

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond

Aleksandr Alba 204336IAAM

**Metrosert AS-i mõõtevahendite
kalibreerimise protsessi optimeerimine läbi
klientide seadmete haldamise lahenduse**

Magistritöö

Juhendaja: Jaanus Pöial
PhD

Tallinn 2022

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: Aleksandr Alba

15.05.2022

Annotatsioon

Käesoleva magistritöö eesmärk on viia läbi äri- ja süsteemianalüüs, kirjeldada ettevõtte suurt pilti ja erinevaid meetodeid kasutades hinnata olemasolevat kalibreerimise protsessi ning teha parendusettepanekud läbi seadmete haldamise lahenduse. Need tegevused aitavad Metrosert AS-il valida sobiv strateegia protsessi optimeerimiseks ja seadmete haldamise lahenduse valimiseks.

Mõõtevahendite kalibreerimise protsess ettevõttes vajab arendamist ja optimeerimist. Tänapäevane protsess ei vasta enam äri vajadustele, puudub ülevaade toimuvast. Korduvad ja käsitemeetodid kulutavad inimeste väärtusliku aega. Info liikumine ja kättesaamine on raskendatud.

Töö tulemusena viib autor läbi ärianalüüsi, koostab AS Metrosert strateegilised eesmärgid, kaardistab olemasoleva mõõtevahendite kalibreerimise protsessi toob läbi seadmete haldamise lahenduse välja nimetatud protsessi parendusettepanekud.

Uue seadmete haldamise lahenduse kontseptsiooni väljatöötamine toimub arvestades ettevõtte spetsiifilisi vajadusi ja pidades silmas kalibreerimisprotsessi nõudeid.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 70 leheküljel: 6 peatükki, 34 joonist, 8 tabelit.

Abstract

Optimization of AS Metrosert Calibration Process of Measuring Instruments through Customer Equipment Management Solution

The purpose of this Master's thesis is to prepare a business and systems analysis. In addition, it describes the situation in AS Metrosert, evaluates the existing calibration process when using different methods, as well as makes suggestions for improvement through a device management solution. These activities will help the company choose a suitable strategy for optimizing the process and choosing an equipment management solution.

The company's existing measuring instrument calibration process needs to be developed and optimized, today's process no longer meets business needs, there is no overview of what is happening, repetitive and manual activities take up valuable human time, movement and receipt of difficult information.

As a result of the work, the author performs a business analysis, sets out the strategic goals of AS Metrosert, maps the existing calibration process of measuring instruments and outlines proposals for process improvement through a device management solution.

The concept of the new equipment management solution is being developed taking into account the specific needs of the company and the requirements of the calibration process.

The thesis is written in Estonian and contains text on 70 pages, 6 chapters, 34 figures, 8 tables.

Lühendite ja mõistete sõnastik

AIDC	<i>Automatic Identification and Data Capture</i> , tehnoloogia automaatseks tuvastamiseks ja andmehõiveks
AS-IS	Hetkeolukord kalibreerimise protsessis või ettevõttes
CMMI	<i>Capability Maturity Model Integration</i> , on mudel, mis kirjeldab rakendatud parimaid tavasid toodete ja teenuste arendamiseks
COBIT	<i>Control Objectives for Information and related Technology</i> , raamistik, mis tagab organisatsiooni infosüsteemide kvaliteedi, kontrolli ja usaldusväarsuse
DIRECTO	Äritarkvara (raamatupidamine, arved ja pakkumised)
EAK	Eesti Akrediteerimiskeskus
FURPS	<i>Functionality, Usability, Reliability, Performance, Supportability</i> - nõuete klassifitseerimise mudel
Kanban	Tõmbe süsteem (<i>pull system</i>), visuaalne ressursside ohjamise meetod, mille puhul asendatakse vaid tarbitu
METRE	Mõõtevahendite mõõtmiste üleslaadimiseks infosüsteem
MoSCoW	<i>Must, Should, Could, Won't</i> - nõuete prioritseerimise meetod
MTD	AS Metroserdi metroloogiadivisjon
MÕIS	AS Metroserdi mõõtevahendite infosüsteem
QR kood	Kahemõõtmeline vöötkood
RFID	<i>Radio-frequency identification</i> , raadiolaineid kasutav tehnoloogia
Ribakood	<i>Barcode</i> , on muutuva jämedusega kriipsudest ja tühikutest koosnev vöötkood
STD	AS Metroserdi sertifitseerimisdivisjon
TAD	AS Metroserdi teadus -ja arendusdivisjon
TO-BE	Soovitud olukord (tulem) protsessis
TOGAF	<i>The Open Group Architecture Framework</i> , on arhitektuuri raamistik - üksikasjalik meetod ja komplekt tugivahenditest
UML	<i>Unified Modeling Language</i> , modellerimiskeel
VSM	<i>Value stream mapping</i> , väärtusvoo kardistamine

Sisukord

Sissejuhatus	11
1 Ülesande püstitus	13
1.1 Probleemi selgitus ja töö eesmärk	13
1.2 Magistritöö skoop	14
1.3 Autori roll	15
1.4 Eeldatav töötulem	15
2 Ülevaade analüüsi meetoditest	16
2.1 Probleemi defineerimine	16
2.2 SWOT analüüs	18
2.3 Protsessi küpsusemudel COBIT	20
2.4 Nõuete määramine ja kogumise meetodid	22
2.5 FURPS mudel	25
2.6 MoSCoW meetod	26
2.7 Väärtusvoo kaardistamine	27
2.8 Olekumuutuste skeemi koostamine	29
2.9 Protsesside kaardistamine	30
2.10 Võimekuste analüüsi meetod (TOGAF)	32
3 Ettevõtte taust ja hetkeolukorra analüüs	34
3.1 Ettevõtte taust, visioon ja missioon	34
3.2 Ettevõtte strateegia ja finantseesmärgid	37
3.3 Ettevõtte SWOT analüüs	40
3.4 Motivatsiooni ja strateegia mudelid	43
3.5 Ettevõtte võimekuste kaart	46
4 Mõõtevahendite kalibreerimise protsessi analüüs	48
4.1 Mõõtevahendite kalibreerimine ja taatlemine	48
4.2 Mõõtevahendite infosüsteem (MÕIS)	52
4.3 Olemasolev kalibreerimise protsess	54
4.4 Muudatused kalibreerimise protsessis	59
4.5 Kalibreerimise protsessi <i>to-be</i> vaade	59

5 Mõõtevahendite haldamise lahenduse kirjeldus	63
5.1 Kontseptsiooni loomine	63
5.2 Funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed nõuded	67
5.3 Lahenduse potentsiaalne kasu ettevõttele	72
5.4 Edaspidised arendused ja alternatiivsed lahendused	73
6 Magistritöö järelused	75
6.1 Järelused	75
6.2 Magistritöö tulemi edasine kasutus	76
Kokkuvõte	77
Kasutatud kirjandus	79
Lisa 1 – Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	82
Lisa 2 – Tüüpiline mõõtevahendi kalibreerimistunnistus.....	83

Jooniste loetelu

Joonis 1. Probleemi analüüsimise tööleht	17
Joonis 2. Kalaluudiagramm (ingl.k. fishbone diagram)	17
Joonis 3. SWOT analüüsi tabel.....	19
Joonis 4. COBIT protsessi küpsuse astmed	20
Joonis 5. Funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed nõuded	23
Joonis 6. Väärtusvoo kaardistamine tootmis ettevõttel (näidis)	28
Joonis 7. Olekumuutuste diagramm	29
Joonis 8. BPMN protsessi joonistamise näidis	31
Joonis 9. Võimekusepõhine plaanerimine kontseptsioon	33
Joonis 10. Ettevõtte võimekuste kaart (näidis)	33
Joonis 11. AS Metrosert äritulude jaotus divisjonide vahel	35
Joonis 12. AS Metrosert struktuur	36
Joonis 13. AS Metrosert SWOT analüüs.....	40
Joonis 14. AS Metrosert strateegilised eesmärgid.....	43
Joonis 15. AS Metrosert motivatsiooni muudel	44
Joonis 16. AS Metrosert strateegia muudel	45
Joonis 17. AS Metrosert protsesside määratlemine.....	46
Joonis 18. AS Metrosert metroloogiateenust võimekuste kaart	47
Joonis 19. AS Metrosert mõõtevaldkonnad mida kalibreeritakse	49
Joonis 20. Kalibreeritava mõõtevahendi kohta vajalikud andmed	50
Joonis 21. Soome riiklikku metroloogiainstituudi kalibreerimis- ja mõõtmisteenus	51
Joonis 22. Ekraanitõmmis mõõtevahendite nimekirjast demokasutaja korral	52
Joonis 23. Mõõtevahendi andmete, seotud dokumentide ja kalibreerimiste vaade.....	53
Joonis 24. Mõõtevahendite kalibreerimise protsessi üldine vaade.....	54
Joonis 25. Cobit protsessi tasemed.....	56
Joonis 26. Praeguse kalibreerimise protsessi üldine diagramm, <i>as-is</i>	57
Joonis 27. Täpsem vaade kalibreerimise protsessist laboris.....	58
Joonis 28. Aja arvestus Metre keskkonnas.....	60
Joonis 29. Kalibreerimise protsess koos oleku fikseerimisega.....	60

Joonis 30. Kohad kalibreerimise protsessis, mida võiks optimeerida	61
Joonis 32. RFID tehnoloogia tootmisel	64
Joonis 33. Ribakoodi kodeerimise komponendid.....	65
Joonis 34. QR-koodide erinevad kujud	66

Tabelite loetelu

Tabel 1. FURPSi ja MOSCoW mudeli rakendamise maatriks.....	27
Tabel 2. Metrosert AS strateegilised eesmärgid.....	39
Tabel 3. AS Metrosert SWOT analüüsi tugevused.....	41
Tabel 4. AS Metrosert SWOT analüüsi nõrkused	41
Tabel 5. AS Metrosert SWOT analüüsi võimalused	42
Tabel 6. AS Metrosert SWOT analüüsi ohud.....	42
Tabel 7. Loodava lahenduse olulisemad funktsionaalsed nõuded	70
Tabel 8. Loodava lahenduse olulisemad mittefunktsionaalsed nõuded	71

Sissejuhatus

Käesoleva magistritöö eesmärk on viia läbi äri- ja süsteemianalüüs, kirjeldada ettevõtte suurt pilti ja erinevaid meetodeid kasutades hinnata olemasolevat kalibreerimise protsessi ning teha parendusettepanekud läbi seadmete haldamise lahenduse. Need tegevused aitavad Metrosert AS-il valida sobiv strateegia protsessi optimeerimiseks ja seadmete haldamise lahenduse valimiseks.

Magistritöö käigus autor kaardistab kalibreerimise protsessi kitsaskohad, ärivajadused ja nõuded; uurib ettevõtte tausta ja annab ülevaade sellest, kui oluline on antud protsess ettevõttele ja kas see on ettevõtte strateegiaga kooskõlastatud. Autor teeb ettepanekud protsessi optimeerimiseks, kasutades ettevõttes olevat mõõtevahendite infosüsteemi (MÕIS) ja kirjeldab nõudeid protsessile; kirjeldab seadmete haldamise lahenduse uue kontseptsiooni realiseerimine läbi olemasoleva mõõtevahendite infosüsteemi ja ka vaadeldakse võimalikke alternatiivseid lahendusi.

Töös antakse vastusele järgmistele küsimustele:

- Kui oluline on kalibreerimise protsess ettevõttele Metrosert AS ja millist rolli mängib mõõtevahendite kalibreerimise protsess ettevõtte arhitektuuris?
- Millised on selle protsessi tugevad ja nõrgemad küljed ning mida on võimalik optimeerida, et viia protsess järgmisele tasandile?
- Millistele nõuetele peaks optimeeritud protsess vastama ja mis kasu annab ettevõttele protsessi optimeerimine?
- Milliseid seadmete haldamise lahendusi on võimalik rakendada?

Magistritöö koosneb kuuest erinevast peatükist järgnevalt:

- 1) Esimeses peatükis selgitakse magistritöö probleemi ja skoopi, kirjeldatakse autori rolli töö teostamisel ning eeldatavat töötulemit;
- 2) Teises peatükis annab autor ülevaate kasutatud analüüsimeetoditest;
- 3) Kolmandas peatükis kirjeldab autor ettevõtte tausta ja analüüsib hetkeolukorda. Annab ülevaate ettevõtte strateegiast ja finantseesmärkidest. Autor viib läbi SWOT analüüsi, koostab motivatsiooni ja strateegia mudelid ning ettevõtte võimekuste kaardi;
- 4) Neljandas peatükis analüüsib autor olemasolevat mõõtevahendite kalibreerimise protsessi ja koostab protsessi *to-be* vaade ning toob välja kohad, kus on võimalik teostada optimeerimist;
- 5) Viiendas peatükis kirjeldab autor mõõtevahendite haldamise lahenduse kontseptsiooni ja toob välja, kuidas on võimalik oleku fikseerimist realiseerida optimeeritud protsessis. Käsitletakse lahenduse analüüsi funktsionaalsete ja mittefunktsionaalsete nõuete näol;
- 6) Kuuendas peatükis teeb autor oma töö kohta järeldusi ja kirjeldab magistritöö tulemi edasist kasutusvõimalust.

Autor tänab Metrosert AS meeskonda vastutulelikkuse ja usalduse eest, eraldi suur tänu Metrosert AS juhatajale Aigar Vaigu ja IT-juhile Jaanus Vahi.

Autor tänab töö juhendajat Jaanus Pöial, kes on omaltpoolt aidanud igati kaasa antud töö valmimisele.

1 Ülesande püstitus

Käesolevas peatükis kirjeldab autor probleemi olemasolu ja aktuaalsus, annab ülevaade magistritööskoobist ja autori rollist antud probleemi lahendamisel ning soovitatavast lõõptulemusest.

1.1 Probleemi selgitus ja töö eesmärk

Metrosert AS on ajalooga Eesti Vabariigile kuuluv ettevõtte ja on Eesti metroloogia keskasutus ning seega on Metrosert ülioluline lüli Eesti Vabariigi kvaliteedi taristul ehk teisisõnu tagab Metrosert oma tegevusega Eesti majanduslikku julgeolekut. Mis tähendab, et täpsed, korratavad ja jälgitavad mõõtmised on olulisemad nii kaubanduse ja teenuste valdkonnades, järelevalve teostamisel kui ka tööstussektori siseriiklikus ja rahvusvahelises tegevuses [1].

Mõõtevahendite kalibreerimise protsess on kõige olulisem protsess ettevõttes mis ka hinnangul toob ettevõttele üle 80% äritulust [1]. Ettevõtte juhtkond näeb suure potentsiaali kasutades uusi tehnoloogiad kalibreerimise protsessi optimeerimiseks.

Uute tehnoloogiate arendamine ja kasutuselevõtmine muudab ettevõtte protsesse. Infotehnoloogilised uuendused loovad võimalusi protsesside arendamiseks ja optimeerimiseks. Metrosert AS näeb probleemi selles, et olemasolev mõõtevahendite kalibreerimise protsess ei ole optimeeritud ja olemasolevad tehnoloogilised lahendused ei toeta tegevusi täis ulatuses. Protsessis leidub ka kohti, kus tuleb teha palju käsitsitööd, mis on töötajatele ajakulukas, samuti esineb sageli korduvaid tegevusi. Puudub ülevaade, millises etapis konkreetne mõõtevahend hetkel on, lisaks on raskendatud info liikumine ja kättesaamine.

Kõiki neid kitsaskohti on tegelikult võimalik automatiseerimise abil kaotada ja üldjuhul kalibreerimise protsessi kiirendada, eemaldades käsitsitööd ja kordumised. Selleks on olemas mitmesuguseid tehnoloogilisi lahendusi, mille kasutuselevõtmist ettevõtte juhtkond kaalub. Lihtsalt tehnoloogia ostmisest ei piisa: selleks, et mingit tööriista

kasutama hakata, tuleb viia läbi analüüs ja hinnata kõiki riske ning potentsiaalseid probleeme, mis võivad kaasneda uue tehnoloogia kasutuselevõttuga.

Antud magistritöö eesmärgiks on viia läbi äri- ja süsteemianalüüs, kirjeldada ettevõtte suurt pilti ja erinevaid meetodeid kasutades hinnata olemasolevat kalibreerimise protsessi ning teha parendusettepanekud. Need tegevused aitavad Metrosert AS-il valida sobiv strateogia protsessi optimeerimiseks ja seadmete haldamise lahenduse valimiseks.

1.2 Magistritöö skoop

Magistritöö skoopi kuulub ettevõtte Metrosert AS mõõtevahendite olemasoleva kalibreerimise protsessi analüüs ja selle rolli määramine ettevõtte arhitektuuri tasandil. Analüüsi alusel kirjeldab autor seadmete haldamise lahenduse väljatöötamist kontseptsiooni tasandil. Lähtudes ülevaatlikkuse printsiibist kirjeldab autor uue lahenduse arhitektuurilist visiooni ja teeb ettepanekud mõõtevahendite kalibreerimise protsessi optimeerimiseks.

Magistri töö skoopi kuulub:

- Ettevõtte ülevaade ja hetkeolukorra kirjeldus;
- Ettevõtte strateegia ja ärivõimekuste analüüs;
- Kalibreerimise protsessi kaardistamine;
- Kalibreerimise protsessi optimeerimise ettepanekute koostamine;
- Seadmete haldamise lahenduse kontseptsiooni väljatöötamine;
- Uue lahenduse funktsionaalsete ja mittefunktsionaalsete nõuete tuvastamine.

Magistritöö skoopi ei kuulu:

- Ettevõtte detailne äri- ja süsteemianalüüs – sellest on tehtud pigem vajalik osa, et hinnata mõõtevahendite kalibreerimise protsessi rolli ettevõttes;
- Kalibreerimise protsessi alamprotsesside süvaanalüüs;

- Seadmete haldamise lahenduse arendus- ja integratsiooniplaan, arendushinnangud, lahenduse maksumused ja teekaart (*roadmap*);
- Seadmete haldamise lahenduse testlugude kirjutamine ja testplaani koostamine.

1.3 Autori roll

Autor töötab ettevõttes AS Metrosert elektri-ja sageduse valdkonna juhina peaaegu kaks aastat. Igapäevases töös tegeleb autor valdkonna arendamise juhtimisega ning ka mõõtevahendite kalibreerimise protsessiga. Käesolevas magistritöös ühendab autor ülikoolis omandatud teadmised ja valdkonnajuhina töötamisega seotud teadmised ning antud töö käigus läbi viidud analüüsiga realiseerib püstitatud eesmärgid. Selle magistritöö tulem on vajalik sisend Metrosert AS-ile mõõtevahendite kalibreerimise protsessi edasiarendamiseks ja optimeerimiseks.

Magistritöö käigus läbi viidud analüüsiga seotud tegevused on autor teostanud ainuisiklikult, kasutades kirjandusallikaid, ettevõtte avalikke dokumente ja ettevõtet saadud informatsiooni, mida käesolevas töös kasutatakse.

1.4 Eeldatav töötulem

Magistritöö eeldatav töötulem on mõõtevahendite kalibreerimise protsessi optimeerimiseks vajalik analüüs ja väljatöötatud kontseptuaalne versioon uuest protsessist, mis kasutab seadmehalduse lahenduse. Tulemuseks on parandatud ja optimeeritud kalibreerimise protsess, kus informatsioon liigub järjepidevalt, automatiseeritud ja digitaalselt. Ettevõtte saab ülevaate protsessi rollist ja tähtsusest arhitektuuri tasandil ning autori poolt tehtud ettepanekud protsessi parendamiseks.

2 Ülevaade analüüsi meetoditest

Antud peatükk kirjeldab analüüsi meetodeid ja nõuete kogumise meetodikat, mida antud magistritöös kasutatakse. Autor teeb ülevaade meetodikatest ja põhjendab nende kasutamist.

2.1 Probleemi defineerimine

Charles Kettering, kes on tunnustatud leiutaja ja General Motorsi uuringute juht, ütles ükskord, et hästi väljendatud probleem on pooleli lahendatud probleem. Tõenäoliselt sellega nõustuks enamik tänapäeva inimesi ja tegelikult see ei ole see, mida enamik inimesi tavaliselt teeb. Tihti peale alustavad inimesed ajurünnakute lahendustega, enne kui saavad aru, mida nad tegelikult saavutada tahavad. Probleemide lahendamise tõhusust saab järsult suurendada, kui võtame natuke aega selleks, et probleemi eelnevalt määratleda. Tegelikult inimesed võivad olla üllatunud, kui sageli see samm otse lahenduseni viib [2].

Ükskõik kui andekas inimene või meeskond on, kui jooksmine on vales suunas, siis ei jõua nad kunagi sihtpunkti. Kuidas selle olukorda vältimiseks päris elus konstruktiivselt ja tõhusalt analüüsida lahendamist vajavat probleemi? Kogemus näitab, et probleemi põhjuste mõistmine ning lahendatava väljakutse täpne sõnastamine mõjutab leitavate ideede kvaliteeti rohkem kui ükskõik milline muu asjaolu. Täpne lahendatava probleemi mõistmine ja sõnastus aitab inimesel või meeskonnal keskenduda õigetele asjaoludele ning teeb lahendusidee valimise ja valideerimise lihtsamaks [3].

Probleemi defineerimiseks tuleb defineerida ka ise probleemi. Ülo Vooglaid on öelnud, et mõni nimetab probleemiks mis tahes raskust, millest pole õnnestunud jagu saada, või küsimust, millele ei ole kusagilt vastust võtta. Need pole probleemid. Probleem on tunnetatud ja teadvustatud erinevus soovitud ja tegeliku olukorra vahel [4]. Sellest selgub üks oluline asi, et enne lahendama asumist on vaja kirjeldada tänane olukord ja soovitud olukord. See aitaks luua korda enda peas ning tagada ka ühise arusaamine meeskonnas.

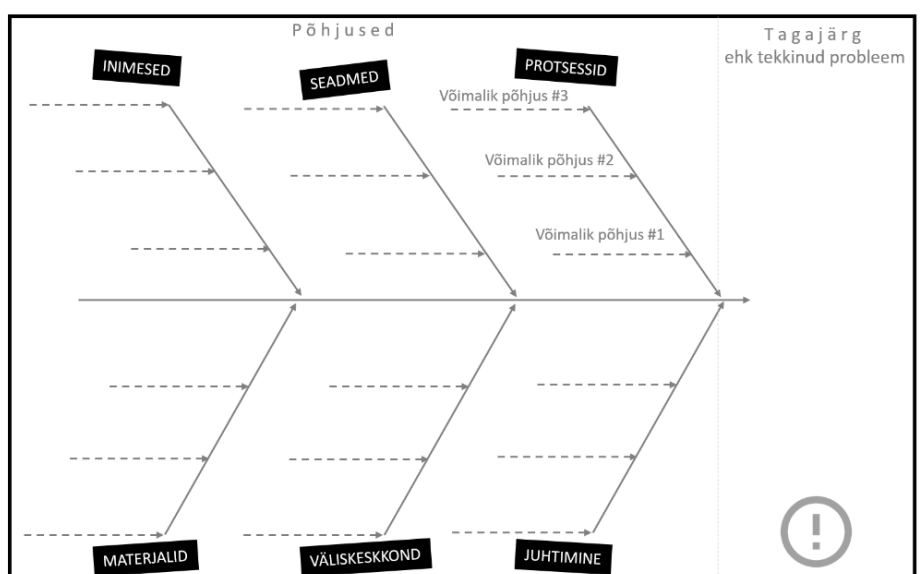
Erakordselt oluline, et me mõistaks probleemi tekkimise põhjuseid. Arusaadavalt ei ole komplekses maailmas probleemidel enamasti vaid üks põhjus. Aga just seepärast ongi

oluline näha erinevaid põhjuseid ja valida need, mille muutmine vähendab probleemi kõige rohkem. Selleks on kasutuse võetakse probleemi analüüsimise töölehe:



Joonis 1. Probleemi analüüsimise tööleht [3]

Veel üks tõhus tehnika, mis aitaks kaardistada erinevad kohad, kust viga tekib ning hinnata kuhu me peaksime sekkuma on kalaluudiagramm (ingl.k. fishbone diagram). Seda tuntakse ka põhjus-tagajärg diagrammina või Ishikawa diagrammina (autori Kaoru Ishikawa järgi).



Joonis 2. Kalaluudiagramm (ingl.k. fishbone diagram) [3]

Probleemianalüüsimise diagrammi koos kalaluudiagrammiga kasutas magistritöö autor mõõtevahendite kalibreerimise protsessi optimeerimise probleemi defineerimiseks ja uurimiseks. Üheselt arusada, mida oleks vaja analüüsida, millised on probleemi mõjutavate põhjuste kategooriad ja alampõhjused ning tuvastada kõige tugevamalt mõjutavat põhjust.

2.2 SWOT analüüs

Muutused on ettevõtte vältimatu osa, kui on teada, kuidas teha kokkuvõtte ettevõtte tugevusest, nõrkustest, võimalustest ja ohtudest, siis on tõenäolisem et ettevõtte saab oma tegevuse efektiivselt planeerida ja ka tegutseda tõhusalt. Selleks kasutatakse SWOT analüüsi, mis on väga tuntud, lihtne ja laialt levinud analüüsi mudel, mille kaudu kaardistatakse organisatsiooni tugevused, nõrkused, võimalused ja ohud [5].

SWOT analüüsi nimi tuleb inglisekeelsete sõnade esitähtedest: S - strenghts (tugevused); W - weaknesses (nõrkused); O- opportunities (võimalused); T - threats (ohud). Alustava ettevõtte puhul võivad sisemiseks tugevuseks olla kvalifitseeritud töötajad, soetatud tehnika või piisavad finantsid, mida ära kasutades saab realiseerida oma äriplaani [5].

SWOT analüüsi koostamisega saadakse ettevõttest ja ettevõtte ettevõtluskeskkonnast adekvaatne pilt. Kiiresti on võimalik hinnata ettevõtte seisundit ja seda, kas ta oma sisemiste tugevuste arvelt on võimeline vastu seisma väliste ohtudele või kas sisemised nõrkused takistavad väliseid võimalusi ära kasutamast. Tavaliselt saab SWOT analüüsi kirjutada ühele leheküljele ja iga osa kohta tuleb kirjutada lühidalt aga täpselt ja selgelt 3-9 tugevust, nõrkust, võimalust või ohtu. Iga näitaja iseloomustamiseks piisab 1-2 lausest. Eesmärk on SWOT analüüsiga anda võimalus haarata kiiresti kogu äriplaani iseloomustav üldine informatsioon [5].

Joonisel 3 on näidis tabel mida autor kasutas SWOT analüüsi teostamisel. Jagatakse leht neljaks osaks ja pannakse kirja tugevused, nõrkused, võimalused ja ohud.



Joonis 3. SWOT analüüsi tabel [6]

SWOT analüüsi on soovituslik teostada enne, kui ettevõttes tehakse või plaanitakse teha mingeid muudatusi, sõltumata sellest, kas uuritakse teha uusi algatusi, kas muudetakse sisepoliitikat või optimeeritakse mingi toimiv protsess. Mõnikord on mõistlik teha ettevõtte üldine SWOT analüüs lihtsalt selleks, et kontrollida ettevõtte praegust ettevõtte tervikpildi, et vajaduse korral oma äritegevused parandada. Analüüs võib näidata ettevõtte võtmevaldkondi, kus organisatsioon toimib optimaalselt ja ka seda, millised toimingud vajavad kohandamist [7].

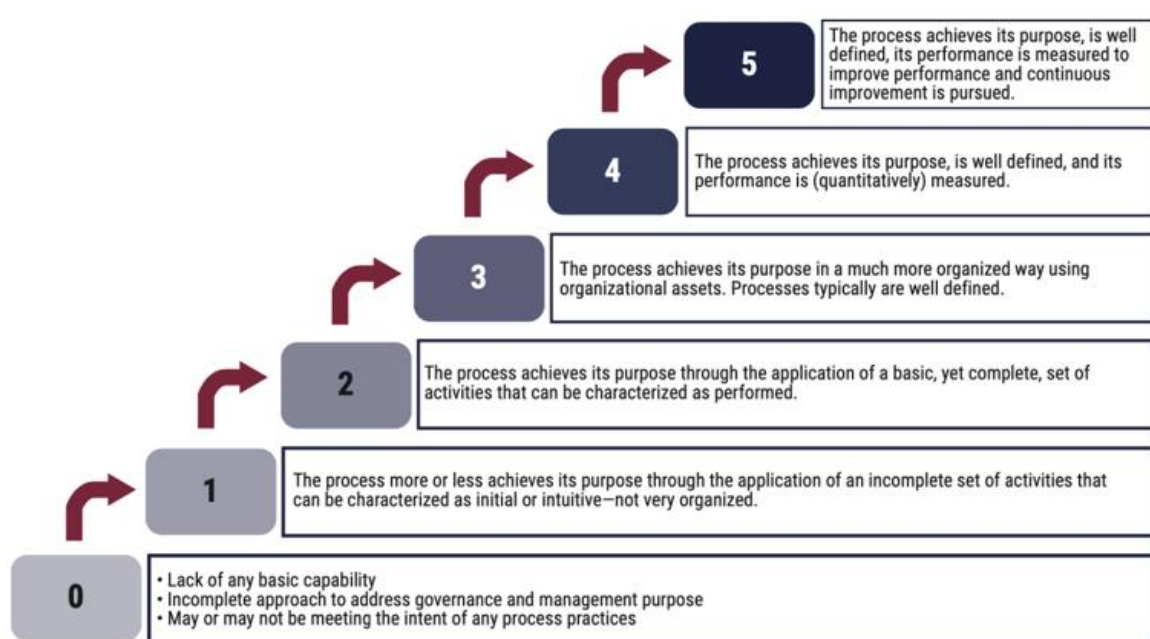
SWOT analüüsi kasutas autor Metrosert AS tänapäevase tervikpildi saamiseks.

2.3 Protsessi küpsusemudel COBIT

COBIT (*Control Objectives for Information and related Technology*) pakub juhiseid, mis aitavad ettevõtetel teha olulisi juhtimissüsteemi kujundamise otsuseid selleks, et edukalt saavutada püstitatud eesmärged. See saavutatakse keskendudes eesmärkidele, mis on spetsiifilised nii juhtimissüsteemi kui ka juhtimiskomponentidele. COBIT tagab ettevõtte infosüsteemide kvaliteedi, kontrolli ja usaldusväärsuse [8]. Teistsõnadega COBIT on loodud juhtimistasandile IT valitsemiseks ja ta on protsessikeskne, sisaldab endas protsessi küpsuse hindamise mudelit ning aitab luua suurt vaadet organisatsioonist.

Protsessi küpsuse hindamise mudel on üks populaarsematest küpsusmudelitest, mis on tulnud CMMI-st (*Capability Maturity Model Integration*). Mudel on määratlenud selleks, et mõõta seisundit, kus ettevõtte praegu on, otsustada, kuhu ta peab minema ja mõõta edusamme selle eesmärgi saavutamiseks [8].

Mudel eristab kuut küpsusastet: olematu, esialgne, korratav, määratletud, hallatud ja optimeeritud.



Joonis 4. COBIT protsessi küpsuse astmed [8]

COBIT protsesside küpsusastmete hindamise skaala on järgmine [9]:

- **Pole olemas (olematu).** Mingite protsesside täielik puudumine. Organisatsioon ei saa aru, millega on tegu;

- **Esiagne.** Organisatsioon saab aru, mis on kaalul ja mida on vaja. Standardiseeritud protsessi ei ole. On teatud lähenemisviise, mida rakendatakse juhtumipõhiselt. Juhtimine pole korraldatud;
- **Korratav.** Protsessid on kavandatud nii kaugele, et sama ülesannet täitvad inimesed kasutavad sarnaseid protseduure. Vastutust pole sõnastatud, koolitust pole. Suur sõltuvus konkreetsete inimeste teadmistest;
- **Määratletud.** Protsessid on standardiseeritud ja dokumenteeritud ning pakutakse koolitust. Kõrvalekalded on ebatõenäolised, kuigi järgimine on jäetud personali otsustada. Protsessid on olemasoleva praktika vormistused ja neid pole optimeeritud;
- **Hallatud.** Oskus jälgida ja mõõta protsesside toimivust ning rakendada meetmeid, kui protsessid ei ole efektiivsed. Protsesse täiendatakse pidevalt ja neid saab automatiseerida;
- **Optimeeritud.** Protsessid on kooskõlas parimate tavadega ja põhinevad võrdlustel teiste organisatsioonidega. Pakutakse kiiret kohanemist muutuvate tingimustega. Protsessid on automatiseeritud ja kooskõlastatud teiste protsessidega.

Esitatud skaala on mugav oma lihtsuse ja asjaolu poolest, et see sarnaneb kooli hinnetega. Skaala on üsna järjepidev. Ettevõtte strateegias on hädavajalik kindlaks määrata protsesside vajalik küpsusaste 1-2 aasta jooksul. Selleks tuleb lisaks praegusele protsesside küpsusastmele kindlaks teha, millist protsesside küpsustaset on vaja just selle ettevõtte jaoks, et see toetaks konkurentsieelised ja selle ettevõtte äristrateegiat.

Magistritöö autor leiab, et kirjeldatud COBIT protsessi küpsuse hindamise meetoodika on hästi sobilik Metrosert AS mõõtevahendite kalibreerimise protsessi hindamiseks praeguses olukorras ja ka protsessi küpsuse tase määratlemiseks peale optimeerimisest. Milline võiks olla see protsess siis, kui rakendatakse seadmete haldamise lahendust. COBIT protsessi küpsuse hindamise meetoodikat kasutati mõõtevahendite kalibreerimise protsessi hindamiseks.

2.4 Nõuete määramine ja kogumise meetodid

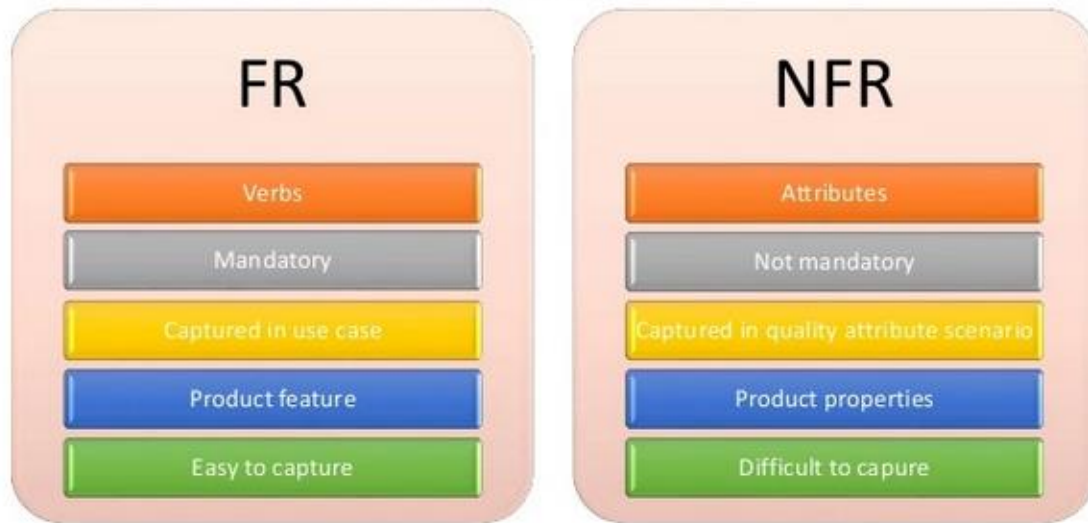
Nõuded tulenevad erinevatest allikatest. Eetikanormidest, seadustest, eriala parimatest praktikatest tulenevad paljud nõuded, mida mõnikord nõuetena ei fikseeritagi, kuid mis võivad osapoolte konfliktide puhul olla väga olulised. Standardid esindavad suuri nõuete klasse kindlates valdkondades. Konkreetse rakenduse nõuded on täpsemalt kirjeldatud tarkvaraprojekti dokumentatsioonis ja lepingutes. Erinevatel osapooltel on erinevad nõuded. Omanik võib nõuda, et süsteem oleks kuluefektiivne; kasutaja võib soovida loetavat kirja ekraanil; hooldaja näeks heameelega arusaadavat koodi [37][38].

Nõudeid võib eristada kahte gruppi: toote ja protsessi (sh arendusprotsessi) nõuded. Toote nõuded spetsifitseerivad, milliseid funktsioone peab süsteem realiseerima (funktsionaalsed nõuded) ja kuidas neid funktsioone täidetakse (mittefunktsionaalsed nõuded). Protsessinõuded määravad arenduse kitsendused (näiteks, nõuded arhitektuurile, vahenditele või keskkonnale). Ärinõuded võivad lisaks sisaldada strateegilisi, keskkonna, maksumuse ja muid piiranguid. Eri tüüpi nõuded võivad olla omavahel sõltuvuses. Toote nõuded tulenevad enamasti ärinõuetest, (arendus)protsessi nõuded nii äri- kui ka toote nõuetest [37][10].

Funktsionaalsed nõuded vastavad küsimusele "Mida peab tarkvara tegema?", "Kuidas peaks käituma kasutajapoolsete või teisest süsteemist pärinevate sisendite peale?" (näiteks, süsteem peab võimaldama kauba tellimist). Mittefunktsionaalsed nõuded vastavad küsimusele "Kuidas tarkvara peab vajalikke funktsioone täitma?". Näiteks, süsteemi vastuse aeg peab jääma etteantud piiridesse (tõhusus); süsteem peab teatud ajavahemike jooksul tõrgeteta töötama (töökindlus) jne [37].

Nõuete püstitamisel on oluline, et nad oleksid testitavad. Funktsionaalsuse korral on see enamasti nii. Tõepoolest, kui näiteks püstitatakse nõue "süsteem peab väljastama jooksva hetke laoseisu", siis on võimalik seda testida – kontrollime, kas selline laoseisu väljastamise võimalus on olemas ja kas laoseis väljastatakse õigesti. Mittefunktsionaalsete nõuete puhul on asi keerukam. Võtame näiteks nõude "süsteem peab olema töökindel". Kuidas seda nõuet testida? Ilmselt on see nõue sõnastatud ebapiisava detailsusega, sest meil ei ole kriteeriume hindamaks, kas mingi konkreetne töökindluse tase vastab sellele nõudele või ei [37].

Non Functional vs. Functional



Joonis 5. Funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed nõuded [39]

Nõuete kogumismeetodid on äritööriistad mida kasutatakse ettevõtte tegevuse või protsesside kohta väärtusliku ülevaate saamiseks tõhususe määramiseks. Need võivad olla osa ettevõtte planeerimisprotsessist, selleks et määrata kindlaks lüngad või vajadused ja kuidas ettevõtte võib tegeleda parendamisega või optimeerimisega [39].

Mõnikord tundub, et nõuete kogumine on suhteliselt lihtne ülesanne – tuleb küsida osapooltelt mida nemad täpselt soovivad. Reaalsus aga näitab, et asi ei ole nii lihtne, pigem keeruline. Selleks, et täpselt aru saada, mida kasutaja soovib ja edastada neid soovi meeskonnale, kes hakkab lahenduse realiseerima, peab analüütik olema oskuslik ja teha selleks suur eeltöö tausta uurimiseks. Kui nõuded on ebatäpsed või puudulikud võib see tähendada, et lahenduse realiseerimine võiks võtta rohkem aega, kui oli plaanitud või meeskonnal võiks tekkida küsimus, mida me üldse siin ehitame. Autor arvab, et kõige olulisem osa lahenduse realiseerimiseks või protsessi optimeerimiseks on paika panna detailseid tehnilisi nõudeid.

Nõuete kogumismeetodid on vajalikud vajaduste hindamiseks, mis on protsess, mille käigus tehakse kindlaks ja otsustatakse, kuidas ületada vahe ettevõtte praeguse ja soovitud oleku vahel. Täpsemalt see kirjeldab milliseid protsesse peaks meeskond oma eesmärkide saavutamiseks prioritseerima ja optimeerima ning milliseid ressursse kasutama [39].

Nõuete kogumismeetodiks võib kasutada järgmised andmekogumise meetodid:

- **Küsitlused** – sobivad siis, kui oleks vaja koguda vastused paljudelt inimestelt, samuti sobib see meetod nõuete kogumiseks lahenduse kasutajalt või teiselt osapooltelt, kes viibivad eemal, ning nendega on keeruline korraldada intervjuud. Meetodi puuduseks on see, et puudub otsene kontakt vastajatega ja küsimused peaksid olema väga põhjalikud ja läbi mõelnud [11];
- **Intervjuud** – neid võib läbi viia ühe või mitme inimestega korraga. Selle meetodi õnnestumine eeldab aktiivset kuulamist ja dokumenteerimist. Küsimused tuleb hoolikalt läbi mõelda ja paluda inimestel ideid täpsustada ja lahti seletada. Oluline hoida intervjuud soovitud teemal ja mitte lasta teemast kõrvale kalduda [11];
- **Fookusgrupid** – mõnevõrra sarnane intervjuuga meetod, selle asemel et, intervjuuerida individuaalselt, võiks andmed koguda rühmades. Teiseks saavad fookusgrupi liikmed üksteise ideid tagasi lükata. Selle lähenemisviisi puuduseks on see, et vaikne inimene ei pruugi oma seisukohta avaldada [11];
- **Töötoad** – selline lähenime on sobilik keeruliste projektide puhul, kus on väga palju erinevaid osapoolte ja teised meetodid on ebamõislik ajakuulu [11];
- **Vaatlus** – selle meetodi eesmärk on jälgida, kuidas kasutajad tavapäraselt süsteemi või olemasoleva lahenduse kasutavad. Vaatlus võimaldab identifitseerida töövoog ja probleemsed kohad ning märkida optimeerimiseks võimalusi [11];
- **Olemasoleva süsteemi analüüs** – kui mingi toimiv lahendus või protsess juba eksisteerib, siis see meetod annaks võimaluse kasutuses oleva dokumentatsiooni analüüsida ja määratleda kuhu ettevõtte soovib lõpptulemusena jõudma. Meetod võiks aidata leida olulise detaile mis tulevikus aitavad uued nõuded paika panna ja valideerida [11].

Magistritöö autor oma töös kasutas erinevaid meetodeid. Aluseks oli olemasoleva süsteemi analüüs, seejärel autor viis läbi intervjuud ja suhtles fookusgruppidega ning korraldas vaatluse, mis on otseselt seotud mõõtevahendite kalibreerimise protsessiga.

Arutelud oma ala spetsialistidega aitasid jagada kogemusi ja koostada ühtne arusaamine nõuetest.

2.5 FURPS mudel

FURPS on tehnika prioriteetsete nõuete kinnitamiseks pärast kliendi vajaduste ja vajaduste mõistmist. Akronüüm FURPS (*Functionality, Usability, Reliability, Performance, and Supportability*) tähendab funktsionaalsust, kasutatavust, töökindlust, jõudlust ja toetatavust. FURPS-i mudel töötati esmakordselt välja *Hewlett-Packardis* ja seda on laialdaselt kasutatud süsteemide funktsionaalsete ja mittefunktsionaalsete nõuete klassifitseerimiseks alates selle esmakordsest avaldamisest [12].

F – Functionality. Funktsionaalsus mis kirjeldab süsteemi peamisi tööfunktsioone või võimekused. Mida süsteem kasutaja jaoks teeb?

U – Usability. Kasutatavus, mis määratleb selle esteetika ja ligipääsetavuse, kuidas inimese ja masina liidestele juurde pääseb ja neid kujundatakse. Kuidas teised süsteemid, protsessid või kasutajad suhtlevad ja uut süsteemi kasutavad?

R – Reliability. Töökindlus, mis kirjeldab süsteemi töökindlust ja tõrketaluvust. Kui oluline on süsteemi kättesaadavus?

P – Performance. Jõudlus – on jõudluse ja tõhususe tase. Siin on kiirus, energiatarbimise võimsus, kättesaadavus ja mastaapsus kõik olulised tegurid. Kui kiiresti on uus süsteem vastab päringutele ja millise täpsusega?

S – Supportability. Toetatavus – käsitleb süsteemi hooldatavust, modulaarsust ja seda, kui lihtsasti saab süsteemi täiustada ja parandada. Kui sageli vajavad komponendid uuendamist, kui palju seisakuid võib tavapärase hoolduse ja remondi puhul taluda?

FURPS+ muudel kirjeldab lisandanud nõuete klassifikaatorid nagu infrastruktuur, disain, liidesed, rakendamine ja teised [13]:

+ Disainipiirangud: midagi, mida disainimeeskond peaks teadma, kuidas soovite süsteemi kujundada?

+ Rakendusnõuded: kas eeldatakse näiteks, et rakendusmeeskond järgib standardit?

+ Nõuded liidesele: välised süsteemid, millega toode peaks suhtlema? Kuidas/millal peaks see interaktsioon toimuma?

+ Füüsilised nõuded: materjal? Kuju? Suurus? Kaal? See on rohkem suunatud riistvaranõuetele.

Mudeli esimene osa on funktsionaalsed nõuded ja kõik teised osad kuluvad mittefunktsionaalsete nõuete alla.

2.6 MoSCoW meetod

MoSCoW prioritseerimine on populaarne prioriteetide seadmise tehnika nõuete haldamiseks, osa dünaamiliste süsteemide arendusmeetodi tehnikatest ja tähendab "peab, peaks, võiks, ei tee". See on üks lihtsamaid meetodeid iga ülesande olulisuse hindamiseks. Seda meetodit kasutatakse tavaliselt selleks, et aidata mõista konkreetse väljaande algatuste olulisust [14].

M – Must. Need funktsioonid on kohustuslikud. Kui jätta mõni neist tähelepanuta siis süsteemi arendus tõenäoliselt ebaõnnestub.

S – Should. Siinseid funktsioone võib kirjeldada kui suurepäraseid, kuid mitte esmatähtsaid. Lihtsamalt öeldes ei mõjuta need praegu palju tarneedu, kuigi lõpuks tuleb need kasutusele võtta.

C – Could. Need on väikesemahulised täiustused, mis ei nõua märkimisväärseid ressursse, kuid ei ole olulised. Nende puudumine ei mõjuta peaaegu midagi või vähemalt ei kahjusta arendamist või reliizi.

W – Won't. Mõnikord kasutatakse W-tähte sõna "Won't" asemel "Wish". Kuid alati on need esemed kõige väiksema tähtsusega. Need ei vasta praeguste väljakutsete, vajaduste ja nõuetega. Seega saab need välja jätta või oodata.

MoSCoW meetod ei nõua sügavat mõistmist ega keerulisi arvutusi. Seega on meeskonnal lihtne lihtsat keelt kasutades kogu prioritseerimis protsessiga kursis hoida. MoSCoW-ga ajakava koostamine on kiire ja läbipaistev. Kuna sellel prioritseerimis meetodil pole rangeid ajalimiite, välja arvatud kategooria Must-have, võimaldab see muuta sobivaid

ajakavasid iga funktsiooni kohta. Nii saab arendus meeskond kohandada funktsioonide tarnimist või reliizi väljalaskmist mugaval tingimustel [14].

FURPSi ja MoSCoW mudeli rakendamine ühes mudelis võimaldas magistritöö autoril kaaluda ja kohandada nõudeid nende prioriteetidega ning andis suurepärase vahendi, mis on selge ja arusaadav. See lihtne vorming võimaldab kiiresti visualiseerida nõuete ja prioriteetide maatriksit.

FURPS - MoSCoW Analysis				
	MoSCoW			
FURPS Requirements	M	S	C	W
F Functional	Must	Should	Could	Wont
U Usability	Must	Should	Could	Wont
R Reliability	Must	Should	Could	Wont
P Performance	Must	Should	Could	Wont
S Supportability	Must	Should	Could	Wont

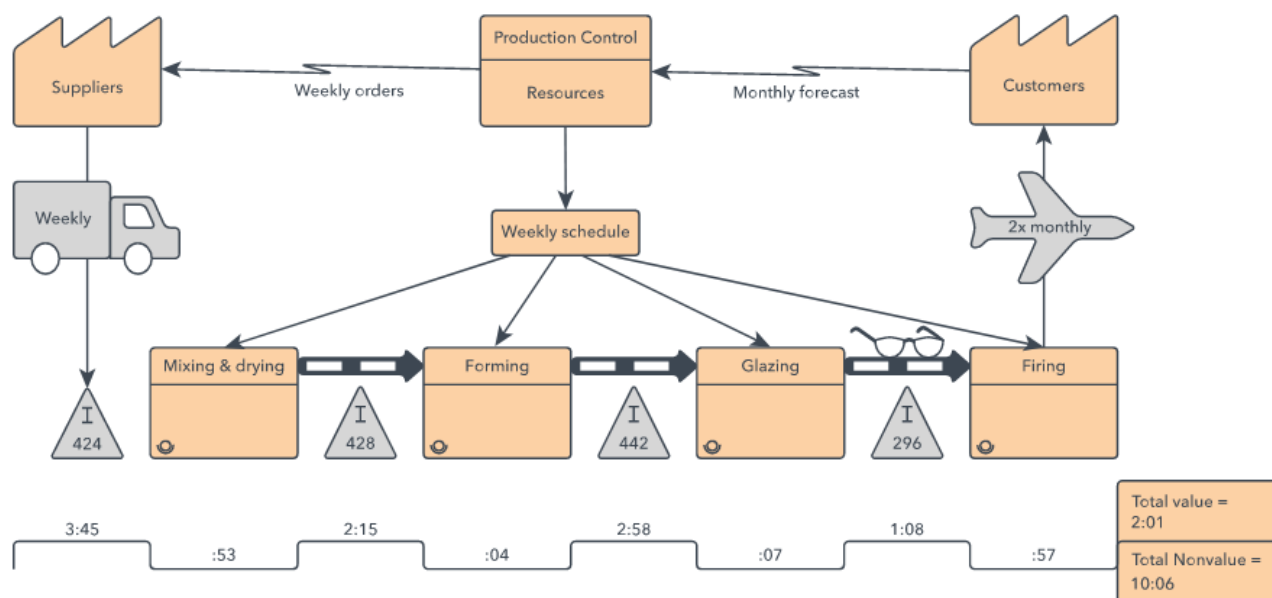
Tabel 1. FURPSi ja MOSCoW mudeli rakendamise maatriks [12]

2.7 Väärtusvoo kaardistamine

Väärtusvoo kaardistamine võimaldab ettevõttel luua üksikasjaliku visualiseerimise kõigist tööprotsessi etappidest. See kujutab kaupade või toodete voogusid tarnijalt kliendile kogu ettevõttes. Näiteks väärtus, mida tarkvaraettevõtte oma klientidele pakub, on tarkvaralahendused ja kõik selle sees olevad funktsioonid [15].

Väärtusvoo kaart kuvab kõik tööprotsessi olulised etapid, mis on vajalikud väärtuse pakkumiseks algusest lõpuni. See võimaldab visualiseerida iga ülesannet, millega

meeskond töötab, ja annab ühe pilguga olekuaruandeid iga ülesande edenemise kohta. Väärtusvoo kaardi loomise peamine eesmärk on näidata, kus saab protsessi parandada, visualiseerides nii selle väärtust lisanduvaid (*value-adding*) kui ka raiskavaid (*wasteful*) samme [15].



Joonis 6. Väärtusvoo kaardistamine tootmis ettevõttel (näidis) [16]

Lean teoorias viitab "väärtusvoog" kõikidele toimingutele, mis on vajalikud toote või teenuse viimiseks kontseptsioonist või toorainest valmiskaubani. Iga tegevus annab lõpptootele väärtust, ideaaljuhul töötades tõhusalt koos, et luua pidevalt voolav väärtusvoog. Esimene samm säästliku keskkonna loomisel – väärtuse suurendamisel ja jäätmete kõrvaldamisel – on väärtusvoo analüüsimine. See annab aluse parendusplaani koostamiseks. Süsteemi hetkeseisu uurides saab väärtust loovaid tegevusi selgelt eraldada jäätmeid tekitavatest tegevustest, mis muudab parendusvõimaluste leidmise lihtsamaks [16].

Väärtusvoo kaardistamine toetab vooanalüüsi, lihtsustades keerulise süsteemi kaardiks. Kaart illustreerib väärtusvoo analüüsi tulemusi, pakkudes visuaalset tööriista mõistmise ja suhtlemise hõlbustamiseks. Järgmises osas kirjeldatakse väärtusvoo analüüsi lõpuleviimise, hetkeseisukaardi koostamise, tuleviku- ja ideaalseisukaartide väljatöötamise ning lõpuks ka *lean*-plaani elluviimise samme. Need sammud on VSM-i

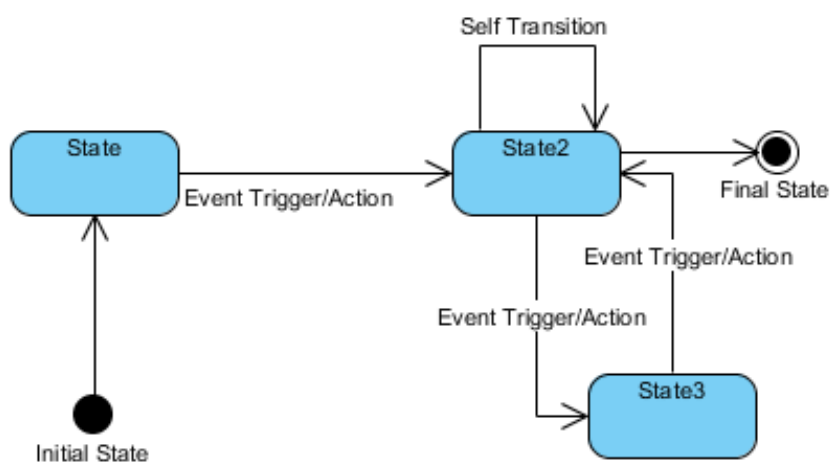
parimad tavad ja pakuvad organisatsioonile väärtusvoo analüüsi, mis loodetavasti viib parima võimaliku tulemuseni: tõhus ja integreeritud materjali- ja teabevoo süsteem [16].

Magistritöö autor kasutas väärtusvoo mudeli kalibreerimise protsessi olemasoleva protsessi praeguse seisuga visualiseerimiseks ja protsessi komponentide ajakulu uurimiseks. Analüüsi põhjal oli koostatud parenduseettepanekud väärtusevoos lähtuvalt ettevõtte eesmärkidest.

2.8 Olekumuutuste skeemi koostamine

Olekudiagramm on protsessi abstraktne esitus. Seda kasutatakse arvutiteaduses sageli programmeerimiskeelte voo modelleerimiseks. Samuti võib see aidata luua äriprotsesside kaarti. Süsteemiskeemi elemente nimetatakse tavaliselt objektideks, mille olek võib muutuda. Olekudiagrammide kirjutamiseks on kõige populaarsem keel *Unified Modeling Language* ehk UML. See keel võimaldab protsessi kogu ehituse vältel jälgida. Seda kasutatakse tavaliselt süsteemi kui terviku käitumise kirjeldamiseks [17].

UML-diagrammid näitavad tavaliselt objekti käitumist erinevates stsenaariumides ja erinevate elementide tuvastamiseks kasutatakse sageli mitut sümbolit. Olekudiagramm on vooskeemiga väga sarnane. Tavaliselt on selle ülaosas suur punkt, mis tähistab objekti algseisundit. Olekumuutusi saab näidata ringidena, kusjuures objekti nimi, muutujad ja toimingud on üksteisest eraldatud. Igaühe eraldamiseks kasutatakse tavaliselt horisontaaljooni .



Joonis 7. Olekumuutuste diagramm [18]

UML on modelleerimiskeel, mitte meetod. Meetodid koosnevad nii modelleerimiskeelest kui protsessist. Modelleerimiskeel on (peamiselt graafiline) tähistusvahend. Protsess määrab tegevuste järjekorra arendusprotsessis [19].

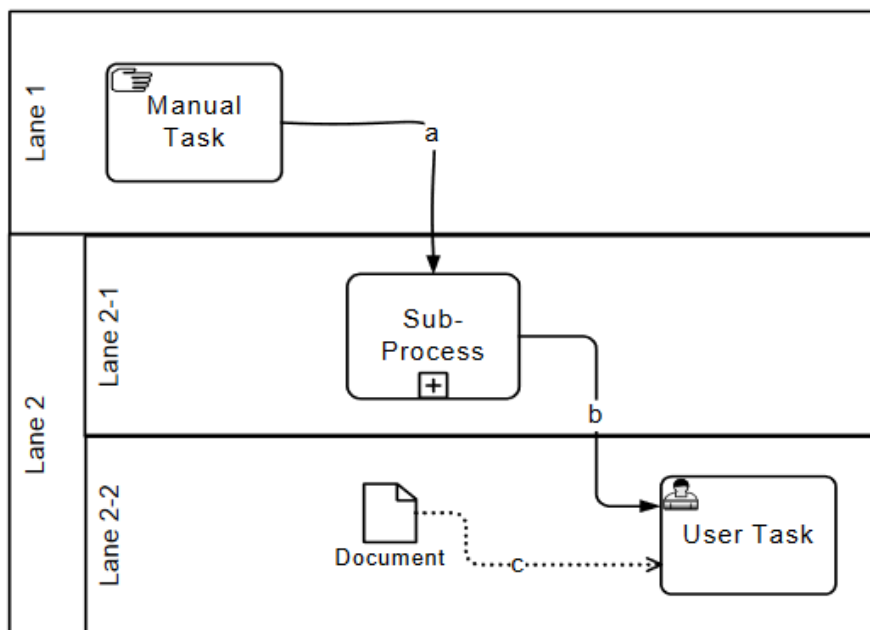
UML loomise eesmärgid on: modelleerida süsteeme objekt-orienteeritud tehnikaid kasutades alates nende mõistetest kuni rakenduslike tehisteneni välja; võimaldata tööd ka suuremahuliste ja keeruliste süsteemidega; luua modelleerimiskeel, mida suudaksid lugeda nii inimesed kui masinad. UML kasutusala on kõikvõimalikud süsteemid: info süsteemid, tehnilised süsteemid, reaajasüsteemid, hajussüsteemid, ärisüsteemid jne. UML on keel süsteemi visualiseerimiseks, spetsifitseerimiseks, väljatöötamiseks ja dokumenteerimiseks [19].

Magistritöö autor kasutas olekudiagrammid selleks, et saada ülevaade kõigest mis on mõõtevahendite kalibreerimise protsessi toimimisega seotud. Samuti kasutas autor olekumuutuste skeeme toimivate olekute ja sündmuste fikseerimiseks.

2.9 Protsesside kaardistamine

Protsessikaardistus on organisatsiooni töö kirjeldamine, mille käigus tuvastatakse mingi kitsama funktsiooni või eesmärgi saavutamiseks vajalikud erinevad tegevused, osapooled, nende vahelised seosed ja toimimisloogika. Oluline on enne kaardistamisega alustamist kokku leppida, miks kaardistust tehakse. See võib tunduda triviaalne, kuid praktikas on sageli ette tulnud, et eesmärki ei ole üheselt kokku lepitud, seda ei ole organisatsioonis osapooltele teavitatud või on eesmärk töö käigus muutunud. Eesmärgi valik mõjutab otseselt protsesside kirjeldamise detailsust, rõhuasetust ning kaardistamise vormistuse valikuid [20].

Protsesside optimeerimiseks tuvastatakse olemasolevatest protsessidest ressursikulud või põhjendamatult keerukad kohad ning korraldatakse töö ümber viisil, mis muudab protsessi lihtsamaks või vähem ressursikulukaks ilma lõpptulemi kvaliteeti muutmata. Protsesside optimeerimine või parendamine on kõige sagedasem põhjus protsessikaardistuse läbiviimiseks. Soovitav on kõigepealt kaardistada olemasolev olukord (*as-is* vaade), seejärel läbi viia protsessianalüüs ning analüüsi tulemuste põhjal luua tulevikuprotsessid (*to-be* vaade) [20].



Joonis 8. BPMN protsessi joonistamise näidis [21]

Magistritöö autori poolt oli äriprotsessi kaardistamiseks valitud äriprotsesside mudeldamise standard BPMN (*Business Process Model and Notation*), mille osaks on märgistik äriprotsesside graafiliseks esitamiseks.

BPMN-i eesmärk on pakkuda märgistikku, mis on piisavalt intuitiivne ärikasutajatele ja samas võimeline esitama tehnilistele kasutajatele vajalikul tasemel keerukust. BPMN on avatud standard, mis on koostatud varasemate tootjapõhiste standardite põhjal ning on tänaseks laialdaselt kasutusele võetud paljude tarkvaaratootjate poolt kui peamine protsesside kirjeldamise märgistik [20].

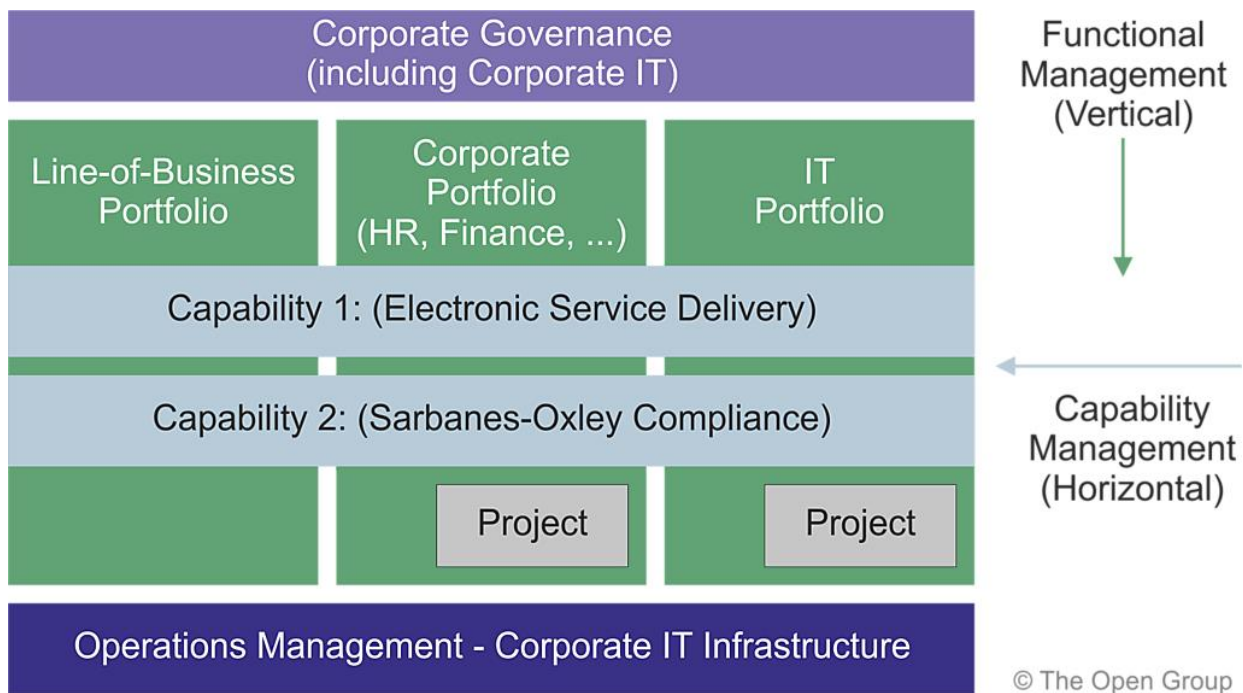
2.10 Võimekuste analüüsi meetod (TOGAF)

TOGAF-i (*The Open Group Architecture Framework*) raamistik on ülemaailmselt tunnustatud standard ettevõtte arhitektuuri liigendamiseks, alates selle planeerimisest ja projekteerimisest kuni rakendamiseni. See raamistik on kõikehõlmav ja annab organisatsioonidele võimaluse tagada, et kõik arhitektuursed komponendid on kooskõlas ettevõtte strateegilise suunaga [22].

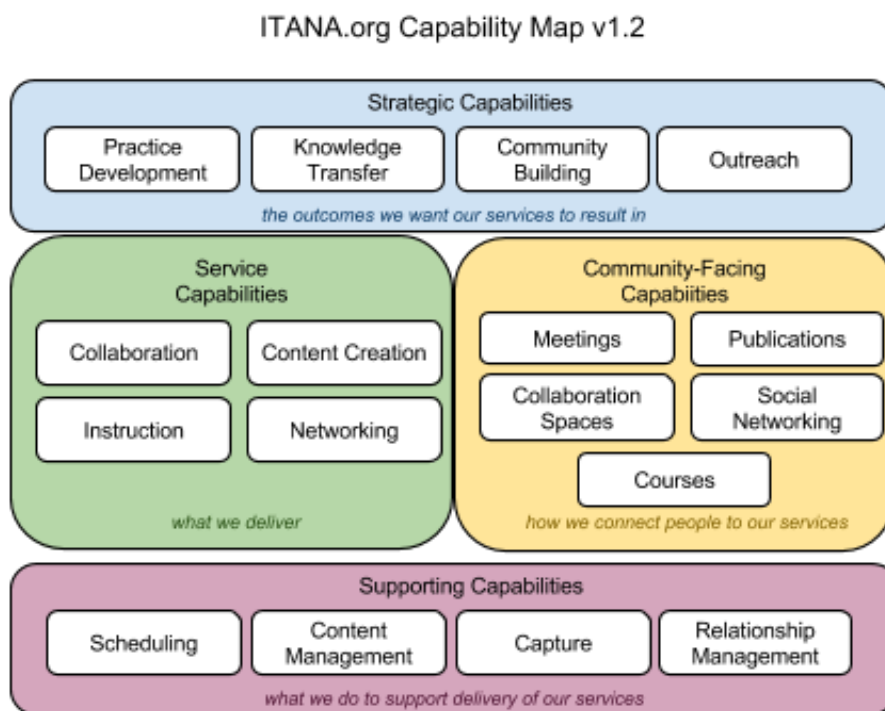
Antud magistritöö skoobis autor kasutab AS Metroserdi võimekuste analüüsimise meetodiks võimekusepõhine planeerimine (*capability based planning*), mis on TOGAF ettevõttearhitektuuri raamistikus kasutatav meetod, millega saab kontrollida seda, kas plaaneritavad muudatused ettevõttes on kooskõlas ettevõtte strateegiaga. Võimekusepõhine planeerimine keskendub strateegiliste ärivõimaluste planeerimisele, projekteerimisele ja ettevõttele tarnimisele. See on äripõhine ja juhitud ning ühendab kõik ärivaldkonnad soovitud võimekuse saavutamiseks. Võimekusepõhine planeerimine hõlmab enamikku, kui mitte kõiki ettevõtte ärimudeleid ja on eriti kasulik organisatsioonides, kus on vaja varjatud reageerimisvõimet (nt hädaolukorras valmisolekuüksus) ja samad ressursid on kaasatud mitmesse võimesse [23].

Strateegilise analüüsi teostamiseks on väga oluline ettevõtte võimekuste kaardi koostamine. Võimekused määratlevad, mida ettevõtte peab suutma teha, et edukalt saavutada ettevõtte strateegia osana määratletud tulemusi. Need on ettevõtte peamised ehitusplokid, ainulaadsed ja üksteisest sõltumatud ning kipuvad olema aja jooksul stabiilsed. Võimekuste kaart on ettevõtte kaart, mis illustreerib selle võimalusi mõnes olekus, nt. praegused võimalused ja nende küpsusaste või vajalikud võimed tulevikus. Iga võimet saab dekomponeerimisega täpsustada. Ülalt-alla vaatenurgast tulenevad võimed organisatsiooni strateegilisest suunast [24].

Magistritöö autor kasutab võimekuste põhise kontseptsiooni (joonis 9) selleks, et koostada AS Metroserdi võimekuste kaardi (joonis 10) ja välja selgitada, millised ettevõtte võimekused toetavad mõõtevahendite kalibreerimise protsessi ja millised oleks vaja optimeeritud protsessi jaoks juurde tekitada.



Joonis 9. Võimekusepõhine plaanerimine kontseptsioon (näidis) [23]



Jim Phelps, Chair

Dec 19, 2011

Joonis 10. Ettevõtte võimekuste kaart (näidis) [25]

3 Ettevõtte taust ja hetkeolukorra analüüs

Antud peatükk tutvustab käsitlevat ettevõtet. Autor annab ülevaate ettevõtte äriarhitektuurist, strateegiast ja võimekusest. Autor teostab ettevõtte SWOT analüüsi, koostab motivatsiooni ja strateegia mudelid ning koostab ettevõtte võimekuste kaardi.

3.1 Ettevõtte taust, visioon ja missioon

AS Metrosert on Eesti metroloogia keskasutus ja seega on Metrosert oluline lüli Eesti Vabariigi kvaliteedi taristus ehk teisisõnu tagab Metrosert oma tegevusega Eesti majanduslikku julgeolekut. Mis tähendab, et täpsed, korratavad ja jälgitavad mõõtmised on olulised nii kaubanduse ja teenuse valdkonnas, järelevalve teostamisel kui ka tööstussektori siseriiklikus ja rahvusvahelises tegevuses [1].

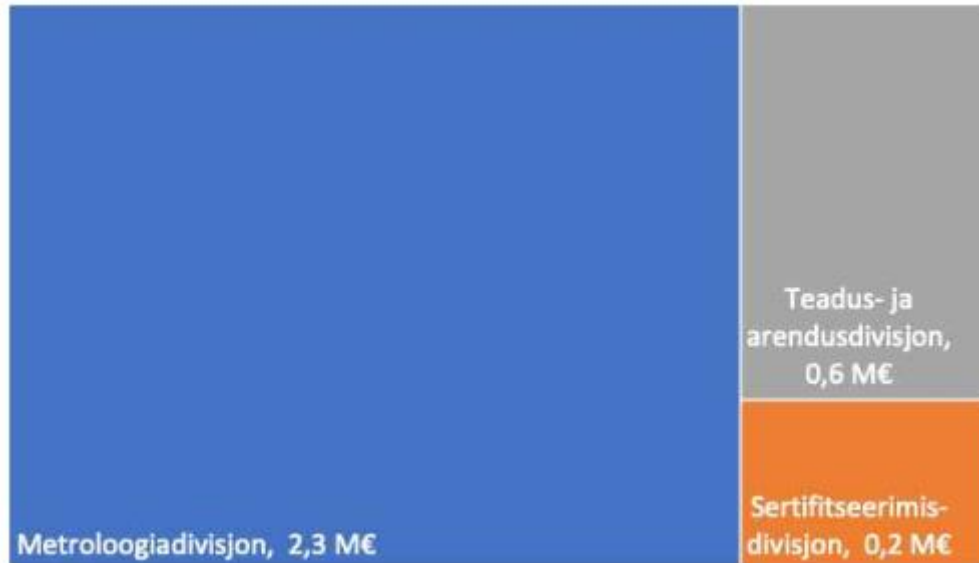
Metroserdi põhilised tegevusalad on:

- mõõtevahendite kalibreerimine ja taatlemine;
- metroloogiaalane koolitus ja konsultatsioon;
- teadus ja arendustegevus mõõteteaduse valdkonnas;
- juhtimissüsteemide ja toodete sertifitseerimine;
- sertifitseerimisalane koolitus.

Metroserdi Metroloogiadivisjoni koosseisu kuuluv Eesti Proovikoda on nimemärgiste riikliku registri volitatud töötaja ja ainuõiguslik väärismetalli proovi tõendaja Eestis [1].

2021. aastal töötas Metroserdis keskmiselt 64 inimest, töötajate keskmine vanus on 42 ja mediaan vanus 41 aastat ning keskmine ja mediaan tööstaaž töötajatel on 9,6 ja 4,6 aastat. Joonisel 12 on AS Metroserdi struktuur [1].

Metroserdi 2021. aasta äritulu oli 3,1 M€, äritulust moodustas põhiosa teenuste, so metroloogia, sertifitseerimis-, koolitus-, analüüsi- ja muude teenuste müük [1].



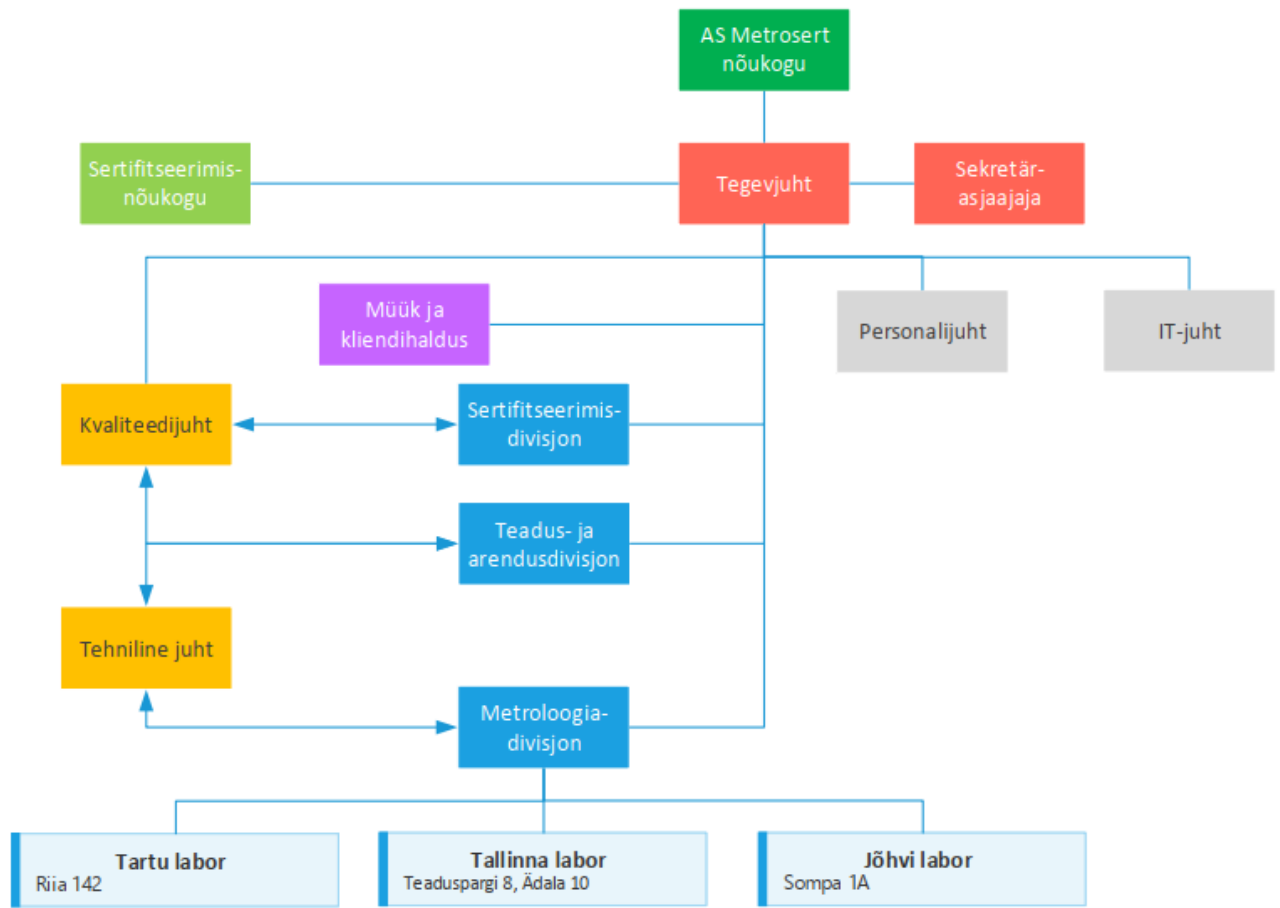
Joonis 11. AS Metrosert äritulude jaotus divisjonide vahel [1]

Metroserdi 2021. aasta äritulude jaotust erinevate struktuuriüksuste vahel kirjeldab Joonis 11. Äritulude jaotus kirjeldab suurepärast ka ettevõtte strateegilisi eesmärke, sest Metroserdi roll ühiskonnas realiseerub just läbi selle, et ettevõtte pakub erinevatele majandussektoritele kõrgtasemel metroloogia teenuseid, milleks loovad eeldused teadus- ja arendustegevus ning sertifitseerimine [1].

2021. aruandeaasta kasum on 10,6 k€. Metrosert hoiab riigietalone ja pakub metroloogia ja sertifitseerimise teenuseid. Täidab Eesti riigi jaoks olulist rolli, sest olla üks osa kvaliteedi taristust. Seepärast on oluline, et ettevõtte tegevus oleks kasumlik ning teenused õiglaselt hinnastatud, et ettevõtte saaks panustada oma meeskonna ja tehnilise võimekuse arendamisse.

AS Metroserdi visioon on täita Eesti Vabariigi metroloogia keskasutuse ülesanded ja olla juhtiv ettevõtte kõikides Metroserdi poolt pakutavates teenusevaldkondades.

Missioniks on AS Metroserdil tegevuse kaudu tagada metroloogia infrastruktuuri toimimine Eestis mõtteseadusest tulenevate metroloogia keskasutuse ja riigietaloni labori avalike ülesannete täitmisega.



Joonis 12. AS Metrosert struktuur [1]

Ettevõtte juhtimisel rakendatakse head ühingujuhtimise tava. Tagatud on ettevõtte tegevusega seotud õigusaktide järgimine, nõuetekohane riskijuhtimine ja sisekontrolli toimimine. Ettevõtte lähtub oma tegevuses õigusaktidest ja asjakohastest akrediteerimisnõuetest. Lähtudes AS Metrosert põhikirjast ning väljakujunenud töökorraldusest teevad juhatus ja nõukogu tihedalt koostööd [1].

Ettevõttes on rakendatud ja toimib sisekontrolli süsteem. Siseauditeid läbiviivad töötajad on saanud vastava koolituse. Olulist tähelepanu pööratakse töötajate töökeskkonnale ja -ohutusele. Lisaks siseaudititele läbib Metrosert regulaarselt igas akrediteeritud valdkonnas välisauditeid [1].

3.2 Ettevõtte strateegia ja finantseesmärgid

Metroserdi näol on tegemist Eesti Vabariigile olulise äriühinguga, kelle ülesandeks on hoida ja arendada majanduse arengu seisukohalt vajalikke riigi mõõteetalone. Riigi osalus Metroserdis on vajalik, sest mitmed metroloogia valdkonna rahvusvahelised tegevused toimuvad riiklikul tasandil (rahvusvahelistes organisatsioonides ja projektides osalemine, vastastikuse tunnustamise lepingutes osalemine). Riigi osalus riigi mõõteetalonide arendamisel tagab usaldusvääruse, mida aktsepteeritakse ka väljaspool Eestit. Rahvusvaheline metroloogia infrastruktuur näeb ette, et riigil on oma mõõtmiste valdkonna arendamiseks keskasutus või instituut, kes täidab riigi ülesandeid osaledes rahvusvahelistes organisatsioonides ning arendus- ja koostööprojektides [26].

Siseriiklikult on ettevõtjatele ja ka mõõtmisteenuseid vajavatele riigiasutustele väga oluline, et oleks võimalik kasutada võimalikult laias valikus mõõteteeenuseid. See tagab kiirema ja odavama teenuse, mis samas on aga kvaliteedi ja täpsuse mõttes rahvusvaheliselt tunnustatud tasemel. Omanik peab oluliseks mõõteteeenuste osutamist riigile kuuluva äriühingu kaudu, sest eralaborid ei ole huvitatud pakkumast teenuseid, mis nõuavad algselt väga suuri investeeringuid ja mille hilisem kasutajaskond ei ole väga suur. Eralaborid on spetsialiseerunud vähestele (kasumlikele) valdkondadele ja pakuvad ainult laia kasutusega teenuseid [26].

Spetsiifiliste teenuste arendamine (nt erikujulised mõõtmised, 3D mõõtmised jmt) nõuab lisaks riigietalonide olemasolule ka teadus-arendustegevuse kaasamist, mis samuti on Metroserdis aastate jooksul heal tasemel väljakujunenud ning rahvusvahelisel tasemel tuntud ja tunnustatud [26].

AS Metrosert finantseesmärgid on järgmised:

Kasumlikkus. Riigi kui omaniku ootus on, et kõik vabal turul opereerivad riigi äriühingud töötavad kasumlikult. Omakapitali hinna (oodatava omakapitali tootluse) määrab Rahandusministeerium oma iga-aastase „Riigi osalusega äriühingute, sihtasutuste ja mittetulundusühingute koondaruandega“. Omakapitali hinna määramisel võetakse aluseks sarnases sektoris tegutsevate ettevõtete keskmine riskitase, arvestatakse Metroserdi spetsiifikat, turuolukorda ning konkurentsiseaduse ja Rahandusministeeriumi poolt kehtestatud regulatsioonidega. Kuna Eesti Vabariik omanikuna finantseerib Metroserdi osa äriühingu tegevusest läbi sihtotstarbelise toetuse, siis on omaniku esmane

ootus teenuste osutamise kvaliteet (eelkõige mõõteteenuste ja väärismetall toodete proovi tõendamise valdkonnas) ja alles seejärel minimaalse omakapitali hinna järgimine [26].

Konservatiivsus. Riigi kui omaniku ootus on, et kõik tema omanduses olevad äriühingud teostavad enda majandustegevust keskmisest madalamate riskidega ja konservatiivse kapitalistruktuuriga. Äriühingud peavad tagama oma tegevuse jätkusuutlikkuse pideva uuendus- ja arendustööga ning vajalike investeeringutega. Investeeringuid peab olema võimalik katta äriühingu põhitegevuse rahavoogudest ning riik reeglina omakapitaliinvesteeringuid äriühingutesse ei tee. Kõik plaanitavad investeeringud peavad olema põhjalikult läbi analüüsitud ning kaasnevad riskid tuvastatud ning arvesse võetud [26].

Efektiivsus. Riigi kui omaniku ootuseks on, et kõik tema omanduses olevad äriühingud teostavad enda majandustegevust efektiivselt, ressursisäästlikult ning inimeste tervisele ja ümbritseva keskkonnale ohutul viisil. Äriühingud peavad tagama, et kesk pikas ajahorisondis nende tulud kasvavad proportsionaalselt kiiremini kui kulud. Äriühingud peavad defineerima enda tegevusvaldkonnale kohased efektiivsusmõõdikud ning püüdlema nende järkjärgulise parandamise poole [26].

Omanikutulu. Riigi kui omaniku ootuseks on, et kõik vabal turul opereerivad riigi äriühingud maksavad stabiilset omanikutulu (dividende). Omanikutulu (dividende) ei jaota need riigi osalusega äriühingud, keda riik ise läbi eelarve toetab (doteerib) ja/või teenust ostab. AS-i Metroseri dividendipoliitika on fikseeritud ettevõtte strateegias ning see lähtub eespool kirjeldatud optimaalse kapitalistruktuuri säilitamise eesmärgist ehk dividendi makstakse selliselt, et saavutada või hoida optimaalset kapitalistruktuuri [26].

Ettevõtte Metroser AS strateegilised eesmärgid võib jagada põhi kriteeriumite järgi, mis aitaks valida huvitatud gruppi ja hinnata, kas seal on eesmärgid ja kas need on adekvaatsed ja kooskõlas teiste eesmärkidega. Autor kasutab selleks osaliselt *balanced scorecard* meetodit, tabelil 2 on AS Metroserdi strateegilised eesmärgid.

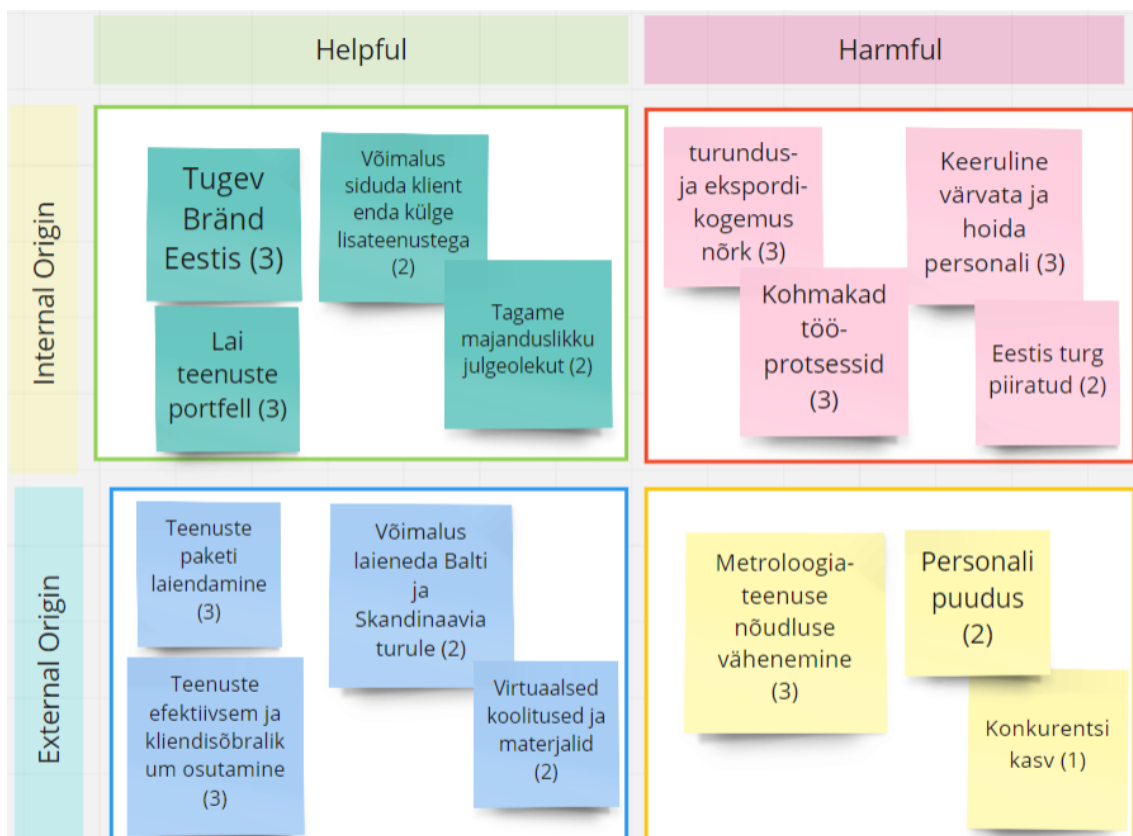
Criteria for Defining Goals	Define Goals
Marketplace	Laieneme metroloogiateenuste pakkumisega kolmele välisturule (Läti, Leedu, Soome).
Competition	Laiendame teenuste paketti vastavalt Eesti ettevõtete vajadustele.
Technology	Muudame teenuse osutamise protsessi efektiivsemaks ja kliendisõbralikumaks läbi IT vahendite kasutuselevõtu.
Past Performance	Kasvatame käivet 5 aastaga 30% (5% aastas).
Competition	Hoiame ja arendame personali ning kasutame iga töötaja võimekust parimal moel.
Competition	Oleme kompetentsemad ja kiiremad kui meie konkurendid.

Tabel 2. Metroser AS strateegilised eesmärgid (autori koostatud)

Antud magistritöö skoop on kitsendatud mõõtevahendite kalibreerimise protsessile ja selle optimeerimisele läbi klientide seadme haldamise lahenduse, seega autor keskendub ainult tehnoloogia ja IT eesmärgile, millega AS Metroser soovib muuda teenuste osutamise protsessi maksimaalselt efektiivsemaks ja kliendisõbralikumaks, kasutades selleks erinevaid sobivaid IT-ja tehnoloogia lahendusi.

3.3 Ettevõtte SWOT analüüs

Selleks et, saada ettevõttest ja ettevõtluskeskkonnast adekvaatne pilt autor kasutab SWOT-analüüsi, keskendudes rohkem Metrosert AS metroloogia divisioonile, kuna see on kõige suurem ja tulukam osa ettevõttes. Sellega on võimalik kiiresti hinnata ettevõtte seisundit ja seda, kas ta oma sisemiste tugevuste arvelt on võimeline vastu seisma välistele ohtudele või kas sisemised nõrkused takistavad väliseid võimalusi ära kasutamast [5].



Joonis 13. AS Metrosert SWOT analüüs (autori koostatud)

Tähtsuse hindamise aluseks olid olulisus ja mõju ettevõttele. Väheoluline ja madala mõjuga tegur sai hindeks 1 ja suure mõjuga 3.

STRENGTHS (+)		IMPORTANCE
1	Bränd - ettevõtte on metroloogia valdkonnas Eestis tuntud ja usaldusväärne teenusepakkuja	3
2	Lai teenuste portfell - pakume ettevõtetele metroloogiateenust kogu ulatuses	3
3	Sünergia - võimalus siduda klient oma külge lisateenuste abil (mõõtevahendite infosüsteemi (MÕIS) arendus, konsultatsioon, koolitus)	2
4	Ettevõtte tagab oma tegevusega Eesti majanduslikku julgeolekut	2
5	Regionaalsus - metroloogiateenuseid pakutakse Tallinnast, Tartust ja Jõhvist	1

Tabel 3. AS Metrosert SWOT analüüsi tugevused (autori koostatud)

WEAKNESSES (-)		IMPORTANCE
1	Ettevõtte turundus- ja ekspordikogemus on nõrk	3
2	Kohmakad tööprotsessid - ahel: klient, tellimus, mõõtevahend, kalibreerimise/taatlemise protokollid, tunnistused, lisamaterjalid tööprotsess on manuaalne, eraldi süsteemides ja ka kliendi jaoks aja- ja töömahukas. Kliendi jaoks e-keskkond puudub	3
3	Personal - keeruline värvata ja hoida personali, kuna nõuded on spetsiifilised (uute seadmete puhul järjest enam) ja konkureeritakse parimate tööstusettevõtetega	3
4	Eestis on metroloogiateenuste turg piiratud	2

Tabel 4. AS Metrosert SWOT analüüsi nõrkused (autori koostatud)

OPPORTUNITIES (+)		IMPORTANCE
1	Teenuste paketi laiendamine - keeruliste suuruste täppismõõtmine ja uute mõõte meetodite väljatöötamine, diskreetimis algoritmide kasutamine näiteks: uue multimeetri rakendus, kiudoptilised mõõtmised, sensorvõrgud, mittekontaktset mõõtmised	3
2	Teenuse osutamine efektiivsem ja kliendisõbralikum - protsessi automatiseerimine (sh IT võimaluste kasutuselevõtt), parem logistika (sh pakiautomaadid), paberivaba teenuse osutamine	3
3	Eksport - laienemine metroloogiateenuste pakkumisega Baltikumi ja Skandinaavia turule	2
4	Virtuaalsed koolitused ja koolitusmaterjalid	2

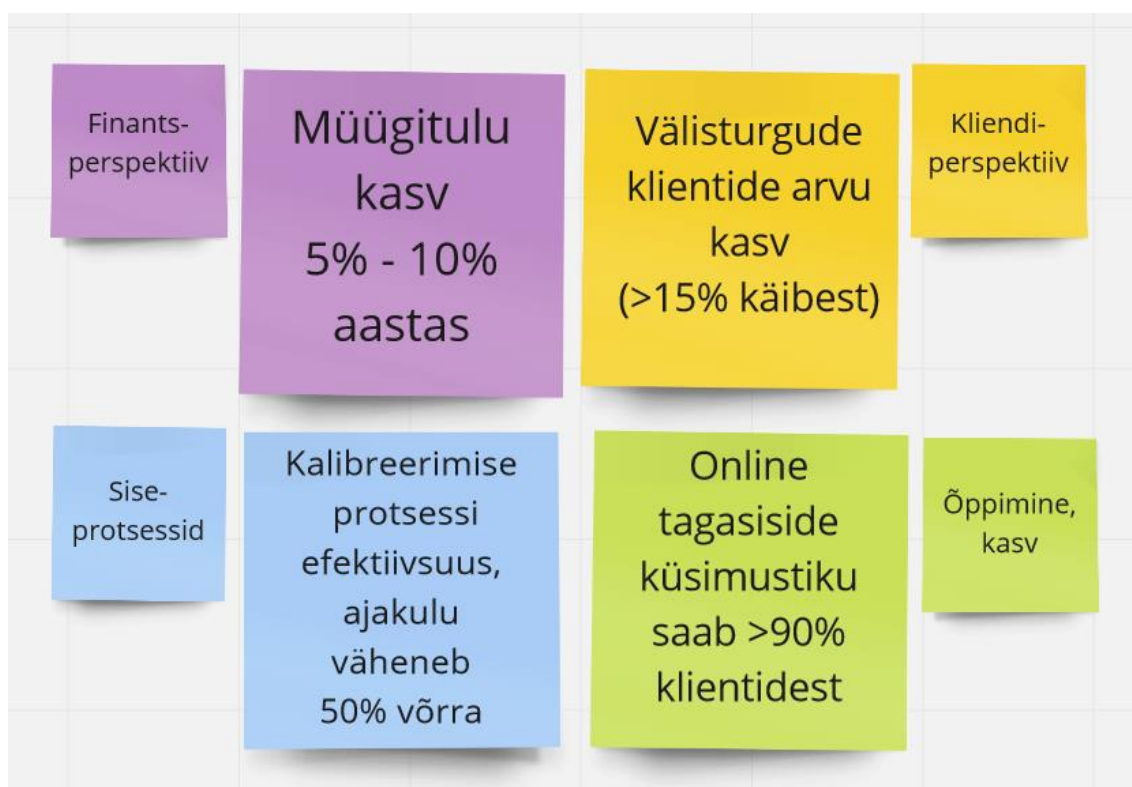
Tabel 5. AS Metrosert SWOT analüüsi võimalused (autori koostatud)

THREATS (-)		IMPORTANCE
1	Metroloogiateenuse nõudluse vähenemine - õiguskeskkonna muutused vähendavad kohustuslikkust, ettevõtted kalibreerivad ise mõõtevahendeid ja/või pikendavad kalibreerimise intervalle	3
2	Personali puudus - uued mõõteseadmed nõuavad osaliselt uut kompetentsi, tugevam palgasurve kvalifitseeritud personalile	2
3	Konkurentsi kasv - Eesti turule võib siseneda mõni rahvusvaheline konkurent. Hinnasurve	1

Tabel 6. AS Metrosert SWOT analüüsi ohud (autori koostatud)

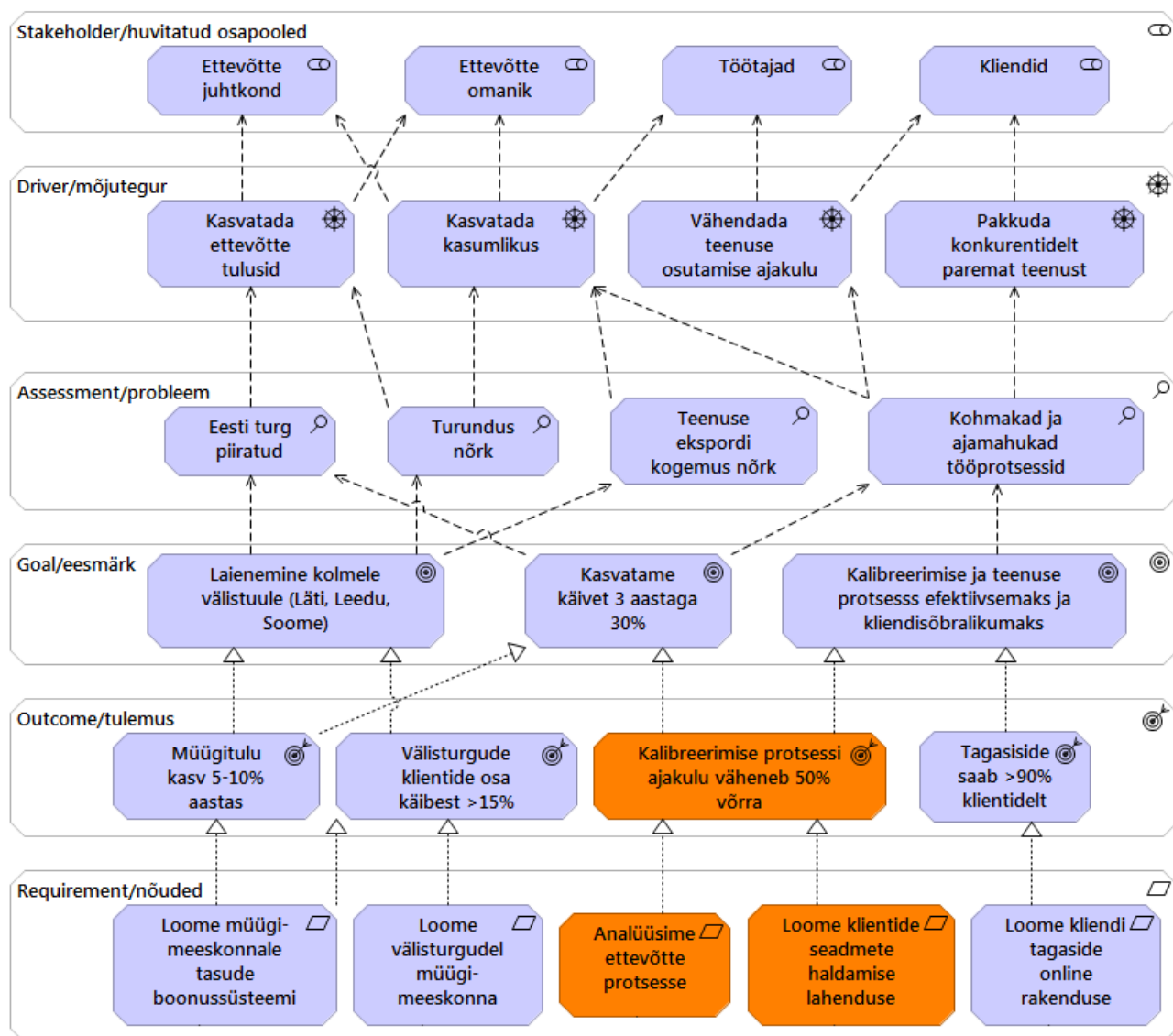
3.4 Motivatsiooni ja strateegia mudelid

Motivatsiooni ja strateegia mudelite koostamiseks oli autori poolt valitud neli olulist AS Metroserdi strateegilist eesmärki. Need on müügitulu kasv nii Eesti turul kui ka välisurgudel, välisurgude klientide arvu kasv, online tagasiside küsimustiku enamusest klientidelt ja antud magistr töö skoobis kõige olulisem eesmärk on mõõtevahendite kalibreerimise protsessi efektiivsuse tõstmine, vähendades kalibreerimisele kuluva aja kuni 50% võrra.



Joonis 14. AS Metrosert strateegilised eesmärgid (autori koostatud)

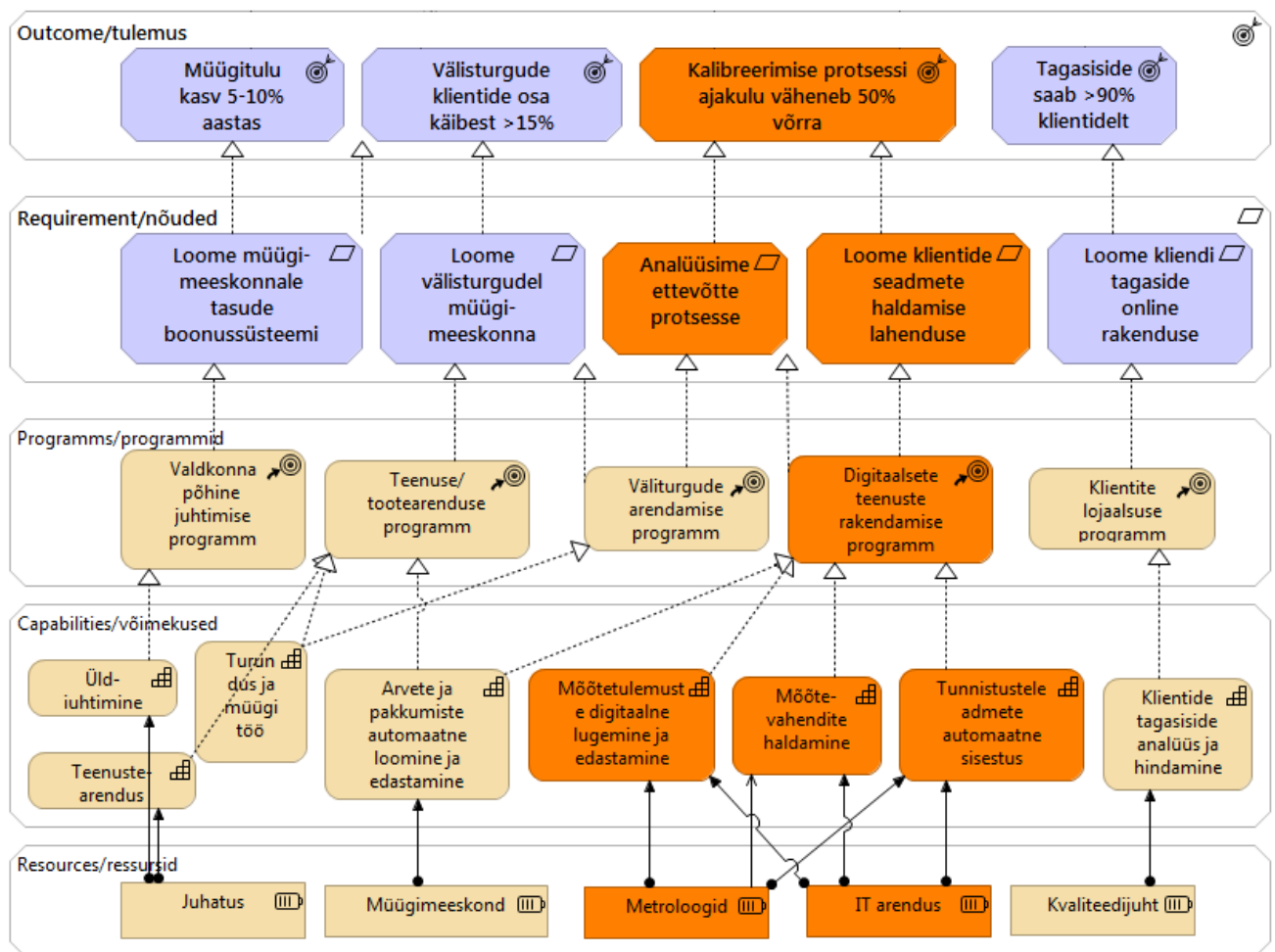
Lähtudes joonisel 14 välja toodud eesmärkidest ettevõtte strateegia realiseerimiseks koostas magistr töö autor motivatsiooni ja strateegia mudeleid. Mudelites on kirjeldatud peamised probleemid mis on seotud strateegiliste eesmärkidega ja mille lahendamiseks on võimalik AS Metrosert osapoolte rahuolu tõsta.



Joonis 15. AS Metrosert motivatsiooni mudel. Oranži värviga on märgitud magistritöös vaadeldavad osad (autori koostatud)

Motivatsiooni mudelist paistab, et mõõtevahendite kalibreerimise protsess on väga oluline ettevõttele ja selle protsessi efektiivsusest sõltuvad nii omanikute ja juhtkonna kui ka klientide rahuolu, samuti ettevõtte töötajatele jääb vähem rutiine ja korduvaid tegevusi.

Nagu varem oli mainitud, kalibreerimise protsess on kohmakas ja ajanõutav, selleks et olukorda muuta oleks vaja täita vajalikud nõuded. Joonisel 15 on oranž värviga märgitud antud magistritöö kontekstis olulisemad vaadeldud osad, selleks et saavutada kalibreerimise protsessi ajakulu vähenemine 50% võrra oleks vaja teha põhjalik tööprotsesside analüüs ja luua täielik klientide seadmete haldamise lahendus.



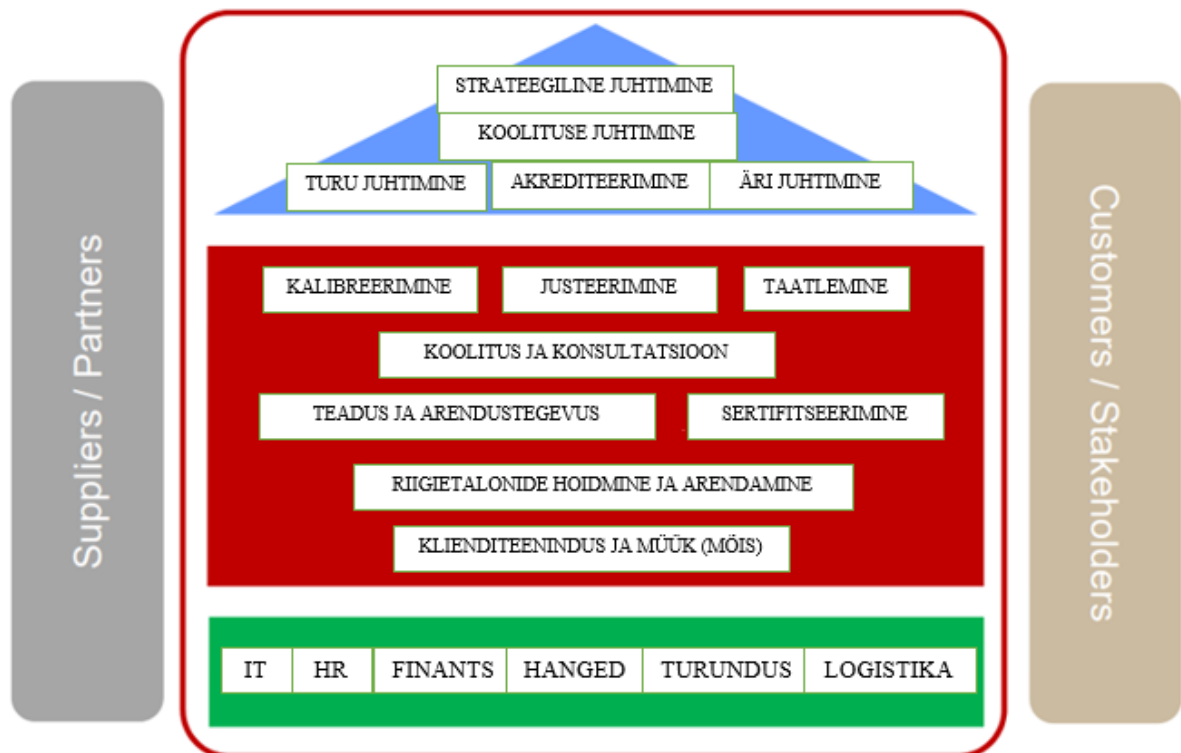
Joonis 16. AS Metrosert strateegia mudel. Oranži värviga on märgitud magistritöös vaadeldavad osad (autori koostatud)

Strateegia mudelis (joonis 16) on oranži värviga on märgitud millised programmid, võimekused ja ressursid on vajalikud selleks et jõudma püstitatud eesmärgini. Oluline on digitaalsete teenuste rakendamise programm, mis sisaldab ettevõtte soov võimalikult suures mahus digitaliseerida iga kalibreerimise protsessis olev etapp. Alates pakumise vormistamisest kuni kalibreerimise tunnistuse väljastamiseni. Programmi toeks on erinevad olemasolevad ja loodavad võimekused grupid: mõõtetulemuste digitaalne lugemine ja edastamine arvutisse, andmete automaatne sisestus tunnistustele (siin on mõõtevahendite andmed, kuupäevad, firma andmed jmt.) ja mõõtevahendite haldamine, mis lubaks jälgida iga kalibreeritava seadme informatsiooni, asukoha, nõutava kalibreerimise perioodi jne.

3.5 Ettevõtte võimekuste kaart

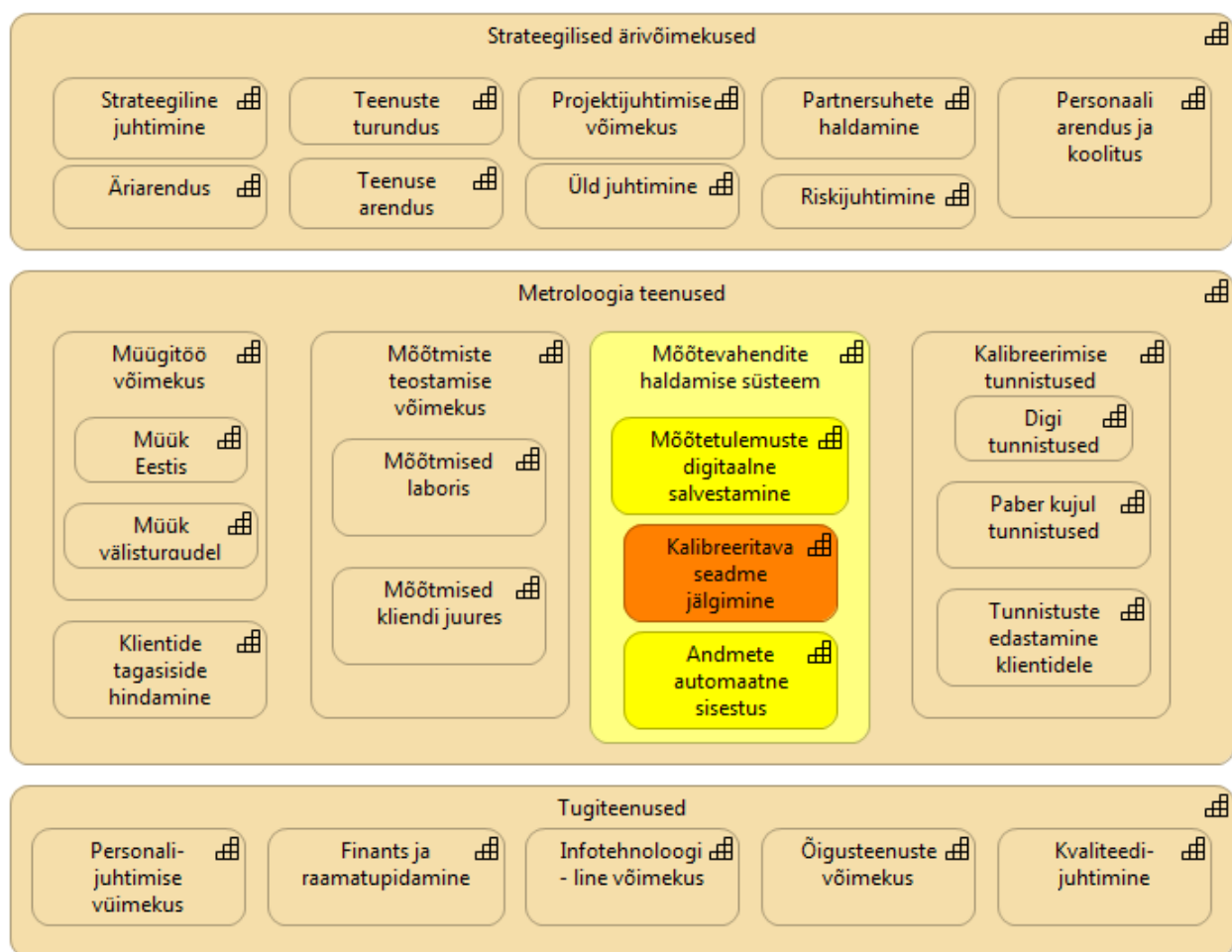
Järgmisena autori poolt oli koostatud ettevõtte võimekuste kaart. Koostamisel vaatles autor kõige olulisemaid võimekusi, mis toetavad kalibreerimise protsessi praegu ja neid mida on vaja lisada lähtudes ettevõtte strateegiast . Kuna see protsess on kõige suurem ja oluline ettevõtte jaoks, siis peaaegu kõik teised ettevõtte protsessid on selle protsessiga seotud, suures või väikses mahus.

Selleks, et anda ülevaade kõikidest protsessidest, mis on ettevõttel esitatud, nii põhiprotsessidest, kui ka tugiprotsessidest kasutas autor protsesside määratlemise raamistiku „maja“, mis on esitatud joonisel 17.



Joonis 17. AS Metrosert protsesside määratlemine (autori koostatud)

Selle raamistiku järgi saab kiiresti hinnata, mis on juhtimise, põhi- ja tugiprotsessid. Antud raamistik aitab autorile täpsemalt koostada metroloogiateenuse võimekuste kaarti.



Joonis 18. AS Metroserdi metroloogiateenuste võimekuste kaart (autori koostatud). Kollasega on olemasolevad võimekused, mis vajavad parendamist. Oranž värviga on loodavad võimekused)

Võimekuste kaardi koostamisel lähtus autor sellest, et kõigepealt näidata need võimekused mis on juba ettevõttes olemas. Nende realiseerimise tase antud magistritöö skoobis ei ole eriti oluline, pigem oluline et need on ettevõttes juba olemas. See tähendab seda, et ettevõttel on ärivõimekused ja tugivõimekused olemas ja nad annavad ka võimalusi arendada metroloogia teenustega seotud võimekusi.

Autor keskendus mõõtevahendite haldamise süsteemile ja joonisel 18 on see kollasega märgitud. Selle alla kuuluvad ka olemasolevad võimekused nagu mõõtetulemuste osaline digitaalne salvestus ja ka andmete automaatne sisestus, kuid need vajavad parandamist läbi protsessi optimeerimise. Samuti ka loodav võimekus, mis on joonisel värvitud punasega ning on täiesti uus ja on seotud mõõtevahendite kalibreerimise protsessi optimeerimise ettepanekuga autori poolt, millest järgmises peatükis räägitakse.

4 Mõõtevahendite kalibreerimise protsessi analüüs

Antud peatükis autor kirjeldab analüüsi tulemusi, mis olid saavutanud kasutades teises peatükis välja toodud meetmeid. Analüüsi etapil koostas töö autor erinevad mudelid, et tekiks arusaam ettevõtte arhitektuuri suurest pildist ja kalibreerimise protsessi rollist ettevõttes. Analüüsi tulemuste põhjal kirjeldatakse kalibreerimise protsessi optimeerimise võimalused ja antakse ülevaade protsessi potentsiaalsest tulevikust.

4.1 Mõõtevahendite kalibreerimine ja taatlemine

Kalibreerimine ehk mõõtevahendi näidu kontrollimine annab tellijale info, kui palju mõõtevahend valetab. Selle põhjal saab mõõtevahendi kasutaja otsustada, kas see sobib vajalike mõõtmiste läbiviimiseks või mitte [27].

Kvaliteetsed ja kontrollitud mõõtmisüsteemid ja -seadmed aitavad Eestis igal aastal ära hoida miljardite eurode väärtuses mõõtmise halvast kvaliteedist tingitud allahindlusi või mahakandmisi. Mõõtmisseadmete kalibreerimine aitab hoida ära majanduslikke kahjusid, luua kindlustunnet ja tagada täpsust, millele oma tööülesannete täitmisel toetuda. Valed mõõtmised võivad kahju tekitada nii tootjale, vahendajale kui ka tarbijale [27].

Taatlemise eesmärgiks on kaitsta kodanike ja riigi huvisid ebaõigete mõõtmiste kaudu tekkida võivate kahjude eest. Mõõtevahendite taatlemise kohustus on Eestis ja Euroopa Liidus reguleeritud seadusandlike aktidega. Metroserdile on Eesti Vabariigi poolt antud õigus tegutseda mõõteseaduse ja toote nõuetele vastavuse seaduse alusel volitatud ja teavitatud asutusena. Selle alusel teostab Metrosert mõõtevahendite riigisisest esma- ja kordustaatlust ning mõõtevahendite vastavushindamist kui inspekterimisasutus [27].

Mõõteseadme taatlemiskohustus on neil, kes lasevad mõõtevahendi turule (tootja, importija, levitaja) ja neil, kes mõõtevahendit kasutavad (valdaja või kasutaja). Mõõtmisseadmete metrooloogilise kontrolli alla kuulub hulgaliselt seadmeid, mida kasutatakse mõõtmiseks kaubanduses, meditsiinis, liiklusjärelvalves, posti- ja taksoteenuse pakkumiseks ning majapidamiskulude arvestamiseks. Teisisõnu vajavad taatlemist seadmed, mis aitavad luua majanduslikku kindlustunnet ja usaldusväarsust [27].

Selle magistritöö skoobiks on ainult mõõtevahendite kalibreerimise protsessi analüüs. Taatlemine on suhteliselt sarnane protsess, kuid on kohustuslik ja reguleeritav riigi poolt. Autor leiab, et ka taatlemise osas on võimalik optimeerimise võimalusi rakendada ja kasutada kliendi mõõtevahendite haldamise lahendust, kuid keskendub esialgul ainult mõõtevahendite kalibreerimise protsessile.



Joonis 19. AS Metrosert mõõtevaldkonnad mida kalibreeritakse [27]

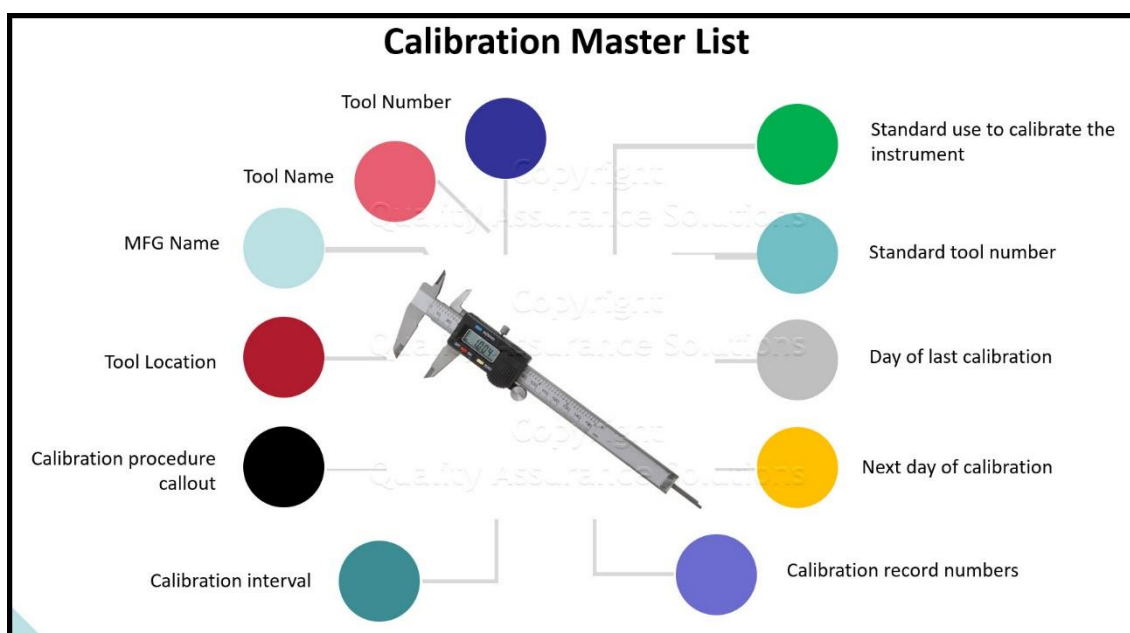
Kalibreerimise eesmärgiks on tagada usaldusväärsed mõõtetulemused. Kvaliteetsed ja kontrollitud mõõtmisüsteemid ja -seadmed aitavad Eestis igal aastal ära hoida miljardite eurode väärtuses halvast kvaliteedist tingitud allahindlusi või mahakandmisi. Just seetõttu ongi vaja oma mõõtmisseadmeid kalibreerida – hoida ära majanduslikke kahjusid, luua kindlustunnet ja tagada täpsust, millele oma tööülesannete täitmisel toetuda. Kalibreeritud seadmetega müüd rohkem, lihtsamini ja turvaliselt [27].

Mõõtevahendite kalibreerimise kohustuse ja intervalli määrab organisatsioon ise, lähtudes allolevast [27]:

- on soetatud uus seade;
- seade on saanud lööke või selle toimimist on mõjutanud;
- keskkonnatingimused;
- ees on ootamas olulised ja kriitilise tähtsusega mõõtmised;
- seadmega on teostatud teatud hulk töötunde;

- seadet on parandatud või modifitseeritud;
- eelmisest kalibreerimisest on möödunud kindel ajavahemik;
- seadme mõõtmistulemused erinevad suurel määral oodatud tulemusest;
- käes on kalibreerimise aeg ettevõttesisest või tootjapoolsest;
- dokumentatsioonist lähtuvalt.

Mõõtevahendi kalibreerimise käigus pannakse kirja suur hulka informatsiooni kalibreeritava seadme kohta, joonisel 20 on näidatud põhiandmed, mis lähevad kalibreerimise tunnistusele, need on mõõtevahendite nimetus ja mudel; seeria number ja tootja andmed; informatsioon kalibreerimise teostamise kohta ja vajadusel vastavusehindamine.



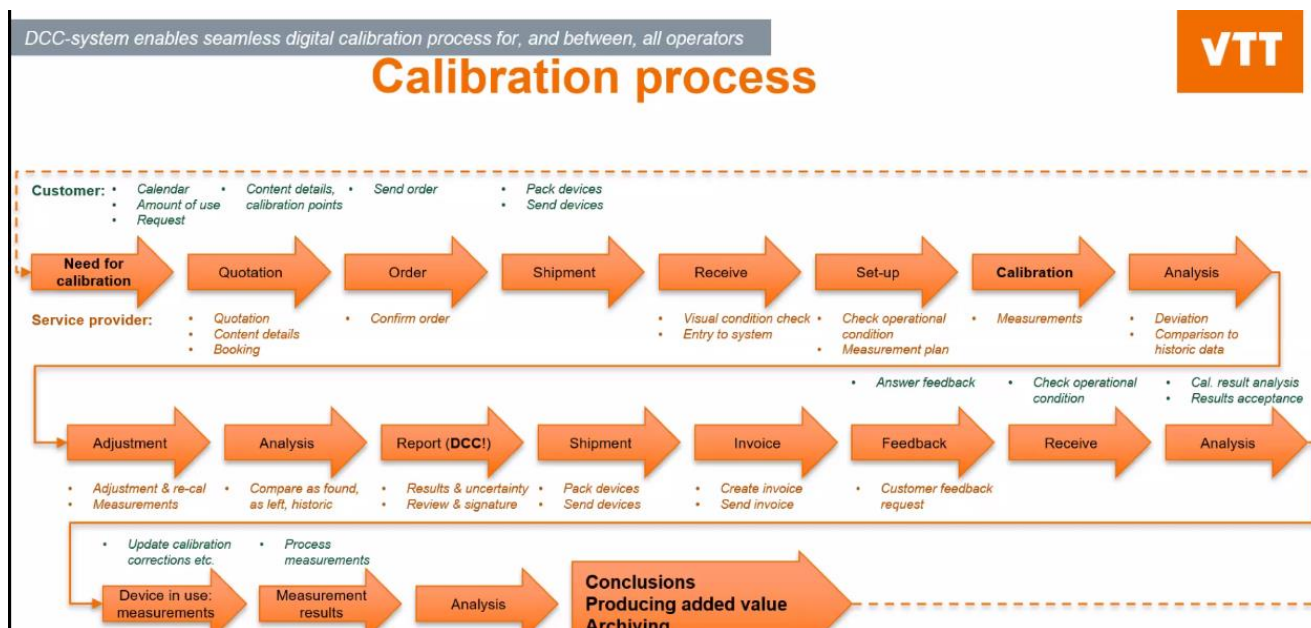
Joonis 20. Kalibreeritava mõõtevahendi kohta vajalikud andmed [28]

Paljude organisatsioonide kvaliteedi- ja juhtimise süsteemid nõuavad, et vastavalt standardile *ISO9001* regulaarselt korraldatakse kasutusel olevate mõõtevahendite kalibreerimine. Protsessi ja toote kvaliteedi säilitamiseks on oluline tagada, et organisatsiooni mõõteriistad mõõdavad õigesti. Kalibreerimine on protsess, mille käigus võrreldakse instrumendi täpsust teadaolevate standarditega. Seadme täpsus on tavaliselt dokumenteeritud seadme juhendis [28]. Kalibreerimise tulemuseks väljastatakse tellijale

kalibreerimise tunnistus. Lisa 2 on lisatud tüüpiline kalibreerimise tunnistus, mida väljastatakse kliendile iga kalibreeritava seadme kohta.

Mõõtevahendite kalibreerimine ja mõõtmisteenus peaks vastama standardile ISO/IEC 17025 “Katse- ja kalibreerimislaborite pädevuse üldnõuded”. Samuti ettevõtte kvaliteedisüsteem peaks vastama standardi ISO 9001 nõuetele ning on selle järgi sertifitseeritud.

Kalibreerimine sisaldab erinevaid etappe, enamus nendest on kohuslikud ja määratud standartidega. Standardide ülevaade ja standartidele vastavuse kontroll ei kulu antud magistratöö skoopi. Näidisenäena toob autor välja kalibreerimise protsessi töövoodiagrammi, kus on näidatud Soome riikliku metroloogiainstituudi kalibreerimis- ja mõõtmisteenus mis vastab üleval toodud standartidele.

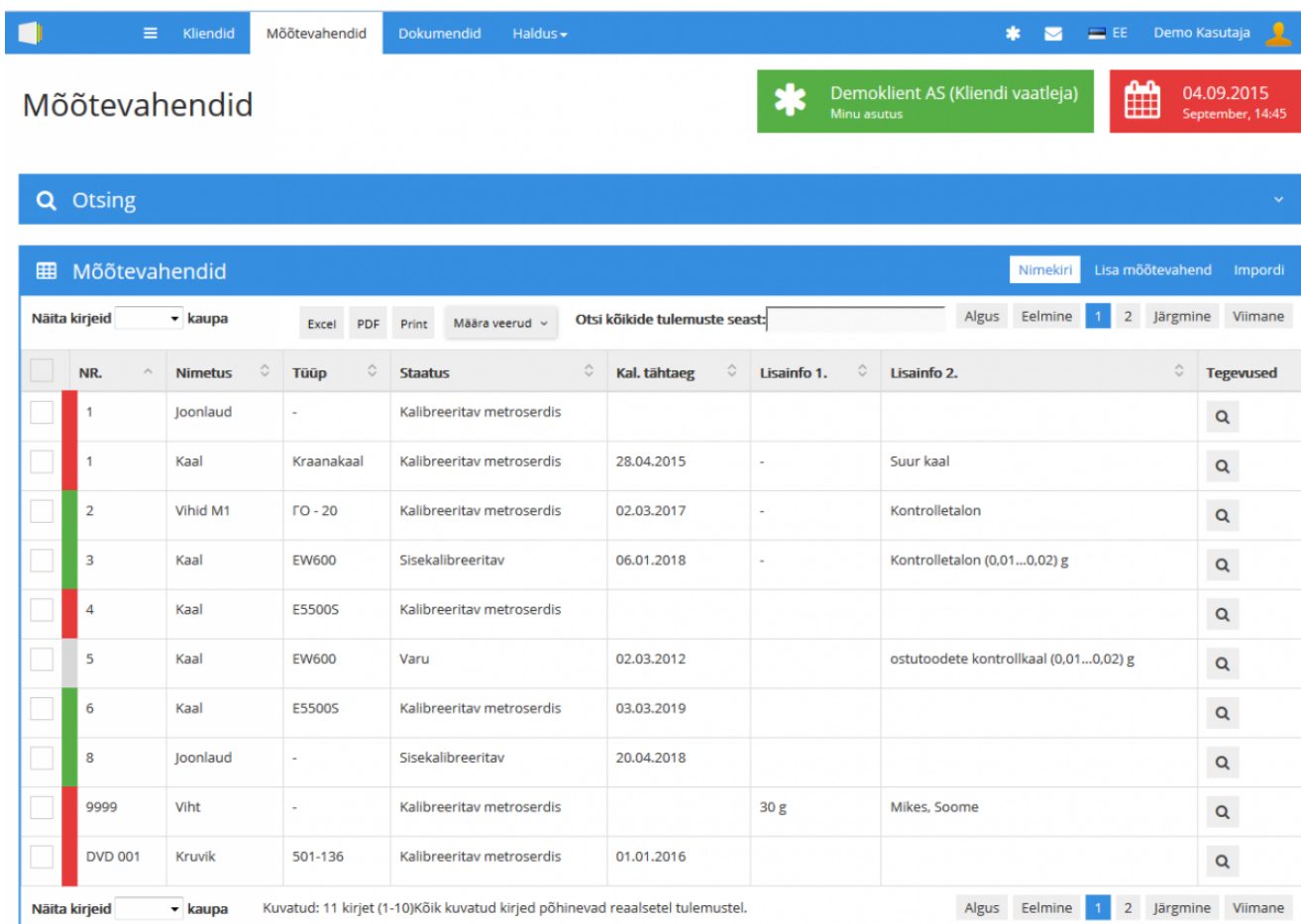


Joonis 21. Soome riiklikku metroloogiainstituudi kalibreerimis- ja mõõtmisteenus [29]

Eestis reguleerib mõõtevahendite taatlemist ja kalibreerimist metroloogia mõõteseadus, millega reguleeritakse rahvusvahelise mõõtühikute süsteemi (SI) mõõtühikute kasutamist ja väärtuste edastamist; mõõtetulemuse jälgitavuse tõendamise aluseid; legaalmetrooloogilist kontrolli ja metroloogia valdkonna pädevate asutuste ülesandeid.

4.2 Mõõtevahendite infosüsteem (MÕIS)

AS Metrosert oma igapäevases töös kasutab veebi keskkonda, mis võimaldab ettevõttel hõlpsalt hoida ja hallata oma mõõtevahendite registrit ja teostada nende ohjet. Süsteem on ligipääsetav nii kliendi kui Metroserdi poolt [27].



The screenshot displays the MÕIS web application interface. At the top, there is a navigation bar with tabs for 'Kliendid', 'Mõõtevahendid', 'Dokumendid', and 'Haldus'. A user profile section on the right shows 'Demoklient AS (Kliendi vaatleja)' and the date '04.09.2015 September, 14:45'. Below the navigation bar, there is a search bar labeled 'Otsing' and a main content area titled 'Mõõtevahendid'. The main area contains a table with the following columns: NR., Nimetus, Tüüp, Staatus, Kal. tähtaeg, Lisainfo 1., Lisainfo 2., and Tegevused. The table lists 11 items, each with a checkbox and a magnifying glass icon. The items are: 1. Joonlaud (Kalibreeritav metroserdis), 1. Kaal (Kraanakaal, Kalibreeritav metroserdis, 28.04.2015, Suur kaal), 2. Vihid M1 (FO - 20, Kalibreeritav metroserdis, 02.03.2017, Kontrollletalon), 3. Kaal (EW600, Sisekalibreeritav, 06.01.2018, Kontrollletalon (0,01...0,02) g), 4. Kaal (E5500S, Kalibreeritav metroserdis), 5. Kaal (EW600, Varu, 02.03.2012, ostutoodete kontrollkaal (0,01...0,02) g), 6. Kaal (E5500S, Kalibreeritav metroserdis, 03.03.2019), 8. Joonlaud (Sisekalibreeritav, 20.04.2018), 9999. Viht (Kalibreeritav metroserdis, 30 g, Mikes, Soome), and DVD 001. Kruvik (501-136, Kalibreeritav metroserdis, 01.01.2016). The interface also includes a search bar, a 'Näita kirjeid' dropdown menu, and a 'Kuvatud: 11 kirjet (1-10)Kõik kuvatud kirjed põhinevad reaalsel tulemustel.' status bar.

Joonis 22. Ekraanitõmmis mõõtevahendite nimekirjast demokasutaja korral [27]

Lühiülevaade süsteemi funktsionaalsusest [27]:

- Info mõõtevahendite staatuse kohta (kalibreerimine, taatlemine, hooldus, remont jne Metroserdis/mujal laboris/ettevõttesiseselt/üldse mitte);
- Teavitused saabuva kalibreerimis- ja/või hooldustähtaja kohta kas otse süsteemi või (perioodiliselt) e-postile;
- Mõõtevahendite nimekirja vaade, nende andmete, parameetrite ja seotud tegevuste ajaloo vaade;

- Eri taseme õigustega kasutajate loomise võimalus (vaatleja kuni administraator), personaalsed paroolid;
- Dokumentide üleslaadimine (digitembeldatud kalibreerimistunnistused, pildid, kasutusjuhendid jmt).

Failid		
Näita kirjeid	▼ kaupa	Excel PDF Print Määra veerud ▼ Otsi kõikide tulemuste seast
Dokumendi üleslaadija	Dokumendifail	Üleslaadimise kuupäev
Demo Kasutaja	9999_14_ATLF_NÄIDIS_ddoc	02.03.2015 18:41
Demo Kasutaja	9999_14_ATLF_NÄIDIS_ddoc	02.03.2015 18:32
Admin Kasutaja	Pilt mis on seotud mõõtevahendiga.	02.03.2015 15:47
Admin Kasutaja	Pilt mõõtevahendist	02.03.2015 15:46
Admin Kasutaja	Pilt mõõtevahendist	02.03.2015 15:46

Näita kirjeid ▼ kaupa Kuvatud: 5 kirjet (1-5)Kõik kuvatud kirjed põhinevad reaalsel tulemusel.

Kalibreerimise andmed				
Näita kirjeid	▼ kaupa	Excel PDF Print Määra veerud ▼ Otsi kõikide tulemuste seast		
Loodud	Tunnistuse number	Tähtaeg	Teostamise kuupäev	Kokkulepitud kuupäev
02.03.2015 18:41		28.04.2015		
02.03.2015 18:41	ATLF-14/9999	28.10.2014	28.10.2014	

Näita kirjeid ▼ kaupa Kuvatud: 2 kirjet (1-2)Kõik kuvatud kirjed põhinevad reaalsel tulemusel.

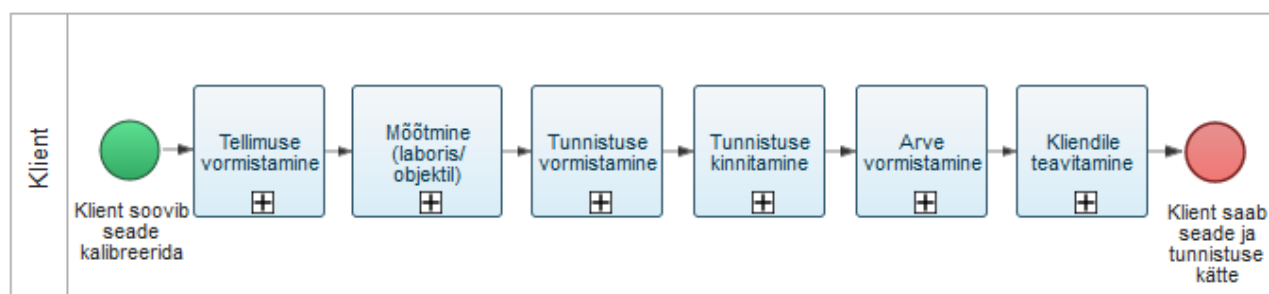
Hoolduse andmed

Joonis 23. Mõõtevahendi andmete, seotud dokumentide ja kalibreerimiste vaade [27]

Kasutusvõimalus alates lihtsast failivahetuskeskkonnast kuni lepingulise suhteni, kus klient annab Metroserdile õiguse ja kohustuse jälgida mõõtevahendite staatust ja kutsuda mõõtevahendid õigel ajal kalibreerimisele/taatlemisele. Metroserdi lepingulistele klientidele on keskkonna kasutamine tasuta.

4.3 Olemasolev kalibreerimise protsess

Ettevõttes on mitu valdkonda, igaüks nendest kasutab mõõtevahendite kalibreerimise saamad printsiibid. Autor valis ühe valdkonna ja vaatles detailselt ettevõtte elektri ja sageduse valdkonna, mis on hetkel kahjumis, aga samas on käibe poolest ettevõttes üks suuremaid ja oluline komponent ettevõtte tooteportfellis, mis ei võimalda valdkonna teenusest loobuda. Juhtkond teeb pingutusi klientide leidmiseks nii Eestis kui ka väljastpoolt, lisaks on ka arvamus et olemasolevaid kliente paremini ja kiiremini teenindades oleks võimalik ka neilt rohkem käivet saada. Hindu olulisel määral tõsta ei ole võimalik, sest konkurentide hinnad on vastas. Aastas tehakse elektri ja sageduse valdkonnas umbes 2000 kalibreerimist, erinevaid kliente on üle kaheksaja.



Joonis 24. Mõõtevahendite kalibreerimise protsessi üldine vaade (autori koostatud)

Üldises vaates olemasolev kalibreerimise protsess välja näeb nii, et kliendil tekib vajadus mõõtevahend kalibreerida, ta toob või saab seda klienditeenindusse ja seal vormistatakse tellimus. Peale seda klienditeenindus saadab mõõtevahendi laborisse (vahepeal ka sõidetakse kliendi objektile) kus metroloog teeb vajalikud mõõtmised ja täidab protokollid. Selle alusel vormistab metroloog kalibreerimise tunnistuse, mida kinnitab ise ja saadab mõõtmiste eest vastutavale isikule kinnitamiseks. Kui tunnistus saab kinnitatud, viiakse seade laborist klienditeenindusse ja klienditeenindus tellimuse alusel kostab kliendile arve. Informeerib kliendi selles, et seade on kalibreeritud ja saadab kliendile arve. Klient tuleb oma kalibreeritud seadme järgi ja maksab arve kohapeal või lepingu alusel.

Kõige pikemad kalibreerimise protsessi osad on mõõtmine ja tunnistuste vormistamine. Seadme kalibreerimise töö on ajamahukas; mõõtetulemused, mida on mõne töö korral kümned või sadu, sisestatakse enamasti käsitsi või mõõteprogrammidest „copy-paste“

meetodil MS Excelisse. Hinnanguliselt 30-40% tööajast läheb vormistamise peale. Enamusel kalibreerimisele tulevatest seadmetest on olemas liidesed, mis võimaldavad neid automaatselt juhtida, samas vajalikud skriptid tuleb ise koostada või osta standartlahendused ja neid kohendada. Valdkonna spetsialistidel ja firma juhtkonnal on erinev nägemus millist teed edasi minna, hetkel on üksikud levinud mõõteprogrammid olemas, mis nende kalibreerimise aega olulisemalt lühendavad.

Mõõtevahendite kalibreerimise protsessil on olemas sisend, kuhu lähevad erinevad seadmed, mida toovad kliendid kalibreerimisele. On ka väljund, kust tulevad kalibreeritud seadmed koos vormistatud tunnistustega. Protsessil on teatud piirangud ja ressursid (töö aeg, inimesed, investeeringud ettevõttepoolt ja muu).

Autori ja ka juhatuse nägemusel on see protsess võimalik optimeerida ja viia üksus kasumisse ja samas ka käivet tõsta. Uues olukorras tuleks kõigepealt optimeerida töö tegemine just vormistamise osas, samuti üle vaadata töö jaotamise printsiipe ning hakata kasutama meetrikaid. Teha reeglits anda ülevaade iga kvartali kohta ja analüüsida kulutatud aeg vs hind. Seega leida nõrgemad kohad, seadmed millele läheb palju aega kalibreerimiseks aga tööhind on madal. Uurida mis võiks olla tööhind iga seadme kohta ning analüüsida tööjõu efektiivsust.

Elektriseadmete kalibreerimise protsessi optimeerimiseks tuleb olemasoleva olukorda analüüsida ja hinnata milline on selle protsessi küpsuse tase. Autor hindas selle protsessi Cobit järgi.

Praeguse protsessi tase võib panna punkti 4 ja 5 vahele (joonis 25). Protsess on korratav ja määratletud. Olemas oskus jälgida ja mõõta protsessi toimivust ning rakendada meetmeid, kui protsess ei ole efektiivne. Protsessi täiendatakse pidevalt ja seda saab automatiseerida.

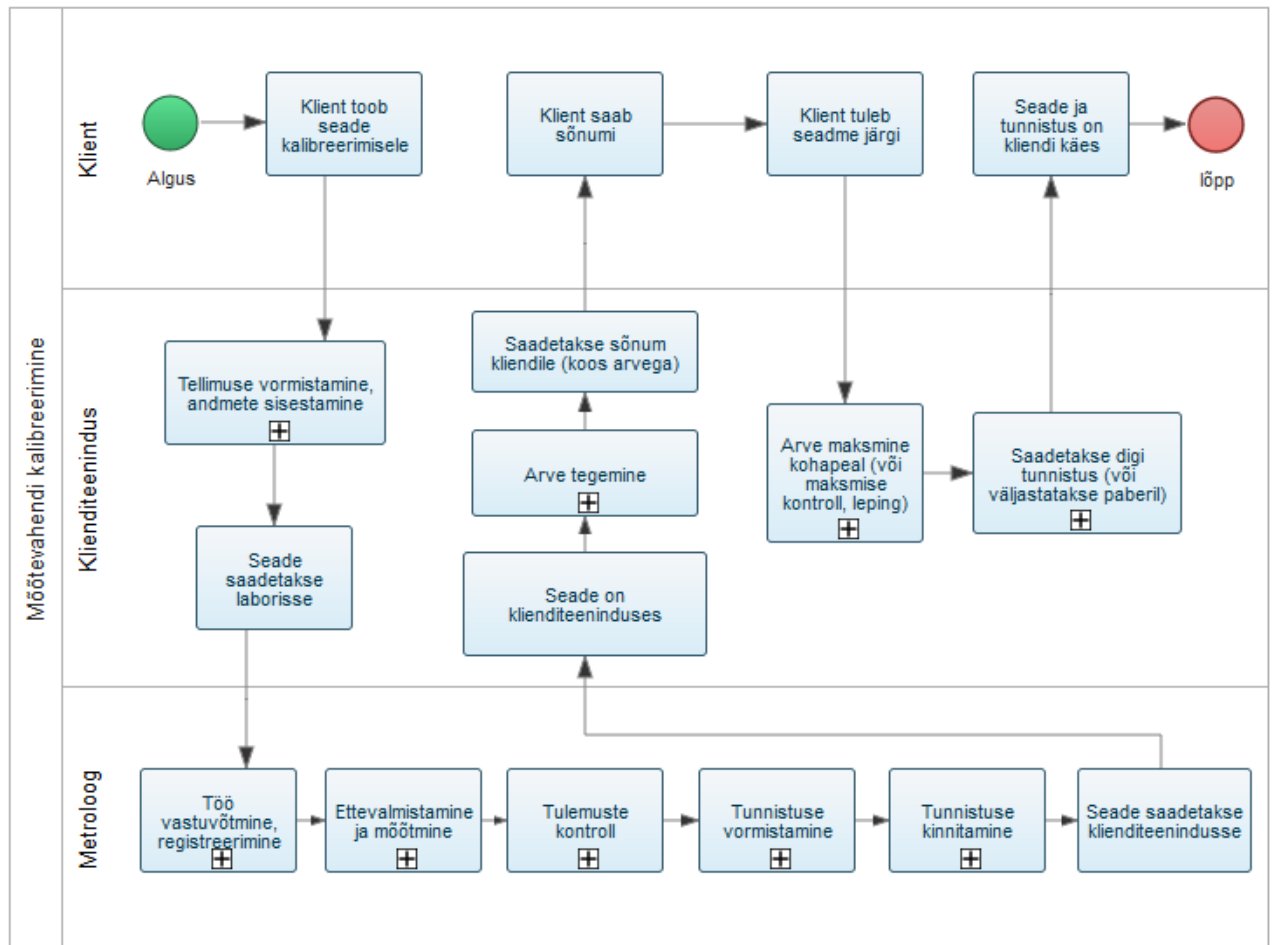


Joonis 25. Cobit protsessi tasemed [8]

Kalibreerimise protsess on kooskõlas parimate tavadega ja põhineb võrdlustel teiste organisatsioonidega. Pakutakse kiiret kohanemist muutuvate tingimustega. Protsess on kooskõlastatud teiste ettevõtte protsessidega, kuid osa toimuvatest ei ole automatiseeritud.

Olemasolevad tööülesanded on korratavad ja kasutavad samasuguseid meetodeid. Kalibreerimine on EAK poolt akrediteeritud, mis tähendab et kalibreerimise protseduurid on stardiseeritud ja dokumenteeritud koos mõõtmisel kasutava tarkvaraga.

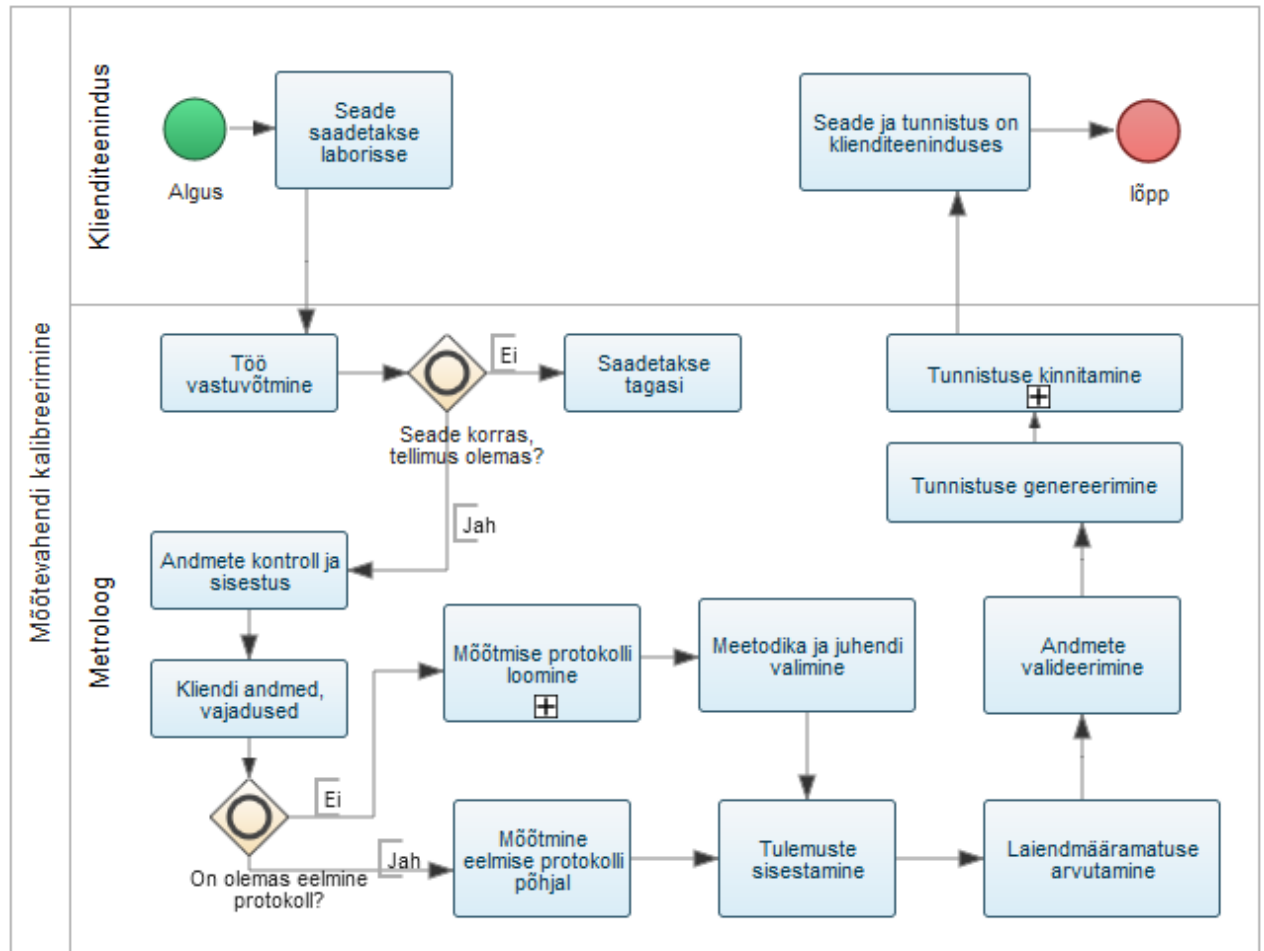
Praegune äriprotsessi diagramm on esitatud joonisel 26. Suhtlus kliendiga käib läbi klienditeeninduse, vajadusel võtab kliendiga ühendust ka metroloog, kui on vaja konkreetset tehnilist küsimust täpsustada. Seadmete kalibreerimine toimub laboris, peale kalibreerimist vormistab metroloog saadud tulemused, arvutab tulemuste alusel määratuse ning teeb vajadusel ka vastavushindamise. Peale seda vormistatakse kliendile tunnistus iga seadme kohta eraldi ja seade saadetakse tagasi klienditeeninduse.



Joonis 26. Praeguse kalibreerimise protsessi üldine diagramm, *as-is* (autori koostatud)

Joonisel 26 on näidatud töövoogi diagramm koos alamprotsessidega, mis toimuvad kliendi, klienditeeninduse ja labori vahel. Kuna labori töö on suhteliselt rutiinne ja ainult aeg-ajalt tuleb uued kalibreerimise protseduure koostada. Olemasolevad protseduurid ja meetodid on juba hästi kirjeldatud, valideeritud ja verifitseeritud. Seega on olemas ka nende efektiivsuse kohta informatsioon. (Mis täpselt oli kasutusel, millistega etalonidega kalibreerimine oli tehtud, kes teegi, palju aega läks mõõtmisele ja tunnistuse vormistamisele jne). Seega on plaan kasutada kogutud infot optimeerida samalaadsete seadmete kalibreerimised lähitulevikus.

Joonisel 27 on näidatud detailsemalt, mis toimub kalibreerimise protsessi käigus just laboris. Joonisel on näidatud seadme mõõtmise protsessi põhiosad.



Joonis 27. Täpsem vaade kalibreerimise protsessist laboris (autori koostatud)

Olemasolevas mõõtevahendite kalibreerimise protsessis on hästi palju korduvaid tegevusi andmete sisestamisel ja kontrollil. Näiteks, kliendi andmed sisestatakse tellimuse vormistamisel, siis metroloog paneb neid protokollile ja kontrollib ka tunnistuse genereerimisel. Selleks on ka AS Metroserdil erinevad keskkonnad, üks (Directo raamatupidamis tarkvara) kus tehakse tellimusi ja arveid; teine (Metre) kus käib töö registreerimine, tööde üleslaadimine ja kinnitamine; kolmas kus on tunnistusi kinnitatakse (Tunnistused) ja neljas (MÕIS), kus on seadme andmed ja kinnitatud tunnistus on saadaval kliendile (ainult MÕIS klientidele).

Kasutades IT lahendusi ja andmete töötlemist hakatakse optimeerida ja automatiseerima olemasolevaid kalibreerimise protsesse valdkonnades. Autor tuli järeldusele et, kui vaadata protsessi tulevikus uue küpsuse taseme põhjal siis lähenetakse mõõtevahendite kalibreerimise protsess Cobiti järgi tasemele 5.

4.4 Muudatused kalibreerimise protsessis

Mõõtevahendite kalibreerimise protsessi optimeerimise eesmärk on teha protsess efektiivsemaks ja vähendada kalibreerimisele kuuluva aega ning pakkuda nii kliendile kui ka AS Metrosert töötajatele ühtset infosüsteemi (mõõtevahendite haldamise lahenduse). Seega peamised muudatused on seotud mõõtevahendi oleku fikseerimisega, korduva tegevuste vältimisega, töö korralduse muutmistega ja automatiseeritud protseduuride kasutamisega.

Püstitatud eesmärgi saavutamiseks on AS Metroserdil juba olemas toimiv MÕIS infosüsteem, mida oleks vajalik varustada uue funktsionaalsustega.

4.5 Kalibreerimise protsessi *to-be* vaade

Magistritöö raames oli autori poolt analüüsitud olemasolev mõõtevahendite kalibreerimise protsess ja välja töötatud protsessi *to-be* vaade, kus on näidatud seadme haldamise lahenduse kasutamist.

AS Metroserdil on olemas toimiv mõõtevahendite infosüsteem (MÕIS), kus on osa funktsionaalsusest juba olemas, mis aitaks mõõtevahendite protsessi optimeerida ja vähendada kalibreerimisele kuuluva aega. Järgmises peatükis autor detailsemalt kirjeldab kontseptsiooni ja nõuded seadmete haldamise süsteemile, mis ühendab MÕIS kasutamist ja uue funktsionaalsuse loomist.

Kalibreerimise protsessi *to-be* vaates autor teeb ettepaneku lisada oleku fikseerimist, selle rakendamiseks on võimalik kasutada erinevaid riistvarasid lahendusi, mis järgmises peatükis kirjeldatud. Oleku fikseerimine aitaks jälgida seade progressi igal etapil ja leidma kohti, mis pidurdavad kalibreerimise protsessi ja kohe sellele reageerida. Samuti annaks see võimaluse automatiseeritult fikseerida aega, mis reaalselt läks mõõtmisele ja tunnistuse vormistamisele, mis seejärel annaks võimaluse ka alam tööprotsessi optimeerida.

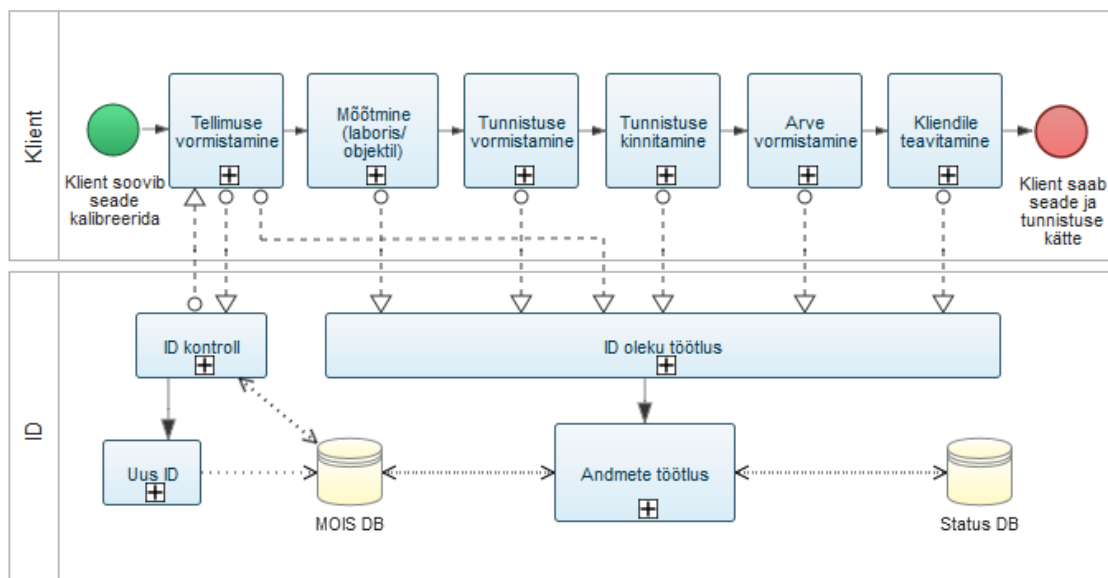
Joonisel 28 on näidatud, kuidas praegu käib töö registreerimine Metre keskkonnas. Iga seadme kohta, mis on tulnud laborisse kalibreerimisele metroloog täidab vajalikud lahtrid Metres (mõõtevahendi tootja, mudel, seeria number jne). Keskkond broneerib tunnistuse numbrit ja peale tunnistuse üleslaadimist metroloog paneb ka käsitsi kalibreerimisele ja

vormistamisele kuulunud aega. Joonisel on punasega märgitud info töö kohta, näiteks esimesel reas on kalibreerimise ja vormistamisele läks 0,5 tundi aega.

Alalispinge ja -voolu toiteallikas	Agilent 6671A	MY41001580	ATLE_22_0293 JUL	-;0,5;0,5
Temperatuuri indikaator	Fluke 54 II B	47780483WS	ATLE_22_0296 PEJ	
Multimeeter	Agilent 34401A	MY41010896	ATLE_22_0312 JUL	-;1;0,5
Takistussalv	P403	18988	ATLE_22_0314 JUL	-;0,5;0,5
Takistussalv	P4047	4158	ATLE_22_0315 JUL	-;0,5;0,5
Takistussalv	P405	08197	ATLE_22_0316 JUL	-;0,5;0,5
Multimeeter	Fluke 8588A	486776366	ATLE_22_0321 IVS	-;40;20
Kalibraator	Fluke 5730A	4191501	ATLE_22_0322 IVS	-;40;20
Multimeeter	Gossen Metrawatt Metrahit 30M	SC0059	ATLE_22_0330 JUL	-;1,5;1
Multimeeter	Fluke 8508A	377271956	ATLE_22_0336 IVS	-;1,5;(vahelduvpinge, vahelduvvool)
Takistid	QuadTech 7000	800064, 800065, 800066, 800067	ATLE_22_0341 IVS	-;2;1
Kalibraator, võimendi	Wavetek 4808, 4600	44920, 44928	ATLE_22_0343 IVS	-;16;5

Joonis 28. Aja arvestus Metre keskkonnas. Punase kastiga on märgitud metrooloogide poolt sisestatud info kalibreerimise kohta.

Autori arvamusel need andmed on võimalik automaatselt täita, MÕIS-st on võimalik võtta kalibreeritava seadme info ning mõõtmisele ja tunnistusele kuuluvat aega arvutada läbi oleku fikseerimise funktsionaalsuse. Järgmisel joonisel on näidatud mõõtevahendite kalibreerimise protsessi *to-be* vaade koos oleku fikseerimise funktsionaalsusega.

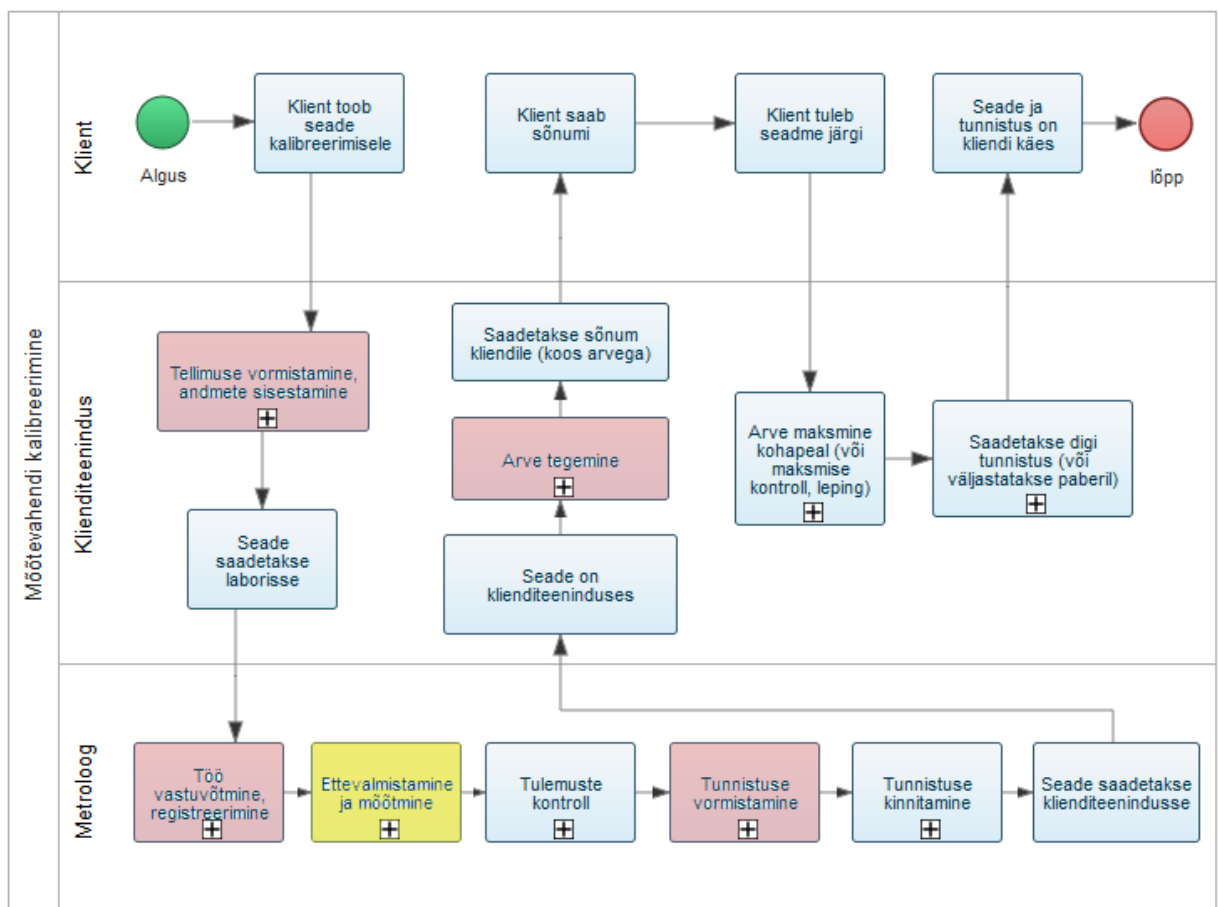


Joonis 29. Kalibreerimise protsess koos oleku fikseerimisega (autori koostatud)

Autori arvamusel oleks mõistlik alustada kergemini teostavast ja liikuda edasi, selleks ei kulu palju aega ja saab juba lähitulevikus luua töötava optimeeritud protsessi, mida inimesed saavad kasutama hakata, oleku fikseerimine on esimene samm, mida võiks teha optimeeritud protsessi suunas.

Järgmisena vaatles autor korduvaid tegevusi *as-is* protsessis ja tuli järeldusele, et vähemalt kolm-neli korda kalibreeritava seadme kohta andmeid sisestatakse inimese poolt, mis võtab aega ja võib põhjustada vigu.

Kui kliendi seade tuleb kalibreerimisele, siis paneb klienditeenindus seadme tüübi ja mudeli tellimusele; kui metroloog registreerib laborisse tulnud seadet, sisestab ta Metresse ka info mudeli, tüübi ja seeria numbri kohta; kui metroloog vormistab tunnistuse ta uuesti sisestab andmed nii kliendi kohta kui ka kalibreeritava seadme kohta; arve vormistamisel võib ka juhtuda, et kalibreerimise tunnistusel on üks kliendi nimi või ettevõtte, aga maksjaks on hoopis teise nimega klient.



Joonis 30. Kohad kalibreerimise protsessis, mida võiks optimeerida (autori koostatud)

Joonisel 30 on punasega värvitud kohad mõõtevahendite kalibreerimise protsessis, kus on esinenud andmete sisestamisega korduvad tegevused. Sellist tegevust on võimalik vältida, kasutades mõõtevahendite haldamise lahendust, kus andmed sisestatakse ainult ühes kohas (klienditeenindus) ja edaspidi need lähevad koos kalibreerita mõõtevahendiga edasi ja igas etapis on need saadaval, sama kujul mis oli esialgselt sisestatud. Vea tekitamisel saab neid parandada ühes kohas ja parandus jõuab ka teiste kohtadesse.

Järgmiseks olulisemaks kohaks, kus mõõtevahendite haldamise lahendus võiks aidata protsessi optimeerida, on kollasega joonisel 30 märgitud „ettevalmistamine ja mõõtmine“. Tegelikult, kasutades mõõtmiseks automatiseeritud protseduure, mis ise loevad andmed ja täidavad nendega vajalikud lahtrid Excel tabelites võivad säästa mõõtmisele kulutatavat aega ja edaspidi ka mõjutada mõõtevahendite kalibreerimise protsessile kuluvate aega.

Autor leiab, et kui võtta töösse mõõdikud, on võimalus võrrelda omavahel olemasolevate mõõtmise protseduuride ajakulu ja uute automatiseeritud protseduuride toimetamise ajakulu. Autor eeldab, et tööjõukulu väheneb ja uue inimese väljaõpe hakkab võtma vähem aega, kuna väheneb töö rutiin, korduv ja käsiteme seadmete näidute mõõtmisel.

Selline lähenemine lubab ka analüüsida mõõtmise tulemusi iga konkreetse seadme tüübi kohta, mille kohta on juba olemas andmed. Näiteks, kui kaua keskmiselt võtab aega mõõtmine, kasutades vana protseduuri võrreldes ajakuluga, kui on läbi viidud kõik muudatused ja metrooloog kasutab automatiseeritud protseduuri.

Kui vaadata tervikuna kalibreerimise protsessi *to-be* vaade, siis uue tasemele minek toob ettevõttele käibe tõusu, vähendab kalibreerimisele kuuluva aega, väldib korduvaid tegevusi ja süstematiseerib mõõtmisprotseduure. Vastavalt riigi nõetele kõik uued optimeeritud protsessid hakkavad olema jälgitavad ja versiooniseeritud. Kõik mõõtmise tulemused on masinloetavad ja andmebaasides olemas, sellega vähendatakse ka inimfaktori mõju.

Autori poolt oli välja töötatud mõõtevahendite kalibreerimise protsessi *to-be* vaade, kuidas võiks välja näha kalibreerimise protsess AS Metroserdil. Järgmises peatükis autor toob välja mõõtevahendite haldamise lahenduse kontseptsiooni ja nõuded, mis aitavad teha ülemineku protsessi *as-is* seisust protsessi *to-be* olekule ja täita püstitatud eesmärgid.

5 Mõõtevahendite haldamise lahenduse kirjeldus

Antud peatükis kirjeldab autor seadmete haldamise lahenduse kontseptsiooni ja toob välja erinevad riistvara lahendused, mis aitaks mõõtevahendite kalibreerimise protsessi optimeerida. Pidades silmas magistritöö skooopi lähtub autor nõuete kirjeldamisest peamiselt funktsionaalsusest ja mittefunktsionaalsusest nõudmistes. Autor räägib lahenduse potentsiaalsest kasust ettevõttele, mis on kooskõlas ettevõtte strateegiaga. Peatüki lõpus vaatleb autor alternatiivid ja edaspidised sammud lahenduse arendamiseks.

5.1 Kontseptsiooni loomine

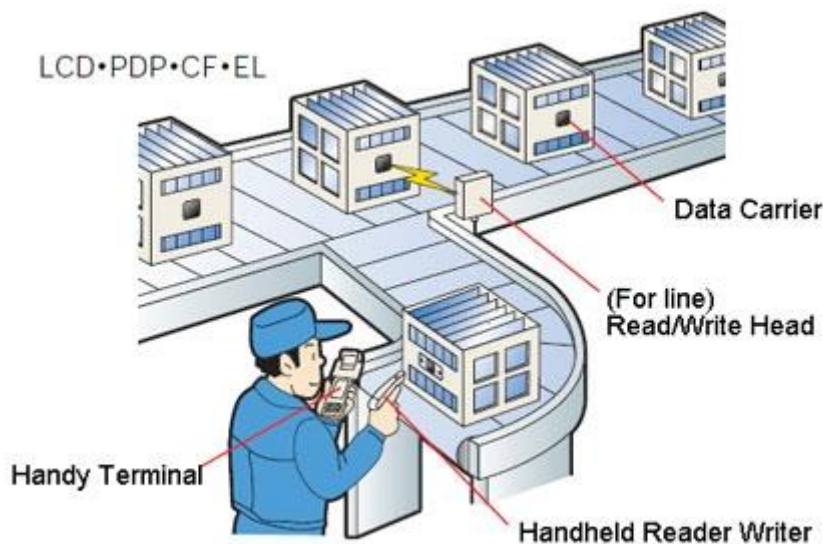
Uue mõõtevahendite haldamise lahenduse aluseks ja kontseptsiooni loomiseks magistritöö autori poolt oli võetud tootmise jälgimise ja Kanban varude jälgimine, mille eesmärk on toodetavate ja komplekteeritavate objektide jälgimine kogu tootmistsükli vältel. Tulemuseks on käibekapitali kokkuhoid, suurem koostetäpsus, õigeaegne tarne ja vigade vähenemine, tähtaegadest kinnipidamine ning personalikulude sääst [30].

Autori poolt oli pakutud mõõtevahendite kalibreerimise protsessi varustamine oleku fikseerimisega, mis on ka näidatud *to-be* mudelis (nt. joonis 29). Selline funktsionaalsus on võimalik realiseerida kasutades erinevaid tehnoloogiaid. Edaspidi autor vaatleb kõige populaarsemad ja valmis lahendused mis võiksid hästi sobima.

Mõõtevahendi varustamine märkamatu jälgimiskleepsuga vähendab riski, et see näiteks, jäljetult kaduma läheb või jääb kuskil riulite vahel kaua seisma. Seisma jäänud asju pole enam olemas, sest jälgimise süsteem suudab sellest metrooloogile või klienditeenindajale märku anda. Oleku fikseerimine võimaldab operatiivselt registreerida töö valmimist iga kalibreerimise etapil. Selleks registreeritakse iga kalibreerimise etappi lõppedes tegija, töökäsk ja tööoperatsiooni tunnus. Saadud andmete alusel on võimalik saada infot tellimuse täitmise ajast, prognoosida valmimise tähtaega ja pudelikaela ilmnemisel teha operatiivselt muudatusi. Kleepsuga jälgimine on võimalik realiseerida, kaustades erinevaid maailmas olevad tehnoloogiaid, nende hulgas on *RFID*, *Barcode*, *QR-code* ja ka teised lahendused.

RFID (*radio-frequency identification*) on raadiolaineid kasutav tehnoloogia esemete märgistamiseks ja nende automaatseks jälgimiseks. RFID kuulub tehnoloogiate rühma,

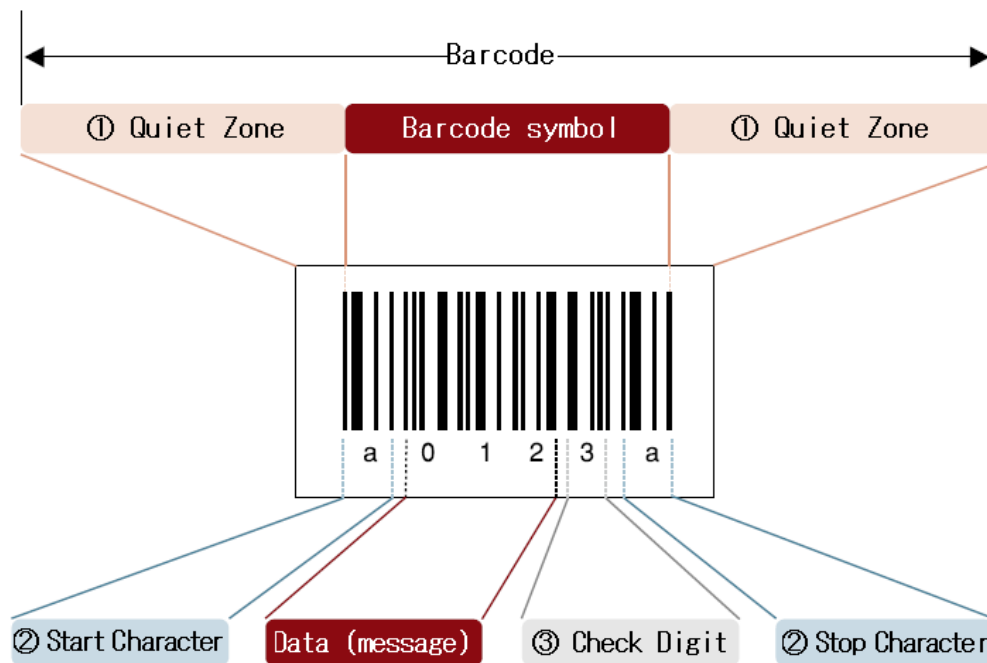
mida nimetatakse automaatseks tuvastamiseks ja andmehõiveks AIDC (*Automatic Identification and Data Capture*). AIDC meetodid tuvastavad objektid automaatselt, koguvad nende kohta andmeid ja sisestavad need andmed otse arvutisüsteemidesse ilma inimese sekkumiseta või vähesel määral. Selle saavutamiseks RFID kasutab raadiolaineid. Koosnevad RFID-süsteemid kolmest komponendist: RFID-sildist või nutikast sildist, RFID-lugejast ja antennist. RFID-kleepsud sisaldavad integraalskeeme ja antenni, mida kasutatakse andmete edastamiseks RFID-lugejasse (nimetatakse ka päringuseadmeks). Seejärel teisendab lugeja raadiolained kasutatavaks andmevormiks. Kogutud teave edastatakse seejärel sideliidese kaudu arvutisse, kus andmeid saab salvestada andmebaasi ja neid hiljem analüüsida [31].



Joonis 31. RFID tehnoloogia tootmisel [30]

Ribakood (*barcode*) on muutuva jämedusega kriipsudest ja tühikutest koosnev vöötkood, mis identifitseerib kodeeritud kujul toodet, tootjat, riiki jne. Peale vöötide sisaldab kaubakood ka numbreid, mis sisaldavad kindlates gruppides konkreetset infot. Vöötkood koosneb erineva laiuselga ribadest ja tühikutest, mida saab lugeda optilise vöötkoodiskanneriga. Vöötkoodi põhiline ülesanne on ühelt poolt identifitseerida toode, teiselt poolt võimaldada seda toodet tuvastada skannerite abil. Kord kaubale määratud vöötkoodi kasutavad kõik kauba liikumise ahela lülid tootjast müüjani. Seda on vaja nii kaupade liikumise paremaks jälgimiseks kui ka kaubanomenklatuuri korrastamiseks [32].

Joonisel X on ribakoodi struktuuri näidis, kus on näidatud põhiosad, mis on vajalikud kasutades ribakoodi informatsiooni kooderimiseks. Selleks on maailmas olemas erinevad kooderimise standardid, joonisel X on EAN(JAN) tüübi ribakood.



Joonis 32. Ribakoodi kodeerimise komponendid [32]

QR kood on põhimõtteliselt kahemõõtmeline "vöotkood" ehk kindla standardiga mustvalge kujutis, mille sisse saab ära peita infot. QR koodi oskavad lugeda paljud seadmed, tavakasutaja jaoks aga on kõige tüüpilisem QR koodi lugeja mõni kaameraga mobiiltelefon, mis oskab saadud pilti vastava rakendusega töödelda [33].

Maatrikskoodi hakati esimesena kasutama autotööstuses, et tööstusautomaatika oskaks ära tunda detaile ja erinevaid masinaosi. Kaubanduses kasutati vöotkoodi, mis on ühemõõtmeline (ribakood) - loetakse triibu katkestusi. Vöotkood aga mahutab tunduvalt vähem infot kui QR kood. Kuna QR koodi mahub rohkem infot, tekkis sellele ka hulk laiatarbe-võimalusi. Näiteks saab selle koodi sisse peita internetiaadressi. Nagu paljude muude asjadega, on ka QR koodiga kõige kaugemale läinud jaapanlased, keda saadavad need nüüd juba sünnist surmani. Kasutavad nad neid sünnitusmajades, aga ka surnuaedades, kus hauaplaadi juurest on võimalik lahkunu kohta lisainfot saada just QR koodi abil [33].

Selleks et QR-koodid oleksid loetavad maksimaalselt suurematega seadmetega on need standardiseeritud. Joonisel 34 on näidatud QR-koodide hästi levinud variandid.



Joonis 33. QR-koodide erinevad kujud [34]

Kasutades üht nendest kirjeldatud tehnoloogiatest ja varustades iga kalibreeritava mõõtevahendi jälgimiskleepsuga saab realiseerida iga mõõtevahendi unikaalsuse ja hakata korjama ja analüüsida seadmetega soetud andmeid. Samuti kasutades skännereid saab iga etapil oleku fikseerida ja edaspidi realiseerida käitumisloogikat mõõtevahendite haldamise lahenduses.

Kontseptsiooni loomisel autor lähtub sellest, et ettevõtte hakkab edaspidi kasutama olemasoleva mõõtevahendite infosüsteemi (MÕIS) ja täiendab seda lisa funktsionaalsustega, millest oluline osa on oleku fikseerimine (kasutades üht ülevalt toodud jälgimise tehnoloogiat). Seda võiks nimetada esimeseks etapiks, järgmisena võiks järjest loobuda korduvatest tegevusest, näiteks andmete korduvatest sisestamisest erinevates süsteemides (tellimuse vormistamisel, töö vastuvõtmisel jne). Süsteemi edaspidine areng võiks aidata ka optimeerida seadmete mõõtmise protseduurisid, kuna tekkib info iga kalibreerimise kohta ja seadme kohta. Oleku fikseerimine ja iga mõõtevahendi identifitseerimine lubab korjama statistikat ja hinnata töö efektiivsuse ja mõjutada ka maksumuse. Sellega ettevõtte võib saavutada püstitatud strateegilise eesmärgi (tõsta protsessi efektiivsust).

5.2 Funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed nõuded

Käesoleva magistritöö skooopi silmas pidades lähtus autor mõõtevahendite haldamise lahenduse nõuete kirjeldamisel üldisemast funktsionaalsetest ja mittefunktsionaalsetest nõuetest, kasutades selleks nõuete määramise ja kogumise meetodikaid, mis on teises peatükis välja toodud. Detailsemad nõuded tuleb määratleda lahenduse edasise arendustegevuses. Nõuete sisendi aluseks oli olemasoleva süsteemi analüüs, seejärel autor viis läbi intervjuud ja suhtles fookusgruppidega ning korraldas vaatluse, mis on otseselt seotud mõõtevahendite kalibreerimise protsessiga. Arutelud oma ala spetsialistidega aitasid jagada kogemusi ja koostada ühtne arusaamine vajalikustest nõuetest. Nõuete kirjeldamiseks kasutas autor FURPS raamistiku ja prioritseerimine oli tehtud MoSCoW meetodiga.

Mõõtevahendite kalibreerimise protsessis on mitu aktorit, need on klient, klienditeenindaja, metroloog ja analüütik. Loodava mõõtevahendite haldamise lahenduse kontseptsiooni põhinõuded on sorteeritud kasutaja järgi, lahendus kasutab oleku fikseerimiseks ühte varem nimetatud jälgimise tehnoloogiast:

Klient

- Kliendile on sõbralik keskkond (*dashboard*), kust saab vaadata oma seadmeid ja nende ajalugu;
- Iga seadme juures on olemas kalibreerimise info (lisaks ka üldine info, mõõtevahendi nimetus, mudel, millal kalibreeriti ja millal on järgmine kalibreerimine);
- Kliendile on saadaval arvete ja tellimuste ajalugu, need saab ka pdf- kujul alla laadida;
- Klient saab muuta oma andmed ja arve tegemiseks vajalikud andmed (eraisikule, firmale, kes on esindaja, kontakt andmed);
- Klient saab kirjutada märkused oma seadme kohta (näiteks, kui on soov ainult ühe piirkonna kalibreerida või on vaja kalibreerida konkreetsed mõõtepunktid);

- Kui seade on saadetud kalibreerimisele, siis on seadme olek muutub „kalibreerimisel“, klient seda näeb kekskonnast (*dashboard*);
- Seadmetel, mis on hetkel kalibreerimisel, on võimalik jälgida, mis olekul seade on (klienditeeninduses, laboris, vormistamisel jne);
- Kui seade on kalibreeritud, klient näeb automaatselt genereeritud arve tellimuse põhjal ja saab seda läbi keskkonda ära maksta, või ka alla laadida pdf kujul;
- Kui kliendil on arve makstud läbi veebi keskkonda või laekumine on kontrollitud, siis kliendil tekkib võimalus vaadata ja alla laadida kalibreerimise tunnistuse (*digidoc file*).

Klienditeenindaja

- Klienditeenindajatel on sõbralik keskkond (*dashboard*), kus on võimalik jälgida kõik kalibreerimises olevaid seadmeid ja nende olekuid;
- Vajutades „seadme“ peale, klienditeenindaja saab detailne info: oleku kohta, ajainfo, valdkonna info, kalibreerimise info jne;
- Vajutades „kliendi“ peale, on võimalik näha millised selle konkreetse kliendi seadmed on hetkel töös ja millised on võimalik tulevikus kalibreerida (need mis varem juba laboris käinud);
- Kui klient toob kalibreerimisele seade, mis on juba Metroserdis oli, skaneerib klienditeenindaja seadme id ja keskkond automaatselt täidab kõik vajalikud lahtrid (näiteks, seadme tüüp, mudel, seeria number, kliendi ja arve info);
- Kui seade varem ei olnud Metroserdis kalibreerimisel, kuid klient on andmebaasis olemas, genereerib klienditeenindaja id seadmele, süsteem täidab automaatselt kliendi andmed ja vajadusel küsitatakse kliendi käest täpsustavat infot;
- Kliendi seadme kohta vormistatakse tellimus ja seadme staatus muutub „ seade on klienditeenindusel“ ja siis klienditeenindus suunab seadmed laborisse.

Metroloog

- Skaneerib sisse laborisse tulnud seadmeid ja seadme olek muutub „laboris kalibreerimisel“, süsteem määrab ka tegijat (see on metroloog, kes skanneris seadmeid ja hakkab sellega tegelema);
- Metroloog näeb keeskonnast seadme ajalugu ja olemasolul ka varem tehtud töö selle seadmega;
- Kui tegemist on uue seadmega, süsteem pakub ja metroloog täidab vajalikud kohustuslikud lahtrid;
- Keskkond genereerib tüüpilise kalibreerimise protokollid, kus on juba kõik andmed kliendi ja seadme kohta automaatselt täidetud;
- Metroloog laeb ülesse täidetud protokollid koos mõõteandmetega, olek muutub „vormistamisel“;
- Keskkond genereerib protokollid alusel tunnistuse (kus on kõik seadme andmed, kliendi andmed, labori andmed ja mõõtetulemused automaatselt lisatud) Metroloog kinnitab tehtud töö, staatus muutub „kinnitamisel“;
- Teine metroloog, kes on mõõtmiste eest vastutav isik, näeb keskkonnast kõik tema poolt kinnitamist ootavaid tunnistusi ja kinnitab neid, staatus muutub „kinnitatud“;
- Metroloog viib seade klienditeeninduse ja klienditeenindaja skaneerib id, olek muutub „klienditeeninduses, arve vormistamisel“.

Analüütik

- Näeb kogu informatsiooni, iga valdkonna kalibreerimised. Saab neid filtreerida kliendi, töötaja, mõõtevahendi, asukoha, kuupäeva jne järgi;
- Koostada kalibreerimise koondtabeleid valdkondade lõikes (mitu seadmeid oli määratud aja jooksul kalibreeritud, kui pikk oli keskmine mõõtmise aeg, kui palju aega läks iga kalibreerimisele jne).

Järgmisena kasutades FURPS mudeli ja MoSCoW meetodi autor prioritiseeris kõik funktsionaalsed nõuded, tabelis 7 on esitatud kõige olulisemad.

FURPS-MoSCoW analüüs		
F (Functional)		
ID	Kirjeldus	MoSCoW
K-F1	Klient soovib näha kogu info oma seadmete kohta	M
K-F2	Klient soovib näha kogu info oma arvete ja tellimuste kohta.	M
K-F3	Klient näeb seadme olekut (jälgimise võimalus)	M
K-F4	Klient soovid saada meeldetuletused	S
K-F5	Klient soovib alla laadida kõik tunnistused	M
KT-F1	Klienditeenindus saab kogu info seadmete kohta	S
KT-F2	Klienditeenindus näeb seadme olekut (jälgimine)	M
KT-F3	Klienditeenindus soovib näha varasemalt tehtud tööd seadmega ja hinnakoodid	M
M-F1	Metroloog soovib näha tellitud kalibreerimise kohta infot	M
M-F2	Metroloog soovib näha seadme ajalugu, varem tehtud töö ning olemasolul klientide kommentaarid.	M
M-F4	Metroloog soovib näha, millised seadmed on hetkel laboris mõõtmisel ja vormistamisel (jälgimine).	M
M-F4	Metroloog soovib alla laadida tüüp protokoll koos automaatselt täidetud kliendi ja seadme andmetega	S
AN-F1	Analüütik soovib näha kõik andmed; filtreerida kliendi, seadme või kuupäeva järgi.	M
AN-F2	Analüütik soovib eksportida andmed csv faili (et hiljem analüüsida neid BI Power tarkvaras).	S

Tabel 7. Loodava lahenduse olulisemad funktsionaalsed nõuded

Olulisemad mittefunktsionaalsed nõuded lahendusele:

FURPS-MoSCoW analüüs		
Kasutatavus (usability)		
ID	Kirjeldus	MoSCoW
U-R1	Lahenduse kasutajaliidesed peavad täitma kasutatavuse häid tavaid	S
U-R2	Süsteemi kasutamiseks koostatakse kasutusjuhendid	S
Töökindlus (reliability):		
R-R1	Lahendus peab olema kättesaadav 24/7;	M
R-R2	Lahendus peab olema aasta lõikes saadaval ≥ 99 % ajast.	M
Jõudlus (performance):		
P-R1	Lahendus peab võimaldama samaaegselt tõrgeteta toimingute tegemist 100 kasutajat;	M
P-R2	Lahenduse lubatud laadimisaeg (<i>page load time</i>) ≤ 2 sek	S
Ülalpidamine ja tugi (supportability):		
S-R1	Lahendus logib kõiki süsteemi kasutamisega andmeid	M
S-R2	Süsteemi arendamisel on eelistatud kasutada mikroteenuste arhitektuuri.	C
S-R3	Lahendus kasutab HTTPS protokoll	M

Tabel 8. Loodava lahenduse olulisemad mittefunktsionaalsed nõuded

5.3 Lahenduse potentsiaalne kasu ettevõttele

Välja töötatav klientide mõõtevahendite haldamise lahendus vastab kõige paremini teenussektori ning väikeste ja keskmiste ettevõtete vajadustele, mida saaks rakendada mitte ainult kaliibrimisel, kui ka ettevõttes, mis osutavad projektitüüpi teenuseid ja tooteid ning/või tunnitariifil põhinevaid teenuseid. See lahendus on näiteks eriti kasulik ettevõttele, kus on vaja tööprotsesse- ja protseduure eriti rangelt jälgida ja need peavad olema läbipaistvad. Taoliste tellimuste täitmise käigus tehtud viga võib põhjustada suure kahju.

Magistritöö autor toob välja lahenduse potentsiaalne kasu ettevõttele:

- **kuni 50% lüheneb tellimuse täitmise aeg** – süsteem loob automaatselt uue ülesande või saadab vastutavatele isikutele teate, kui midagi toimub teisiti, kui on plaani järgi ette nähtud. Autori hinnangul selline kasu võiks tulla korduv tegevuste loobumisest, iga seadme jälgimisega ja automatiseeritud protseduuride kasutusele võtmisega;
- **100% jälgitavus** – saab jälgida kõiki kalibreerimisega toimuvaid protsesse. Autor hindas lahendusi, mida kasutatakse tootmisel ja nende sobivus AS Metroserdile;
- **Andmete kogumine ja analüüs on efektiivsemad** – tööprotsesside käik ja tööülesanded on automatiseeritud;
- **90% võrra väheneb vigade ja hilinemise risk** – parendab ettevõttes toimuvate ülesannete järjepidevust ja ettevalmistamist. Autor analüüsis olemasolevaid viise mõõtmiste ja vormistamise andmete fikseerimiseks;
- **50% võrra suurem efektiivsus takistuse väljaselgitamisel** – kõik tellimused, protseduurid ja tööprotsessid on automatiseeritud. Autor leiab, et oleku fikseerimise funktsionaalsus MÕIS infosüsteemis aitab lahendada takistused efektiivsemalt;
- **Vähenevad arhiveerimiskulud** – kõiki tellimustega seotud dokumente (näiteks spetsifikatsioonid ja standardid, kvaliteedikontrolli kanded, protokollid, klientide informatsioon, teostatud tööde kirjeldused, kasutatud materjalide nimekirjad jms.)

säilitatakse digitaalsel kujul süsteemisiseselt. Samuti tagab süsteem, et kasutate alati dokumentide kõige uuemat versiooni;

- **Otsuse vastuvõtmine** muutub lihtsamaks ja kiiremaks, sest töötajad näevad ühes süsteemis (*dashboard*) kõiki ettevõttes toimuvaid kalibreerimisega seotud protsesse.

5.4 Edaspidised arendused ja alternatiivsed lahendused

Magistritöö raames analüüsis autor olemasolevat olukorda ettevõttes ja sarnaseid seadmete haldamise lahendusi teistes organisatsioonides, nagu toomisel ja kaubaveol. Autor toob välja erinevad alternatiivid, kuidas võiks saavutada ettevõtte poolt püstitatud eesmärgid ja teha mõõtevahendite kalibreerimise protsess efektiivsemaks. Lahendused on prioritseeritud sobivuse järgi (autori arvamusel).

Lahendus 1: Võta kasutusele autori poolt pakutud mõõtevahendite kalibreerimise protsessi optimeerimiseks tehtud ettepanekuid, tekitada lisafunktsionaalsus MÕIS keskkonnas ja rakendada seadmete haldamise lahendust kasutades jälgimise tehnoloogiad ja oleku fikseerimist.

Lahendus 2: Jätkata olemasoleva MÕIS süsteemi kasutamist ja optimeerida ainult need osad, mida on võimalik automatiseerida (näiteks, korduv töö andmete sisestamisel, automaatne andmete täitmine ja masinloetavad tunnistused), ülejäänud asjad, nagu oleku fikseerimine jäävad ära.

Üldjuhul see on hea ja raha poolest kõige säästlikum alternatiiv ja tegelikult AS Metroserdil juba käib arendus selles suunas, kuid üldjuhul jääb funktsionaalsus MÕIS-ga piiratuks. Kahjuks sellel alternatiivil on piirangud: ei saa tuvastava neid kohti, kuhu kuulub kõige rohkem aega kalibreerimisel ja tunnistuse vormistamisel; esineb korduv tegevus ja analüüsimise võimalused väga nõrgad; klientidel puudub ülevaade kalibreerimise kohta jne.

Lahendus 3: Luua transpordifirma eeskujul uus haldamise lahendus

Autori arvamusel on see lahendus kõigepealt raha poolest kallis, teisipidi ta on aeganõudev, et kõik algusest lõpuni ümber teha, kolmandaks ei ole mõistlik, kuna ettevõttes on olemas oma infosüsteemid.

AS Metroserdil on olemas toimiv mõõtevahendite infosüsteem (MÕIS), mis juba võimaldab osa vajalikust funktsionaalsusest. Kuna tegemist on seadmetega, millel on väga palju erinevaid parameetreid, siis autor näeb, et kauba firma jaoks mõelnud lahendus võiks jääda Metroserdi jaoks liiga nõrgaks.

6 Magistritöö järelused

Antud peatükis võetakse kokku magistritöö käigus tehtud tulemused ja antakse ülevaade magistritöö tulemi edasist kasutamise võimalusest Metrosert AS ettevõttes. Välja on toodud autori poolt tehtud ettepanekud kalibreerimise protsessi optimeerimise ja seadme haldamise lahenduse rakendamise osas.

6.1 Järeldused

Metrosert AS näeb probleemi selles, et olemasolev mõõtevahendite kalibreerimise protsess ei ole optimeeritud ja olemasolevad tehnoloogilised lahendused ei toeta tegevusi täis ulatuses. Protsessis leidub ka kohti, kus tuleb teha palju käsitsitööd, mis on töötajatele ajakulukas, samuti esineb sageli korduvaid tegevusi. Puudub ülevaade, millises etapis konkreetne mõõtevahend hetkel on, lisaks on raskendatud info liikumine ja kättesaamine.

Autor analüüsis olemasolevat mõõtevahendite kalibreerimise protsessi. Kaardistades protsessi kitsaskohti, ärivajadusi ja nõudeid, tuvastas autor, et ettevõttes kasutatav mõõtevahendite kalibreerimise protsess on kooskõlastatud ettevõtte strateegiaga, kuid vajab optimeerimist ja automatiseerimist. Töö tulemusena autor leidis, et hetkel kasutataval mõõtevahendite infosüsteemil (MÕIS) on võimalik tekitada lisa funktsionaalsus ja rakendada seadmete haldamise lahenduse kasutades seadmete jälgimise tehnoloogiad ja oleku fikseerimist.

Töö tulemusena on koostatud motivatsiooni ja strateegia mudelid, mille kaudu sai demonstreeritud millised võimekused on olemas ja milliseid võimekusi vajab ettevõtte, et viia kalibreerimise protsess järgmisele tasandile. Samuti näitas autor, millised võimekusi peab ettevõtte arendama, et säästa inimeste väärtuslikku aega ja loobuda korduvatest tegevusest.

Kasutades magistritöö raames tehtud analüüsi, hindas autor, millist potentsiaalsest kasu võiks tuua optimeeritud ja automatiseeritud mõõtevahendite kalibreerimise protsess AS Metrosert ettevõttele.

6.2 Magistritöö tulemi edasine kasutus

Autor eeldab, et töö käigus kirjeldatud hetkeolukorra analüüs ja tuleviku vaade ongi oluline selleks et, näha erinevaid kitsaskohti ja valida need, mille muutmine vähendab probleemi kõige rohkem. Sellega, et mõõtevahendite kalibreerimise protsessis ülesehituse korralduses on probleeme ja puudusi on nõus nii autor ise, kui ka AS Metrosert fookusgrupi inimesed, kes tõdevad et kalibreerimise protsess võiks olla tänasest märgatavalt efektiivsem

Autori hinnangul, detailne analüüs oleks järgmine loogiline etapp kalibreerimise protsessi optimeerimise jätkamiseks. Samuti ettevõttel on juba olemas erinevaid IT keskkondi, mis igatpidi toetavad mõõtevahendite kalibreerimise protsessi, kuid vajavad parendamist ja funktsionaalsuse juurde loomist.

Protsessi parendusettepanekuid ja protsessi *to-be* vaadet, mis oli autori poolt koostatud, on võimalik ka edaspidi kasutada kontseptisooni arvutamisel ja tehnilise ülesande koostamisel.

Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö eesmärk oli analüüsida olemasolevat mõõtevahendite kalibreerimise protsessi; kaardistada selle protsessi kitsaskohad, ärivajadused ja nõuded; uurida ettevõtte tausta ja kas see protsess on ettevõtte strateegiaga kooskõlastatud; teha ettepanekud protsessi optimeerimiseks. Pakkuda välja seadmete haldamise lahenduse uus kontseptsiooni realiseerimine läbi olemasoleva mõõtevahendite infosüsteemi ja ka võimalikud alternatiivsed lahendused.

Magistritöö eesmärgi saavutamiseks teostati järgnevad tegevused:

- Analüüsiti ettevõtte tausta, strateegiat ning võimekused;
- Koostati ettevõtte motivatsiooni mudeli ja strateegia mudeli;
- Kirjeldati kalibreerimise protsessi tähtsus ettevõtte arhitektuuri tasemel;
- Analüüsiti välja ettevõtte strateegiast lähtuvad nõudmised kalibreerimise protsessile;
- Kaardistati olemasoleva kalibreerimise protsessi ja sellega seotud alamprotsessid;
- Loodi kalibreerimise protsessi võimalikud parendusettepanekud;
- Analüüsiti sobivaid ja analoogseid seadmete haldamise lahendused tootmisel ja kaubanduses;
- Koostati kontseptsiooni seadmete haldamise lahenduse realiseerimiseks läbi oleku fikseerimise võimaluse;
- Kirjeldati funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed nõuded seadmete haldamise lahendusele;
- Analüüsitud ja kogutud info põhjal tehtud ettepanekud mõõtevahendite kalibreerimise protsessi optimeerimiseks läbi seadmete haldamise lahenduse.

Magistritöö eesmärk sai täidetud ning selle peamised tulemused on :

- Näidati, et olemasolev mõõtevahendite kalibreerimise protsess vajab optimeerimist ja autor magistritöös kirjeldas kitsaskohad, mida esimesena võiks optimeerida, et saavutada ettevõtte poolt püstitatud strateegilisi eesmärke;
- Ettevõtte olemasolevad võimekused, mis on seotud mõõtevahendite kalibreerimise protsessiga, vajavad täiustamist ja uute võimekuste loomist (mõõtevahendite haldamine, mõõtetulemuste digitaliseerimine, andmete automaatne sisestus);
- Kaardistati olemasolev mõõtevahendite kalibreerimise protsess (*as-is*). Autor kirjeldas protsessi sisu ja tausta ning protsessiga seotud mõõtevahendite infosüsteemi (MÕIS), kuhu on võimalik tekitada lisafunktsionaalsus ja rakendada seadmete haldamise lahendust kasutades jälgimise tehnoloogiad ja oleku fikseerimist;
- Autori poolt on tehtud mõõtevahendite kalibreerimise protsessi parendusettepanekud (*to-be*), nende hulgas on oleku fikseerimine, protseduuride optimeerimine ning automatiseerimine;
- Kirjeldati mõõtevahendite haldamise lahenduse kontseptsiooni ja milliseid tehnoloogiaid on võimalik kasutada selleks, et realiseerida seadmete jälgitavust.

Magistritöö tulem on vajalikuks sisendiks mõõtevahendite protsessi optimeerimiseks läbi seadmete haldamise lahenduse. Metrosert AS-le on edastatud ettepanekud optimeerimise osas ja magistritöö eesmärk on saavutanud.

Kasutatud kirjandus

- [1] Metrosert AS, „Majandusaasta aruanne,“ Metrosert AS, Tallinn, 2022.
- [2] Herrmann, „Why Problem Solving Starts with Problem Definition,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://blog.thinkherrmann.com/blog/why-problem-solving-starts-with-problem-definition/>. [Kasutatud 23.02.2022].
- [3] Loovus AiT, „Probleemide analüüsimise tehnika: Kalaluudiagramm aitab probleemi selgemaks mõelda,“ [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 23.02.2022].
- [4] Ü. Vooglaid, "Elanikust kodanikuks", Ülo Vooglaiu Kirjastus OÜ, 2019.
- [5] D. P. Zeiger, „SWOT analüüs,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://ettevotlusope.weebly.com/>. [Kasutatud 23.02.2022].
- [6] „What Are the Basics of SEO SWOT Analysis?,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ilfusion.com/what-are-the-basics-of-seo-swot-analysis>. [Kasutatud 23.02.2022].
- [7] S. Schooley, „SWOT Analysis: What It Is and When to Use It,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.businessnewsdaily.com/4245-swot-analysis.html>. [Kasutatud 23.02.2022].
- [8] E. Elue, „Effective Capability and Maturity Assessment Using COBIT 2019,“ 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.isaca.org/resources/news-and-trends/industry-news/2020/effective-capability-and-maturity-assessment-using-cobit-2019>. [Kasutatud 26.02.2022].
- [9] Refu, „IT-osakonna protsesside juhtimine ja täiustamine. MOF: kasutamine IT-strateegias. PRM IT: kasutamine IT-strateegias,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://refu.ru/et/selsko-hozyajstvo/kontrolling-i-sovershenstvovanie-processov-it-podrazdeleniya-mof.html>. [Kasutatud 26.02.2022].
- [10] B. I. E. Team, „Needs Assessment: Definition, Overview and Examples,“ 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/needs-assessment>. [Kasutatud 06.03.2022].
- [11] E. Biech, „How to Collect Data for a Needs Assessment,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.dummies.com/article/business-careers-money/business/human-resources/how-to-collect-data-for-a-needs-assessment-142481>. [Kasutatud 09.03.2022].
- [12] J. Dyson, „Conjoining FURPS and MoSCoW to Analyse and Prioritise Requirements,“ 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/conjoining-furps-moscow-analyse-prioritise-jonathan-dyson>. [Kasutatud 06.03.2022].
- [13] PSPlus, „Think you’ve got your requirements defined? Think FURPS!,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.psplus.ca/articles/think-youve-got-your-requirements-defined-think-furps/>. [Kasutatud 06.03.2022].
- [14] L. Ibanez, „Productivity: MoSCoW the simple prioritization technique for small products,“ 2020. [Võrgumaterjal]. Available:

- <https://lazarobanez.com/management-moscow-the-simple-prioritization-technique-for-small-products-cbbfb13ae30c>. [Kasutatud 06.03.2022].
- [15] „What Is Value Stream Mapping? Benefits and Implementation,“ Kanbanize, [Võrgumaterjal]. Available: <https://kanbanize.com/lean-management/value-waste/value-stream-mapping>. [Kasutatud 06.03.2022].
- [16] Lucidchart, „What is Value Stream Mapping,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.lucidchart.com/pages/value-stream-mapping>. [Kasutatud 06.03.2022].
- [17] „Mis On Olekudiagrammid,“ 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://et.scienceforming.com/10863464-what-are-state-diagrams>. [Kasutatud 06.03.2022].
- [18] T. Point, „UML - Statechart Diagrams,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.tutorialspoint.com/uml/uml_statechart_diagram.htm. [Kasutatud 06.03.2022].
- [19] L. Lang, „UML-i õppematerjal,“ Tallinna Pedagoogikaülikool, Tallinn.
- [20] E. & Y. B. AS, Avaliku sektori äriprotsessid.
- [21] O. specification, Business Process Model and Notation (BPMN).
- [22] „The Power of Linking Business Analysis and TOGAF to Achieve IT Results,“ Enterprise IT Management, [Võrgumaterjal]. Available: <https://statemigration.com/the-power-of-linking-business-analysis-and-togaf-to-achieve-it-results/>. [Kasutatud 07.03.2022].
- [23] „Capability-Based Planning,“ The TOGAF® Standard, Version 9.2, [Võrgumaterjal]. Available: <https://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/m/chap28.html>. [Kasutatud 09.03.2022].
- [24] „Capability-Based Planning with ArchiMate®,“ Modernanalyst, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.modernanalyst.com/Resources/Articles/tabid/115/ID/5248/Capability-Based-Planning-with-ArchiMate.aspx>. [Kasutatud 09.03.2022].
- [25] „ITANA Capability Map,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://spaces.at.internet2.edu/display/itana/ITANA+Capability+Map>. [Kasutatud 09.03.2022].
- [26] A. Metrosert, „Metroserdi arengustrateegia,“ Tallinn, 2018.
- [27] „Mõõtevahendite kalibreerimine ja taatlemine,“ Metrosert AS, 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://metrosert.ee/teenused/>. [Kasutatud 14.03.2022].
- [28] „Tool Calibration and Control System,“ Quality Assurance Solutions, 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.quality-assurance-solutions.com/tool-calibration-and-control.html>. [Kasutatud 14.03.2022].
- [29] VTT, „Calibrations and measurement services,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.vttresearch.com/en/ourservices/calibrations-and-measurement-services>. [Kasutatud 30.03.2022].
- [30] „RFID Tootmise jälgimine ja optimeerimine,“ IDsys, 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.idsys.ee/rfid-tootmise-jalgimine-ja-optimeerimine/>. [Kasutatud 14.03.2022].

- [31] „What is RFID and How Does RFID Work?“, 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.abr.com/what-is-rfid-how-does-rfid-work/>. [Kasutatud 14.03.2022].
- [32] „What is a barcode?“, DENSO, 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.denso-wave.com/en/adcd/fundamental/barcode/barcode/index.html>. [Kasutatud 14.03.2022].
- [33] K. Einama, „Mis on QR kood ja kuidas seda kasutada?“, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.am.ee/QR-kood>. [Kasutatud 14.03.2022].
- [34] B. Whitaker, „Connecting the Dots: An Introduction to 2D Barcodes“, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.masabi.com/2011/03/04/connecting-the-dots-an-introduction-to-2d-barcodes-3/>. [Kasutatud 14.03.2022].
- [35] L. S. Sterling, The Art of Agent-Oriented Modeling, London: The MIT Press, 2009.
- [37] J. Tepandi, „Tarkvara protsessid ja kvaliteet“, 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://tepandi.ee/teks-loeng.pdf>. [Kasutatud 09.03.2022].
- [38] P. Bourque, Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, 2014.
- [39] „Functional and non functional requirements“, Kencourse, [Võrgumaterjal]. Available: <https://kencourses.com/tc1019fall2016/syndicated/functional-and-non-functional-requirements-9/>. [Kasutatud 09.03.2022].

Lisa 1 – Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Aleksandr Alba

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Metrosert AS-i mõõtevahendite kalibreerimise protsessi optimeerimine läbi klientide seadmete haldamise lahenduse“, mille juhendaja on Jaanus Pöial
 - 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.

15.05.2022

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

Lisa 2 – Tüüpiline mõõtevahendi kalibreerimistunnistus



Teaduspargi 8, 12618 Tallinn
Tallinna labor



EN ISO/IEC 17025
K001

KALIBREERIMISTUNNISTUS

Calibration Certificate

Kalibreerimistunnistus nr Calibration Certificate No.	Kuupäev Date	Leht Page
ATLE-22/1234	30.03.2022	1(3)
Tellija Customer	Ettevõtte OÜ	
Address Address	Tänav 9, 93815 Tallinn	
Mõõtevahend Measuring instrument	Alalispinge ja -voolu toiteallikas	
Valmistaja Manufactured by	Agilent	
Tüüp Type	E3646A	
Number Serial number	MY00000001 (C0001)	
Kalibreeritud Date of calibration	30.03.2022	
Lehti Number of pages	3	
Lisad Documents attached	-	
	A. Alba Mõõtmiste eest vastutav isik Person responsible for measurements	A. Alba Kalibreeris Calibrated by

Akrediteeritud kalibreerimislabor AS Metrosert kalibreerib mõõtevahendeid ja väljastab kalibreerimistunnistusi Eesti Akrediteerimiskeskuse (EAK) akrediteerimisotsuse ulatuses ning sellele vastavates mõõtemääramatuse piirides. Käesolevas kalibreerimistunnistuses antud mõõtetulemused on jälgitavad rahvusvahelise mõõtühikute süsteemi (SI) ühikuteni. EAK on Euroopa Akrediteerimisalase Koostööorganisatsiooni (EA) liige ja on ühinenud EA liikmete vahelise vastastikuse tunnustamise leppega (MLA).

The measurements carried out and the Certificates of Calibration issued by an Accredited Laboratory comply with the measurement ranges and uncertainties approved by the Estonian Accreditation Centre (EAK). The measurement results issued by the Laboratory are traceable to the units of International System of Units (SI). EAK is a Member of EA (European co-operation for Accreditation) and a signatory to the EA MLA (Multilateral Agreement).

Kalibreerimistunnistust võib paljundada tema täies mahus. Kalibreerimistunnistuse osaline paljundamine on lubatud ainult tunnistust väljastava labori kirjalikul loal.

This Certificate may only be reproduced in full, except with the prior written permission by the issuing Laboratory.

Metroserdi dokumentide elektroonilise kinnitamise kohta vaata lisainfot aadressil <http://www.metrosert.ee/et/digitempel>.

For additional information about digital stamps used in Metrosert see <http://www.metrosert.ee/en/digitalstamp>.

EESTI METROLOOGIA KESKASUTUS

1 Kalibreerimisvahendid. Calibration equipment.

Etalon(id) Reference(s):

Multimeeter Keysight 34465A nr MY54503389

2 Jälgitavus. Traceability.

Käesolevas kalibreerimistunnistuses antud mõõtetulemused on jälgitavad riigi- või rahvusvaheliste etalonideni ning rahvusvahelise mõõtühikute süsteemi (SI) ühikuteni.

3 Kalibreerimisjuhend/-metoodika, -meetod; mõõteprotsessi lühikirjeldus.

Calibration instruction or method; short description of the calibration process.

Kalibreerimisjuhend MSKJ 015.

Võrdlusmeetod, meetodi aluseks on kalibreeritava mõõtevahendi näitude võrdlemine etalonväärtustega valitud mõõtepunktides.

Kalibreerimiskoht Calibration location:

Kalibreerimine teostati kliendi asukohas.

4 Määramatus. Uncertainty of measurement.

Esitatud mõõtmiste laiendmääramatus on saadud mõõtmiste standardmääramatusest, korrutades seda katteteguriga $k = 2$, mis normaaljaotuse korral vastab ligikaudu 95 % katvustõenäosusele.

Kalibreeritud mõõtevahendi pikaajaline stabiilsus ei ole arvesse võetud. Mõõtmiste standardmääramatust on hinnatud kooskõlas EA juhenddokumendiga EA-4/02.

5 Keskkonnatingimused. Environmental conditions.

Temperatuur Temperature: (24,3...25,3) °C

Õhuniiskus Air humidity: (24...34) %rh

6 Tulemused. Results.

Tabel 1. Alalispinge mõõtetulemused

Pinge piirkond	Voolu piirkond	Mõõtühik	Etalonväärtus	Kalibreeritava seadeväärtus	Parand	Laiendmääramatus
8 V	3 A	V	0,998	1,000	-0,002	0,002
8 V	3 A	V	1,997	2,000	-0,003	0,002
8 V	3 A	V	3,996	4,000	-0,004	0,002
8 V	3 A	V	5,993	6,000	-0,007	0,002
8 V	3 A	V	7,991	8,000	-0,009	0,002
20 V	1,5 A	V	3,996	4,000	-0,004	0,002
20 V	1,5 A	V	7,991	8,000	-0,009	0,002
20 V	1,5 A	V	11,988	12,000	-0,012	0,002
20 V	1,5 A	V	15,985	16,000	-0,015	0,002
20 V	1,5 A	V	19,981	20,000	-0,019	0,002

Tabel 2. Alalisvoolu mõõtetulemused

Pinge piirkond	Voolu piirkond	Mõõtühik	Etalonväärtus	Kalibreeritava seadeväärtus	Parand	Laiendmääramatus
8 V	3 A	A	0,500	0,500	0,000	0,001
8 V	3 A	A	1,000	1,000	0,000	0,001
8 V	3 A	A	2,000	2,000	0,000	0,001
8 V	3 A	A	2,998	3,000	-0,002	0,001
20 V	1,5 A	A	0,500	0,500	0,000	0,001
20 V	1,5 A	A	1,000	1,000	0,000	0,001
20 V	1,5 A	A	1,500	1,500	0,000	0,001