|  |  |
| --- | --- |
| tallinna tehnikaülikool | |
| Infotehnoloogia teaduskond | |
|  | |
|  | |
| Anton Buketov 232203IABM | |
| Haridusasutuste protsesside automatiseerimissüsteemi väljatöötamine | |
| Magistritöö | |
| Juhendaja: | Oleg Shvets |
|  | Magistrikraad |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

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: Anton Buketov  
01.06.2025

Annotatsioon

Käesolev magistritöö käsitleb haridusasutuste protsesside automatiseerimist, keskendudes kaasaegsete tehnoloogiliste lahenduste rollile hariduse kvaliteedi, efektiivsuse ja turvalisuse tõstmises. Töö eesmärk on välja töötada minimaalne elujõuline toode (MVP), mis pakub haridusasutustele kasutajasõbralikku veebipõhist lahendust kohaloleku jälgimiseks, andmete haldamiseks ja statistikat genereerimiseks.

Teoreetiline raamistik toetub kolmele rahvusvahelisele standardile: ISO 21001, ISO/IEC 27001 ning ISO 30401. Need standardid aitavad tagada protsesside kvaliteedi, turvalisuse ja teadmiste sihipärase rakendamise haridussektoris.

Empiirilise osa aluseks on haridusasutuste töötajate seas läbi viidud küsitlus, mille tulemused näitavad suurt valmisolekut elektrooniliste süsteemide kasutamiseks, kuid samas ka vajadust parema integreerituse, kasutuslihtsuse ja automatiseeritud aruandluse järele. Saadud andmeid kasutatakse MVP funktsionaalsete ja mittefunktsionaalsete nõuete määratlemiseks.

Töö praktiline panus on veebirakenduse prototüübi loomine, mille arenduses kasutatakse kaasaegseid tehnoloogiaid nagu AJAX ja REST API. Rakendus võimaldab hallata õppetunde ja kohalolekut, sh registreerida õpilaste kohalolekut QR-koodide abil, mis kiirendab protsessi ja vähendab käsitsi sisestamise vajadust. Süsteem toetab andmete turvalist käsitlemist ning on kavandatud vastavalt rahvusvahelistele standarditele.

Töö lõpus tehakse järeldused automatiseerimise mõjust töövoogude optimeerimisele haridusasutustes ning tuuakse välja edasised arendusvõimalused, sealhulgas integreerimine tunniplaanide ja riiklike infosüsteemidega ning tehisintellektil põhinevad funktsioonid.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti

77 leheküljel, 6 peatükki, 21 joonist, 4 tabelit.

**Abstract**

This master’s thesis explores the automation of processes in educational institutions, focusing on the role of modern technological solutions in improving the quality, efficiency, and security of education. The objective of the work is to develop a Minimum Viable Product (MVP) that offers a user-friendly, web-based solution for tracking attendance, managing data, and generating statistics.

The theoretical framework is based on three international standards: ISO 21001, ISO/IEC 27001, and ISO 30401. These standards support process quality, information security, and the structured implementation of knowledge management in the educational sector.

The empirical part is grounded in a survey conducted among educational staff, the results of which reveal a high willingness to use digital systems, while also highlighting the need for better integration, ease of use, and automated reporting. The collected data was used to define the functional and non-functional requirements of the MVP.

The practical contribution of this work is the development of a web application prototype, utilizing modern technologies such as AJAX and REST API. The application enables the management of lessons and attendance, including the use of QR codes for student check-ins, which accelerates the process and reduces manual data entry. The system is designed with international standards in mind and supports secure data handling.

The thesis concludes with an analysis of the impact of automation on workflow optimization in educational institutions and outlines future development opportunities, including integration with timetabling systems, national information systems, and AI-driven features.

The thesis is written in Estonian and contains 77 pages of text, 6 chapters, 21 figures, and 4 tables.

Lühendite ja tähiste loetelu

|  |  |
| --- | --- |
| ISO | International Organization for Standardization |
| ISO 21001 | Educational organizations management systems |
| ISO/IEC 27001 | Information Security Management System |
| ISO 30401 | Knowledge Management Systems Standard |
| MVP | Minimum Viable Product |
| GDPR | |  | | --- | | General Data Protection Regulation | |
| LMS | Learning Management System |
| API | Application Programming Interface |
| SQL | Structured Query Language |
| UI | User Interface |
| UX | User Experience |
| ANN | Artificial Neural Network |
| DT | Decision Tree |
| AI | Artificial Intelligence |
| PDCA | Plan Do Check Act |
| KMS | Knowledge Management Systems |
| SPA | Single Page Application |
| 2FA | Two-Factor Authentication, |
| ISMS | Information Security Management System |
| ML | Machine Learning |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

# SISUKORD

[Sissejuhatus 11](#_Toc197374769)

[1. HARIDUSASUTUSTE PROTSESSIDE AUTOMATISEERIMISE TAUST 13](#_Toc197374770)

[1.1 Automatiseerimine hariduses: eesmärgid ja mõju 13](#_Toc197374771)

[1.2 Automatiseerimise olemus ja olulisus haridusasutustes 14](#_Toc197374772)

[1.2.1 Protsesside automatiseerimine 15](#_Toc197374773)

[1.2.2 Administratiivsete protsesside automatiseerimine 15](#_Toc197374774)

[1.2.3 Andmevoogude automatiseerimine 16](#_Toc197374775)

[1.2.4 Otsuste automatiseerimine 16](#_Toc197374776)

[1.2.5 Kommunikatsiooni automatiseerimine 17](#_Toc197374777)

[1.3 Rahvusvahelised standardid haridusasutuste juhtimisel 17](#_Toc197374778)

[1.3.1 ISO 21001: Rahvusvaheline standard haridusasutuste juhtimiseks 17](#_Toc197374779)

[1.3.2 ISO/IEC 27001: Infoturbe rahvusvaheline standard 19](#_Toc197374780)

[1.3.3 ISO 30401 analüüs haridusasutuste protsesside automatiseerimisel 20](#_Toc197374781)

[1.4 Kaasaegsed probleemid ja väljakutsed 23](#_Toc197374782)

[1.4.1 Digitaalne transformatsioon ja automatiseerimine haridusasutustes 23](#_Toc197374783)

[1.4.2 Automatiseerimise väljakutsed haridusasutustes 24](#_Toc197374784)

[1.4.3 Küberturvalisuse ja andmekaitse väljakutsed 25](#_Toc197374785)

[1.4.4 Teadmiste haldamine ja dokumentatsiooni automatiseerimine 26](#_Toc197374786)

[1.4.5 Organisatsioonilised ja kultuurilised barjäärid 27](#_Toc197374787)

[1.4.6 Integreerimise ja infrastruktuuri probleemid 28](#_Toc197374788)

[1.4.7 Tulevikuväljakutsed ja lahendused 28](#_Toc197374789)

[2. AUTOMAATIKA METOODIKA JA UURIMISRAAMISTIK 30](#_Toc197374790)

[2.1 Üldine metoodiline raamistik 30](#_Toc197374791)

[2.1.1 Metoodilise raamistiku alused 30](#_Toc197374792)

[2.1.2 Küsitlus ja tulemuste analüüs 31](#_Toc197374793)

[2.1.3 Olemasolevate lahenduste analüüs 31](#_Toc197374794)

[2.1.4 Nõuete määratlemine ja MVP funktsioonide valik 33](#_Toc197374795)

[2.1.5 MVP arendusetapid ja realiseerimine 33](#_Toc197374796)

[2.1.6 Esmane testimine ja MVP hindamine 34](#_Toc197374797)

[2.2 Uurimismeetodid ja andmekogumine 35](#_Toc197374798)

[2.2.1 Küsitluse ülesehitus 35](#_Toc197374799)

[2.2.2 Küsitlusuuringu valiku põhjendus 35](#_Toc197374800)

[2.3 Andmete analüüs ja valideerimismeetodid 36](#_Toc197374801)

[2.3.1 Küsitluse põhiküsimused ja vastajate hinnangud 36](#_Toc197374802)

[2.3.2 Kas küsitluse tulemused on representatiivsed? 39](#_Toc197374803)

[2.4 Küsitluse tulemuste seos teoreetilise analüüsiga 39](#_Toc197374804)

[2.5 Olemasolevate lahenduste analüüs 41](#_Toc197374805)

[2.5.1 Raamastiku loomine 41](#_Toc197374806)

[2.5.2 Hindamiskriteeriumid 41](#_Toc197374807)

[2.5.3 Süsteemi kasutusstsenaariumid 42](#_Toc197374808)

[2.5.4 Tahvel – süsteemi kasutatavuse hindamine 43](#_Toc197374809)

[2.5.5 Stuudium 45](#_Toc197374810)

[2.5.6 Ekool 47](#_Toc197374811)

[2.5.7 Süsteemide võrdlev analüüs 48](#_Toc197374812)

[2.6 Rakenduse MVP nõuded 51](#_Toc197374813)

[2.6.1 MVP Funktsionaalsed nõuded 51](#_Toc197374814)

[2.6.2 Mittefunktsionaalsed nõuded 52](#_Toc197374815)

[3. VEEBIRAKENDUSE ARENDUS JA TEOSTUS 53](#_Toc197374816)

[3.1 MVP arhitektuuri kavandamine 53](#_Toc197374817)

[3.1.1 Veebirakenduse valiku põhjendused 53](#_Toc197374818)

[3.1.2 Projektistruktuur ja kaustade jaotus 53](#_Toc197374819)

[3.1.3 Frontend 55](#_Toc197374820)

[3.1.4 Backend 55](#_Toc197374821)

[3.1.5 Andmebaas 56](#_Toc197374822)

[3.1.6 Kohaloleku jälgimise mehhanism 58](#_Toc197374823)

[3.1.7 Õppetundide halduse optimeerimine AJAX-i abil 59](#_Toc197374824)

[3.1.8 Kasutajaliidese vaated ja töövood 60](#_Toc197374825)

[3.2 Testimine ja tulemuste hindamine 64](#_Toc197374826)

[4. UURIMUSTÖÖ TULEMUSED JA ANALÜÜS 68](#_Toc197374827)

[4.1 Teadlikud piirangud MVP kujundamisel ja nende mõju 68](#_Toc197374828)

[4.2 Rakenduse edasised arendusvõimalused 69](#_Toc197374829)

[4.2.1 1 etapp: Tunniplaani integratsioon ja reaalajas kohaloleku registreerimine 69](#_Toc197374830)

[4.2.2 2 etapp: Rollipõhised ligipääsud, turvalisus ja vastutusahelad 70](#_Toc197374831)

[4.2.3 3 etapp: Riiklikud integratsioonid (EHIS, HarID, EIS, TARA) 71](#_Toc197374832)

[4.2.4 4 etapp: Kursuste, perioodide ja hindamisskaalade haldus 72](#_Toc197374833)

[4.2.5 6. etapp: Automaatne riskiennustus kohaloleku ja hinnete alusel 73](#_Toc197374834)

[4.2.6 7. etapp: Arveldus, toitlustus ja dokumendihaldus 74](#_Toc197374835)

[4.2.7 8 etapp: Automaatne aruandlus ja eksport 75](#_Toc197374836)

[4.2.8 9 etapp: Sõnumid ja suhtluskanalid 75](#_Toc197374837)

[4.2.9 10 etapp : Isikustatud soovitused õppijale 76](#_Toc197374838)

[5. Kokkuvõte 78](#_Toc197374839)

[6. Allikad: 80](#_Toc197374840)

**Jooniste loetelu**

[Joonis 1 Magistritöö etappide üldine ülevaade 29](#_Toc197714300)

[Joonis 2 Elektrooniliste süsteemide kasutamise sagedus 35](#_Toc197714301)

[Joonis 3 Andmete dubleerimise probleem haridusasutustes 36](#_Toc197714302)

[Joonis 4 Materjalide leidmise lihtsus 36](#_Toc197714303)

[Joonis 5 Millises valdokonnas on vaja rohkem automatuseerimist 37](#_Toc197714304)

[Joonis 6 Kasutajakogemuse (UX) kolm dimensiooni [8]. 39](#_Toc197714305)

[Joonis 7 Tahvli peaekraan 43](#_Toc197714306)

[Joonis 8 Tahvli andmepõhise tagasiside minimaalne vaade 44](#_Toc197714307)

[Joonis 9 Stuudiumi peaekraan 45](#_Toc197714308)

[Joonis 10 Stuudiumi andmepõhise tagasiside minimaalne vaade 46](#_Toc197714309)

[Joonis 11 Ekooli peaekraan 46](#_Toc197714310)

[Joonis 12 eKooli statistikat 47](#_Toc197714311)

[Joonis 13 Projektistruktuur 54](#_Toc197714312)

[Joonis 14 Andmebaasi struktuur 58](#_Toc197714313)

[Joonis 15 AutoTeach sisselogimisvaade 61](#_Toc197714314)

[Joonis 16 AutoTeach päisemenüü õpetaja vaates 62](#_Toc197714315)

[Joonis 17 AutoTeach õpetaja töölaud pärast sisselogimist 62](#_Toc197714316)

[Joonis 18 AutoTeach päevikugraafik õpetaja vaates 63](#_Toc197714317)

[Joonis 19 Õpilase individuaalne statistika AutoTeach süsteemis 64](#_Toc197714318)

[Joonis 20 Õpilase hinnete ja kohaloleku dünaamika ning võrdlus rühmaga. 65](#_Toc197714319)

[Joonis 21 Ajakulu võrdlus erinevates süsteemides 68](#_Toc197714320)

[Joonis 22 Arenduste prioriteetide kihiline mudel 70](#_Toc197714321)

**Tabelite loetelu**

[Tabel 1. Rahvusvahelised standardid hariduse juhtimises. 23](#_Toc197024406)

[Tabel 2 Stuudiumi, Tahvli ja eKooli võrdlus põhifunktsioonide lõikes 55](#_Toc197024407)

[Tabel 3 Kolme haridustarkvara (Stuudium, Tahvel, eKool) hindamine ISO standardite alusel 56](#_Toc197024408)

[Tabel 4 MVP ja süsteemide võrdlus 73](#_Toc197024409)

# Sissejuhatus

Tänapäeva haridusasutused seisavad silmitsi mitmete väljakutsetega, mis tulenevad globaliseerumisest, digitaliseerimisest ning kasvavatest nõudmistest huvigruppide poolt. Need probleemid hõlmavad käsitsi tehtava töö suurt osakaalu, dubleeritud andmesisestust ning puudulikku koostalitlusvõimet olemasolevate süsteemide vahel, mis mõjutavad negatiivselt tõhusust, kvaliteeti ja jätkusuutlikkust. Lisaks sellele on andmekaitse ja infoturbe tagamine muutumas järjest olulisemaks, kuna need valdkonnad mängivad otsustavat rolli protsesside usaldusväärsuse ja läbipaistvuse tagamisel.

Käesoleva magistritöö eesmärk on analüüsida haridusasutuste protsesside automatiseerimise võimalusi ning pakkuda välja praktilisi lahendusi, mis põhinevad rahvusvahelistel standarditel (ISO 21001, ISO/IEC 27001 ja ISO 30401), olemasolevate lahenduste analüüsil ning haridusasutuste töötajate vajaduste kaardistamisel. Töö keskendub sellele, kuidas automatiseerimine aitab lahendada haridusasutuste ees seisvaid probleeme, nagu dubleeritud tööprotsessid ning ebaefektiivsed töövood.

Uurimistöö raames viiakse läbi põhjalik analüüs olemasolevatest automatiseeritud lahendustest ning nende tugevustest ja nõrkustest. Lisaks kasutatakse empiirilist andmekogumist, sealhulgas küsitlust, et mõista haridusasutuste töötajate kogemusi ja ootusi protsesside automatiseerimise osas.

Töö praktilise väljundina arendatakse minimaalne elujõuline toode (MVP), mis hõlmab integreeritud ja kasutajasõbralikku lahendust haridusasutuste vajaduste täitmiseks. MVP eesmärk ei ole pelgalt kasutajaliidese optimeerimine, vaid ka kohaloleku jälgimise ja andmete automatiseerimise lahenduste rakendamine. Rakendus võimaldab näiteks õpetajatel ja kooli administraatoritel jälgida õpilaste kohalolekut, genereerida statistikat ning vähendada käsitsi sisestatavate andmete hulka.

Töö tulemuste põhjal tehakse järeldused automatiseerimise mõjust haridusasutuste töövoogude efektiivsusele ning määratakse kindlaks võimalikud edasised arendussuunad, mis võivad hõlmata täiendavaid funktsioone, nagu tehisintellektil põhinev analüütika või andmevahetuse parandamine olemasolevate süsteemidega.

Töö metoodika hõlmab mitmekülgset lähenemist, kasutades nii kvalitatiivseid kui ka kvantitatiivseid uurimismeetodeid:

* Kvalitatiivsed meetodid hõlmavad olemasolevate automatiseeritud lahenduste võrdlust haridusasutustes. Analüüsitakse ka rahvusvaheliste standardite (ISO 21001, ISO/IEC 27001 ja ISO 30401) rakendusvõimalusi, et hinnata nende rolli haridusprotsesside tõhustamisel ja turvalisuse tagamisel.
* Kvantitatiivsed meetodid keskenduvad arvuliste andmete kogumisele ja analüüsimisele, kasutades struktureeritud küsitlusi ja statistilisi meetodeid. Kogutud andmete põhjal hinnatakse töötajate tehnoloogilist valmisolekut ja automatiseerimise mõju töövoogude efektiivsusele ning andmekaitsele.

# HARIDUSASUTUSTE PROTSESSIDE AUTOMATISEERIMISE TAUST

## Automatiseerimine hariduses: eesmärgid ja mõju

Automatiseerimine haridusasutustes tähendab tehnoloogiliste lahenduste rakendamist, et vähendada õpetajate, administraatorite ja tugipersonali käsitsi tehtava töö hulka korduvates ja rutiinsetes ülesannetes. See hõlmab nii tarkvaralahendusi, mis optimeerivad õppe- ja haldusprotsesse, näiteks õpilaste kohaloleku registreerimist, õppetulemuste haldamist ning dokumentide ja aruannete koostamist, kui ka süsteeme, mis parandavad andmevahetust ja koostööd erinevate osapoolte vahel. Automatiseerimine võimaldab suurendada protsesside efektiivsust, vähendada vigade tekkimise riski ning vabastada haridustöötajate aega keskendumiseks õppetööle ja õppijate toetamisele.

Automatiseerimine haridussüsteemides on kaasa toonud ulatuslikke muutusi koolide, kolledžite ja ülikoolide toimimises, mõjutades nii õpetamist kui ka õppimist. Neil Selwyni ja tema kolleegide uurimus analüüsisid, kuidas digitehnoloogiad ja automatiseeritud lahendused muudavad haridussüsteeme. Uurimus keskendub eelkõige sellele, kuidas tehnoloogia vähendab inimeste osalust korduvates ja rutiinsetes ülesannetes, võimaldades koolidel suunata rohkem ressursse õpetamisele ja õpilaste toetamisele [1].

Üks peamisi valdkondi, kus automatiseerimine on end kehtestanud, on administratiivsete ülesannete haldamine. Juba 2021. aasta uuringus toodi esile, et tehnoloogia abil on võimalik oluliselt lihtsustada selliseid protsesse nagu tunniplaanide koostamine, õpilaste registreerimine ja ressursside haldamine [1]. Need lahendused suurendavad efektiivsust ja vähendavad vigade tekkimise riski, võimaldades haridusasutustel keskenduda oma põhiülesannetele. Lisaks administratiivsetele ülesannetele on automatiseerimine muutnud ka õppeprotsesse. Näiteks kasutatakse õppimise haldussüsteeme (LMS), mis automatiseerivad kursuste loomist, ülesannete haldamist ja testide hindamist.Sellised süsteemid mitte ainult ei tõhusta õppetöö korraldust, vaid pakuvad ka õpilastele reaalajas tagasisidet ja aitavad neil paremini oma õppimist juhtida.

Andmevoogude haldamine on samuti oluline valdkond, kus automatiseerimine mängib võtmerolli. Andmeid, nagu õpilaste kohalolek, õpitulemused ja ressursside kasutamine, saab automaatselt koguda, analüüsida ja kasutada juhtimisotsuste tegemiseks. Selline lähenemine võimaldab haridusasutustel teha informeeritumaid ja ajakohasemaid otsuseid õppe- ja haldusprotsesside tõhustamiseks [1].

Samuti on oluline pöörata tähelepanu otsuste automatiseerimisele. Algoritmid ja tehisintellekti lahendused võimaldavad koolidel teha strateegilisi otsuseid, näiteks ressursside jaotamise või õpilaste õppetöö individuaalse toetamise osas. Need tehnoloogiad toetavad pikaajalist planeerimist ning loovad eeldused tõhusamate ja paindlikumate õppimisvõimaluste kujundamiseks [1].

Kommunikatsiooni automatiseerimine on veel üks oluline valdkond. Automaatteavituste ja meeldetuletuste süsteemid lihtsustavad suhtlust koolide, õpilaste ja vanemate vahel, võimaldades õigeaegset teabevahetust ning aidates ennetada kommunikatsioonihäireid [1].

Kokkuvõtvalt võib haridussüsteemides rakendatavat automatiseerimist käsitleda viies peamises kategoorias, mis hõlmavad nii õppe- kui ka tugiprotsesse:

1. Protsesside automatiseerimine
   1. Administratiivsete protsesside automatiseerimine.
   2. Õppeprotsesside automatiseerimine.
2. Andmevoogude automatiseerimine
   1. Andmete integreerimine.
   2. Andmete analüüs ja aruandlus.
3. Otsuste automatiseerimine
4. Kommunikatsiooni automatiseerimine
5. Finants- ja personalihalduse automatiseerimine

## Automatiseerimise olemus ja olulisus haridusasutustes

Automatiseerimise efektiivsus ja mõju haridusasutustes võib olla nähtav läbi viie olulise kategooria, mis tõid esile selle teema tähtsuse eelmises peatükis (1.1). Need kategooriad - protsesside automatiseerimine, andmevoogude automatiseerimine, otsuste automatiseerimine, kommunikatsiooni automatiseerimine ning finants- ja personalihalduse automatiseerimine - moodustavad tervikliku raamistiku, mille abil on võimalik analüüsida ja mõista automatiseerimise väärtust. Järgnevalt analüüsime neid kategooriaid detailsemalt, et selgitada, miks nad on haridusasutustele kriitilise tähtsusega ning milline on nende mõju erinevatele valdkondadele.

### Protsesside automatiseerimine

Protsesside automatiseerimine on üks olulisemaid samme haridusasutuste tõhususe ja kvaliteedi tõstmiseks. Automatiseerimine vähendab rutiinset ja käsitsi tehtavat tööd, pakkudes tööriistu ja mehhanisme, mis optimeerivad nii administratiivseid kui ka õppeprotsesse. See lähenemine mitte ainult ei lihtsusta juhtimist, vaid ka parandab õpilaste ja töötajate kogemusi, muutes protsessid sujuvamaks ja efektiivsemaks.

Erinevate protsesside digitaliseerimine avaldub kõige selgemalt kahes võtmevaldkonnas: administratiivsetes ja õppeprotsessides, mille automatiseerimist käsitletakse järgnevalt detailsemalt.

### Administratiivsete protsesside automatiseerimine

Haridusasutustes on administratiivsed protsessid tihti koormavad ja aeganõudvad. Käsitsi tehtav töö, nagu tunniplaanide koostamine, õpilaste registreerimine ja dokumentide haldamine, võib viia vigade ja ebaefektiivsuse suurenemiseni. Administratiivsete protsesside automatiseerimine aitab neid kitsaskohti lahendada, pakkudes järgmisi eeliseid:

* Tunniplaanide koostamine: Tunniplaanide automaatne genereerimine vähendab ajakulu ja täiustab ressursside kasutust. Algoritmid võimaldavad optimeerida keerulisi graafikuid, võttes arvesse mitmeid piiranguid ja eelistusi. Uuringus SMPN 1 Jombangi koolis näitas, et automatiseeritud lahendus parandas tunniplaanide koostamise kiirust ja täpsust, vähendades samal ajal õpetajate koormust ja ülelõikeid õppetundides [2]. Automatiseeritud lähenemine kiirendas tunniplaanide koostamise protsessi ja parandas tulemuste täpsust, pakkudes vähem konfliktseid ja paremini optimeeritud lahendusi.
* Registreerimine ja andmete haldamine: Automatiseeritud registreerimissüsteemid lihtsustavad õpilaste vastuvõttu, vähendades administratiivset koormust ja võimaldades töötajatel keskenduda strateegilistele ülesannetele. Uuringud on näidanud, et masinõppe ja tehisnärvivõrkude (ANN) kasutamine aitab ennustada õpilaste kursusevalikuid ning toetab kursuste planeerimist ja registreerimisprotsesside optimeerimist [3]. Lisaks aitavad automatiseeritud otsustusprotsessid paremini prognoosida, millised taotlejad tõenäoliselt õpingutega jätkavad, vähendades vigade esinemist ja dubleerivat andmesisestust
* Ressursside jaotamine: Automatiseerimine võimaldab efektiivsemalt hallata klassiruume, seadmeid ja muid ressursse, vähendades käsitsi tehtavat tööd ja optimeerides kasutusmäära. Automaatne ressursside haldamine vähendab topeltbroneeringute riski ja parandab kooli varade jaotust. Näiteks klassiruumide ja seadmete broneerimissüsteemid aitavad tagada, et ruumid ja tehnilised vahendid on kasutusel optimaalselt, vältides alakasutamist ja ülekasutamist.
* Teadete ja meeldetuletuste süsteemid: Automaatteavituste kasutamine lihtsustab suhtlust kooli töötajate, õpilaste ja lapsevanemate vahel, pakkudes reaalajas informatsiooni ja vähendades kommunikatsiooniprobleeme. Süsteemid saadavad meeldetuletusi eksamite, kodutööde ja koosolekute kohta, aidates õpilastel ja õpetajatel paremini ajaplaneerimist hallata. Lisaks võimaldavad need koolidel kiirelt teavitada kogu koolipere olulistest muudatustest, näiteks ilmastikust tingitud koolipäeva muudatustest või turvalisusega seotud teadetest.

### Andmevoogude automatiseerimine

Andmevoogude automatiseerimine võimaldab haridusasutustel koguda, integreerida ja analüüsida andmeid reaalajas, vähendades käsitsi sisestatavate andmete hulka ning parandades juhtimisotsuseid. Automaatne andmetöötlus vähendab vigade esinemist ja dubleerimist, muutes protsessid tõhusamaks. Eelkõige avaldub see kolmes võtmevaldkonnas:

* Andmete integreerimine: Automaatne andmeintegratsioon võimaldab erinevate infosüsteemide (nt õppehaldussüsteemid, kohaloleku registreerimine ja eksamitulemuste andmebaasid) sünkroniseerimist, vähendades vigade ja dubleerimise riski.
* Andmete analüüs ja aruandlus: Automatiseeritud andmeanalüüsi süsteemid võimaldavad koolidel ja ülikoolidel tuvastada õppetrende ja analüüsida õpilaste sooritust. AI-põhised lahendused aitavad varakult tuvastada riskirühma kuuluvaid õppijaid ja ennetada nende väljalangemist. Suurandmete kasutamine on hariduses üha olulisem, kuna see võimaldab süsteemsel kujul analüüsida suurt hulka õppijate andmeid ja toetada otsustusprotsesse [19] Ühes Ameerika ülikoolis läbiviidud uuringus kasutati 25 224 üliõpilase andmeid, et ennustada väljalangemist, rakendades kunstlikke närvivõrke (ANN), otsustuspuud (DT) ja logistilist regressiooni. ANN mudel saavutas 81,19% täpsuse, võimaldades haridusasutustel teha andmepõhiseid otsuseid ja pakkuda sihipärasemat tuge kõrge riskiga õppijatele [3].

### Otsuste automatiseerimine

Otsuste automatiseerimine hariduses hõlmab tehisintellekti (AI) ja algoritmide kasutamist juhtimis- ja akadeemiliste otsuste toetamiseks. See aitab vähendada subjektiivsust ja suurendada läbipaistvust erinevates protsessides. Selline automatiseerimine avaldub eelkõige järgmistes rakendusvaldkondades:

* Õpilaste hindamine ja personaliseeritud õpiteekonnad: Automatiseeritud süsteemid saavad analüüsida õpilaste õpitulemusi ja soovitada individuaalseid õpiteid. Näiteks on AI-põhised hindamissüsteemid juba edukalt kasutusel mitmetes ülikoolides, pakkudes täpset ja kiiret hindamist, vähendades õpetajate töökoormust [3].
* Automaatne ressursside jaotamine: Koolid kasutavad AI-d, et planeerida tunniplaane, jagada klassiruume ja optimeerida õpetajate töökoormust. Sellised süsteemid võimaldavad ennetada ressursside raiskamist ja parandada koolide haldust.
* Akadeemiliste otsuste toetamine: Õpilaste käitumisandmete analüüs võimaldab AI-l tuvastada varajasi märke akadeemilistest raskustest ja anda koolidele soovitusi sekkumiseks, et vähendada väljalangemist.

### Kommunikatsiooni automatiseerimine

Kommunikatsiooni automatiseerimine aitab lihtsustada suhtlust kooli erinevate osapoolte vahel ning tagab õigeaegse ja asjakohase info edastamise. Tüüpilised rakendused hõlmavad:

* Automaatteavitused ja meeldetuletused: Teavitussüsteemid saadavad automaatselt sõnumeid kooli oluliste teadete, eksamite, kodutööde ja koosolekute kohta. See aitab vähendada teabe kadumist ja parandada kooli ning lapsevanemate koostööd.
* Chatbotid ja AI-põhised assistendid: Koolid kasutavad chatbote, et vastata korduma kippuvatele küsimustele, nagu tunniplaanid, hindamiskriteeriumid ja eksamiajad. See vähendab administratiivse personali töökoormust ja parandab kasutajate kogemust
* Automatiseeritud tagasisidesüsteemid: Õpilased ja vanemad saavad kohandatud tagasisidet õpitulemuste ja edusammude kohta, mis aitab paremini mõista haridusteed ja vajadusi

## Rahvusvahelised standardid haridusasutuste juhtimisel

### ISO 21001: Rahvusvaheline standard haridusasutuste juhtimiseks

ISO 21001 on rahvusvaheline standard, mis on välja töötatud spetsiaalselt haridusasutuste juhtimissüsteemide jaoks, et tõsta õppeprotsesside tõhusust ning parandada õppijate kogemuse kvaliteeti. See põhineb üldisel kvaliteedijuhtimise raamistikul ISO 9001, kuid on kohandatud haridusvaldkonna vajadustele, rõhutades õppijakeskset lähenemist, pidevat täiustamist ning sidusrühmade ootuste arvestamist.

Standardi põhieesmärgid on:

* Õppijate ja teiste huvigruppide vajaduste ja ootuste parem mõistmine.
* Organisatsiooniliste protsesside süstemaatiline täiustamine PDCA tsükli abil.
* Ressursside tõhus haldamine ja läbipaistvuse suurendamine.
* Inklusiivse ja õiglase hariduse tagamine, sealhulgas õppijate individuaalsete vajaduste arvestamine.
* Innovatsiooni ja teadus- ning arendustegevuse toetamine haridussüsteemis.

Standardi rakendamisel on võtmetähtsusega õppijakeskne lähenemine, mis tähendab, et haridusasutused peavad pidevalt hindama ja parendama oma õppekavu ning õppeprotsesse vastavalt õppijate vajadustele ja tagasisidele.

ISO 21001 järgimine võib olla keeruline, kui puuduvad tõhusad tööriistad andmete kogumiseks, analüüsimiseks ja otsuste tegemiseks. Seetõttu on haridusasutustes oluline rakendada automatiseeritud lahendusi, mis toetavad standardi nõudeid, näiteks:

* Õppeinfosüsteemid (LMS, näiteks Moodle, Google Classroom, Microsoft Teams) – võimaldavad hallata õppekavasid, õppematerjale ja suhtlust õppijatega.
* Andmeanalüüsi tööriistad (Power BI, Tableau) – aitavad jälgida õpitulemusi ja tuvastada parendusvõimalusi.
* Automatiseeritud tagasisidesüsteemid – võimaldavad õppijatel ja õpetajatel anda pidevat tagasisidet õppetöö kvaliteedi kohta.
* Töövoogude automatiseerimine – lihtsustab administratiivseid protsesse, näiteks dokumentide haldamist ja kursuste registreerimist.

ISO 21001 rakendamine eeldab haridusasutustelt järgmiste tingimuste täitmist:

* Õppijate ja teiste sidusrühmade vajaduste analüüs – haridusasutused peavad pidevalt hindama, kas nende õppekavad ja teenused vastavad õppijate ja tööturuga seotud nõudmistele.
* Struktureeritud ja dokumenteeritud protsessid – kõik haridusasutuse põhitegevused peavad olema selgelt kirjeldatud ja jälgitavad.
* Järjepidev kvaliteedikontroll ja täiustamine – tuleb kasutada mõõdikuid ja andmeanalüüsi meetodeid, et hinnata hariduse kvaliteeti ja teha vajalikke parendusi.
* Huvigruppide kaasamine otsustusprotsessidesse – õppijate, õpetajate ja teiste sidusrühmade tagasiside tuleb regulaarselt koguda ja arvesse võtta.
* Õiglane ja kaasav haridus – kõik õppijad, sealhulgas erivajadustega õppijad, peavad saama võrdse ligipääsu õppetegevustele ja tugiteenustele.

### ISO/IEC 27001: Infoturbe rahvusvaheline standard

ISO/IEC 27001 on rahvusvaheline standard, mis määratleb infoturbe haldamise süsteemi (ISMS) nõuded. Selle eesmärk on tagada organisatsioonides, sealhulgas haridusasutustes, teabe konfidentsiaalsus, terviklikkus ja kättesaadavus. Kuna haridusasutused töötlevad suurt hulka tundlikku teavet, sealhulgas õppijate isikuandmeid, õppetulemusi ja finantsandmeid, on infoturbe tõhus haldamine kriitilise tähtsusega.

ISO/IEC 27001 eesmärk on aidata organisatsioonidel:

* Kaitsta tundlikku teavet volitamata juurdepääsu, kadumise või kahjustumise eest.
* Määratleda ja hallata infoturbega seotud riske, sealhulgas võimalikke rünnakuid ja sisemisi ohte.
* Tagada seadusandluse ja regulatiivsete nõuete järgimine, sealhulgas isikuandmete kaitse nõuded (nt GDPR).
* Loobuda manuaalsetest ja ebaturvalistest protsessidest, rakendades turvalisemaid tehnoloogilisi lahendusi.

Standardi järgimine aitab organisatsioonidel kehtestada proaktiivse infoturbe kultuuri, mis tagab turvalise keskkonna nii töötajatele kui ka õppijatele.

ISO/IEC 27001 rakendamine haridusasutustes on tihedalt seotud automaatsete infoturbelahendustega, mis aitavad täita standardi nõudeid. Peamised automatiseeritud mehhanismid hõlmavad:

* Identiteedi- ja juurdepääsuhalduse süsteemid – määratlevad, kes ja millistel tingimustel pääseb ligi õppeinfosüsteemidele ja andmetele.
* Andmete krüpteerimine ja varundamine – oluline nii õppijate kui ka õpetajate tundliku info kaitseks.
* Turvaauditite ja logimise tööriistad – võimaldavad jälgida süsteemi sissetunge ja kahtlaseid tegevusi.
* Automatiseeritud turvaprotokollid – võimaldavad reageerida turvariskidele reaalajas.
* Turvauuenduste ja paikatöötluse (patch management) automatiseerimine – tagab, et haridusasutuste IT-süsteemid oleksid ajakohased ja kaitstud haavatavuste eest.

Kuid lisaks nendele tehnoloogilistele lahendustele rõhutab standard ka mitmeid organisatsioonilisi ja juhtimisalaseid nõudeid, mille täitmine on rakendamise edukuse eelduseks. ISO/IEC 27001 kohaselt peavad haridusasutused täitma järgmisi tingimusi:

* Riskihindamine ja infoturbe juhtimine – haridusasutused peavad määratlema infoturbega seotud ohud ja riskid ning võtma kasutusele sobivad meetmed nende maandamiseks.
* Juurdepääsukontroll ja autentimine – tuleb rakendada mehhanismid, mis tagavad, et ainult volitatud isikud pääsevad ligi tundlikele andmetele.
* Andmete konfidentsiaalsuse, terviklikkuse ja kättesaadavuse tagamine – tuleb kehtestada protseduurid ja tehnilised lahendused, mis kindlustavad andmete turvalisuse.
* Regulaarne audit ja monitooring – tuleb kehtestada pidev järelevalve süsteemide ja protsesside üle, sealhulgas logide analüüs ja turvainsidentide menetlemine.
* Infoturbe teadlikkuse tõstmine – haridusasutuste töötajad ja õppijad peavad olema teadlikud infoturbe põhimõtetest ja küberohtudest.

### ISO 30401 analüüs haridusasutuste protsesside automatiseerimisel

ISO 30401 on rahvusvaheline standard, mis sätestab teadmiste haldamise süsteemide (KMS) nõuded. Haridusasutustes aitab see süsteemselt juhtida teadmiste loomist, säilitamist ja jagamist, toetades otsustamist, õppimisvõimekust ja innovatsiooni.

ISO 30401 eesmärk on aidata organisatsioonidel:

* Struktureerida ja hallata organisatsioonisiseseid teadmisi, et tagada nende kättesaadavus ja rakendamine.
* Edendada teadmiste jagamist ja säilitamist, et vältida teadmiste kadu näiteks töötajate lahkumisel.
* Suurendada tõhusust ja innovatsiooni teadmiste kasutamise ja arendamise kaudu.
* Luua süsteemne lähenemine teadmiste haldamisele, mis võimaldab koguda, struktureerida ja levitada teadmisi organisatsioonis.

Nende eesmärkide saavutamiseks toetub standard kindlatele juhtpõhimõtetele, mis kujundavad teadmiste haldamise süsteemi ülesehitust ja rakendamist. ISO 30401 keskseid põhimõtteid on järgmised:

* Teadmiste väärtustamine – teadmisi tuleb hallata kui olulist strateegilist vara.
* Süstemaatiline ja integreeritud lähenemine – teadmiste haldamine peab olema osa organisatsiooni juhtimissüsteemist.
* Pidev täiustamine – teadmiste haldamise süsteem peaks olema dünaamiline ja pidevalt arenev.
* Kultuuri loomine – töötajad peavad olema motiveeritud jagama ja rakendama teadmisi.

Haridusasutustes on teadmiste haldamise süsteemide (KMS) rakendamine tihedalt seotud automaatsete lahendustega, mis hõlbustavad teadmiste loomist, levitamist ja säilitamist. Peamised automatiseeritud mehhanismid hõlmavad:

* Dokumendihaldussüsteemid – võimaldavad dokumentide tõhusat salvestamist, jagamist ja haldamist.
* Teadmistebaasid ja wiki-platvormid – aitavad luua ja levitada organisatsioonisiseseid teadmisi.
* Automatiseeritud teadmiste otsingusüsteemid – hõlbustavad teadmiste leidmist ja rakendamist.
* Andmeanalüütika ja tehisintellekt – aitavad analüüsida teadmiste kasutamist ja soovitada vajalikke teadmisi kasutajatele.

Et ISO 30401 rakendamine haridusasutustes oleks tõhus ja vastaks standardi põhimõtetele, tuleb organisatsioonidel täita järgmised tingimused:

* Teadmiste loomise ja kogumise süsteem – haridusasutused peavad tagama, et töötajad ja õppijad saavad dokumenteerida ja jagada teadmisi.
* Teadmiste säilitamine ja ligipääsetavus – tuleb tagada, et kriitilised teadmised on kergesti leitavad ja kättesaadavad õigetele isikutele.
* Teadmiste jagamine ja koostöö – organisatsioon peab soodustama koostööpõhiseid teadmiste jagamise platvorme ja meetodeid.
* Teadmiste kvaliteedi ja usaldusväärsuse tagamine – tuleb kehtestada mehhanismid, mis aitavad tuvastada ja filtreerida ebatäpseid või aegunud teadmisi.
* Mõõdikud ja tulemuste hindamine – organisatsioonid peavad jälgima ja hindama teadmiste haldamise süsteemi tõhusust.

Kui need tingimused on täidetud ja süsteem on edukalt rakendatud, toob ISO 30401 kaasa mitmeid praktilisi eeliseid haridusasutuste jaoks:

* Teadmiste parema kättesaadavuse tagamine – õppijad ja töötajad saavad kiiremini ja lihtsamalt ligi vajalikele materjalidele.
* Tõhusam otsustusprotsess – teadmiste analüüs ja korrektne rakendamine aitab parandada haridusasutuste strateegilisi otsuseid.
* Innovatsiooni ja koostöö suurendamine – teadmiste jagamine soodustab loovust ja uute lahenduste väljatöötamist.
* Vähenenud teadmiste kadu – dokumenteeritud ja struktureeritud teadmised vähendvad kriitilise teabe kadumise riski töötajate lahkumisel.

Rahvusvaheliste standardite roll haridusasutuste protsesside automatiseerimisel avaldub erinevates juhtimis-, infoturbe- ja teadmistehaldussüsteemides. Standardite võrdlemine (Tabel 1) toob esile kolme käsitletava standardi – ISO 21001, ISO/IEC 27001 ja ISO 30401 – peamised eesmärgid, nõuded ja rakendusvaldkonnad, illustreerides nende panust hariduskorralduse, infoturbe ja teadmiste haldamise valdkondadesse.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Standard** | **Eesmärk** | **Peamised nõuded** | **Rakendusalad** |
| **ISO 21001** | Haridusasutuste juhtimise efektiivsuse ja õppijakesksuse suurendamine. | Süstemaatiline teadmiste haldamine ja dokumenteerimine | Õppekorralduse ja kvaliteedijuhtimise parendamine. |
| Juurdepääs ja teadmiste kättesaadavuse tagamine | Õppimisplatvormid |
| Pidev täiustamine ja organisatsiooni õppimisvõimekuse arendamine | Andmeanalüütika ja otsuste toetamine. |
| **ISO/IEC 27001** | Andmete ja infoturbe tagamine haridusasutustes. | Infoturberiskide tuvastamine ja maandamine | IT-süsteemide turvalisuse parendamine. |
| Juurdepääsukontroll ja andmete konfidentsiaalsuse tagamine | Isikuandmete kaitse (GDPR). |
| Pidev turvameetmete jälgimine ja täiustamine | Küberkaitse haridusasutustes. |
| **ISO 30401** | Teadmiste juhtimise ja jagamise optimeerimine haridusasutustes. | Teadmiste loomise, säilitamise ja jagamise süsteemne haldamine | Akadeemiliste teadmiste haldamine. |
| Teadmiste kvaliteedi ja usaldusväärsuse tagamine | Õppe- ja teadusasutuste sisemiste teadmiste jagamine |
| Pidev täiustamine ja teadmiste kättesaadavuse suurendamine | Digitaalsete teadmistebaaside ja AI lahenduste rakendamine. |

Tabel 1. Rahvusvahelised standardid hariduse juhtimises.

Kõik kolm standardit jagavad ühiseid põhimõtteid, näiteks protsesside süstemaatiline täiustamine, riskihindamine, sidusrühmade kaasamine ja teadmiste haldamine. See näitab, et haridusasutuste digitaliseerimine ja automatiseerimine peab olema terviklik protsess, mis ei keskendu ainult tehnilistele lahendustele, vaid hõlmab ka juhtimise, infoturbe ja teadmiste jagamise süsteeme.

Haridusasutused saavad kombineerides neid standardeid luua tõhusa ja jätkusuutliku automatiseeritud juhtimissüsteemi, mis aitab paremini vastata tänapäeva haridusvaldkonna väljakutsetele.

## Kaasaegsed probleemid ja väljakutsed

### Digitaalne transformatsioon ja automatiseerimine haridusasutustes

Digitaalsete tehnoloogiate kiire areng on suurendanud vajadust haridusasutuste protsesside automatiseerimise järele, pakkudes võimalusi parandada õppeprotsesside tõhusust ja töökorralduse kvaliteeti. Kuid see areng ei toimu ilma väljakutseteta. Tehnoloogia rakendamine hariduses ei piirdu pelgalt uute süsteemide juurutamisega, vaid eeldab ka olemasolevate protsesside ja struktuuride põhjalikku analüüsi ja kohandamist. Üheks olulisemaks probleemiks on õpetajate ebapiisav tugi ja ettevalmistus tehnoloogia integreerimiseks. Tuvastatud on, et enamik õpetajaid ei tunne, et nad saavad koolitasandil piisavat tuge (15 õpetajat 21-st), ning on viidatud vajadusele täiendavate ressursside, materjalide ja tööriistade järele, samuti lisapersonali kaasamisele tehnoloogia tõhusa rakendamise toetamiseks [4].

Samas on rõhutatud, et tehnoloogia edukas rakendamine eeldab töötajate oskuste arendamist ja pidevat koolitamist. Uuringust selgub, et paljud õpetajad ei tunne end kindlalt tehnoloogia kasutamisel, kuna neil puuduvad vajalikud teadmised ja oskused selle tõhusaks integreerimiseks. "Several studies have reported that teachers do not feel confident about their content knowledge related to STEM subjects and face challenges when they need to implement and work with technological equipment in their schools." [4]. See ebakindlus võib viia olukorrani, kus õpetajad väldivad tehnoloogia kasutamist või kasutavad seda minimaalselt, mis takistab selle täielikku potentsiaali rakendamist haridusprotsessis. Ilma piisava koolituse ja toetuseta võivad töötajad kogeda tehnoloogiast tingitud stressi, mis omakorda vähendab nende valmisolekut uusi süsteeme omaks võtta. Kuigi õpetajate koolitus ja struktuurne tugi on tehnoloogia edukaks integreerimiseks hädavajalikud, on automatiseerimisel ka teine oluline tahk – see peab olema sujuvalt ühendatud olemasolevate protsessidega. Tehnoloogia rakendamine ei tähenda ainult uute süsteemide kasutuselevõttu, vaid ka töövoogude ja organisatsiooniliste struktuuride ümberkujundamist, et tagada sujuv ja efektiivne üleminek. Selle illustreerimiseks võib tuua näiteks haridusasutustes tunniplaanide automatiseerimise. “Despite the utilization of a scheduling application at SMPN 1 Jombang, several significant shortcomings have been identified. The process for entering data into the system is particularly cumbersome and time-intensive. [4]” See viitab sellele, et isegi kui süsteem suudab protsesse kiirendada, võib selle esialgne rakendamine põhjustada lisakoormust ja ajutisi probleeme.

### Automatiseerimise väljakutsed haridusasutustes

Üheks peamiseks väljakutseks automatiseeritud süsteemide kasutuselevõtul on töötajate valmisolek ja tehniliste oskuste puudulikkus. Muutuste vastuvõtmine ja uue tehnoloogiaga kohanemine eeldab, et õpetajad ja administraatorid mõistaksid süsteemi tööpõhimõtteid ning oskaksid seda tõhusalt rakendada. On leitud, et mõned koolitöötajad ei olnud valmis uue tunniplaanisüsteemi kasutuselevõtuks, kuna see nõudis tehnilisi oskusi, mida neil varem ei olnud [2].

Lisaks töötajate valmisolekule kujutab olulist takistust ka tehnilise toe ja infrastruktuuri ebapiisavus. Uute süsteemide rakendamine ei piirdu pelgalt tarkvara paigaldamisega, vaid nõuab pidevat tuge ja vajalikke ressursse. Paljudes koolides puuduvad kvalifitseeritud IT-spetsialistid, kes suudaksid pakkuda vajalikku tuge, lahendada probleeme ja tagada süsteemide sujuva toimimise. Nõrk tehniline suutlikkus ja madal valmisolek on olnud takistuseks ka rahvusvahelises praktikas – näiteks haridusinnovatsiooni takerdumist juhtudel, kus puudub stabiilne infrastruktuur ja kvalifitseeritud tugipersonal, mis viib fragmentaarsete ja ebaefektiivsete digilahendusteni [20]. Korrapärase halduse ja uuenduste puudumisel võivad süsteemis tekkida tehnilised tõrked, mis raskendavad tööprotsessi ja vähendavad usaldust tehnoloogia vastu.

Automatiseerimise mõju ei ole alati koheselt positiivne. Kuigi tunniplaanide automatiseerimine on paljudes koolides vähendanud manuaalset töökoormust ning kiirendanud töövoogu, on esialgne kasutuselevõtt sageli seotud ajamahuka kohanemisprotsessiga. On viidatud, et kasutajad kogesid raskusi uue süsteemi õppimisel ja rakendamisel, mis nõudis täiendavat koolitust ja sisemisi kohandusi: „Although the automated approach significantly reduced manual workload, users initially faced difficulties in adapting to the new system, requiring additional training and adjustments“ [2].

### Küberturvalisuse ja andmekaitse väljakutsed

Infoturve on üks olulisemaid probleeme haridusasutustes, kuna need töötlevad suures koguses tundlikku teavet, sealhulgas õpilaste isikuandmeid ja õppetulemusi. COVID-19 pandeemia ajal suurenesid kübärrünnakud haridusasutuste vastu, mis näitas vajadust tõhustada infoturbe meetmeid ja -protseduure.

Statistika kohaselt kannatas 2020. aastal enam kui pool kõrgkoole küberrünnakute all, mille käigus varastati töötajate ja õpilaste isikuandmeid. See näitab, et haridussektorist on saanud üks kõige haavatavamaid sihtmärke küberkurjategijatele, kuna sealne IT-infrastruktuur ei ole tavaliselt sama tugev kui näiteks panganduses või valitsusasutustes."In 2020, it was reported that over half of Higher Education Institutions were affected by cyber attacks. The data stolen from these institutions included the personal information of their employees and students." [5].

Haridusasutuste haavatavust süvendab ka töötajate vähene teadlikkus infoturberiskidest. Ühendkuningriigis läbi viidud uuring näitas, et vaid 46% ülikoolide töötajatest oli saanud infoturbealast koolitust viimase 12 kuu jooksul. See tähendab, et üle poole töötajatest ei olnud teadlikud küberohtudest ega teadnud, kuidas oma tegevusega võimalikke ründeid ennetada. Võrreldes erasektoriga, kus infoturbe koolitused on tihti kohustuslikud, on see näitaja murettekitavalt madal."A report revealed that only 46% of staff members had received security training in the 12 months prior to the publication of the report." [5].

Andmelekete ja lunavararünnakute sagenemine on toonud esile vajaduse pideva investeerimise järele IT-infrastruktuuri ja töötajate infoturbealasesse koolitamisse. Üks suurimaid teadaolevaid ründeid haridussektoris toimus 2020. aastal Quebecis, kus varastati enam kui 300 000 õpetaja isikuandmed. See juhtum paljastas haridusasutuste turvameetmete puudulikkuse, kuna varastatud andmeid kasutati laialdaselt identiteedivarguste ja finantspettuste toimepanemiseks ."In 2020, it was revealed that hackers were able to steal the personal information of over 300,000 teachers in Quebec. Despite the arrests of the attackers, many cases of identity theft were still reported." [5].

Küberturvalisuse tagamine eeldab terviklikku lähenemist, mis hõlmab nii tehnilisi lahendusi kui ka töötajate pidevat koolitamist ja teadlikkuse tõstmist. Regulaarsed turvavärskendused, tugevamad autentimismeetodid ja paremini juhitud infoturbepoliitikad on haridusasutuste jaoks hädavajalikud, et vältida sarnaste rünnakute kordumist.

### Teadmiste haldamine ja dokumentatsiooni automatiseerimine

Teadmiste haldamine haridusasutustes on keeruline protsess, mis hõlmab nii informatsiooni säilitamist, edastamist kui ka teadmiste rakendamist. Kui seda ei tehta süsteemselt, võib organisatsioon kaotada kriitilise tähtsusega teadmised töötajate lahkumisel ning kogeda otsuste langetamise protsesside nõrgenemist. "Workforce attrition and turnover in today's society has implications for knowledge management. In many organizations, critical knowledge is often siloed and/or retained by experts, at the risk of being lost when the organization changes or these experts leave." [6].Ning haridusasutustes on see probleem eriti terav, sest õpetajate ja administratiivtöötajate vahetumise korral võib puududa struktuur, mis võimaldaks varasemate kogemuste ja otsuste talletamist ning uutele töötajatele edastamist. Kui teadmiste jagamine põhineb peamiselt suulisel traditsioonil ja individuaalsel kogemusel, siis kriitiline informatsioon võib kaduma minna.

Paljud organisatsioonid on püüdnud neid probleeme lahendada automatiseeritud dokumentatsioonisüsteemide abil. Siiski on sageli takistuseks töötajate vastupanu, kuna dokumenteerimine nõuab lisatööd ja paljud ei näe selle otsest kasu igapäevatöös. Kui töötajad ei ole motiveeritud süsteemi kasutama, jääb see sageli formaalseks lahenduseks, mida täidetakse minimaalselt ja ilma sisulise panuseta.

Lisaks võib dokumentatsiooni killustumine ja süsteemide vähene integreeritus vähendada automatiseerimise tegelikku kasu. Haridusasutustes kasutatavad erinevad e-õppe platvormid, failihaldussüsteemid ja sisuhaldustarkvarad võivad luua paralleelseid teadmiste kogumeid, kus sama teave eksisteerib mitmes kohas, kuid ilma selge vastutuseta selle ajakohastamise ja koordineerimise eest. See võib viia vastuolude ja vigade levikuni, kahjustades andmete usaldusväärsust ja kasutatavust.

Kriitilise tähtsusega on teadmiste kvaliteedi ja ajakohasuse tagamine. Teadmiste haldamise süsteemid vajavad regulaarset sisendi valideerimist ja protsesse aegunud või sobimatu teabe eemaldamiseks. ISO 30401 toob selgelt esile, et „handling outdated or invalid knowledge means to protect the organization from making mistakes or working inefficiently, as a result of using knowledge inappropriate within the current organizational context” [6]. Kui uuendamise ja arhiveerimise mehhanisme ei rakendata, võivad töötajad jätkata vananenud teadmiste kasutamist, mis kahjustab otsustusprotsesse ja üldist organisatsioonilist tõhusust.

### Organisatsioonilised ja kultuurilised barjäärid

Digitaliseerimise ja automatiseerimise rakendamine haridusasutustes seisab sageli silmitsi organisatsiooniliste ja kultuuriliste takistustega, mis pidurdavad tehnoloogiliste uuenduste tõhusat juurutamist. On välja toodud, et kõrgkoolides esinevad digitaliseerimise peamised takistused on seotud töötajate vastupanu, juhtimise nõrkuse ja konservatiivse organisatsioonikultuuriga [7]. Märgitakse, et vastupanu muutustele ilmneb nii õppejõudude kui ka administratiivtöötajate hulgas ning üks levinumaid takistusi on inerts, mis takistab võimaluste kasutamist digitaalseks ümberkujundamiseks.

Oluline roll on töötajate valmisolekul loobuda harjumuspärastest tööprotsessidest ja kohaneda uute tehnoloogiatega. Kui uus süsteem tundub keeruline või aeganõudev, võivad töötajad seda teadlikult vältida, mis takistab innovatsiooni ja vähendab digilahenduste mõju. On rõhutatud, et „the most important asset an organisation has is its human resources. The success or failure of digital transformation depends on people, not technology“ [7]. See viitab sellele, et tehnoloogia edukas rakendamine sõltub eelkõige inimestest, mitte lahenduse tehnilisest kvaliteedist.

Tõsine takistus võib olla ka juhtimise ja strateegilise visiooni puudumine. Kui juhtkond ei suuda pakkuda tuge, selget suunda ega väärtustada koostööd eri osakondade vahel, langeb töötajate motivatsioon ning väheneb valmisolek muutusi omaks võtta. Koordineerimise puudumine võib viia iseseisva tegutsemiseni osakondade kaupa, mis takistab terviklikku ja süstemaatilist digimuutust organisatsioonis.

Lisaks organisatsioonilistele teguritele mõjutavad digitaliseerimist ka sügavalt juurdunud kultuurilised hoiakud ja bürokraatlik struktuur. On märgitud, et „the transition of universities from traditional to digital is hindered by the ‘dominant logic’. The prevailing conservative, bureaucratic and risk-averse culture impedes the implementation of digital transformation“ [7]. See tähendab, et muudatuste vastupanu ei tulene vaid üksikisikutest, vaid organisatsiooni enda sisemisest loogikast ja kultuurilistest normidest. Kui asutused ei suuda nendest mustritest üle saada, võivad nad jääda maha innovatsioonist ja kaotada konkurentsivõime kiiresti muutuvas haridusmaastikus.

### Integreerimise ja infrastruktuuri probleemid

Uute automatiseeritud lahenduste integreerimine olemasolevate infosüsteemidega on keeruline protsess, mis nõuab hoolikat planeerimist, piisavaid ressursse ja spetsialiseeritud teadmisi. Paljud haridusasutused seisavad silmitsi piiratud eelarvete ja vananenud IT-infrastruktuuriga, mis takistab kaasaegsete tehnoloogiate edukat rakendamist. Ühilduvusprobleemid erinevate infosüsteemide vahel kujutavad endast olulist takistust tõhusa automatiseerimise juurutamisel. Sageli puuduvad haridusasutustel ühtsed protokollid ja standardid, mis võimaldaksid süsteemide sujuvat omavahelist suhtlust. Selle tulemusel tuleb andmeid manuaalselt süsteemide vahel üle kanda, mis suurendab vigade tekkimise ohtu ja vähendab töövoo efektiivsust [7].

Pilvetehnoloogiate kasutuselevõtt pakub haridusasutustele võimalusi parandada andmete kättesaadavust ja vähendada koormust kohalikule infrastruktuurile, kuid sellega kaasnevad ka uued turvariskid ja vajadus rangemate andmekaitsemeetmete järele. Kui infoturve ei ole piisavalt tagatud, võivad pilvepõhised lahendused suurendada asutuse haavatavust küberrünnakute suhtes. Lisaks eeldab pilvetehnoloogiate edukas rakendamine, et töötajad valdaksid teadmisi infoturbe, andmehalduse ja küberturvalisuse vallas. Koolituse puudumisel väheneb uute süsteemide kasutusvõimekus ning suureneb risk eksimuste või turvaaukude tekkeks [7].

### Tulevikuväljakutsed ja lahendused

Kunstlik intelligents (AI) ja masinõpe (ML) pakuvad haridusasutustele uusi võimalusi protsesside automatiseerimiseks ja õppimise personaliseerimiseks. Süsteemse ülevaate põhjal on välja toodud, et AI-lahenduste rakendamine võib parandada õpitulemusi, tõhustada õppeprotsesse ning võimaldada õppijakesksemat lähenemist [3].

AI-rakenduste kasutamine hariduses on koondunud nelja peamisse valdkonda:

* Õppijate profiilide koostamine ja tulemuste ennustamine, mis võimaldab riskitegurite varast tuvastamist ja personaalse toe pakkumist;
* Hindamise ja tagasiside automatiseerimine, sealhulgas automaatne hindamine ja kohandatud tagasiside;
* Adaptiivsed õppesüsteemid, mis kohandavad õppematerjale vastavalt õppija vajadustele ja eelistustele;
* Intelligentsed õpetamissüsteemid, mis pakuvad interaktiivset tuge õpetajatele ja õppijatele.

Siiski kaasnevad nende võimalustega ka mitmed eetilised ja praktilised väljakutsed, mis vajavad põhjalikku arvestamist enne laialdast rakendamist.

Esiteks tekitab muret andmekaitse ja privaatsus, kuna AI-põhised süsteemid vajavad suuri andmemahtusid, mis sisaldavad tundlikku teavet õppijate kohta. Sellise info kogumine ja analüüs eeldab rangeid turvameetmeid ja läbipaistvust [3].

Teiseks on oluliseks probleemiks algoritmide läbipaistvus ja õiglus. Masinõppe mudelid võivad tahtmatult tugevdada kallutatusi, mis tulenevad ajaloolistest andmestikest, ning seeläbi kinnistada ebavõrdseid tulemusi.

Kolmandaks esinevad pedagoogilised väljakutsed, kuna AI ei tohiks asendada õpetajaid, vaid neid toetada. Paraku pole paljud õpetajad AI-põhiste lahenduste kasutamiseks piisavalt ette valmistatud ning puudub ka selge arusaam, kuidas need tööriistad õppetööd tõhusalt toetavad.

# AUTOMAATIKA METOODIKA JA UURIMISRAAMISTIK

## Üldine metoodiline raamistik

Käesoleva töö metoodika põhineb kolmel teoreetilisel alustalal (Joonis 1): automatiseerimise kategooriate tuvastamisel, rahvusvaheliste standardite analüüsil ja probleemide kaardistamisel. Need komponendid määrasid ära kogu edasise töö loogilise ülesehituse, sealhulgas küsitluse sisu, olemasolevate lahenduste hindamiskriteeriumid ning MVP funktsionaalsuse.

A diagram of a company's process

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 1 Magistritöö etappide üldine ülevaade

### Metoodilise raamistiku alused

Metoodilise lähenemise kujundamisel võeti aluseks kolm kontseptuaalset alust, mis käsitlevad haridussüsteemide protsesside automatiseerimist kolmest vaatenurgast. Esiteks toetuti viiele automatiseerimise kategooriale, mis käsitlevad administratiivseid, andmepõhiseid, kommunikatiivseid ja otsustusprotsesse, samuti teadmushaldust. Teiseks arvestati rahvusvaheliste standardite – ISO 21001, ISO/IEC 27001 ja ISO 30401 – struktuurseid põhimõtteid, mis suunavad juhtimise, infoturbe ja teadmiste haldamise integreerimist automatiseeritud süsteemidesse. Kolmandaks võeti aluseks levinumad probleemikohad ja takistused, mis on kirjanduse põhjal automatiseerimise juurutamisel ilmnenud, nagu töötajate vastupanu, tehniline haavatavus, infrastruktuuri killustatus ja kultuuriline inerts. Need kolm alust moodustavad metoodilise vundamendi, millele on üles ehitatud nii empiiriline küsitlus kui ka MVP rakenduse funktsionaalne raamistik.

### Küsitlus ja tulemuste analüüs

Lähtudes eelnevalt kaardistatud probleemidest, standarditest ja automatiseerimise kategooriatest, koostati struktureeritud küsitlus, mille eesmärk oli koguda andmeid haridusasutuste töötajate kogemuste, vajaduste ja ootuste kohta protsesside automatiseerimise kontekstis. Küsitlus hõlmas väiteid, mis olid jaotatud vastavusse rahvusvaheliste standardite põhimõtetega ning viie tuvastatud kategooriaga.

Küsitlus viidi läbi elektrooniliselt ning selle tulemusi analüüsiti kvantitatiivsete meetoditega. Peamised analüüsid keskendusid kasutajate hinnangutele:

* korduva andmesisestuse esinemissagedusele,
* süsteemide koostalitlusvõimele,
* kasutusmugavusele ja toele,
* infoturbe teadlikkusele ja praktikale,
* juhtkonna toetusastmele ja koolitusvajadustele.

Kogutud andmed aitasid mõista haridusasutuste igapäevase tööga seotud kitsaskohti ning toetasid MVP funktsionaalsuse planeerimist. Arvestades aga vastuste arvu piiratust, täiendati analüüsi olemasolevate lahenduste kriitilise võrdlusega, et tagada esitatud nõuete mitmekülgsem ja esinduslikum alus.

### Olemasolevate lahenduste analüüs

Kuna küsitluse tulemused ei olnud piisavalt representatiivsed, tugines MVP funktsionaalsuse kavandamine lisaks ka olemasolevate digitaalsete lahenduste kriitilisele analüüsile. Selleks hinnati haridusasutustes laialdaselt kasutatavaid süsteeme, mis toetavad õppe-, haldus- ja andmeprotsesse.

Analüüs keskendus järgmistele keskkondadele:

* Tahvel
* eKool
* Stuudium

Kõiki lahendusi võrreldi järgmiste kriteeriumide alusel:

* funktsionaalsus vastavalt automatiseerimise kategooriatele;
* vastavus ISO standardite põhimõtetele;
* kasutajamugavus ja ligipääsetavus;
* andmete turvalisus ja rollipõhine juurdepääs.

Analüüs viidi läbi stsenaariumipõhise testimise teel, mille eesmärk oli hinnata süsteemide kasutatavust ja funktsionaalset sobivust haridusasutuse igapäevavajadustele. Iga keskkonna puhul sooritati järgmised tegevused:

* Õpetaja määrab hindamise süsteemis
* Hinde või puudumise muutmine
* Õpilaste kohaloleku registreerimine.

Iga stsenaariumi puhul mõõdeti:

* vajalike sammude ja klikkide arvu ülesande täitmiseks,
* liidese visuaalset loogikat ja infotiheduse taset,
* töövoo intuitiivsust ja süsteemi tagasiside selgust,
* ikoonide ja menüüde tähenduslikkust,
* mobiiliversiooni olemasolu ja funktsionaalsust.

Lisaks tehti kvalitatiivseid tähelepanekuid töölaudade infostruktuuri, kujundusloogika ning funktsioonide leidmise lihtsuse kohta. Hindamisel tugineti kasutajakogemuse raamistikule, mis rõhutab kasutajate emotsionaalset tajutavust ja praktilist efektiivsust [8].

Tulemused näitasid, et olemasolevad lahendused ei kata täielikult haridusasutuste vajadusi, eriti seoses süvakohandatavuse, süsteemide vahelise koostalitlusvõime ja raportite paindlikkusega. Need järeldused andsid sisendi MVP arendamiseks ning võimaldasid määratleda fookusfunktsioonid, mis täiendavad turul olevaid võimalusi.

### Nõuete määratlemine ja MVP funktsioonide valik

Pärast teoreetilise raamistiku koostamist, küsitluse läbiviimist ja olemasolevate süsteemide hindamist määratleti MVP kirjeldavad põhifunktsioonid. Nõuete sõnastamisel tugineti järgmistele allikatele:

* automatiseerimise viis kategooriat (peatükk 1.1),
* rahvusvahelised standardid (peatükk 1.3),
* kaardistatud probleemid (peatükk 1.4),
* küsitluse tulemused (peatükk 2.4),
* olemasolevate lahenduste testimise tulemused (peatükk 2.5).

Lähtudes nende elementide kombinatsioonist, määratleti MVP fookusesse kolm funktsiooni, mis vastavad haridusasutustes esinevatele kitsaskohtadele ja vajadustele:

* õpitulemuste analüüsi võimalused – andmepõhise tagasiside toetamine õpetajatele ja juhtkonnale.
* õpilaste kohaloleku jälgimine – lihtsustatud töövoog, mis vähendab käsitsi sisestamist ja vigade tekkimise võimalust.
* kasutusmugavus – intuitiivne liides ja vähendatud klikkide arv igapäevaste toimingute teostamisel.

Funktsioonide valikul lähtuti eelkõige vajadusest:

* toetada otsustusprotsesse andmete kaudu,
* lihtsustada õpetaja ja administraatori rutiinseid tegevusi,
* tagada kiire õpikeskkonnaga kohanemine ka tehniliselt vähemkogenud kasutajate puhul.

Valitud funktsionaalsus moodustas MVP arendusprotsessi keskse lähtekoha, millele järgnes arhitektuuriline kavandamine ja tehniline teostus.

### MVP arendusetapid ja realiseerimine

MVP arendamine toimus iteratiivses tsüklis, kus keskenduti esmalt funktsionaalse tuuma väljatöötamisele ja seejärel kasutajaliidese täiustamisele. Arenduse aluseks oli varem määratletud kolme funktsiooni rakendamine minimaalsete, ent toimivate lahendustena.

Arenduse tehniline teostus hõlmas järgmisi etappe:

1. Andmemudeli kavandamine – määratleti andmebaasi struktuur vastavalt õpilaste, hindamiste, kohaloleku ja kasutajate haldamise vajadustele.
2. Funktsionaalsete moodulite loomine – iga funktsioon (õpitulemused, kohalolek, kasutusmugavus) realiseeriti eraldi moodulina koos vastava kasutajaliidesega.
3. Kasutajaliidese disain – kujundus lähtus lihtsuse ja arusaadavuse põhimõtetest, optimeerides töövoogu ja vähendades klikkide arvu igapäevaste ülesannete täitmisel.
4. Rollipõhine ligipääs ja andmete kaitse – süsteemi rakendati minimaalsed ligipääsukontrolli mehhanismid, mille eesmärk oli testida juurdepääsuõiguste toimivust erinevate kasutajatüüpide puhul (õpetaja,õpilane).
5. Tulemusvaadete ja raportite prototüüp – loodi esmased visuaalid ja koondandmed, mis demonstreerivad potentsiaali analüütiliste funktsioonide edasiarendamiseks.

Arendusprotsess järgnes PDCA-tsüklile (Plan–Do–Check–Act), mis vastab ISO 21001 struktuurile. Arenduskeskkonnaks kasutati veebirakenduse arhitektuuri (front-end + back-end), toetudes avatud lähtekoodiga raamistikele.

### Esmane testimine ja MVP hindamine

Pärast MVP realiseerimist viidi läbi esmane funktsionaalne testimine, mille eesmärk oli hinnata süsteemi töökindlust ning veenduda, et kõik põhifunktsioonid toimivad vastavalt kavandatud eesmärkidele. Testimisel keskenduti järgmistele aspektidele:

* Funktsionaalsus – kontrolliti, kas õpitulemuste analüüsi, kohaloleku jälgimise ja kasutusmugavuse moodulid töötavad stabiilselt, ilma süsteemsete vigadeta.
* Kasutajamugavus – hinnati töövoogude sujuvust, liidese loogikat, navigeerimise lihtsust ja sammude arvu tüüpiliste toimingute täitmisel
* Ligipääsukontroll – testiti rollipõhist õiguste jaotust erinevate kasutajatüüpide (õpetaja, õpilane) vahel, pöörates tähelepanu juurdepääsupiirangute toimimisele

Testimise eesmärk ei olnud lõppkasutajakogemuse kogumine, vaid sisearenduse tasemel töökindluse kontroll, mille tulemused dokumenteeriti ja võeti arvesse edasiste arendusetappide planeerimisel.

## Uurimismeetodid ja andmekogumine

Uuringu eesmärgiks oli hinnata haridusasutuste protsesside automatiseerimise vajadusi ja väljakutseid ning kaardistada töötajate valmisolekut tehnoloogiliste uuenduste rakendamiseks. Selleks viidi haridusasutuste töötajate seas läbi anonüümne veebiküsitlus, kasutades Typeform platvormi, mis tagas kasutajasõbraliku kogemuse ja võimaldas osalejatel vastata endale sobival ajal. Küsimustik töötati välja varasemate teadusuuringute ning rahvusvaheliste standardite alusel, mida käsitletakse käesoleva töö esimeses peatükis. Valim hõlmas üldhariduskoolide ja kutseõppeasutuste töötajaid, pakkudes esmase ülevaate nende suhtumisest automatiseerimisse. Küsitlus levitati e-posti teel, kasutades haridusasutuste ametlikke kontaktandmeid.

### Küsitluse ülesehitus

Küsitlus koosnes 21 küsimusest, mis olid jaotatud viide peamisesse kategooriasse, et katta automatiseerimise ja digiteerimise erinevad aspektid haridusasutustes:

* Elektrooniliste süsteemide kasutamise sagedus (nt e-päevikud, kohaloleku registreerimine, õppeinfosüsteemid)
* Andmete dubleerimine ja koostalitlusvõime probleemid (nt kui tihti tuleb samu andmeid sisestada mitmesse erinevasse süsteemi)
* Töötajate rahulolu ja kasutajakogemus (sh süsteemide kasutajasõbralikkus, töökindlus ja kasutajatoe kättesaadavus)
* Infoturve ja ligipääsuõiguste haldamine (nt ligipääs tundlikele andmetele, infoturbealase koolituse olemasolu)
* Automatiseerimise vajadus ja tulevikusuunad (nt millised protsessid vajaksid automatiseerimist, milliseid funktsioone peetakse kõige vajalikumaks)

Küsitlusele vastas kokku 58 haridusasutuse töötajat, kelleks olid kõik õpetajad.

### Küsitlusuuringu valiku põhjendus

Küsitlusmeetod võimaldas koguda kvantitatiivseid andmeid, mis on olulised haridusasutuste töötajate suhtumise ja kasutajakogemuse struktureeritud analüüsimiseks. Lisaks tagas anonüümsus, et vastajad saaksid ausalt väljendada oma arvamusi, vältides sotsiaalselt soovitava vastamise mõju.

Alternatiivsed meetodid, nagu intervjuud või fookusgrupid, oleksid võimaldanud sügavamale minevat analüüsi, kuid nende läbiviimine oleks olnud ajamahukam ja kaasatud vähem osalejaid, piirates uuringu üldistatavust. Küsitlusuuring pakkus seevastu laiemat ülevaadet töötajate hoiakutest ja kogemustest, tagades suurema osalejate arvu ning võimaldades andmete kvantitatiivset analüüsi.

## Andmete analüüs ja valideerimismeetodid

### Küsitluse põhiküsimused ja vastajate hinnangud

Küsitluse tulemused näitasid, et 86% vastajatest teab, mida tähendab tööprotsesside automatiseerimine, samas kui 14% ei ole selle kontseptsiooniga kursis. See viitab sellele, et haridusasutuste töötajad on üldiselt teadlikud automatiseerimise võimalustest ja võimalikest eelistest, kuid samas võib teadmatus osaliselt takistada uute süsteemide juurutamist.

Elektrooniliste süsteemide kasutamine on väga levinud: 94,7% vastanutest kasutab neid vähemalt mitu korda nädalas ning 78,9% teeb seda igapäevaselt. Vaid 1,8% vastanutest kasutab elektroonilisi süsteeme harva. Need andmed (Joonis 2) kinnitavad, et digitaalsed töövahendid on juba haridusasutuste töös keskse tähtsusega ning protsesside automatiseerimine on seetõttu loomulik samm töövoogude edasiseks optimeerimiseks.

A screenshot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 2 Elektrooniliste süsteemide kasutamise sagedus

Andmete sisestamise dubleerimine on märkimisväärne probleem haridusasutustes. 42,9% vastajatest märkis, et nad peavad samu andmeid sisestama mitmesse erinevasse süsteemi kas igapäevaselt või sageli (3–4 korda nädalas). Ainult 21,4% vastanutest väitis, et nad ei pea kunagi andmeid mitmes kohas dubleerima.

Need tulemused (Joonis 3) viitab vajadusele paremate andmete integreerimise ja koostalitlusvõime lahenduste järele, kuna manuaalne andmete sisestamine on ajamahukas ja suurendab vigade tekkimise riski.

A pie chart with different colored circles

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 3 Andmete dubleerimise probleem haridusasutustes

55,9% vastanutest leidis, et vajalike materjalide ja info leidmine on kas keskmise keerukusega või keeruline (Joonis 4). Vastuste põhjal võib eeldada, et info kättesaadavus ei ole õpetajate jaoks optimaalsel tasemel, mistõttu võivad töövood aeglustuda.

A screenshot of a graph

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 4 Materjalide leidmise lihtsus

Küsitluse tulemused (Joonis 5) tõid esile haridusasutuste töötajate peamised ootused automatiseeritud lahenduste suhtes. Selgelt joonistusid välja mitmed valdkonnad, kus automatiseerimine võiks oluliselt parandada tööprotsesse ja vähendada manuaalset tööd:

* 58,2% vastajatest peab kõige olulisemaks õpilaste kohaloleku ja tulemuste jälgimise automatiseerimist, sealhulgas automaatset kohaloleku registreerimist ja tulemuste analüüsi.
* 49,1% vastanutest soovib õppetundide planeerimise ja tunniplaani haldamise lihtsustamist.
* 47,3% vastanutest peab oluliseks administratiivsete ülesannete (nt dokumentide haldamine ja aruandlus) automatiseerimist.
* 47,3% vastajatest rõhutas suhtluse õpilaste ja vanematega parendamist, sealhulgas meeldetuletuste saatmist, tagasiside kogumist ja koolisündmuste info jagamist.
* 41,8% vastajatest peab vajalikuks koolituste ja õpetajate toetuse paremat korraldamist, sealhulgas koolitusvajaduste kaardistamist.
* 38,2% vastanutest märkis, et andmete sisestamise ja teabe jagamise optimeerimine aitaks töövooge lihtsustada ja vähendada vigade riski.
* 38,2% vastajatest peab oluliseks turvalisuse ja andmekaitse parandamist, sealhulgas meeldetuletusi parooli vahetamiseks ja lihtsamaid juhiseid turvalisuse tõstmiseks.
* 34,5% vastanutest leiab, et IT ja tehnilise toe protsessid vajavad parandamist, sealhulgas lihtsamat võimalust pöörduda tehnilise toe poole ja jälgida probleemide lahendamise edenemist.



Joonis 5 Millises valdokonnas on vaja rohkem automatuseerimist

### Kas küsitluse tulemused on representatiivsed?

Käesoleva küsitluse tulemused annavad väärtusliku ülevaate haridusasutuste õpetajate kogemustest ja ootustest seoses protsesside automatiseerimisega. Valim hõlmas erinevate ainete õpetajaid, võimaldades analüüsida automatiseerimise vajadusi mitmesugustes õppevaldkondades ning teha esialgseid järeldusi digilahenduste kasutuse kohta haridussektoris.

Siiski tuleb arvestada, et küsitluses osalesid ainult õpetajad, mistõttu ei pruugi tulemused kajastada teiste haridusasutuste töötajate, näiteks administraatorite või IT-spetsialistide, seisukohti. Kuna just administratiiv- ja IT-personal mängivad olulist rolli haridusasutuste juhtimisel ning tehniliste lahenduste rakendamisel, võiks nende kaasamine anda täiendava perspektiivi ja parema ülevaate institutsioonide vajadustest.

Samuti nagu oli öelnud, et küsitluse valimi suurus on piiratud ning see ei pruugi täielikult katta kõiki haridusasutuste tüüpe, nagu põhikoolid, kutsekoolid ja ülikoolid. Seetõttu võib tulemuste üldistamine laiemale haridussektorile vajada täiendavat valideerimist.

Valimi võimalike piirangute vähendamiseks toetutakse analüüsis ka olemasolevate automatiseeritud lahenduste võrdlusele, mis võimaldab hinnata küsitluse tulemuste vastavust tegelikele kasutusmustritele. See aitab selgitada, millised probleemid on süsteemsed ja millised tulenevad subjektiivsetest kasutajakogemustest või hoiakutest.

## Küsitluse tulemuste seos teoreetilise analüüsiga

Empiirilised andmed kinnitavad mitmeid töö teoreetilises osas esitatud probleeme ja vajadusi. Elektrooniliste süsteemide kõrge kasutussagedus (78,9% kasutavad igapäevaselt) näitab nende kriitilist rolli haridusasutustes. Samal ajal on andmete dubleerimine (42,9% vastajatest) seotud killustatud infosüsteemidega, millele on tähelepanu juhtinud Gkrimpizi ja Peristeras [7]. Nende sõnul viib platvormide vähene integreeritus käsitsi andmesisestuseni, mis suurendab vigade riski ning vähendab protsesside tõhusust. Üheks potentsiaalseks lahenduseks on API-põhine andmevahetus, mida käsitletakse ka MVP arendusvõimaluste kontekstis (vt 4.3).

Küberturvalisuse teadlikkuse madal tase (36,8% vastanutest ei ole läbinud koolitusi) viitab vajadusele süstemaatilise teavitustöö ja koolitusprogrammide järele. Sama probleemi on rõhutanud ka Jawaid [5], kes näeb õpetajate ettevalmistuse puudulikkust kui peamist haavatavust haridusasutuste turbes. ISO/IEC 27001 standard ka nõuab vastava pädevuse arendamist kõigil tasanditel.

Käsitsi tehtava töö automatiseerimise vajadus ilmneb eriti kohaloleku registreerimises (58,2%), tunniplaanide haldamises (49,1%) ja dokumentide käsitlemises (47,3%). See vastab Selwyni [1] hinnangule, et automatiseerimist tuleks suunata korduvate protsesside vähendamisele ja ressursside optimeerimisele.

55,4% vastanutest väljendas soovi intuitiivsema ja kasutajasõbralikuma liidese järele. See on kooskõlas Hassenzahli ja Tractinsky [4] kasutajakogemuse (UX) raamistikuga, mille järgi UX hõlmab mitte ainult kasutatavust, vaid ka emotsionaalseid, esteetilisi ja kontekstuaalseid aspekte. Hea kasutajakogemus suurendab kasutajate rahulolu ja süsteemi korduvkasutust. Selleks, et paremini mõista UX-i mitmemõõtmelist olemust, võib tugineda mudelile (Joonis 6), mis jagab UX-i kolme põhilisse kategooriasse:



Joonis 6 Kasutajakogemuse (UX) kolm dimensiooni [8].

Kolm keskset UX-põhimõtet on järgmised:

1. Traditsioonilisest instrumentaalsusest kaugemale liikumine – oluline on mitte ainult funktsionaalsus, vaid ka esteetika ja emotsionaalne mõju.
2. Positiivsete emotsioonide roll – visuaalne lihtsus ja sujuv navigeerimine loovad usaldusväärse keskkonna.
3. UX-i kontekstuaalsus ja dünaamilisus – süsteem peab kohanduma kasutaja vajaduste ja olukordadega.

Lisaks näitab kultuuriline inertsustase, et 23,6% kasutajatest piirdub ainult ühe süsteemiga. Samal ajal kasutab 70,9% täiendavaid süsteeme suhtluseks ja 36,4% õppetööks, kuid vaid 14,5% haldustööks. See viitab vajadusele paremate integreeritud lahenduste järele, mida saab toetada ISO 30401 teadmushalduse printsiipidele vastava MVP kaudu.

Empiiriliste andmete ja teoreetiliste lähtekohtade võrdlus võimaldab välja tuua järgmised süsteemi edasiarenduse prioriteedid:

* Integreeritus olemasolevate LMS-idega, et vähendada andmete dubleerimist.
* Andmepõhine analüüs ja aruandlus õpitulemuste optimeerimiseks.
* UX-põhimõtetel põhinev liidese lihtsustamine.
* Süsteemipõhised küberturvalisuse koolitusmoodulid (ISO/IEC 27001).
* Juhend- ja tugivahendid õpetajatele täiendavate süsteemide kasutuselevõtuks.
* ISO 30401 raamistikule tuginev teadmusmoodul uute kasutajate toetamiseks.

## Olemasolevate lahenduste analüüs

### Raamastiku loomine

Automatiseeritud lahenduste hindamisel haridusasutustes on oluline tugineda selgetele ja teaduspõhistele kriteeriumidele, mis arvestavad nii tehnoloogilisi kui ka pedagoogilisi vajadusi. Küsitluse tulemuste ning asjakohase teaduskirjanduse põhjal [2][3][8] on MVP (minimum viable product) arendamisel määratletud kolm keskset fookusvaldkonda:

* Kasutusmugavus (UX/UI): süsteemi intuitiivsus ja esteetiline kvaliteet mõjutavad oluliselt selle kasutuselevõttu ning igapäevast kasutamist haridusasutustes.
* Kohaloleku jälgimine: manuaalse töö vähendamine ja täpsete andmete kogumine kohaloleku kohta suurendab töövoogude tõhusust.
* Õpitulemuste analüüs: võimalus hinnata õppeprotsessi edukust ja varakult tuvastada akadeemilisi riske tuginedes andmetel põhinevatele lähenemistele.

Need kolm aspekti ei ole üksnes MVP arenduse prioriteedid, vaid ka fundamentaalne lähtealus igasuguse haridustehnoloogilise arenduse puhul. Just nende kaudu kujuneb süsteemi võimekus toetada tõhusat suhtlust, andmepõhist juhtimist ja õppeprotsessi läbipaistvust. Kuna iga haridusasutuse keskmes on õppija, tuleb igasugune süsteemiarendus rajada lahendustele, mis toetavad õpilastega seotud töövoogude haldamist ja nende arengu jälgimist.

### Hindamiskriteeriumid

Hindamiskriteeriumide eesmärk on struktureerida võrdlevat analüüsi olemasolevate haridustarkvarade (Stuudium, Tahvel, eKool) vahel, keskendudes peamiselt funktsionaalsusele, kasutusmugavusele ja standarditele vastavusele. Kriteeriumid on tuletatud ISO 21001, ISO/IEC 27001 ja ISO 30401 põhimõtetest ning praktilistest vajadustest, mis ilmnesid küsitluste põhjal.

* Kasutusmugavus ja töövoo efektiivsus (UX/UI)
  + Põhitoimingute (nt hinde lisamine, kohaloleku registreerimine) läbimiseks vajalike klikkide arv.
  + Navigeerimise ja struktuuri loogilisus (nt menüüde paigutus, ülesannete leidmise kiirus).
  + Reageeriv disain ja mobiiliversiooni olemasolu.
  + Kasutajaliidese visuaalne lihtsus ja arusaadavus.
  + Kasutuskogemust toetavad funktsioonid (nt vihjed, otsing).
* Õpilaste kohaloleku ja tulemuste jälgimine
  + Automaatne kohalolekuandmete kogumine.
  + Õpijapõhine tulemuste vaatamine ja analüüsi võimalus.
  + Statistiliste näitajate.
  + Grupi- või individuaaltasandi analüütika tugi.
* Turvalisus ja ligipääs
  + Rollipõhine ligipääsu haldus.
  + Autentimise ja juurdepääsu mehhanismid (nt paroolipoliitikad, kaheastmeline autentimine).
  + Auditilogide olemasolu ja tegevuste jälgitavus.
  + Andmete valideerimine ja logimine.
* Koostalitlus ja aruandlus
  + Koostalitlusvõime EHIS, Moodle, Pinal vms riiklike või haridustarkvara süsteemidega.
  + Võimalus andmeid eksportida (CSV, PDF).
  + Aruandlusfunktsioonide paindlikkus ja kasutajapoolsed seadistusvõimalused.
* Halduse ja õpetajatoe funktsioonid
  + Võimalus salvestada ja hallata faile või dokumente süsteemis.
  + Dokumenteeritud arendusprotsess ja tagasisidetsüklid (nt PDCA mudeli olemasolu).
  + Õppetegevuste kavandamise ja hindamise tööriistade kättesaadavus.
  + Õpetajale suunatud toetusfunktsioonid.

### Süsteemi kasutusstsenaariumid

Süsteemi planeerimise ja MVP kavandamise osana koostati kolm tüüpilist kasutusstsenaariumi, mis kirjeldavad õpetaja igapäevaseid tegevusi seoses hindamise ja kohaloleku registreerimisega. Stsenaariumid aitavad modelleerida süsteemi töövooge ning võimaldavad hinnata kasutajamugavust, tegevuste järjestust ja tööprotsesside lihtsust. Nende põhjal oli võimalik määratleda, millised funktsioonid on õpetajate seisukohast esmavajalikud ning millised elemendid vajavad optimeerimist. Alljärgnevad stsenaariumid illustreerivad tüüpilisi tegevusvooge, mis toetavad MVP funktsionaalsuse arendamist.

Stsenaariumi 1: Õpetaja määrab hindamise süsteemis

1. Platvormi avamine
2. Hindamisvaate avamine
3. Klassi ja aine valimine
4. Õpilase valimine ja hinde määramine
5. Hinde kinnitamine ja salvestamine
6. Töökeskkonnast lahkumine

Stsenaarium 2: Hinde või puudumise muutmine

1. Platvormi avamine
2. Hindamis- või kohalolekuregistri vaate avamine
3. Soovitud õpilase valimine
4. Olemasoleva hinde või kohaloleku staatuse muutmine
5. Salvestamine ja süsteemi tagasiside
6. Töökeskkonnast lahkumine

Stsenaarium 3: Õpetaja registreerib õpilaste kohaloleku

1. Platvormi avamine
2. Kohalolekuregistri avamine
3. Kohaloleku märkimine
4. Salvestamine ja süsteemi tagasiside
5. Töökeskkonnast lahkumine.

Kolm kirjeldatud stsenaariumi kajastavad tüüpilisi õpetaja tegevusi seoses hindamise ja kohaloleku registreerimisega. Neid töövooge kasutatakse võrdlusena ka järgmistes alapeatükkides, kus analüüsitakse olemasolevaid keskkondi (Tahvel, Stuudium ja eKool) nende stsenaariumide põhjal.

### Tahvel – süsteemi kasutatavuse hindamine

Tahvel on Eesti haridusasutustes laialdaselt kasutatav infosüsteem, mis toetab õppe- ja haldustegevusi. Selle alapeatüki eesmärk on hinnata Tahvli kasutajaliidest ja töövoogu õpetaja vaatenurgast, tuginedes eelnevalt kirjeldatud kasutusstsenaariumidele. Analüüs keskendub neljale aspektile: navigeerimise loogika, töövoo sujuvus, visuaalne hierarhia ja andmepõhise analüütika olemasolu.

Tahvli peaekraanil (Joonis 7) on põhimenüü paigutatud vasakule, mis võimaldab kasutajal kiiresti leida peamised funktsioonid.

A screenshot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 7 Tahvli peaekraan

Esiteks on navigeerimise struktuur üldiselt loogiline. Vasakule paigutatud peamenüü sisaldab temaatiliselt jagatud sektsioone, nagu „Õppekavad“, „Tunniplaan ja sündmused“, „Teated“ ning „Akadeemiline kalender“. Selline ülesehitus toetab kiiret ligipääsu olulistele funktsioonidele. Samas võivad mõned üldist laadi nimetused, näiteks „Õppetöö“, olla uutele kasutajatele segased. Lisaks puudub visuaalne märge menüü laienemise või sulgumise kohta, mis võib vähendada orienteerumise lihtsust.

Teiseks on töövoo sujuvuse osas Tahvel enamasti hästi struktureeritud. Peamiste funktsioonideni jõudmine ei nõua liigset klikkimist ja keelevahetuse funktsioon on lihtsalt leitav. Siiski puudub otsinguriba, mis võiks kiirendada funktsioonide ja info leidmist. Lisaks ei ole avalehelt otsest juurdepääsu õpetajate igapäevastele tööriistadele, nagu hindamine või kohaloleku märkimine.

Kolmandaks on kasutajaliidese kujundus visuaalselt rahulik ja sektsioonid on üldiselt loogiliselt eristatud. Värvivalik on neutraalne, mis toetab info tajumist. Probleemiks võib osutuda ikonograafia, mis ei pruugi anda funktsioonidest selget visuaalset vihjet. Samuti on menüü ja sisu vaheline tühik minimaalne, mistõttu võib ekraan tunduda visuaalselt koormatud.

Lõpuks on Tahvli andmepõhise tagasiside ja analüütiliste tööriistade tase madal. Ainekaardi vaates kuvatakse üksnes üldised kontakt- ja kogutunnid õppegrupi tasandil (nt 416/419 tundi) (Joonis 8), kuid puuduvad visuaalsed graafikud, hindejaotused või individuaalse arengu jälgimise võimalused.

#### Andmepõhine tagasiside ja visuaalne analüütika Tahvelis

Joonis 8 Tahvli andmepõhise tagasiside minimaalne vaade

Samuti ei paku süsteem filtrit ega aruannete eksportimise tuge. Kuigi esmane info on olemas, ei toeta süsteem õpetajat sisuliste andmepõhiste otsuste tegemisel.

Kokkuvõttes võib hinnata Tahvli kasutusmugavust ja funktsionaalsust keskmiseks. Süsteem täidab põhilised ootused, kuid kasutajaliidese loogika ja visuaalne tugi vajavad optimeerimist, et toetada tõhusat õpetajatööd.

### Stuudium

Stuudium on Eestis laialdaselt kasutatav õppekorralduse infosüsteem, mille sihtrühmaks on üldharidus- ja kutsekoolide õpetajad, õpilased ja lapsevanemad. Süsteemi eesmärk on lihtsustada igapäevaseid haldus- ja suhtlustoiminguid, pakkudes keskset keskkonda hindamiseks, kohaloleku registreerimiseks ja infovahetuseks.

Navigeerimise struktuur on üldiselt selge jaotusega. Vasakmenüü jaguneb kolmeks peamiseks sektsiooniks – „Sinu päevikud“, „Muud asjad“ ja „Ringipäevikud“ (Joonis 9). Selline jagunemine aitab kasutajal kiiresti tuvastada peamised töövaldkonnad ning vältida liigset infot. Samas võib mõiste „Muud asjad“ olla uutele kasutajatele segane ning mõned tööriistad on jaotatud mitmesse asukohta (nt „Kontrolltööd“ paremal ja „Õppeaine info“ menüü sügavamates kihtides), mis võib kasutuskogemust aeglustada.



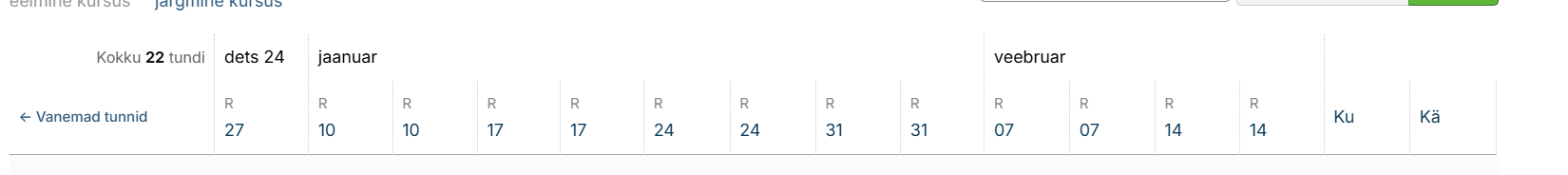
Joonis 9 Stuudiumi peaekraan

Stuudiumi õpetajavaates esitatakse ainult tundide koguarv, mis näitab, kui palju õppetunde on vastava aine raames toimunud. Süsteem ei kuva koondstatistikat õpitulemuste, puudumiste või muu analüütilise teabe kohta. Samuti puuduvad visuaalsed elemendid, mis aitaksid õpetajal kiiresti hinnata klassi üldist edasijõudmist või õpilaste käitumismustreid.

Töövoo sujuvus on hästi toetatud: peamine töölaud kuvab esmalt kasutaja jaoks olulised päevikud ning kodutööde ja kontrolltööde info on koondatud ühtsesse vaatesse. Disain on minimalistlik ja informatsiooni jaotus on hästi tasakaalustatud, mis aitab vältida ülekoormatuse tunnet. Siiski jäävad mõned igapäevaselt olulised funktsioonid, nagu hinnete või kohaloleku registreerimise juurdepääs, peidetuks ning nende leidmine võib nõuda lisaklikke.

Kasutajaliidese üldine visuaalne esteetika on puhas ja kaasaegne, pakkudes selget sektsioonide eristust ja mugavat ruumikasutust. Märkmikud ning värvikoodid lisavad kasutuskogemusele visuaalset tuge. Probleemiks võib osutuda vasak- ja parempoolsete elementide tasakaal – vasakmenüü on lihtsustatud, samas kui paremal on koondatud mitmekesine info. Ikonograafia on minimaalne, mistõttu visuaalsed vihjed võivad vajada täiendust.

Andmepõhise tagasiside ja analüütiliste tööriistade osas on Stuudium piiratud (Joonis 10). Õpetaja saab ülevaate üksnes aine tundide koguarvust, mis aitab jälgida töökoormust, kuid süsteem ei paku täiendavat statistikat tulemuste, puudumiste või akadeemilise arengu kohta. Puuduvad visuaalsed graafikud, analüüsivõimalused ning aruannete eksportimise tugi, mis piirab süsteemi kasutatavust pedagoogilistes otsustes.



Joonis 10 Stuudiumi andmepõhise tagasiside minimaalne vaade

Hinnanguliselt on Stuudium visuaalselt ja loogiliselt hästi üles ehitatud keskkond, mis võimaldab igapäevaste toimingute tegemist mugavalt, kuid selle piiratud analüütiline funktsionaalsus ei toeta täiel määral andmepõhist õpetamise juhtimist. Seetõttu võiks süsteemi täiendada, et pakkuda õpetajatele rohkem sisukaid tööriistu tulemuste jälgimiseks ja otsuste langetamiseks.

### Ekool

eKool on Eestis laialt levinud õppehaldussüsteem, mida kasutavad õpetajad, õpilased ja lapsevanemad, pakkudes tuge hindamisele, suhtlusele ja koolielu korraldamisele. Peale sisselogimist peab kasutaja valima kooli, mis võib esmasel kasutusel segadust tekitada. Navigeerimise loogika jaguneb vasak- ja ülamenüü vahel, sisaldades kategooriaid nagu „Kooli leht“, „Tunniplaan“, „Aruanded“, „Hindamine“ (Joonis 11). Menüüpunktide paiknemine erinevates kohtades võib vähendada töövoo sujuvust ning puudub otsingufunktsioon, mis takistab kiiret ligipääsu vajalikele funktsioonidele.

#### Ekooli navigeerimise selgus – hinnang

A screenshot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 11 Ekooli peaekraan

Töövoogude sujuvus sõltub sellest, et kool on eelnevalt valitud – alles seejärel muutuvad päevikud ja hindamine ligipääsetavaks. Kuigi põhifunktsioonid (nt hinded ja kohalolek) on koondatud, vajab töö alustamine mitut klikki ning peamenüüs on ka üldisemaid funktsioone („Perepakett“, „Kooli juhtkond“), millel pole igapäevatööga otsest seost.Andmepõhine tagasiside ja visuaalne analüütika eKoolis.

Visuaalne disain on neutraalne ja struktureeritud, kuid ikonograafia ei ole alati intuitiivne (nt plussmärk vasakmenüüs), mis võib kasutajat segadusse viia. Tekstide ja elementide tihedus, eriti „Minu päevikud“ vaates, vähendab loetavust ja mugavust.

Statistikamoodul (Joonis 12) on Ekoolis tugevaks küljeks – süsteem pakub hindejaotuse graafikuid (keskmine, mediaan, mood), hindamiste ja tundide sisestamise ülevaateid ning puudumiste koguarvu koos põhjendamata puudumiste osakaaluga. Visuaalne esitus toetab õpetaja otsustusprotsessi. Samas puudub andmete filtreerimisvõimalus ainete või õpilaste kaupa ning grupipõhised ülevaated ei võimalda personaalse jälgimise teostamist. Andmete eksport puudub, mistõttu aruandluseks on vaja täiendavaid lahendusi.

A graph with a bar chart

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 12 eKooli statistikat

Hinnanguliselt pakub eKool tugevat andmepõhist tuge õpetajatele, eriti statistiliste näitajate ja visuaalsete tööriistade osas. Siiski vajab süsteem arendusi personaalse õpijälgimise võimaldamiseks ja interaktiivsema kasutajakogemuse loomiseks.

### Süsteemide võrdlev analüüs

Et mõista paremini analüüsitud süsteemide (Stuudium, Tahvel, eKool) tugevusi ja nõrkusi, viidi läbi kaheastmeline võrdlev analüüs. Esmalt hinnati keskkondi praktiliste stsenaariumite alusel (Tabel 2) — tüüpilised kasutusjuhtumid hõlmasid hindamise lisamist, ülesande loomist ja kohaloleku registreerimist. Selle alusel analüüsiti kasutajaliidest, funktsionaalsust ja kasutusmugavust.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Hindamiskriteerium | Stuudium | Tahvel | eKool |
| Stsenaarium 1 | 8 | 10 | 7 |
| Stsenaarium 2 A (hinde jaoks) | 7 | 9 | 5 |
| Stsenaarium 2 B (pudumine jaoks) | 7 | 8 | 6 |
| Stsenaarium 3 | 7 | 8 | 6 |
| Automaatne kohalolekuandmete kogumine | Ei | Ei | Ei |
| Õpilaste õpitulemuste analüüs | Osaliselt | Ei | Osaliselt |
| Navigeerimise selgus | Hea | Keskmine | Keskmine |
| Mobiiliversiooni olemasolu | Jah | Ei | Ei |
| Madalate tulemuste tuvastamine | Osaliselt | Ei | Ei |
| Statistika ja andmeanalüütika olemasolu | Puudub | Puudub | Olemas |

Tabel 2 Stuudiumi, Tahvli ja eKooli võrdlus põhifunktsioonide lõikes

Teises etapis viidi läbi võrdlus (Tabel 3) vastavuse osas valitud rahvusvahelistele standarditele: ISO 21001, ISO 30401 ning ISO/IEC 2700. Analüüs tugines standardite sisulistele põhimõtetele ja nende rakendatavusele haridustarkvaras. Loodud võrdlustabel keskendus kümnele selgelt määratletud kriteeriumile, näiteks PDCA tsükli kasutamine, rollipõhine ligipääs, auditilogide olemasolu ja koostalitlus riiklike süsteemidega (EHIS, Pinal, Moodle).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Kriteerium | Stuudium | Tahvel | eKool |
| Võimalus õpetajal sisestada ja hinnata õpitulemusi | Olemas | Olemas | Olemas |
| Rollide olemasolu huvigruppidele | Olemas | Olemas | Olemas |
| Dokumenteeritud arendusprotsess ja tagasisidetsükkel (PDCA) | Osaliselt | Osaliselt | Osaliselt |
| Õppetegevuste kavandamise ja hindamise tööriistad | Olemas | Olemas | Olemas |
| Failide või dokumentide salvestamine ja haldamine | Osaliselt | Osaliselt | Osaliselt |
| Selgelt määratud rollid ja õiguste haldus | Olemas | Olemas | Olemas |
| Autentimise ja juurdepääsu turvamehhanismid | Olemas | Olemas | Olemas |
| Andmete tervikluse kontroll: valideerimine/logimine | Olemas | Olemas | Olemas |
| Auditilogid: tegevuste jälgitavus süsteemis | Osaliselt | Osaliselt | Osaliselt |
| Koostalitlus: liidestamine EHIS/Moodle/Pinaliga | Olemas | Osaliselt | Olemas |

Tabel 3 Kolme haridustarkvara (Stuudium, Tahvel, eKool) hindamine ISO standardite alusel

Analüüsitabelitest ilmneb, et kuigi ükski vaadeldud süsteem ei esita ametlikku vastavusdeklaratsiooni rahvusvahelistele standarditele, on mitmes valdkonnas märgata sisulist ühtelangevust nende põhimõtetega. Näiteks on kõikides platvormides olemas rollipõhine juurdepääs, turvalisuse tagamise mehhanismid ning võimalused õpitulemuste haldamiseks [21][22][23]. Mõnes valdkonnas, nagu auditilogid või koostalitlusvõime, on lähenemised erinevad või puudulikud, kuid samas leidub lahendusi, mis toetavad õpetajat igapäevases töös ja süsteemsel kujul teadmiste haldamisel.

Süsteemide funktsionaalsuse ja standardite vaheline kooskõla võimaldab määratleda, millised komponendid on enim arendatud ning millised vajavad tulevikus täiendamist. Selline lähenemine loob aluse sellele, et edasine arendus või uute lahenduste väljatöötamine võiks arvestada nii praktilise kasutusloogika kui ka standardipõhise süsteemikäsitluse koostoimet.

Analüüsi tulemused kujundasid aluse järgmises peatükis kirjeldatud funktsionaalsetele ja mittefunktsionaalsetele nõuetele MVP-le.

## Rakenduse MVP nõuded

Töös analüüsisime haridusasutuste protsesside automatiseerimise vajadusi, lähtudes rahvusvahelistest standarditest, olemasolevate süsteemide analüüsist ning haridusasutuste töötajate küsitluse tulemustest.

Küsitlusest ja analüüsist selgusid järgmised võtmeküsimused:

1. Käsitsi tehtav töökoormus on liiga suur – õpetajad ja administraatorid kulutavad palju aega õpilaste kohaloleku registreerimisele, hinnete sisestamisele ning aruannete koostamisele.
2. Puudulikud integreerimisvõimalused – paljud haridusasutused kasutavad paralleelselt mitut süsteemi (nt eKool, Stuudium, Moodle), kuid andmed ei sünkroniseeru nende vahel, tekitades topeltandmete sisestamise vajaduse.
3. Ebapiisav suhtlus kooli, õpetajate, õpilaste ja vanemate vahel – puuduvad struktureeritud ja efektiivsed kommunikatsioonikanalid, mis võimaldaksid kiiret ja selget infovahetust.
4. Õpetajate koolitusvajadus – õpetajad tunnevad puudust tehnoloogilistest juhenditest ning süsteemide kasutamise koolitustest, mis takistab digilahenduste tõhusat kasutamist.
5. Puuduvad AI-põhised analüüsivahendid – koolidel puudub võimekus kasutada andmepõhist analüütikat õpilaste õpitulemuste prognoosimiseks ja individuaalsete arengusuundade määramiseks.
6. Andmekaitse ja turvalisus vajavad parandamist – haridusasutustes on mureks GDPR-i ja infoturbe standarditele vastavus, sealhulgas turvaline autentimine ja andmete kaitse.
7. Nende leidude põhjal määrasime kindlaks rakenduse tehnilised ja funktsionaalsed nõuded, mis aitavad lahendada eelpool toodud probleemid. Nõuded jagunevad funktsionaalseteks ja mittefunktsionaalseteks.

### MVP Funktsionaalsed nõuded

Et rakendus vastaks õpetajate igapäevastele töövoogudele, määrati MVP esimeses versioonis järgmised funktsionaalsed komponendid:

#### Kohaloleku registreerimine

* + Õpetaja saab luua tunni ja registreerida kohaloleku õpilastele.
  + Kohalolekut saab märkida kolme staatusega: kohal, puudus, hilines.
  + Igal tunnil genereeritakse QR-kood, mida õpilased saavad skaneerida kohaloleku kinnitamiseks.
* Õpitulemuste sisestamine ja vaatamine
  + Õpetaja saab lisada hinnanguid õpilastele: hinne.
  + Igal õpilasel on profiilivaade, kus kuvatakse tema individuaalsed hinnangud, kohaloleku staatused ja koondinfo.
  + Klassipõhine koondvaade hetkel puudub; kogu statistika on kättesaadav üksnes õpilase profiilivaates.
* Autentimine ja rollihaldus
  + Kasutajad logivad sisse e-maili ja parooliga.
  + Õpetajatel ja õpilaseö on erinevad ligipääsud.

### Mittefunktsionaalsed nõuded

Lisaks konkreetsetele funktsioonidele peab süsteem vastama ka üldistele kvaliteedi- ja turbenõuetele, mis tagavad selle töökindluse, arendatavuse ning kasutajasõbralikkuse. Järgnevalt on välja toodud MVP tehnilised ja kasutusmugavust toetavad nõuded:

* Kasutusmugavus ja ligipääsetavus
  + Süsteemi kasutajaliides on intuitiivne ja lihtsasti navigeeritav – põhifunktsioonid on teostatavad väiksema klikimääraga võrreldes olemasolevate lahendustega.
  + Menüüd ja nupud on paigutatud kasutaja loogilise töövoo alusel; värvikasutus on neutraalne ja tähelepanu ei häiri.
  + Stabiilsus ja salvestus
  + Andmed salvestatakse mySQL andmebaasi.
* Turvalisus ja andmekaitse
  + Paroolid salvestatakse bcrypt algoritmiga, mis tagab krüpteeritud ja turvalise paroolihalduse.
* Arendatavus ja arhitektuuriline paindlikkus
  + Süsteem on arendatud veebirakendusena, mille front-end ja back-end on eraldatud (SPA loogika).

# VEEBIRAKENDUSE ARENDUS JA TEOSTUS

## MVP arhitektuuri kavandamine

### Veebirakenduse valiku põhjendused

Veebirakendus on tänapäevastes organisatsioonides, sealhulgas haridusasutustes, kõige sobivam lahendus mitmel põhjusel:

* Platvormi sõltumatus:Veebirakendused töötavad igas seadmes, millel on veebibrauser, olenemata operatsioonisüsteemist (Windows, macOS, Linux või mobiiliplatvormid
* Hõlbus juurdepääs ja hooldus: Veebirakendused ei vaja eraldi paigaldamist ja värskendusi kasutajaseadmetes. Kõik muudatused tehakse serveripoolselt, mis lihtsustab hooldust ja tagab, et kõik kasutajad töötavad alati uusima versiooniga. See omadus on eriti oluline haridusasutustes, kus IT-ressursid võivad olla piiratud.
* Kaugjuurdepääs ja koostöövõimalused: Veebirakendused võimaldavad töötajatel ja õpetajatel kasutada süsteemi mistahes asukohast. See on eriti kasulik hübriid- või kaugtöö lahenduste korral, kus õpetajad ja administraatorid vajavad ligipääsu rakendusele nii koolist kui kodust.
* Skaleeritavus ja integratsioon: Veebirakendused võimaldavad hõlpsat integratsiooni teiste süsteemidega, nagu andmebaasid, õppehaldussüsteemid (LMS). Samuti on veebirakenduse arhitektuuri lihtne skaleerida vastavalt kasutajate arvule.
* Kogemuspõhine sobivus arendajale: Veebirakenduste arendamine põhineb laialdaselt levinud, millel autoril on pikaajaline praktiline kogemus. Käesoleva töö MVP on välja töötatud just veebirakendusena, kuna see võimaldas kiiret prototüüpimist, testimist ja juurutamist ka piiratud ajaraamistikus.

### Projektistruktuur ja kaustade jaotus

Rakendus jaotati loogiliselt kaheks sõltumatuks osaks: backend ja frontend (Joonis 13), et toetada skaleeritavust ja arendamise lihtsust. Selline lähenemine võimaldab mõlemat osa eraldi testida, hallata ja vajadusel iseseisvalt asendada.

A screenshot of a computer program

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 13 Projektistruktuur

Serveripoolse loogika struktuur järgib modulaarset ülesehitust, et tagada selgus, laiendatavus ja hooldatavus. Failistruktuur on organiseeritud järgmiselt:

* config/ – ühenduse seadistused (nt andmebaas, keskkonnamuutujad).
* models/ – Sequelize mudelid, mis määratlevad andmebaasitabelite struktuuri.
* routes/ – API lõpp-punktid, mis suunavad päringud vastavatele kontrolleritele.
* utils/ – abifunktsioonid ja turvamehhanismid, nt tokenite haldus.
* server.js – rakenduse sisenemispunkt, kus Express server käivitatakse ja marsruudid registreeritakse.

Selline jaotus toetab Separation of Concerns põhimõtet, kus igal moodulil on selge vastutus.

Kasutajaliidese (frontend) arhitektuur järgib kaasaegset komponentpõhist ülesehitust, mille eesmärk on tagada selge loogika ja skaleeritavus. Rakenduse failistruktuur frontend/ kaustas on jaotatud järgmiselt:

* api/ – kõik API-päringud (axios-põhised funktsioonid), mis suhtlevad taustateenusega.
* components/ – taaskasutatavad UI-komponendid (nt nupud, modaalid, vormid).
* pages/ – vaated ehk lehed, mis vastavad marsruutidele (nt Tunnid, Kasutajad).
* imgs/ – pildid ja ikoonid, mida kasutatakse UI-s.
* styles/ – globaalne ja kohandatud CSS või SCSS stiilifailid.

Selline modulaarne ja loogiline jaotus võimaldab kiiret navigeerimist projektis ning lihtsustab arendusmeeskonna tööd. Näiteks muudatuste tegemine ainult kasutajaliideses ei nõua backend-failide avamist ning andmevahetuse loogika on koondatud ühte kohta (api/), mis toetab testitavust ja hooldatavust.

### ****Frontend****

Frontend arendati React-raamistiku baasil, mis töötab koos HTML-i, CSS-i ja JavaScriptiga. Selline kombinatsioon võimaldab luua komponentidel põhineva, kiire ja hästi hallatava kasutajaliidese. Reacti kasuks otsustati selle laialdase kogukonnatoe, aktiivse arendustegevuse ning sobivuse tõttu ühe lehega rakenduste loomiseks (SPA) [18].

Arenduskeskkonna seadistamisel kasutati valmiskonfiguratsioonide komplekti, mis lihtsustas projekti käivitamist, testimist ja kompileerimist. Lisaks rakendati mehhanisme failimuudatuste jälgimiseks virtualiseeritud keskkondades, et tagada sujuv arendustöö.

Funktsionaalsuse tagamiseks integreeriti järgmised võtmetehnoloogiad:

* React Router – kasutajaliidese marsruutimise haldamiseks;
* Axios – REST API-põhiseks andmevahetuseks backendiga;
* Chart.js – dünaamiliste andmevisualisatsioonide loomiseks;
* QR-koodi genereerimine ja skaneerimine – kohaloleku registreerimise lihtsustamiseks;

Selline tehniline valik tagas kaasaegse, modulaarse ja hästi laiendatava kasutajaliidese, mis toetab õpetajate igapäevaseid töövooge ja arendusmeeskonna efektiivset tööd.

### ****Backend****

Rakenduse taustateenused töötasid Node.js-i platvormil, mis on populaarne JavaScripti käituskeskkond serveripoolsete rakenduste arendamiseks [17]. Selle peale loodi Express.js-i abil REST API struktuur, mis võimaldab päringuid ja vastuseid hallata lihtsalt ja laiendatavalt. Backend oli kirjutatud CommonJS mooduliformaadis, kus keskseks käivitusfailiks oli server.js

Arendusprotsessis kasutati Nodemon-i automaatseks serveri taaskäivitamiseks koodimuudatuste korral, kiirendades sellega arendustsüklit. Konfiguratsioon failis dotenv võimaldas keskkonnapõhiste muutujate turvalist haldust.

Põhilised sõltuvused ja nende funktsioonid:

* Express – HTTP-päringute haldamiseks ning API-endpointide loomiseks [15];
* MySQL – ühenduseks relatsioonilise andmebaasiga ning andmepäringute teostamiseks [16];
* Bcrypt – paroolide räsi loomiseks ja kontrollimiseks autentimisel;
* CORS – võimaldamaks turvalist suhtlust frontendi ja backendi vahel erinevates domeenides;
* Dotenv – keskkonnamuutujate (.env) kasutamiseks ja tundliku info (nt DB paroolide) peitmiseks.

Backendi arhitektuur koosnes mitmest API endpointist, mis teenindasid järgmisi põhifunktsioone:

* kasutajate autentimine ja autoriseerimine,
* kohaloleku logimine ja muutmine,
* hindamiste sisestamine ja pärimine,
* andmete kogumine statistilisteks kokkuvõteteks.

### ****Andmebaas****

Rakenduse keskseks komponendiks on relatsiooniline andmebaas, mis vastutab kogu süsteemis talletatava teabe haldamise eest. MVP realiseerimiseks kavandati andmestruktuur MySQL andmebaasisüsteemi põhjal ning loodi visuaalne skeem MySQL Workbenchi abil. Mudeli nimeks on autoteach, mis hõlmab kõiki põhilisi üksusi – kasutajad, õpperühmad, õppetunnid, õppeained, hinded ja kohalolekuandmed. Selline ülesehitus võimaldab toetada rakenduse tuumikfunktsioone ja tagab andmete sidususe.

Andmestruktuur põhikomponentide lõikes on järgmine:

* Kasutajad (users) – sisaldab andmeid nii õpetajate, õpilaste kui administraatorite kohta. Lisaks rollipõhine ligipääs (ENUM), QR-koodi väli ja edasijõudmise skoori hoidla. Iga kasutaja on seotud konkreetse õpperühmaga.
* Õpperühmad (groups) – sisaldab grupi nime, koodi, õppeaastat ja üliõpilaste arvu. Tabel on seotud kasutajate ja õppetundidega.
* Õppeained (subjects) – kajastab ainekursusi, mis on seotud nii õpetajate kui rühmadega läbi vahetabelite *teachersubjects* ja *groupsubjects*.
* Õppetunnid (lessons) – sisaldab tunni teemat, kuupäeva, kestust ja kirjeldust. Iga tund on seotud konkreetse rühma, aine ja õpetajaga.
* Hinded (grades) – talletab individuaalsed hinnangud õpilastele. Hinded on seotud konkreetse aine, õpilase ja vajadusel ka konkreetse tunniga.
* Kohalolek (attendance) – sisaldab kohalolekustaatust (nt PRESENT, ABSENT, LATE), seotud õpilast, tundi ja valikuliselt ka hinnet.
* Vahetabelid (groupsubjects ja teachersubjects) – võimaldavad kirjeldada mitme-mitme suhteid õpetajate, rühmade ja ainete vahel.

Kõik tabelid kasutavad selgelt määratletud andmetüüpe ning loomisajad salvestatakse DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP abil. Enamik välju on seotud FOREIGN KEY piirangutega, mis toetavad andmete terviklust ja automaatset kaskaadset kustutamist.

Skeem (Joonis 14) järgib andmebaaside normaliseerimise põhimõtteid, välistades liigse andmete dubleerimise ning tagades skaleeritavuse.

A screenshot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 14 Andmebaasi struktuur

### Kohaloleku jälgimise mehhanism

Kohaloleku tuvastamise funktsioon MVP-s rakendati läbi QR-koodi põhise mehhanismi, mille eesmärk oli vähendada õpetajate manuaalset töökoormust ning vältida eksimusi kohaloleku andmete sisestamisel. Lähtepunktina arvestati ISO 21001 põhimõtteid läbipaistvuse, jälgitavuse ja andmepõhise halduse osas.

Lahenduse loogika oli järgmine:

* Õpetaja avab süsteemis konkreetse tunni ning genereerib QR-koodi, mis sisaldab unikaalset tunni identifikaatorit ja ajatembrit.
* Õpilane logib sisse oma seadmega (nt nutitelefon) ning kasutab mobiilikaamerat või süsteemi sisseehitatud QR-lugejat.
* Pärast edukat skaneerimist registreerib süsteem automaatselt:
  + õpilase identiteedi (lähtuvalt sisselogimisest),
  + vastava tunni ID,
  + staatuse "PRESENT" (kohal),
  + ja ajatembri, mis salvestatakse väljade createdAt ja last\_scanned\_at kaudu.

Teatud olukordades (nt hilinemine) saab õpetaja tagasiulatuvalt muuta staatust väärtusele LATE, ABSENT.

Kohaloleku registreerimise funktsiooni puhul oli oluline tagada turvaline ja usaldusväärne mehhanism, mis võimaldaks õpilastel end iseseisvalt registreerida. Selleks rakendati järgmine tehniline lahendus:

* QR-koodi genereerimine toimus front-endi tasandil kasutades teeki qrcode.react, mis genereeris SVG-põhise visuaali.
* Skaneerimine viidi läbi html5-qrcode abil, mis võimaldas reaalajas kaamerasisendi töötlemist brauseris.
* Tagaplaanil kontrollis süsteem, et:
  + QR-kood oleks seotud kehtiva tunni ja õpetajaga,
  + õpilane kuuluks vastavasse gruppi,
  + ükski õpilane ei saaks end korduvalt samale tunnile registreerida.

Töökindluse ja andmekaitse tagamiseks rakendati järgmised turvameetmed:

* Tundide QR-koodid olid ajutised ega sisaldanud isiklikke andmeid.
* Ligipääs kohaloleku salvestamise API-le oli piiratud rolliga STUDENT, mistõttu oli võimalik autentimist rakendada ainult läbi sessiooni.
* Andmebaasis tagati viidete terviklikkus läbi lessonId, studentId ja status väljade kaudu tabelis attendance.

Antud mehhanism võimaldas reaalajas ja poolautomaatselt koguda kohalolekuandmeid, mis integreerusid hiljem ka õpilase edasijõudmist kajastavate mõõdikute ja raportite koostamisega. Lisaks andis see aluse süsteemi laiendamiseks tulevikus (nt geolokatsioonipõhine kinnitamine või NFC-tuvastus).

### Õppetundide halduse optimeerimine AJAX-i abil

Õppetundide halduse funktsionaalsuse kavandamisel oli eesmärgiks vähendada lehevahetuste, aeglaste uuestilaadimiste ning liigsete klikkide arvu, mis sageli pärsivad kasutajate sujuvat töövoogu. Selleks rakendati MVP-s AJAX lähenemine, mis võimaldas andmevahetust serveriga ilma kogu lehte uuesti laadimata.

Selline lahendus võimaldas õpetajatel ja administraatoritel luua, muuta ja kustutada õppetunde otse samal vaatel, ilma et kasutaja peaks navigeerima eraldi vormidele või ootama lehe uuesti laadimist. AJAX-i kasutamine mitte ainult ei parandanud süsteemi reaktsioonikiirust, vaid vähendas ka klikkide arvu ja katkestusi töövoos — tegevused, mis varem nõudsid 3–4 klikki ja lehe uuesti laadimist, viidi nüüd läbi ühe sujuva interaktsioonina.

Lahenduse tööpõhimõte:

* Vormide esitamine (nt uue tunni lisamine või olemasoleva muutmine) ei põhjustanud lehe uuestilaadimist, vaid saatis andmed taustal fetch- või axios-päringu abil back-endile.
* Pärast serveri vastust uuendati kasutajaliideses ainult vajalikke komponente (nt tunni rida tabelis), ilma kogu vaadet uuesti laadimata.
* Eduka toimingu korral anti kasutajale visuaalne tagasiside (nt roheline teavitus), vea korral kuvatakse vastav tõrgeteade.

Tehniline teostus:

* Frontendis kasutati axios-teeki, mis saatis JSON-vormingus andmed Express.js back-endile.
* Back-endi vastav POST, PUT ja DELETE endpoint käsitlesid:
  + loomist: salvestas uue kirje lessons-tabelisse;
  + muutmist: uuendas olemasoleva tunni andmeid ID alusel;
  + kustutamist: eemaldas kirje andmebaasist, säilitades samas referentside kehtivuse (CASCADE delete).
* Pärast serveripoolset kinnitust uuendati UI osaliselt – näiteks lisati uus rida olemasolevasse loetellu või muudeti selle sisu.

Sellise lahenduse eelised võrreldes traditsioonilise vormitöötlusega olid märkimisväärsed:

* Kiirem töövoog: õpetaja ei pidanud ootama lehe uuesti laadimist, vaid sai hetkega jätkata järgmise tegevusega.
* Parem kasutajakogemus: vähendati katkestusi ja hoiti fookus sisul.
* Mobiilseadmete tugi: väiksem andmemaht ja dünaamiline laadimine sobisid hästi väiksematele ekraanidele.

### Kasutajaliidese vaated ja töövood

AutoTeach veebirakenduse kasutajaliides on kujundatud lähtudes kasutajakogemuse (UX) ja kasutatavuse (UI) põhimõtetest, eesmärgiga tagada intuitiivne ja sujuv töövoog õpetajatele. Iga vaade keskendub konkreetsele funktsioonile, vähendades kasutaja kognitiivset koormust ning võimaldades kiiret juurdepääsu olulistele tegevustele, nagu kohaloleku registreerimine, hinnete sisestamine ja analüütika vaatamine.

Töölaua loogika algab autentimisest (Joonis 15) – sisselogimisvaade on lihtne ja keskendub ainult vajalikule sisendile: e-posti aadressile ja paroolile. Visuaalne ülesehitus on rahulik, neutraalse värvigammaga ning kohandatud ka mobiilkasutuseks. Paroolid töödeldakse turvaliselt kasutades bcrypt algoritmi.



Joonis 15 AutoTeach sisselogimisvaade

Järgnevalt, pärast edukat autentimist, suunatakse kasutaja süsteemi põhinavigatsiooni vaatesse (Joonis 16), kus avaneb lihtsustatud horisontaalmenüü. See sisaldab kõiki õpetaja jaoks esmavajalikke töövahendeid, nagu avaleht, juhtpaneel, tähelepanu nõudvad üksused ja tunniplaan. Samuti asub paremas servas kasutajaprofiili ikoon koos logi välja nupuga, mille kaudu on võimalik seanssi turvaliselt lõpetada.

A blue and white logo

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 16 AutoTeach päisemenüü õpetaja vaates

Vahetult allpool kuvatakse kasutajapõhine töölaud (Joonis 17), mille sisu sõltub rollist. Õpetaja puhul sisaldab see loetelu aktiivsetest õpperühmadest ja ainetest, mida ta parasjagu juhendab, võimaldades kiiret ligipääsu hinnete, kohaloleku ja õppetundide haldamisele. Õpilase puhul avaneb samas vaates võimalus skaneerida QR-kood oma kohaloleku registreerimiseks või vaadata oma hinnanguid.A screenshot of a phone

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 17 AutoTeach õpetaja töölaud pärast sisselogimist

Pärast rühma ja aine valimist avaneb vastava rühma töövaade(Joonis 18). Kuvatakse tabel, kus on näha iga õpilase hinnangud ja märkmed konkreetsete tundide kaupa. Kasutajal on võimalik lisada uusi tunde, muuta või kustutada olemasolevaid kirjeid ning vaadata õpilaste individuaalset statistikat. Lisaks on saadaval QR-koodi genereerimise funktsioon, mis lihtsustab kohaloleku registreerimist.

A screenshot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 18 AutoTeach päevikugraafik õpetaja vaates

Õpetaja näeb oma grupi päevikut tabelina, kus on kuupäevade kaupa toodud kohaloleku info ja hinded. Iga õpilase kõrval on link individuaalsele statistikavaatele. Päises on võimalik lisada uus tund või genereerida QR-kood kohaloleku jaoks.

Statistikavaade (Joonis 19) Õpilase individuaalne statistika AutoTeach süsteemis võimaldab kiiresti hinnata õpilase õppetööga seotud aktiivsust. Vasakul paneelil kuvatakse keskmine hinne, maksimaalne ja minimaalne hinne ning õpilase osaluse tase valitud ajavahemikus. Paremal on visuaalselt esitatud kohaloleku jaotus – mitu korda oli õpilane kohal, hilines või puudus.

A screenshot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 19 Õpilase individuaalne statistika AutoTeach süsteemis

Statistikavaate alumises osas kuvatakse õpilase edasijõudmisega seotud dünaamilised näitajad. Vasakul näeb hinnete muutumise trendi ajas ning osalemise protsendi kõikumist. Lisaks on toodud puudumiste jaotus kuude lõikes ning võrdlus õpilase ja rühma keskmise hinde vahel. Vaate ülaosas saab kasutaja valida, kas vaadelda viimase 5, 10 või kogu ajaloo andmeid, mis võimaldab analüüsida õpitulemuste ja kohaloleku seoseid erinevates ajaraamides.

A screenshot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 20 Õpilase hinnete ja kohaloleku dünaamika ning võrdlus rühmaga.

## Testimine ja tulemuste hindamine

Rakenduse MVP testimine keskendus sellele, kuivõrd suudab uus lahendus parandada olemasolevate haridustarkvarade kriitilisi kitsaskohti. Hinnati kolme peamist aspekti: töövoogude lihtsus, kohaloleku registreerimise tõhusus ja andmepõhise tagasiside võimalused.

Testid (Tabel 4) viidi läbi eelnevalt kirjeldatud praktiliste stsenaariumite alusel (hindamine, ülesande lisamine, kohalolek), tuginedes varasemalt koostatud võrdlustabelitele ja samadele hindamiskriteeriumitele. Kuna MVP ei hõlmanud kogu funktsionaalsust, keskendus hindamine just nendele kohtadele, kus oli eesmärgiks tuua märgatav parandus võrreldes eKooli, Stuudiumi ja Tahvliga.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Hindamiskriterium | Stuudium | Tahvel | eKool | MVP |
| Stsenaarium 1 | 8 | 10 | 7 | 5 |
| Stsenaarium 2 A | 7 hind (+1 kui arvestus) | 9 hind (+1 kui arvestus) | 5 hind | 5 |
| Stsenaarium 2 B | 7 | 7 | 6 | 5 |
| Stsenaarium 3 | 7 | 8 | 6 | 5 (käsitsi)  3 – Qr koodi kasutamine |
| Automaatne kohaloleku kogumine | Ei | Ei | Ei | Jah (QR ja skannimine) |
| Õpitulemuste analüüs | Väga piiratud | Väga piiratud | Ainult grupipõhine | Õpijapõhine |
| Navigeerimise selgus | Hea | Keskmine | Keskmine | Hea (SPA, lihtne menüü) |
| Mobiiliversiooni olemasolu | Jah | Ei | Ei | Jah (responsive SPA) |

Tabel 4 MVP ja süsteemide võrdlus

Efektiivsuse hindamisel kasutati Keystroke-Level Model'it, mille kohaselt ühe kliki kestus on keskmiselt 0,28 sekundit [9]. QR-koodi skannimise kestuseks kasutati ligikaudset väärtust 3 sekundit, mis hõlmab ajavahemikku alates kaamera suunamisest kuni lingi avamiseni. Kuigi tegemist ei ole teaduskirjanduses standardiseeritud näitajaga, on praktikas leitud, et kogu protsess – alates QR-koodi märkamise hetkest kuni lingi avamiseni – võib võtta kuni 15 sekundit [10].

Allpool on toodud iga stsenaariumi arvutused ja MVP ajavõit protsentuaalselt.

Stsenaarium 1: Uue õppetunni loomine

* Stuudium: 8 × 0.28 = 2.24 s
* Tahvel: 10 × 0.28 = 2.80 s
* Ekool: 7 × 0.28 = 1.96
* MVP: 5 × 0.28 = 1.40 s

Võrdlus Stuudiumiga:

* Ajaarvutus:
  + ((2.24 − 1.40) ÷ 2.24) × 100% = 37.5%
  + MVP on kiirem 37.5%.

Võrdlus Tahvliga:

* Ajaarvutus:
  + ((2.80 − 1.40) ÷ 2.80) × 100% = 50.0%
  + MVP on kiirem 50.0%.

Võrdlus Ekooliga:

* ((1.96 − 1.40) ÷ 1.96) × 100% = 28.57%
* MVP on kiirem 28.57%.

Stsenaarium 2: Hinde või puudumise muutmine

* Stuudium: 7 × 0.28 = 1.96 s
* Tahvel: 10 × 0.28 =2.8 s
* Ekool: 6× 0.28 = 1.68
* MVP: 5 × 0.28 = 1.4s

Võrdlus Stuudiumiga:

Ajaarvutus:

* ((1.96 − 1.40) ÷ 1.96) × 100% = 28.6%
* MVP on kiirem 28.6%.

Võrdlus Tahvliga:

* Samad numbreid. (vt stsenariuum 1)

Võrdlus Ekooliga:

* Ajaarvutus: ((1.68 − 1.40) ÷ 1.68) × 100% = 16.6%
  + MVP on kiirem 16.6%.

Stsenaarium 3: Kohaloleku registreerimine

Käsitsi märkimine

* Stuudium: 7 × 0.28 = 1.96 s
* Tahvel: 8 × 0.28 = 2.24 s
* Ekool: 6× 0.28 = 1.68 s
* MVP (käsitsi): 5 × 0.28 = 1.40 s

Võrdlus Stuudiumiga:

* Ajaarvutus: ((1.96 − 1.40) ÷ 1.96) × 100% = 28.6%
* MVP on kiirem 28.6%.

Võrdlus Tahvliga:

* Ajaarvutus: ((2.24 − 1.40) ÷ 2.24) × 100% = 37.5%
* MVP on kiirem 37.5%.

Võrdlus Ekooliga:

* Samad numbreid. (vt stsenariuum 2)

Graafikust (Joonis 20) ja kvantitatiivsetest arvutustest ilmneb, et kõigis kolmes testitud stsenaariumis – õppetunni loomine, hinnete/puudumiste muutmine ja kohaloleku registreerimine – on MVP lahendus ajaliselt kõige tõhusam. Näiteks uue tunni loomisel säästab MVP kuni 50% ajast võrreldes Tahvliga ja kohaloleku käsitsi registreerimisel umbes 28–37% ajast võrreldes teiste süsteemidega.

A graph of different colored bars

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 21 Ajakulu võrdlus erinevates süsteemides

MVP suurim eelis avaldub aga kohaloleku registreerimisel QR-koodi abil. Kui traditsioonilistes süsteemides sisestab õpetaja iga õpilase kohalolu käsitsi (ca 15–20 korda, igaüks 1.96–2.24 sek), siis MVP puhul piisab kolmest klikist (0.84 sek), misjärel kogu protsess toimub automaatselt. See mitte ainult ei vähenda oluliselt õpetaja töökoormust, vaid tõstab ka protsessi kiirust ja täpsust. Õpilase keskmine skaneerimisaeg ei mõjuta õpetaja ajakulu.

# UURIMUSTÖÖ TULEMUSED JA ANALÜÜS

## Teadlikud piirangud MVP kujundamisel ja nende mõju

Mitmed funktsioonid (nt automaatne failide eksport, grupipõhised aruanded, süsteemidevahelised API-liidestused või laiendatud rollihaldus) jäeti MVP-faasist teadlikult välja, arvestades järgmisi tegureid:

* Tehniline keerukus ja ajapiirangud, mis ei võimaldanud tagada turvalist ja testitud rakendust kogu kavandatud ulatuses;
* Fookus esmastele vajadustele: MVP eesmärk oli esmalt leevendada õpetaja töökoormust ja tagada kohaloleku ning hinnete kogumise baasfunktsionaalsus;
* Riskide minimeerimine: mitme paralleelse liidestuse või suuremahulise raportisüsteemi arendamine MVP-faasis oleks suurendanud vigade riski ja vähendanud stabiilsust;
* Dokumendihalduse keerukus: dokumentide genereerimine, kinnitamine ja allkirjastamine eeldab juba hästi struktureeritud ja turvalist andmestikku, mida saab luua alles pärast süsteemi laiemat rakendamist (kursuste, rollide, õppurite struktuur jms). Seetõttu ei olnud dokumentide funktsionaalsuse osaline implementeerimine tehniliselt põhjendatud.

Need piirangud toovad aga kaasa ka mitmeid riske, mille mõju tuleb arvestada süsteemi hindamisel:

* Puudub keskne ülevaade kogu klassi või kooli tasandil (nt juhtkonna jaoks);
* Manuaalse töö jäämine teatud juhtudel alles (nt eksport Excelisse või PDF-aruannete koostamine käsitsi);
* Mittekattumine mõnede haridusasutuste ootustega, kus kasutatakse juba arenenud dokumendihaldussüsteeme.

Samas on nende riskide maandamiseks planeeritud konkreetseid meetmeid:

* Kõik kriitilised lisafunktsioonid on kaardistatud ning planeeritud edasiste arendusetappide alusel prioriteetsuse järgi.
* Arendusprotsess on dokumenteeritud viisil, mis võimaldab rakenduse laiendamist ilma olemasolevaid komponente ümber ehitamata.

Need piirangud määratlesid selgelt MVP piiri ning lõid aluse arendusetappide planeerimisele, mida käsitletakse järgmistes peatükkides.

## Rakenduse edasised arendusvõimalused

Praegune MVP (Minimum Viable Product) lahendab esmased vajadused õpilase akadeemilise soorituse ja kohaloleku jälgimiseks. Kuid organisatsiooni suutlikkus kohaneda muutuva haridusmaastikuga ning liikuda tõhusa protsesside automatiseerimise poole eeldab rakenduse edasiarendamist mitmes etapis, toetudes standarditele ja kaasaegsele teaduskirjandusele.

A green and black chart

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 22 Arenduste prioriteetide kihiline mudel

### **1 etapp:** Tunniplaani integratsioon ja reaalajas kohaloleku registreerimine

Rakenduse arendamise loogiline jätk on dünaamilise tunniplaani integreerimine, mille kaudu oleks võimalik automaatselt ühendada iga päev konkreetse aine ja tunni konteksti õpilase tegevustega. Süsteem suudaks:

* tuvastada, millisel konkreetsel tunnil õpilane puudus või hilines;
* salvestada hilinemise ja puudumise põhjuseid ning automaatselt liigitada need (nt haigestumine, õigustatud/õigustamata);
* võimaldada õpetajatel registreerida kohalolekut QR-koodi skaneerimisega, mis on seotud tunni ID-ga ning salvestab täpse kellaaja.

See arendus on kooskõlas vajadusega automatiseerida haridusasutustes info kogumist ja töövooge, mis aitab vähendada õpetajate töökoormust ja suurendada andmete usaldusväärsust [1]. Selline lahendus toetab ka standardi ISO 21001 nõuet, mille punkt 8.3 sätestab, et õppijate tegevused peavad olema dokumenteeritud ja jälgitavad [11].

### 2 etapp: Rollipõhised ligipääsud, turvalisus ja vastutusahelad

Kuna süsteemis töödeldakse tundlikke isikuandmeid (hinded, puudumised, käitumismustrid), tuleb tugevdada ligipääsukontrolli vastavalt ISO/IEC 27001:2022 nõuetele ning luua läbipaistvad rollipõhised vastutusahelad. Selleks tuleb rakendada järgmised meetmed:

* Õiguste määramine vastavalt rollile, hõlmates lisaks baasrollidele (õpilane, õpetaja, administraator, lapsevanem) ka täiendavad rollid nagu klassijuhataja, õppejuht, tugiisik, IT-administraator:
  + Klassijuhataja näeb koondvaateid oma klassi puudumiste, hinnete ja hilinemiste kohta;
  + Õppejuht saab teavitusi, kui õpetaja pole õigeaegselt sisestanud hindeid või kohalolekut;
  + Administraator halldab juurdepääsuõigusi ja logisid ning teeb vastavuskontrolli;
  + Lapsevanemal on piiratud, ainult oma lapse andmetele ligipääs.
* Ligipääsude logimine ja perioodiline ülevaatus, järgides punkti A.9.2.5 ISO/IEC 27001:2022 standardis, et vältida liigseid või vananenud õigusi ning reageerida õigeaegselt turvaohtudele [12].
* Kohustuslik kahefaktoriline autentimine (2FA) kõikidele tundlikele ligipääsudele (nt haldusliides, isikuandmed), kasutades Eesti riiklikke autentimislahendusi nagu Smart-ID, Mobiil-ID või ID-kaart, ühendatuna RIA TARA teenusega.
* Automaatne rollipõhine teavitussüsteem, mis võimaldab:
  + juhtkonnal saada märguandeid õpetajate tegevusetuse kohta (nt puuduvad hinded);
  + tugiisikutel saada infot õpilaste riskikäitumise kohta;
  + süsteemi läbipaistvust ja usaldusväärsust, toetades ISO 21001:2018 punktis 8.5.2 kirjeldatud ressursside ja vastutuste jagamist [11]

### 3 etapp: Riiklikud integratsioonid (EHIS, HarID, EIS, TARA)

Rakenduse jätkusuutlikkuse ja õigusliku usaldusväärsuse tagamiseks on oluline integreeruda riiklike infosüsteemidega. See mitte ainult ei lihtsusta andmete haldamist ja kontrolli haridusasutustes, vaid aitab tagada vastavuse Eesti haridussüsteemi normatiividele ja turvanõuetele.

Peamised integratsioonid:

* EHIS (Eesti Hariduse Infosüsteem):
  + Võimaldab õppurite, õppekavade ja õppevormide ametlikku registreerimist.
  + Statistiliste andmete automaatne edastamine Haridus- ja Teadusministeeriumile.
  + Võimaldab välistada topeltandmete käsitsi sisestamist ja parandab andmete järjepidevust.
  + Toetab ISO 21001:2018 punkti 8.2, mis käsitleb teenuse vastavust haridusasutuse strateegiale ja ühiskondlikele nõudmistele (nt riiklikud aruandlusnõuded) [11]
* HarID ja TARA (Turvaline Autentimine Riikliku Autentimisteenuse kaudu):
  + Võimaldab autentimist Smart-ID, Mobiil-ID ja ID-kaardi kaudu.
  + Tagab kõrgtasemel ligipääsukontrolli, arvestades kasutaja rolli ja õiguseid.
* EIS (Eksamiinfosüsteem):
  + Võimaldab sünkroniseerida eksamitulemusi ja tasemetöid õpilase profiiliga.
  + Lihtsustab õpetajate ja tugispetsialistide ligipääsu tulemuste analüüsile ühes keskkonnas.
  + Tagab, et õppimise tulemusnäitajad on ajakohased ja integreeritud teistesse süsteemi osadesse, toetades teadmistepõhist juhtimist [13].

### 4 etapp: Kursuste, perioodide ja hindamisskaalade haldus

Süsteemi funktsionaalsuse laiendamisel tuleb arvesse võtta koolide vajadusi, mis puudutavad õppetöö struktuurset korraldust ja hindamismeetodite varieeruvust. Selle etapi eesmärk on luua paindlik ja kohandatav raamistik, mis võimaldab koolidel administreerida erinevaid kursuseüksusi, õppeperioode ja hindamissüsteeme vastavalt oma õppekavale ja sisemistele reeglitele.

Peamised funktsionaalsused:

* Õppeperioodide haldamine (trimestrid, semestrid, moodulid):
  + Võimaldab määratleda erinevaid ajavahemikke, mil hinnatakse õpilaste arengut;
  + Toetab struktureeritud õppekavade rakendamist ja ajaliselt diferentseeritud aruandlust;
  + Vastab ISO 21001:2018 põhimõtetele paragrahvis 8.1.2, mis rõhutab planeerimise tähtsust haridusteenuste pakkumisel [11].
* Kursuste ja aineüksuste loomine ja seostamine:
  + Igal kursusel saab olla eraldi nimetus, eesmärk, maht ja seotud õpetaja;
  + Võimaldab hallata valikaineid ja erinevaid kursuste kombinatsioone, sh kutseõppes;
  + Toetab standardi ISO 30401 põhimõtet, mille kohaselt teadmiste haldamine peab olema kontekstuaalne ja süsteemne [13].
* Hindamisskaalade konfigureerimine:
  + Võimaldab luua mitmeid erinevaid hindamissüsteeme, nt:
    - numbriline skaala (nt 5-palli süsteem),
    - protsendipõhine hindamine,
    - kirjeldav tagasiside (nt "rahuldav", "väga hea", "arenguruumi").
  + Iga kool saab määrata, milline skaala kehtib millises õppeetapis või õppeaines;
  + Tagab hindamisandmete võrreldavuse ja usaldusväärsuse, mis on oluline ka ISO 30401 standardi punkti 7.4 kohaselt, kus rõhutatakse andmete tähenduse ja kvaliteedi rolli teadmiste väärtuses [13]

Tulemus: See etapp loob vajaliku vundamendi õppeprotsessi sisuliseks juhtimiseks. Standardite valguses toetab see nii protsesside korrastamist [11] kui ka teadmiste struktuurset haldamist [13]. Paindlik kursuste ja hindamissüsteemide tugi on hädavajalik, et rakendus vastaks eri tüüpi õppeasutuste — sh gümnaasiumide, kutsekoolide ja erivajadustega õppijatega asutuste — vajadustele.

**5. etapp: Integratsioon teiste süsteemidega (Moodle, Google Workspace, MS Teams)**

Taust ja vajadus: Eestis kasutavad paljud koolid paralleelselt mitmeid platvorme: näiteks õppetöö toimub Moodle'is, suhtlus Microsoft Teamsis või Google Classroomis ning kohalolek/hindamine eKoolis või Stuudiumis. See killustatus tähendab, et:

* õpetajad peavad andmeid mitmesse kohta sisestama;
* puudub keskne vaade õppija tegevusele;
* õpilane saab infot eri kohtadest ilma loogilise seoseta.

Funktsionaalsus ja lahendus: Süsteem peab toetama integratsioone:

* Moodle: õppetulemuste ja kohaloleku sünkroniseerimine;
* Google Workspace: kalendrid, Drive, Forms;
* MS Teams: ülesannete haldus ja kalendrid;

### 6. etapp: Automaatne riskiennustus kohaloleku ja hinnete alusel

Pärast Integratsiooni teiste süsteemidega saab lisada masinõppe komponendi, mis:

* tuvastab õpilase soorituse languse mustrid (nt korrelatsioon puudumiste ja madalate hinnete vahel);
* ennustab riske, sh väljalangemise oht või vähene osalemine teatud ainetes;
* genereerib varajase hoiatuse teavitusi õpetajatele või tugispetsialistidele.

Sellise lähenemise tõhusust kinnitavad ka varasemad uuringud: ülevaateartiklis [3] on kirjeldatud juhtumeid, kus tehisnärvivõrkude abil on saavutatud kuni 81% täpsus õppijate väljalangemise ennustamisel.

### 7. etapp: Arveldus, toitlustus ja dokumendihaldus

Kuigi MVP keskendub akadeemiliste andmete ja kohaloleku haldamisele, on koolide igapäevane toimimine seotud ka logistiliste ja halduslike aspektidega, nagu arveldus, toitlustamine ja dokumentatsioon. Nende funktsioonide digitaliseerimine aitab vähendada manuaalset töökoormust, vältida andmete dubleerimist ja tagada suurema läbipaistvuse.

See etapp toob rakendusse olulised tugitegevused, mis on otseselt seotud õppeteenuse kvaliteediga ning selle haldamise tõhususega.

Peamised funktsionaalsused:

* Arveldusmoodul:
  + Võimaldab automatiseerida õppetasude, kursustasude, eksamitasude, õppematerjalide ja muude teenuste (nt transpordi, laagrikulude) haldust;
  + Sisaldab võimalust genereerida arveid, jälgida maksete seisu, saata automaatseid meeldetuletusi;
  + Võimaldab seostada arveldusinfot konkreetse õpilase ja tema osaletud kursustega;
  + Toetab ISO 21001:2018 punkti 8.4, mis käsitleb dokumenteeritud teavet haridusteenuse osutamise kohta ning finantsläbipaistvust.
* Toitlustuse haldus:
  + Integreeritav kohaloleku andmetega – õpilase puudumisel saab toitlustust tühistada automaatselt;
  + Võimalik arvestada eri tüüpi toitlustusi (nt toiduallergiad, erimenüüd);
  + Võimaldab koostada statistikat toitlustuse kasutuse ja planeerimise kohta.
* Dokumendihaldus:
  + Võimaldab genereerida ametlikke dokumente (nt tunnistused, arenguvestluste protokollid, osalemise kinnitused);
  + Dokumentide digitaalne allkirjastamine (nt ID-kaardi, Mobiil-ID või Smart-ID kaudu);
  + Ligipääsuõiguste alusel saab määrata, kes dokumente koostab, kinnitab või alla laadib;
  + Toetab vastavust ISO 21001 punktile 8.4, mille kohaselt peab kogu haridusteenust puudutav dokumenteeritud info olema korrastatud, hallatav ja ajakohane.

### 8 etapp: Automaatne aruandlus ja eksport

Võimaldada õpetajatele ja juhtkonnale automaatne eksport:

* klasside, ainete või kuude lõikes;
* mitmes vormingus (PDF, CSV, XLSX);
* koos visuaalidega (graafikud hinnete trendidest, puudumistest).

Praegune MVP versioon võimaldab ainult üksikõpilase tasemel statistilist ülevaadet, kuid puudub grupipõhine koondinfo, mis on eriti oluline juhtkonnale ja klassijuhatajale õppeprotsessi seireks. Gruppide lõikes aruandlus võimaldaks paremini tuvastada mustreid (nt ainepõhine puudumine või klassi keskmise langus), mis toetab strateegilist otsustamist. Teadmiste kasutatavuse mõõdetavuse ja levitamise nõue erinevatele sihtrühmadele on sätestatud ka standardis ISO 30401, punktis 7.5 [13].

### 9 etapp: Sõnumid ja suhtluskanalid

Tõhus suhtlus õpetajate, õpilaste, lapsevanemate ja juhtkonna vahel on kaasaegse haridusasutuse toimimise võtmekomponent. Kui MVP ei hõlma esialgu sisseehitatud suhtlusfunktsionaalsust, siis süsteemi areng peaks hõlmama turvalise ja rollipõhise sõnumivahetuse mehhanisme, mis vähendavad sõltuvust välistest kanalitest (nt e-post, sotsiaalmeedia) ja võimaldavad teabe tsentraliseerimist ning jälgitavust.

Peamised funktsionaalsused:

* Integreeritud sõnumikeskkond:
  + Võimaldab vahetada teateid individuaalselt või grupipõhiselt (nt õpetaja kogu klassile, lapsevanemale või juhtkonnale);
  + Toetab faile ja manuseid (nt puudumise põhjendused, tagasisidevormid).
* Rollipõhine ligipääs ja nähtavus:
  + Sõnumite vahetus toimub vastavalt määratud õigustele (nt lapsevanem näeb ainult oma lapsega seotud sõnumeid);
  + Juhtkond saab ligipääsu sisekommunikatsiooni ülevaatele ning saab jälgida süsteemis toimuvat infovahetust.
* Logimine ja jälgitavus:
  + Kõik sõnumid ja suhtlused logitakse ning on hiljem auditeeritavad, toetades läbipaistvust ja järelevalvet;
  + Võimalik määrata sõnumite säilitustähtaeg ning teavituste automaatne arhiveerimine.
* Andmekaitse ja turvalisus:
  + Sõnumiliiklus toimub krüpteeritult, järgides ISO/IEC 27001:2022 infoturbe standardi punkti A.13, mis käsitleb teabevahetuse turvalisust:
    - A.13.2.1 – Information transfer policies and procedures;
    - A.13.2.3 – Electronic messaging;
    - A.13.2.4 – Confidentiality and non-disclosure agreements.
  + Eesmärk on tagada, et tundlik teave (nt puudumiste põhjused, hinnangud, individuaalsed õpiraskused) liigub vaid määratud isikute vahel ja dokumenteeritult.

Tulemus: Selle etapi realiseerimine loob ühtse ja turvalise suhtluskeskkonna, mis toetab koolikultuuri läbipaistvust, kiirendab otsuste tegemist ja vähendab suhtluspingeid. Ühtlasi aitab see viia kommunikatsiooni vastavusse riiklike andmekaitse- ja infoturbenõuetega, mis on eriti oluline isikuandmeid sisaldavate teadete puhul.

### 10 etapp : Isikustatud soovitused õppijale

Edasiarendusena võib rakendus pakkuda soovitusi:

* soovitatud õppematerjalid madalate hinnete korral;
* soovitused konsultatsioonideks, kui on olnud palju puudumisi;
* tagasiside visuaalsete analüüsidega, mis aitavad õpilasel mõista oma arengut.

See oleks kooskõlas adaptatiivse õppe kontseptsiooniga, mis on näidanud positiivset mõju tõhususele ja õppijate motivatsioonile [14].

# Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö eesmärk oli analüüsida haridusasutuste protsesside automatiseerimise võimalusi ning töötada välja rahvusvahelistel standarditel põhinev MVP, mis aitab lahendada tänaste süsteemide kitsaskohti. Töös saavutati kõik püstitatud eesmärgid.

Teoreetilises osas selgitati, millised protsessid haridusasutustes vajavad automatiseerimist (andmevood, kohalolek, hindamine, suhtlus), ning analüüsiti, kuidas standardid ISO 21001, ISO/IEC 27001 ja ISO 30401 toetavad läbipaistvust, turvalisust ja teadmistepõhist juhtimist. Nende põhjal sõnastati süsteemile minimaalsed nõuded, mis tagavad vastavuse rahvusvaheliselt tunnustatud kvaliteediraamistikele. Eelkõige tuletati järgmised põhinõuded:

* õppijate tegevuste jälgitavus ja dokumenteeritus;
* turvaline autentimine ja ligipääsude haldamine;
* rollide ja vastutuste selge jaotus organisatsioonis;
* teadmiste kättesaadavus, mõõdetavus ja levitatavus erinevatele sihtrühmadele;
* haridusteenuste planeeritavus ja jälgitavus.

Lisaks teoreetilisele analüüsile viidi läbi küsitlus haridusasutuste töötajate seas, mille tulemustest selgusid mitmed levinud probleemid: korduv andmesisestus, madal kasutusmugavus, juhendmaterjalide puudumine ning piiratud koostalitlus olemasolevate süsteemide vahel. Neid kitsaskohti arvestades töötati välja MVP, mille eesmärk oli tõsta protsesside efektiivsust ja parandada kasutajakogemust.

Võrreldes kolme olemasoleva haridustarkvaraga (eKool, Stuudium, Tahvel) näitas MVP mitmes võtmevaldkonnas paremaid tulemusi. Näiteks vähendas MVP kasutajaliidese interaktsioonide (klikkide) arvu uue tunni loomisel kuni 50% võrreldes süsteemiga Tahvel ning hinnete muutmisel oli kiirem 28,6% võrreldes Stuudiumiga. Suurim ajavõit saavutati kohaloleku registreerimisel, kus QR-koodi põhine mehhanism võimaldas täielikult automaatset registreerimist ilma õpetaja sekkumiseta.

Praktilise töö tulemusena:

* töötati välja funktsionaalne MVP, mis katab õpetaja töövoo kesksemad komponendid: õppetunnid, kohalolek ja hindamine;
* valideeriti MVP tõhusust praktiliste testide ja kvantitatiivsete mõõtmiste abil;
* loodi etapiviisiline arendusplaan, mis võimaldab süsteemi järkjärgult laiendada kuni täisfunktsionaalse lahenduseni.

Kuigi MVP ei suuda veel täielikult asendada aastate jooksul kujunenud süsteeme, on see kindel alus, millele saab ehitada skaleeritavat, standarditele vastavat ja reaalseid vajadusi arvestavat terviklahendust, sealhulgas tulevikus riiklike süsteemide (nt EHIS, HarID, TARA) integreerimist, õppijakesksete soovituste pakkumist ning täielikult automatiseeritud ja läbipaistva haridushalduse toetamist.

# Allikad:

[1] N. Selwyn, T. Hillman, A. Bergviken Rensfeldt, and C. Perrotta, “Digital Technologies and the Automation of Education — Key Questions and Concerns,” Postdigital Science and Education, vol. 5, Oct. 2021, doi: https://doi.org/10.1007/s42438-021-00263-3.

[2] Tio, A. Muklason, and I Gusti Agung Premananda, “Automating School Timetabling: An Intelligent System Application Using Simulated Annealing,” vol. 2, pp. 214–219, Jul. 2024, doi: <https://doi.org/10.1109/isitia63062.2024.10668040>.

[3] O. Zawacki-Richter, V. I. Marín, M. Bond, and F. Gouverneur, “Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 16, no. 1, pp. 1–27, Oct. 2019, doi: <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>.

[4] C. I. Pappa, D. Georgiou, and D. Pittich, “Technology Education in Primary schools: Addressing Teachers’ perceptions, Perceived barriers, and Needs,” *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 34, no. 2, Apr. 2023, doi: <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09828-8>.

[5] Syed Adnan Jawaid, “Cyber Security Threats to Educational Institutes: A Growing Concern for the New Era of Cybersecurity,” *International journal of data science and big data analytics*, vol. 2, no. 2, May 2023, doi: <https://doi.org/10.51483/ijdsbda.2.2.2022.11-17>.

[6] International Organization for Standardization, “EVS-ISO 30401:2019 – Knowledge management systems – Requirements,” *Eesti Standardikeskus*, 2019. [Online]. Available: <https://www.evs.ee/en/evs-iso-30401-2019>

[7] T. Gkrimpizi and V. Peristeras, “Barriers to digital transformation in higher education institutions,” *15th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, Oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.1145/3560107.3560135>.

[8] M. Hassenzahl and N. Tractinsky, “User experience - a research agenda,” *Behaviour & Information Technology*, vol. 25, no. 2, pp. 91–97, Mar. 2006, doi: <https://doi.org/10.1080/01449290500330331>.

[9] S. K. Card, T. P. Moran, and A. Newell, “The keystroke-level model for user performance time with interactive systems,” *Communications of the ACM*, vol. 23, no. 7, pp. 396–410, Jul. 1980, doi: https://doi.org/10.1145/358886.358895.

[10] T. Kohler, “13 QR-Code Usability Guidelines,” *Nielsen Norman Group*, Feb. 9, 2024. [Online]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/qr-code-guidelines/>React Documentation. (2025). React – A

[11] International Organization for Standardization, “EVS-ISO 21001:2018/A1:2024 – Educational organizations – Management systems for educational organizations – Requirements with guidance for use (Amendment 1),” *Eesti Standardikeskus*, 2024. [Online]. Available: <https://www.evs.ee/en/evs-iso-21001-2018-a1-2024>

[12] International Organization for Standardization, “EVS-EN ISO/IEC 27701:2021 – Security techniques – Extension to ISO/IEC 27001 and ISO/IEC 27002 for privacy information management – Requirements and guidelines,” *Eesti Standardikeskus*, 2021. [Online]. Available: <https://www.evs.ee/en/evs-en-iso-iec-27701-2021>

[13] “EVS-ISO 30401:2019/A2:2024,” *EVS*, 2019. https://www.evs.ee/en/evs-iso-30401-2019-a2-2024 (accessed May 06, 2025).

[14] Y. E. A. Mustafa and S. M. Sharif, “An approach to adaptive e-learning hypermedia system based on learning styles (AEHS-LS): Implementation and evaluation,” Int. J. Libr. Inf. Sci., vol. 3, no. 1, pp. 15–28, Jan. 2011.

[15] Express.js, “Fast, unopinionated, minimalist web framework for Node.js,” *Express.js Documentation*, 2025. [Online]. Available: <https://expressjs.com/en/starter/installing.html>

[16] Oracle Corporation, “MySQL Reference Manual,” *MySQL Documentation*, 2025. [Online]. Available: <https://dev.mysql.com/doc/>

[17] OpenJS Foundation, “Node.js – JavaScript runtime,” *Node.js Documentation*, 2025. [Online]. Available: <https://nodejs.org/en/docs/>

[18] Meta Platforms, Inc., “React – A JavaScript library for building user interfaces,” *React Documentation*, 2025. [Online]. Available: <https://reactjs.org/docs/getting-started.html>

[19] M. I. Baig, L. Shuib, and E. Yadegaridehkordi, “Big data in education: a state of the art, limitations, and future research directions,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 17, no. 1, pp. 1–23, Nov. 2020, doi: <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00223-0>.

[20] T. Tran, Cuong Huu Nguyen, and T. My, *Educational Innovation in Vietnam*. Informa, 2022. doi: https://doi.org/10.4324/9781003202424.

[21] Haridus- ja Noorteamet, “Tahvel muudatuste ja versioonide logi,” *Projektiportaal*, 2025. [Online]. Available: <https://projektid.edu.ee/display/IS2/Sisukord>

[22] Edurio OÜ, “Stuudiumi abiportaal: Dokumentatsioon ja kasutusjuhendid,” 2025. [Online]. Available: <https://abi.stuudium.com/>

[23] eKool AS, “eKooli kasutusjuhendid ja turvameetmed,” *eKool Help Center*, 2025. [Online]. Available: <https://help.ekool.eu>

Lisa 1 – Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks[[1]](#footnote-1)

Mina, Anton Buketov

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Haridusasutuste protsesside automatiseerimissüsteemi väljatöötamine“, mille juhendaja on Oleg Shvets
   1. reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
   2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

11.05.2025

Lisa 2 – Rakenduse lähtekood[[2]](#footnote-2)

1. Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti. [↑](#footnote-ref-1)
2. Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti. [↑](#footnote-ref-2)