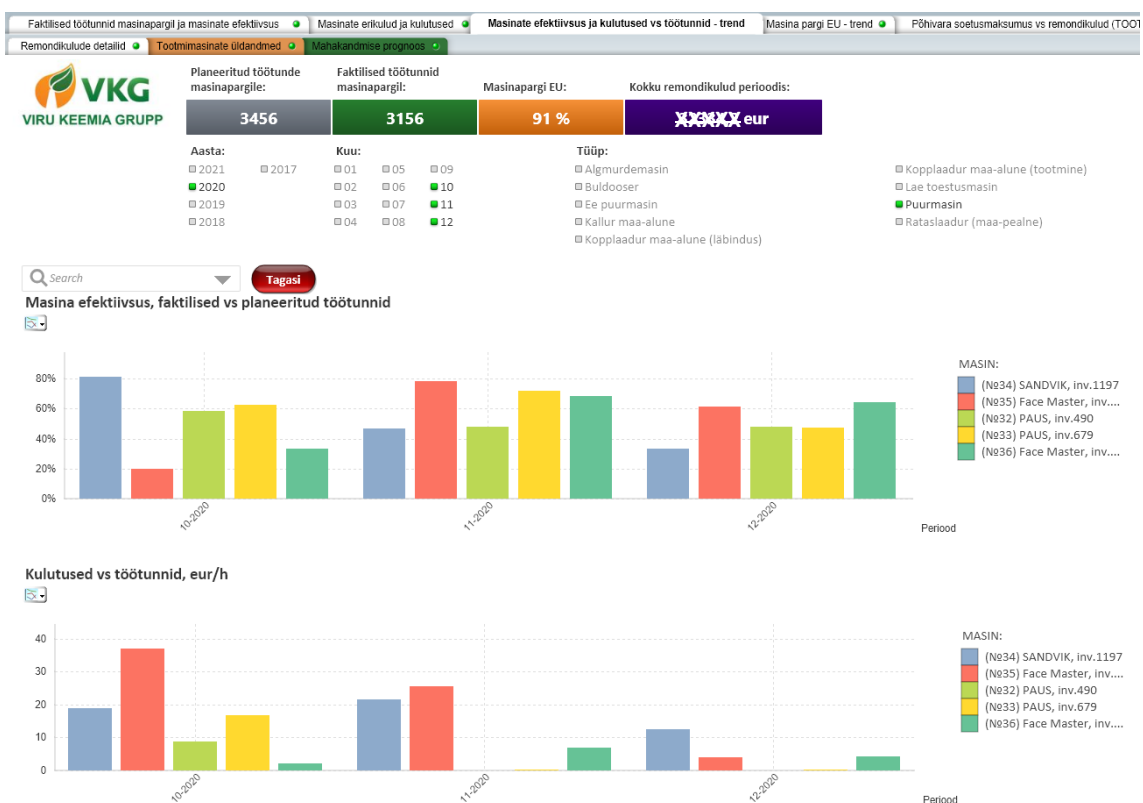


Joonis 24. Masinate erikulud ja kulutused.

Leht „Masinate efektiivsus ja kulutused vs töötunnid – trend“ sisaldab päise, mis muutub sõltuvalt valikust lehel (Joonis 25) ja kajastab informatsiooni tehnika efektiivsusest ja kuludest töötunni kohta (Joonis 26).

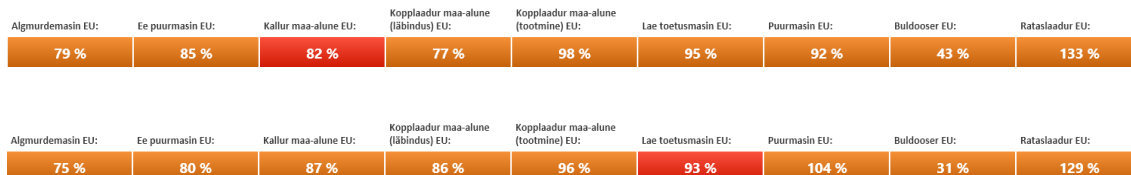


Joonis 25. Lehe päis.



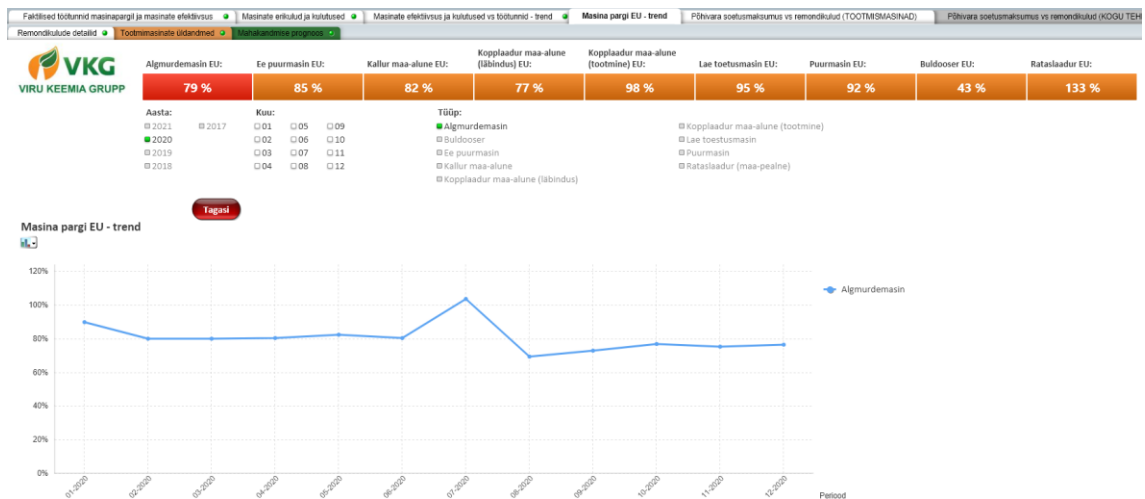
Joonis 26. Masinate efektiivsus ja kulutused vs töötunnid – trend.

Leht „Masinapargi EU - trend“ sisaldab päise, mis muutub sõltuvalt valikust lehel (Joonis 27) ja kajastab informatsiooni tehnikapargi efektiivsusest (Joonis 28).



Joonis 27. Lehe päis.





Joonis 28. Masinapargi EU – trend.

Leht „Põhivara soetusmaksumus vs remondikulud (TOOTMISMASINAD)“ sisaldab päise, mis muutub sõltuvalt valikust lehel (Joonis 29)



Joonis 29. Lehe päis.

ja kajastab järgmist informatsiooni tehnikast (Joonis 30):

- arvele võtmise kuupäeva;
- soetusmaksumust;
- jääkväärtust;
- kulusid seotud remondi- ja hooldusega;
- eluea töötunde;
- töötatud töötunde;
- seisutunde seoses remondi- ja hooldusega perioodis.

Tüüp	Omanik	Masin	PV arvele võtmise kuupäev	Soetusmaksumus	Jääkväärtus	Remondikulud	Masina eluea töötunnid	Töötanud töötunde	Masina seisutunnid seoses remondiga
Algmurdemasin	Tootmisjaoskond nr.2(KP)	(N8203) GB, inv.727	10.07.2012	17 216	6 587	4 820,4	17 216	6 587	4 820,4
		(N8204) GB, inv.728	10.07.2012	21 082	7 972	15 836,8	21 082	7 972	15 836,8
		(N8241) GB, inv.1231	24.11.2016	15 313	14 744	6 442,6	15 313	14 744	6 442,6
		(N8220) GB, inv.883	6.03.2013	18 203	7 560	13 295,3	18 203	7 560	13 295,3
		(N8251) GB, inv.1284	2.04.2018	8 744	8 726	3 455,2	8 744	8 726	3 455,2
		(N8215) GB, inv.862	22.01.2013	21 582	10 230	11 391,8	21 582	10 230	11 391,8
		(N8247) GB, inv.1273	1.03.2018	8 853	8 804	6 066,3	8 853	8 804	6 066,3
(N8260) GB, inv.1430	8.10.2019	3 509	3 509	1 080,1	3 509	3 509	1 080,1		
<b>Total</b>				<b>21 582</b>	<b>68 132</b>	<b>62 388,1</b>			
Ee puurmasin	Tootmisjaoskond nr.2(KP)	(N8224) M1L, inv.903	31.05.2013	18 250	9 099	11 552,5	18 250	9 099	11 552,5
		(N8216) BW 52, inv.nr.853	22.01.2013	13 978	1 527	5 300,0	13 978	1 527	5 300,0
		(N8234) M1L, inv.1110	10.02.2015	12 991	8 801	12 261,0	12 991	8 801	12 261,0
		(N8225) M1L, inv.904	31.05.2013	13 265	5 997	15 424,9	13 265	5 997	15 424,9
		(N8246) S1D, inv.1271	29.12.2017	12 720	12 720	5 219,9	12 720	12 720	5 219,9
		(N8255) S1D, inv.1286	24.04.2018	13 016	13 010	5 258,5	13 016	13 010	5 258,5
		(N8219) BW, inv.880	15.02.2013	11 080	1 577	3 889,9	11 080	1 577	3 889,9
		(N8238) S1D, inv.1213	1.06.2016	15 771	14 316	7 065,5	15 771	14 316	7 065,5
<b>Total</b>				<b>18 250</b>	<b>67 047</b>	<b>65 972,2</b>			

Joonis 30. Põhivara soetusmaksumus vs remondikulud (TOOTMISMASINAD).

Leht „Põhivara soetusmaksumus vs remondikulud (KOGU TEHNIKA)“ on koostatud lehe „Põhivara soetusmaksumus vs remondikulud (TOOTMISMASINAD)“ põhjal, kuid kajastab informatsiooni kaevanduse kogu tehnikast.

Leht „Remondikulude detailid“ kajastab lisainformatsiooni tehnika kuludest seotud remondi- ja hooldusega (Joonis 31).

Masin	Aasta	Periood	Töökäsk	Rike kirjeldus	Tööde teostaja	Artikkel	Summa
(N8226) FA, inv.906	2021	2	299449	люфт стрельы, сломан вентилятор охлаждения двс, продолжение н/з 269090	1407 - VKG Kaevandused OÜ	K008861 - Talm 25863212 SMAG	14 270,0
						K011759 - Sõrm D40/92 25865177 SMAG	1 200,0
(N8235) FA, inv.1111	2021	2	311679	Осмотри/ТО	1407 - VKG Kaevandused OÜ	K011828 - Sõrm 25863082 SMAG	1 200,0
						K011880 - Sõrm 25863174 SMAG	1 200,0
(N8235) FA, inv.1111	2021	2	311682	износ наконечников передней рулевой тяги	1407 - VKG Kaevandused OÜ	K011881 - Sõrm 25863334 SMAG	1 200,0
						K011953 - Solenoid Dana Spicer 4211145	1 200,0
(N8235) FA, inv.1111	2021	2	314456	Требуется переуложить шланги на р/б/Нет прожига	1407 - VKG Kaevandused OÜ	K012026 - Sõrm 50/49-293 25863138 SMAG	1 200,0
						K006074 - Simmerling NBR AS 40x62x7	1 200,0
(N8235) FA, inv.1111	2021	2	310547	порыв кабеля по скалке	1407 - VKG Kaevandused OÜ	K008051 - Silinderrull-jaager NJ208-E-IP3	1 200,0
						K009748 - Simmerling A 55x80x8	1 200,0
(N8235) FA, inv.1111	2021	2	311679	Осмотри/ТО	1407 - VKG Kaevandused OÜ	K011617 - Filtrikorpus Deutz 1182669 SMAG	1 200,0
						K011774 - V08 2585255 SMAG	1 200,0
(N8235) FA, inv.1111	2021	2	311682	износ наконечников передней рулевой тяги	1407 - VKG Kaevandused OÜ	K012058 - V08 25863213 SMAG	1 200,0
						K013325 - Käigukasti kang 004-42000 / 4200373 SMAG	1 200,0
(N8235) FA, inv.1111	2021	2	313151	обрыв жил в 50-ти жильном кабеле	1407 - VKG Kaevandused OÜ	K011984 - Liugur 25341082 SMAG	1 200,0
						K015198 - Termokahanev rüüs ilmiga HRA2-12/3/HRTM-...	1 200,0
(N8235) FA, inv.1111	2021	2	314456	Требуется переуложить шланги на р/б/Нет прожига	1407 - VKG Kaevandused OÜ	K015118 - Termokahanev rüüs must 8/2mm	1 200,0
						K011984 - Liugur 25341082 SMAG	1 200,0
(N8235) FA, inv.1111	2021	2	311682	износ наконечников передней рулевой тяги	1407 - VKG Kaevandused OÜ	K012071 - Rootlots 25876036/163R SMAG	1 200,0
						K012072 - Rootlots 25876036/163L SMAG	1 200,0
(N8235) FA, inv.1111	2021	2	314456	Требуется переуложить шланги на р/б/Нет прожига	1407 - VKG Kaevandused OÜ	K013932 - Paindivu kontrollkaabel Olflex Classic 110 50G1...	1 200,0
						K009869 - Andur Deutz 4216643	1 200,0
<b>Total</b>							<b>27 600,0</b>

Joonis 31. Remondikulude detailid.

Leht „Mahakandmise prognoos“ sisaldab päise, mis muutub sõltuvalt valikust lehel (Joonis 32)

Planeeritud töötundide arv masina kohta alates a. 2017:	Tootmisplaaniks vajalik masinate arv:	Masinate park:	Planeeritud töötunde masinapargile alates a. 2017:	Faktilised töötunnid masinapargil alates a. 2017:	Keskmine masinapargi EU alates a. 2017:
18090	6	11	139284	113664	82 %

Joonis 32. Lehe päis.

ja kajastab järgmist informatsiooni tehnikast (Joonis 33):

- arvele võtmise kuupäeva;
- amortisatsiooni kuupäeva;
- vanust –  $(soetus\_kp - amort\_kp) / 12$ , amortisatsiooni perioodi ületamise juhul väärtus on punane );
- eluea töötunde (oodatava eluea ületamise juhul väärtus on punane);
- kumulatiivseid töötatud töötunde alates a. 2017;
- kumulatiivseid kulutusi alates a. 2017;
- kumulatiivseid kulutusi rehvidele alates a. 2017;
- kumulatiivseid kulutusi tunni kohta alates a. 2017;
- kumulatiivseid masinapargi kulutused tunni kohta alates a. 2017 (agregeeritud tehnikatüübi kohta);
- kumulatiivseid tööjõukulusid alates a. 2017;
- kumulatiivseid tööjõukulusid tunni kohta alates a. 2017;
- keskmist efektiivsust alates a. 2017.
- keskmist masinapargi efektiivsust alates a. 2017.

Planeeritud töötundide arv masina kohta alates a. 2017:		Tootmisplaaniks vajalik masinate arv:		Masinate park:	Planeeritud töötundide masinapargile alates a. 2017:	Faktilised töötunnid masinapargil alates a. 2017:	Keskmine masinapargi EU alates a. 2017:
155733		-		59	760128	603928	79 %

Aasta:	Kuu:	Tüüp:	Oodatav eluiga m/h
<input checked="" type="checkbox"/> 2021	<input type="checkbox"/> 01	<input type="checkbox"/> Algmurdemasin	19000
<input type="checkbox"/> 2020	<input type="checkbox"/> 02	<input type="checkbox"/> Buldooser	30000
<input type="checkbox"/> 2019	<input type="checkbox"/> 03	<input type="checkbox"/> Ee puurmasin	15000
<input type="checkbox"/> 2018	<input type="checkbox"/> 04	<input type="checkbox"/> Kallur maa-alune	20000
		<input type="checkbox"/> Kopplaadur maa-alune (lõbindus)	25000
		<input type="checkbox"/> Kopplaadur maa-alune (tootmine)	25000
		<input type="checkbox"/> Lae toetusmasin	20000
		<input type="checkbox"/> Puurmasin	25000
		<input type="checkbox"/> Rataslaadur (maa-peatse)	25000
		<input type="checkbox"/> Rataslaadur (maa-peatse)	30000

Masin	PV arele võtmise kuupäev	Amort. kuupäev	Aasta	Masina vanus (aastad)	Masina eluea töötunnid	Töötatud töötundide alates a. 2017	Kulutused alates a. 2017, eur	Sseihulgas rehvire alates a. 2017, eur/h	Kumulatsioonid tunni kohta alates a. 2017, eur/h	Masinapargi kumulatsioonid tunni kohta alates a. 2017, eur/h	Töötatud töötundide alates a. 2017, eur	Töötatud tunni kohta alates a. 2017, eur/h	Keskmine masina EU alates a. 2017	Keskmine masinapargi EU alates a. 2017	KAAL
(N232) PAUS, inv.490	8.11.2011	14.11.2020	2021	9,2	31 701	12 048	12 048	132,2	6,4	7,6	12 048	2,2	63,9%	60,3%	3,9
(N233) PAUS, inv.679	13.06.2012	13.06.2017	2021	8,6	32 167	13 460	13 460	155,2	6,1	7,6	13 460	2,0	71,3%	60,3%	4,4
(N204) GB, inv.728	10.07.2012	10.07.2017	2021	8,5	21 031	7 921	7 921	92,0	16,4	11,8	7 921	6,8	35,0%	66,4%	6,1
(N208) FA, inv.757	31.08.2012	31.08.2017	2021	8,4	26 858	12 833	12 833	152,8	9,6	8,7	12 833	5,2	56,6%	93,5%	5,8
(N209) FA, inv.758	31.08.2012	31.08.2017	2021	8,4	20 484	10 256	10 256	121,9	11,7	8,7	10 256	5,5	45,2%	93,5%	5,8
(N213) ST1030, inv.804	15.10.2012	31.12.2018	2021	8,3	25 318	9 638	9 638	114,8	21,2	20,9	9 638	5,5	53,3%	62,7%	4,3
(N215) GB, inv.862	22.01.2013	22.01.2018	2021	8,0	21 393	10 041	10 041	120,5	13,2	11,8	10 041	6,1	44,3%	66,4%	5,1
(N220) GB, inv.883	6.03.2013	6.03.2018	2021	7,8	18 147	7 904	7 904	93,8	15,2	11,8	7 904	6,6	33,1%	66,4%	5,7
(N222) FA, inv.892	11.04.2013	11.04.2018	2021	7,8	21 722	12 972	12 972	153,2	8,1	8,7	12 972	5,7	57,2%	93,5%	5,3
(N227) FA, inv.915	20.06.2013	20.06.2018	2021	7,6	21 523	11 606	11 606	138,3	8,2	8,7	11 606	5,2	51,2%	93,5%	5,1
(N211) SCANIA, inv.934	2.08.2013	29.08.2020	2021	7,4	22 380	9 896	9 896	117,3	9,6	7,7	9 896	3,9	54,7%	81,6%	4,6
(N231) SCANIA, inv.1015	3.04.2014	3.04.2019	2021	6,8	15 299	7 266	7 266	85,9	8,5	7,7	7 266	3,6	40,2%	81,6%	5,1
(N232) SCANIA, inv.1016	3.04.2014	3.04.2019	2021	6,8	19 333	11 302	11 302	133,7	9,5	7,7	11 302	3,4	62,5%	81,6%	4,6
(N229) ST1530, inv.1036	17.04.2014	12.12.2020	2021	6,8	23 715	12 562	12 562	148,2	25,5	17,3	12 562	4,6	58,6%	82,7%	4,3
(N235) FA, inv.1111	21.02.2015	21.02.2020	2021	5,9	17 667	11 693	11 693	198,1	9,1	8,7	11 693	4,4	51,5%	93,5%	4,4

Joonis 33. Mahakandmise prognoos.

Analüütilise lahenduse koostamisel tekkis autori ees küsimus, kuidas hinnata tehnika mahakandmise vajadust. Lahendusena autor otsustas kasutada tunnuseid, mille summerimine annaks kaalu. Mida kõrgem on kaal, seda olulisem on põhjus tehnika mahakandmiseks.

Arvutustest on moodustatud järgmised tunnused:

- OAU – oodatava amortisatsiooni ületamine  
*tehnika vanus/tehnika amortisatsioon aastates;*
- OEU – oodatava eluea ületamine  
*tehnika kumulatiivsed töötatud töötunnid/tehnikaüübi oodatav eluiga töötundides;*
- PTH – planeeritud töötundide hälve  
*tehnika kumulatiivsed töötatud töötunnid/kumulatiivne planeeritud töötundide arv masina kohta;*
- KAU – keskmise kulutuse tunni kohta ületamine  
*(kumulatiivsed tehnika kulutused/kumulatiivsed tehnika töötatud töötunnid)/(kumulatiivsed kulud masinapargis/kumulatiivsed töötatud töötunnid masinapargis);*
- KTU – keskmise tööjõukulutuse ületamine  
*(kumulatiivsed tehnika tööjõukulutused/kumulatiivsed tehnika töötatud töötunnid)/(kumulatiivsed kulud masinapargis/kumulatiivsed töötatud töötunnid masinapargis);*

- KEH – keskmisest efektiivsusest hälve

*(tehnika kumulatiivsed töötatud töötunnid/kumulatiivne planeeritud töötundide arv masina kohta)/(kumulatiivsed töötatud töötunnid masinapargis/kumulatiivne planeeritud töötundide arv masinapargis).*

Tunnustest on moodustatud järgmiseid koefitsiente:

- koefitsient OAU = OAU;
- koefitsient OEU = OEU;
- koefitsient PTH = IF(PTH<1;1-PTH;0) – mida madalam on PTH, seda kõrgem peab olema kaal => 1-PTH. Kui PTH rohkem kui 100%, siis ei võeta arvesse;
- koefitsient KAU = KAU;
- koefitsient KTU = KTU;
- koefitsient KEH = IF(KEH <1;1- KEH;0) – mida madalam on KEH, seda kõrgem peab olema kaal => 1-KEH. Kui KEH rohkem kui 100%, siis ei võeta arvesse.

Lõpptulemusena kaal tehnika mahakandmise hindamiseks on ülalpool arvutatud koefitsientide summa.

Mahakandmise prognoosi tabelis on esitatud tehnika, mille mahakandmise kaal on kõrgem või võrdne 3,5, mis on märgiks, et masinale on vaja teha kapitaalremonti või maha kanda.

Leht „Tootmismasinate üldandmed“ on koostatud lehe „Mahakandmise prognoos“ põhjal, kuid lisatud samad arvutused kuude ja aastate lõikes.

Analüütilise lahenduse informatsiooni uuendatakse automaatselt kord ööpäevas. Analüütiline lahendus võimaldab operatiivselt ja täpselt hinnata masinapargi ja iga eraldioleva tootmismasina efektiivsust. On võimalus võrrelda iga eraldioleva tootmismasina efektiivsust selle konkreetse eritüübilise masinagrupi efektiivsusega kogu masinapargist. Analüütiline lahendus võimaldab hinnata tehnika remondile ja hooldusele kulutatud inimitunde, remondi- ja hooldusega seotud seisu aega ja sellega seotud kulusid ja tööjõukuluseid ning võrrelda kulusid masina soetusmaksumusega ja jääkväärtusega või selle konkreetse eritüübilise masinagrupi keskmiste kuludega. Lisaks on võimalus hinnata tootmismasina erikuluseid ja kogu kulusid töötunni kohta. Samuti võimaldab analüütiline lahendus prognoosida tehnika mahakandmist või kapitaalremondi vajadust.

Andmete jooksva lisandumisel, muutub masinate mahakandmise või kapitaalremondi prognoos täpsemaks. Põhjus seisneb selles, et andmete täisväärtuslik kogumise süsteem on võetud kasutusele alates 2017 aastast ning paljude masinate eelnevalt prognoositud amortisatsioon ja kulud alles akumulatsioon ja väljaehitatud analüütiline lahendus ja kasutajad vajavad masina lõpliku eluea prognoosimiseks veel andmeid

Tootmismasinate efektiivsuse hindamine, kulude analüüs ja mahakandmise prognoos on hetkel juba ettevõttes kasutusele võetud.

## **3 Analüüs ja järeldused**

### **3.1 Tulemused**

Autor on loonud monitooringusüsteemi VKG Kaevandused OÜ-s kasutatava tootmistehnika seisundi jälgimiseks ja hindamiseks. Monitooringusüsteem koosneb seitsmest erineva otstarbega analüütilistest lahendustest ja kuvab kõike tootmistehnikaga seotud vajalikku informatsiooni, mis katab erinevate sihtrühmade vajadusi. Süsteem võimaldab jälgida ja hinnata:

- iga eraldioleva tootmismasina seisu ja üldist masinapargi hetkeolukorda;
- tootmismasinate hetke asukohta ja asukoha ajalugu;
- tootmismasinate remondi/ülevaatuse teostamise prioriteeti;
- tootmismasinate valmisolekut;
- tootmismasinate kättesaadavust;
- iga eraldioleva tootmismasina efektiivsust ja üldist masinapargi efektiivsust;
- iga eraldioleva tootmismasina kulusid ja üldist masinapargi kulusid;
- tootmismasinate mahakandmise või kapitaalremondi vajadust.

Monitooringusüsteem vastab püstitatud nõuetele. Analüütilised lahendused on kättesaadavad määratud kasutajatele ööpäevaringselt. Andmed uuenevad kokkulepitud intervalliga. Analüütilisi lahendusi on võimalik kergesti parandada ja edasi arenda. Monitooringusüsteem on realiseeritud vahenditega, mis on juba ettevõttes kasutusel (SSRS ja QV), seetõttu ei nõudnud olulisi lisakulusid.

Kõik monitooringusüsteemi analüütilised lahendused on hetkel juba ettevõttes kasutusele võetud.

### **3.2 Probleemid ja lahendused**

Monitooringusüsteemi loomisel tekkis autori ees ülesanne, kuidas paigutada suurt hulka vajalikku informatsiooni ekraanile, et andmete visualiseerimine oleks kompaktne, aga samal ajal piisavalt sisukas ja annaks võimaluse kiiresti olukorda hinnata.

Et kuvatud informatsioon oleks kiiresti loetav ja hõlpsasti mõistetav kasutas autor värve, ikoone, lühendeid ja hüpikvihjeid lisainformatsiooniga. Andmete visualiseerimise kavandid, värvid ja ikoonid kooskõlastas autor monitooringusüsteemi kasutajatega.

Monitooringusüsteemi loomisel tekkis autori ees probleem andmetega, mis on põhjustatud RFID-märgiste ja RFID-lugerite ebastabiilse lugemisega. Seetõttu on tehnika vaheldumisi „in“ ja „out“ sündmuste asemel andmebaasis fikseeritud kaks järjestikku „in“ või „out“ sündmust. See olukord on üsna haruldane juhtum, kuid võib takistada tehnika tegeliku asukoha välja selgitamist.

Autor otsustas probleemi lahendada kahe järjestikku „in“ sündmuse vahele „out“ sündmuse lisamisega, kus on „out“ sündmuse aeg=järgmine „in“ sündmuse aeg, ja vastupidi kahe järjestikku „out“ sündmuse vahele „in“ sündmuse lisamisega, kus on „in“ sündmuse aeg=eelmine „out“ sündmuse aeg. See lahendus ei garanteeri tehnika igal hetkel tegeliku asukohta ja asukohas viibimise aega 100% täpsusega, kuid arvutusviga on palju väiksem. Autor kooskõlastas probleemi lahenduse kasutajatega (antud juhul ettevõtte remondipersonali esindaja- ja juhtkonnaga).

Analüütilise lahenduse koostamisel tekkis autori ees küsimus, kuidas hinnata tehnika mahakandmise või kapitaalremondi vajadust.

Autor selgitas välja kõik tegurid ja kriteeriumid, mis mahakandmise või kapitaalremondi vajaduse otsust mõjutavad, ja rakendas oma algoritmi, mille ideeks on kaalu kasutamine. Lahendusena on kasutatud arvutatud tunnuseid, millest on moodustatud koefitsiente. Lõpptulemusena, kaal tehnika mahakandmise või kapitaalremondi vajaduse hindamiseks on arvutatud koefitsientide summana. Mida kõrgem on kaal, seda olulisem on põhjus tehnika mahakandmise- või kapitaalremondiks. Autor kooskõlastas algoritmi kasutajatega (antud juhul ettevõtte remondipersonali esindaja- ja juhtkonnaga).

### **3.3 Kasutajate rahulolu hindamine**

Monitooringusüsteemi kasutajate rahulolu hindamiseks koostas autor veebipõhise küsitluse kasutades Google vorme [30].



Küsitluse koostamisel kasutas autor sotsiaalteaduslike andmekogumise ja analüüsi meetodite ning vahendite veebiõpikut, mis on koostatud Tartu Ülikooli ühiskonnateaduste instituudi poolt [31].

Esialgse monitooringusüsteemi loomise peamiseks eesmärgiks on aidata remonditeenistust töö organiseerimisel ja operatiivsete ning mõistlike juhtimisotsuste tegemisel. Süsteem on algselt mõeldud remondipersonalile ja kesk- ning kõrgastmejuhtidele kasutamiseks. Kuid peale selle kasutusele võtmist tekkis olukord, et monitooringusüsteemi kasutavad ka tehnikaoperaatorid. Arvestades seda valis autor küsitluse läbiviimiseks kolm sihtgruppi: juhtkond (keskastme ja vanemjuhid), remondipersonal ja tehnikaoperaatorid.

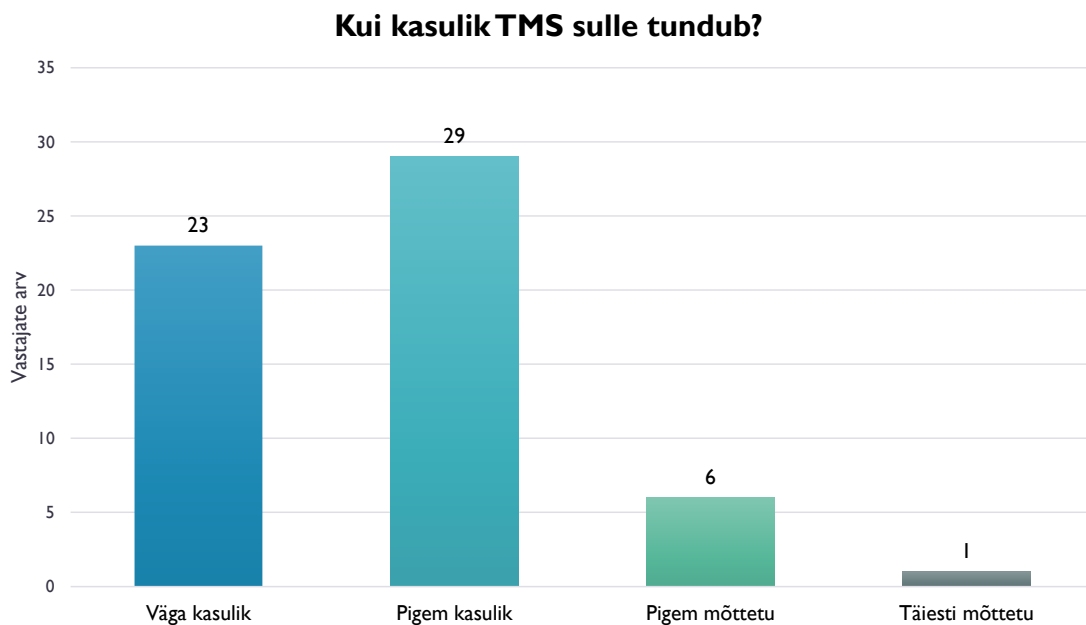
Küsitluses oli kokku 13 küsimust (vt Lisa 2): üks sisuline küsimus (annab infot vastajate kohta), kaheksa kinnist küsimust (vastusevariantidega küsimused) ja neli avatud küsimust (vastaja saab oma sõnadega vastata) [31].

Kõik küsimused, välja arvatud avatud küsimused, olid kohustuslikud täitmiseks. Avatud küsimused täideti osaliselt vastajate omal soovil.

Küsitluses osales 59 vastajat.

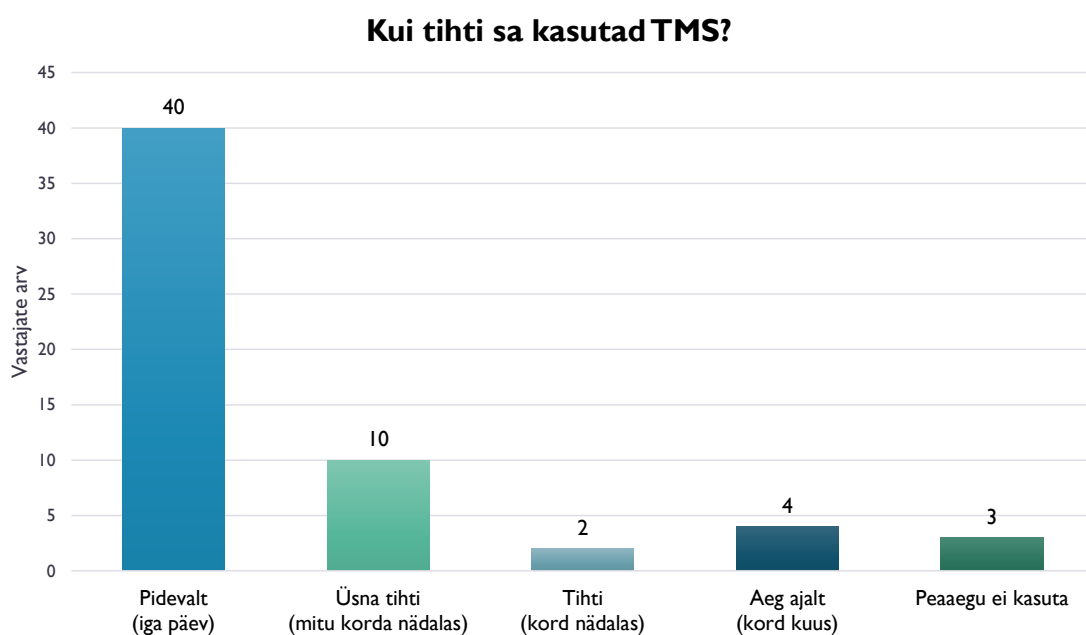
Allpool on esitatud küsitluse kinniste küsimuste tulemused.

42 vastajat ehk 88% peavad tehnika monitooringusüsteemi (TMS) kasulikuks. Samal ajal 7 vastajat ehk 12% peavad TMS-i mõttetuks (Joonis 34).



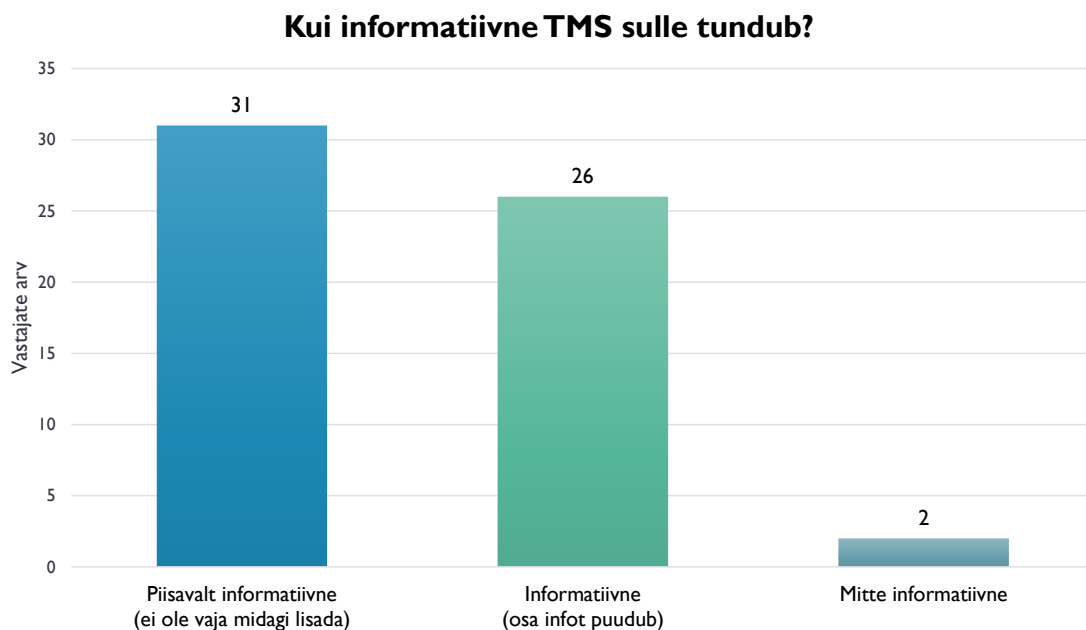
Joonis 34. Diagramm 1.

52 vastajat ehk 85% kasutavad TMS-i vähemalt kord nädalas, millest 40 vastajat ehk 68% kasutavad TMS-i iga päev (Joonis 35).



Joonis 35. Diagramm 2.

57 vastajat ehk 97% peavad TMS-i informatiivseks. Samal ajal 2 vastajat ehk 3% peavad TMS-i mitte informatiivseks (Joonis 36).



Joonis 36. Diagramm 3.

Vastuse „Informatiivne (osa infot puudub)“ kõrvale on saanud kommentaarid ainult lahendustele, mis on realiseeritud RS abiga. Need kommentaarid on ettepanekud ja soovitusel, mida sooviks lisaks näha:

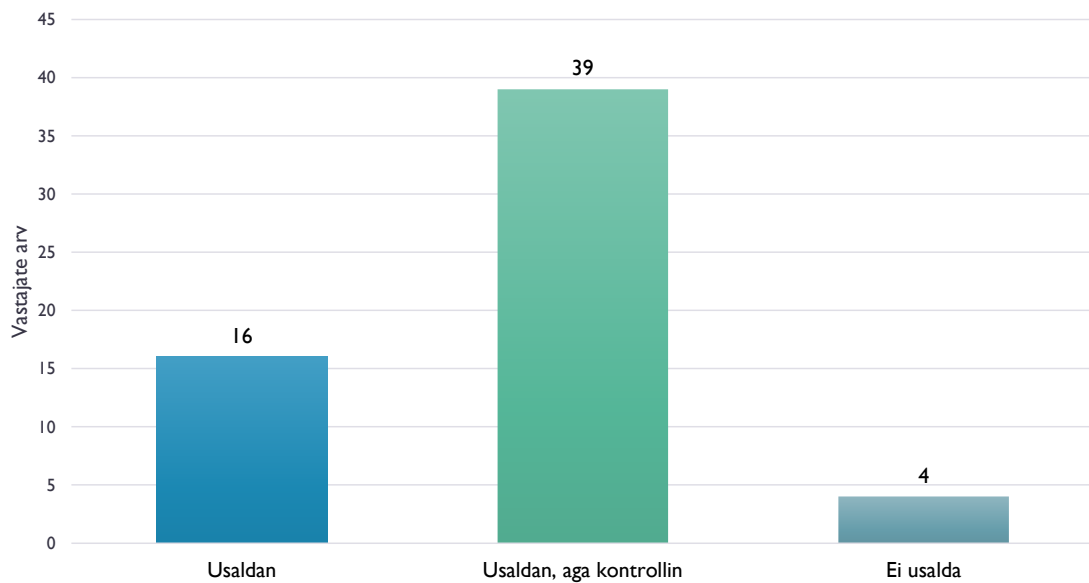
*„Sooviks näha masinate ja/või seadmete remondi eeldatavat lõpetamise aega“*

*„Masinate asukoha puhul oleks ülevaatlikum näha seda kaevanduse kaardil“*

Kommentaarid on esitatud ettevõtte juhtkonnale, kes hindavad nende soovide vajadust, tähtsust ja elluviimise võimalust.

16 vastajat ehk 27% täiesti usaldavad TMS-i teavet. Samal ajal 39 vastajat ehk 66% usaldavad TMS-i teavet, kuid aeg-ajalt kontrollivad selle õigsust. 4 vastajat ehk 7% ei usalda TMS-i teavet (Joonis 37).

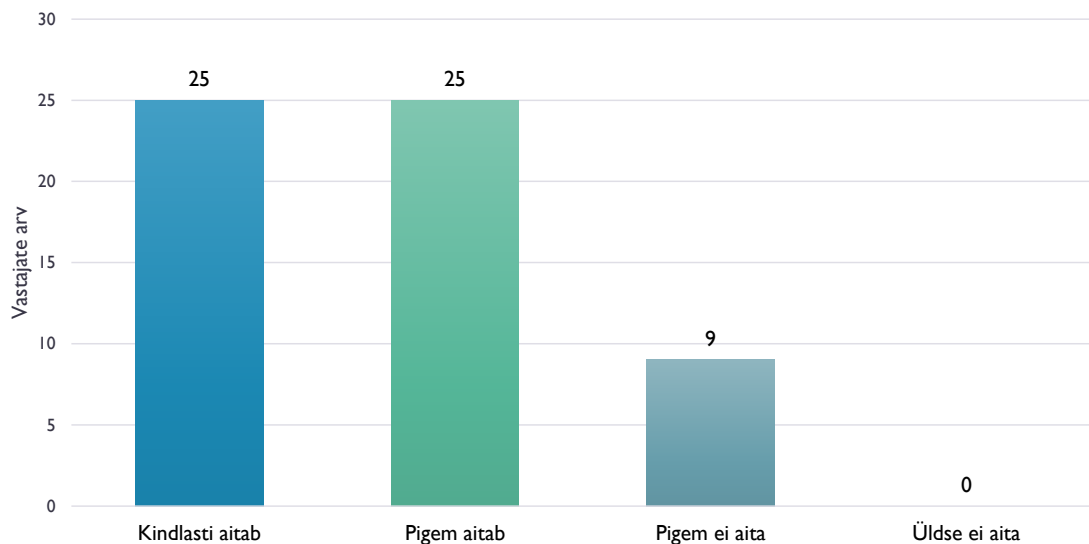
### Kui palju sa usaldad TMS teavet?



Joonis 37. Diagramm 4.

50 vastajat ehk 84% on kindlad, et TMS aitab operatiivseid ja juhtivaid otsuseid vastu võtta. Samal ajal 9 vastajat ehk 16% arvavad, et TMS ei aita otsuseid vastu võtta (Joonis 38).

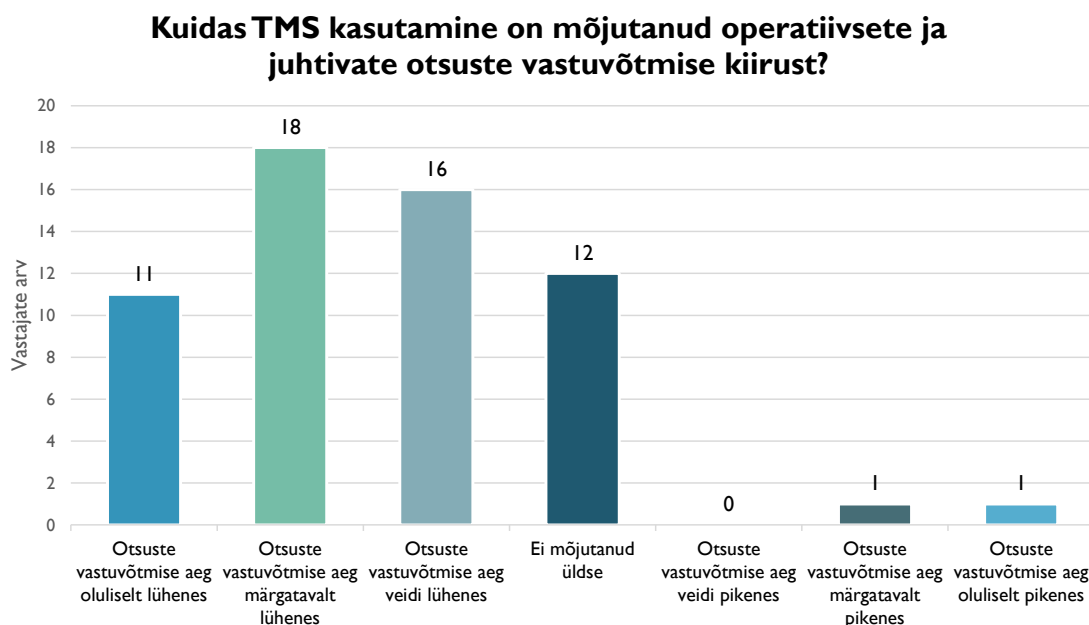
### Kas TMS aitab sul operatiivseid ja juhtivaid otsuseid vastu võtta?



Joonis 38. Diagramm 5.

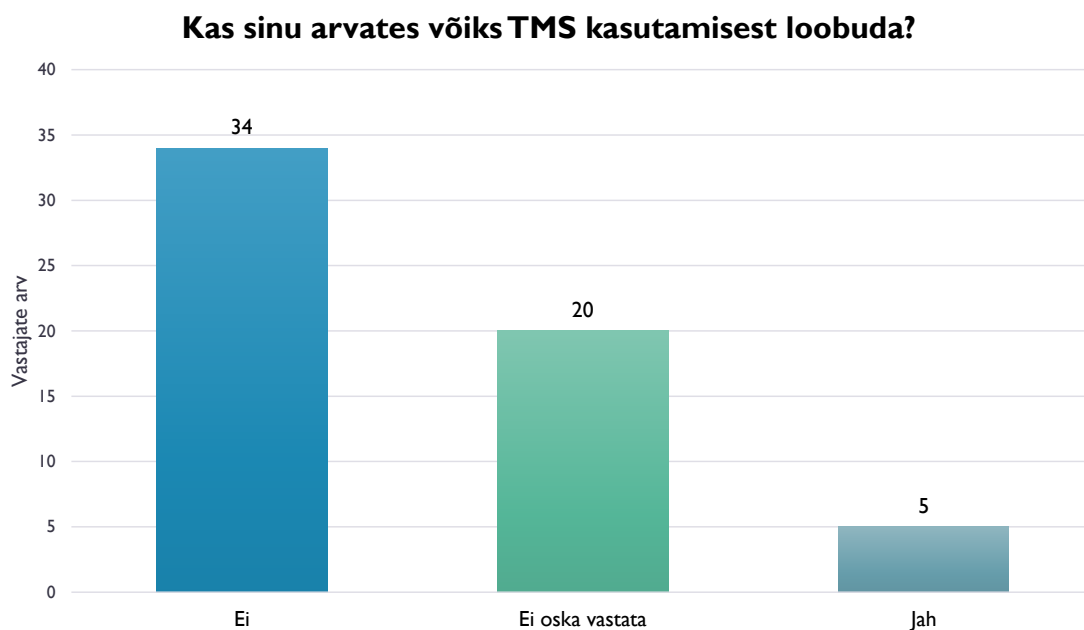
45 vastajat ehk 76% tunnistavad, et TMS-i kasutamine lühendas operatiivsete ja juhtivate otsuste vastuvõtmise aega. 12 vastajat ehk 20% tunnistavad, et TMS-i kasutamine ei

mõjutanud otsuste vastuvõtmise kiirust. Samal ajal 2 vastajat ehk 4% tunnistavad, et TMS-i kasutamine pikendas otsuste vastuvõtmise aega (Joonis 39).



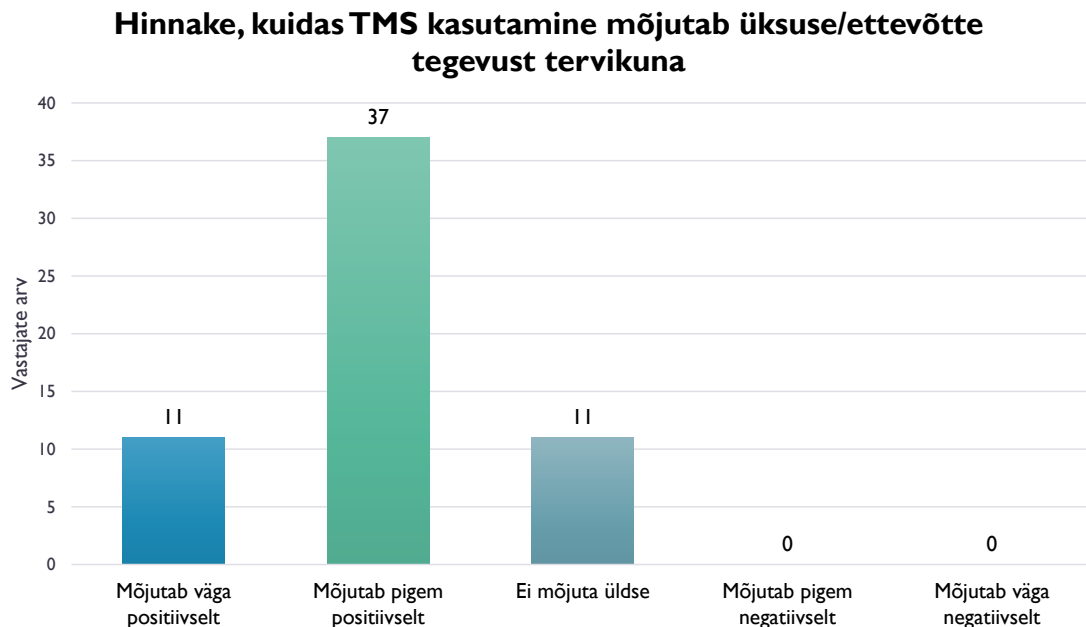
Joonis 39. Diagramm 6.

34 vastajat ehk 58% on kindlad, et ei tahaks TMS-i kasutamisest loobuda. 20 vastajat ehk 34% ei osanud vastata, kas võiks TMS-i kasutamisest loobuda. 5 vastajat ehk 8% arvasid, et võiks TMS-i kasutamisest loobuda (Joonis 40).



Joonis 40. Diagramm 7.

48 vastajat ehk 81% on kindlad, et TMS-i kasutamine mõjutab üksuse/ettevõtte tegevust tervikuna positiivselt. Samal ajal 11 vastajat ehk 19% arvavad, et TMS-i kasutamine ei mõjuta üksuse/ettevõtte tegevust tervikuna üldse (Joonis 41).



Joonis 41. Diagramm 8.

Küsitluses palus autor hinnata tunnetuslikult/keskmiselt mitu protsenti kahanes otsuste tegemise kiirus TMS-i kasutuselevõttuga. Vastajate arvates otsuste vastuvõtmise ajakulu vähenes 20%-70% ehk keskmiselt 43% võrra.

Avatud küsimusele „Milliste probleemide lahendamisele aitab kaasa sinu arvates TMS kasutamine sinu töös?“ on saadud järgmised kommentaarid:

*„Aitab näha tehnika kogust, mis on vajalik vahetuse ülesannete täitmiseks ja tehnika hetke asukohta“*

*„Tööde planeerimine“*

*„Probleemid/ülesanded tööde jaotuses“*

*„Operatiivsus“*

*„Kasutan infot, mis hetkel vajalik“*

*„Näeme masinate asukohta kaevanduses“*

*„Tööprotsessidega seotud otsuste vastuvõtt“*

*„TMS abil meie mäemeistrid saavad info kui palju masinaid on hetkel töös/remondis (kas piisab tootmisplaani täitmiseks või ei ole). Samuti masinate operaatorid jälgivad kus masinad asuvad kaevanduses – see on tähtis teada vahetuse alguses. Ühesõnaga operatiivne info. QV-s on päris palju kasulikku informatsiooni, mis nt. annab vastuse milline masin läheb kapp.remonti või utiliseerimiseks – kui palju on masinaid veel vaja juurde osta, et täiendada tootmisplaani. Masina efektiivsus, kulud, erikulud, remondi tunnid, eluea tunnid ja palju muud tegurid võimaldavad koostada tervikpildi masinate seisukorrast.“*

Avatud küsimusele „Kas teil on ettepanekuid TMS parendamiseks?“ kommentaarid on esitatud ettevõtte juhtkonnale, kes hindavad nende soovide vajadust, tähtsust ja elluviimise võimalust.

Avatud küsimusele „Tooge näide, millal TMS aitas/ei aidanud konkreetsetes olukorras“ on saadud järgmised kommentaarid:

*„Neid on palju ja nad on igapäevased“*

*„Tootmismasinate ja remondipersonali töö ja kulude analüüs, masinate asukoht, uute masinate kasutuselevõtu prognoosimine jne“*

*„Enne TMS süsteemide rakendamist meie tootmisjaoskonnas olime pidevalt kuulnud, et tootmisplaan ei teostata seadmete puudumise tõttu ning neid väiteid oli raske ümber lükata. Nüüd on võimalik koheselt vastata, kas tootmisplaani mittetäitumine oli põhjustatud tehnika puudumise tõttu või oli see seotud teiste probleemidega. Iganädalastel juhtide koosolekutel on meil TMS silmade ees ja selle aruannete baasil on võimalik teha erinevaid otsuseid.“*

### **3.4 Edasised arendused**

Loodud monitooringusüsteemi kui ka süsteemi iga eraldiolevat analüütilist lahendust on võimalik lihtsasti edasi laiendada ja täiendada.

Peale monitooringusüsteemi kasutusele võtmist ettevõttes on mõningaid analüütilisi lahendusi mitu korda täiendatud ja kohati parandatud, sest aeg-ajalt tekkivad ettevõttes

uued ideed ning vajadused. Lõputöös on analüütilised lahendused esitatud viimaste muudatustega.

Tulevased arendused arvestavad ettevõttes tekkivate uute ideede ja vajadustega. Sealhulgas on plaanis kasutajate rahulolu hindamise tulemustes esitatud kommentaare arvesse võtta.

Ettevõtte lähimlaanis on QlikView teise QlikSense tarkvaraga asendamine, kuna Qlik ettevõtte lõpetab QlikView arendamise ja jätkab oma järgmise põlvkonna analüüsiplatvormi QlikSense arendusega [32].

Seoses tarkvara asendamisega kuulub tulevaste arenduste hulka ka QlikView abiga loodud analüütiliste lahenduste QlikSense-le üleviimine.

### **3.5 Järeldused**

Loodud monitooringusüsteem vastab kõigile püstitatud nõuetele ning on hetkel juba ettevõttes kasutusele võetud.

Monitooringusüsteem on terviklik ja kuvab kõike võimaliku informatsiooni seotud tootmistehnika elutsükliga ning katab erinevate sihtrühmade informatsiooni vajadusi. Süsteem on lihtsasti kasutatav. Kasutatud visualiseerimise meetodid võimaldavad infot kiiresti lugeda, mõista ja rakendada töös.

Vajadusel on süsteemi võimalik kergesti täiendada ja edasi arendada.

Kasutajate rahulolu uuringu tulemused andsid positiivseid näiteid ja tõendavad, et loodud monitooringusüsteem toob ettevõttele vaieldamatult kasu ja aitab igapäevases töös, millega on nõus rohkem kui 80% vastajatest. Loodud süsteem aitab remonditeenistust ja tehnikaoperaatoreid töö organiseerimisel. Samuti aitab süsteem kaasa operatiivsete otsuste vastuvõtmisel ning mõistlike juhtimisotsuste tegemisel, mille ajakulu vähenes keskmiselt ligi kahekordselt pärast monitooringusüsteemi kasutusele võtmist.

Ülaltpoolt lähtudes järeldub, et lõputöös püstitatud eesmärk on autori poolt saavutatud.



## Kokkuvõte

VKG Kaevandused OÜ-s on töös ja ekspuaterimisel suur hulk erineva otstarbega tehnikat ja seadet, kus tootmismasinad on kriitilise tähtsusega. Ettevõtte strateegiliseks eesmärgiks on seadmete efektiivne kasutamine ja nende efektiivsuse suurendamine, kus kvaliteetne remont ja õigeaegne hooldus mängivad väga olulist rolli. Oma protsesside tõhusamaks haldamiseks on ettevõttel suur vajadus andmete süstematiseerimiseks ning nende esitlemiseks kujul, mis tagaks kõige efektiivsema eesmärgi saavutamise.

Lähtudes ettevõtte vajadusest oli lõputöö eesmärgiks VKG Kaevandused OÜ-s kasutatava tootmistehnika seisundi jälgimiseks ja hindamiseks monitooringusüsteemi loomine, mis aitaks remonditeenistust töö organiseerimisel, tehnika efektiivsuse hindamisel ja operatiivsete ning mõistlike juhtimisotsuste vastuvõtmisel.

Monitooringusüsteemi arenduse ajal autor juhendus välearenduse printsiipidest, mille põhiideeks on arenduse jagamine etappideks, kus iga etapp koosneb planeerimisest, nõuete analüüsist, arendamisest ja kujundamisest.

Vajaduste ja nõuete analüüsimise etapil autor selgitas ja võttis arvesse erinevate sihtrühmade põhivajadusi, mis edaspidi oli rühmitatud sõltuvalt otstarbest ja informatsiooni uuendamise kiiruse nõudest.

Lõputöö tulemusena on autor loonud monitooringusüsteemi ettevõttes kasutatava tootmistehnika seisundi jälgimiseks ja hindamiseks. Monitooringusüsteem koosneb kompleksist erineva otstarbega analüütilistest lahendustest ja kuvab kõike tootmistehnikaga seotud vajalikku informatsiooni, mis katab erinevate sihtrühmade vajadusi.

Loodud monitooringusüsteem vastab kõigile püstitatud eesmärkidele ja nõuetele, mida tõendavad kasutajate rahulolu uuringu tulemused ning aitab remonditeenistust ja tehnikaoperaatoreid töö organiseerimisel. Süsteem aitab juhtkonda operatiivsete otsuste vastuvõtmisel ning mõistlike juhtimisotsuste tegemisel. Monitooringusüsteem toob ettevõttele vaieldamatult kasu. Kasutatud visualiseerimise meetodid võimaldavad informatsiooni kiiresti lugeda, mõista ja rakendada töös.

Loodud monitooringusüsteemi on võimalik edasi arendada ja täiustada.

## Kasutatud kirjandus

- [1] Viru Keemia Grupp, 2020. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.vkg.ee/ettevottest/>. [Kasutatud 25 Märts 2021].
- [2] Michael H Mescon, Michael Albert, Franklin Khedouri, „Management“ (3<sup>rd</sup> ed), [E-raamat], 1988.
- [3] Toomas Lukk, „Ettevõtte äriprotsesside efektiivsuse tõstmine kliendisuhete halduse lahenduse juurutamise abil“, 2005.
- [4] Mohamed A.Abd Elmonem, Eman S.Nasr, Mervat H.Geitha „Benefits and challenges of cloud ERP systems – A systematic literature review“. Future Computing and Informatics Journal, Vol. 1, Issues 1–2, Pages 1-9, December 2016.
- [5] Carlos J.Costa, ManuelaAparicio, JoaoRaposoc „Determinants of the management learning performance in ERP context“. Heliyon, Vol. 6, Issue 4, April 2020, e03689.
- [6] JaewoongChoi, JaeminChung, Byoung-YoulCoh, Jae-MinLee „Social media analytics and business intelligence research: A systematic review“ Information Processing & Management, Vol. 57, Issue 6, November 2020, 102279.
- [7] Eesti standard EVS ISO 55001:2015, Varahaldus; Juhtimissüsteemid; Nõuded. Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus, detsember 2015.
- [8] IFS. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.ifs.com/us/solutions/>. [Kasutatud 15 November 2020].
- [9] Jyotirm oy Patgiri, „LEVERAGING BIG DATA ANALYTICS IN THE PUBLIC SECTOR: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES“, 2019
- [10] Tashi Dolma, „GRAPHICAL USER INTERFACE DEVELOPMENT FOR PRODUCTION MONITORING SYSTEM TOOTMISE MONITOORINGU SÜSTEEMI KASUTAJALIIDESE ARENDUS“, 2016.
- [11] Aleksei Snatkin, „Development and Optimisation of Production Monitoring System“, 2016.
- [12] Sandrina Vilarinho, Isabel Lopes, Sérgio Sousa, „Design procedure to develop dashboards aimed at improving the performance of productive equipment and processes“. Procedia Manufacturing. Vol. 11, Pages 1634 – 1641, 2017
- [13] Stephen R.Midway, „Principles of Effective Data Visualization“. Patterns, Vol. 1, Issue 9, 100141, December 2020
- [14] Julio CesarPereira, Rosaria de F.S.M.Russo, „Design Thinking Integrated in Agile Software Development: A Systematic Literature Review“. Procedia Computer Science, Vol. 138, Pages 775-782, 2018.
- [15] Eesti standard EVS-EN 15341:2019, Hooldus – Hoolduse võtmenäitajad. Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus, oktoober 2019.
- [16] Microsoft, What is SQL Server Management Studio (SSMS)? [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/ssms/sql-server-management-studio-ssms?view=sql-server-ver15>. [Kasutatud 26 jaanuar 2021].
- [17] Microsoft, What is SQL Server Reporting Services (SSRS)? [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/reporting-services/create-deploy-and-manage-mobile-and-paginated-reports?view=sql-server-ver15>. [Kasutatud 26 jaanuar 2021].

- [18] Microsoft, Report Builder in SQL Server. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/reporting-services/report-builder/report-builder-in-sql-server-2016?view=sql-server-ver15>. [Kasutatud 26 jaanuar 2021].
- [19] Microsoft, Pricing and licensing for Windows Server 2019 . [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.microsoft.com/en-us/windows-server/pricing>. [Kasutatud 29 jaanuar 2021].
- [20] Microsoft, How to license SQL Server. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-2019-pricing>. [Kasutatud 29 jaanuar 2021].
- [21] Oracle, Oracle SQL Developer. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.oracle.com/database/technologies/appdev/sqldeveloper-landing.html>. [Kasutatud 26 jaanuar 2021].
- [22] Infovara, QlikView. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.infovara.ee/qlik/qlikview/>. [Kasutatud 2 veebruar 2021].
- [23] Microsoft, Microsoft Open Database Connectivity (ODBC). [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/odbc/microsoft-open-database-connectivity-odbc?view=sql-server-ver15>. [Kasutatud 2 veebruar 2021].
- [24] Microsoft, Intro to Report Data in SQL Server Reporting Services (SSRS). [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/reporting-services/report-data/report-data-ssrs?view=sql-server-ver15>. [Kasutatud 7 veebruar 2021].
- [25] Oracle Help Center. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://docs.oracle.com/en/>. [Kasutatud 10 veebruar 2021].
- [26] MySQL. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://dev.mysql.com/>. [Kasutatud 10 veebruar 2021].
- [27] Nobuyuki Umezu, Eriho Takahashi, „Visualizing color term differences based on images from the web“. Journal of Computational Design and Engineering, Vol. 4, Issue 1, Pages 37-45, January 2017.
- [28] Qlik Help. Connect statement syntax. [Võrgumaterjal]. Leitav: [https://help.qlik.com/en-US/qlikview-developer/April2020/Subsystems/QVXSDKAPI/Content/QV\\_QVXSDKAPI/QlikView%20QVX%20File%20Format/connect-statement-syntax.htm](https://help.qlik.com/en-US/qlikview-developer/April2020/Subsystems/QVXSDKAPI/Content/QV_QVXSDKAPI/QlikView%20QVX%20File%20Format/connect-statement-syntax.htm). [Kasutatud 10 veebruar 2021].
- [29] Qlik Help. Introduction to loading data. [Võrgumaterjal]. Leitav: ([https://help.qlik.com/en-US/qlikview/April2020/Subsystems/Client/Content/QV\\_QlikView/Loading\\_data.htm](https://help.qlik.com/en-US/qlikview/April2020/Subsystems/Client/Content/QV_QlikView/Loading_data.htm)). [Kasutatud 10 veebruar 2021].
- [30] Google. Looge kauneid vorme. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.google.com/intl/et/forms/about/>. [Kasutatud jaanuar 2021]
- [31] Tartu Ülikool. Sotsiaalteaduslike andmekogumise ja -analüüsi meetodite ning vahendite veebiõpik. [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://samm.ut.ee/>. [Kasutatud jaanuar 2021]
- [32] Qlik. QlikView. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.qlik.com/us/products/qlikview>. [Kasutatud 21. aprill 2021]

## **Lisa 1 – Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Olga Guseva

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose "Monitooringusüsteemi loomine VKG Kaevandused OÜ-s kasutatava tootmistehnika seisundi jälgimiseks ja hindamiseks", mille juhendaja on Olga Ruban
  - 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.

10.05.2021

## Lisa 2 – Küsitlus monitooringusüsteemi kasutajate rahulolu hindamiseks

### Kuidas tehnika monitooringu süsteemi kasutamine mõjutab teie igapäevatööd

Lugupeetud kolleeg!

Üsna pikka aega olete tehnika monitooringu süsteemi (edaspidi TMS) kasutanud. Palun hinnata, kuidas TMS kasutamine mõjutab teie igapäevatööd.

Ankeetküsitluse tulemused aitavad aru saada, kuidas andmete töötlus, andmete visualiseerimine ja nende esitus analüütiliste aruannetena mõjutab ettevõtte tegevust. Lisaks ankeetküsitluse tulemus annab vastust, milliseid muudatusi/täiendusi tuleb TMS-s, et need muutuksid veelgi kasulikumaks teie jaoks.

Tänan!

1. Kes sa oled: \*

- Remondipersonal
- Tehnika operaator
- Keskastme juht
- Vanemjuht

2. Kui kasulik TMS sulle tundub? \*

- Väga kasulik
- Pigem kasulik
- Pigem mõttetu
- Täiesti mõttetu

3. Kui tihti sa kasutad TMS? \*

- Pidevalt (iga päev)
- Üsna tihti (mitu korda nädalas)
- Tihti (kord nädalas)
- Aeg ajalt (kord kuus)
- Peaaegu ei kasuta
- Üldse ei kasuta

4. Kui informatiivne TMS sulle tundub? \*

- Piisavalt informatiivne (ei ole vaja midagi lisada)
- Informatiivne (osa infot puudub)
- Mitte informatiivne

Kommentaar (juhul kui osa infot puudub)

---

5. Kui palju sa usaldad TMS teavet? \*

- Usaldan
- Usaldan, aga kontrollin
- Ei usalda

6. Kas TMS aitab sul operatiivseid ja juhtivaid otsuseid vastu võtta? \*

- Kindlasti aitab
- Pigem aitab
- Pigem ei aita
- Üldse ei aita

7. Kuidas TMS kasutamine on mõjutanud operatiivsete ja juhtivate otsuste vastuvõtmise kiirust? \*

- Otsuste vastuvõtmise aeg veidi lühenes
- Otsuste vastuvõtmise aeg märgatavalt lühenes
- Otsuste vastuvõtmise aeg oluliselt lühenes
- Ei mõjutanud üldse
- Otsuste vastuvõtmise aeg veidi pikenes
- Otsuste vastuvõtmise aeg märgatavalt pikenes
- Otsuste vastuvõtmise aeg oluliselt pikenes

8. Kas sinu arvates võiks TMS kasutamisest loobuda? \*

- Jah
- Ei
- Ei oska vastata

9. Milliste probleemide lahendamisele aitab kaasa sinu arvates TMS kasutamine sinu töös?

---

10. Kas teil on ettepanekud TMS parendamiseks?

---

11. Tooge näide, millal TMS aitas/ei aidanud konkreetses olukorras.

---

12. Hinnake, kuidas TMS kasutamine mõjutab üksuse/ettevõtte tegevust tervikuna. \*

- Mõjutab väga positiivselt
- Mõjutab pigem positiivselt
- Ei mõjuta üldse
- Mõjutab pigem negatiivselt
- Mõjutab väga negatiivselt

13. Hinnake (tunnetuslikult/keskmiselt) mitu protsenti kahanes otsuste tegemise kiirus (juhul kui otsuste tegemise kiirus võtab vähem aega) TMS kasutuselevõttuga.

---