

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond
Tarkvarateaduse instituut

Ragnar Paide 141729IABM

JUHTUMIUURING TEHNILISEST VÕLAST EESTI IKT SEKTORI ETTEVÕTETES

Magistritöö

Juhendaja: Deniss Kumlander
Doktorikraad
Vanemteadur

Tallinn 2017

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: Ragnar Paide

07.05.2017

Annotatsioon

Magistritöö peamiseks eesmärgiks on uurida tehnilise võla mõju, taju ning juhtimist valitud Eesti info- ja kommunikatsioonitehnoloogia sektori ettevõtetes tarkvaraarenduse kontekstis. Tuginedes kogutud andmetele on lisaeesmärgiks identifitseerida võimalikud edasised uurimisteemad tehnilise võla temaatikal. Andmete kogumise meetodiks valiti poolstruktureeritud intervjuud. Intervjuu küsimused koostati varasemate tehnilise võla uuringute tulemuste põhjal. Intervjuud viidi läbi kaheksas Eesti tarkvaraarenduse ettevõttes.

Viie intervjuueeritava koondhinnangul esines tehnilise võla kontekstis vastavates ettevõtetes kõige rohkem keerukat lähtekoodi. Kõigi intervjuueeritavate koondhinnangul põhjustasid kõige suuremat rahalist kulu keerukas lähtekood ja kulukas testimine. Tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel rakendati kõigis ettevõtetes järgmisi meetodeid: lähtekoodianalüüs (tehnilise võla tuvastamine), tarkvaraarendusprotsessi täiendamine/täiustamine (tehnilise võla ennetamine), refaktoreerimine (tehnilise võla tasumine), tehnilist võlga sisaldava koodi uuesti kirjutamine (tehnilise võla tasumine), automatiseerimine (tehnilise võla tasumine), olemasoleva tarkvarasüsteemi ümber projekteerimine (tehnilise võla tasumine) ja programmivigade parandamine (tehnilise võla tasumine). Tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel rakendati järgmisi tarkvaralisi abivahendeid: SonarQube, FindBugs, Checkstyle, Cobertura, PMD, Microsoft Visual Studio, IntelliJ IDEA, Jira, Jenkins ning Structure 101.

Kõik intervjuueeritud isikud väitsid, et nad on vähemal või rohkemal määral tehnilise võla kontseptsiooniga kursis. Intervjuueeritud isikute ütluste ja saavutatud tulemuste põhjal võib öelda, et tehnilise võla fenomen mõjutab Eesti IT ettevõtete rahalisi väljaminekuid ning samuti ka käitumist tarkvaraarenduse kontekstis. Intervjuueeritud isikute hinnangutele tuginedes oli uurimisaluses valimis tehnilise võla juhtimine pigem mittedünaamiline või oli süsteemne lähenemine alles loomisel.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 89 leheküljel, 4 peatükki, 15 joonist, 20 tabelit.

Abstract

Case study: technical debt in Estonian IT companies

The main objective of this thesis is to explore the impact, perception and management of technical debt in selected Estonian IT companies in the context of software engineering. In addition based on the collected data this thesis tries to identify possible future research topics on technical debt. The method of data collection was semi-structured interviews. The questionnaire of semi-structured interviews was developed on the basis of previous studies on technical debt. Interviews were conducted in eight Estonian IT companies.

Analysis of collected data revealed that in the studied sample of Estonian IT companies the most prevalent subtype of technical debt was complex code (code technical debt). The major causes of the financial cost were complex code (code technical debt) and expensive tests (test technical debt). Following methods were used in the management process of technical debt in every studied company: code analysis (technical debt identification), development process improvement (technical debt prevention), refactoring (technical debt repayment), rewriting (technical debt repayment), automation (technical debt repayment), reengineering (technical debt repayment) and bug fixing (technical debt repayment). Following tools were used in the context of technical debt management: SonarQube, FindBugs, Checkstyle, Cobertura, PMD, Microsoft Visual Studio, IntelliJ IDEA, Jira, Jenkins and Structure 101.

All the interviewees said that they were more or less familiar with the concept of technical debt. Based on the obtained results and comments by interviewees it can be said that in the context of software engineering the phenomenon of technical debt affects the cost of software development as well as the behavior of studied Estonian IT companies. The collected data and the comments by the interviewees support the conclusion that in the studied sample the management of technical debt is rather random or the systematic approach is still under development.

The thesis is in Estonian and contains 89 pages of text, 4 chapters, 15 figures, 20 tables.

Lühendite ja mõistete sõnastik

B2B	Ärilt ärile (ingl <i>business-to-business</i>)
<i>Backend</i>	Tarkvarasüsteemi komponent, mis teenindab tarkvarasüsteemi kasutajaid kaudselt vastupidiselt <i>front-end</i> komponentidele
E2E	Algusest lõpuni (ingl <i>end-to-end</i>)
FIXME	Märgend lähtekoodi kommentaarides, mis viitab, et midagi tuleks parandada (ingl <i>fix me</i>)
IKT	ITL poolt määratletud info- ja kommunikatsioonitehnoloogia sektor
ITL	Eesti Infotehnoloogia ja Telekommunikatsiooni Liit
R&D	Teadus ja arendus (ingl <i>research and development</i>)
TODO	Märgend lähtekoodi kommentaarides, mis viitab täienduste vajadusele (ingl <i>to-do</i>)
TTÜ	Tallinna Tehnikaülikool
TTÜR	Tallina Tehnikaülikooli Raamatukogu
TÜ	Tartu Ülikool
TÜR	Tartu Ülikooli Raamatukogu

Sisukord

Eessõna	10
1 Sissejuhatus	11
1.1 Eesmärgid ja tulemused.....	11
1.2 Ülesandepüstitus	12
1.3 Metoodika.....	12
1.4 Eritingimused.....	15
1.5 Magistritöö struktuur	15
2 Tehniline võlg.....	17
2.1 Uuringute ülevaade.....	19
2.2 Tehnilise võla tüübid ja alamtüübid	22
2.3 Tehnilise võla juhtimine	25
2.4 Väljakutsed ja probleemid	28
3 Uuringu läbiviimisest ja kogutud andmete analüüs.....	30
3.1 Valimi kirjeldus	31
3.2 Intervjuude andmed ja analüüs	37
3.2.1 Tehnilise võla esinemine	38
3.2.2 Tehnilise võla mõju	43
3.2.3 Tehnilise võla juhtimistegevused ja meetodid	50
3.2.4 Tehnilise võla juhtimise abivahendid	58
3.2.5 Teadlikkus tehnilisest võlast ettevõtete juhtkondades.....	60
3.2.6 Ettevõtete ja intervjuueeritud isikute arvtunnuste korrelatsioonid.....	61
3.3 Saavutatud tulemused ja uuringu järeldused	64
3.4 Analüüsi ja esitatud faktide paikapidavusest.....	66
3.5 Võimalikud edasised uurimisteemad.....	67
4 Kokkuvõte	69
Kasutatud kirjandus	73
Lisa 1 – Intervjuu küsimused.....	77
Lisa 2 – Tarkvaralised lahendused tehnilise võla juhtimisel.....	79
Lisa 3 – Tehnilise võla alamtüüpide esinemine	81

Lisa 4 – Tehnilise võla kvantitatiivsuse hääletustabel	83
Lisa 5 – Tehnilise võla kvantitatiivsuse turniiritabel	84
Lisa 6 – Tehnilise võla rahalise kulu hääletustabel	85
Lisa 7 – Tehnilise võla rahalise kulu turniiritabel	86
Lisa 8 – Tehnilise võla juhtimistegevused	87

Jooniste loetelu

Joonis 1. Tehnilise võla kvadrant.	18
Joonis 2. Alustöös kaasatud tööde jaotus aastate lõikes.	21
Joonis 3. Valimisse sattunud ettevõtetega kontakti loomise meetodid.	31
Joonis 4. Hinnanguline teadlikkuse määr tehnilisest võlast.	36
Joonis 5. Tehnilise võla alamtüüpide esinemissagedused uurimisel valimis.	39
Joonis 6. Tehnilise võla alamtüüpide esinemise osakaal uurimisel valimis.	41
Joonis 7. Tehnilise võla alamtüüpide esinemissarnasused uurimisel valimis.	42
Joonis 8. Meetodite rakendamise sarnasus tehnilise võla juhtimisel.	53
Joonis 9. Erinevate meetodite rakendamine tehnilise võla juhtimisel.	54
Joonis 10. Tarkvaraliste lahenduste rakendamissagedus tehnilise võla juhtimisel.	58
Joonis 11. Abivahendite arv tehnilise võla juhtimisel.	59
Joonis 12. Teadlikkuse määr tehnilisest võlast ja intervjueritava kogemus aastates.	62
Joonis 13. Teadlikkuse määr tehnilisest võlast ja erinevate tehnilise võla alamtüüpide esinemine.	63
Joonis 14. Ettevõtete vanus ja hinnanguline teadlikkuse määr tehnilisest võlast.	63
Joonis 15. Ettevõtete vanus ja tehnilise võla alamtüüpide esinemine.	64

Tabelite loetelu

Tabel 1. Intervjueeritud isikute andmed.	32
Tabel 2. Uurimisaluste ettevõtete vanusegrupid ja liigitused.	33
Tabel 3. Ettevõtete tegevusvaldkonnad ja eripärad.	34
Tabel 4. Tarkvaraarendusmeetodikad ja tarkvara testimine uurimisalustes ettevõtetes.	35
Tabel 5. Tehnilise võla alamtüüpide järjestused hinnangulise kvantitatiivsuse alusel.	43
Tabel 6. Tehnilise võla alamtüüpide järjestused hinnangulise põhjustatud rahalise kulu alusel.	44
Tabel 7. Tehnilise võla alamtüüpide koondjärjestus kvantitatiivsushinnangute alusel.	46
Tabel 8. Tehnilise võla alamtüüpide koondjärjestus rahalise kulu alusel.	48
Tabel 9. Tehnilise võla alamtüüpide koondjärjestuste võrdlus.	49
Tabel 10. Meetodite rakendamine tehnilise võla juhtimistegevustel.	51
Tabel 11. Täiendavad meetodid tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel.	52
Tabel 12. Abivahendite kasutamine tehnilise võla juhtimisel uurimisaluses valimis.	59
Tabel 13. Ettevõtete juhtkondade roll tehnilise võla juhtimisel.	60

Eessõna

Magistritöö uurimisvaldkonna pakkus välja Tallinna Tehnikaülikooli vanemteadur Deniss Kumlander, kes oli ühtlasi ka antud töö juhendaja. Uuringu ajendiks oli teadmatus, kuidas käsitletakse tehnilise võla temaatikat Eesti IT (infotehnoloogia) ettevõtetes. Antud magistritöö autoril on ligikaudu kümneaastane tarkvarasüsteemide arendamise ja haldamise kogemus kolmest erinevast Eesti IT ettevõttest. Väitekirja kirjutamise ajal kandis autor vastutava vanemarendaja ja meeskonna tehnilise juhi rolli ning omas sügavat huvi tehnilise võla temaatika suhtes. Uuringu läbiviimist alustati 2016. aasta sügisel ja viimased sõnad kirjutati antud väitekirja 2017. aasta aprillis.

Magistritöö läbiviimisel jagasid nõuandeid ja ideid TTÜ Infotehnoloogia teaduskonna Tarkvarateaduse instituudi õppejõud Rein Kuusik (valimi määratlemine) ja Tarmo Veskioja (hääletus- ja turniiritabelite rakendamine).

Autor soovib tänada õppejõude Rein Kuusik ja Tarmo Veskioja asjakohaste nõuannete eest ning töö juhendajat vanemteadurit Deniss Kumlander, kes aitas kaasa ajagraafikust kinnipidamisel ja panustas oma väärtuslike ideedega. Kindlasti ei unusta töö autor ära kohtumisi uuringus osalenud ettevõtete esindajatega, tänu kellele oli võimalik koguda olulisi andmeid tehnilise võla fenomenist Eesti IT kontekstis.

Erilised tänusõnad soovib autor edastada oma elukaaslasele Triinule, kes toetas autori magistriõpinguid ja antud väitekirja kirjutamist hoolitsedes laste Ramoni ja Nora eest.

1 Sissejuhatus

Tehniline võlg on metafoor tarkvaraarenduses, mis kirjeldab lühiajaliselt kasumlikku tehnilist kompromissi, mille kasuks otsustamine võib pikemas perspektiivis osutada tarkvarasüsteemile kahjulikuks [1]. Tehnilise võla puudulik seire ja juhtimine põhjustavad ettevõtetele planeeritust suuremaid kulutusi ning tõsiseid kvaliteedi probleeme tarkvaraarenduse projektides. Tehnilise võla temaatikat on rahvusvahelisel tasandil käesoleval kümnendil märgatavalt rohkem uuritud ning tulemused näitavad edasiste uuringute vajalikkust. Otsingud TTÜ (Tallinna Tehnikaülikool) ja TÜ (Tartu Ülikool) elektroonilistest andmebaasidest ning e-kataloogist ESTER¹ kinnitavad, et akadeemilisel tasemel on tõendid tehnilise võla mõjust, tajust ja selle juhtimisest Eesti IKT² (info- ja kommunikatsioonitehnoloogia) sektoris puudulikud või kättesaamatud. Eesti Statistikaameti 2014. aasta andmetel tegutses Eesti IKT sektoris 2962 ettevõtet 15281 tööga hõivatud isikuga ning IKT sektori müügitulu oli ligikaudu 1417,6 miljonit eurot.

1.1 Eesmärgid ja tulemused

Magistritöö peamiseks eesmärgiks on koguda andmeid tehnilise võla mõjust, tajust ning juhtimisest valitud Eesti IKT sektori ettevõtetes tarkvaraarenduse kontekstis. Tuginedes kogutud andmetele on lisaeesmärgiks identifitseerida võimalikud edasised uurimisteed tehnilise võla temaatikal. Töö kaugemaks eesmärgiks on anda sisend tehnilise võlaga seotud probleemidest Eesti IKT sektoris Eestis tegutsevatele ülikoolidele (nt TTÜ ja TÜ), mis võimaldaks IKT sektoriga seotud õppekavade ja õppeainete võimalikku täiendamist ja ümberkorraldamist, et pakkuda tudengitele senisest veelgi kvaliteetsemat väljaõpet ja kvalifitseeritumat tööjõudu Eesti IKT sektorile.

Antud töö eesmärgiks ei ole koostada juhendit tehnilise võla juhtimiseks.

¹ E-kataloog ESTER on 17 Eesti suuremat raamatukogu koondav digitaalne viidete kataloog, mille koostamist alustati 1999. a. alguses ja mida täiendatakse tänase päevani.

² Eesti Statistikaameti definitsiooni kohaselt hõlmab IKT sektor ka organisatsioone, mis ei tegele konkreetselt tarkvaraarenduse või tarkvarasüsteemide haldamisega. Antud magistritöö keskendub ainult nendele organisatsioonidele, mille lahutamatuks igapäeva tegevuse osaks on tarkvarasüsteemide arendus ja haldus, et pakkuda oma klientidele konkreetset tehnoloogilist lahendust (vt ka lühendite sõnastikku).

1.2 Ülesandepüstitus

Süstemaatiline kaardistamise uuring [1], mis hõlmas aastatel 1992–2013 avaldatud publikatsioone tehnilisest võlast, klassifitseeris tehnilise võla kümneks tüübiks, identifitseeris kaheksa tehnilise võla juhtimistegevust ning tuvastas 29 tarkvaralist lahendust tehnilise võla haldamiseks. Kuna otsingud TÜR (Tartu Ülikooli Raamatukogu) ja TTÜR (Tallinna Tehnikaülikooli Raamatukogu) elektroonilistes andmebaasides sõnapaaride „tehniline võlg“, „tehnilise võla“ ja „tehnilisest võlast“ järgi ei andnud ühtegi tulemust, siis pole täpselt teada, kas Eesti IKT sektori ettevõtete seas on tehnilise võla temaatikat tarkvaraarenduses varem uuritud või mitte. Eelpool mainitud lähtuvalt on antud magistritöö põhiülesanne viia läbi pilootuuring tehnilise võla nähtusest valitud Eesti IT ettevõtetes. Läbiviidava uuringu abil püütakse identifitseerida Eesti IKT sektori võimalikud eripärad tehnilise võla kontekstis läbi faktide ja tõlgenduste esitamise arvestades pilootuuringu piiranguid. Põhiülesande lahendamise käigus püütakse leida vastused järgmistele uurimusküsimustele:

1. Millist alamtüüpi tehnilist võlga esineb kvantitatiivselt kõige rohkem uuritud ettevõtete seas?
2. Millist alamtüüpi tehniline võlg põhjustab enim rahalist kulu uuritud ettevõtete seas?
3. Milliseid meetodeid rakendatakse tehnilise võla juhtimisel uuritud ettevõtete seas?
4. Milliseid tarkvaralisi abivahendeid kasutatakse tehnilise võla juhtimisel uuritud ettevõtete seas?

Lahendatava põhiülesande tulemused – faktid ja võimalusel ka tõlgendused – on aluseks edasistele uurimistöodele tehnilise võla temaatikal. Samuti on tulemused mõeldud ülikoolidele aine- ja õppekavade võimalikuks täiendamiseks, mis võib kaudselt mõjutada tehnilise võla käsitlemist Eesti IKT sektoris tarkvaraarenduse kontekstis. Magistritöö tulemused tehakse kättesaadavaks ka uuringus osalenud ettevõtetele.

1.3 Metoodika

Uurimustöö läbiviimise metoodika lähtub püstitatud eesmärgist – leida andmeid tehnilise võla mõjust, tajust ja juhtimisest Eesti IKT sektori kontekstis ning anda sisend edasisteks uuringuteks. Antud magistritöö on disainitud kui juhtumiuuring (ingl *case study*, empiiriline uurimismetoodika). Juhtumiuuring sobib hästi tänapäevaste tarkvaraarenduse

fenomenide uurimiseks, mida on isolatsioonis raske uurida [2]. Antud magistritöö kontekstis on juhtumiks tehnilise võla fenomen valitud Eesti IT ettevõtetes ning uuritavaks teemaks tehnilise võla mõju, taju ja juhtimine. Käesoleva juhtumiuuringu läbiviimine on jagatud neljaks erinevaks etapiks:

1. Kirjanduse ülevaade
2. Valimi koostamine
3. Andmete kogumine
4. Andmete analüüs

Esimese etapi eesmärk on tutvuda tehnilise võla fenomeniga seotud uurimustööde ja arvamused avaldustega nii akadeemikutelt kui ka praktikutelt. Avaldatud materjalidest ülevaate saamiseks kasutatakse digitaalseid teadustööde andmebaase ning Google otsingumootorit. Alajaotuses 2.1 antakse esimeses etapis kogutud informatsiooni põhjal lugejale lühiülevaade valikust läbiviidud töödest koos viidetega.

Teise etapi eesmärk on koostada juhtumiuuringu tarbeks uurimisel ettevõtete valim. Juhtumiuuringu puhul ei ole oluline uurida statistiliselt representatiivset valimit. Juhtumiuuringu tulemused saavutatakse hoopiski läbi tüüpiliste ja eripäraste objektide süvaanalüüsi [2]. Valimi loomiseks luuakse uurimisel ettevõtete nimekirj. Igale kandidaatevõttele saadetakse kutse osaleda käesolevas uuringus. Kutse sisaldab informatsiooni uuringu eesmärkide ja läbiviimise korralduse kohta. Detailsema kirjelduse valimi koostamise kohta leiab alajaotusest 3.1.

Kolmandal etapil kogutakse uuringus osalemise kutsele positiivselt vastanud ettevõtete esindajatelt kvalitatiivseid ja kvantitatiivseid andmeid tehnilise võla mõju, taju ning juhtimise kohta vastavates ettevõtetes. Kvalitatiivsete ja kvantitatiivsete andmete kombinatsioon pakuvad tihti parema arusaama uurimisel nähtusest [3]. Käesoleva uurimustöö andmete kogumisel lähtutakse soovituselt rakendada poolstruktureeritud intervjuusid kvalitatiivset laadi uuringute läbiviimisel tarkvaraarenduse valdkonnas [4]. Poolstruktureeritud intervjuud sisaldavad nii spetsiifilisi küsimusi kui ka „lahtisemaid“ (ingl *open-ended*) küsimusi, millele ei ole selgeid piire seatud ning samuti ka küsimusi, mis tekivad intervjuu käigus uue informatsiooni avaldumisel [5], [3]. Poolstruktureeritud intervjuud pakuvad suhtlusel põhinevat vastastikku arusaamist, ootamatute vastuste uurimist ning harmoonilise suhtluskeskkonna või suhte loomist intervjuueeritava ja

intervjuerija vahel, et parendada intervjueritava vastuste kvaliteeti [5]. Kuna intervjuude läbiviimine on kulukas tegevus ja intervjuu käigus kogutud andmete kvaliteet on otseselt seotud sellega, kuidas intervjuu läbi on viidud, siis üheks oluliseks osaks poolstruktureeritud intervjuude läbiviimisel on nende hoolikas planeerimine ja ettevalmistamine [4]. Käesoleva uurimustöö raames rakendatakse poolstruktureeritud intervjuude kavandamisel ja koostamisel doktor Sirje Virkuse (Tallinna Ülikool) koostatud juhendit [6]. Intervjuerijaks on käesoleva magistritöö autor. Vastavalt doktor Sirje Virkuse juhendile on soovitatav intervjuu transkribeerida ja saata transkriptsioon intervjueritavale kommenteerimiseks, et leida kinnitust, kas intervjuerija on intervjueritava mõtetest ja vastustest õigesti aru saanud. Siinkohal teeb antud magistritöö autor erandi ja intervjuusid ei transkribeeri, vaid koostab intervjuude kokkuvõtted kõige olulisemate detailidega. Koostatud kokkuvõtted saadetakse tagasiside saamiseks ja järelkontrolliks igale intervjueritavale eraldi. Intervjuude kokkuvõtete loomine transkribeerimise asemel on tavapärase praktika [4].

Intervjuude küsimused on esitatud lisa Lisa 1. Küsimuste väljatöötamisel lähtuti käesoleva magistritöö eesmärkidest. Küsimustik sisaldab nii kvalitatiivset kui ka kvantitatiivset laadi küsimusi. Kvalitatiivset laadi küsimuste esitamise eesmärk on koguda andmeid, mis toetaksid ja aitaksid paremini mõista andmete analüüsimisel avalduvaid kvantitatiivseid andmeid.

Neljanda etapi eesmärk on kolmanda etapi jooksul kogutud andmete korrastamine, analüüsimine ning järelduste tegemine. 9. ja 15. intervjuuküsimuse (vt Lisa 1) vastuste korrastamisel rakendatakse vastuste kodeerimist, mis lihtsustab kogutud andmete esitamist ning analüüsimist. Erinevate ekspertide subjektiivsete hinnangute põhjal järjestuse leidmisel on soovitatav rakendada turniirimeetodit [7]. Et vastata põhiülesandes esitatud 1. ja 2. küsimusele rakendatakse erinevate ekspertide (intervjueritavad isikud) vastuste analüüsimisel hääletus- ning turniiritabeli abil hinnangute järjestamist. Põhiülesande 3. ja 4. küsimusele vastuste leidmisel koostatakse sagedustabelid ja tulpdigrammid.

Juhtumiuuringu analüüsis on oluline säilitada tõendite ahel leidudest algandmeteni ning analüüsiraport peaks sisaldama piisavalt andmeid ja näiteid, mis võimaldaksid uurimustöö lugejal tõendite ahelat mõista [2]. Eelnenud põhimõtet rakendatakse läbi kogu käesoleva uuringu analüüsi andmete summeerimise, näidete ning tehnilise võla fenomeni

avaldumise konteksti esitamise abil. Sellise lähenemise eesmärk on pakkuda antud magistritöö lugejale endale piisavalt informatsiooni isiklike järelduste tegemiseks ning samuti ka uute uurimisteede tuvastamiseks.

Eksperimendi korras rakendatakse andmete analüüsimisel veel Spearmani¹ ehk astakorrelatsioonikordaja leidmist ning hajuvusdiagrammide koostamist (vt alajaotus 3.2.6).

1.4 Eritingimused

Kuna andmete kogumiseks kasutatakse poolstruktureeritud intervjuusid ettevõtete esindajatega, siis uuringu kvaliteet sõltub intervjueritava kogemusest ja positsioonist ettevõttes. Seetõttu viiakse intervjuud läbi intervjueritavatega, kelle amet on üks järgmistest: vanemarendaja, arhitekt, tarkvaraarendusjuht. Kuna ettevõtted nimetavad ametipositsioone erinevalt, siis töö autor rakendab lõpliku otsuse tegemisel, kas intervjuu viia läbi või mitte, isiklikku eksperthinnangut.

Käesolev uuring on anonüümne ning andmete analüüsil ühelegi konkreetsele ettevõttele ega ka isikule ei viidata. Igale uuringus osalenud ettevõttele viitamisel kasutatakse sellele ettevõttele määratud unikaalset identifikaatorit.

1.5 Magistritöö struktuur

Antud magistritöö koosneb neljast paragrahvist. Esimeses sissejuhatavas paragrahvis esitatakse magistritöö teema kontekst, ülesandepüstitus, eesmärgid ning eesmärkideni viia aitavad kasutatavad meetodid ning lähenemised. Samuti esitatakse eritingimused, mida rakendatakse ülesandepüstitusel.

Teises paragrahvis antakse ülevaade senistest uuringutest, mis on seotud käesoleva magistritöö teemaga. Samuti esitatakse alustöös [1] tuvastatud tehnilise võla tüüpide ja alamtüüpide mudel, tehnilise võla juhtimistegevuste ja neid ellu viia aitavate meetodite mudel ning juhtimistegevuste elluviimisel rakendatavad tarkvaralised lahendused.

¹ Charles Edward Spearman – inglise psühholoog (elas 1863–1945), kes kogus tuntust matemaatilise statistika alal.

Magistritöö kolmandas paragrahvis kirjeldatakse, kuidas viidi läbi andmete kogumine. Samuti kirjeldatakse ka magistritöös kasutatud ettevõtete valimit ning läbiviidud intervjuusid ettevõtete esindajatega. Kolmandas paragrahvis on põhirõhk kogutud andmete analüüsi läbiviimisel, järelduste tegemisel ja võimalike edasiste uurimisteemade esitamisel.

Magistritöö neljandas kokkuvõtvas peatükis antakse ülevaade tehtud tööst ning esitatakse peamised järeldused, soovitused ja ettepanekud.

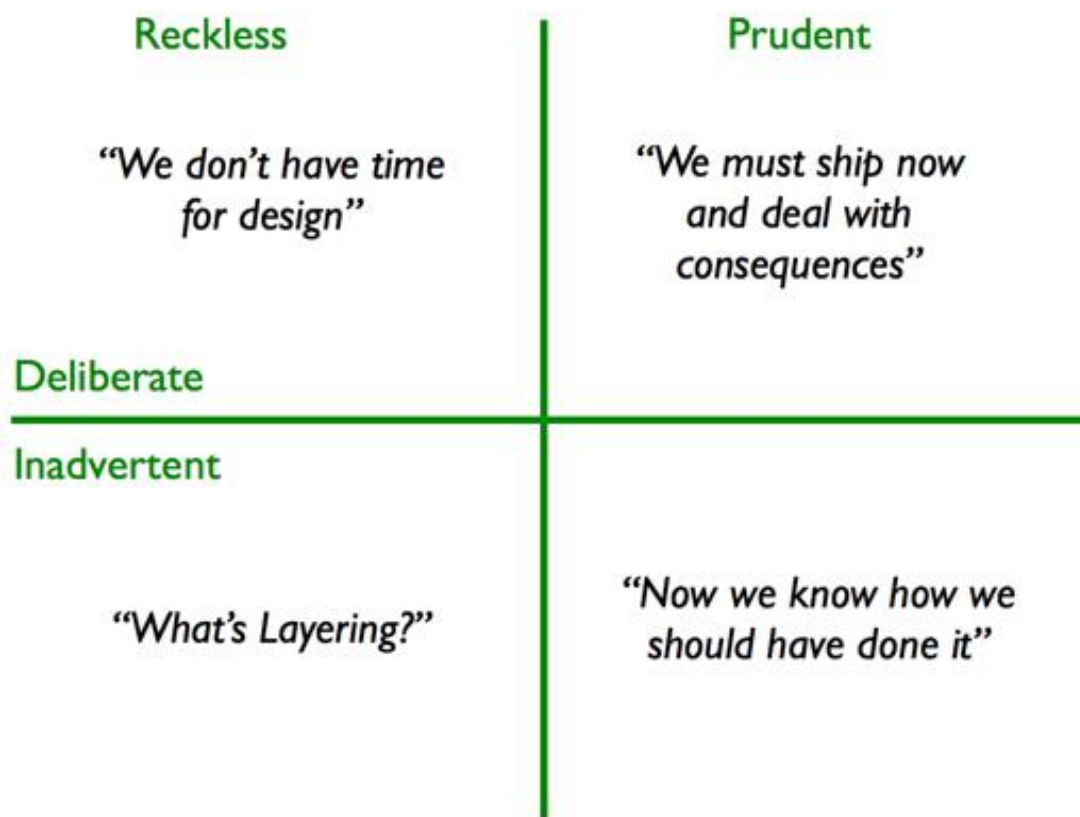
2 Tehniline võlg

Tehniline võlg on metafoor tarkvaraarenduses, mis kasutab ära finantsvõla kontseptsiooni, et kirjeldada kasvavate kulude nähtust tarkvarasüsteemide loomisel [8]. Tehnilise võla all mõistetakse samuti ka lühiajaliselt kasumlikku tehnilist kompromissi, mille kasuks otsustamine võib pikemas perspektiivis osutada tarkvarasüsteemile kahjulikuks [1]. Tehnilise võla esialgse kontseptsiooni, mis kirjeldas kasutatavaid tehnilisi kiirahendusi kui võimalust kiirendada tarkvara arendamist ja pidada kinni kriitilistest tähtaegadest, pakkus välja Howard G. Cunningham¹ oma 1992. aasta raportis [9]. Cunningham rõhutas oma raportis tehnilise võla tagasimaksmise olulisust, kuna tehnilise võla tagasimaksmise edasilükkamine suurendab „intressi“, mille hilisem tasumine võib seisata terve tarkvaraarendusorganisatsiooni toimimise. Algselt oli tehnilise võla metafoor seotud rohkem tarkvara realiseerimisega lähtekoodi tasemel, kuid vähehaaval on laiendatud selle metafoori rakendamist ka tarkvara arhitektuuris, disainis, dokumentatsioonis, nõuetes ja ka testimises [10]. Tänapäeval kasutatakse Cunninghami loodud kontseptsiooni metafoori ja retoorikana agiilsete tarkvaraarendusmeetodite kommuunis. See kontseptsioon leiab järjest enam tunnustust kui tööriist tehnilise info edastamiseks ning suhtluse lihtsustamiseks inseneride ja ettevõtte juhtkonna vahel [10].

Tehniline võlg on paratamatu – küsimus ei ole selle täielikus elimineerimises, vaid kuidas seda hallata. Tehniline võlg ei pruugi olla alati kahjulik, sest võlg, mis on tarkvaraarendamisel tahtlikult tekitatud, võib olla kasulik lühiajalise eesmärgi saavutamiseks, kui tekkinud tehniline võlg hoitakse nähtaval ja selle kulud kontrolli all. Vastupidiselt finantsvõlale ei tule tehnilist võlga kunagi täielikult tasuda. Tehnilise võla täielik tasumine sõltub suuresti sellest, kas „intress“, mida selle võla tõttu makstakse, on väiksem kui võla likvideerimise kogukulud. Siinkohal on probleemiks suurima intressiga tehnilise võla etteennustamine [11].

¹ Howard G. „Ward“ Cunningham – USA programmeerija, sünd 1949. a.

Martin Fowler¹, kes on paljude tarkvaraarendusega seotud raamatute autor, arutleb oma veebilehel [12] tehnilise võla metafoori kasulikkuse üle. Martin Fowleri hinnangul on tehnilise võla metafoori idee tekitada arusaam, kuidas lahendada tarkvaraarendusprotsessi käigus tekkivaid erinevaid probleeme ja kuidas seda arusaama inimestele edastada. Samuti peab Fowler tehnilise võla metafoori väga kasulikuks kontseptsiooniks probleemidest teada andmisel mittetehnilistele inimestele. Oma arutelu käigus jõuab Fowler erinevate näidete abil ettevaatlikult (ingl *prudent*) ja hooletult (ingl *reckless*) ning tahtlikult (ingl *deliberate*) ja tahtmatult (ingl *inadvertent*) vastu võetud tehnilise võlani ning esitab selle ilmestamiseks tehnilise võla kvadranti (vt Joonis 1).



Joonis 1. Tehnilise võla kvadrant [12].

¹ Martin Fowler – briti tarkvaraarendaja, rahvusvaheliselt tunnustatud kõneleja tarkvaraarenduse teemadel, sünd 1963. a.

2.1 Uuringute ülevaade

Ülevaate saamiseks tehnilise võla temaatikal avaldatud uurimustöödest kasutati järgnevaid digitaalseid raamatukogusid, andmebaase või otsingumootoreid:

- Association for Computing Machinery (ACM) digitaalne raamatukogu
- ScienceDirect digitaalne andmebaas
- Web of Science digitaalne andmebaas
- Springer digitaalne andmebaas
- IEEE Xplore digitaalne andmebaas
- TÜR digitaalne andmebaas
- TTÜR digitaalne andmebaas
- E-kataloog ESTER
- Google Search

Otsingud digitaalsetes andmebaasides või otsingumootorites tehti järgnevate märksõnade või fraaside abil:

- Tehniline võlg
- Tehnilise võla
- Tehnilisest võlast
- Technical debt

2010. aasta sügisel avaldas Gartner Inc artikli [13], milles hinnati globaalse tehnilise võla suuruseks 500 miljardit dollarit potentsiaaliga kahekordistuda aastaks 2015. Infotehnoloogia uuringute ja konsultatsioonide ettevõtte Gartner Inc defineeris tehnilise võla kuluna, mis tuleks tasuda, et vabaneda hooldustöödest tegemata tööde nimekirjas, eesmärgiga viia ettevõtete rakendustarkvara portfellid täielikult toetatud ja kaasajastatud olekusse.

2012. aastal avaldati töö [8], milles viidi läbi süstemaatiline kirjanduse ülevaade¹ tehnilise võla kohta. Selles töös identifitseeriti ja analüüsiti 19 publikatsiooni. Süstemaatilise kirjanduse ülevaate ja analüüsi käigus leiti, et tehnilise võla peamiseks elementideks on

¹ Süstemaatiline kirjanduse ülevaade – kättesaadavate uurimustööde identifitseerimine, hindamine ja tõlgendamine mingi kindla küsimuse, fenomeni või uurimisala kontekstis [42].

lähtekoodi rikkumine (ingl *code decay*), disaini võlg (ingl *design debt*) ning tarkvarasüsteemi arhitektuuri allakäik (ingl *architectural deterioration*). Samas tõdeti, et ei ole piisavalt selge ning puudub kokkulepe, mida lugeda tehniliseks võlaks ja mida mitte ning selline ebaselgus on suureks väljakutseks tehnilise võla seirel ja juhtimisel. Lisaks tõdeti, et edasiste empiiriliste uuringute läbiviimiseks on vajalik jõuda ühisele arusaamisele tehnilisest võlast ja ehitada selleks kontseptuaalne mudel. Peamiste tehnilise võla tekkepõhjustena toodi välja aja-, raha- ja ressursside piiratust.

2013. aastal avaldati uurimustöö [14], mis põhines 2012. aastal samade autorite poolt avaldatud töö [8]. Selle uurimustöö eesmärgiks oli viia läbi kriitiline uuring tehnilisest võlast ja konsolideerida arusaam tehnilise võla olemusest. Eesmärgi saavutamiseks kasutati mitmekesisist kirjanduse ülevaadet¹ (ingl *multivocal literature review*) ja intervjuusid tarkvara praktikute ning akadeemikutega, et määratleta tehnilise võla fenomeni piirid. Uurimustöö tulemusena esitati teoreetiline raamistik, mis pakub tervikliku vaate tehnilisele võlale, selle dimensioonidele, omadustele, pretsedentidele ja järelmittele. Esitatud raamistik sisaldab ka taksonoomiat, mis kirjeldab ja hõlmab erinevaid tehnilise võla fenomeni vorme.

2015. aasta alguses avaldati laiapõhjaline tehnilise võla süstemaatilise kaardistamise uuring [1], mis hõlmas aastatest 1992–2013 94 retsenseeritud ja metoodiliselt valitud uurimustööd, raamatut, konverentsi artiklit või tööühma ettekannet. See uuring viitab 2013. aastal avaldatud uurimustööle [14] kui võimalikule täiendusele. Süstemaatilise kaardistamise tulemusena klassifitseeriti tehniline võlg kümnesse tüüpi, tuvastati kaheksa tehnilise võla juhtimistegevust ning leiti 29 tarkvaralist lahendust tehnilise võla haldamiseks ja juhtimiseks. Uuring [1] on käesoleva magistr töö alustöö, mille esitatud mudeleid ja leide rakendatakse antud uurimustöö läbiviimisel.

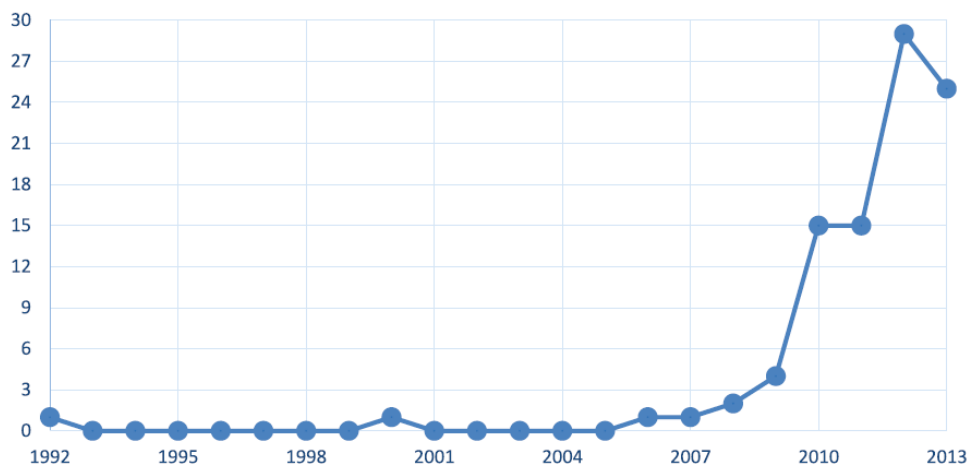
Uuringu [1] järeldused:

- Terminit „võlg“ kasutatakse erineval moel erinevate inimeste seas, mis viib selle termini ebamäärasele tõlgendusele

¹ Mitmekesine kirjanduse ülevaade – süstemaatilise kirjanduse ülevaate vorm, milles kaasatakse lisaks publitseeritud töödele (vormikohastele) ka nn „halli“ ja retsenseerimata kirjandust (aruanded, blogid, veebilehed jms) [41].

- Enim tähelepanu on pälvinud lähtekoodiga seotud tehniline võlg ja selle haldamine
- Eksisteerib vajadus viia läbi veel rohkem empiirilisi uuringuid kõrgekvaliteediliste tõenditega tehnilise võla juhtimisprotsessist ja erinevate meetodite rakendamisest tehnilise võla juhtimisel
- Eksisteerib vajadus tarkvaraliste lahenduste (abivahendite) järele, mis aitaksid hallata erinevat tüüpi tehnilist võlga terves tehnilise võla juhtimisprotsessis

Uuringus [1] tuvastati ka tehnilise võla kohta avaldatud uurimustööde järsk kasv 2010. aastal (vt Joonis 2).



Joonis 2. Alustöös kaasatud tööde jaotus aastate lõikes [1].

2015. aasta kevadel avaldati uurimustöö [15], milles viidi läbi süstemaatiline kirjanduse ülevaade tehnilise võla kohta finantsvõla aspektist vaadatuna. Kirjanduse ülevaatamise käigus uuriti 69 tehnilise võla uuringut, mis olid asjakohased finantsvõla aspektist vaadatuna.

Uurimustöö [15] tulemused:

- Enimkasutatavad finantsterminid tehnilise võla uurimustöodes on intress ja põhikulu (ingl *principal*, konkreetset tüüpi tehnilise võla hinnanguline likvideerimise kulu [10])
- Tehnilise võla juhtimisel rakendatakse kõige sagedamini järgmisi finantsjuhtimise instrumente: reaaloptsioon (ingl *real option*), portfellihooldus (ingl *portfolio management*), kulude-tulude ja väärtuspõhine analüüs

- Finantsjuhtimise instrumentide rakendamine tehnilise võla juhtimisel tarkvaraarenduses ei ole järjepidev, s.t sama instrumenti on rakendatud erinevates uurimustöodes erinevalt ja mõningatel juhtudel puudub selge seos finants- ja tarkvaraarenduskontseptsioonide vahel

Uurimustöö [15] eeldab oma järelduses, et leitud tulemused osutuvad kasutoovateks suhtluses tehniliste juhtide ja projektijuhtide vahel, kuna esitatud tulemused pakuvad ühist sõnavara ja aitavad seada kvaliteedi eesmärke tarkvaraarenduses.

Lisaks leidub mitmeid töid [16]–[20], mis uurivad tehnilise võla taju ning juhtimist mõne konkreetse ettevõtte näitel. Leidub ka töid [21]–[27], kus pakutakse välja konkreetne raamistik, lähenemine või mudel, kuidas tehnilist võlga tarkvaraarenduses juhtida ning kuidas väljatöötatud raamistikke, lähenemisi või mudeleid rakendada otsuste tegemise protsessis.

Päringud TÜR ja TTÜR digitaalsetes andmebaasides ei tuvastanud ühtegi uurimustööd või viidet uurimustööle tehnilise võla kohta.

2.2 Tehnilise võla tüübid ja alamtüübid

Käesolev alajaotus esitab 2015. aastal avaldatud süstemaatilise kaardistamise uuringu [1] tulemusena tuvastatud kümme tehnilise võla tüüpi koos alamtüüpide ja selgitustega ning viidetega tüüpide ja alamtüüpide ingliskeelsetele nimetustele. Tüüpide ja alamtüüpide ingliskeelsed nimetused ja kirjeldused on tõlkinud eesti keelde antud magistritöö autor. Tuvastatud tüüpide ja alamtüüpide esitamine on siinkohal oluline, kuna nende alusel püüti magistritöö raames identifitseerida tehnilise võla olemasolu valitud Eesti IKT sektori ettevõtetes. Magistritöö järgnevatel peatükkidel viidatakse tuvastatud tehnilise võla tüüpide ja alamtüüpide hierarhiale kui alustöös tuvastatud tehnilise võla tüüpide ja alamtüüpide mudelile. Igale tüübile ja temaga seotud alamtüübile on määratud autori poolt identifikaator, et lihtsustada kogutud andmete esitamist andmete analüüsimisel. Tüübi või alamtüübi identifikaator on esitatud tüübi või alamtüübi ingliskeelse nimetuse järel sulgudes.

Nõuete tehniline võlg (ingl *requirements technical debt*, REQ) kirjeldab tegeliku süsteemi realisatsiooni kaugust optimaalsest nõuete spetsifikatsioonist [28]. Ainus

täpsem alamtüübi määratlus selles klassis on üleprojekteerimine (ingl *over-engineering*, REQ1).

Arhitektuurne tehniline võlg (ingl *architectural technical debt*, ARCH) tekib tarkvarasüsteemi arhitektuuri puudutavate otsuste läbi, mille tulemusena seatakse ohtu mõni sisemine kvaliteedi aspekt nagu näiteks tarkvarasüsteemi hooldatavus. Alamtüübid on:

- Ebestandardsed nähtused arhitektuuris (ingl *architectural smell*, ARCH1)
- Antimustrid tarkvarasüsteemi arhitektuuris (ingl *architectural anti-patterns*, ARCH2)
- Keerulised käitumuslikud sõltuvused tarkvarasüsteemi arhitektuuris (ingl *complex architectural behavioral dependencies*, ARCH3)
- Heade praktikate rikkumine tarkvarasüsteemi arhitektuuris (ingl *violations of good architectural practices*, ARCH4)
- Nõuetele vastavuse probleemid tarkvarasüsteemi arhitektuuris (ingl *architectural compliance issues*, ARCH5)
- Kvaliteedi probleemid süsteemitaseme struktuuris (ingl *system-level structure quality issues*, ARCH6)

Disaini tehniline võlg (ingl *design technical debt*, DES) tekib detailse disaini loomisel tehniliste kiirlahenduste kasuks otsustamisel. Alamtüübid on:

- Ebestandardsed nähtused koodis (ingl *code smells*, DES1)
- Keerulised klassid või meetodid (ingl *complex classes or methods*, DES2)
- Disainimustritega mitteseotud lähtekoodi kirjutamine/kuhjamine klassidesse, mis järgivad mingit disainimustrit (ingl *grime*, DES3)
- Lõpetamata disaini spetsifikatsioon (ingl *incomplete design specification*, DES4)

Lähtekoodi tehniline võlg (ingl *code technical debt*, CODE) – kehvalt kirjutatud lähtekood, mis rikub parimaid koodikirjutamise praktikaid ja reegleid. Alamtüübid on:

- Madala kvaliteediga lähtekood (ingl *low-quality code*, CODE1)
- Dubleeritud lähtekood (ingl *duplicate code*, CODE2)
- Koodikirjutamise reeglite rikkumine (ingl *coding violations*, CODE3)
- Keerukas lähtekood (ingl *complex code*, CODE4)

Testimise tehniline võlg (ingl *test technical debt*, TEST) kirjeldab kiirlahendusi tarkvara või tarkvarasüsteemi testimisel. Alamtüübid on:

- Lähtekoodi madal kaetus testidega (ingl *low code coverage*, TEST1)
- Edasilükatud testimine (ingl *deferring testing*, TEST2)
- Testide puudumine (ingl *lack of tests*, TEST3)
- Automaattestimise puudumine (ingl *lack of test automation*, TEST4)
- Jääkdefektide mitteleidmine testides (ingl *residual defects not found in tests*, TEST5)
- Kulukad testid (ingl *expensive tests*, TEST6)
- Hindamisvead testimisplaanides (ingl *estimation errors in test effort plan*, TEST7)

Tarkvara ehitusprotsessi tehniline võlg (ingl *build technical debt*, BUILD) – vead ja probleemid tarkvara ehitussüsteemides või ehitusprotsessides, mis teevad tarkvara ehitamise üleliigselt keeruliseks või raskeks. Alamtüübid on:

- Halvad sõltuvused (ingl *bad dependencies*, BUILD1)
- Manuaalne ehitusprotsess (ingl *manual build process*, BUILD2)
- Ebakorrekne automaatne tarkvara ehitamine (ingl *flawed automatic building*, BUILD3)
- Ehitusprotsessi tulemi nähtavuse võlg (ingl *build visibility debt*, BUILD4)

Dokumenteerimise tehniline võlg (ingl *documentation technical debt*, DOC) viitab ebapiisavale, lõpetamata või aegunud dokumentatsioonile igas tarkvaraarenduse aspektis. Alamtüübid on:

- Aegunud dokumentatsioon (ingl *out-of-date documentation*, DOC1)
- Lõpetamata dokumentatsioon (ingl *incomplete documentation*, DOC2)
- Ebapiisav dokumentatsioon (ingl *insufficient documentation*, DOC3)
- Koodikommentaari puudumine (ingl *lack of code comments*, DOC4)

Tarkvaraarenduse infrastruktuuri tehniline võlg (ingl *infrastructure technical debt*, INFRA) viitab ebaoptimaalsele tarkvaraarendusega seotud protsesside, tehnoloogiate ja tugitööriistade konfiguratsioonile. Alamtüübid on:

- Vana tehnoloogia kasutamine (ingl *old technology in use*, INFRA1)

- Vanade tugitööriistade kasutamine (ingl *old supporting tools in use*, INFRA2)
- Pideva integratsiooni puudumine (ingl *lack of continuous integration*, INFRA3)
- Automaatse juurutamise puudumine (ingl *lack of automated deployment*, INFRA4)
- Kehv tarkvara avaldamise planeerimine (ingl *poor release planning*, INFRA5)

Tarkvara versioonidega seotud tehniline võlg (ingl *versioning technical debt*, VER) viitab probleemidele, mis on seotud lähtekoodi erinevate versioonidega. Alamtüübid on:

- Ebavajalik hargnemine (ingl *unnecessary code forks*, VER1)
- Mitme versiooni toetamine (ingl *multi-version support*, VER2)

Tarkvara defektidega seotud tehniline võlg (ingl *defect technical debt*, DEF) viitab avastatud vigadele ja tõrgetele tarkvarasüsteemis, mis pole veel parandatud. Ainus täpsustavam alamtüüp selles klassis on defektid ja programmivead (ingl *defects/bugs*, DEF1).

2.3 Tehnilise võla juhtimine

Tehnilise võla juhtimine on hulk tegevusi, mis aitavad tehnilist võlga vältida või olemasolevat tehnilist võlga hallata. Käesolev alajaotus esitab 2015. aastal avaldatud süstemaatilise kaardistamise uuringu [1] tulemusena tuvastatud kaheksa tehnilise võla juhtimistegevust ning iga tegevuse puhul ka eesmärgini jõuda aitavad meetodid. Juhtimistegevuste ja vastavate meetodite inglisekeelsed nimetused ja kirjeldused on tõlkinud eesti keelde käesoleva töö autor. Sarnaselt tehnilise võla tüüpidele ja alamtüüpidele on igale juhtimistegevusele ja juhtimistegevusega seotud meetodile käesoleva töö autori poolt määratud identifikaator, et lihtsustada kogutud andmete esitamist andmete analüüsimisel. Tehnilise võla juhtimistegevuste ja nendes tegevustes kasutatavate meetodite mudeli esitamine on siinkohal oluline, kuna selle alusel püüti käesoleva magistr töö raames tuvastada, milliseid praktikaid rakendatakse tehnilise võla juhtimisel uurimisel valimis.

Tehnilise võla tuvastamine (ingl *technical debt identification*, IDENT) – tahtlike ja mittetahtlike tehniliste otsuste tagajärjel tekkinud tehnilise võla tuvastamine tarkvarasüsteemis läbi spetsiifiliste meetodite. Identifitseeritud tuvastamise meetodid on:

- Lähtekoodianalüüs (ingl *code analysis*, IDENT1)
- Sõltuvuste analüüs (ingl *dependency analysis*, IDENT2)
- Kontrollnimekirja rakendamine (ingl *check list*, IDENT3)
- Lahenduste võrdlus (ingl *solution comparison*, IDENT4)

Tehnilise võla mõõtmine (ingl *technical debt measurement*, MEAS) – tarkvarasüsteemis eksisteeriva tehnilise võla kasu ja kulu määramine või üldise tehnilise võla määra hindamine tarkvarasüsteemis. Mõõtmise meetodid on:

- Arvutuslik mudel (ingl *calculation model*, MEAS1)
- Lähtekoodi meetrikate kasutamine (ingl *code metrics*, MEAS2)
- Kogemuse- ja ekspertiisipõhine hindamine (ingl *human estimation*, MEAS3)
- Kulu kategoriseerimine (ingl *cost categorization*, MEAS4)
- Tarkvarasüsteemi tegevusmeetrikate kasutamine (ingl *operational metrics*, MEAS5)
- Lahenduste võrdlemine (ingl *solution comparison*, MEAS6) – erinevuse leidmine tegeliku ja optimaalse lahenduse vahel

Tehnilise võla prioriseerimine (ingl *technical debt prioritization*, PRIO) – tuvastatud tehnilise võla järjestamine eeldefineeritud reeglite alusel toetamaks otsuste vastuvõtmist, millist tehnilist võlga asuda tasuma esmajärgus. Prioriseerimise meetodid on:

- Kulude-tulude analüüs (ingl *cost/benefit analysis*, PRIO1)
- Kõrge veaparanduskuluga tehniline võlg esmalt (ingl *high remediation cost first*, PRIO2)
- Portfellimeetod (ingl *portfolio approach*, PRIO3) – iga tehnilise võla kirjet võetakse kui riski ja investeerimisvõimalust. Eesmärgiks on kasutada sellist vahendite (k.a tuvastatud tehnilist võlga) hulka, mis maksimeeriks kasu tehtavalt investeringult või minimeeriks investeerimisriski
- Kõrgema intressiga tehniline võlg esmalt (ingl *high interest first*, PRIO4)

Tehnilise võla ennetamine (ingl *technical debt prevention*, PREV) – tegevus, mille eesmärgiks on tehnilise võla tekke vältimine. Ennetamise meetodid on:

- Tarkvaraarendusprotsessi täiendamine/täiustamine (ingl *development process improvement*, PREV1)

- Arhitektuursete otsuste tegemise toetamine (ingl *architecture decision making support*, PREV2)
- Tarkvarasüsteemi elutsükli kulude planeerimine (ingl *lifecycle cost planning*, PREV3)
- Inimfaktorite analüüs (ingl *human factor analysis*, PREV4) – töökultuuri viljelemine, mis minimeerib mitteteadliku tehnilise võla tekke, mis on põhjustatud inimfaktorite poolt (nt ükskõiksus ja asjatundmatus)

Tehnilise võla seire (ingl *technical debt monitoring*, MON) – tegevus, mille käigus jälgitakse lahendamata tehnilise võla kasu või kulu muutumist ajas. Seiremeetodid on:

- Künnispõhine lähenemine (ingl *threshold-based approach*, MON1)
- Tehnilise võla levimise jälgimine (ingl *technical debt propagation tracking*, MON2)
- Planeeritud kontrollimine (ingl *planned check*, MON3)
- Kvaliteediomaduste põhine tehnilise võla seire (ingl *technical debt monitoring with quality attribute focus*, MON4)
- Jooniste ja diagrammide kasutamine (ingl *technical debt plot*, MON5)

Tehnilise võla tasumine (ingl *technical debt repayment*, REPAY) – tegevus, mis lahendab või kergendab tehnilise võla olemasolu tarkvarasüsteemis. Tasumise meetodid on:

- Refaktoreerimine (ingl *refactoring*, REPAY1)
- Tehnilist võlga sisaldava koodi uuesti kirjutamine (ingl *rewriting*, REPAY2)
- Automatiseerimine (ingl *automation*, REPAY3)
- Olemasoleva tarkvarasüsteemi ümber projekteerimine või paremaks muutmine (ingl *reengineering*, REPAY4)
- Uuesti pakendamine (ingl *repackaging*, REPAY5) – tihedalt seotud moodulite grupeerimine
- Programmivigade parandamine (ingl *bug fixing*, REPAY6)
- Veataluvuse rakendamine (ingl *fault tolerance*, REPAY7) – strateegiline käivitusaaja vigade (ingl *runtime exceptions*) lisamine tehnilise võlaga programmi lähtekoodi TODO ja FIXME kommentaaride asemel [29]

Tehnilise võla esitamine ja dokumenteerimine (ingl *technical debt representation/documentation*, REPRE) – tegevus tehnilise võla esitamiseks ja kodifitseerimiseks ühtsel viisil võttes arvesse huvipoolte huve. Esitamise ja dokumenteerimise ainus tuvastatud meetod on tehnilise võla kirje kasutamine (ingl *technical debt item*, REPRE1).

Tehnilisest võlast teada andmine (edastamine) (ingl *technical debt communication*, COMM) – tuvastatud tehnilise võla huvipooltele nähtavaks tegemine. Edastamise meetodid on:

- Tehnilise võla kirjete, tüüpide ja koguse nähtavaks tegemine huvipooltele (ingl *technical debt dashboard*, COMM1)
- Tehnilise võla lisamine projekti tegemata tööde nimekirja (ingl *backlog*, COMM2)
- Tarkvaraelementide vaheliste sõltuvuste visualiseerimine (ingl *dependency visualization*, COMM3)
- Lähtekoodi meetrikate visualiseerimine (ingl *code metrics visualization*, COMM4)
- Tehnilise võla nimekirja koostamine ja huvipooltele nähtavaks tegemine (ingl *technical debt list*, COMM5)
- Tehnilise võla levimise visualiseerimine (ingl *technical debt propagation visualization*, COMM6)

2015. aastal avaldatud süstemaatilise kaardistamise uuringu [1] käigus tuvastati uurimisalustest töödest viited 29 tarkvaralise lahendusele, mis pakuvad tuge vähemalt ühes tehnilise võla juhtimise tegevuses. Tarkvaraliste lahenduste loetelu on esitatud lisa Lisa 2.

2.4 Väljakutsed ja probleemid

Inimeste arusaam tehnilisest võlast on erinev. Paljude jaoks tähendab tehniline võlg probleeme lähtekoodis, mis mõjutavad tarkvaraarendust tulevikus, samal ajal, kui paljud teised on seisukohal, et tehniline võlg on laiem kontseptsioon ja hõlmab endas ka teisi tarkvaraarenduse elutsükli faase (nt arhitektuur ja nõuded). Alates 2010. aastast on

kutsutud kokku töörühmi, kus diskussioonide fookuses on olnud peamiselt probleem, mida pidada tehniliseks võlaks ja mida mitte [30].

Inimesed, kes lasevad tehnilisel võlal tekkida, ei ole tihti need, kes seda tasuma hakkavad ning see võib inimesi julgustada tehnilist võlga vastu võtma. Näiteks tarkvara aktiivses arendamisfaasis võivad programmeerimisega tegeleda kogenumad insenerid ning pärast tarkvara üleandmist tellijale tegelevad vigade parandamisega (hooldusrežiim) vähemkogenud insenerid, kel tuleb eelmiste inseneride vastuvõetud tehnilist võlga tasuma hakata [11].

Tehnilise võla mõõtmine ja selle teisendamine majanduslikeks tagajärgedeks on keeruline [31] ning organisatsioonidel on raske näha äriväärtust tarkvaratoote sisemisel kvaliteedil [32]. Tehnilise võla mõõtmise keerukuse tõttu võib tarkvaraarendusmeeskondadel tekkida raskusi äripoolle veenmisel investeerida kiirlahenduste parandamisse, mis viib sageli muud tööd katkestava defektide parandamise iteratsioonini või tarkvara suuremahulise ümberkujundamiseni [33]. Tehnilise võla ennetamine on samuti keeruline, kuna defektide vähendamine ja mittefunktsionaalse kvaliteedi tõstmine samaaegselt agiilsetes tarkvaraarendusraamistikutes võib osutuda väljakutseks [34].

Ka pealesunnitud ja ettekavatsematu tehniline võlg võib osutuda väljakutseks. Näiteks võidakse ohverdada tarkvara kvaliteediomadused, et jõuda töödega valmis pealesunnitud tähtaegadeks. Samuti võivad tarkvaraprojekti mõjutada otsused teistes projektides, millest sõltutakse. Ettekavatsematu tehniline võib tekkida teiste ettevõtete omandamisel, uute nõuete ilmnmisel või muutustest turu ökosüsteemis [35]. Sellised situatsioonid ei ole tarkvaraarendusmeeskondade kontrolli all ja on seetõttu raskesti juhitavad.

Tehnilise võla tuvastamise ja mõõtmise seisukohalt on puudus teooriatest ja mudelitest. Uurimuses [36] tõdetakse, et tuleks luua laiaulatuslik teooria kulude ja tulude vahelise seose formaliseerimiseks tehnilise võla kontseptsioonis, misjärel tuleks välja arendada ja valideerida tehnilise võla juhtimismeetodid, et kasutada tehnilise võla teooriat organisatsiooni juhtimisprotsessis otsuste vastuvõtmisel.

Tarkvaralised lahendused, mis on mõeldud tehnilise võla haldamiseks, ei ole piisavad ning eksisteerib vajadus paremate tarkvaraliste lahenduste järele, mis aitaksid kaasa igapäevases tehnilise võla juhtimises [1].

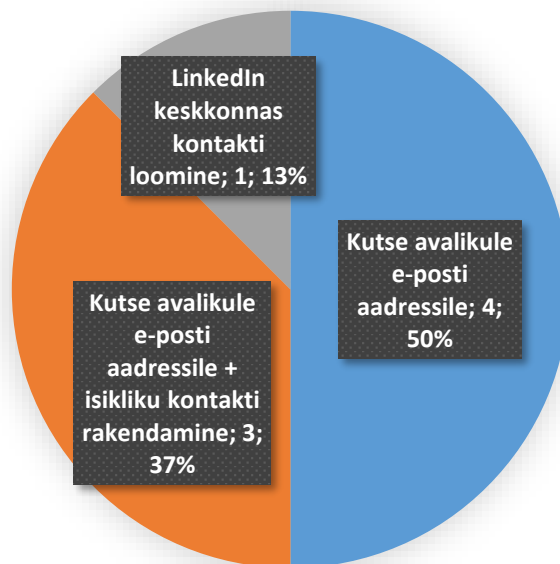
3 Uuringu läbiviimisest ja kogutud andmete analüüs

Magistritöö raames viidi läbi kaheksa ettevalmistatud intervjuud ajavahemikul 6. veebruar 2017. a. kuni 7. märts 2017. a. Intervjueeritavate isikute ettevalmistamiseks intervjuuks saadeti neile enne intervjuu toimumist käesoleva uurimustöö teemaga seonduvad abimaterjalid ja nimekiri teemadest, mida intervjuu käigus uuritakse. Iga intervjueerija esindas ühte konkreetset ettevõtet Eesti IKT sektorist, kus ta ise töötas. Intervjueeritavatel paluti intervjuu küsimustele vastuste andmisel lähtuda ettevõttest, keda nad parasjagu esindasid. Kuna käesolevas uurimustöös nõustusid ettevõtteid osalema tingimusel, et kogutud andmed jäävad anonüümseks, siis nimetame edaspidi intervjueeritud isikuid ja nende esindatavaid ettevõtteid koodidega **P1–P8**, s.t käesoleva magistritöö tekstis ja andmetes kasutatakse sama koodi nii intervjueeritavate kui ka nende esindatavate ettevõtete puhul vastavalt kontekstile. Intervjuud viidi läbi poolstruktureeritud intervjuu vormis, kus põhilised intervjuu küsimused olid fikseeritud, kuid jäeti ka võimalus uute asjaolude ilmnemisel uute küsimuste esitamiseks. Intervjueerija (antud töö autor) kasutas intervjuu salvestamisel diktofoni ja tegi samuti kirjalikke märkmeid. Intervjuud kestsid keskmiselt 72 minutit. Ajaliselt kõige lühem intervjuu kestis 52 minutit ja kõige pikem 102 minutit. Intervjuudel esitatud põhiküsimused on esitatud lisas Lisa 1. Uute asjaolude ilmnemisel esitati ka lisaküsimusi, et mõista tehnilise võla nähtust uuritavates ettevõtetes. Pärast intervjueerimisvooru lõppu kuulas ja vaatas intervjueerija (käesoleva töö autor) üle kõik salvestised ja märkmed ning koostas iga intervjuu kohta eraldi kokkuvõtte. Kogutud andmete kinnitamiseks ja tagasiside saamiseks saatis intervjueerija koostatud kokkuvõtted igale intervjueeritud isikule eraldi. Vastused koostatud kokkuvõtetele saadi kuuelt intervjueeritud isikult ning vastustes antud tagasiside põhjal täiendati või parandati koostatud kokkuvõtteid.

Käesoleva peatüki alajaotustes kirjeldatakse detailsemalt intervjueeritud isikuid, ettevõtete valimit ja selle loomise protsessi ning intervjuude käigus kogutud andmete analüüsimisel avastatud leide. Andmete analüüsimisel püütakse võimalusel leide tõlgendada. Leidude tõlgendamise võimalikkuse puudumisel esitatakse andmete kohta ainult faktid. Peatüki lõpus esitatakse käesoleva uuringu järeldused, arutletakse uuringu andmete analüüsi paikapidavuse üle ning esitatakse võimalikud edasised uurimisteemad tehnilise võla kontekstis.

3.1 Valimi kirjeldus

Eesmärgipärase valimi loomiseks saadeti uuringus osalemise kutse 33 (uuringus osalemise kandidaatettevõtte) Eesti IKT sektoris tegutsevatele ettevõttele. Ettevõtte osutus uuringu kandidaatettevõtete nimekirja valituks, kui ettevõtte oli tasunud 2016. aastal 08.01.2016. a. seisuga tööjõumakse ja makseid vähemalt 60000€ ulatuses. Kuna selliseid ettevõtteid oli sadu ning mitte kõigi nende ettevõtete lahutamatu igapäevane tegevus ei ole tarkvaraarendus, siis rakendati lõpliku kandidaatettevõtete nimekirja koostamisel magistritöö autori poolt eksperthinnangut. Sellise tegevuse eesmärk oli koostada optimaalne nimekiri suurtest ja väikestest ning erinevates valdkondades tegutsevatest ettevõtetest. Uuringus osalemise kutsele reageeris üheksa ettevõtet – kaheksa ettevõtet vastas kutsele positiivselt ja üks ettevõtte vastas negatiivselt. Ettevõtetega kontakti asumise meetodid olid erinevad: ettevõtte avalikule e-posti aadressile kutse saatmine ja LinkedIn¹ keskkonnas kontakti loomine. Kolmel juhul kasutas magistritöö autor ka isiklike tutvusi saavutamaks kontakti võimalike uuringualuste ettevõtetega (ettevõtetele saadeti eelnevalt uuringus osalemise kutse ettevõtte avalikule e-posti aadressile). Uuringus osalemise kutsele positiivselt vastanud ettevõtetega kontakti asumise meetodid ja sagedused on esitatud joonisel Joonis 3. Koos positiivse vastusega uuringus osalemise



Joonis 3. Valimisse sattunud ettevõtetega kontakti loomise meetodid.

¹ LinkedIn – <https://www.linkedin.com/>, ärile ja tööjõu palkamisele orienteeritud sotsiaalvõrgustiku teenus.

kutsele saadeti ettevõtete poolt käesoleva töö autorile ka isikute kontaktandmed, kellega soovitud intervjuu kokkulepitud ajal läbi viia.

Andmed intervjueritud isikute kohta intervjuu läbiviimise hetkel on esitatud tabelis Tabel 1. Neljal juhul viidi intervjuu läbi tarkvaraarendusjuhiga ja ametid tarkvaraarhitekt, inseneride juht, IT-arenduse protsessijuht ning tarkvaraarendusmeeskonna juht olid esindatud ühel korral. Intervjueritud isikute keskmine IKT sektoris töötamise kogemus mõõdetuna aastates oli 15.

Tabel 1. Intervjueritud isikute andmed.

Intervjueritav	Amet	Kohustused	Kogemus aastates
P1	Tarkvaraarhitekt	Vastutav tarkvaraarendaja.	20
P2	Inseneride juht	Programmeerimine, toote ja inseneride vahelise tegevuse koordineerimine.	17
P3	Tarkvaraarendusjuht	Tarkvaraarendajate arengu suunamine, tehnoloogilise kompassi seadmine, olemasolevate projektide konsulteerimine muudatuste ja parenduste osas.	10
P4	Tarkvaraarendusjuht	Tarkvaraarendusmeeskondade juhtimine ning aeg-ajalt programmeerimine.	14
P5	IT-arenduse protsessijuht	IT-arenduse protsessijuhtimise eesmärkide täideviimine ja juhtimine.	17
P6	Tarkvaraarendusmeeskonna juht	Tarkvaratoote arendamise eest vastutamine.	20
P7	Tarkvaraarendusjuht	Vastutusalad: arendusprotsessid ja -plaanid, prioriteetid, tehnoloogia pinu (ingl <i>technology stack</i>) ning strateegiline planeerimine.	11
P8	Tarkvaraarendusjuht	Tarkvaraarendusmeeskondade toimimise juhtimine. Visiooni elluviimiseks vajaliku protsessi toimimise tagamine.	12

Uurimustöö käigus uuritud ettevõtete vanused ja liigitus töötajate arvu järgi on esitatud tabelis Tabel 2. Anonüümsuse tagamiseks ei ole esitatud ettevõtete täpseid vanuseid, vaid vanusegrupid, kuhu ettevõtted kuuluvad. Ettevõtte suuruse määramisel lähtuti Riigikogu Kantselei majandus- ja sotsiaalinfoosakonna lühianalüüsis [37] viidatud klassifikatsioonist:

- Mikroettevõtte, 0–9 inimest
- Väikeettevõtte, 10–49 inimest
- Keskmise suurusega ettevõtte, 50–249 inimest
- Suurettevõtte, 250 ja rohkem inimest

Tabel 2. Uurimisaluste ettevõtete vanusegrupid ja liigitused.

Ettevõtte	Vanusegrupp	Liigitus
P1	15–20 aastat	Väikeettevõtte
P2	5–10 aastat	Väikeettevõtte
P3	15–20 aastat	Keskmise suurusega ettevõtte
P4	15–20 aastat	Suurettevõtte
P5	15–20 aastat	Suurettevõtte
P6	0–5 aastat	Keskmise suurusega ettevõtte
P7	5–10 aastat	Keskmise suurusega ettevõtte
P8	5–10 aastat	Keskmise suurusega ettevõtte

Ettevõtete asutamisaja andmete allikas on Inforegistri¹ andmebaas ning ettevõtte töötajate arvu küsiti intervjuu käigus intervjueeritavalt isikutelt P1–P8. Ettevõtte suurus määratleti iga ettevõtte esindaja (intervjueeritav P1–P8) poolt Eestis tegutseva juriidilise isiku järgi, s.t kui ettevõtte kuulus mõnda rahvusvahelisse ettevõtete gruppi või kontserni, siis ettevõtte emaettevõtte töötajate arvu ei arvestatud. Tabelist Tabel 2 on näha, et uuringu valimisse sattus kaks väikeettevõtet, neli keskmise suurusega ettevõtet ja kaks suurettevõtet. Üks ettevõtte asutati vähem kui viis aastat tagasi, kolm ettevõtet asutati ajavahemikul 5–10 aastat tagasi ning neli ettevõtet ajavahemikul 15–20 aastat tagasi.

¹ Inforegister – <https://www.inforegister.ee/>, Eesti ettevõtete seireteenus.

Ettevõtete tegevusvaldkonnad ja eripärad on esitatud tabelis Tabel 3. Ettevõtete anonüümsuse tagamiseks on täpsemad valdkonna ja eripärade kirjeldused välja jäetud.

Tabel 3. Ettevõtete tegevusvaldkonnad ja eripärad.

Ettevõtte	Tegevusvaldkond	Eripärad
P1	Finantstarkvara arendamine.	Tütarettevõtte rahvusvahelises ettevõttes (ca 4000 töötajat).
P2	Seiretarkvara arendamine.	Pakutav toode sai alguse teadustööst.
P3	Erinevad valdkonnad, kus end tugevalt tuntakse (finantsvaldkond, tööstuse optimeerimine).	Suur aktiivsete projektide hulk.
P4	Mänguplatvormi arendamine.	B2B ärimudel. Lõppkasutajatega kokku ei puututa.
P5	IT infrastruktuur ja „tarkvara kui teenus“ toodete pakkumine.	Pikk ajalugu, mille jooksul on ettevõtte tarkvarasüsteemidega tegelenud erinevate koolkondade inimesed.
P6	Jagamisteenuse platvormi arendamine.	Äri ja IT töötavad tihedalt koos. Intervjueeritav ei määratle ettevõtet P6 kui klassikalist IT ettevõtet.
P7	Finantstehnoloogia arendamine.	Tooteomanikud on peamiselt äriüksustest ning mõned tooteomanikud on tarkvaraarenduse meeskonnajuhid. Tarkvaraarendajaid kaasatakse palju disainis ja mujal – nn kaasav kultuur ettevõtte sees.
P8	Produktiivsustööriistade arendamine tarkvaraarendajatele.	Eesti iduettevõtte. Sarnast pakutavat toodet esialgu turul ei eksisteerinud ja hetkel puuduvad arvestatavad konkurendid.

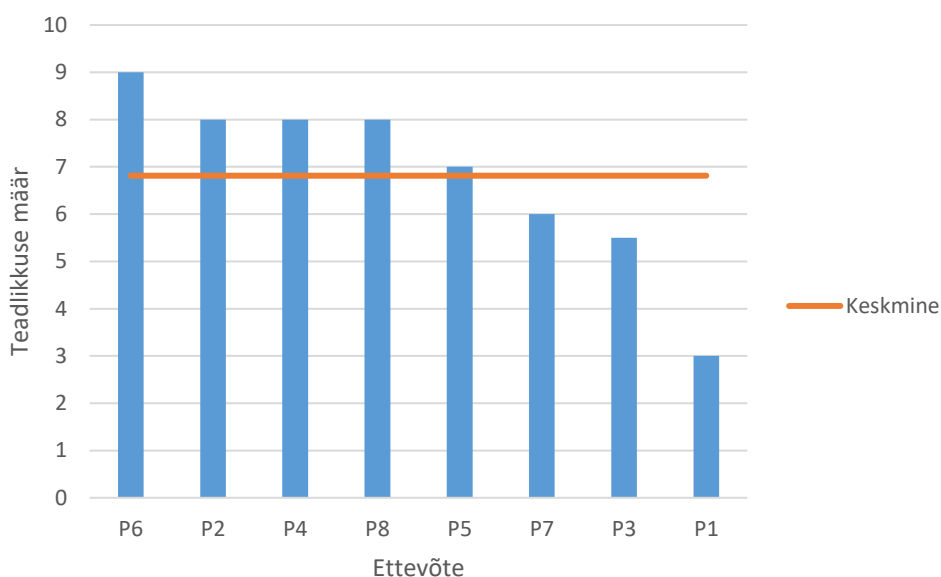
Tarkvaraarendusmetoodikad ja tarkvara testimine ettevõtetes P1–P8 on kokkuvõtvalt esitatud tabelis Tabel 4. Tarkvaraarendusmetoodikate rakendamisel uurimisalustes ettevõtetes on läbivaks tunnuseks iteratiivse tarkvaraarendusmetoodika kasutamine. Ühel juhul leidis märkimist ka kose mudeli (ingl *waterfall*) kasutamine. P2 ja P6 nentisid intervjuu käigus, et on proovitud kasutada tarkvaraarendusmetoodikat Scrum, kuid erinevatel põhjustel see neile ei sobinud. Tarkvara testimise läbivaks tunnuseks on automaattestimine (mingil moel automatiseeritud tarkvara testimine), mida esines igas uurimisaluses ettevõttes. Ühiktestimine kui üks võimalikke automaattestimise meetodeid, ei ole siiski igas uurimisaluses ettevõttes laialdaselt levinud. Ettevõttes P7 testija ametit ei eksisteerinud, selle asemel oli testimise kohustus tarkvaraarendajate kanda ning

Tabel 4. Tarkvaraarendusmetoodikad ja tarkvara testimine uurimisalustes ettevõtetes.

Ettevõtte	Tarkvaraarendusmetoodikad	Tarkvara testimine
P1	Kanban.	Käsitsi testimine, suitsutestimine, regressioontestimine. Ühiktestimist on vähe. Testija on eraldi amet.
P2	Vajadustele kohendatud agiilne iteratiivne metoodika. Prooviti Scrum põhise metoodikat, kuid see ei sobinud.	Ühiktestimine, E2E testimine, süsteemitestimine, tellijapoolne käsitsi vastuvõtutestimine.
P3	Enamasti Scrum põhine. Üksikud meeskonnad kasutavad Kanban põhise lähenemist.	Testija on eraldi amet tarkvaraarendusmeeskonnas. Üks testija kolme arendaja kohta. Automaattestimine ja käsitsi testimine. Hinnanguliselt pooled testijad ei kirjuta automaatse vaid rakendavad erinevaid käsitsi testimise metoodikaid.
P4	Scrum põhine või siis endale kohendatud iteratiivne metoodika.	Ühiktestimine (tarkvaraarendaja). Eksisteerib käsitsi testimise meeskond, kus mingil määral testimist ka automatiseeritakse. Eksisteerib eraldiseisev funktsionaalsete automaatsete meeskond. Testija on eraldi roll.
P5	Scrum, Kanban, Scrumban, Waterfall	Käsitsi testimine eraldi testijate poolt. On meeskondi, kus eraldi testijaid ei ole ning arendajad kirjutavad ise automaatse (ühiktestid). Lisaks on testijad, kes kirjutavad täiendavaid automaatse (E2E testimine).
P6	Kanban. Oli Scrum, aga see ei sobinud.	<i>Backend</i> süsteemi automaatse testimine. Mobiilirakendused testitakse peamiselt manuaalselt ja ühiktestimist on vähem. Suur osa testimisest on arendajate kohustus. On üks eraldi testija. Kõik ettevõtte töötajad on testimisse mingil moel kaasatud.
P7	Scrum põhine	Eraldi testijate organisatsiooni ei ole. Tarkvaraarendajad vastutavad testimise eest. Ühiktestimine ja funktsionaalsete testide kirjutamine on tarkvaraarendajate kohustus.
P8	Scrum ja Kanban põhine	Automaattestimine ja käsitsi testimine (E2E testimisel). Eraldi testijad, kelle kohustus on testtsenaariumite väljamõtlemine ja vajadusel testide automatiseerimine. Arendaja kirjutab teste (ühiktestid, integratsioonitestid), kui ta näeb, et see on vajalik või kui meeskond peab seda vajalikuks.

ettevõttes P6 oli palgatud üks inimene testija ametisse. Ülejäänud ettevõtetes oli testija kui eraldi amet tavapärane nähtus. Intervjuude käigus leidis kinnitust, et valimisse sattunud kaheksast ettevõttest seitsmes rakendatakse käsitsi testimist (ettevõtte P7 kohta täpsed andmed puuduvad).

Intervjueerimise ajal paluti intervjueeritavatel hinnata 10-palli järjeskaalal teadlikkuse määra tehnilisest võlast uuritavates ettevõtetes. Hinnanguline teadlikkuse määr tehnilisest võlast ettevõtetes P1–P8 on esitatud joonisel Joonis 4. Keskmine hinnanguline



Joonis 4. Hinnanguline teadlikkuse määr tehnilisest võlast.

teadlikkuse määr ettevõtete P1–P8 seas on 6,8 ja hinnangulise teadlikkuse määra standardhälve (standardhälve näitab vastuste hajuvust keskmise määra ümber ehk tüüpilist erinevust üldisest keskmisest [38]) on 1,9. Võttes arvesse miinimummäära 0 ja maksimummäära 10, siis intervjueeritavate hinnangud teadlikkuse määrast on üldisest keskmisest pigem kaugel. Ootamatult suur standardhälve on seletatav ekstreemumitega – ettevõtte P1 ja P6. Ettevõttes P1 on hinnanguline teadlikkuse määr (3) oluliselt madalam võrreldes ülejäänud ettevõtetega ja ettevõttes P6 on hinnanguline teadlikkuse määr (9) tehnilisest võlast keskmisest (6,8) märgatavalt kõrgem.

Tehnilisest võlast teadlikkuse määra hindamisel andsid intervjueeritavad ka täiendavaid kommentaare, mille kokkuvõtte on esitatud järgmises lõigus.

Intervjueeritava P1 hinnangul ei oska inimesed, kes räägivad tehnilisest võlast, tehnilise võla terminit kasutada ja projektijuhid kasutavad tehnilise võla termini asemel termineid

probleem ja mitterealiseeritud funktsionaalsus. P1 hinnangul tekib ettevõttes P1 teadlikku ja mitteteadlikku tehnilist võlga võrdselt. P2 hinnangul inimesed teavad tehnilise võla olemasolust, kuid tähtsustavad seda erinevalt. P3 tõi välja, et tarkvara arhitektuuri, koodi ja disaini puhul on teadlikkus tehnilisest võlast suurem (10-palli skaalal 7) ning tarkvara testimise, ehitusprotsesside, infrastruktuuri ja versioonihalduse puhul madalam (10-palli skaalal 4). Joonisel Joonis 4 on esitatud intervjueeritava P3 hinnangu keskmine. P3 hinnangul tekib tehniline võlg tarkvarasüsteemide arhitektuuris pigem teadlikult, tarkvara disainis nii teadlikult kui ka mitteteadlikult võrdselt ning ülejäänud puhkudel pigem mitteteadlikult. Intervjueeritav P4 nentis, et mõnikord on teadlikult tekitatud tehniline võlg osutunud väga kulukaks ning teadlik tehnilise võla vastuvõtmine on kompromiss, et jõuda töödega valmis ettenähtud tähtaegadeks. Intervjueeritava P5 hinnangul võetakse tehnilise võla teke vastu pigem teadlikult ja seda selleks, et jõuda valmis ettenähtud tähtaegadeks. Intervjueeritav P6 rõhutas, et tehnilise võla puhul on ülioluline selle vältimine ja lisas, et ettevõttes P6 võetakse tehniline võlg vastu pigem teadlikult, et kiiresti edasi areneda. P7 hinnangul on ettevõttes P7 inimesed teadlikud tehnilisest võlast, kuid mitte nii põhjalikult ja läbimõeldult. Näiteks teadvustatakse, et suur hulk tarkvara defekte ja nendega mittetegelemine on tehniline võlg, kuid dokumenteerimise tehnilist võlga pigem ei teadvustata. Intervjueeritava P7 hinnangul tekib ettevõttes P7 tehniline võlg 40% juhtudel teadlikult ja 60% juhtudel mitteteadlikult. P8 hinnangul on kõik tarkvaraarendajad ettevõttes P8 tehnilise võla kontseptsiooniga tuttavad ja igas tarkvaraarendamise iteratsioonis püütakse tehnilist võlga vähendada. Ettevõttes P8 tekib tehniline võlg intervjueeritava P8 hinnangul pigem mitteteadlikult, kuna rakendatakse printsiipi – kvaliteet pole läbiräägitav – ja teadlikke kiirrahendusi ei kasutata.

3.2 Intervjuude andmed ja analüüs

Kuna andmehulk, mis magistr töö raames koguti, on mahukas, siis kogu andmestiku esitamine praeguses alajaotuses on vormindamise mõttes ebaratsionaalne. Seega esitatakse suuremad tabelid koos algandmetega antud magistr töö lisades. Algandmete tabelid, mis on vähem mahukamad, esitatakse antud alajaotuse sees. Osade algandmetest sünteesitud andmete esitamisel kasutatakse samuti antud magistr töö lisasid, kuna nende esitamine suurte tabelitena antud alajaotuses ei ole mõistlik.

Viited algandmetele tehnilise võlaga seotud nähtuste kohta, mis aitavad jõuda antud magistritöö sissejuhatuses püstitatud eesmärgini, on:

- Lisa 3 – tehnilise võla alamtüüpide esinemine valimisse sattunud ettevõtetes
- Lisa 8 – tehnilise võla juhtimine valimisse sattunud ettevõtetes
- Tabel 5 – tehnilise võla alamtüüpide hinnangulised järjestused kvantitatiivsuse alusel
- Tabel 6 – tehnilise võla alamtüüpide hinnangulised järjestused rahalise kulu alusel
- Tabel 12 – tarkvaraliste lahenduste kasutamine tehnilise võla juhtimisel valimisse sattunud ettevõtetes

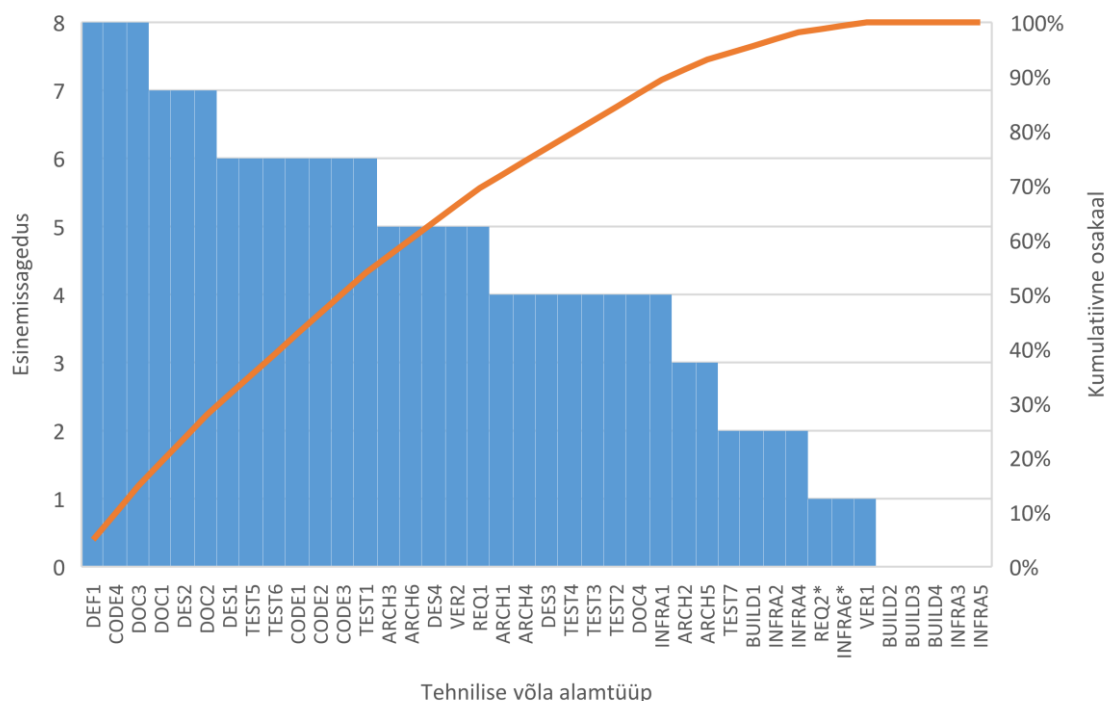
Lisades Lisa 4 ja Lisa 5 on tabelist Tabel 5 sünteesitud andmed ning lisades Lisa 6 ja Lisa 7 on tabelist Tabel 6 sünteesitud andmed.

Et vastata käesoleva töö sissejuhatuses eesmärgi püstitamisel esitatud küsimustele, rakendatakse intervjuude käigus kogutud andmete analüüsimisel tehnilise võla alamtüüpide kvantitatiivsus- ja kulupõhise koondjärjestuse leidmisel hääletus- ja turniiritabelit ($n \times n$ maatriksid). Hääletus- ja turniiritabelite rakendamine järjestuste leidmisel on eelistatud meetod subjektiivsete järjestushinnangute analüüsimisel. Professor Leo Võhandu on loonud TTÜ tudengitele õppeaine „Täppismeetodid otsuste vastuvõtmisel“ raames loengukonspekti [7], milles kirjeldatakse hääletus- ja turniiritabelite rakendamist detailsemalt. Tehnilise võla alamtüüpide ja juhtimismeetodite esinemissagedused uurimisalustes ettevõtetes esitatakse tulpdiagrammidel ning tehnilise võla alamtüüpide ja juhtimismeetodite esinemissarnasuste ilmestamiseks uurimisalustes ettevõtetes kasutatakse maatrikseid, värviskaalat ja vastavate keskväärtuste leidmist. Eksperimendi korras rakendatakse intervjuueeritavate ja ettevõtete valitud arvtunnuste vaheliste seoste leidmisel Spearmani ehk astakorrelatsioonikordaja arvutamist. Vastavate seoste ilmestamiseks kasutatakse hajuvusdiagramme. Tehnilise võla tüüpide omavahelist võrdlemist alamtüüpide esinemise osakaalu alusel teha ei saa, kuna alamtüüpide arv tüüpides on erinev.

3.2.1 Tehnilise võla esinemine

Magistritöö raames läbiviidud intervjuude käigus paluti intervjuueeritavatel hinnata alustöös [1] esitatud tehnilise võla alamtüüpide mudeli (vt alajaotus 2.2) põhjal vastavate tehnilise võla alamtüüpide esinemist uuritavates ettevõtetes (vt Lisa 3).

Tehnilise võla alamtüüpide esinemise koondsagedused valimisse sattunud ettevõtete seas on esitatud joonisel Joonis 5 järjestatud tulpdigrammina. Samuti on joonisel näha alamtüüpide esinemiste kumulatiivne osakaal (oranž joon), mis näitab alamtüüpide esinemise kumulatiivset osakaalu kogu alamtüüpide esinemistest. Jooniselt Joonis 5 on



Joonis 5. Tehnilise võla alamtüüpide esinemissagedused uurimisel valimisse. * - uuringu käigus avastatud võimalikud uued tehnilise võla alamtüübid.

näha, et kõikide valimisse sattunud ettevõtete tarkvarasüsteemides esineb defekte ja programmivigu (DEF1), keerukat koodi (CODE4) ning ebapiisavat dokumentatsiooni (DOC3). Lisaks eelpool mainitud alamtüüpidele on esinemissagedusega kuus ja enam (kumulatiivne osakaal on üle 50%) esindatud järgmised alamtüübid:

- Aegunud dokumentatsioon (DOC1)
- Keerulised klassid või meetodid (DES2)
- Lõpetamata dokumentatsioon (DOC2)
- Ebastandardised nähtused koodis (DES1)
- Jääkdefektide mitteleidmine testides (TEST5)
- Kulukad testid (TEST6)
- Madala kvaliteediga lähtekood (CODE1)
- Dubleeritud lähtekood (CODE2), koodikirjutamise reeglite rikkumine (CODE3) ja lähtekoodi madal kaetus testidega (TEST1)

Jooniselt Joonis 5 on näha, et tarkvaraarenduse infrastruktuuri ja tarkvara ehitusprotsessidega seotud tehnilise võla alamtüüpe (joonisel Joonis 5 identifikaatorid, mis algavad sõnega¹ INFRA ja BUILD) esineb pigem vähem valimisse sattunud ettevõtete seas.

Tehnilise võla alamtüübid, mida intervjueritud isikute hinnangul mitte üheski valimisse sattunud ettevõttes ei ole tajutud, olid (vt Joonis 5):

- manuaalne ehitusprotsess (BUILD2)
- ebakorrektnen automaatne tarkvara ehitamine (BUILD3)
- ehitusprotsessi tulemi nähtavuse võlg (BUILD4)
- pideva integratsiooni puudumine (INFRA3)
- kehv tarkvara avaldamise planeerimine (INFRA5)

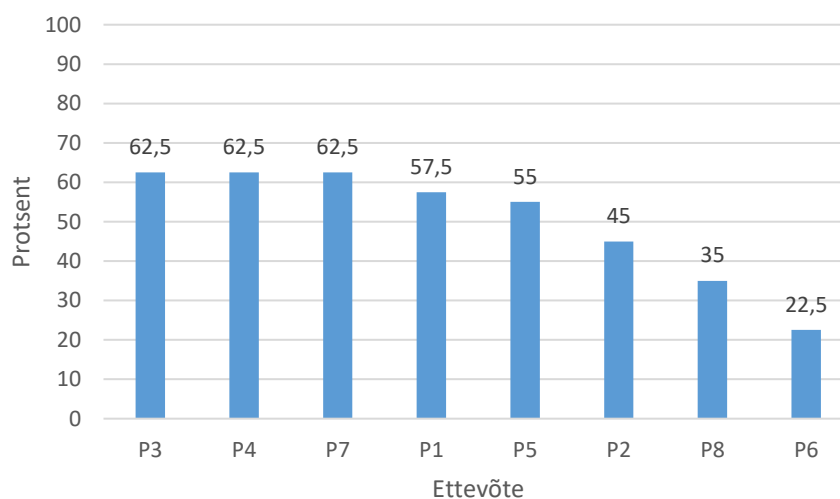
Vähene tehnilise võla alamtüüpide esinemine, mis on seotud tarkvaraarenduse infrastruktuuri ja tarkvara ehitusprotsessidega, võib selgitada alustöö [1] leidu, kus avastati, et tarkvaraarenduse infrastruktuuri ja tarkvara ehitusprotsessidega seotud tehnilist võlga on vähe uuritud. Samas ei saa siin teha kaugeleulatuvaid järeldusi, kuna uuritud valim ei ole representatiivne.

Intervjueritavate hinnangul lisandus alustööst [1] pärit tehnilise võla alamtüüpide mudelile veel kaks võimalikku tehnilise võla alamtüüpi: alaprojekteerimine (REQ2) ja arenduskeskkonna keeruline ettevalmistamine (INFRA6). Alaprojekteerimine (nõuetega seotud tehniline võlg) esines ettevõttes P1 ning intervjueritav mõistis selle all sama tarkvaralise lahenduse kasutamist mitme kliendi puhul, kusjuures mõne kliendi puhul eksisteerib alaprojekteeritust ehk lahendus ei vasta 100% kliendi poolt esitatud nõuetele. Arenduskeskkonna keeruline ettevalmistamine (tarkvaraarenduse infrastruktuuri tehniline võlg) esines ettevõttes P6 ning selle all mõisteti vähest automatiseeritust arenduskeskkonna loomisel selle keerukuse tõttu. Võimalikud uued tehnilise võla alamtüübid on märgitud lisa Lisa 3 ja joonisel Joonis 5 tärniga. Alustöö autorid ei taotlenud täiusliku mudeli esitamist, nende eesmärk oli kaardistada tehnilise võla tüübid ja alamtüübid alustöösse kaasatud uurimustööde põhjal. Kas käesoleva magistr töö käigus avastatud uued alamtüübid ka tegelikult tehnilise võla tüüpide alamtüüpide hulka

¹ Sõne – tervikuna käsitletav sümbolite jada.

sobivad, tuleks uurida eraldi uurimustöös detailse modelleerimise käigus, sest antud magistr töö eesmärk ei ole alustöös esitatud mudeli muutmine, vaid selle mudeli põhjal tehnilise võla esinemist valimisse sattunud ettevõtetes hinnata. Antud juhul on alaprojekteerimine ja arenduskeskkonna keeruline ettevalmistamine esitatud kui võimalikud uued alamtüübid alustöös esitatud tehnilise võla tüüpide ja alamtüüpide mudelis.

Protsentuaalne tehnilise võla alamtüüpide esinemise osakaal (järjestatuna kahanevalt) ettevõttes kogu alamtüüpide hulgast on esitatud joonisel Joonis 6. Kõige enam erinevaid tehnilise võla alamtüüpe esineb ettevõtetes P3, P4 ja P7 (kõigi kolme puhul 62,5%) ning kõige vähem erinevaid alamtüüpe esineb ettevõtetes P8 ja P6 (vastavalt 35% ja 22,5%).



Joonis 6. Tehnilise võla alamtüüpide esinemise osakaal uurimisaluses valimis.

Ettevõtted P3, P4, P1 ja P5 asutati ajavahemikul 15–20 aastat tagasi, P7, P2 ja P8 ajavahemikul 5–10 aastat tagasi ning P6 vähem kui viis aastat tagasi (vt Tabel 2). Seega võib öelda, et uuritavas valimis esineb nooremates ettevõtetes pigem vähem erinevaid tehnilise võla alamtüüpe kui vanemates ettevõtetes. Kuna valim pole representatiivne, siis laiemaid järeldusi siinkohal teha ei saa. Erinevate tehnilise võla alamtüüpide esinemise arvu ettevõtetes P1–P8 ja vastavate ettevõtete vanuse vahelise seose tugevuse hindamine viiakse eksperimendi korras läbi alajaotuses 3.2.6. Ettevõtete P3, P4, P7 ja P8 puhul hindas tehnilise võla esinemist tarkvaraarendusjuht, ülejäänud juhtudel tarkvaraarhitekt, inseneride juht, IT-arenduse protsessijuht ning tarkvaraarendusmeeskonna juht. Ettevõtete P1–P8 tegevusvaldkondade, tarkvaraarendusmetoodikate ja tarkvara testimise ning erinevate tehnilise võla alamtüüpide esinemise arvu vahel on seost raske hinnata.

Kas erinevat alamtüüpi tehnilise võla teke on seotud ettevõtte tegevusvaldkonna, rakendatavate tarkvaraarendusmetoodikate või tarkvara testimismetoodikatega, on üks võimalikest uurimisteedest tulevikus.

Tehnilise võla alamtüüpide esinemise järgi ettevõtetes P1–P8 saab ettevõtete paaride vahelise võrdlemise teel leida alamtüüpide esinemise sarnasuse, s.t kui ettevõtte P_i vastas konkreetse tehnilise võla alamtüübi juures samamoodi kui ettevõtte P_j , siis lisandub ettevõttele P_i sarnasuspunkt ettevõtte P_j suhtes. Sarnasusprotsendi ettevõtete P_i ja P_j vahel leiame, kui liidame kokku ettevõtte P_i sarnasuspunktid ettevõtte P_j suhtes üle kõikide alamtüüpide ja jagame saadud tulemuse erinevate alamtüüpide arvuga. Ettevõtete P_i ja P_j vahelised sarnasusprotsendid on esitatud joonisel Joonis 7.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Keskmine
P1	100,0	72,5	60,0	75,0	67,5	50,0	70,0	57,5	64,6
P2	72,5	100,0	72,5	72,5	65,0	52,5	72,5	70,0	68,2
P3	60,0	72,5	100,0	70,0	67,5	45,0	75,0	52,5	62,0
P4	75,0	72,5	70,0	100,0	77,5	40,0	75,0	47,5	65,4
P5	67,5	65,0	67,5	77,5	100,0	52,5	77,5	60,0	66,8
P6	50,0	52,5	45,0	40,0	52,5	100,0	45,0	72,5	51,1
P7	70,0	72,5	75,0	75,0	77,5	45,0	100,0	67,5	68,9
P8	57,5	70,0	52,5	47,5	60,0	72,5	67,5	100,0	61,1

Joonis 7. Tehnilise võla alamtüüpide esinemissarnasused uurimisel valimis.

Joonisel Joonis 7 esitatud andmetest arusaamiseks toome näiteks väärtuse pesast, kus ristuvad rida P1 ja veerg P2. Selles pesas oleva arvu väärtus on 72,5 ning selle tõlgendus on, et intervjueeritavate P1 ja P2 antud vastused tehnilise võla alamtüüpide esinemise kohta vastavates ettevõtetes sarnanesid 72,5% juhtudel. Joonisel Joonis 7 on sarnasuse suurus rõhutatud visuaalselt kasutades selleks värviskaalat. Mida suurem on P_i ja P_j vaheline sarnasusprotsent, seda rohelisemaks on vastava pesa taust värvitud. Mida väiksem on P_i ja P_j vaheline sarnasusprotsent, seda punasemaks on vastava pesa taust värvitud. Maatriksi peadiagonaal on värvitud halliks ja peadiagonaalil olevaid väärtusi keskmiste arvutamisel arvesse ei võeta (peadiagonaalil on P_i võrdlustulemused iseendaga). Ettevõtete P4 ja P6 tehnilise võla alamtüüpide esinemissarnasus on kõige väiksem (40%) ning ettevõtete paaride P4 ja P5 ning P5 ja P7 tehnilise võla alamtüüpide

esinemissarnasus on kõige suurem (77,5%). Ettevõtte P7 keskmine sarnasus teiste ettevõtetega (P1–P6, P8) on kõige suurem (68,9%), mida toetab ka ettevõtte P7 rohekat tooni veerg, kui jätta võrdlusest kõrvale ettevõtte P6 (pesa on punakat tooni). Ettevõtte P6 eristub ülejäänud seitsmest ettevõttest madalaima keskmise sarnasusprotsendiga (51,1%), kusjuures ettevõtte P6 ja P8 vaheline alamtüüpide esinemissarnasus on küllaltki kõrge (72,5%). Ettevõtte P6 veerg on valdavalt punakat tooni (v.a ettevõtte P8 puhul), mis viitab madalale tehnilise võla alamtüüpide esinemissarnasusele teiste ettevõtete suhtes. Leitud tehnilise võla alamtüüpide esinemissarnasuste tõlgendamiseks oleks vajalik viia läbi lisauuringuid, kuna hetkel puuduvad piisavad andmed järelduste esitamiseks. Olgu tehnilise võla alamtüüpide esinemissarnasused ettevõtete P1–P8 vahel siinkohal esitatud faktidena, kui huvitav informatsioon valimisse sattunud ettevõtetele endile.

3.2.2 Tehnilise võla mõju

Käesolevas uuringus läbiviidud intervjuude käigus paluti intervjueeritavatel hinnata tehnilise võla kogust alamtüüpide kaupa ja järjestada viis kõige rohkem esinevat tehnilise võla alamtüüpi kvantitatiivsuse alusel. Tabelis Tabel 5 on esitatud intervjueeritavate P1–P8 tehnilise võla alamtüüpide hinnangulised järjestused kvantitatiivsuse alusel. Näiteks hindas intervjueeritav P1, et madala kvaliteediga lähtekoodi (CODE1) esineb ettevõttes P1 kõige rohkem (koht 1). Kuna intervjueeritavalt küsiti hinnangut ainult viie kõige olulisema alamtüübi kohta, siis ülejäänud alamtüüpide järjestus on määramata (tabeli lahtrid on tühjad). Tehnilist võlga koguse aspektist vaadatuna (alamtüüpide lõikes) suutis järjestushinnangu anda viis intervjueeritavat (P1–P3, P7, P8. Vt Tabel 5).

Tabel 5. Tehnilise võla alamtüüpide järjestused hinnangulise kvantitatiivsuse alusel. P1–P8 – intervjueeritavate hinnangulised järjestused alamtüüpidele. * – intervjuu käigus pakutud alamtüüp. ** – kombineeritud alamtüüp.

ID	Alamtüüp/tunnus	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
DES0*	Tehniline võlg disainis (üldisemalt)*			1					
DES2	Keerulised klassid või meetodid		2					3	
DES4	Lõpetamata disaini spetsifikatsioon								3
CODE1	Madala kvaliteediga lähtekood	1						1	
CODE2	Dubleeritud lähtekood	4							4
CODE4	Keerukas lähtekood	2	3	3					5
TEST1	Lähtekoodi madal kaetus testidega		4	2					

ID	Alamtüüp/tunnus	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
TEST3	Testide puudumine							4	
TEST4	Automaatsetide puudumine	3							
TEST5	Jääkdefektide mitteleidmine testides								2
TEST6	Kulukad testid	5							1
BUILD1	Halvad sõltuvused							5	
DOC1	Aegunud dokumentatsioon							2	
DOC3	Ebapiisav dokumentatsioon			4					
DOC4	Koodikommentaari puudumine		5						
DOC5**	Aegunud, lõpetamata ja ebapiisav dokumentatsioon**		1						
INFRA0*	Infrastruktuuriga seotud tehniline võlg (üldisemalt)*			5					

Intervjueeritavatel paluti hinnata ka tehnilise võla poolt põhjustatud rahalist kulu alamtüüpide kaupa ja järjestada viis kõige enam rahalist kulu põhjustavat tehnilise võla alamtüüpi rahalise kulu suuruse alusel. Tabelis Tabel 6 on esitatud intervjueeritavate P1–P8 tehnilise võla alamtüüpide hinnangulised järjestused rahalise kulu alusel. Näiteks hindas intervjueeritav P4, et keerulised arhitektuursed käitumuslikud sõltuvused (koht 1) põhjustavad ettevõttes P4 kõige enam rahalist kulu võrreldes ülejäänud tehnilise võla alamtüüpidega. Kuna intervjueeritavalt küsiti hinnangut ainult viie kõige olulisema alamtüübi kohta rahalise kulu alusel, siis ülejäänud alamtüüpide järjestus on määramata (tabeli Tabel 6 lahtrid on tühjad). Tehnilist võlga rahalise kulu aspektist vaadatuna alamtüüpide lõikes suutsid järjestushinnangu anda kõik intervjueeritavad.

Tabel 6. Tehnilise võla alamtüüpide järjestused hinnangulise põhjustatud rahalise kulu alusel. P1–P8 – intervjueeritavate hinnangulised järjestused alamtüüpidele. * – intervjuu käigus pakutud alamtüüp. ** – kombineeritud alamtüüp.

ID	Alamtüüp/tunnus	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
REQ1	Üleprojekteerimine	4			5			3	
ARCH0*	Arhitektuurne tehniline võlg üldisemalt*		1						
ARCH3	Keerulised arhitektuursed käitumuslikud sõltuvused			3	1				

ID	Alamtüüp/tunnus	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
ARCH6	Kvaliteedi probleemid süsteemitaseme struktuuris					5			
DES0*	Tehniline võlg disainis (üldisemalt)*			2					
DES1	Ebastandardised nähtused koodis					4			
DES2	Keerulised klassid või meetodid		2					5	
DES4	Lõpetamata disaini spetsifikatsioon								2
CODE1	Madala kvaliteediga lähtekood	1							
CODE4	Keerukas lähtekood	2		4	4	1		1	3
TEST0*	Üldine madal kaetus testidega*			1					
TEST1	Lähtekoodi madal kaetus testidega		3		3				
TEST4	Automaattestide puudumine	3			2				
TEST5	Jääkdefektide mitteleidmine testides								4
TEST6	Kulukad testid	5	5			2	2	2	1
DOC1	Aegunud dokumentatsioon					3		4	
DOC4	Koodikommentaari puudumine		4						
DOC6**	Lõpetamata ja ebapiisav dokumentatsioon**			5			4		
INFRA1	Vana tehnoloogia kasutamine						5		
INFRA4	Automaatse juurutamise/paigalduse puudumine								5
INFRA6	Arenduskeskkonna keeruline ettevalmistamine*						1		
DEF1	Defektid ja programmivead						3		

Intervjuerimise käigus järjestushinnangute andmisel kombineeriti mitu alamtüüpi n-ö üheks tunnuseks intervjueritava poolt ja anti kombineeritud tunnusele järjestushinnang järjeskaalal 1–5. Sellised tunnused on tabelites Tabel 5 ja Tabel 6 märgitud kahe tärniga.

Et tuvastada tehnilise võla alamtüüpide koondjärjestused uuritavas valimis nii kvantitatiivsuse kui ka rahalise kulu alusel, saame ära kasutada intervjueritavate poolt antud hinnangulisi järjestusi (vt tabeleid Tabel 5 ja Tabel 6) tehnilise võla alamtüüpidele. Koondjärjestused pakuvad informatsiooni selle kohta, millist alamtüüpi tehnilist võlga peetakse olulisimaks rahalise kulu tekkel ja millist alamtüüpi tehnilist võlga esineb koguseliselt kõige rohkem intervjueritavate hinnangute põhjal uuritavas valimis.

Kasutades andmeid tabelitest Tabel 5 ja Tabel 6 ning rakendades tehnilise võla alamtüüpide paaride hinnanguliste järjestuste omavahelist võrdlemist, saame koostada hääletustabelid ($n \times n$ maatriks, vt lisasid Lisa 4 ja Lisa 6). Iga alamtüüpide paari T_i ja T_j (i – reaindeks, j – veeruindeks) korral leiame, mitu korda esines alamtüüp T_i paremal positsioonil kui alamtüüp T_j üle kõikide intervjueeritavate eksperthinnangute ja kanname saadud tulemuse (hääled) vastavase lahtrisse hääletustabelis. Alamtüübi võrdlemisel iseendaga on kogutud hääle tulemus null, seega on $n \times n$ maatriksi peadiagonaalil kõik väärtused nullid. Hääletustabelite (vt lisasid Lisa 4 ja Lisa 6) lihtsustamiseks teisendame need vastavateks turniiritabeliteks (vt lisasid Lisa 5 ja Lisa 7), mille saamiseks leiame vastavast hääletustabelist iga tehnilise võla alamtüüpide paari puhul, kumb alamtüüp võidab. Kui alamtüüp T_i kogus rohkem hääli kui alamtüüp T_j , siis T_i ja T_j omavahelises võrdluses võitis T_i . Võitu (suurem hääle kogus) tähistab turniiritabeli vastavas lahtris väärtus 1 ja kaotust või viiki väärtus 0. Tehnilise võla alamtüüpide kvantitatiivsuse ja rahalise kulu koondjärjestuste leidmiseks sorteerime vastavad turniiritabelid kogutud võitude alusel kahanevalt.

Tabel 7 esitab tehnilise võla alamtüüpide koondjärjestuse kvantitatiivsuse aspektist vaadatuna. Koondjärjestus on leitud üksikute järjestuste (P1–P3 ja P7–P8 järjestushinnangud) põhjal. Tabel 7 ei esita alamtüüpe, mida ei mainitud intervjuude käigus vastava järjestuste loomisel. Seega on mainimata alamtüübid kõik võrdselt 18. kohal. Tehnilise võla alamtüüpide hinnangulise kvantitatiivsuse koondjärjestuse leidmisel kasutati hääletus- ja turniiritabelit (vt lisasid Lisa 4 ja Lisa 5).

Tabel 7. Tehnilise võla alamtüüpide koondjärjestus kvantitatiivsushinnangute alusel. * – intervjuu käigus pakutud alamtüüp. ** – kombineeritud alamtüübid.

Koht	ID	Alamtüüp	Võidud
1.	CODE4	Keerukas lähtekood	16
2.	CODE1	Madala kvaliteediga lähtekood	14
3.–4.	DES2	Keerulised klassid või meetodid	10
3.–4.	TEST6	Kulukad testid	10
5.	TEST1	Lähtekoodi madal kaetus testidega	9
6.	CODE2	Dubleeritud lähtekood	8
7.–8.	DES0*	Tehniline võlg disainis (üldisemalt)*	2
7.–8.	DOC1	Aegunud dokumentatsioon	2

Koht	ID	Alamtüüp	Võidud
9.–12.	TEST3	Testide puudumine	1
9.–12.	TEST5	Jääkdefektide mitteleidmine testides	1
9.–12.	DOC3	Ebapiisav dokumentatsioon	1
9.–12.	DOC5**	Aegunud, lõpetamata ja ebapiisav dokumentatsioon**	1
13.–17.	DES4	Lõpetamata disaini spetsifikatsioon	0
13.–17.	TEST4	Automaattestide puudumine	0
13.–17.	BUILD1	Halvad sõltuvused	0
13.–17.	DOC4	Koodikommentaari puudumine	0
13.–17.	INFRA0*	Infrastruktuuriga seotud tehniline võlg (üldisemalt)*	0

Intervjueeritavate P1–P3 ja P7–P8 (P4–P6 jätsid hinnangu andmata, vt tabelit Tabel 5) koondhinnangul esineb ettevõtetes P1–P3 ja P7–P8 koguseliselt kõige rohkem tehnilist võlga alamtüübist keerukas lähtekood (CODE4) (vt tabelit Tabel 7). Keerukale koodile järgneb vastavas järjestuses madala kvaliteediga lähtekood (CODE1), keerulised klassid või meetodid (DES2), kulukad testid (TEST6), lähtekoodi madal kaetus testidega (TEST1) ning dubleeritud lähtekood (CODE2). Ülejäänud alamtüüpide olulisus kogutud võitude alusel on märgatavalt väiksem. Mis põhjustel esineb intervjueeritavate P1–P3 ja P7–P8 koondhinnangul palju keerukat ja madala kvaliteediga lähtekoodi, keerulisi klasse ja meetodeid, kulukaid teste, madalat koodi kaetust testidega ning dubleeritud lähtekoodi, jääb käesoleva töö eesmärkidest lähtudes vastamata, s.t esitatud küsimusele vastuse leidmine ei ole antud magistr töö eesmärk. Sellele küsimusele vastuse leidmine väärrib omaette uurimustööd.

Tabel 8 esitab tehnilise võla alamtüüpide koondjärjestuse rahalise kulu aspektist vaadatuna. Koondjärjestus on leitud üksikute järjestuste (P1–P8 järjestushinnangud) põhjal. Tabelis Tabel 8 ei esitata tehnilise võla alamtüüpe, mida ei mainitud intervjuude käigus vastava järjestuse loomisel ja seega on selles järjestuses mainimata alamtüübid kõik võrdselt 23. kohal. Tehnilise võla alamtüüpide hinnangulise rahalise kulu koondjärjestuse leidmisel kasutati hääletus- ja turniiritabelit (vt Lisa 6 ja Lisa 7). Tehnilise võla alamtüüpide rahalise kulu koondjärjestusest (vt Tabel 8, üksikud järjestushinnangud intervjueeritavatel P1–P8 on esitatud tabelis Tabel 6) järeldub, et põhjustatud rahalise kulu aspektist vaadatuna hindavad intervjueeritavad P1–P8 keeruka koodi (CODE4) ja kulukate testide olulisust kõige kõrgemalt.

Üleprojekteerimine (REQ1), keerulised arhitektuursed käitumuslikud sõltuvused (ARCH3), automaatsete puudumine (TEST4), aegunud dokumentatsioon (DOC1) jne olulisus rahalise kulu põhjustamisel on väiksem. Ei ole teada, mis põhjustel on tehnilise võla kontekstis uuritavas valimis keerukas lähtekood ja kulukad testid kõige olulisemad rahalise kulu põhjustajad. Sellele küsimusele tuleks leida vastus eraldi uurimustöös, kuna esitatud küsimusele vastuse leidmine ei kuulu käesoleva uurimustöö eesmärkide hulka.

Tabel 8. Tehnilise võla alamtüüpide koondjärjestus rahalise kulu alusel. * - intervjuu käigus pakutud alamtüüp. ** - kombineeritud alamtüübid.

Koht	ID	Alamtüüp	Võidud
1.	CODE4	Keerukas lähtekood	21
2.	TEST6	Kulukad testid	20
3.	REQ1	Üleprojekteerimine	16
4.–6.	ARCH3	Keerulised arhitektuursed käitumuslikud sõltuvused	14
4.–6.	TEST4	Automaatsete puudumine	14
4.–6.	DOC1	Aegunud dokumentatsioon	14
7.	DES2	Keerulised klassid või meetodid	13
8.	TEST1	Lähtekoodi madal kaetus testidega	12
9.	DOC6**	Lõpetamata ja ebapiisav dokumentatsioon**	9
10.–11.	DES4	Lõpetamata disaini spetsifikatsioon	2
10.–11.	INFRA6*	Arenduskeskkonna keeruline ettevalmistamine*	2
12.–16.	DES1	Ebastandardised nähtused koodis	1
12.–16.	TEST0*	Üldine madal kaetus testidega*	1
12.–16.	TEST5	Jääkdefektide mitteleidmine testides	1
12.–16.	ARCH0*	Arhitektuurne tehniline võlg üldisemalt*	1
12.–16.	DEF1	Defektid ja programmivead	1
17.–22.	ARCH6	Kvaliteedi probleemid süsteemitaseme struktuuris	0
17.–22.	DES0*	Tehniline võlg disainis (üldisemalt)*	0
17.–22.	CODE1	Madala kvaliteediga lähtekood	0
17.–22.	DOC4	Koodikommentaari puudumine	0
17.–22.	INFRA1	Vana tehnoloogia kasutamine	0
17.–22.	INFRA4	Automaatse juurutamise/paigalduse puudumine	0

Tabelis Tabel 9 on esitatud alamtüüpide koondjärjestused kvantitatiivsuse ja rahalise kulu aspektist vaadatuna kõrvuti. Mõlemal juhul on esimesel kohal keerukas lähtekood (CODE4). Alamtüüpide kvantitatiivsuse koondjärjestuse esimeses pooles domineerivad lähtekoodi, disaini ja testimise tehniline võlg samal ajal kui alamtüüpide hinnangulise rahalise kulu koondjärjestuse esimeses pooles on esindatud lähtekoodi, testimise, nõuete, arhitektuurne, disaini ja dokumenteerimise tehniline võlg.

Tabel 9. Tehnilise võla alamtüüpide koondjärjestuste võrdlus.

Koht	Kvantitatiivsus		Koht	Rahaline kulu	
	ID	Võidud		ID	Võidud
1.	CODE4	16	1.	CODE4	21
2.	CODE1	14	2.	TEST6	20
3.–4.	DES2	10	3.	REQ1	16
3.–4.	TEST6	10	4.–6.	ARCH3	14
5.	TEST1	9	4.–6.	TEST4	14
6.	CODE2	8	4.–6.	DOC1	14
7.–8.	DES0	2	7.	DES2	13
7.–8.	DOC1	2	8.	TEST1	12
9.–12.	TEST3	1	9.	DOC6	9
9.–12.	TEST5	1	10.–11.	DES4	2
9.–12.	DOC3	1	10.–11.	INFRA6	2
9.–12.	DOC5	1	12.–16.	DES1	1
13.–17.	DES4	0	12.–16.	TEST0	1
13.–17.	TEST4	0	12.–16.	TEST5	1
13.–17.	BUILD1	0	12.–16.	ARCH0	1
13.–17.	DOC4	0	12.–16.	DEF1	1
13.–17.	INFRA0	0	17.–22.	ARCH6	0
			17.–22.	DES0	0
			17.–22.	CODE1	0
			17.–22.	DOC4	0
			17.–22.	INFRA1	0
			17.–22.	INFRA4	0

3.2.3 Tehnilise võla juhtimistegevused ja meetodid

Tehnilise võla juhtimine on hulk tegevusi, mis aitavad tehnilist võlga vältida või olemasolevat tehnilist võlga hallata. Alustöös [1] tuvastati kaheksa tehnilise võla juhtimistegevust ja 37 erinevat meetodit, mis aitavad erinevaid juhtimistegevusi ellu viia (vt alajaotust 2.3). Intervjuude käigus paluti igal ettevõtte esindajal (intervjueeritavad P1–P8) hinnata, milliseid meetodeid juhtimistegevuste elluviimisel rakendatakse. Samuti anti intervjueeritavatele võimalus pakkuda välja meetodeid, mis olid intervjueeritavate hinnangul alustöös tuvastamata jäänud. Lisas Lisa 8 on esitatud erinevate meetodite kasutamine tehnilise võla juhtimisel uurimisalustes ettevõtetes.

Tabelis Tabel 10 on esitatud erinevate meetodite rakendamise esinemissagedus tehnilise võla juhtimisel kaheksa uuringualuse ettevõtte seas. Intervjueeritavate hinnangul rakendatakse igas ettevõttes lähtekoodianalüüsi (IDENT1), tarkvaraarendusprotsessi täiendamist/täiustamist (PREV1), refaktoreerimist (REPAY1), tehnilist võlga sisaldava koodi uuesti kirjutamist (REPAY2), automatiseerimist (REPAY3), olemasoleva tarkvarasüsteemi ümber projekteerimist (REPAY4) ja programmivigade parandamist (REPAY6). Tehnilise võla mõõtmisel on kasutusel kõige sagedamini koodimeetrikate kasutamine (MEAS2) ja kogemuse- ja ekspertiisipõhine hindamine (MEAS3). Tehnilise võla ennetamisel on sagedasteks meetoditeks lisaks tarkvaraarendusprotsessi täiendamisele/täiustamisele ka arhitektuursete otsuste tegemise toetamine (PREV2) ja inimfaktorite analüüs (PREV4). Viie intervjueeritava hinnangul rakendatakse tehnilise võla ennetamisel ka koodiülevaatus (PREV5), mis oli puudu alustöös esitatud juhtimistegevuste meetodite hulgast. On tähelepanuväärne, et pakutud tehnilise võla seiremeetodid ei ole uuringualustes ettevõtetes väga populaarsed. Tehnilise võla seirel rakendatakse viiel juhul jooniste ja diagrammide kasutamist (MON5), neljal juhul künnisepõhist lähenemist (MON1) ja ühel juhul nii tehnilise võla levimise jälgimist (MON2) kui ka kvaliteediomaduste põhiste tehnilise võla seiret (MON4). Selline küllaltki madal seiremeetodite rakendamine on antud juhul raskesti seletatav. Võimalik, et intervjuu käigus esitatud seiremeetodite sisu jäi intervjueeritavatele arusaamatuks või puudus nimekirjas oluline seiremeetod, mida intervjueeritav ise ka esile ei osanud tuua. Intervjueeritavate hinnangul ei leidnud järgnevad meetodid üldse rakendamist tehnilise võla juhtimisel: planeeritud kontrollimine tehnilise võla seirel (MON3), vigade lisamine programmikoodi tehnilise võla tasumisel (REPAY7) ning tehnilise võla levimise visualiseerimine tehnilisest võlast teada andmisel (COMM6).

Tabel 10. Meetodite rakendamine tehnilise võla juhtimistegevustel. * - intervjuueeritavate esitatud meetodid.

Esinemissagedus	Meetodi ID	Juhtimistegevus
8	IDENT1	Tehnilise võla tuvastamine
	PREV1	Tehnilise võla ennetamine
	REPAY1, REPAY2, REPAY3, REPAY4, REPAY6	Tehnilise võla tasumine
7	MEAS2, MEAS3	Tehnilise võla mõõtmine
	PREV2, PREV4	Tehnilise võla ennetamine
	COMM2, COMM5	Tehnilisest võlast teada andmine
6	IDENT5*	Tehnilise võla tuvastamine
	COMM4	Tehnilisest võlast teada andmine
5	IDENT2, IDENT4	Tehnilise võla tuvastamine
	PRIO4	Tehnilise võla prioriseerimine
	PREV5*	Tehnilise võla ennetamine
	MON5	Tehnilise võla seire
4	PRIO3	Tehnilise võla prioriseerimine
	MON1	Tehnilise võla seire
3	MEAS5	Tehnilise võla mõõtmine
	PREV3	Tehnilise võla ennetamine
	REPAY5	Tehnilise võla tasumine
	COMM1	Tehnilisest võlast teada andmine
2	IDENT3	Tehnilise võla tuvastamine
	MEAS1, MEAS4	Tehnilise võla mõõtmine
	PRIO1, PRIO2, PRIO5*	Tehnilise võla prioriseerimine
	REPRE1	Tehnilise võla esitamine ja dokumenteerimine
	COMM3	Tehnilisest võlast teada andmine
1	IDENT6*	Tehnilise võla tuvastamine
	MEAS6	Tehnilise võla mõõtmine
	PRIO6*, PRIO7*	Tehnilise võla prioriseerimine
	PREV6*, PREV7*	Tehnilise võla ennetamine
	MON2, MON4	Tehnilise võla seire
	REPAY8*	Tehnilise võla tasumine
	COMM7*, COMM8*	Tehnilisest võlast teada andmine
0	MON3	Tehnilise võla seire
	REPAY7	Tehnilise võla tasumine
	COMM6	Tehnilisest võlast teada andmine

Tehnilise võla juhtimistegevuste uurimisel esitati intervjueeritavate poolt täiendavad meetodid lisaks alustöös esitatud meetoditele. Intervjueeritavate poolt välja pakutud meetodid on esitatud tabelis Tabel 11. Tabelis Tabel 10 ja lisa Lisa 8 on täiendavad meetodid märgitud tärniga.

Tabel 11. Täiendavad meetodid tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel.

Tehnilise võla juhtimistegevus	Täiendavad rakendatavad meetodid
Tuvastamine	Koodiülevaatus (IDENT5), ekspertiisipõhine tuvastamine (IDENT6)
Prioriseerimine	Madala veaparanduskuluga tehniline võlg esmalt (PRIO5), tööd blokeeriv tehniline võlg esmalt (PRIO6), eksperthinnangu rakendamine (PRIO7)
Ennetamine	Koodiülevaatus (PREV5), probleemianalüüs (PREV6), prototüüpimine (PREV7)
Tasumine	Aegunud dokumentatsiooni likvideerimine (REPAY8)
Tehnilisest võlast teada andmine	Koosolekutel arutamine (COMM7), TODO ja FIXME kommentaaride lisamine lähtekoodi (COMM8)

Alustöös läbiviidud süstemaatilise kaardistamise tulemusena esitatud tehnilise võla juhtimistegevuste ja vastavate meetodite mudelis ei esitatud koodiülevaatus kui ühte võimalikku meetodit nii tehnilise võla tuvastamisel kui ka ennetamisel. Koodiülevaatus on selgelt eristatav ja tavapärane praktika tarkvara kvaliteedi tagamisel [39] ja seega selle rakendamine tehnilise võla tuvastamisel ja ennetamisel oleks üsna loomulik. Ekspertiisipõhine tehnilise võla tuvastamine (IDENT6), mis esitati intervjueeritava P2 poolt, sarnaneb kontrollnimekirja rakendamisele (IDENT3) ja lahenduste võrdlemisele (IDENT4), kuna eksperthinnang peab toetuma faktidele, s.t ekspert kasutab kindlaid meetodeid hinnangute andmisel ja ei lähtu selles protsessis oma „kõhutundest“. Tehnilise võla prioriseerimiseks esitati intervjueeritavate poolt kaks selget ja konkreetset meetodit: madala veaparanduskuluga tehniline võlg esmalt (PRIO5) ja tööd blokeeriv tehniline võlg esmalt (PRIO7). Ekspert hinnangu rakendamisel (PRIO7) tehnilise võla prioriseerimisel kasutab ekspert ilmselt jällegi mingeid teisi konkreetsemaid meetodeid, mis aitavad tal otsusele jõuda. Seega eksperthinnangu rakendamine pigem ei ole selgelt arusaadav meetod tehnilise võla prioriseerimiseks. Intervjueeritava P3 hinnangul puudusid pakutud tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel rakendatavate meetodite seast praktikad, mis oleks suunatud dokumentatsiooniga seotud tehnilise võla juhtimisele. Intervjueeritav P7 esitas ühe võimaliku meetodina aegunud dokumentatsiooni likvideerimise (REPAY8),

kuid jättis täpsemad detailid, kuidas täpsemalt seda praktikat rakendada, esitamata. Tarkvara arendamisel on TODO ja FIXME kommentaaride lisamine lähtekoodi (COMM8) levinud praktika informatsiooni edastamiseks. Leidub mitmeid tarkvaraarenduskeskkondi, kus on realiseeritud TODO ja FIXME kommentaaride automaatne tuvastamine. Nende koodikommentaare puhul on oluline, et neid ka jälgitakse ja vähendatakse. Kuidas käesoleva magistritöö raames leitud uued võimalikud tehnilise võla juhtimismeetodid alustöös esitatut tehnilise võla juhtimistegevuste ja neid ellu viia aitavate meetodite mudelisse sobiksid ja kas nimetatud mudel vajaks laiendamist, tuleks uurida eraldi uurimustöö kontekstis.

Sarnaselt tehnilise võla alamtüüpide esinemissarnasuse leidmisele (vt Joonis 7) kaheksa ettevõtte seas, saame leida ka protsentuaalse tehnilise võla juhtimismeetodite rakendamise sarnasuse. Joonisel Joonis 8 on esitatud nende meetodite rakendamise sarnasused ettevõtete (P1–P8) paaride vahel ning keskmine sarnasus teiste ettevõtetega iga üksiku ettevõtte puhul.

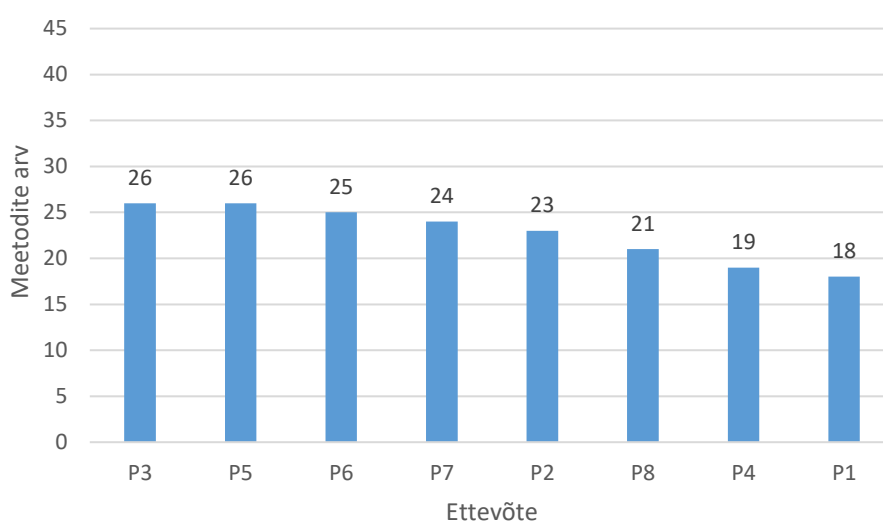
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Keskmine
P1	100,0	68,8	66,7	72,9	70,8	56,3	66,7	72,9	67,9
P2	68,8	100,0	64,6	75,0	72,9	58,3	60,4	75,0	67,9
P3	66,7	64,6	100,0	77,1	87,5	60,4	66,7	72,9	70,8
P4	72,9	75,0	77,1	100,0	77,1	66,7	68,8	75,0	73,2
P5	70,8	72,9	87,5	77,1	100,0	68,8	70,8	77,1	75,0
P6	56,3	58,3	60,4	66,7	68,8	100,0	68,8	66,7	63,7
P7	66,7	60,4	66,7	68,8	70,8	68,8	100,0	68,8	67,3
P8	72,9	75,0	72,9	75,0	77,1	66,7	68,8	100,0	72,6

Joonis 8. Meetodite rakendamise sarnasus tehnilise võla juhtimisel. P1–P8 – uurimisaluselised ettevõtted.

Joonisel Joonis 8 esitatud andmetest arusaamiseks toome näiteks väärtuse pesast, kus ristuvad rida P1 ja veerg P2. Selles pesas oleva arvu väärtus on 68,6 ning selle tõlgendus on, et intervjuueeritavate P1 ja P2 antud vastused tehnilise võla juhtimismeetodite rakendamise osas sarnanesid 68,8% juhtudel. Meetodite rakendamisel tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel eristub ettevõtte P6 teistest ettevõtetest madalama keskmise sarnasusprotsendi poolest (63,7%). Keskmiselt kõige enam (75%) sarnaneb ettevõtte P5 teiste ettevõtetega tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel. Madalaim sarnasus

(56,3%) on ettevõtete P1 ja P6 vahel ning kõrgeim sarnasus (87,5%) ettevõtete P3 ja P5 vahel. Kuidas leitud tehnilise võla juhtimismeetodite rakendamise sarnasusi ettevõtete P1–P8 vahel tõlgendada, on ebaselge. Olgu need andmed siinkohal esitatud faktidena, kui huvitav lugemismaterjal valimisse sattunud ettevõtetele endile.

Erinevate meetodite kahanevalt järjestatud rakendamise sagedus tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel on kujutatud joonisel Joonis 9. Kõige rohkem erinevaid tehnilise võla juhtimismeetodeid rakendatakse ettevõtetes P3 ja P5. Kõige vähem erinevaid juhtimismeetodeid rakendatakse ettevõttes P1.



Joonis 9. Erinevate meetodite rakendamine tehnilise võla juhtimisel.

Intervjueeritavalt küsiti isiklikku arvamust rakendatavatest meetoditest tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel.

- Intervjueeritava P1 hinnangul on tehnilise võla juhtimisel süsteemsed meetodid vajalikud, kuid küsimus on ajas, mis kulub nende rakendamisele ning et oluline on ettevõtte toetus tehnilise võla kontrolli all hoidmisel ja selle vähendamisel. P1 tõi esile, et hetkel ei saa ettevõtte juhtkond aru tehnilise võla probleemist ja ei eralda piisavalt ressursse tehnilise võla vähendamiseks. Intervjueeritav P1 sooviks rakendada kontrollnimekirja rakendamist tehnilise võla tuvastamisel, tarkvarasüsteemi tegevusmeetrikate ning kulu kategoriseerimise põhiste tehnilise võla mõõtmist, kõrgema intressiga tehnilise võla lahendamist esmalt tehnilise võla prioriseerimisel ning visualiseerimist tehnilisest võlast teada andmisel

(juhtkonnale probleemide nähtavaks tegemine). P1 püstitas küsimuse, et kas ollakse piisavalt suur ettevõtte, et kasutada mõnd tarkvaralist abivahendit tehnilise võla juhtimisel ja kas praegune praktika pole piisavalt hea.

- Intervjueeritav P2 rõhutas inimeste motiveerimise ja koolitamise vajadust (inimfaktorite analüüs).
- P3 tunnistas, et tehnilise võla seirel end tugevalt ei tunta ning et seirel keskendutakse pigem lähtekoodile ja tarkvara disainile. P3 sooviks rakendada planeeritud kontrollimist tehnilise võla seirel ja tõi veel esile analüüsiülevaatus, kui ühe võimaliku tehnilise võla ennetamise meetodi. P3 nentis, et puuduvad selged meetodid, kuidas juhtida dokumenteerimisel tekkivat tehnilist võlga.
- Intervjueeritaval P4 vastavale küsimusele midagi lisada ei olnud.
- P5 märkis, et ettevõttes P5 on märgatud meeskondi, kes saavad tehnilise võla juhtimisega paremini hakkama ning seetõttu on nende meeskondade spetsialistid määratud tehnilise võla temaatika kompetentsijuhtideks, kes koolitavad ettevõtte teisi töötajaid (inimfaktorite analüüs).
- P6 rõhutas tehnilise võla ennetamise olulisust läbi õigete tööriistade valiku, samuti läbi probleemi ja sõltuvuste analüüsi, ning et suur tähtsus on inimeste arendamisel ja koolitamisel (inimfaktorite analüüs). P6 lisas, et on ülioluline palgata iduettevõttesse (ingl *startup*) kogenud inimene, et hoida tehnilist võlga kontrolli all ja et tehnilise võla avastamisel tuleks tegeleda sellega koheselt.
- P7 nentis, et ettevõttes P7 puudub tehnilise võla juhtimisel süsteemsus ja piisav „valu“, et tehnilise võla juhtimist süstematiseerida. P7 tõi esile vajaduse tehnilist võlga süsteemsemalt ennetada, teadvustada ning visualiseerida. Intervjueeritavale P7 pakkusid huvi järgmised meetodid tehnilise võla juhtimisel: künnisepõhine lähenemine (seire), planeeritud kontrollimine (seire), erinevad visualiseerimise meetodi (teada andmine) ja tehnilise võla kirje kasutamine (esitamine/dokumenteerimine).
- P8 hinnangul võiks ettevõtte P8 investeerida ettevõttesisese tehnilise võla seire arendamisse. Intervjueeritav P8 tundis huvi portfelli meetodi ja kulude-tulude analüüsi vastu (prioriseerimine). P8 nentis veel, et hetkel ei tegeleta tehnilise võlga selle põhjustatud kulust lähtudes, vaid pigem üldisest teadlikkusest (endiste arendajatena), et tehnilist võlga tuleb vähendada ja vältida.

Võttes lühidalt kokku intervjuueeritavate arvamused rakendatavatest meetoditest tehnilise võla juhtimisel, siis võib öelda, et juhtimistegevused, kus soovitakse edasi areneda on tehnilisest võlast teada andmine, tehnilise võla tuvastamine, mõõtmine, ennetamine, prioriseerimine ja seire.

Uurimisalustes ettevõtetes P1–P8 kasutusel olevate tehnilise võla juhtimismeetodite allikad olid valdavalt ettevõttevälised (blogid, raamatud, parimad praktikad, palgatud spetsialistid). Intervjuueeritava P1 hinnangul jõuti mitme meetodini iseseisvalt ja intervjuueeritav P5 tõi esile, et ettevõttes P5 on kasutusele võetud „tehnilise võla neljapäev“, mis tähendab, et neljapäeviti on spetsialistidele antud vabad käed tegeleda tehnilise võla temaatikaga eneseharimise või tehnilise võlaga seonduvate probleemide vähendamise/likvideerimise raames.

Intervjuueeritavatel P1–P8 paluti kirjeldada, kuidas on tehnilise võla juhtimine ja tarkvaraarendusmetoodikad omavahel integreeritud ettevõtetes P1–P8.

- Intervjuueeritava P1 sõnul rakendatakse ettevõttes P1 koodiülevaatuseid, mis peavad olema läbi viidud iga iteratsiooni lõpuks. Samuti rakendatakse TODO märgete lisamist tarkvara lähtekoodi ja kontrollitakse koodikommentaaride olemasolu.
- Intervjuueeritava P2 andmetel rakendatakse ettevõttes P2 koodiülevaatus tarkvara kvaliteedi ja keerukuse aspektist, et ennetada ja tuvastada tehnilist võlga.
- Intervjuueeritava P3 sõnul on ettevõtte P3 tarkvaraarendusmeeskondades loodud iganädalaselt meeskonna liikmete vahel roteeruv roll, mille kohustus on tegeleda tehnilise võlaga selleks ettenähtud aja jooksul. Rolli kohustuste hulka kuulub ka meeskonnale tagasiside andmine. Intervjuueeritav P3 tõi esile, et mõned tarkvaraarendusmeeskonnad arutavad meeskonnakoosolekutel ühiselt, mida on vaja täiendada ja muuta, ning mis on edasised sammud, et vähendada või likvideerida tehnilist võlga.
- Intervjuueeritava P4 andmetel eksisteerib ettevõttes P4 mitteregulaarne protsess, mille käigus tehniline võlg identifitseeritakse. Pärast identifitseerimist hinnatakse tuvastatud tehnilise võla mõju ja seejärel asutakse seda tehnilist võlga n-ö miniprojektide käigus vähendama/likvideerima. Miniprojektid on osa suurematest projektidest. Intervjuueeritav P4 märkis veel, et tarkvaraarendajad käivitavad koodianalüsaatorit FindBugs enne vastava lähtekoodi üleslaadimist

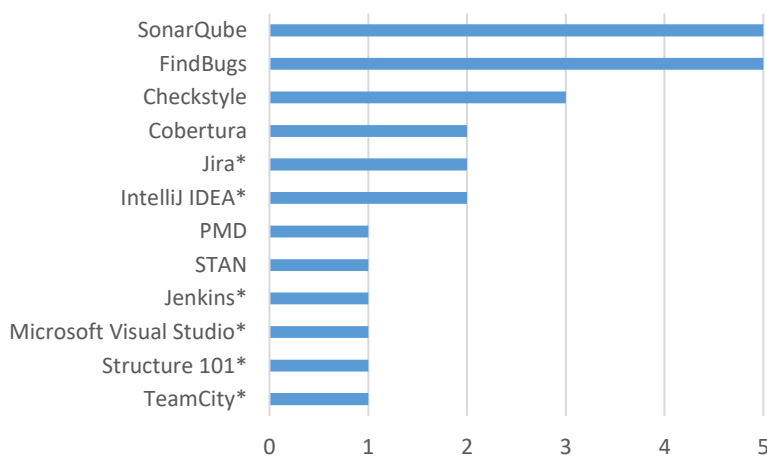
lähtekoodihoidlasse. Samuti jälgitakse abivahendi SonarQube raporteid. Kahe viimase tegevuse läbiviimine on intervjueeritava P4 hinnangul pigem vabatahtlik.

- Intervjueeritava P5 andmetel otsest tehnilise võla juhtimise ja tarkvaraarendusmetoodika omavahelist integreerimise nõuet ei eksisteeri ja tarkvaraarendusmeeskonnad otsustavad ise, kuidas tehnilise võla juhtimine nende töösse integreeritud on. P5 ütles veel, et kogenumad meeskonnad on integreerinud tarkvaralisi abivahendeid (SonarQube, Cobertura) tarkvara ehitusprotsessi ja et koodiülevaatused on tarkvaraarendusprotsessis laiemalt kasutusel.
- Intervjueeritav P6 märkis, et põhirõhk on tehnilise võla ennetamisel ja selleks otstarbeks aja eraldamisel.
- Intervjueeritava P7 sõnul on ettevõttes P7 tarkvaraarendusprotsessis kasutusel abivahend Checkstyle, mida käivitatakse iga programmivea parandamisel ning uue tarkvarasüsteemi funktsionaalsuse valmimisel. Tehnilise võla ennetamisel praktiseeritakse ettevõttes P7 vajadusel paarisprogrammeerimist ja testidel põhinevat tarkvaraarendust (ingl *test driven development*).
- Intervjueriija P8 märkis, et ettevõttes P8 võimaldatakse tarkvaraarendajatel 20% tööajast kulutada neile olulisena tunduvatele teemadele – tehnilise võla vähendamine ja tehniliste parenduste tegemine.

Tehnilise võla juhtimise kohta kogutud andmete põhjal on keeruline öelda kui võrd süstematiseeritult toimub tehnilise võla juhtimine valimisse sattunud ettevõtetes. Intervjuude läbiviimisel mainiti mitmel juhul, et tehnilise võla süsteemse juhtimise rakendamine sõltub tehnilise võla põhjustatud kulust ning samuti ka ettevõtete juhtkondade toest ressursside eraldamisel. Eespool esitatud andmetest on näha, et valimisse sattunud ettevõtetes rakendatakse erinevaid meetodeid tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel, kuid see on pigem valikuline või on süsteemne lähenemine alles tekkimas. Näiteks rakendatakse käesoleva uuringu valimisse sattunud ettevõtetes mitmeid meetodeid tehnilise võla tuvastamisel, kuid oluliselt vähem on keskendunud näiteks tehnilise võla seirele. See võib olla põhjustatud vastavate tarkvaraliste abivahendite kättesaadavusest, kuid sellele tuleks leida kinnitust mõnes järgmises uurimustöös.

3.2.4 Tehnilise võla juhtimise abivahendid

Alustöös tuvastati 29 erinevat tarkvaralist lahendust (vt Lisa 2), mis aitavad ellu viia vähemalt ühte tehnilise võla juhtimistegevust. Käesoleva uurimustöö käigus paluti intervjueeritavatel vastata, kas vastavate abivahendite rakendamist esineb ka intervjueeritava poolt esindatavas ettevõttes. Lisaks paluti intervjueeritavatel välja tuua muud tarkvaralised abivahendid, mida kasutatakse tehnilise võla juhtimisel uuritavates ettevõtetes ning mida alustöös tuvastatud abivahendite nimekirjas ei esinenud (märgitud tärniga joonisel Joonis 10). Joonisel Joonis 10 on esitatud abivahendite rakendamissagedus uurimisalustes ettevõtetes.



Joonis 10. Tarkvaraliste lahenduste rakendamissagedus tehnilise võla juhtimisel. * - intervjuude käigus tuvastatud tehnilise võla juhtimise tarkvaralised abivahendid.

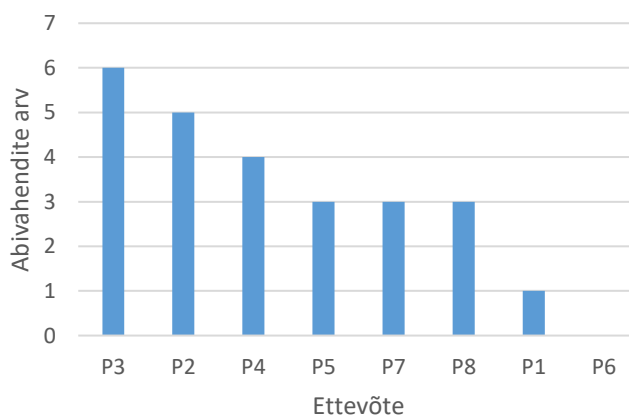
Abivahendeid SonarQube ja FindBugs mainiti intervjuude käigus tihti koos ning toodi välja asjaolu, et SonarQube käivitab sisemiselt abivahendit FindBugs. Mitmete abivahendite rakendamine sõltub kasutatavast programmeerimiskeelest, kuid antud juhul ei ole täpselt teada, millised programmeerimiskeeled igas valimisse sattunud ettevõttes kasutusel olid.

Tabelis Tabel 12 on esitatud uurimisalustes ettevõtetes tarkvaraliste lahenduste kasutamine tehnilise võla juhtimisel. Enim tähelepanu on pälvinud abivahendid (koodianalüsaatorid), mis aitavad tehnilist võlga tuvastada. Tehnilise võla ennetamise puhul mainiti intervjuude käigus ka tarkvaraarenduskeskkondi IntelliJ IDEA ja Microsoft Visual Studio, kuhu on sisse programmeeritud mitmeid reegleid, mis aitavad tehnilist võlga vältida. Tööülesannete jälgimissüsteem Jira toodi välja eelkõige tehnilisest võlast teada andmisel läbi tööülesannete või veakirjelduste märgistamise.

Tabel 12. Abivahendite kasutamine tehnilise võla juhtimisel uurimisel valimis. * - intervjuude käigus tuvastatud abivahendid.

Tarkvaraline lahendus	Ettevõtted	Tegevused tehnilise võla juhtimisel
SonarQube	P2, P3, P4, P5, P8	Tuvastamine
FindBugs	P2, P3, P4, P5, P8	Tuvastamine
CheckStyle	P3, P7, P8	Tuvastamine
Cobertura	P4, P5	Tuvastamine
PMD	P3	Tuvastamine
STAN	P3	Mõõtmine
Jira*	P2, P7	Teada andmine
IntelliJ IDEA*	P3, P4	Ennetamine
Jenkins*	P2	Teada andmine, tasumine (automatiseerimine), seire (koodi kaetus testidega)
Microsoft Visual Studio*	P1	Ennetamine
Structure 101*	P2	Teada andmine (koodisõltuvuste visualiseerimine)
TeamCity*	P7	Tasumine (automatiseerimine)

Kõige enam tarkvaralisi abivahendeid tehnilise võla juhtimisel kasutas ettevõtte P3 (kuus erinevat abivahendit, vt Joonis 11). Ettevõttes P6 ei olnud kasutusel ühtegi tarkvaralist abivahendit tehnilise võla juhtimisel.



Joonis 11. Abivahendite arv tehnilise võla juhtimisel.

3.2.5 Teadlikkus tehnilisest võlast ettevõtete juhtkondades

Intervjuude käigus küsiti intervjuueeritavatelt, mil määral on ettevõtte juhtkond teadlik tehnilisest võlast ja selle tekkepõhjustest ning kas ettevõtte juhtkond arvestab tööde planeerimisel tehnilise võlaga. Juhtkondade roll tehnilise võla juhtimisel ettevõtetes P1–P8 on kokkuvõtvalt esitatud tabelis Tabel 13.

Tabel 13. Ettevõtete juhtkondade roll tehnilise võla juhtimisel.

Ettevõtte	Teadlikkus tehnilisest võlast ja selle tekkepõhjustest	Tehnilise võlaga arvestamine tööde planeerimisel
P1	Ei.	Juhtkond ei saa tehnilisest võlast aru ja fookus on uue funktsionaalsuse arendamisel.
P2	Jah, kuid detailidesse ei süveneta.	Arvestatakse läbi probleemi teadvustamise ja ressursside eraldamise probleemiga tegelemiseks. Usaldatakse insenere tööde planeerimisel.
P3	Ei.	Ei arvestata. Tarkvaraarendusmeeskonnad annavad ajahinnangud, kus on aeg tehnilise võlaga tegelemiseks sisse planeeritud.
P4	Tekkepõhjustest pigem ei olda teadlikud.	Juhtkonna tasemel on otsustatud tarkvarasüsteemide ümber kirjutamist/projekteerimist.
P5	Pigem madal või puudub üldse.	Tehnoloogia juhtkond arvestab. Mõningal määral ka kõrgem juhtkond.
P6	Jah.	Jah.
P7	Jah.	10–15% töajast eraldatakse tehniliste parenduste tegemiseks või tehnilise võla vähendamiseks/likvideerimiseks.
P8	Ollakse teadlikud tehnilisest võlast, kuid tekkepõhjustest teadlikud ei olda. Juhtkond on profiililt tarkvaraarendajad.	Jah.

Juhtkonna teadlikkus tehnilisest võlast ja selle tekkepõhjustest oli neljal juhul kaheksast pigem madal või puudus üldse. Põhjustena toodi esile juhtkonnapoolset usaldust inseneride suhtes, juhtkonna erinevat tausta võrreldes tarkvarainseneridega ning juhtkonna fokuseeritust teistele teemadele. Ülejäänud neljal juhul teadlikkus tehnilisest võlast või tehnilise võla olemasolust ettevõtte juhtkonna tasemel eksisteeris. Põhjustena

toodi esile juhtkonna profiili (kunagised tarkvaraarendajad) või juhtkonna huvi ja tuge tehnilise võla vähendamisel ja likvideerimisel. Tööde planeerimisel arvestas juhtkond tehnilise võlaga kuuel juhul kaheksast läbi tehnilise võla probleemi teadvustamise ja ressursside eraldamise probleemide lahendamiseks. Ühel juhul oli juhtkonna fookus pigem uuel tootefunktsionaalsusel ja tehnilise võla temaatikat juhtkonna tasemel väga ei mõistatud (põhjuseks juhtkonna erinev valdkonnaspetsiifiline taust), kuigi tarkvarainsenerid olid püüdnud tehnilise võlaga seonduvat problemaatikat juhtkonnani viia. Samuti esines ühel juhul olukord, kus tehnilise võlaga seonduvaid probleeme ettevõtte juhtkonnani üldse ei viia, sest tarkvaraarendusmeeskonnad planeerivad tehnilise võlaga tegelemise teiste tööde ajahinnangute sisse. Ajahinnangud esitatakse küll projektijuhtidele, kuid projektijuhid tehnilise võlaga seonduvaid probleeme kõrgemale juhtkonnale ei esita.

3.2.6 Ettevõtete ja intervjueeritud isikute arvtunnuste korrelatsioonid

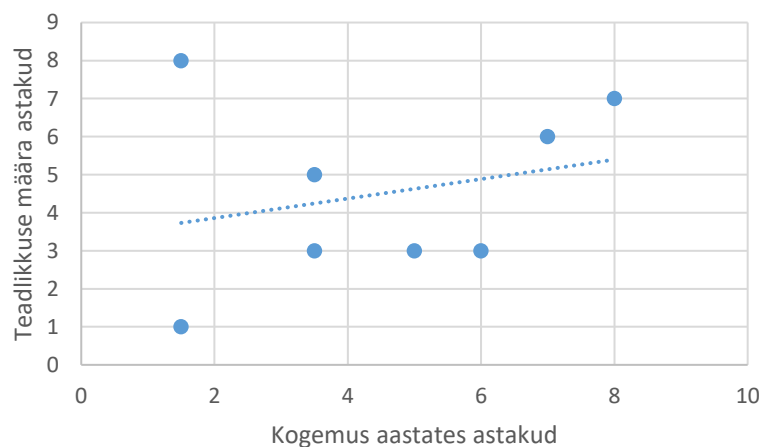
Käesolevas alajaotuses leiame ettevõtete ja intervjueeritud isikute valitud arvtunnuste korrelatsioonid teadmise, et põhjalikke ja üldiseid järeldusi leitud tulemustest teha ei saa, kuna pilootuuringu käigus kogutud andmete hulk ei ole piisav. Selle alajaotuse tulemuste esitamise eesmärk on eksperimenteerida võimalike seostega ja anda võimalus diskussiooniks nende seoste võimalikkuse üle, mis ilmutavad end uurimisaluse valimi peal. Leiud võivad samuti anda ainet edasisteks uurimustöödeks. Arvtunnused mida vaatleme on:

- Intervjueeritavate P1–P8 töökogemus mõõdetuna aastates
- Ettevõtete P1–P8 vanus
- Hinnanguline teadlikkuse määr tehnilisest võlast ettevõtetes P1–P8
- Erinevate tehnilise võla alamtüüpide esinemise arv ettevõtetes P1–P8

Ettevõtete täpsed vanused uurimustöö läbiviimise hetkel on siinkohal töö autorile teada, kuid anonüümsusnõuete tõttu ei saa neid ilmutatult esitada. Arvtunnuste vaheliste seoste leidmisel esitatakse täpsete vanuste asemel vanuse astakud.

Esmalt uurime, kas esineb seos intervjueeritavate P1–P1 töökogemuse ja vastava teadlikkuse määra hinnangu vahel ehk kas intervjueeritavad hindavad vastavalt oma kogemusele teadlikkuse määra tehnilisest võlast uuritavates ettevõtetes suuremaks või väiksemaks. Selleks rakendame hajuvusdiagrammi koostamist ja Spearmani

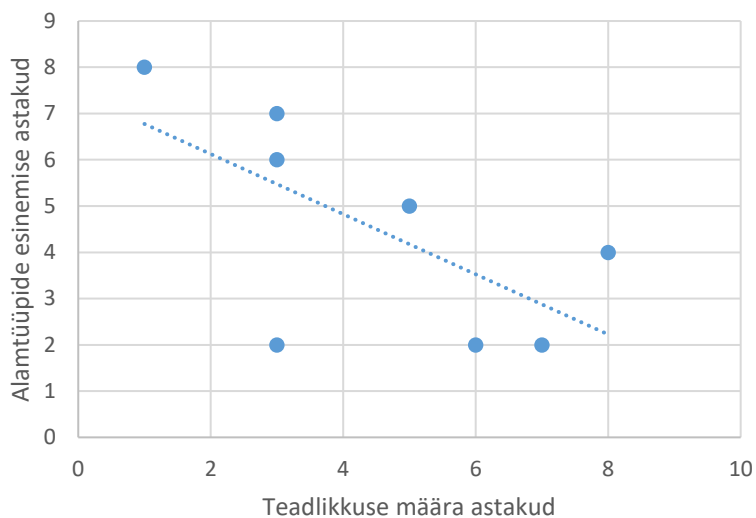
korrelatsioonikordaja ehk astakorrelatsioonikordaja (mõõdab kahe arvtunnuse vahelise monotoonse seose tugevust ja suunda [40]) leidmist intervjueeritavate töökogemuse ja tehnilisest võlast teadlikkuse määra põhjal. Joonisel Joonis 12 on leitud astakud kantud graafikule, millelt on näha, et esinevad kaks erandlikku punkti – punkt (1,5;8) ja punkt (1,5;1). Punktile (1,5;8) vastab intervjueeritava P1 hinnang (töökogemus mõõdetuna aastates – 20, hinnang teadlikkuse määrast tehnilisest võlast ettevõttes P1 – 3). Punktile (1,5;1) vastab intervjueeritava P6 hinnang (töökogemus mõõdetuna aastates – 20, hinnang teadlikkuse määrast tehnilisest võlast ettevõttes P6 – 9). Kahe arvtunnuse vaheline astakorrelatsioonikordaja väärtus on 0,259, mis viitab nõrgale positiivsele monotoonsele seosele intervjueeritava töökogemuse ja tehnilisest võlast hinnangulise teadlikkuse määra vahel. Seda võib tõlgendada järgmiselt: töökogemuse lisandudes võib mõningatel juhtudel esineda kõrgemat tehnilisest võlast teadlikkuse määra hinnangut, mis omakorda võib viidata intervjueeritavate subjektiivsetele hinnangutele ehk nad lähtuvad iseenda teadlikkuse määrast.



Joonis 12. Teadlikkuse määr tehnilisest võlast ja intervjueeritava kogemus aastates.

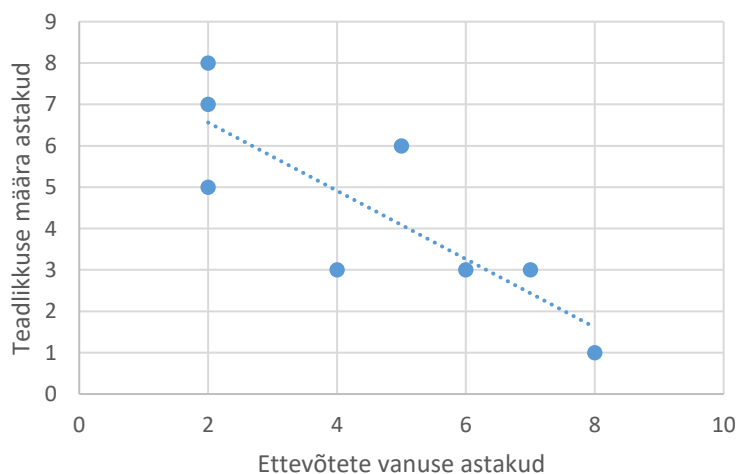
Järgnevalt uurime seost tehnilisest võlast teadlikkuse määra ja erinevate tehnilise võla alamtüüpide arvu vahelist seost. Rakendame jällegi astakorrelatsioonikordaja leidmist ning hajuvusdiagrammi koostamist (vt Joonis 13). Kahe arvtunnuse vahel esineb keskmisest tugevam negatiivne monotoonne seos (astakorrelatsioonikordaja väärtus on -0,65) ehk mida kõrgem on hinnang tehnilisest võlast teadlikkuse määra kohta, seda vähem erinevaid tüüpe tehnilist võlga eksisteerib antud valimi korral. Selle seose loogiline tõlgendus oleks, et kõrgema tehnilisest võlast teadlikkuse määra korral tekib vähem erinevaid alamtüüpe tehnilist võlga, sest kõrgem teadlikkuse määr soosib tehnilise

võla paremat kontrolli all hoidmist ja selle vähendamist või ennetamist. See tõlgendus on hüpotees, mis vajab kontrollimist eraldi uurimustöös.



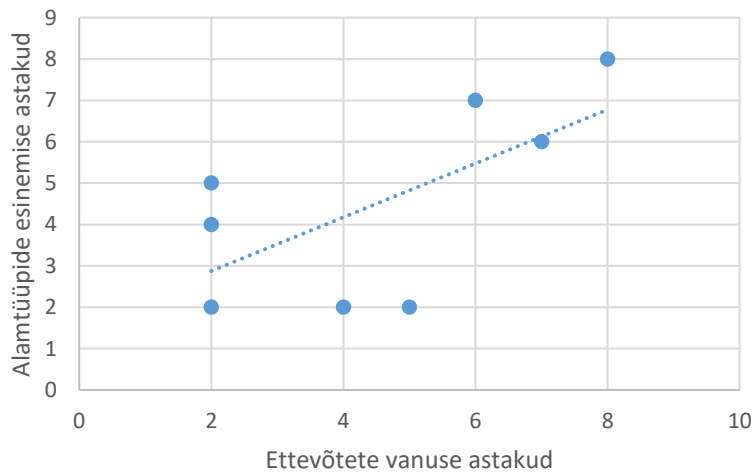
Joonis 13. Teadlikkuse määr tehnilisest võlast ja erinevate tehnilise võla alamtüüpide esinemine.

Uurime seost ettevõtete P1–P8 vanuse ja intervjueritavate P1–P8 poolt antud hinnangulise tehnilisest võlast teadlikkuse määra vahel. Koostame jällegi hajuvusdiagrammi (vt Joonis 14) ning näeme, et ettevõtte vanuse ja hinnangulise tehnilisest võlast teadlikkuse määra vahel esineb tugev negatiivne monotoonne korrelatsioon (astakkorrelatsioonikordaja väärtus on $-0,825$) ehk mida noorem on ettevõtte, seda kõrgem on tehnilisest võlast teadlikkuse määra hinnang uuritavas valimis.



Joonis 14. Ettevõtete vanus ja hinnanguline teadlikkuse määr tehnilisest võlast.

Ettevõtete P1–P8 vanuse ja erinevate tehnilise võla alamtüüpide esinemise arvu vahel esineb keskmisest tugevam positiivne monotoonne seos (astakorrelatsioonikordaja väärtus on 0,65) ehk mida vanem on ettevõtte, seda rohkem esineb erinevaid tehnilise võla alamtüüpe uuritavas valimis. Graafiliselt on kahe arvtunnuse vaheline seos kujutatud joonisel Joonis 15.



Joonis 15. Ettevõtete vanus ja tehnilise võla alamtüüpide esinemine.

3.3 Saavutatud tulemused ja uuringu järeldused

Antud magistritöö põhiülesanne oli koguda, esitada ja analüüsida andmeid tehnilise võla mõjust, tajust ning juhtimisest Eesti IKT sektori ettevõtetes. Lisaeesmärgiks oli identifitseerida võimalikud uued uurimusteed (vt alajaotus 3.5) tehnilise võla temaatikal tarkvaraarenduse kontekstis. Põhiülesande lahendamiseks esitatud küsimustele leiti uurimustöö raames kogutud andmete analüüsimise abil järgmised vastused:

1. Millist alamtüüpi tehnilist võlga esineb kvantitatiivselt kõige rohkem uuritud ettevõtete seas?

Viie intervjueeritud isiku koondhinnangul esines vastavates ettevõtetes kõige rohkem keerukat lähtekoodi. Intervjueeritavad pidasid oluliseks veel madala kvaliteediga lähtekoodi, keerulisi klasse ja meetodeid tarkvara disainis, kulukaid teste, lähtekoodi madalat kaetust testidega ning dubleeritud lähtekoodi. Kolm intervjueeritavat isikut vastavat hinnangut ei andnud, kuna neil puudus vastav taustinformatsioon.

2. *Millist alamtüüpi tehniline võlg põhjustab enim rahalist kulu uuritud ettevõtete seas?*

Kõigi intervjueritud isikute koondhinnangul põhjustasid enim rahalist kulu keerukas lähtekood ja kulukad testid. Samuti peeti olulisteks rahalise kulu põhjustajateks veel üleprojekteerimist, keerulisi arhitekturseid käitumuslikke sõltuvusi, automaatsete puudumist, aegunud dokumentatsiooni, keerulisi klasse ja meetodeid tarkvara disainis ning madalat lähtekoodi kaetust testidega.

3. *Milliseid meetodeid rakendatakse tehnilise võla juhtimisel uuritud ettevõtete seas?*

Meetodite rakendamine tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel oli uuritud ettevõtete seas erinev, kuid intervjuude läbiviimisel kasutatud tehnilise võla juhtimistegevuste ja -meetodite mudeli põhjal rakendatakse kõigis valimisse sattunud ettevõtetes järgmiseid meetodeid:

- Lähtekoodianalüüs (tehnilise võla tuvastamine)
- Tarkvaraarendusprotsessi täiendamine/täiustamine (tehnilise võla ennetamine)
- Refaktoreerimine (tehnilise võla tasumine)
- Tehnilist võlga sisaldava koodi uuesti kirjutamine (tehnilise võla tasumine)
- Automatiseerimine (tehnilise võla tasumine)
- Olemasoleva tarkvarasüsteemi ümber projekteerimine (tehnilise võla tasumine)
- Programmivigade parandamine (tehnilise võla tasumine)

Kõikide erinevate meetodite rakendamise andmed tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel uuritud ettevõtete kohta leiab lisast Lisa 8.

4. *Milliseid tarkvaralisi abivahendeid kasutatakse tehnilise võla juhtimisel uuritud ettevõtete seas?*

Kõige sagedamini kinnitati intervjueritavate poolt abivahendite SonarQube ja FindBugs rakendamist tehnilise võla tuvastamisel (kaheksast ettevõttest viies). Mitme intervjueritava hinnangul rakendati abivahendit SonarQube samuti ka tehnilise võla mõõtmisel (lähtekoodi meetrikad) ja tehnilisest võlast teada andmisel (lähtekoodi meetrikate visualiseerimine). Tehnilise võla tuvastamisel rakendati veel abivahendeid Checkstyle (kolmes ettevõttes), Cobertura (kahes ettevõttes) ja PMD (ühes ettevõttes). Tehnilise võla ennetamisel mainiti üksikutel juhtudel ka tarkvaraarenduskeskkondade Microsoft Visual Studio ja IntelliJ IDEA rakendamist. Tehnilisest võlast teada andmisel leidsid üksikutel juhtudel rakendamist tarkvaralised

lahendused Jira, Jenkins ning Structure 101. Ülejäänud tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel oli abivahendite rakendamine pigem harv nähtus või puudus üldse.

Järeldused kogutud andmetest ning läbiviidud juhtumiuuringust:

- Intervjueeritavate hinnangul rakendatakse tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel erinevaid meetodeid uuritud ettevõtetes, kuid pigem toimub see süsteemitult, s.t see toimub väljaspool tehnilise võla juhtimisprotsessi või nende meetodite teadvustamist tehnilise võla juhtimisprotsessi osana, või on tehnilise võla juhtimisprotsess alles loomisel.
- Uuritud valimi puhul esineb ettevõtete vahel märgatavaid sarnasusi tehnilise võla alamtüüpide esinemisel ning samuti ka tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel. Suurimad sarnasused juhtimistegevuste elluviimisel esinevad vanemate ettevõtete vahel.
- Uuritud valimi puhul esineb tehnilise võla erinevaid alamtüpe vähem pigem nooremates ettevõtetes.
- Antud uuringus kasutatud tehnilise võla tüüpide ja alamtüüpide mudel ei pruugi olla lõplik ja vajaks laiendamist. Sama võib öelda ka tehnilise võla juhtimistegevuste ja neid ellu viia aitavate meetodite mudeli kohta.
- Uuritud valimis kasutatakse tarkvaralisi abivahendeid eelkõige tehnilise võla tuvastamisel (koodianalüsaatorid) ning ülejäänud tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel on abivahendite rakendamine pigem harv nähtus.
- Valimisse sattunud ettevõtete juhtkondade roll tehnilise võla juhtimisel ja tehnilise võla kontseptsioonist arusaamisel on erinev. Juhtkonna roll sõltub suuresti tehnilisest võlast informeeritusest või juhtkonna profiilist (endised tarkvarainsenerid vs. mittetehnilised inimesed)

3.4 Analüüsi ja esitatud faktide paikapidavusest

Läbiviidud analüüsi eesmärk oli leida vastused küsimustele, mis on esitatud antud magistritöö sissejuhatuses põhiülesande püstituse raames. Järgnevates lõikudes arutletakse kasutatud valimi sobilikkuse üle ning kuivõrd kompetentsed võisid olla uuringus osalenud intervjueeritavad ja samuti ka intervjueeritav ise.

Magistritöös uuritud valim ei ole statistiliselt representatiivne Eesti IKT sektori ettevõtete suhtes, s.t selle valimi põhjal ei saa teha usaldusväärseid järeldusi üldkogumi kohta. Kasutatud ettevõtete valimit võiks nimetada sihipäraselt koostatud mittetöenäosuslikuks valimiks. Seetõttu on kõik esitatud järeldused ainult uuritud valimi kohta käivad. Järelduste paikapidavust üldkogumi korral tuleks uurida täiendavates uurimustöodes.

Intervjueeritavad P1–P8 ei pruukinud vallata kogu informatsiooni magistritöös käsitletud tehnilise võla temaatika kohta. Antud uurimustöö autor püüdis intervjueeritavate valikut suunata, kuid siiski puudusid autoril otsesed võimalused intervjueeritavate valikuks. Pärast intervjuude aegade kokkuleppimist, saadeti intervjueeritavatele abistav materjal, mis võimaldas neil end enne intervjuu toimumist uurimisaluse teemaga mingil määral kurssi viia. On raske mõõta, mil määral seda tehti, kuid eranditult kõik intervjueeritavad väitsid intervjuu toimumise ajal, et on tehnilise võla temaatikaga vähemal või rohkemal määral kursis.

Intervjueeritavatel võis olla erinev arusaam tehnilisest võlast ja intervjuu ajal intervjueeritavatele esitatud tehnilise võla tüübid, alamtüübid ja tehnilise võla juhtimistegevused ei pruukinud olla üheselt mõistetavad.

Intervjueeritavaid P1–P8 intervjueeris magistritöö autor, kes oli enne antud väitekirja kirjutamist esinenud tööintervjuude läbiviimisel intervjueerija rollis. Antud magistritöö tarbeks poolstruktureeritud intervjuude kavandamine, planeerimine ja läbiviimine oli autori jaoks esmakordne. Autor on IT sektoris töötanud ligikaudu 10 aastat kolmes erinevas tuntud Eesti IT ettevõttes. Magistritöö kirjutamise ja intervjuude läbiviimise hetkel oli autor ametis vaneminseneri ja meeskonna juhina oma tööandja juures. Intervjuudeks ettevalmistumisel viis autor läbi ühe prooviintervjuu käesoleva uurimustöö juhendajaga.

3.5 Võimalikud edasised uurimisteemad

Kuna antud pilootuuringu tulemuste abil ei saa teha üldisi järeldusi üldkogumi (Eesti IKT sektori tarkvaraarendusettevõtted) kohta, siis tuleks läbi viia samalaadne uurimustöö statistiliselt representatiivse valimi korral, et leida kinnitus antud magistritöö tulemuste kehtivuse kohta üldkogumi korral. Sellise uuringu planeerimine ja statistiliselt representatiivse valimi loomine võib osutuda küllaltki suureks väljakutseks, kuna

erinevad ettevõtted on uuringutes osalemises erisuguselt motiveeritud. Magistritöö raames saadeti uuringus osalemise kutse 33 ettevõttele ja positiivselt vastas kaheksa ettevõtet, s.t positiivsete vastuste osakaal oli ligikaudu 24%. See näitaja võib anda mõningast informatsiooni, kui palju on lootust ettevõtteid kaasata, kuid ainuüksi sellele näitajale ei saa päris kindlasti tugineda.

Antud uurimustöö raames kogutud andmete analüüsimisel tekkisid mitmel juhul faktide tõlgendamisel küsimused, millele vastuste leidmisel puudus vastav informatsioon või uuringud, millele faktide tõlgendamisel toetuda. Nendest küsimustest ajendatuna esitab magistritöö autor järgnevas loendis teemad, mida võiks tehnilise võla kontekstis tulevikus uurida.

- Alustöö [1] tehnilise võla tüüpide ja alamtüüpide mudeli detailne modelleerimine ja laiendamine
- Alustöö [1] tehnilise võla juhtimistegevuste ja juhtimistegevusi ellu viia aitavate meetodite mudeli detailne modelleerimine ja laiendamine
- Tehnilise võla tekke seos ettevõtte tegevusvaldkonna, rakendatavate tarkvaraarendusmetoodikate või tarkvara testimismetoodikatega
- Tehnilise võla tekke seos ettevõtte vanuse ja tehnilisest võlast teadlikkuse määraga
- Keeruka lähtekoodi olulisus Eesti IT ettevõtetes rahalise kulu aspektist vaadatuna
- Kulukate testide või testide puudumise olulisus Eesti IT ettevõtetes rahalise kulu aspektist vaadatuna
- Mustriid tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel Eesti IT ettevõtetes
- Tehnilise võla juhtimisel rakendatavate tarkvaraliste abivahendite seos programmeerimiskeeltega
- Eesti ülikoolide roll tehnilise võla kontseptsiooni edasiandmisel ja teadvustamisel

4 Kokkuvõte

Magistritöö peamine eesmärk oli koguda ja analüüsida andmeid tehnilise võla fenomenist Eesti IKT sektoris. Lisaeesmärgiks oli saavutatud tulemuste põhjal esitada edasised uurimisteedad tehnilise võla nähtusest tarkvaraarenduse kontekstis. Antud magistritöö alustamisel puudusid selged tõendid teadustöödest, mis oleksid viinud läbi uurimustöö tehnilisest võlast Eesti IT ettevõtetes, seega on käesoleva pilootuuringuga saavutatud tulemused heaks aineseks edasistes tehnilise võla nähtusega seotud diskussioonides ja uurimustöodes.

Tehnilise võla fenomeni uurimiseks Eesti IKT sektoris saadeti uuringus osalemise kutse 33 Eesti IT ettevõttele. Kokku vastas kutsele üheksa ettevõtet, neist kaheksa positiivselt ja üks negatiivselt. Andmete kogumise meetodina kasutati poolstruktureeritud intervjuusid ettevõtete esindajatega kui soovitatud lähenemine kvalitatiivsete ja empiiriliste andmete kogumiseks juhtumiuuringutes. Intervjueeritud isikud olid erinevatest ametitest: tarkvaraarhitekt, inseneride juht, tarkvaraarendusjuhid, IT-arenduse protsessijuht ning tarkvaraarendusmeeskonna juht. Eranditult kõik intervjueeritud isikud väitsid, et nad on vähemal või rohkemal määral tehnilise võla kontseptsiooniga kursis. Intervjuude kavandaja, planeerija ja läbiviija oli antud magistritöö autor ise. Magistritöö raames viidi läbi kaheksa intervjuud 2017. aasta veebruari ja märtsi jooksul.

Andmete kogumisel tehnilise võla nähtuse kohta rakendati 2015. aastal avaldatud tehnilise võla süstemaatilise kaardistamise uurimustöö tulemusi: tehnilise võla tüüpide ja alamtüüpide mudel, tehnilise võla juhtimistegevuste ja neid ellu viia aitavate meetodite mudel ning tuvastatud tarkvaralised abivahendid tehnilise võla juhtimisel. Tuginedes loetletud tulemustele kavandati intervjuuküsimused nii, et kogutavad andmed sisaldaks ka tehnilise võla nähtuse avaldumise konteksti.

Poolstruktureeritud intervjuude abil kogutud andmete analüüsi peamine eesmärki oli põhiülesandes püstitatud küsimustele vastuste leidmine ja läbi selle üldise töö eesmärgi saavutamine. Andmete analüüsimisel rakendati kodeerimist, hääletus- ja turniiritabelite arvutamist, sageduste leidmist ning tulpdigrammide koostamist. Kuna juhtumiuuringu analüüsis on oluline esitada ka tõendite ahel leidudest algandmeteni, siis analüüs sisaldab sisutihedaid andmeid, näited ning tehnilise võla nähtuse avaldumise konteksti, mis aitavad lugejal tõendite ahelat mõista.

Kogutud andmete analüüsimisel viidi eksperimendi korras läbi ka ettevõtete ja intervjueeritud isikute valitud arvtunnuste vaheliste seoste leidmine Spearmani korrelatsioonikordaja ja hajuvusdiagrammide koostamise abil. Eksperimendi eesmärk oli leida huvitavaid ja edasisi uurimisteemasid pakkuvaid seoseid.

Magistritöö eesmärkideni viia aitava põhiülesande lahendamisel jõuti tehnilise võla nähtuse kontekstis järgmiste tulemusteni:

- Viie intervjueeritud isiku koondihinnangul esines vastavates uurimisalustes ettevõtetes kõige rohkem keerukat lähtekoodi. Intervjueeritavad hindasid koguseliselt oluliseks veel madala kvaliteediga lähtekoodi, keerulisi klasse ja meetodeid tarkvara disainis, kulukaid teste, lähtekoodi madalat kaetust testidega ning dubleeritud lähtekoodi.
- Kõigi intervjueeritud isikute koondhinnangul põhjustasid enim rahalist kulu keerukas lähtekood ja kulukad testid. Samuti hinnati olulisteks rahalise kulu põhjustajateks veel üleprojekteerimist, keerulisi arhitektuurseid käitumuslikke sõltuvusi, automaattestide puudumist, aegunud dokumentatsiooni, keerulisi klasse ja meetodeid tarkvara disainis ning madalat lähtekoodi kaetust testidega.
- Uurimisalustes ettevõtetes leidub tehnilise võla juhtimisel sarnasusi ja erinevusi. Siinkohal olgu esitatud tehnilise võla juhtimistegevuste meetodite nimekiri, mida rakendati kõigis uurimisalustes ettevõtetes: lähtekoodianalüüs (tehnilise võla tuvastamine), tarkvaraarendusprotsessi täiendamine/täiustamine (tehnilise võla ennetamine), refaktoreerimine (tehnilise võla tasumine), tehnilist võlga sisaldava koodi uuesti kirjutamine (tehnilise võla tasumine), automatiseerimine (tehnilise võla tasumine), olemasoleva tarkvarasüsteemi ümber projekteerimine (tehnilise võla tasumine), programmivigade parandamine (tehnilise võla tasumine).
- Kõige sagedamini kinnitati intervjueeritavate poolt tarkvaraliste abivahendite SonarQube ja FindBugs rakendamist tehnilise võla tuvastamisel (kaheksast ettevõttest viies). Tehnilise võla tuvastamisel rakendati veel abivahendeid Checkstyle (kolmes ettevõttes), Cobertura (kahes ettevõttes) ja PMD (ühes ettevõttes). Tehnilise võla ennetamisel mainiti üksikutel juhtudel ka tarkvaraarenduskeskkondade Microsoft Visual Studio ja IntelliJ IDEA rakendamist. Tehnilisest võlast teada andmisel leidsid üksikutel juhtudel rakendamist tarkvaralised lahendused Jira, Jenkins ning Structure 101.

Tuginedes põhiülesande lahendamise käigus leitud tulemustele võib öelda, et tehnilise võla fenomen mõjutab Eesti IT ettevõtete rahalisi väljaminekuid ning samuti ka käitumist tarkvaraarenduse kontekstis. Saavutatud tulemuste näol on tegemist selgete tõenditega tehnilise võla tajust Eesti IKT sektoris.

Antud uurimustöö raames viidi läbi pilootuuring, mille tulemuste põhjal ei saa teha järeldusi üldkogumi kohta, kuna kasutatud valim ei olnud statistiliselt representatiivne. Samuti tekkisid mitmel juhul kogutud andmete analüüsimisel faktide tõlgendamisel küsimused, millele vastuste saamiseks puudusid informatsioon või uuringud, millele toetuda. Lähtudes neist hetkedest ja pilootuuringuga saavutatud tulemustest pakub autor välja järgmised uurimisteemad, mida võiks esmajärgus lahendada hakata:

- Empiiriline uuring tehnilisest võlast Eesti IKT sektoris statistiliselt representatiivse valimi korral
- Keeruka lähtekoodi olulisus Eesti IT ettevõtetes rahalise kulu aspektist vaadatuna
- Kulukate testide või testide puudumise olulisus Eesti IT ettevõtetes rahalise kulu aspektist vaadatuna
- Eesti ülikoolide roll tehnilise võla kontseptsiooni edasiandmisel ja teadvustamisel

Magistritöö autor kohtus intervjuude läbiviimisel huvitavate inimestega, kes pakkusid reaalseid andmeid probleemidest, mida neil oma igapäevatoos lahendada tuleb. Lähtudes intervjuude käigus kogutud andmetest ja oma isiklikest kogemustest, soovib käesoleva töö autor uuringus osalenud ettevõtetel rakendada süsteemsemat ja teadlikumat lähenemist tehnilise võla juhtimisel ja selle kontrolli all hoidmisel. Autori hinnangul on suurim tehnilise võla kontrolli all hoidmise eeldus sellise töökultuuri ja -keskkonna loomine, mis aitab tehnilist võlga vähendada ja juhtida läbi üldise teadlikkuse tõstmise tehnilise võla fenomenist.

Saavutatud tulemused peaksid eelkõige huvi pakkuma antud töö osapooltele: autorile, Tallinna Tehnikaülikoolile (laiemalt Eesti ülikoolidele) ning uuringus osalenud ettevõtetele. Kuna autor on ametilt vaneminsener ja meeskonnajuht ühes Eesti IT ettevõttes, siis magistritöö läbiviimise jooksul hangitud uued teadmised (nii tulemused kui ka teiste kogemused) on väärt informatsioon autorile oma igapäevatoö korraldamisel ja tarkvaraarendusprotsesside elluviimisel. Ülikoolidele on saavutatud tulemused heaks sisendiks edasiste uuringute läbiviimiseks ja võimalikeks täiendusteks õppekavades.

Uuringus osalenud ettevõtetele pakub kindlasti huvi enda võrdlemine teiste ettevõtetega, ning mis ehk isegi olulisem, kuidas muuta tarkvaraarendusprotsess tehnilise võla aspektist vaadatuna veelgi efektiivsemaks.

Kasutatud kirjandus

- [1] Li, Z., Avgeriou, P., Liang, P. A systematic mapping study on technical debt and its management. – *Journal of Systems and Software*, 2015, 101, 193–220. [Online] ScienceDirect (04.11.2016)
- [2] Runeson, P., Höst, M. Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. – *Empirical Software Engineering*, 2009, 14, 2, 131–164. [Online] SpringerLink (15.04.2017)
- [3] Seaman, C. Qualitative Methods. – *Guide to Advanced Empirical Software Engineering*, 2008, 35–62. [Online] SpringerLink (20.03.2017)
- [4] Hove, S. E., Anda, B. Experiences from Conducting Semi-Structured Interviews in Empirical Software Engineering Research. – *Proceedings of the 11th IEEE International Software Metrics Symposium*, 2005. [Online] IEEE Xplore (01.04.2017)
- [5] Singer, J., Sim, S. E., Lethbridge, T. C. Software Engineering Data Collection for Field Studies. – *Guide to Advanced Empirical Software Engineering*, 2008, 9–34. [Online] SpringerLink (20.03.2017)
- [6] Virkus, S. Intervjuu, vaatlus ja sisuanalüüs. [WWW] https://www.tlu.ee/~sirvir/Intervjuu_vaatlus_ja_sisuanals/ (02.03.2017)
- [7] Vöhandu, L. Subjektiiivsetest hinnangutest objektiivsete tulemusteni: loengukonspekt. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 1998.
- [8] Tom, E., Aurum, A., Vidgen, R. A CONSOLIDATED UNDERSTANDING OF TECHNICAL DEBT. – *ECIS 2012 Proceedings*, 2012, 16. [Online] AIS Electronic Library (27.02.2017)
- [9] Cunningham, W. The WyCash Portfolio Management System. – *OOPSLA '92 Addendum to the proceedings on Object-oriented programming systems, languages, and applications*, 1992, 29–30. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (27.02.2017)
- [10] Brown, N., Kazman, R., Guo, Y., Cai, Y., Kim, M., Kruchten, P., Lim, E., MacCormack, A., Nord, R., Ozkaya, I., Sangwan, R., Seaman, C., Sullivan K., Zazworka N. Managing Technical Debt in Software-Reliant Systems. – *Proceedings of the FSE/SDP workshop on Future of software engineering research*, 2010, 47–52. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (27.02.2017)
- [11] Allman, E. Managing technical debt. – *Communications of the ACM*, 2012, 55, 5, 50–55 [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (04.03.2017)
- [12] Fowler, M. TechnicalDebtQuadrant. [WWW] <https://martinfowler.com/bliki/TechnicalDebtQuadrant.html> (06.03.2017)
- [13] Pettey, C. Gartner Estimates Global 'IT Debt' to Be \$500 Billion This Year, with Potential to Grow to \$1 Trillion by 2015. [WWW] <http://www.gartner.com/newsroom/id/1439513> (14.04.2017)

- [14] Tom, E., Aurum A., Vidgen, R. An exploration of technical debt. – *The Journal of Systems and Software*, 2013, 86, 6, 1498–1516. [Online] ScienceDirect (27.02.2017)
- [15] Ampatzoglou, A., Ampatzoglou, A., Chatzigeorgiou A., Avgeriou, P. The financial aspect of managing technical debt: A systematic literature review. – *Information and Software Technology*, 2015, 64, 52–73. [Online] ScienceDirect (27.02.2017)
- [16] Ernst, N. A., Bellomo, S., Ozkaya, I., Robert R. L., Gorton, I. Measure it? Manage it? Ignore it? software practitioners and technical debt. – *Proceedings of the 2015 10th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering*, 2015, 50–60. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (04.11.2016)
- [17] Abad, Z. S. H., Karimpour, R., Ho, J., Didar-Al-Alam, S. M., Ruhe, G., Tse, E., Barabash, K. Hargreaves, I. Understanding the impact of technical debt in coding and testing: an exploratory case study. – *Proceedings of the 3rd International Workshop on Software Engineering Research and Industrial Practice*, 2016, 25–31. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (04.11.2016)
- [18] Codabux, Z., Williams, B. Managing technical debt: an industrial case study. – *Proceedings of the 4th International Workshop on Managing Technical Debt*, 2013, 8–15. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (11.02.2017)
- [19] Guo, Y., Seaman, C., Gomes, R., Cavalcanti, A., Tonin, G., Da Silva, F. Q. B., Santos, A. L. M., Siebra, C. Tracking technical debt — An exploratory case study. – *2011 27th IEEE International Conference on Software Maintenance (ICSM)*, 2011, 528–531. [Online] IEEE Xplore (15.04.2017)
- [20] Martini, A., Besker, T., Bosch, J. The Introduction of Technical Debt Tracking in Large Companies. – *2016 23rd Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC)*, 2016, 161–168. [Online] IEEE Xplore (15.04.2017)
- [21] Eisenberg, R. J. A threshold based approach to technical debt. – *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 2012, 37, 2, 1–6. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (14.04.2017)
- [22] Nugroho, A., Visser, J., Kuipers, T. An empirical model of technical debt and interest. – *Proceedings of the 2nd Workshop on Managing Technical Debt*, 2011, 1–8. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (14.04.2017)
- [23] Seaman, C., Guo, Y., Izurieta, C., Cai, Y., Zazworka, N., Shull, F., Vetrò, A. Using technical debt data in decision making: potential decision approaches. – *Proceedings of the Third International Workshop on Managing Technical Debt*, 2012, 45–48. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (14.04.2017)
- [24] Guo, Y., Seaman, C. A portfolio approach to technical debt management. – *Proceedings of the 2nd Workshop on Managing Technical Debt*, 2011, 31–34. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (15.04.2017)
- [25] Oliveira, F., Goldman, A., Santos, V. Managing Technical Debt in Software Projects Using Scrum: An Action Research. – *2015 Agile Conference*, 2015, 50–59. [Online] IEEE Xplore (15.04.2017)
- [26] Letouzey, J.-L. The SQALE method for evaluating Technical Debt. – *2012 Third International Workshop on Managing Technical Debt (MTD)*, 2012, 31–36. [Online] IEEE Xplore (15.04.2017)

- [27] Codabux, Z., Williams, B. J. Technical debt prioritization using predictive analytics. – *Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering Companion*, 2016, 704–706. [Online] IEEE Xplore (15.04.2017)
- [28] Ernst, N. A. On the Role of Requirements in Understanding and Managing Technical Debt. – *2012 Third International Workshop on Managing Technical Debt (MTD)*, 2012, 61–64. [Online] IEEE Xplore (15.04.2017)
- [29] Sterling, C. *MANAGING SOFTWARE DEBT: BUILDING FOR INEVITABLE CHANGE*. USA: Addison-Wesley, 2010.
- [30] Seaman, C., Nord, R. L., Kruchten, P., Ozkaya, I. Technical Debt: Beyond Definition to Understanding Report on the Sixth International Workshop on Managing Technical Debt. – *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 2015, 40, 2, 32–34. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (22.04.2017)
- [31] Falessi, D., Shaw, M. A., Shull, F., Mullen, K., Stein, M. Practical considerations, challenges, and requirements of tool-support for managing technical debt. – *2013 4th International Workshop on Managing Technical Debt (MTD)*, 2013, 16–19. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (25.04.2017)
- [32] Verhoef, C. How to implement the future? – *Proceedings of the 26th Euromicro Conference. EUROMICRO 2000. Informatics: Inventing the Future*, 2000, 1, 32–47. [Online] IEEE Xplore (25.04.2017)
- [33] Bellomo, S., Nord, R. L., Ozkaya, I. A study of enabling factors for rapid fielding combined practices to balance speed and stability. – *2013 35th International Conference on Software Engineering (ICSE)*, 2013, 982–991. [Online] IEEE Xplore (25.04.2017)
- [34] Davis, N. Driving Quality Improvement and Reducing Technical Debt with the Definition of Done. – *2013 AGILE CONFERENCE*, 2013, 164–168. [Online] IEEE Xplore (25.04.2017)
- [35] Klinger, T., Tarr, P., Wagstrom, P., Williams, C. An enterprise perspective on technical debt. – *Proceedings of the 2nd Workshop on Managing Technical Debt*, 2011, 35–38. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (25.04.2017)
- [36] Seaman, C., Guo, Y. Measuring and Monitoring Technical Debt. – *Advances in Computers*, 2011, 82, 25–46. [Online] ScienceDirect (27.02.2017)
- [37] Priks, K. Töösuhete alane eriregulatsioon väikeettevõtjatele Euroopa riikides. [WWW] https://www.riigikogu.ee/v/failide_arhiiv/tell04_47.doc (28.03.2017)
- [38] Rootalu, K. Kirjeldav statistika. [WWW] <http://samm.ut.ee/kirjeldav-statistika> (08.04.2017)
- [39] McIntosh, S., Kamei, Y., Adams, B., Hassan, A. E. The impact of code review coverage and code review participation on software quality: a case study of the qt, VTK, and ITK projects. – *Proceedings of the 11th Working Conference on Mining Software Repositories*, 2014, 192201. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (02.04.2017)
- [40] Kaart, T. Andmeanalüüs MS Excelis. [WWW] http://ph.emu.ee/~ktanel/andmeanalyys_excelis/pt63.php (28.03.2017).
- [41] Garousi, V., Felderer, M., Mäntylä, M. V. The need for multivocal literature reviews in software engineering: complementing systematic literature reviews with grey literature. – *Proceedings of the 20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 2016. [Online] ACM DIGITAL LIBRARY (27.02.2017)

[42] Kitchenham, B. Procedures for Performing Systematic Reviews. [WWW]
<http://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf> (27.02.2017)

Lisa 1 – Intervjuu küsimused

1. Millised on intervjueeritava amet/positsioon ja kohustused ettevõttes?
2. Kui suurt töökogemust omab intervjueeritav IKT sektoris aastates mõõdetuna?
3. Millal asutati esindatav ettevõtte?
4. Kui suur on ettevõtte töötajate arvu alusel (mikroettevõtte 0–9 inimest, väikeettevõtte 10–49 inimest, keskmise suurusega ettevõtte 50–249 inimest, suurettevõtte 250–... inimest)?
5. Millised on ettevõtte eripärad ja mis valdkonnas täpsemalt tegutsetakse?
6. Milliseid tarkvaraarendusmetoodikaid kasutatakse (Scrum, Kanban, XP, jne)?
7. Kuidas käib tarkvara testimine?
8. Kas intervjueeritav on kursis tehnilise võla kontseptsiooniga ja kas intervjueeritav luges sissejuhatavat abimaterjali või on eelnevalt iseseisvalt tehnilise võla temaatikat uurinud?
9. Millist tehnilise võla liiki on esinenud läbi projektide/tarkvarasüsteemide elutsükli?
10. Millist alamtüüpi tehnilist võlga esineb kõige rohkem (TOP5)?
11. Millist alamtüüpi tehniline võlg tekitab kõige rohkem ressursikulu (TOP5)?
12. Millised on TOP5 seas osakaalud?
13. Milline on hinnanguline teadlikkuse määr tehnilisest võlast uuritavas ettevõttes 10-palli skaalal (0 – puudub, ..., 10 – väga kõrge)?
14. Kas tehniline võlg tekib pigem teadlikult või mitteteadlikult?
15. Milliseid meetodeid rakendatakse tehnilise võla juhtimisel?
16. Kas ettevõtte juhtkond arvestab töö planeerimisel tehnilise võlaga?
17. Kas ettevõtte juhtkond on teadlik tehnilisest võlast ja selle tekkepõhjustest?
18. Milliseid meetodeid rakendatakse tehnilise võla vähendamiseks ja selle kontrolli all hoidmiseks?
19. Mis on intervjueeritava enda isiklik arvamus rakendatavatest meetoditest ja mida teeks intervjueeritav teisiti?
20. Milliseid abivahendeid kasutatakse tehnilise võla juhtimisel/haldamisel?
21. Kas ja kuidas on tehnilise võla juhtimine/haldamine integreeritud agiilsete tarkvaraarendus metoodikatega (Scrum, Kanban, XP jms)?

22. Millised on tehnilise võla juhtimismeetodite allikad? Kas see on globaalne parim praktika või ettevõttesiseselt välja arendatud?
23. Millised on olnud õppetunnid ja kas kogemuse põhjal on meetodeid muudetud?

Lisa 2 – Tarkvaralised lahendused tehnilise võla juhtimisel

Tabel 14. Tarkvaralised lahendused tehnilise võla juhtimisel.

	Tööriist	Tarnija	Toetatud tegevused
1	SIG Software Analysis Toolkit	SIG	Tuvastamine, mõõtmine
2	Google CodePro Analytix	Google	Mõõtmine
3	iPlasma	Politehnica University of Imisoara	Mõõtmine
4	Eclipse Metrics	State of Flow	Mõõtmine
5	Rational AppScan	IBM Rational	Tuvastamine
6	PMD	OSS	Tuvastamine
7	PHPMD	OSS	Tuvastamine
8	NDepend	SMACCHIA.COM SARL	Tuvastamine
9	NCover	NCover.com	Tuvastamine
10	FxCop	Microsoft	Tuvastamine
11	CodeXpert	Dell	Tuvastamine
12	Cobertura	OSS	Tuvastamine
13	Checkstyle	OSS	Tuvastamine
14	Software maps tool	University of Potsdam	Tuvastamine, mõõtmine, seire, teada andmine
15	RE-KOMBINE	University of British Columbia	Tuvastamine, mõõtmine
16	Code Christmas Trees	Centric Consulting	Teada andmine
17	CAST's Software's Applications Intelligence Platform	CAST	Tuvastamine
18	Technical Debt Evaluation (SQALE) plugin for SonarQube	Insparit	Tuvastamine, mõõtmine, prioriseerimine, teada andmine
19	STAN	Odysseus Software GmbH	Mõõtmine
20	Resource Standard Metrics	M Squared Technologies LLC	Tuvastamine, mõõtmine

	Tööriist	Tarnija	Toetatud tegevused
21	DebtFlag	University of Turku	Tuvastamine, seire, esitamine ja dokumenteerimine, teada andmine
22	RBML compliance checker	Montana State University	Tuvastamine
23	A tool to identify bad dependencies	University of Waterloo	Tuvastamine
24	Sonar TD plugin	SonarSource SA	Tuvastamine, mõõtmise, prioriseerimine, seire, tasumine, teada andmine
25	SonarQube	SonarSource SA	Tuvastamine
26	SonarQube COBOL plugin	SonarSource SA	Tuvastamine
27	CLIO	Drexel University	Tuvastamine
28	CodeVizard	University of Maryland	Tuvastamine
29	FindBugs	University of Maryland	Tuvastamine

Lisa 3 – Tehnilise võla alamtüüpide esinemine

Tabel 15. Tehnilise võla alamtüüpide esinemine uurimisel valimis. P1–P8 – uuritud ettevõtted.
* – intervjueritavate pakutud alamtüübid.

ID	Alamtüüp	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
REQ1	Üleprojekteerimine	X		X	X	X		X	
REQ2*	Alaprojekteerimine*	X							
ARCH1	Ebastandardised nähtused arhitektuuris	X			X	X		X	
ARCH2	Arhitektuursed antimustrid			X		X		X	
ARCH3	Keerulised arhitektuursed käitumuslikud sõltuvused		X	X	X	X		X	
ARCH4	Heade arhitektuursete praktikate rikkumine			X		X		X	X
ARCH5	Nõuetele vastavuse probleemid arhitektuuris			X	X	X			
ARCH6	Kvaliteedi probleemid süsteemitaseme struktuuris	X		X	X	X		X	
DES1	Ebastandardised nähtused koodis	X	X	X	X	X		X	
DES2	Keerulised klassid või meetodid	X	X	X	X	X		X	X
DES3	Disainimustritega mitteseotud lähtekoodi kirjutamine/kuhjamine klassidesse, mis järgivad mingit disainimustrit	X		X	X			X	
DES4	Lõpetamata disaini spetsifikatsioon		X	X	X			X	X
CODE1	Madala kvaliteediga lähtekood	X	X	X	X	X		X	
CODE2	Dubleeritud lähtekood	X	X		X	X		X	X
CODE3	Koodikirjutamise reeglite rikkumine	X	X	X	X	X		X	
CODE4	Keerukas lähtekood	X	X	X	X	X	X	X	X
TEST1	Lähtekoodi madal kaetus testidega	X	X	X	X	X		X	
TEST2	Edasilükatud testimine	X	X	X	X				
TEST3	Testide puudumine	X	X					X	X
TEST4	Automaattestide puudumine	X			X	X	X		
TEST5	Jääkdefektide mitteleidmine testides		X	X	X	X		X	X
TEST6	Kulukad testid	X			X	X	X	X	X
TEST7	Hindamisvead testimisplaanides				X	X			

ID	Alamtüüp	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
BUILD1	Halvad sõltuvused				X			X	
BUILD2	Manuaalne ehitusprotsess								
BUILD3	Ebakorrektne automaatne tarkvara ehitamine								
BUILD4	Ehitusprotsessi tulemi nähtavuse võlg								
DOC1	Aegunud dokumentatsioon	X	X	X	X	X		X	X
DOC2	Lõpetamata dokumentatsioon	X	X	X		X	X	X	X
DOC3	Ebapiisav dokumentatsioon	X	X	X	X	X	X	X	X
DOC4	Koodikommentaaride puudumine	X	X	X	X				
INFRA1	Vana tehnoloogia kasutamine			X			X	X	X
INFRA2	Vanade tugitööriistade kasutamine			X			X		
INFRA3	Pideva integratsiooni puudumine								
INFRA4	Automaatse juurutamise/paigalduse puudumine	X							X
INFRA5	Kehv tarkvara avaldamise planeerimine								
INFRA6*	Arenduskeskkonna keeruline ettevalmistamine*						X		
VER1	Ebavajalik hargnemine			X					
VER2	Mitme versiooni toetamine	X	X	X	X			X	
DEF1	Defektid ja programmivead	X	X	X	X	X	X	X	X

Lisa 4 – Tehnilise võla kvantitatiivsuse hääletustabel

Tabel 16. Tehnilise võla kvantitatiivsuse koondjärjestuse hääletustabel. * – intervjueeritud isikute pakutud alamtüüp. ** – kombineeritud alamtüüp.

	DES0*	DES2	DES4	CODE1	CODE2	CODE4	TEST1	TEST3	TEST4	TEST5	TEST6	BUILD1	DOC1	DOC3	DOC4	DOC5**	INFRA0*
DES0*	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DES2	2	0	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2
DES4	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
CODE1	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CODE2	2	2	1	1	0	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2
CODE4	3	3	3	3	3	0	3	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4
TEST1	1	1	2	2	2	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2
TEST3	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
TEST4	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
TEST5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
TEST6	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	0	2	2	2	2	2	2
BUILD1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
DOC1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
DOC3	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
DOC4	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
DOC5**	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
INFRA0*	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0

Lisa 5 – Tehnilise võla kvantitatiivsuse turniiritabel

Tabel 17. Tehnilise võla kvantitatiivsuse koondjärjestuse turniiritabel. * – intervjueeritud isikute pakutud alamtüüp. ** – kombineeritud alamtüüp.

	CODE4	CODE1	DES2	TEST6	TEST1	CODE2	DES0*	DOC1	TEST3	TEST5	DOC3	DOC5**	DES4	TEST4	BUILD1	DOC4	INFRA0*	Võidud
CODE4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
CODE1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
DES2	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10
TEST6	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	10
TEST1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
CODE2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	8
DES0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
DOC1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
TEST3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
TEST5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
DOC3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DOC5**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
DES4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TEST4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUILD1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DOC4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INFRA0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lisa 6 – Tehnilise võla rahalise kulu hääletustabel

Tabel 18. Tehnilise võla rahalise kulu koondjärjestuse hääletustabel. * – intervjueeritud isikute pakutud alamtüüp. ** – kombineeritud alamtüüp.

	REQ1	ARCH3	ARCH6	DES0*	DES1	DES2	DES4	CODE1	CODE4	TEST0*	TEST1	TEST4	TEST5	TEST6	ARCH0*	DOC1	DOC4	DOC6**	INFRA1	INFRA4	INFRA6	DEF1
REQ1	0	2	3	3	3	3	3	2	0	3	2	1	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
ARCH3	2	0	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ARCH6	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
DES0*	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DES1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
DES2	1	2	2	2	2	0	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2
DES4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
CODE1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CODE4	6	4	6	5	6	6	5	5	0	5	5	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6
TEST0*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TEST1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	0	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
TEST4	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TEST5	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
TEST6	5	6	6	6	6	5	6	5	3	6	5	5	6	0	5	6	5	6	6	6	5	6
ARCH0*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
DOC1	1	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	0	2	0	2	2	2	2	2	2
DOC4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
DOC6**	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	0	2	2	1	1
INFRA1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
INFRA4	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
INFRA6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
DEF1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0

Lisa 7 – Tehnilise võla rahalise kulu turniiritabel

Tabel 19. Tehnilise võla rahalise kulu koondjärjestuse turniiritabel. * – intervjueeritud isikute pakutud alamtüüp. ** – kombineeritud alamtüüp.

	CODE4	TEST6	REQ1	ARCH3	TEST4	DOC1	DES2	TEST1	DOC6**	DES4	INFRA6	DES1	TEST0*	TEST5	ARCH0*	DEF1	ARCH6	DES0*	CODE1	DOC4	INFRA1	INFRA4	Võidud
CODE4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21
TEST6	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
REQ1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
ARCH3	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	14
TEST4	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	14
DOC1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
DES2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	13
TEST1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	12
DOC6**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	9
DES4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2
INFRA6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
DES1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
TEST0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
TEST5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ARCH0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
DEF1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
ARCH6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DES0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CODE1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DOC4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INFRA1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INFRA4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lisa 8 – Tehnilise võla juhtimistegevused

Tabel 20. Meetodid tehnilise võla juhtimistegevuste elluviimisel uurimisel valimis. P1–P8 – uuritud ettevõtted. * – intervjueritud isikute pakutud meetodid.

ID	Meetod	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
IDENT1	Lähtekoodianalüüs	X	X	X	X	X	X	X	X
IDENT2	Sõltuvuste analüüs		X		X	X	X		X
IDENT3	Kontrollnimekirja rakendamine			X		X			
IDENT4	Lahenduste võrdlemine	X		X		X		X	X
IDENT5*	Koodiülevaatus*	X	X	X	X	X		X	
IDENT6*	Ekspertiisipõhine tuvastamine*		X						
MEAS1	Arvutuslik mudel			X	X				
MEAS2	Lähtekoodi meetrikate kasutamine	X	X	X	X	X		X	X
MEAS3	Kogemuse- ja ekspertiisipõhine hindamine	X	X		X	X	X	X	X
MEAS4	Kulu kategoriseerimine						X	X	
MEAS5	Tarkvarasüsteemi tegevusmeetrikate kasutamine						X	X	X
MEAS6	Lahenduste võrdlemine						X		
PRIO1	Kulude-tulude analüüs						X	X	
PRIO2	Kõrge veaparanduskuluga tehniline võlg esmalt			X	X				
PRIO3	Portfellimeetod	X		X		X	X		
PRIO4	Kõrgema intressiga tehniline võlg esmalt			X	X	X	X	X	
PRIO5*	Madala veaparanduskuluga tehniline võlg esmalt*		X					X	
PRIO6*	Tööd blokeeriv tehniline võlg esmalt*		X						
PRIO7*	Ekspert hinnangu rakendamine*								X
PREV1	Tarkvaraarendusprotsessi täiendamine/täiustamine	X	X	X	X	X	X	X	X
PREV2	Arhitektuursete otsuste tegemise toetamine		X	X	X	X	X	X	X
PREV3	Tarkvarasüsteemi elutsükli kulude planeerimine			X		X		X	
PREV4	Inimfaktorite analüüs		X	X	X	X	X	X	X

ID	Meetod	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
PREV5*	Koodiülevaatus*		X	X		X	X		X
PREV6*	Probleemianalüüs*						X		
PREV7*	Prototüüpimine*							X	
MON1	Künnisepõhine lähenemine			X		X	X	X	
MON2	Tehnilise võla levimise jälgimine						X		
MON3	Planeeritud kontrollimine								
MON4	Kvaliteediomaduste põhine tehnilise võla seire						X		
MON5	Jooniste ja diagrammide kasutamine		X	X	X	X	X		
REPAY1	Refaktoreerimine	X	X	X	X	X	X	X	X
REPAY2	Tehnilist võlga sisaldava koodi uuesti kirjutamine	X	X	X	X	X	X	X	X
REPAY3	Automatiseerimine	X	X	X	X	X	X	X	X
REPAY4	Olemasoleva tarkvarasüsteemi ümber projekteerimine või paremaks muutmine	X	X	X	X	X	X	X	X
REPAY5	Uuesti pakendamine		X	X					X
REPAY6	Programmi vigade parandamine	X	X	X	X	X	X	X	X
REPAY7	Vigade lisamine programmi koodi								
REPAY8*	Aegunud dokumentatsiooni likvideerimine*							X	
REPRE1	Tehnilise võla kirje kasutamine	X	X						
COMM1	Tehnilise võla kirjete, tüüpide ja koguse nähtavaks tegemine huvipooltele			X		X			X
COMM2	Tehnilise võla lisamine projekti tegemata tööde nimekirja	X	X	X		X	X	X	X
COMM3	Tarkvaraelementide vaheliste sõltuvuste visualiseerimine		X			X			
COMM4	Lähtekoodi meetrikate visualiseerimine	X	X	X	X	X			X
COMM5	Tehnilise võla nimekirja koostamine ja huvipooltele nähtavaks tegemine	X		X	X	X	X	X	X
COMM6	Tehnilise võla levimise visualiseerimine								

ID	Meetod	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
COMM7*	Koosolekutel arutamine*	X							
COMM8*	TODO ja FIXME kommentaaride lisamine koodi*	X							