

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Infotehnoloogia teaduskond

Tarkvarateaduse instituut

Kristi Kert

**VEEBISAITIDE KASUTATAVUSE
AUTOMAATHINDAMINE, VAHENDID JA
NENDE VÕRDLUS**

Magistritöö

Juhendaja: Ahto Kalja

Professor,
tehnikakandidaat

Juhendaja: Jevgeni Marenkov

Tehnikateaduste
magister

Konsultant: Tarmo Robal

Filosoofiadoktor

Tallinn 2018

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: Kristi Kert

07.05.2018

Annotatsioon

Magistritöö eesmärgiks on uurida olemasolevaid automaatseid hindamisvahendeid ning selgitada välja, milliseid standardeid ja kasutatavuse karakteristikuid vahendid võimaldavad hinnata. Eesmärk on välja selgitada, kui efektiivsed on kaasaegsed automaatsed hindamisvahendid veebilehtede hindamisel. Uurimus keskendub automaatse kasutatavuse hindamisele ning uurimisobjektiks on ülikoolide veebilehed.

Magistritöös antakse ülevaade kasutatavusest ja kasutatavuse kvaliteedimõõdikutest, tutvustatakse kasutatavust reguleerivaid standardeid, kasutatavuse hindamise meetodikaid ning analüüsitakse hindamismeetodite tugevusi ja nõrkuseid. Lisaks tutvustatakse uurimuse läbiviimiseks kasutatud seitset automaatset hindamisvahendit, võrreldakse hindamisvahendeid, tuues välja nende tugevused ja nõrkused, ning antakse soovitusi hindamisvahendite valikuks.

Magistritöö tulemusena valmib ülikoolide veebilehtede kasutatavuse põhine edetabel. Lisaks koostatakse sagedamini esinevate vigade loetelu ning analüüsitakse veebilehtedel ilmnenud kasutatavuse probleemide esinemise mustreid. Magistritöö käigus saadud tulemused on laiendatavad kõikidele veebilehtedele. Hindamistulemustena saadud mustrite põhjal on võimalik tuletada vigade iseloomu indeks-, alam- ja vormidega lehel. Sagedamini esinevate vigade loetelu annab sisendi alustada veebilehe kasutatavuse parandamist suurema tõenäosusega esinevatest vigadest.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 70 leheküljel, 5 peatükki, 10 joonist, 15 tabelit.

Abstract

Automatic Website Usability Evaluation, Tools and their Comparison

The main purpose of this thesis is to research the existing automatic evaluation tools in order to find out which usability guidelines and usability characteristics are evaluable by these tools. Thesis gives overview about the possibility and efficiency of using automatic evaluation tools on usability testing. The research focuses on automatic usability evaluation and research objects are university websites including top universities of the world, Europe and Estonia.

Current work describes usability, its characteristics and standards of usability. Usability evaluation methods are introduced and suggestions for choosing usability evaluation methods are given. In addition the seven automatic evaluation tools used for testing are introduced. Their pros and cons are pointed out in order to give suggestions for choosing automatic evaluation tools.

As a result of the thesis the general usability level of universities is estimated and a ranking list based on usability is created. Also the list of common errors is created and their occurrence patterns are analysed. The results of thesis are expandable to all websites. Based on patterns it would be possible to deduct the appearance of errors on an index page, subpage and forms. The list of probable mistakes can be used as input for improving any web page.

The thesis is in Estonian and contains 70 pages of text, 5 chapters, 10 figures, 15 tables.

Lühendite ja mõistete sõnastik

API	<i>Application Program Interface</i> Rakendusliides
Braille klaviatuur	Punktsümbolitega klaviatuur pimedatele
CSS	<i>Cascading Style Sheet</i> Küljenduskeel veebilehtede kujundamiseks
CSV	<i>Comma Separated Values</i> Porditav failivorming, kus andmebaasikirjed on üksteisest eraldatud komadega
EL	Euroopa Liit
Eurostat	Euroopa Liidu Statistikaamet
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i> Hüpertext-märgistuskeel veebidokumentide loomiseks
IBM	<i>International Business Machines Corporation</i>
IKT	Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia
JavaScript	Skriptikeel interaktiivsete veebisaitide loomiseks
JSON	<i>Javascript Object Notation</i> Lihtsustatud andmevahetusvorming, mis põhineb JavaScripti programmeerimiskeele alamhulgal
Guideliner	Kasutatavuse automaattestimise tarkvara
REST	<i>Representational State Transfer</i> Programmiarhitektuuri stiil ja suhtlusviis kliendi rakenduse ja serveri vahel
RIA	Riigi Infosüsteemide Amet
RTF	<i>Rich Text Format</i> Rikastekst, tekst-dokumendi vorming
Secion 508	Standard, mis sätestab võrdse ligipääsetavuse nõude info- ja kommunikatsioonitehnoloogilistele lahendustele USA-s
SEO	<i>Search Engine Optimisation</i> Veebilehe optimeerimine otsimootoritele
URL	<i>Uniform Resource Locator</i> Internetiaadress

WAI	<i>Web Accessibility Initiative</i>
WAI-ARIA	<i>Web Accessibility Initiative – Accessible Rich Internet Applications</i>
	WAI poolt loodud veebistandard ligipääsetavuse suurendamiseks dünaamilistel veebilehtedel
WCAG	<i>Web Content Accessibility Guidelines</i>
	WAI loodud veebisisu juurdepääsusuunised
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
	Rahvusvaheline Veebikonsortsium
XHTML	Laiendatav hüpertekst-märgistuskeel

Sisukord

1.1 Probleem.....	12
1.2 Töö eesmärk ja tulem	12
1.3 Töö metoodika.....	13
1.4 Töö struktuur	13
2 Kasutatavus.....	14
2.1 Kasutatavus.....	14
2.2 Kasutatavuse kvaliteedimõõdikud.....	16
2.2.1 Ligipääsetavus	17
2.3 Kasutatavust reguleerivad aktid.....	19
2.3.1 Veebisisu juurdepääsusuunised WCAG 2.0.....	19
2.3.2 Section 508 ja teised regionaalsed standardid	21
3.1 Empiiriline hindamine	24
3.1.1 Kaartide sorteerimine (ingl <i>Card Sorting</i>)	26
3.1.2 Pilgu jälgimine (ingl <i>Eye Tracking</i>)	27
3.1.3 Valjult mõtlemise test (ingl <i>Think Aloud Protocol</i>)	27
3.2 Eksperthinnang (ingl <i>Analytical Evaluation</i>)	28
3.2.1 Heuristiline hindamine (ingl <i>Heuristic Evaluation</i>).....	28
3.2.2 Tunnetuslik läbiproovimine (ingl <i>Cognitive Walkthrough</i>)	29
3.3 Automaattestimine.....	29
4 Kasutatavuse automaatsed testimisvahendid.....	33
4.1 Testitavate veebilehtede valik	33
4.2 Testimisvahendite analüüs.....	34
4.2.1 Testimisvahendite valik.....	34
4.2.2 Wave (T1).....	36
4.2.3 Powermapper (T2).....	37

4.2.4 AChecker (T3).....	39
4.2.5 Tenon (T4).....	40
4.2.6 DynoMapper (T5).....	41
4.2.7 TotalValidator (T6)	43
4.2.8 Guideliner (T7).....	44
4.3 Vahendite poolt testitud karakteristikud.....	46
4.3.1 Testide läbiviimine	48
4.4 Testimistulemuste analüüs.....	49
4.4.1 Kasutatavuse analüüs vahendite ja kriteeriumite lõikes.....	50
4.4.2 Veebilehtede kasutatavuse analüüs ülikoolide lõikes.....	54
4.4.3 Sagedamini levinud vead testitud veebilehtedel.....	58
5 Kokkuvõte	64
Summary.....	66
Kasutatud kirjandus	67
Lisa 1 – Ülikoolide nimekiri.....	71
Lisa 2 – Näide ekraanil ja CSV raportis kuvatavate vigade mittevastavusest Powermapperi (T2) testide läbiviimisel	75
Lisa 3 – Hindamistulemused	76
Lisa 4 – Keskmise vigade arv ülikooli veebilehe kohta.....	104
Lisa 5 – Ebaõnnestunud testide arv veebilehe kohta.....	105

Jooniste loetelu

Joonis 1. Seos kasutajamugavuse, kasutatavuse ja ligipääsetavuse vahel [14].....	18
Joonis 2. Veebi sisu juurdepääsetavussuunised WCAG 2.0 [2].....	20
Joonis 3. Kuvatõmmis Wave'i testimisprotsessist.	37
Joonis 4. Kuvatõmmis Powermapperi testimisprotsessist.....	38
Joonis 5. Kuvatõmmis AChakeri testimisprotsessist.....	39
Joonis 6. Kuvatõmmis Tenoni testimisprotsessist.....	41
Joonis 7. Kuvatõmmis DynoMapperi testimisprotsessist.....	42
Joonis 8. Kuvatõmmis TotalValidatori testimisprotsessist.....	43
Joonis 9. Kuvatõmmis hindamise käivitamisest Guidelineriga.....	44
Joonis 10. Kuvatõmmis Guidelineri hindamistulemustest.	45

Tabelite loetelu

Tabel 1. Kasutatavuse kvaliteediatribuudid.....	17
Tabel 2. IKT ligipääsetavust reguleerivad riiklikud standardid.	22
Tabel 3. Automaatsete kasutatavuse ja traditsiooniliste kasutatavuse meetodite võrdlus [35].	30
Tabel 4. Hindamisvahendite võrdlus.	47
Tabel 5. Vigade klassifikatsioon hindamisvahendites ning vastavus WCAG 2.0 tasemele.	49
Tabel 6. Kategooriate normaliseerimine	50
Tabel 7. Vigade esinemise sagedus URL-ide lõikes.	51
Tabel 8. Vigade summa URL-ide lõikes	52
Tabel 9. Keskmine vigade arv veebilehe kohta pea- ja alamlehtedel.....	53
Tabel 10. Keskmine vigade arv veebilehe kohta vormidega lehtedel	54
Tabel 11. Ülikoolide paremusjärjestus veebilehtedel tuvastatud keskmise vigade arvu alusel.....	55
Tabel 12. Keskmiste vigade arv Eesti ülikoolide veebilehtedel kategooriate lõikes.....	56
Tabel 13. Keskmiste vigade arv maailma ja Euroopa ülikoolide veebilehtedel kategooriate lõikes	57
Tabel 14. Sagedamini esinenud vead testimisvahendite lõikes.....	59
Tabel 15. Sagedamini esinenud vead testitud veebilehtedel.	62

1 Sissejuhatus

Tänapäevases infoühiskonnas on veeb igapäevatoimingute sooritamiseks tavapärane keskkond. On oluline, et veebilehed oleksid kõrge kasutajamugavusega ning annaksid hea kasutajakogemuse. Kasutatavus on veebilehtede oluline kvaliteediatribuut [1]. Kasutajate ootused kasutajakogemusele on individuaalsed. Näiteks võib nägemispuudega kasutaja vajada erilahendusi kontrastsuse ja värvi osas, mobiilikasutajal võib olla piiratud mahuga internetikasutus, mis seab omakorda mahupiirangud allalaaditavale sisule.

Kasutatavust reguleerivad erinevad soovituslikud dokumendid ja parimad praktikad. Rahvusvaheliste standardid sätestab World Wide Web Consortium (W3C), mis on loodud veebi koosmõju tagamiseks. Web Accessibility Initiative veebi sisu juurdepääsetavussuunised hõlmavad soovitusi veebi sisu juurdepääsetavuse parandamiseks. Suuniste täitmine teeb veebi sisu sageli ka üldiselt kasutajasõbralikumaks [2]. Tulenevalt tehnoloogia kiirest arengust on vajadus veebirakenduste kasutatavust pidevalt parandada. Näiteks on üheks muutuste allikaks mobiili kasutamise kasv veebilehtede sirvimiseks [3]. Väike ekraan seab kasutatavusele tavaarvutist erinevad nõuded. Veebirakenduste omanikel, veebidisaineritel ning arendajatel tuleb uuendustega kaasas käia.

Eesti on liitunud 2006. aastal Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni Peaassamblee poolt vastu võetu „Puuetega inimeste õiguste konventsiooniga“, mis on rahvusvaheline kokkulepe puuetega inimeste võrdseks kohtlemiseks kõikides valdkondades [4]. Alates 2012. aastast on Eestis avalikul sektoril kohustus veebilehtede disainimisel tagada WCAG 2.0 ligipääsetavuse tase AA [5].

Seega on kasutatavus ning kasutatavuse parandamine aktuaalne teema. Käesolev magistritöö keskendub kasutatavuse automaatsele hindamisele.

1.1 Probleem

Veebisaidid ja veebilehed on olenevalt organisatsiooni suuruselt ning struktuurist mahukad. Veebilehtede sisu on pidevas muutumises, samuti uueneb tehnoloogia, sh kasutatav märgendikeel. Lisatakse uusi dokumente, uuendatakse sisu, muudetakse kujundust. Suuremahulisem veebisait võib sisaldada kümneid ja sadu alamlehti ning iga veebileht omakorda erinevaid elemente. Samuti sisaldavad veebilehed lisaks HTML- ja CSS-elementidele JavaScripti laaditavat dünaamilist sisu. Kõige selle juures tuleb tagada veebilehtede kasutatavus. EL-i avaliku sektori ettevõtetal lasub seadusandlik kohustus tagada veebilehtede ligipääsetavus kõigile kasutajatele. Erasektoril kohustus puudub, aga kasutatavuse tagamine veebilehtedel toodab suuremat tulu ning veebilehe kasutatavus on veebilehe hindamisel oluline mõõdik. Probleemiks on veebilehtede kasutatavuse igapäevane hindamine ning tagamine muutuv keskkonnas. Tulenevalt testitavate kriteeriumide kvantiteedist peaks kasutatavuse hindamine olema hindamistööriistade olemasolul automatiseeritud.

1.2 Töö eesmärk ja tulem

Magistritöö esmaseks eesmärgiks on uurida olemasolevaid automaatseid hindamisvahendeid ning selgitada välja, milliseid standardeid ning kasutatavuse karakteristikuid vahendid võimaldavad hinnata.

Teiseks eesmärgiks on hinnata üldkasutatavaid veebilehtesid automaatsete hindamisvahenditega ülikoolide veebilehtede näitel. Hindamiste tulemusena selgub kasutatavuse probleemide esinemise sagedus, vigade arv ning veebilehtede kasutatavuse üldine tase. Eesmärgiks on tuvastada sagedamini esinevad vead ning leida mustreid esinevate vigade iseloomus indeks-, alam- ning vormidega lehtedel. Hinnatavate veebilehtede valim võimaldab tuvastada, kas ülikoolide veebilehtede kasutatavus erineb regiooniti: hindamistulemuste alusel koostatakse ülikoolide pingerida.

Kolmandaks eesmärgiks on analüüsida, mida kaasaegsed hindamisvahendid kasutatavuse hindamisel võimaldavad. Selgub, kas automaatsed hindamisvahendid on kasutatavuse hindamisel tulemuslikud tööriistad. Hindamiste läbiviimise tulemusena analüüsitakse ja võrreldakse olemasolevaid tööriistu, tuuakse välja tööriistade nõrkused

ja tugevused, antakse hinnang tööriistade kasutajamugavusele ning kasutatavuse hindamise kvaliteedile.

Magistritöö käigus saadud tulemused on laiendatavad kõikidele veebilehtedele. Hindamistulemustena saadud mustrite põhjal on võimalik tuletada vigade iseloomu indeks-, alam- ja vormidega lehel. Sagedamini esinevate vigade loetelu annab sisendi alustada veebilehe kasutatavuse parandamist suurema tõenäosusega esinevatest vigadest.

Magistritöös kasutatakse ühe hindamisvahendina TTÜ tarkvarateaduskonnas valminud automaatse hindamisvahendi Guidelineri prototüüpi. Hindamistulemused on Guidelineri meeskonnale sisendiks Guidelineri võrdlemiseks teiste automaatsete hindamisvahenditega.

1.3 Töö metoodika

Eesmärgi saavutamiseks valib autor hindamiste läbiviimiseks kuus automaatset hindamisvahendit. Seitsmendaks hindamisvahendiks on testimisvahendi Guidelineri prototüüp. Veebilehtede hindamine viiakse läbi URL-i põhiselt ning URL-i põhine automaatne hindamine käivitatakse manuaalselt. Testimised viiakse läbi ülikoolide veebilehtede näitel. Hinnatav valim koosneb maailma ja Euroopa tippülikoolide ning Eesti ülikoolide veebilehtede veebiaadressidest. Iga ülikooli veebilehtesid hinnatakse kolmel tasemel, milleks on indeksleht, alamleht ning vorme sisaldav leht. Kokku viiakse eesmärgi saavutamiseks läbi 441 testi. Hindamistulemused dokumenteeritakse tulenevalt hindamisvahendite erinevatest väljunditest MS Excelis.

1.4 Töö struktuur

Esimeses peatükis selgitatakse probleemi olemust ning magistritöö eesmärki. Teises peatükis antakse ülevaade veebilehtede kasutatavusest tervikuna ning ligipääsetavusest. Tutvustatakse kasutatavuse kvaliteedikriteeriumeid ning kehtivaid regulatsioone. Kolmas peatükk annab ülevaate kasutatavuse testimisvõimalustest. Neljandas peatükis antakse ülevaade testide läbiviimisest ja testide tulemustest.

2 Kasutatavus

Käesolevas peatükis antakse ülevaade kasutatavuse mõistest ning kvaliteedimõõdikutest. Selgitatakse lahti mõiste „ligipääsetavus“ ning tutvustatakse norme ja dokumente, mis reguleerivad peamiselt kasutatavuse alamkategoriat ligipääsetavust.

2.1 Kasutatavus

Veebilehed on peamiseks infoallikaks nii avalikus kui ka erasektoris. Informatsiooni, teenuste ja toodete hankimine on muutunud veebikeskseks ning veebirakenduste kasutatavus on kriitilise tähtsusega. Samuti on avalikus sektoris teenused digitaalsed. Näiteks saame veebirakenduste vahendusel infot e-koolist või tasume makse e-maksuameti vahendusel.

Kasutatavusel on mitmeid erinevaid definitsioone. ISO standard 9241-11:2000 „Guidance on Usability“ annab suuniseid, kuidas kirjeldada riistvara, tarkvara või teenuse kasutuskeskkonda ja kasutatavuse põhiparameetreid [6]. Standardis on defineeritud kasutatavuse mõiste. **Kasutatavus** (ingl *usability*) on määr, milleni ettemääratud kasutajad saavad toodet või süsteemi ettemääratud kasutuskontekstis toimivalt, tõhusalt ja rahuldusega ettemääratud sihtide saavutamiseks kasutada [7]. Kasutaja soovib, et teenus oleks kättesaadav ning toimingud oleksid sooritatavad kiiresti ning mugavalt.

Laialdaselt on tsiteeritud juhtivat kasutatavuse eksperti Jakob Nielsenit, kes on valdkonnas avaldanud üle kümne raamatu ning tegeleb aktiivselt kasutatavuse uurimise ja õpetamisega [8]. Jakob Nielsen defineerib kasutatavust järgmiselt: „**Kasutatavus** on kvaliteediatribuut, mis hindab veebirakenduse kasutamise lihtsust“ [9]. Jakob Nielsen kirjeldab kasutatavust läbi viie komponendi, mis on kasutatavuse hindamisel laialt levinud:

- 1) **õpitavus** (*ingl learnability*): näitab, kui lihtne on rakendust kasutada esimesel kasutamisel [9];
- 2) **efektiivsus** (*ingl effectiveness*): näitab, kui kiiresti kasutaja suudab pärast rakenduse õppimist toiminguid sooritada [9];
- 3) **meeldejäätvus** (*ingl memorability*): näitab, mil määral suudab kasutaja pärast pikaajast mittekasutamist õpitud oskused meelde tuletada [9];
- 4) **veakindlus** (*ingl errors*): näitab, kui palju ja kui tõsiseid vigu kasutaja teeb ning veaolukorra ennistamise kiirust [9];
- 5) **rahulolu** (*ingl satisfaction*): näitab, kui meeldiv on rakenduse kasutamine [9].

Hinnang kasutatavusele oleneb konkreetsest kasutajast, tema kogemusest ning rakenduse eesmärgist. Näiteks veebilehe püsikülastaja jaoks on veebilehel navigeerimine meelde jäänud ning ta leiab vajaliku info kiiresti. Samas lehekülje esmakordne külastaja ei pruugi täpselt sama infot leida. Majandustarkvara puhul eeldame, et kasutajaks on ettevõtte töötaja, kes kasutab rakendust igapäevaselt. Seega on spetsiifilise ja üldkasutatava rakenduse hindamisel hindamiskomponendid erineva kaaluga.

Lisaks kasutatavusele on veebilehe juures oluliseks kvaliteedimõõdikuks **kasutajamugavus**. Kasutatavus ja kasutajamugavus on erinevad asjad. Hea kasutatavus tähendab etteantud kontekstis ülesannete lihtsat ning intuitiivset sooritamist. Oluline on, kuidas kasutaja veebirakendust kasutab, kui palju klikke ta teeb, kas ta jõuab õige infoni. Kasutatavuse parandamise eesmärk on tagada veebirakenduse funktsionaalsus ning muuta veebirakenduse kasutamine lihtsamaks. **Kasutajamugavus** hõlmab emotsionaalset poolt, kuidas kasutaja ennast veebirakenduse kasutamise kestel tunneb, kas rakenduse kasutamine on tema jaoks tähendusrikas ja väärtuslik. Kasutajamugavuse suurendamise eesmärk on muuta kasutaja õnnelikumaks ja rahulolevamaks. Seega on kasutatavus üks kasutajamugavuse paljudest komponentidest. Piltlikult öeldes on kasutatavus nagu tee punktist A punkti B ning kasutajamugavus kogu sõidu käigus kogetud emotsioon. Tee olemasolulise punktist A punkti B sõita ei ole võimalik ning tee kvaliteedist sõltub sõidu kvaliteet ja sõiduks kulunud aeg. Teekonnal kogetud emotsiooni võivad aga mõjutada lisaks teele auto karakteristikud, ilmastikuolud või lihtsalt subjektiivne tunne [10].

Kui kasutatavus on hea, siis kasutaja sellele tähelepanu ei pööra. Halvale veebilehe kasutatavusele reageerib kasutaja veebilehelt lahkumisega, e-kaubanduses ostu mittesooritamise või vormidega veebilehe puhul oodatava info edastamiseta. Samas on paljud teenused kättesaadavad peamiselt veebi vahendusel ning veebilehelt lahkumine ei ole halva kasutatavuse korral lahendusena võimalik. Käesoleva magistritöö uurimisobjektiks on ülikoolide veebilehed, mis on peamiseks infoallikaks ülikoolide töötajatele ja õliõpilastele. Samuti on veebilehtedel oluline roll andmete edastamises ülikooli ja kasutajagruppide vahel. Seega peab olema tagatud veebilehtede kasutatavus. Kasutatavust saab mõõta erinevate meetoditega. Käesolev magistritöö keskendub veebilehtede automaathindamisele.

2.2 Kasutatavuse kvaliteedimõõdikud

ISO 25010-10 „Software Quality Model“ sätestab tarkvaratoote kvaliteedimudeli, mis kategoriseerib tarkvaratoote kvaliteediomadused kaheksaks kategooriaks [1]. Kasutatavus on funktsionaalsuse, sooritustõhususe, töökindluse, ühilduvuse, turvalisuse, hooldatavuse ning porditavuse kõrval oluline veebirakenduste kvaliteedinäitaja.

Rakendus peab eelkõige täitma mingit funktsionaalsust ja samaaegselt peab rakendus olema kasutatav. Kasutatavuseta muutub suurepärase funktsionaalsusega rakendus mõttetuks [9]. Näiteks kui kasutaja ei suuda veebilehel navigeerida ega vajalikku infot leida, ei loo rakenduse funktsionaalsus mingit väärtust. Kasutatavus on kasutajamugavuse oluline komponent.

Kategooriad on omakorda jaotatud alamkategooriateks. Kasutatavuse alamkategooriad on kuus. Lisaks eelpool toodud ISO 9241-11:2000 standardis sätestatud tõhususele, efektiivsusele ja rahulolule [6] ning Jakob Nielsen poolt lisatud õpitavusele ja weakindlusele lisandub kvaliteedimõõdikuna ligipääsetavus.

Töö autor koondas kasutatavuse definitsioonid Tabelisse 1 kvaliteediatribuutide lisandumise järjekorras. Tabelist järeldeb, et ISO 25010-10 standardis on kvaliteediatribuutide loetlemisel mindud sõnastuses täpsemaks ja oluliseks täienduseks on uue kvaliteediatribuudina ligipääsetavus [1].

Tabel 1. Kasutatavuse kvaliteediatribuudid.

ISO 9241-11:2000 Guidance on Usability	Jakob Nielsen	ISO 25010-10 Software Quality Model
Efektiivsus (ingl <i>effectiveness</i>) Tõhusus (ingl <i>efficiency</i>) Rahulolu (ingl <i>satisfaction</i>)	Õpitavus (ingl <i>learnability</i>) Efektiivsus (ingl <i>effectiveness</i>) Meeldejäätavus (ingl <i>memorability</i>) Veakindlus (ingl <i>errors</i>) Rahulolu (ingl <i>satisfaction</i>)	Kohasuse mõistetavus (ingl <i>appropriateness recognizability</i>) [7] Õpitavus (ingl <i>learnability</i>) Käsitsetavus (ingl <i>operability</i>) [7] Eksitusekindlus (ingl <i>user error protection</i>) [7] Kasutajaliidese esteetika (ingl <i>user interface aesthetics</i>) Ligipääsetavus (ingl <i>accessibility</i>)

Ligipääsetavus kasutatavuse alamkarakteristikuna on käesolevas magistritöös olulise kaaluga. Ligipääsetavus on kasutatavuse kvaliteediatribuut, kus automaatse hindamise efekt on tulenevalt olemasolevatest standarditest ning tööriistadest autori hinnangul kõige suurem. Järgnevalt selgitab autor, mis on ligipääsetavus ning milline on ligipääsetavuse seos kasutatavuse ja kasutajamugavusega.

2.2.1 Ligipääsetavus

Ligipääsetavus lähtub universaalne disaini printsibist, mis kujutab endast toodete ja keskkonna kujundamist selliselt, et seda saaksid kasutada kõik inimesed, nii suurel määral kui võimalik, ilma vajaduseta kohaldamise või erilahenduste järele [11]. Euroopa Komisjoni standardis on defineeritud ligipääsetavuse mõiste. **Ligipääsetavus** on keskkondade, toodete, teenuste ning informatsiooni kättesaadavus, kasutatavus ning mõistetavus kõikide inimeste poolt, olenemata nende füüsilisest või vaimsest võimekusest. Ligipääsetavad keskkonnad peavad pakkuma kõigile liikmetele ohutut, tervislikku, mugavat ning nauditavat kasutust [12].

Veebi ligipääsetavust kajastatakse tihti puudega inimeste seisukohast. **Puudega kasutajad** võivad vajada veebi kasutamiseks tugitehnoloogiaid (nt ekraanilugemise tarkvara, pimekuvar). Seega on puuetega inimestele ligipääsetavuse tagamisel oluliseks aspektiks tugitehnoloogiate ühildatavus. Euroopa elanikkond vananeb ning elanikkonna vananemine on tugevas korrelatsioonis puuetega inimeste arvu kasvuga. Eurostati uurimus prognoosib EL-i puudega inimeste koguarvuks 2027. aastaks 50 kuni 75

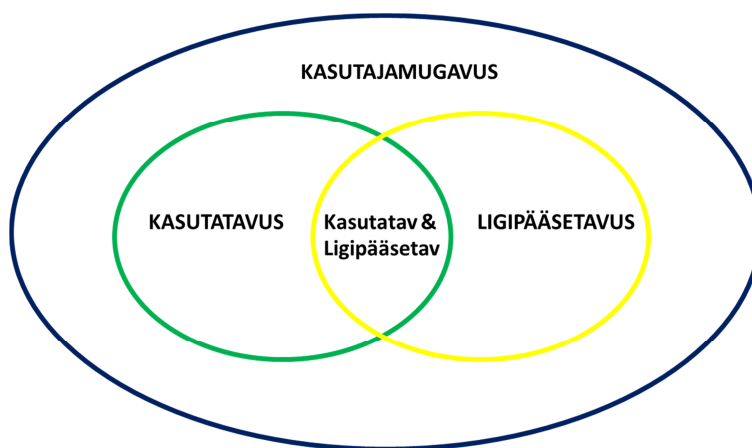
miljonit inimest [13]. Siit järeldub, miks ligipääsetavusest on saanud nii oluline teema. Üheks põhjuseks on teenuste liikumine veebikeskkonda ning teiseks põhjuseks on puuetega inimeste arvu kasv.

Tegelikult hõlmab ligipääsetavus kõiki kasutajaid. Tõenäoliselt oleme kõik kokku puutunud olukorraga, kus veebileht on mobiiliga küll kuvatav, aga avanev vaade ei ole mobiilile kohandatud või kasutatav brauser ei kuva veebilehte. Ligipääsetavus peab olema tagatud erinevate tehnoloogiate ja ühenduste korral kõigile kasutajatele. Ligipääsetavuse seisukohast on oluline arvestada kasutajate vanuse ning oskustega, tehnoloogiate paljususe ning ühilduvusega ja kasutamise keskkonnaga:

- 1) eakamad inimesed, puudulikuma kirjaoskusega inimesed [12];
- 2) tehnoloogiast tulenevad piirangud või ühildamatus: brauserid, platvormid, seadmed, mobiiliveeb [12];
- 3) keskkonnast tulenevad faktorid: asukoht, müratase, internetiühenduse kiirus [12].

Ükski ühiskonna grupp, vaatamata vanusele, oskustele ega tehnoloogiale, ei tohi jääda digitaalselt isoleerituks. Näiteks www.eesti.ee portaal peab olema kasutatav vanema operatsioonisüsteemiga, madalama internetikiirusega ning nuppude ja linkide nimetused ja paiknemine peaksid olema üheselt mõistetavad ka vanemale inimesele. Samuti peab portaal olema kasutatav nägemis- või kuulmispuudega inimesele.

Kasutajamugavuse, kasutatavuse ja ligipääsetavuse seos on esitletud Joonisel 1.



Joonis 1. Seos kasutajamugavuse, kasutatavuse ja ligipääsetavuse vahel [14].

Ligipääsetavus on kasutatavuse osa. Veebileht ilma ligipääsetavuseta ei ole kasutatav ning ligipääsetavus ei taga automaatselt kasutatavust. Veebirakenduse kasutajamugavuse tagab kasutatavuse ja ligipääsetavuse samaaegne olemasolu.

Lisaks universaalse disaini printsiibile reguleerivad kasutatavust hea tava ning mitmed rahvusvahelised kokkulepped. Sätestatud tehnilised standardid loovad veebilehe vastavuse kontrollimiseks ning parendamiseks vajaliku raamistiku. Järgnevalt annab autor ülevaate kasutatavust reguleerivatest standarditest ja parimatest praktikatest.

2.3 Kasutatavust reguleerivad aktid

Maailma juhtiv veebistandardite arendamisega tegelev organisatsioon on veebi looja Tim Berens-Lee poolt asutatud W3C (World Wide Web Consortium). 1989. aastal võttis interneti „isa“ Tim Berens-Lee kasutusele mõiste *World Wide Web*. Tema lõi esimesed klient-server rakendused ning kirjutas veebilehtede sisu edastamise keeleversiooni HTML. Sealt edasi arenes veeb kiiresti ning juba aastal 1994 loodi veebi koosmõju tagamiseks W3C [15]. W3C visiooniks on „Üks veeb“, mis sisuliselt tähendab standardsete protokollide kasutamist ülemaailmselt.

W3C juhindub oma töös kahest disainipõhimõttest:

- 1) veeb kõigile – hõlmab ligipääsetavust, mille autor peatükis „2.2.1 Ligipääsetavus“ lahti seletas;
- 2) veeb kõigele – hõlmab kõiki veebiühendusega seadmeid (seadmeid, mobiiliveebi, brausereid ja teisi agente) [16].

W3C eesmärgiks on tagada ülemaailmselt veebilehtede kõrge kvaliteet ning üheks prioriteediks on HTML-i ja CSS-i korrektne süntaks. W3C veebileht sisaldab vabavaralisi HTML-ja CSS koodi validaatoreid. Esmaseks veebilehe testimise vahendiks võikski olla vabavaralised HTML- ja CSS-koodi validaatorid, et tagada korrektne koodisüntaks.

2.3.1 Veebisisu juurdepääsusuunised WCAG 2.0

Järgimaks disainipõhimõtet „Veeb kõigile“ loodi W3C juures WAI (Web Accessibility Initiative). WAI raames loodi organisatsioonide ja indiviidide koostöös WCAG

standardid, mis on veebilehtede automaatsel hindamisel oluliseks mõõdikuks. WCAG standardid on Euroopa Liidus avalikule sektorile täitmiseks kohustuslikud. Hetkel kehtib WCAG 2.0, mis on edasiarendus esimesest versioonist WCAG 1.0. WCAG 2.0 standard on ühtlasi ka ISO/IEC 40500:2012 standard. Kuna veeb areneb igapäevaselt, vajavad suunised pidevat täiendamist ning välja töötamisel on versioon WCAG 2.1. WCAG 2.0 täielik tõlge on saadaval ka eesti keeles [2].

WCAG 2.0 juhised esitatakse kolmel tasandil. Kõige kõrgemal tasandil on määratletud neli veebi juurdepääsetavuse aluseks olevat põhimõtet: tajutavus, talitusvõime, mõistetavus ja töökindlus. Iga põhimõtte alla kuuluvad seda täpsustavad suunised, mis kirjeldavad täpsemalt üldise põhimõtte realiseerimiseks püstitatud alameesmärke. Suunistes kirjeldatud alameesmärkide täitmiseks on edukriteeriumid. Edukriteeriumid on jagatud kolme vastavustasemesse (A, AA, AAA), mille põhjal antakse hinnang veebilehe nõuetele vastavuse kohta [17]. Tase A kirjeldab madalaimat vastavustaset, tase AA keskmist ning tase AAA on kõrgeim vastavustase. Kokku kirjeldab standard nelja põhimõtet, 12 suunist ning 61 edukriteeriumit [18].

Joonisel 2 on toodud WCAG struktuur põhimõtete, suuniste ning edukriteeriumite lõikes.

Põhimõte	Suunis	Tase A	Tase AA	Tase AAA
1. Tajutavus	1.1 Tekstilised alternatiivid	1.1.1		
	1.2 Ajas muutuvad meediumid	1.2.1 - 1.2.3	1.2.4 - 1.2.5	1.2.6 - 1.2.9
	1.3 Kohandatavus	1.3.1 - 1.3.3		
	1.4 Eristatavus	1.4.1 - 1.4.2	1.4.3 - 1.4.5	1.4.6 - 1.4.9
2. Talitusvõime	2.1 Juurdepääsetavus klaviatuuri abil	2.1.1 - 2.1.2		2.1.3
	2.2 Piisav aeg	2.2.1 - 2.2.2		2.2.3 - 2.2.5
	2.3 Haigushood	2.3.1		2.3.2
	2.4 Navigeeritavus	2.4.1 - 2.4.4	2.4.5 - 2.4.7	2.4.8 - 2.4.10
3. Mõistetavus	3.1 Loetavus	3.1.1	3.1.2	3.1.6 - 3.1.6
	3.2 Ettearvatavus	3.2.1 - 3.2.2	3.2.3 - 3.2.4	3.2.5
	3.3 Sisestusabi	3.3.1 - 3.3.2	3.3.3 - 3.3.4	3.3.5 - 3.3.6
4. Töökindlus	4.1 Ühilduvus	4.1.1 - 4.1.2		

Joonis 2. Veebi sisu juurdepääsetavussuunised WCAG 2.0 [2].

Joonisel toodud suuniste loetelu annab hea ettekujutuse 12 põhimõttest, mis peavad olema ligipääsetavuse tagamiseks täidetud. Näiteks näevad suunised ette, et veebilehe elementidel peavad olema tekstilised alternatiivid (suunis 1.1) või oluline on tagada navigeeritavus (suunis 2.4).

Alates 2012. aastast on EL-is „Avaliku sektori asutuste veebisaitide käideldavuse direktiivi“ alusel avaliku sektori asutuste veebisaitide kohustuslikuks tasemeks WCAG 2.0 tase AA [19]. Tase AA hõlmab endast nii A kui AA taseme edukriteeriumitele vastavust. Magistritöö raames hinnatavatele Eesti avalik-õiguslike ülikoolide veebilehtedele laieneb see kohustus samuti.

Eestis leiab põhjalikku infot ning juhendeid WCAG 2.0 rakendamise osas Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ning RIA veebilehtedelt. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium tegeleb ka avaliku sektori veebilehtede ligipääsetavuse monitoorimisega. Pärast WCAG 2.0 AA taseme kohustuslikuks muutumist on läbi viidud veebilehtede kasutatavuse osas kaks uuringut aastatel 2013 ja 2015. Viimase uuringu tulemuse kohaselt vastasid WCAG 2.0 AA tasemele 28% valitsusasutuste veebilehtedest ning kõigest 1% kohalike omavalitsuse veebilehtedest [17].

Magistritöö hindamiste läbiviimisel ühe hindamisvahendina kasutatud Guideliner installeeriti 2018. a. kevadel RIA serverisse. Eesmärgiks on veebilehe automaatse kasutatavuse hindamine ning seeläbi portaali www.eesti.ee kõrge käideldavuse tagamine. 2015. aasta uuringu kohaselt kvalifitseerus RIA veebileht WCAG 2.0 AA tasemele. Magistritöö peatükis „4.2 Testimisvahendite analüüs“ kasutatud seitse automaatset testimisvahendit kasutasid sisendina kõik WCAG 1.0 ja WCAG 2.0 kriteeriumite tasemeid A kuni AAA.

Lisaks WCAG on kasutatavuse hindamiseks erinevaid riiklikke standardeid ja parimaid praktikaid.

2.3.2 Section 508 ja teised regionaalsed standardid

USA-s tugineb ligipääsetavuse raamistik puuetega inimeste diskrimineerimist keelustaval seadusandlusel, mille ametlik nimetus on „Rehabilitation Act of 1973“ [20]. 1998. aastal lisas USA Kongress olemasolevale seadusandlusele infotehnoloogiat reguleeriva lõigu, mis on tuntud nimetuse Section 508 all. Section 508 sätestab võrdse

ligipääsetavuse nõude info- ja kommunikatsioonitehnoloogilistele lahendustele. Analoogselt WCAG 2.0-le on seadus kohustuslik valitsusasutustele ehk avalikule sektorile. Arvestades, et puudega kasutajate hulk on USA-s ligikaudu 20%, on erasektori huvi ligipääsetavuse nõudeid täita samuti suur.

2018. aasta jaanuaris jõustusid Section 508 viimased muudatused, mis harmoniseerisid USA seadusandlust peatükis „2.3.1“ tutvustatud WCAG 2.0-ga [21]. Section 508 nõuded olid WCAG 2.0-ga juba eelnevalt paljuski kattuvad. Näiteks on ligipääsetavuse tagamiseks oluline ligipääsetavus klaviatuuri abil. Sama nõue on sätestatud WCAG 2.0 edukriteeriumi 2.1.1 all ja Section 508-s punkti 1194.21(a) all.

US Access Board on seadusemuudatuse loomisel koostanud kõrvutava tabeli WCAG 2.0 ja Section 508 kriteeriumitest. Tabel on ülevaatlik ning on leitav veebilehel (https://www.access-board.gov/guidelines-and-standards/communications-and-it/about-the-ict-refresh/final-regulatory-impact-analysis#_Toc471376905). Magistritöös kasutatud automaatsed testimisvahendid kasutasid sisendina ka Section 508 nõudeid.

Lisaks WCAG 2.0 ja Section 508-le on erinevaid riiklike initsiatiividena loodud ligipääsetavust reguleerivaid normatiive. Normatiivide loetelu on toodud Tabel 2. Riiklike normatiive võimaldasid mitmed magistritöös kasutatud testimisvahenditest hinnata, aga üldine suund on WCAG 2.0 kasutamine ülemaailmse standardina. Riiklike standardite arendamine on suures osas lõpetatud ja regionaalsed standardid on ühildatud WCAG 2.0-ga.

Tabel 2. IKT ligipääsetavust reguleerivad riiklikud standardid.

Regulatsioon	Riik	Loomise aasta	Ühilduvus WCAG 2.0
BITV ¹	Saksamaa	2004	2017
STANCA ²	Itaalia	2004	2013
RGAA ³	Prantsusmaa	2007	2009
JIS ⁴	Jaapan	2004	ei ole ühildatud tulenevalt märgisüsteemi erinevusest

¹ http://www.bitvtest.eu/bitv_test/intro/overview.html

² <http://www.agid.gov.it/agenda-digitale/pubblica-amministrazione/accessibilita>

³ https://disic.github.io/rgaa_referentiel_en/introduction-RGAA.html

⁴ <http://evengrounds.com/blog/web-accessibility-in-japan>

Lisaks on kasutusel USA valitsuse poolt koostatud parimate praktikate kogu „Usability Guidelines“ [22], kuhu on koondatud Section 508 nõuded ning parimad praktikad veebiarenduses. Parimate praktikate kogu annab juhiseid alates rakenduste disainiprotsessist kuni kasutatavuse testimiseni. Kogu annab ka suunised veebilehe erinevate elementide disainimiseks. Autori hinnangul on USA valitsuse poolt loodud parimate praktikate kogu ülevaatlik ning informatiivne arendusprotsessi erinevates etappides tekkinud küsimustele juhiste leidmiseks.

Kasutatavuse standardite mittejärgimine võib lisaks rahulolematutele kasutajatele tekitada otsest majanduslikku kahju. USA-s on esinenud hulgaliselt kasutatavuse- ning ligipääsetavusealaseid kohtuprotsesse. Juba 2009. aastal algatas USA Pimedate Ühing hagi USA Haridusameti vastu, kuna e-õppes ei olnud tagatud ühilduvus Braille klaviatuuriga ega tekst kõneks süntees [23]. Hagi esitamise põhjuseks on tegelikkuses veebilehe halb kasutatavus, kus kasutaja ei ole võimeline teostama soovitud operatsiooni. WCAG 2.0 ja Section 508 on normatiivsed dokumendid, millele puuduste esinemisel viidatakse ning dokumendid on kahjunõude esitamise seadusandlikuks aluseks.

WCAG 2.0 ja Section 508 on mahukad, üldsõnalised ning mitmekihilised lisasid sisaldavad dokumendid. Näiteks WCAG 2.0 suunis 1.1.1 annab juhise, et kogu kasutajale esitatud mittetekstilisel sisul peab olema võrdväärne tekstiline alternatiiv. Suunise juurde kuuluvad omakorda selgitus suunisele 1.1, dokument, kuidas täita suunist 1.1.1, dokument, kuidas mõista suunist 1.1.1 ning soovituslikud tehnikad WCAG 2.0 jaoks. Veebiarendajate jaoks on dokumentide nõudeid sellisel kujul keeruline jälgida. Veebitoimetajad lisavad igapäevaselt uut sisu ning arendajad muudavad tulenevalt vajadusest koodi. Veebirakenduste sisu ning kood on pidevas muutumises. Kasutatavuse tagamine on protsess, mitte projekt. Keerukate standardite jälgimine peab olema tagatud kogu veebirakenduse elutsükli jooksul. Veebiarendajatele on oluline kasutatavuse tagamine arendusprotsessi varajasest staadiumist veebilehe igapäevase hooldamise ning monitoorimiseni. Seega peab testimisplaan sisaldama ühe kriteeriumina kasutatavuse hindamist. Kasutatavuse hindamiseks kasutatakse erinevaid meetodikaid.

3 Kasutatavuse hindamine

Kasutatavuse hindamine kujutab endast testimismeetodite kogumit, mille eesmärgiks on tuvastada kasutatavuse probleemid [24]. Kasutatavuse testidest tuleb välja, kui lihtne või raske üks süsteem tegelikult on [25] ning saame vastuse, kas rakendusele seatud kvaliteedikriteeriumid on täidetud.

Kasutatavuse hindamiseks on kasutusel empiirilised ja analüütilised meetodid, mis mõlemad põhinevad inimressursil. Uuemaks meetodiks on kasutatavuse automaathindamine. Igal testimismeetodil on omad tugevused ja nõrkused ning parima tulemuse annab kõikide meetodite kombineeritud kasutamine. Käesolevas peatükis antakse ülevaade kasutatavuse hindamise meetoditest ning analüüsitakse nende tugevusi ja nõrkusi.

3.1 Empiiriline hindamine

Empiiriline testimine kujutab endast kasutaja kogemusel põhinevat testimist. Veebirakenduste testimise puhul pannakse kasutaja täitma etteantud stsenaariumit ning jälgitakse samaaegselt tema käitumist. Levinud testimismeetodid on kaartide sorteerimine (ingl *card sorting*), pilgu jälgimine (ingl *eye tracking*), valjult mõtlemise test (ingl *think aloud protocol*), intervjuud ja küsitlused.

Empiirilise hindamise juures on kolm kriteeriumit, mis mõjutavad hindamise tulemusi:

- 1) kasutajad, kes testivad rakendust;
- 2) stsenaarium, mida testitakse;
- 3) kontekst, kus ja kuidas rakendust testitakse.

Lähtudes kasutatavuse kvaliteedikriteeriumitest (nt õpitavus, efektiivsus, ligipääsetavus) on hindamise läbiviimisel oluline, milliste oskustega kasutaja rakendust hindab. Kas tegu on algajaga, vilunud arvutikasutajaga, eaka või hoopis puudega inimesega? Juhul

kui puudega inimesed oleksid testimise protsessi kaasatud, siis vaegnägija, vaegkuulja ja motoorikahäirega kasutaja vajadused on kardinaalselt erinevad ning testimise tulemused samuti.

Empiiriline testimine on oma olemuselt kvalitatiivne testimine. Kvalitatiivse testimise puhul peetakse piisavaks testgrupi suuruseks 3 kuni 5 kasutajat. Ka Jakob Nielsen poolt läbiviidud uuring kinnitab, et 3 kuni 5 kasutajat tuvastavad 80% vigadest [26].

Rakenduse omanik peab oma kasutajat tulenevalt kasutajaprofiilide erinevusest tundma ning vajadusel looma mitu testgruppi. Arvestades avaliku sektori veebilehtedele kehtivat WCAG 2.0 standardi täitmise nõuet tasemel AA, peaksid parima tulemuse saavutamiseks empiirilisel hindamisel osalema kõik testgrupid, kelle õiguseid standard kaitseb.

Testimise tulemusi mõjutavad testitavad stsenaariumid ning testimisolukorrad. Näiteks võib mõne stsenaariumi testimine kasutatavuse kvaliteedimõõdikutest lähtudes (nt kasutajaliidese esteetika, kohasuse mõistetavus) tavaarvutil anda suurepärased tulemused, aga mobiiliplatvormil võib testimine ebaõnnestuda. Samuti on veebilehtede infoarhitektuurid erineva keerukusastmega, hõlmates HTML-, CSS- ja JavaScripti koodi.

Lisaks kvaliteedile on testimise juures oluline hind. Kõige kuluefektiivsem on tarkvaravigade tuvastamine võimalikult varajases arendusetapis, kuna vigade parandamise maksumus arendusetappide lõikes on eksponentsiaalselt kasvav. IBM Süsteemiteaduse Instituudi läbiviidud uuringu põhjal on juurutamise faasis tuvastatud vea parandamine neli kuni viis korda kallim disainietapis tuvastatud vea parandamisest ning kuni sada korda kallim hoolduse faasis tuvastatud vea parandamisest [27]. Empiiriline hindamine on tulenevalt inimressursi kasutamisest ning testitavate funktsionaalsuste arvust kulukas testimismeetod.

Autori hinnangul on empiiriline hindamine veebilehtede kasutatavuse hindamisel testimisviis, mis annab hästi koostatud testimisplaani korral veebirakenduse loogilisuse ja kasutatavuse osas kõige parema tagasiside. Samas on mitmed uurimused näidanud, et empiirilise testimise käigus võivad isegi olulised vead tuvastamata jääda. Law ja Hannbergi läbi viidud juhtumiuuringu põhjal tuvastatakse meetodi abil 30-50% vigadest [28].

Järgnevalt annab autor lühiülevaate empiirilistest testimismeetoditest, mis eeldavad kasutajapoolset testi läbiviimist. Autori hinnangul on järgnevad meetodid efektiivsed vahendid disaini erinevates etappides.

3.1.1 Kaartide sorteerimine (ingl *Card Sorting*)

Kaartide sorteerimine on meetod veebisaidi infoarhitektuuri konstrueerimiseks ja hindamiseks. Kaartide sorteerimist on otstarbekas kasutada disaini etapis prototüüpimise faasis, kui veebilehe struktuur on loomisel või veebilehe ümberstruktureerimiseks hoolduse etapis. Metoodika eesmärgiks on struktureerida informatsiooni nii, nagu kasutaja seda näeb ning loogiliseks peab. Hindamist võib läbi viia manuaalselt või tarkvara abil. Praktiliselt viiakse uuring läbi järgmiselt:

1. inimesele antakse hulk kaarte, millele on kirjutatud erinevate infoühikute nimed [29].
2. inimene jagab need mõisted kas etteantud gruppidesse või mõtleb ise välja igale kategooriale sobiva nime [29].

Etteantud gruppidesse jaotamist nimetatakse suletud sorteerimiseks ning kasutajapoolset nimeandmist avatud sorteerimiseks. Protsessi korratakse erinevate inimestega ning tulemusi analüüsitakse klasteranalüüsiga eesmärgiga leida ühisosa ning mustrid.

Kaartide sorteerimine vajab suuremat testijate hulka kui tavapärane kvalitatiivne analüüs. Tullis ja Wood soovivad usaldusväärse tulemuse saamiseks testida 20-30 kasutajaga [30], Jakob Nielseni läbiviidud kuluefektiivsuse analüüsi põhjal on kaartide sorteerimist optimaalne läbi viia 15 kasutajaga [26].

Meetodi eeliseks on odav hind. Sisuliselt on testi läbiviimiseks vaja paberit ja kasutajate gruppi. Teiseks plussiks on iteratiivsus, testi on lihtne korrata ja juba saadud tulemusi uuesti hinnata ja vajadusel muuta.

Meetodi puuduseks on ühekülgne lähenemine, testi käigus ei dokumenteerita kasutaja mõttekäiku ega märkuseid, mis võivad anda olulist informatsiooni.

Autori hinnangul on kaartide sorteerimine vajalik meetod iga veebilehe disaini etapis, et tagada loogiline struktuur ja navigatsioon. Kuid meetod on rakendatav ka hooldusetapis olevate veebilehtede arendamisel. Näiteks saab meetodit kasutada kaupade

kategoriseerimisel ja nimetamisel veebipoes, kus kasutajakeskne disain on hea konversiooni eelduseks.

3.1.2 Pilgu jälgimine (ingl *Eye Tracking*)

Pilgujälgija on arvuti lisaseade, mis kasutab projektsioonimustreid ja optilisi andureid, et koguda väga täpset teavet silma asendi, pilgu suuna ja silma liigutuste kohta [31]. Pilgu liikumist vaadeldes on võimalik kindlaks teha kõige efektiivsemad kohad teabe leidmiseks ja alad, mis saavad vähem tähelepanu ning on tavakasutajate jaoks nii-öelda pimedad: mille piires kasutaja tegevus on häiritud või esinevad raskused [32].

Pilgu jälgimist võib kasutada prototüüpimise faasis ja juba valminud veebilehe kasutatavuse analüüsiks.

Pilgu jälgimise meetodika tugevuseks on detailsus. Tulemuste põhjal saab hinnata stsenaariumite täitmiseks kulunud aega ning tegevuste hõlpsust. Kasutatavuse kvaliteedikriteeriumidest lähtuvalt on pilgujälgimine efektiivne kohasuse mõistetavuse, käsitsetavuse, eksitusekindluse ning kasutajaliidese esteetika hindamisel.

Pilgu jälgimine on autori hinnangul kõige efektiivsem testimismeetod. Pilgu trajektorist ning elementide vaatamisele kulunud aja põhjal on hõlbus välja selgitada stsenaariumid, kus kasutaja on ummikseisus. Samuti on näha, millistest kohtadest kasutaja infot otsib. Analüüsi tulemusena on võimalik tagada WCAG 2.0 juurdepääsetavussuunise 3.2 „Ettearvatavus“ täitmine ning disainida kasutaja tegelikele ootustele vastav veebileht.

Meetodi nõrkusena võib välja tuua kalli hinna, kuna on vajalik lisaseadmete ning seadmeid tundvate spetsialistide olemasolu. Kui kaartide sorteerimist võib teostada igast asukohast, siis pilgujälgimist ei saa läbi viia, kui puudub pilgujälgimisseade.

3.1.3 Valjult mõtlemise test (ingl *Think Aloud Protocol*)

Valjult mõtlemise testi käigus täidab kasutaja ette antud ülesannet. Ülesande täitmise käigus räägib kasutaja oma tegevustest ja mõtetest ning kasutaja tegevus ja kõne salvestatakse. Valjult mõtlemise test annab detailsema ülevaate, mis kasutajat segadusse võib ajada ning vea parandamine on lihtsam. Samas, kui kasutaja ei ole harjunud oma tegevusi kommenteerima, võib tal olla seda veel keerulisem teha testimisolukorras. Valjult mõtlemise testi tulemused vajavad ka nö. „tõlkimist“.

3.2 Ekspert hinnang (ingl *Analytical Evaluation*)

Analüütilist hindamist viivad läbi kasutatavuse eksperdid. Ekspert hinnangu puhul peetakse optimaalseks testijate arvuks samuti kolme kuni viit testijat. Ekspert hinnangu tulemus sõltub:

- 1) eksperdist ning tema kogemusest;
- 2) funktsionaalsusest või stsenaariumitest, mida hinnatakse.

Ekspert hinnangu tugevuseks on ekspertide oskusteave testitavas valdkonnas ning sünergia testitulemuste ühisel arutamisel. Samuti katavad ekspertide läbiviidud hindamised rohkem funktsionaalsuseid ning kasutatavuse probleemvaldkondi. Seeläbi on võimalik tuvastada suurem arv vigasid. Puudusena võib välja tuua, et ekspert ei pruugi osata rakendust näha kasutaja silmade läbi. Ekspert võib vigasid tuvastada intuiitiivselt ning seeläbi viidata vigadele, mida ta on harjunud nägema. Puuduste loetelu võib seeläbi suurenda ning arendajad tegelevad vigade parandamisega, mis kasutajat tegelikult ei sega.

Autori hinnangul on ekspert hinnang olenevalt rakenduse iseloomust vajalik. Veebilehtede kasutatavuse hindamise puhul jääb ekspert hinnang oluliseks testimismeetodiks. Järgnevalt tutvustab autor kahte ekspertide poolt läbiviidavat olulisemat meetodit: heuristilist hindamist ja tunnetuslikku läbiproovimist.

3.2.1 Heuristiline hindamine (ingl *Heuristic Evaluation*)

Heuristiline hindamine põhineb ekspertide arvamusel etteantud kriteeriumite alusel. Heuristilisele hindamisele pani aluse Jakob Nielsen ning kriteeriumina kasutatakse Nielsen kasutatavuse heuristikat. Karakteristikuid on kümme ning need katavad kasutatavuse kvaliteedikriteeriumid. Näiteks on kriteeriumiteks veakindlus, kasutajaliidese esteetiline disain, efektiivsus jne [33].

Ekspertid viivad hindamise läbi individuaalselt ning vähemalt kaks korda. Seejärel avatakse ekspertide omavaheline suhtlus ning teostatakse koondanalüüs.

Heuristilist hindamist kasutatakse veebirakenduse varajases arendusfaasis ning meetod on iteratiivselt kasutatav. Metoodika plussiks on heuristika ehk kriteeriumite olemasolu.

Selle tulemusena saavad testidega kaetud erinevad kvaliteedikriteeriumid. Nõrkusena võib välja tuua ekspertide hinnangu subjektiivsust.

Autori hinnangul peaks kasutatavuse hindamisel olema lisaks Nielsen'i karakteristikutele sisendiks ka eelmises peatükis tutvustatud veebi juurdepääsetavuse juhised WCAG 2.0 ja Section 508.

3.2.2 Tunnetuslik läbiproovimine (ingl *Cognitive Walkthrough*)

Tunnetuslik läbiproovimine on ülesande täitmisel põhinev testimismeetod. Ekspertidid kujutlevad, et nad on rakenduse esmakordsed kasutajad ning hakkavad täitma etteantud ülesandeid. Testimine viiakse algusest lõpuni läbi ekspertide grupina. Testi alguses analüüsib grupp, millised sammud on vajalikud ülesande täitmiseks, ning seejärel asutakse ülesannet sammudena täitma. Iga etapi juures esitab grupp endale kasutaja seisukohast küsimusi arusaadavuse, elementide paiknevuse ning info leitavuse osas.

Meetodi tugevuseks on kohaldatavus igas arendusetapis ning lai kvaliteedikriteeriumite katvus. Tunnetuslik läbiproovimine aitab parandada rakenduse kohasuse mõistetavust, õpitavust, käsitsetavust, eksitusekindlust, kasutajaliidese esteetikat ja ligipääsetavust.

3.3 Automaattestimine

Empiiriline ja eksperttestimine annavad kasutatavuse vigade tuvastamisel häid tulemusi, aga mõlema puudustena saab välja tuua limiteeritud jõudluse, subjektiivsuse ning kõrge maksumuse. Veebilehtede eripäraks on kiire muutumine ning kasutatavuse testimine jääb piiratud ressursside tõttu tagaplaanile. Eelkõige testitakse funktsionaalsust ja hinnatakse visuaalset välimust. Leitavate vigade amplituud ning jõudlust aitab parandada automatiseeritud hindamine. Kui empiiriline ja eksperthinnang on kvalitatiivsed meetodid, siis automatiseeritud hindamine on kvantitatiivne meetod.

Automatiseeritud hindamine hõlmab tarkvaralisi raamistikke, mille eesmärk on sooritada hindamine kiiresti, suure jõudlusega ning teostada analüüs automatiseeritult. Automaattestide abil on võimalik tuvastada kindlat tüüpi disainivigu nagu näiteks veebilehtede aeglane üleslaadimine, katkised lingid, žargooni kasutamine, potentsiaalsed ligipääsetavuse probleemid jne [34].

Allolevas tabelis on koondatud peamised erinevused automaatse ja traditsioonilise kasutatavuse hindamise vahel.

Tabel 3. Automaatsete kasutatavuse ja traditsiooniliste kasutatavuse meetodite võrdlus [35].

Traditsiooniline kasutatavuse hindamine	Automaatne kasutatavuse hindamine
Aeganõudvam	Kiirem
Kulukam	Odavam
Vajalik ekspertide või kasutajate kohalolu	Automatiseeritud
Väike hulk subjekte	Suur hulk subjekte
Lokaalse kasutaja põhine	Rahvusvaheliselt kasutatav
Laboratoorium	Kodu või töökoht
Sügavuti / kvalitatiivne	Laiuti / kvantitatiivne
Kõik tarkvaratooted (veebirakendused, tarkvara)	Veebilehed, e-kaubandus, veebipõhised kasutajaliidesed

Automaattestimist on võimalik teostada kahel viisil:

- 1) manuaalselt käivitatav automaattestimine;
- 2) automaatselt käivitatav automaattestimine.

Magistritöö keskendub manuaalset käivitatavale automaattestimisele ning hindamisvahendite detailne tutvustus ja analüüs on peatükis 4 „Kasutatavuse automaatsed testimisvahendid“.

Veebilehtede automatiseeritud hindamiseks on kaks erinevat lähenemist: objektide käitumisel ja objektide olekul põhinev hindamine.

Käitumisel põhinev hindamine (ingl *Interaction testing*) seisneb kasutaja tegevuse põhjalikus tundmises ning matkimises. Käitumisel põhinev hindamine võimaldab jälgida kasutaja hiireklikke, klaviatuuri kasutust, video ja audio kasutamist ning salvestada ekraanil toimuvat. Kõrvutades traditsiooniliste testimisviisidega on käitumisel põhinev hindamine empiirilise hindamise automatiseeritud versioon.

Käitumisel põhinev hindamine testib kasutaja käitumist veebilehel, kogudes olulist informatsiooni kasutatavuse kohta. Kuhu ning mis järjekorras kasutaja klikkab, kuhu kasutaja vaatab, millist infot sisestab jne. Andmete põhjal on võimalik saada olulist

tagasisidet kasutajaliidese esteetika, õpitavuse, efektiivsuse ja teiste kvaliteedikriteeriumite osas ning veebirakenduste kasutatavust parandada.

Käitumisel põhineva hindamise suurim rakendusvaldkond on **veebianalüütika**. **Veebianalüütika** kujutab endast reaalse veebikasutaja tegevuse kohta andmete kogumist ning analüüsimist. Veebianalüütika eeliseks on kasutaja tegevuse detailne ja reaalne monitoorimine: kaua kasutaja veebilehel viibis, kas ta klikkas sisul, kas ta lõpetas veebipoe külastuse ostuga või pani asjad korvi ning lahkus lehelt ostu vormistamata, kas kasutaja täitis vormid või alustas ning lahkus vormi saatmata. Veebianalüütika mõõdikud on veebiturundajate igapäevased töövahendid. Levinumad on konversioonimäär, pörkemäär ning külastuste arv. Kasutatavuse hindamisel võimaldab veebianalüütika tuvastada probleemsed kohad reaalse veebikasutaja seisukohast. Varased hoiatussignaalid viitavad kohtadele, kus kasutaja takerdub. Hoiatussignaalide ilmnemisel saab läbi viia kasutatavuse testimise ning kitsaskohad parandada. Samuti võimaldab Google Analytics teostada A/B testimist, mis annab väärtuslikku infot kasutajaliidese esteetika osas. Testimistulemuste põhjal saab valida paremate näitajatega paigutuse, disaini või sisu. Kolmandas oluliseks kasutatavuse parandamise võimaluseks on võrdlusbaasi olemasolu. Muudatuste sisseviimisel on võimalik andmete võrdlemine eelnevate näitajatega. Lihtne on tuvastada, kas muudatused parandasid kasutatavust või mitte. Google Analytics'i veebilehelt on leitavad ka põhjalikud juhised kasutajasõbraliku disaini osas. Võttes arvesse mobiiliplatvormi olulisuse kasvu, on eriti tänuväärset mobiilivaate kasutajasõbraliku disaini juhised¹. Autori hinnangul aitab veebianalüütika parimate praktikate järgimine kasutatavuse kvaliteedi kasvule oluliselt kaasa. Veebianalüütika on tasuta ning peaks olema rakendatud enne kulukate kasutatavuse testide läbiviimist. Peatükkides 3.1 „Empiiriline hindamine“ ja 3.2 „Eksperthinnang“ selgus, et traditsioonilise testimise üheks kitsaskohaks on stsenaariumite paljusus ning kõikide stsenaariumite testimine. Veebianalüütika võimaldab koostada kitsaskohale suunatud testimisplaani ning seeläbi ressursse säästa.

Meetrikal põhinev hindamine (ingl *Metric based evaluation*) eeldab spetsifikatsiooni või otsustustabeli olemasolu. Hindamisprotsess kujutab endast andmete kogumist,

¹ <https://support.google.com/partners/answer/7327828?hl=et#>

verifitseerimist, tulemuste võrdlemist etteantud meetrikaga ning hindamist. Selleks, et testimise tulemusi oleks võimalik vastavalt etteantud kriteeriumitele lahterdada, peab sisendina kasutatav spetsifikatsioon olema üheselt mõistetav. Näiteks arvuliste vahemike korral peavad olema määratud piirväärtused, tulemus peab kvaliteedikriteeriumite suhtes paigutama kindlasse vahemikku. Meetrikal põhinevat testimist võib nimetada ka programmi tekstipõhiseks, programmipõhiseks või lähtekoodipõhiseks testimiseks [7].

Veebilehtede struktuuri määrab HTML-kood, kujunduse määrab CSS-kood. Seega on kasutatavuse testimisel võimalik kasutada meetrikana HTML-koodi ja CSS-koodi. Samuti on kindlad numbrilised väärtused värvil ja kontrastsusel ning võrdlustabelina on kasutatavad näiteks sõnaraamatud, mille abil saab kontrollida keelekasutust (nt släng). Samuti saab meetrikana kasutada ajalisi väärtuseid ning mõõta näiteks veebilehe üleslaadimiskiirust või operatsiooni sooritamise kiirust. Meetrikana on kasutatavad ka elementide soovitatavad mõõdud ekraanil. Näiteks on mobiilivaates kasutatavuse seisukohalt olulisteks parameetriteks nupu suurus, kuju ja paiknemine ekraanil.

WCAG 2.0 ja Section 508 standardid on meetrikasisendina osaliselt rakendatavad. Saab kontrollida HTML-koodi või kontrastsuse vastavust standarditele. Kasutatavus ei ole täies ulatuses automatiseeritav. Näiteks saab automaattestimise meetrika põhjal tuvastada, kas pildil on sõnaline kirjeldus *alt text*. Kui koera pildi all on *alt text* „kass“, loeb automaatne hindamisvahend tulemuse korrektseks.

4 Kasutatavuse automaatsed testimisvahendid

Magistritöö valmimiseks uuris autor erinevaid olemasolevaid testimisvahendeid. WAI hallatavas nimekirjas on loetletud 105 automaatset kasutatavuse hindamise vahendit¹. Arvestades teema aktuaalsust, lisandub uusi rakendusi igal aastal. Järgnevalt antakse ülevaade testimisvahenditest üldiselt ning testide läbiviimisel kasutatud vahenditest.

4.1 Testitavate veebilehete valik

Testitavateks andmeteks olid maailma kümne tippülikooli, Euroopa kümne tippülikooli ning kuue Eesti avalik-õigusliku ülikooli veebilehed [36]. Tippülikoolide valik põhineb *QS World University* pingereal, mis hindab ülikoolide populaarust vastavalt kasutatud metoodikale [37]. Maailma ja Euroopa tippülikoolide loetelu kattus osaliselt ning lõplikuks ülikoolide arvaks testimisel jäi 21 ülikooli.

Ülikoolide veebilehete külastajate arv on suur. Näiteks Harvardi Ülikooli nimekirjas on ligikaudu 20 000 õpilast. Lisaks üliõpilastele kasutavad veebilehte info hankimiseks õppejõud, teadlased ning avalikkus. Ülikooli veebileht peab olema kasutatav laiale ringile, sh erinevast kultuuriruumist tulevatele kasutajale ning puudega kasutajale. Samuti õpetavad ülikoolid välja IKT sektori spetsialiste. Seega on ülikoolides olemas oskusteave ning võib eeldada, et ülikoolide veebilehed on kvaliteetsemad, võrreldes näiteks väikeettevõtete veebilehetega. Lisaks kohaldub ülikoolidele nii USA-s kui Euroopas tulenevalt kohalikest seadusandlustest Section 508 ja WCAG 2.0 ligipääsetavuse tagamise kohustus.

Ülikooli veebilehtesid testiti kolmel tasemel. Testiti indekslehte ehk pealehte, alamlehte ning lehte, mis sisaldas vähemalt kolme täidetavat vormi. Kasutajad alustavad navigeerimist pealehelt. Seetõttu on pealehe infostruktuur ning navigeeritavus kriitilise tähtsusega. Alamlehe testimise eesmärgiks oli tuvastada, kas ühe veebisaidi

¹ <https://www.w3.org/WAI/ER/tools/>

veebilehtede vead on erinevad või pigem korduvad. Vormide lisamisel veebilehele eeldatakse, et neid vorme täidetakse. Vormide täitmist suunav info peab olema relevantne, arusaadav ning vormid peavad olema kõigile kasutajatele ligipääsetavad. Vormid sisaldavad elemente, millel on kindel süntaks.

Valimi puuduseks võib pidada, et ei võeta arvesse veebilehe keerukust. Näiteks ainult teksti sisaldav veebileht sisaldab vähem elemente ja seetõttu ka vähem vigu. Autori hinnangul on testandmete valim, olenemata ülikoolide erinevast üliõpilaste ja töötajate arvust, analüüsimiseks piisav. Testimiseks valitud veebilehed täidavad sarnaseid funktsionaalsuseid. Samuti eeldab organisatsioonide struktuur ning kasutajate rohkus veebisaidi olemasolu. Testitud ülikoolide veebilehtede URL-ide loetelu on leitav Lisast 1.

4.2 Testimisvahendite analüüs

4.2.1 Testimisvahendite valik

Magistritöö on koostatud koostöös Guidelineri arendusmeeskonnaga ning magistritöö tulem on üheks sisendiks Guidelineri funktsionaalsuse võrdlemisel teiste hindamisvahenditega. Guidelineri sisendiks automaathindamisel on veebilehe URL. Sellest tulenevalt on testimisvahendite valiku kriteeriumid järgnevad:

- 1) üheks testimisvahendiks peab olema Guideliner;
- 2) testimisvahendi sisendparameetrikaks peab olema URL;
- 3) protsess peab olema manuaalselt käivitatav automaatne veebilehe hindamine.

Hindamisvahendite valikuks tutvus autor sarnaste läbiviidud uurimustega ning valis laialdaselt kasutatud vabavaralised hindamisvahendid Wave ja AChecker. Näiteks kasutas Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium Wave'i avaliku sektori veebilehtede hindamisel 2013. ja 2015. aastal [17]. ACheckerit kasutasid India veebilehtede ligipääsetavuse hindamisel Ismail ja Kuppusamy [38]. Samuti viisid Alahmadi ja Drew ACheckeriga läbi ülikoolide veebilehtede ligipääsetavuse uuringu [39]. Seega on vahendid kättesaadavad ja nende kasutamine levinud. Vahenditega tutvumisel selgus, et Wave'i ja ACheckeri puhul on tegu ligipääsetavuse hindamise vahendiga.

Lisaks tutvus autor W3C soovitustega automaatsete hindamisvahendite valikuks [40]. W3C annab üldised soovitused hindamisvahendite valikul lähtuda kasutaja eesmärgist, testitavast organisatsioonist ning vahendite karakteristikutest. Autori eesmärgiks oli hindamise käigus uurida erinevaid võimalusi ja nüansse testitavas funktsionaalsuses, kasutajamugavuses või väljundina saadavates raportites.

Autori poolseteks lisakriteeriumiteks testimisvahendite valikul olid:

- 1) vahend peab olema aktiivselt arendatav;
- 2) võimaldama testida lisafunktsionaalsuseid, võrreldes Guidelineri, Wave'i ja AChekeriga;
- 3) raportite selgus ja loetavus;
- 4) tasulise rakenduse kasutamine, et selgitada, kas pakutav funktsionaalsus on laiem ja kasutajamugavus parem.

Saadaval on erineva keerukusastmega rakendused. On lihtsad vabavaralised brauserist käivituvad HTML- ja CSS-validaatorid ning brauserilaiendused. Skaala teises otsas on tasulised arenduskeskkonda installeeritavad automaatsed hindamisvahendid. Mõned tasulistest testimisvahenditest võimaldavad prooviperioodi ning seeläbi oli autoril valiku tegemiseks võimalik tutvuda pakutava funktsionaalsuse ning kasutajakogemusega. Tasulisi vahendeid, mis prooviperioodi ei võimalda, magistritöö valmimisel ei uuritud.

Vaatamata pikale loetelule WAI veebilehel, ei olnud paljud rakendused magistritöö kontekstis kasutatavad vähete karakteristikute hindamise, liigse sarnasuse või käideldavusprobleemide tõttu. Autor valis alternatiividest testimisvahenditeks Total Validator Basic vabavaralise versiooni ning tasulised Powermapperi, Tenoni ning DynoMapperi.

Kõik valitud rakendused hindavad peamiselt ligipääsetavust. Total Validatori kasuks osutus valik funktsionaalsuse ning selgete raportite alusel. Samuti on veebilehelt näha, et rakendust ning testitavaid parameetreid uuendatakse. Powermapperi testitav funktsionaalsus on kõige laiem, sisaldades eraldi karakteristikuna kasutatavust, SEO-d ning ühilduvust brauseritega. Tenon spetsialiseerub üksnes ligipääsetavuse testimisele,

tehes seda põhjalikult. Arendajale pakub Tenon äriettevõttele kohaselt aktiivset kasutajatuge. Autor osales Tenoni korraldatud veebiseminaril. Veebiseminarilt saadud info põhjal kasutab rakendus oma töös kriteeriumi hindamiseks testi ning lisaks testi kontrolltesti. Autori eesmärk oli tuvastada, kas kitsa spetsialiseerumise tulemusena kuvatakse rohkem või vähem veateateid. Tenon panustab ligipääsetavuse parandamisse ka sisuka blogi vahendusel. DynoMapper on eeltoodud testimisvahenditest kõige erinevam, võimaldades luua veebisaidikaarte ning analüüsida veebisaiti tervikuna. Lisaks võimaldab rakendus võtmesõnade analüüsi, mis on oluline SEO seisukohast.

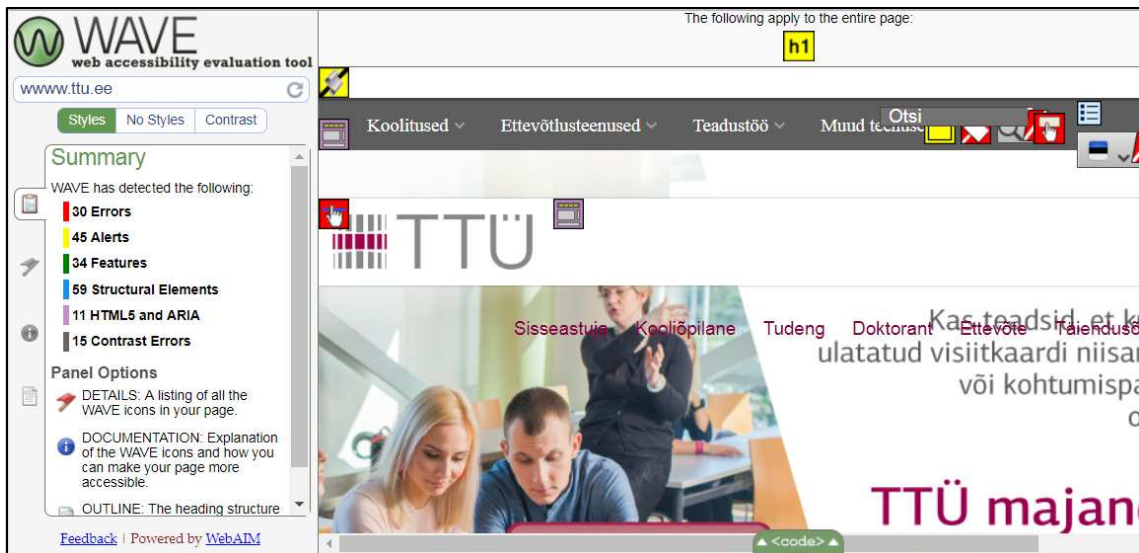
Testimised viidi läbi ajavahemikus 12.12.2017 kuni 03.04.2018 seitsme erineva hindamisvahendiga. Kokku viidi magistritöö koostamiseks läbi 441 testi. Testid viidi läbi manuaalselt, testimisvahendisse sisestati parameetrina URL. Järgnevalt annab autor lühiülevaate ning omapoolse hinnangu kasutatud testimisvahendite tugevustele ja puudustele. Testimisvahendi nimetuse järel sulgudes on toodud autori loodud testi peaidentifikaator (nt T1).

4.2.2 Wave (T1)

Magistritöö testide läbiviimisel kasutati Wave'i vabavaralist veebiliidest. Wave on programmipõhine hindamisvahend, mis kuvab vead brauseris. Wave renderdab veebilehe, seega käivitatakse JavaScript ja CSS. Veebilehe kasutatavuse hindamine on sellest tulenevalt täpsem. Serveripõhine veebiliides, mida kasutati magistritöö koostamisel, ei pruugi ohutuse kaalutlustel käivitada JavaScript'i koodi täielikult. Dünaamiliste, salasõnadega kaitstud, tundliku sisuga veebilehtede testimiseks on saadaval Chrome'i ja Firefox'i brauserilaiendused, mis ei saada veebilehe sisu serverisse hindamiseks ning on seeläbi turvalisemad.

Wave'i tugevuseks on autori hinnangul selge vigade esitus. Vead on esitletud vasakul paanil loeteluna ning piktogrammidenä veebilehel. Vigade raporti salvestamise võimalust rakendus ei anna, kuid Wave selgitab detailselt lahti vea olemuse, sisaldades linki reegli aluseks olevatele normatiivile. Iga veateate juures on kirjeldatud, miks vea parandamine on oluline ning antakse selged juhised vea parandamiseks. Avades veebilehe alumises servas koodi vaate ning klikkides viga märgistaval piktogrammil, kuvatakse vea asukoht koodis. Seega, kui Wave kuvab vea, on lihtne veast aru saada ning viga parandada.

Võimalik on ka stiilideta HTMLi-põhine vaade, mis kuvab veebilehe sisu navigeeritavuse järjekorras. Ekraanilugeja ning klaviatuur navigeerivad veebilehel tulenevalt HTML-koodist. Seega on HTMLi-põhine vaade ülevaatlik veebilehe ligipääsetavuse seisukohast.



Joonis 3. Kuvatõmmis Wave'i testimisprotsessist.

Wave'i teiseks tugevuseks on veebilehe elementide kontrastsuse hindamine. WCAG 2.0 AA tasemele vastamiseks peab normaalsuurusega tekst olema kontrastsusega 4.5:1 ning suur tekst kontrastsusega 3:1. Suureks tekstiks loetakse rasvases vormingus tekst suurusega 14 punkti või tekst suurusest 18 punkti. Wave hindab suure ja väikese teksti kontrastsust ning vastavust AA ja AAA tasemetele. Hindamisvahend võimaldab visuaalselt muuta tausta ja teksti värvi ning hinnata, kas valitud värvide kasutus on nõuetele vastav. Kasutatud hindamisvahenditest võimaldas üksnes Wave visualiseerida kontrastsuse numbrilise näitaja.

Autori hinnangul on Wave'i kasutamine lihtne. Vabavaraline Wave on hea tööriist nii kasutatavuse hindamise printsiipe tundvale kui hindamisega alustavale kasutajale.

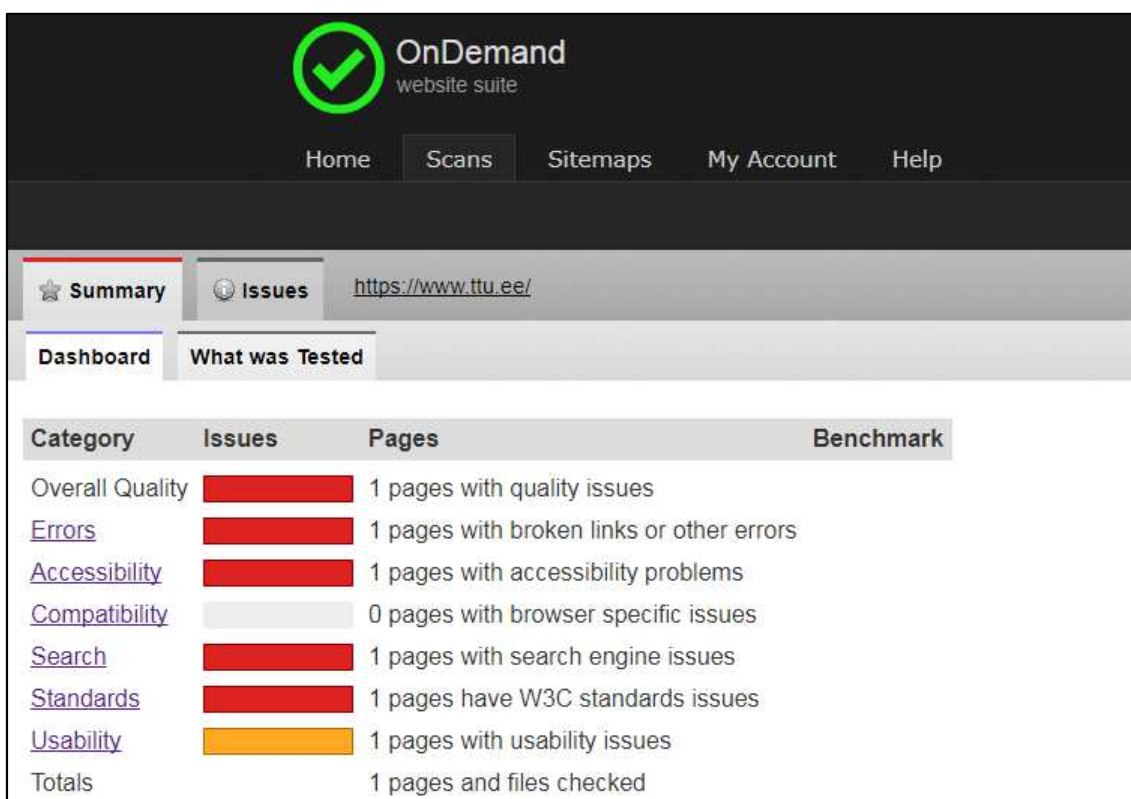
4.2.3 Powermapper (T2)

Powermapper on tasuline pilvepõhine testimisvahend. Magistritöö koostamisel kasutati 30-päevalist prooviperioodi. Powermapperi pakutav funktsionaalsus on kasutatud vahenditest kõige laiem, teenusepakkuja andmetel on hinnatavaid reegleid kokku 700. Lisaks ligipääsetavuse normatiividele hindab rakendus katkiseid linke, konfiguratsiooni

probleeme, koodi vigu, inglise- ja prantsuskeelset õigekirja, ühilduvust brauseritega, SEO-d, HTML-i, XHTML-i, CSS-i ning vastavust USA kasutatavuse normatiividele.

Lisaks võimaldab Powermapper koostada veebisaidi kaarte, mis on vajalikud infostruktuuri hindamise seisukohast.

Autori hinnangul on ka Powermapperi kasutamine lihtne. Võimalik on hinnata tervet veebisaiti või üksikut veebilehte. Kõik teostatud hindamised salvestatakse, seega on võimalik tutvuda hindamiste ajalooga.



Joonis 4. Kuvatõmmis Powermapperi testimisprotsessist.

Vead on raportites olenevalt kriitilisusest märgistatud värvikoodiga. Kuvatakse kategooria ja konkreetne reegel, mida rikutakse, ning vigade reanumbrid koodis. Raportid on võimalik alla laadida ning raportid on selge struktuuriga, võimaldades andmete masintöötlust. Testimise käigus ilmnes ka erinevus ekraanil kuvatud tegelikus vigade arvus ning raportis loetletud vigade arvus. Raportites ei kajastunud üle viie sama tüüpi tegelikkuses esinenud vea (vt Lisa 2 „Näide ekraanil ja CSV raportis kuvatavate vigade mittevastavusest“). Kasutatavuse automaathindamise tulemused tasub alati

kriitilise pilguga üle vaadata, aga arvestades, et Powermapper on kommertstarkvara, ei tohiks rakenduse toimimises selliseid vigu esineda.

Üldiselt on Powermapper autori hinnangul võimekas kommertstarkvara ning on kasutatav eelkõige suuremahuliste veebilehtede hindamiseks. Kasutatavuse automaatsed hindamistulemused tuleks alati kriitilise pilguga üle vaadata. Powermapperi näitel testitakse küll suurt arvu reegleid, see aga teeb keerulisemaks kvaliteedi tagamise.

4.2.4 AChecker (T3)

AChecker on vabavaraline programmipõhine ligipääsetavuse hindamise tööriist, mis võimaldab testimist veebirakenduse vahendusel. Lisaks WCAG ja Section 508 nõuetele hindab AChecker veebilehe vastavust Itaalia ja Saksa standarditele. Kuna ligipääsetavuse nõuded põhinevad WCAG 2.0-1 ning Section 508-1 ei ole autori hinnangul Stanca Acti ja BITV regulatsioonide hindamine enam aktuaalne. Ligipääsetavuse kontekstis on piisav lähtuda nii seadusandluse kui funktsionaalsuse vaates WCAG ja Section 508 standarditest, mis on ka laialdaselt ligipääsetavuse mõõdikutena kommuniqueeritud. Kasutajas võivad Stanca Act ja BITV pigem segadust tekitada.

Welcome Kristi Kert [Logout](#)

Web Accessibility Checker [Guidelines](#) [Profile](#)

ACHECKER[®]

Web Accessibility Che

Check Accessibility By:

Web Page URL **HTML File Upload** **Paste HTML Markup**

Address:

Options

Enable HTML Validator Enable CSS Validator Show Source

Guidelines to Check Against

BITV 1.0 (Level 2) Section 508 Stanca Act

WCAG 1.0 (Level A) WCAG 1.0 (Level AA) WCAG 1.0 (Level AAA)

WCAG 2.0 (Level A) WCAG 2.0 (Level AA) WCAG 2.0 (Level AAA)

Report Format

View by Guideline View by Line Number

Accessibility Review

Accessibility Review (Guidelines: **WCAG 2.0 (Level AA)**) Export Format: PDF Report to Export: All Get File

Known Problems (54) **Likely Problems (1)** **Potential Problems (818)** **HTML Validation (40)** **CSS Validation (9)**

1.1 Text Alternatives: Provide text alternatives for any non-text content

Success Criteria 1.1.1 Non-text Content (A)

Check 1: img element missing alt attribute.

Repair: Add an alt attribute to your img element.

Line 21, Column 8:

Joonis 5. Kuvatõmmis AChakeri testimisprotsessist.

AChecker hindab ka HTML-i ja CSS-i vastavust W3C standarditele. Kasutusmugavuse seisukohast oli genereeritud raportite struktuur manuaalseks testide tulemuste kategoriseerimiseks ning hindamiseks keerukas ning raskesti töödeldav. Vigadest ülevaate saamine oli kasutatud vahenditest kõige ajamahukam. Arendaja seisukohast võimaldab REST-il põhinev API hea vigade loetavuse, aga API-t antud magistritöö koostamisel ei kasutatud.

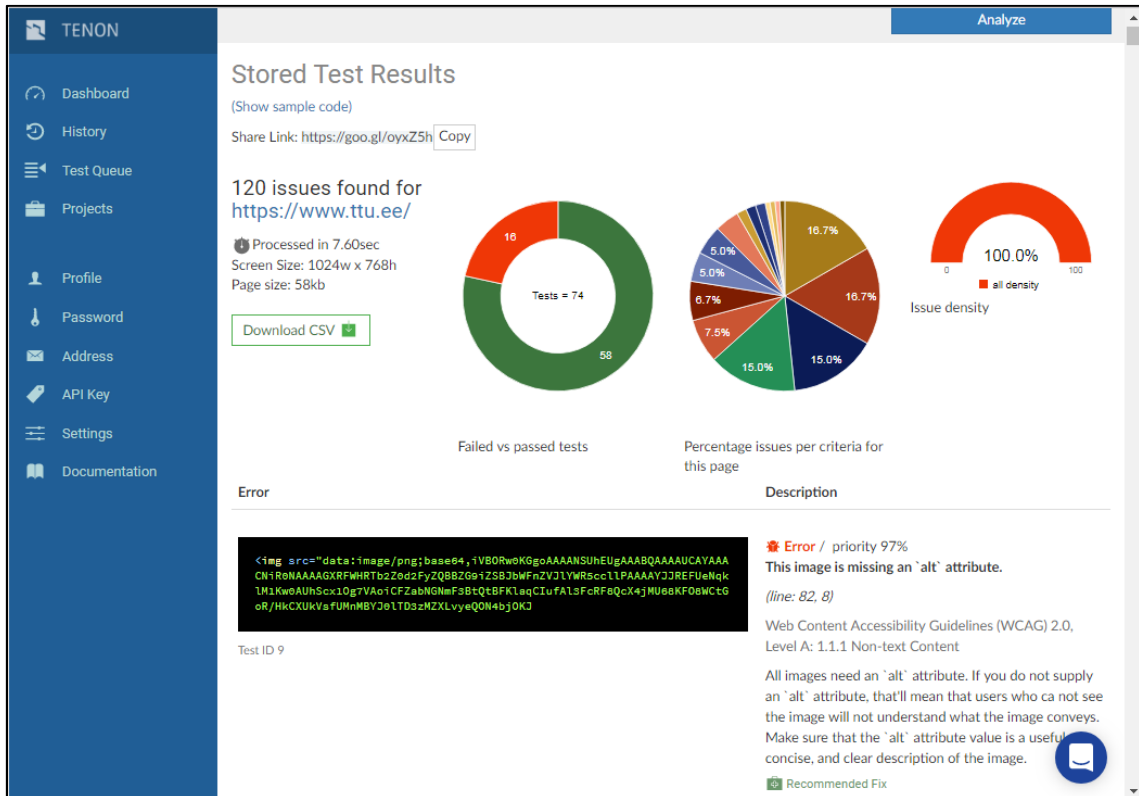
ACheckeri tugevuseks või erinevuseks teistes vahendites on kuni seitsme reegli lisamise võimalus. Kui veebilehel on mõne kriteeriumi testimine kriitilise tähtsusega ning ACheckeri standardses süsteemis selline reegel puudub, võimaldab reegli lisamine kriteeriumi vastavust ikkagi automaatselt hinnata.

4.2.5 Tenon (T4)

Tenon on tasuline ligipääsetavuse hindamise rakendus. Arendajate, disainerite, sisuloojate ning testijate seisukohast on Tenon paindlik. Tenon on veebipõhine teenus, mis võimaldab testimist brauseri vahendusel, kuid pakub ka majutusteenust või serverisse installeerimist. Lisaks CSV, HTML, XHTML formaatidele on genereeritav ka JSON-i raport. Pakutav API on hõlpsalt integreeritav erinevate rakendustega (nt Adobe Dreamweaver, Microsoft Visual Studio, Sublime Text).

Magistritöö koostamisel kasutati URLi-põhist manuaalset testimist. Tenoni vigade esitus on visuaalselt ülevaatlik. Visualiseeritud on edukalt läbitud testide ja mitteläbitud testide suhe. Igale veale on antud Tenoni poolne ID-number ning vigade arv on protsentuaalselt kuvatud, andes hea ülevaate, millise reegli vastu on kõige rohkem eksitud. Vigade detailsem kirjeldus koos viitega standardile ning põhjaliku parandamise õpetusega on toodud loeteluna. Iga vea juures on protsentuaalselt hinnatud ka vea kriitilisust, näiteks WCAG 2.0 A standardi rikkumine on kriitilisema osakaaluga kui AAA standardi rikkumine. Tenon jooksub 99 testi, testides 25 WCAG edukriteeriumit, mis võrreldes Powermapperi 700 testiga on väike arv. Tenoni testid on usaldusväärsemad, ühe reegli hindamiseks on loodud mitu testi. Kuna vigade raportid põhinevad täpsematel andmetel, jõuab arendaja lauale vähem müra ning arendusprotsess on efektiivsem.

Tenoni kasutamise on tulenevalt paketest piiratud testitud veebilehtede arvuga ning kitsendus laieneb ka tasuta prooviperioodile. Seega on limitide mitteületamiseks oluline jälgida, kas testida veebisaiti ja projekte tervikuna või üksikut veebisaiti eraldi seisvana.



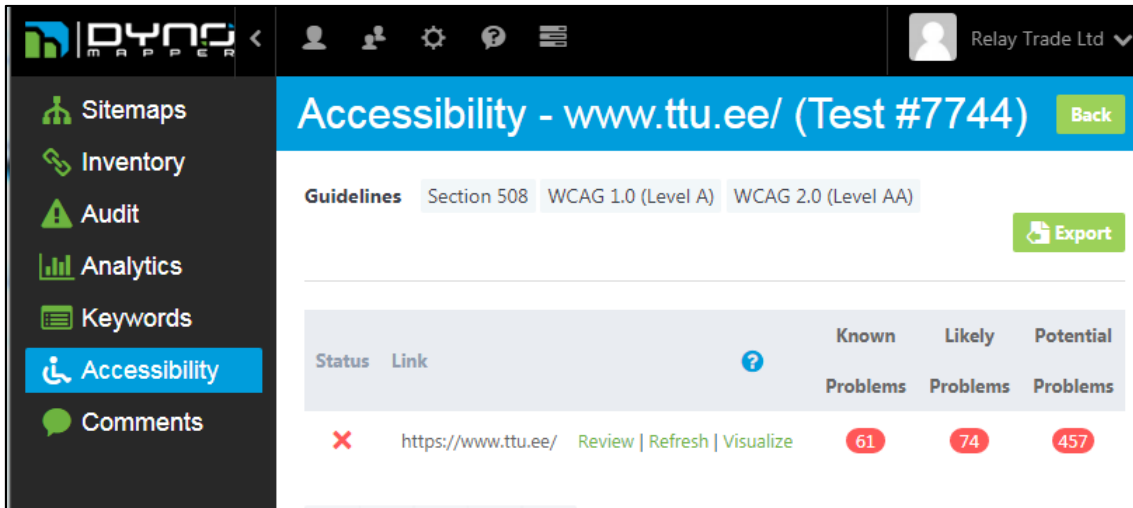
Joonis 6. Kuvatõmmis Tenoni testimisprotsessist.

Autori hinnangul on Tenoni tugevuseks lisaks selgele vigade tuvastatavusele ning heale integreeritavusele aktiivne kasutajatugi. Kodulehel on vaadatavad õppevideod programmi kasutamise kohta, korraldatakse põhjalikke veebiseminare, toimib aktiivne meiliturundus ning blogi.

4.2.6 DynoMapper (T5)

DynoMapper on tasuline tarkvara, mis kasutatavuse seisukohast aitab hinnata ligipääsetavust. Ligipääsetavusest hindab vahend analoogselt teistele vahenditele Section 508 ja WCAG kriteeriumeid, kategoriseerides vead raskusastme alusel ning genereerides erinevas formaadis raporteid. Raporti struktuur sarnaneb ACheckeri raportitele ja on autori hinnangul sarnaselt ACheckerile raportitele manuaalseks testimiseks olenevalt vigade arvust aega nõudev.

DynoMapper võimaldas kasutatavuse vigasid lisaks allalaaditavatele raportitele visualiseerida renderdatud vaates. Seega käivituvad hindamise protsessis ka JavaScript ja CSS ning hindamise tulemus on täpsem.



Joonis 7. Kuvatõmmis DynoMapperi testimisprotsessist.

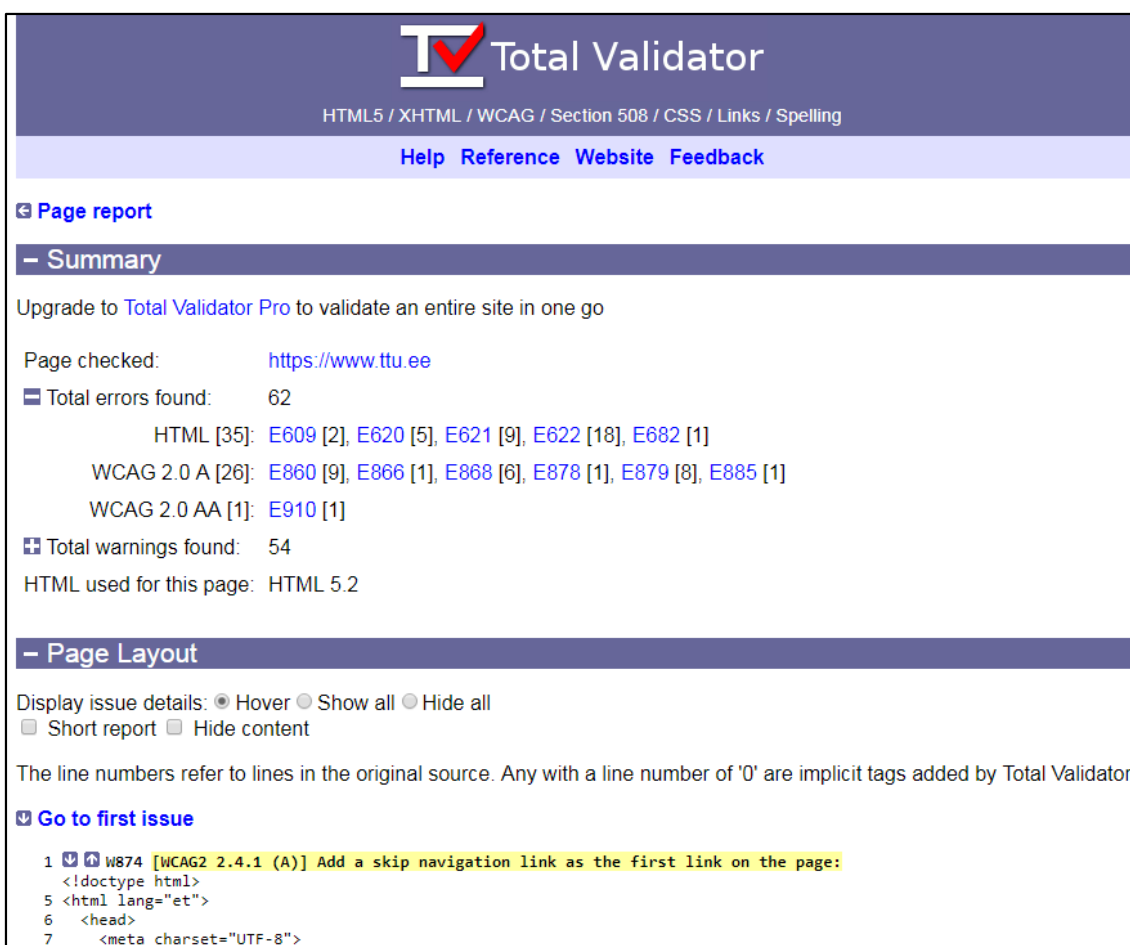
DynoMapperit eristab teistest testimisvahenditest selge suunitlus veebilehtede optimeerimisele. Sarnaselt Powermapperile võimaldab DynoMapper veebisaidi kaardi koostamist. Veebisaidi kaart on oluline infoarhitektuuri seisukohast, võimaldades kaardistada veebisaidi veebilehtede elemente ja näiteks kontrollida linkimist. Veebisaidi kaardistamine on kasvava tähtsusega ka otsimootorite vaates. Veebisaidi kaart tuleks lisada veebilehe juurkataloogi, teavitada otsimootoreid veebisaidi kaardi olemasolust ning otsimootorid indekseerivad veebisaidi kaardi ning kasutavad infot nagu juurkataloogi paigutatud robot-fail ette näeb [41].

Lisaks veebisaidi kaardistamisele pakub DynoMapper funktsionaalsuseid, mille kaudu saab parandada veebilehe positsiooni otsimootorite indeksites. Näiteks aitab DynoMapper saada ülevaadet veebilehe võtmesõnadest. Kui veebilehe omanik kasutab Google Analytics'it, on võimalik Google Analytics'i vaade Dynomapperisse lisada.

Autori hinnangul on DynoMapper mugav ning kompaktne kasutatavuse hindamisvahend. Infoarhitektuuri hindamine ja näiteks veebilehtede linkimise järjepidevus on kasutatavuse seisukohast olulised karakteristikud.

4.2.7 TotalValidator (T6)

TotalValidator vajab kasutatud vahenditest ainukesena allalaadimist. Magistritöö testide läbiviimiseks on kasutatud tasuta Basic versiooni. TotalValidator on aktiivses arenduses ning TotalValidatori andmetel kasutavad nende rakendust ka paljud valitsusasutused. TotalValidatori plussideks on lai funktsionaalsus ning raportite hea loetavus. Lisaks ligipääsetavuse juhiste Section 508 ja WCAG hindamisele võimaldab rakendus valideerida HTML-, XHTML-, CSS-koodi, hinnata õigekirja ning tuvastada katkiseid linke.



Total Validator
HTML5 / XHTML / WCAG / Section 508 / CSS / Links / Spelling
[Help](#) [Reference](#) [Website](#) [Feedback](#)

Page report

Summary

Upgrade to [Total Validator Pro](#) to validate an entire site in one go

Page checked: <https://www.ttu.ee>

Total errors found: 62

- HTML [35]: [E609](#) [2], [E620](#) [5], [E621](#) [9], [E622](#) [18], [E682](#) [1]
- WCAG 2.0 A [26]: [E860](#) [9], [E866](#) [1], [E868](#) [6], [E878](#) [1], [E879](#) [8], [E885](#) [1]
- WCAG 2.0 AA [1]: [E910](#) [1]

Total warnings found: 54

HTML used for this page: HTML 5.2

Page Layout

Display issue details: Hover Show all Hide all

Short report Hide content

The line numbers refer to lines in the original source. Any with a line number of '0' are implicit tags added by Total Validator:

[Go to first issue](#)

```
1 [W874] [WCAG2 2.4.1 (A)] Add a skip navigation link as the first link on the page:  
<!doctype html>  
5 <html lang="et">  
6 <head>  
7 <meta charset="UTF-8">
```

Joonis 8. Kuvatõmmis TotalValidatori testimisprotsessist.

TotalValidatori poolt on antud veale identifikaator ning vigade loetelu on antud kategooriate lõikes programmifailis. Vigade loetelu annab hea ülevaate, milliseid karakteristikuid TotalValidator täpsemalt testib. Vigade raportisse kuvatakse vea ID, üldine nimetus ning täpsem selgitus. Näiteks võib täpsem selgitus sisaldada soovitud

vea manuaalseks kontrollimiseks. WCAG vigade selgituse juures on toodud link reeglile.

Pro versiooni brauserilaiendus võimaldab veebilehe renderdamist. Samuti võimaldab tasuta versioon hinnata üksikut veebilehte, veebilehtede gruppi või veebisaiti.

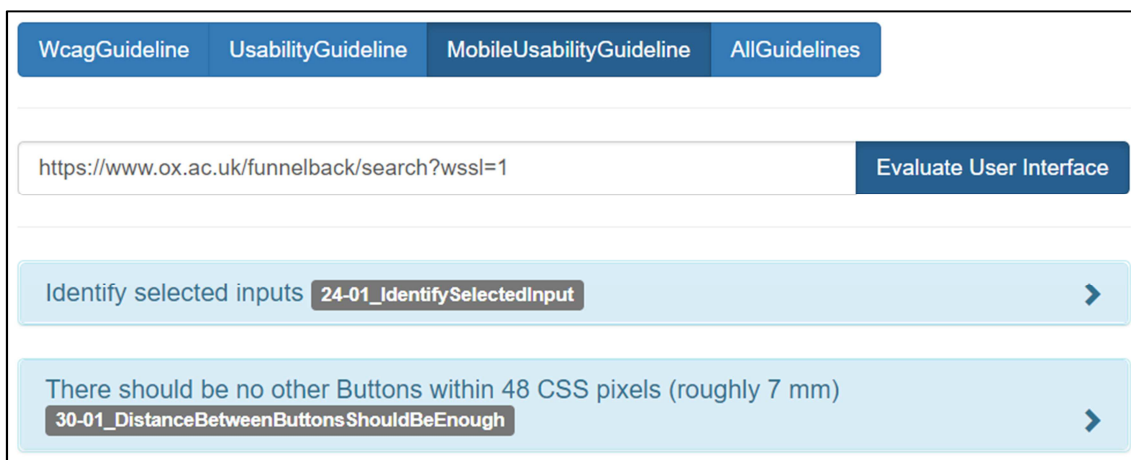
Autori hinnangul on TotalValidator usaldusväärne ning hea kasutajamugavusega tööriist kasutatavuse hindamiseks.

4.2.8 Guideliner (T7)

Guideliner ei ole veel veebikeskkonnas vabalt saadaval. Guidelineri kasutamiseks installeeriti arvutisse lokaalselt server ja klientrakendused. Testimiste läbiviimiseks oli vajalik käivitada serverist ontoloogia sisaldav *.jar fail ning käivitada klientrakendus. Veebilehe sisu kuvamiseks kasutas server kohalikku hosti (ingl *localhost*).

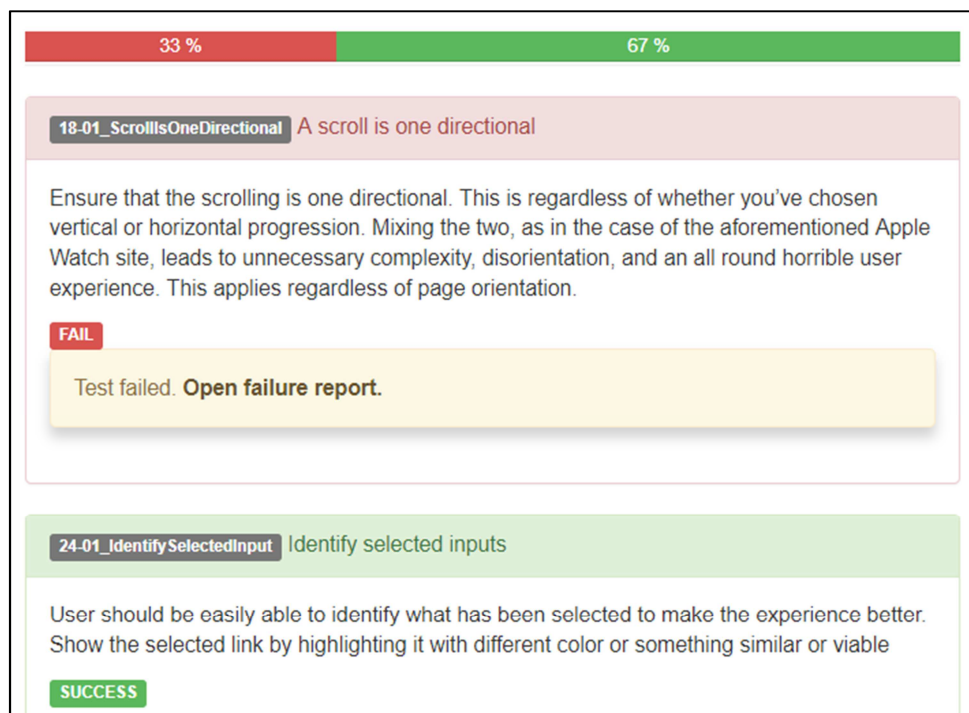
Guideliner hindab ligipääsetavuse, kasutatavuse ning kasutatavuse mobiilivaate kriteeriumeid. Testide läbiviimise ajal hinnati vastavust 97 reeglile, kuid Guidelineri arhitektuur võimaldab lisada uusi juhiseid. Näiteks kui mõnel organisatsioonil on vajadus testida kindlat kriteeriumit, tuleb kriteerium lisada serveris asuvalle ontoloogiale ning lisatud reegel muutub hinnatavaks [42]. Guidelineri tugevuseks on ka veebilehe renderdamine.

Hindamise läbiviimiseks Guidelineris tuleb valida kriteerium ning käivitada hindamisprotsess, vajutades nupule „Evaluate User Interface“.



Joonis 9. Kuvatõmmis hindamise käivitamisest Guidelineriga.

Hindamise tulemusena koostatakse aruanne. Aruandes kuvatakse protsentuaalse värviribana kõikide läbiviidud testide tulemused. Rikutud reeglid on punased ning läbitud reeglid on rohelised. Värviskaala annab üldise ülevaate, milline on testitud veebilehe kvaliteet. Teised hindamisvahendid loetlesid üksnes vigasid ega ei andnud ülevaadet (v.a Tenon), kui suur osa testidest edukalt sooritati.



Joonis 10. Kuvatõmmis Guidelineeri hindamistulemustest.

Aruanne sisaldab ka täielikku ülevaadet rikutud reeglitest: reegli kood, nimi, kirjeldus. Reegli kood viitab osaliselt suunisele. Näiteks suunise „86wcag-1-1_AltTextShouldBeUnique“ puhul on arusaadav, et tegu WCAG standardi rikkumisega. Iga rikutud reegli juurest on võimalik avada raport („Open Failure Report“), kus on kuvatud pilt, tekst ja reeglile mittevastavate elementide kirjeldus.

Testide sisulise poole pealt oli Guideliner ainuke rakendus, mis võimaldas hinnata kasutatavust mobiilivaates. Osad kasutatavuse ja ligipääsetavuse vead on samad nii arvutile, tahvelarvutile kui mobiilile (nt pildi alternatiivteksti olemasolu). Guideliner hindas 20 mobiilivaate kasutatavuse karakteristikut ning testitud vigade summast moodustasid mobiilivaate kasutatavuse vead 30%. Tulenevalt mobiili ekraani suurusel on olulised karakteristikud mobiilivaade, ühesuunaline lehe kerimine ning elementide suurus ja paiknemine ekraanil. Näiteks on mobiili puhul oluline nuppude suurus ja

paiknemine ekraanil või siis linkide kõrgus. Autori hinnangul peaks veebilehe mobiilivaate testimine kuuluma igasse testimisplaani. Mobiili kasutab igapäevasaks info leidmiseks rohkem kasutajaid kui tavaarvutid [3]. Seega veebilehe kvaliteedi tagamine mobiilivaates on relevantne rohkem kui poolte kasutajate suhtes.

Kasutatavuse poole pealt võimaldas Guideliner testida kriteeriumeid, mida teised vahendid ei võimaldanud. Näiteks klikitud linkide värvus, lehe maksimaalne pikkus, jt. Ligipääsetavuse osas olid testitavad kriteeriumid teiste vahenditega sarnased põhinedes WCAG 2.0 kriteeriumitele.

4.3 Vahendite poolt testitud karakteristikud

Hindamisvahendite uurimisel selgus, et hindamisvahendid katavad väikese osa kasutatavuse karakteristikutest. Näiteks ei leidnud autor vabavaralisi hindamisvahendeid mobiilivaate (v.a Guideliner), elementide paigutuse (v.a Guideliner) ega lehe sisu loogilise paiknemise hindamiseks. Mõned täiendavad funktsionaalsused (nt õigekirja kontroll) õnnestus leida, aga autori seatud kriteerium täiendava funktsionaalsuse testimise osas jäi soovitud määral täitmata.

Testimisvahendite võrdlemise tulemusena on koostatud Tabel 4. Tabelis on loetletud HTMLi-põhised standardid, mida vahendid võimaldasid hinnata ning vahendite poolt hinnatud karakteristikud. Eraldi reana on välja toodud visuaalsete karakteristikute hinnatavus vahendite lõikes võrdlemaks vahendeid Guidelineri pakutava spetsiifilise funktsionaalsusega. Guideliner võimaldab hinnata elementide paiknemist ja kaugust üksteisest ning hinnata elementide värvust. Lisaks on tabelis kõrvutatud hindamisrakenduste tööpõhimõtted (testide läbi viimise võimalik keskkond, hindamismeetodite defineerimine rakenduses, rakenduse vabavaralisus või tasulisus, masintöödeldavaid andmeid võimaldava kasutajaliidese olemasolu. Enamik rakenduste hindamismeetodid on defineeritud ning neid ei ole võimalik muuta. Reeglite lisamist võimaldab üksnes AChecker (T3) ning Guidelineri ontoloogia.

Tabel 4. Hindamisvahendite võrdlus.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
HTMLi-põhiste standardite hindamine	WCAG 2.0 Section 508	WCAG 2.0 Section 508 Usability.gov	WCAG 1.0 WCAG 2.0 Section 508 Stanca Act BITV 1.0	WCAG 2.0 Section 508	WCAG 1.0 WCAG 2.0 Section 508 Stanca Act BITV 1.0	WCAG 2.0 Section 508	WCAG 2.0
Visuaalsete karakteristikute hindamine	Kontrastsus	Ühilduvus brauseritega	Ei võimalda	Ei võimalda	Ei võimalda	Kontrastsus (Pro)	Elementide paiknemine, -positsioon, -kaugus, värvus, kerimine
Karakteristikute hindamine	HTML ARIA	HTML, XHTML, katkised lingid, SEO, CSS, õigekiri, veebisaidi kaart	HTML, CSS	HTML, CSS	SEO, veebisaidi kaart	HTML, XHTML, katkised lingid, ARIA, CSS, õigekiri	Mobiilivaade
Veebilehe renderdamine	Jah	Ei	Ei	Ei	Jah	Ei	Jah
Keskkond (Veeb, töölaud või muu)	Veeb Brauserilaiendused	Veeb Töölaud	Veeb	Veeb	Veeb	Veeb Brauserilaiendused Töölaud	Veeb Jar
Hindamismeetodite defineerimine	Suletud	Suletud	Kuni 9 individuaalset reeglit	Suletud	Suletud	Suletud	Ontoloogia
Kommerts/Tasuta	Veeb tasuta API tasuline	Kommerts (30 p prooviperiood)	Tasuta	Kommerts (14 p prooviperiood)	Kommerts (prooviperiood)	Tasuta (Basic) Kommerts (Pro)	Tasuta
Masintöödeldavad andmed (API)	REST	REST	REST EARL	REST	REST	REST Pro versioonil	REST EARL

4.3.1 Testide läbiviimine

Enamik uuritud rakendusi töötas HTML koodi analüüsimise põhimõttel ning testis kasutatavuse alamkarakteristikut ligipäasetavust normatiivsete dokumentide suhtes. Seega enamik saada olevatest vahenditest on sisuliselt ligipäasetavust hindavad vahendid ning nende tööpõhimõte on sarnane. Kasutatavusel hindamisel loevad rakendused sisse HTML-koodi ning võrdlevad koodi komponente etteantud kasutatavuse meetrikaga ilma veebilehte renderdamata.

Veebilehete üheks komponendiks on JavaScript ning veebilehete renderdamata JavaScripti kood ei käivitu. Leidus hindamisvahendeid, mis hindasid veebilehte brauseris avatuna, tagades põhjalikuma veatuvastuse. Renderdamise puuduseks võib tuua suurema protsessori mälu kasutuse ning testimise aeglustumise. Kuna magistritöös testiti veebilehtesid, mitte veebisait tervikuna, siis magistritöö seisukohast ei olnud testimisaja pikenedamine kriitilise tähtsusega. Olenevalt veebilehe keerukusest kulub HTML-koodi põhistel kui ka JavaScript'i käivitavatel testimisvahenditel veebilehe hindamiseks 10 sekundit kuni 3 minutit.

Magistritöös kasutatud testimisvahendite kasutamise keskkonnad olid erinevad:

- 1) brauseriaknas töötav pilvepõhine rakendus (Wave);
- 2) brauseriaknas töötav sisselogimist võimaldav pilvepõhine rakendus (AChecker, Powermapper, Dynamapper);
- 3) töölauale paigaldatav installeerimist vajav rakendus (TotalValidator);
- 4) klient – server programmide installeerimist vajav rakendus (Guideliner).

Testimiste tulemused kuvati veebilehel piktogrammidenä või loeteluna. Enamik vahendeid võimaldas koostada erinevates vormingutes raporteid (CSV, RTF, Word). Tulemusi dokumenteeriti manuaalselt brauserist või CSV-raportitest. CSV-raporteid töödeldi protsessi kiirendamiseks Excelis. Mitme rakenduse raportite andmete struktuur ei võimaldanud automatiseeritud andmete töötlemist. Ka Exceliga failide töötlemine eeldas andmete eeltöötlust ja ümberstruktureerimist. Mõningal juhul erinesid brauseris kuvatav ning raportis esitletud vigade arv. Näiteks ilmnis erinevus kommertsvahendis

Powermapper, mis ei loendanud raportis üle viie ühte tüüpi vea, brauseris kuvati suurem vigade arv (vt lk 37). Sellistel juhtudel loendati vead brauserist.

Enamik vahendeid kategoriseeris esinenud vead olenevalt raskusastmest. Vigade tuvastamisel eristati probleemid, tõenäolised probleemid ning potentsiaalsed probleemid. Vigade liigitus vastab WCAG 2.0 kriteeriumitele. Kuna kohustuslikuks tasemeks avalikule sektorile on tase AA (hõlmab ka taseme A), dokumenteeriti magistritöö koostamisel probleemid ja tõenäolised probleemid. Osad hindamisvahendid esitlesid vigasid valgusfoori meetodil värvikoodiga. Allolevas tabelis on toodud testimisvahendites esinenud vigade liigitus.

Tabel 5. Vigade klassifikatsioon hindamisvahendites ning vastavus WCAG 2.0 tasemele.

Vea klassifikatsioon	WCAG 2.0 tase	Vea värvikood
Probleem	A	Red
Tõenäoline probleem	AA	Yellow
Potentsiaalne probleem	AAA	Green

Testimiste tulemustena dokumenteeriti:

- 1) hindamisvahendi karakteristikud;
- 2) veebilehel esinenud probleemide ja tõenäoliste probleemide summa kategooriate lõikes;
- 3) viie enam rikutud reegli nimetus veebilehel koos esinemiste arvuga. Veebilingi olemasolul ka viide reeglile;
- 4) testimiseks kulunud aeg.

4.4 Testimistulemuste analüüs

Järgnevalt teeb autor kokkuvõtte testimiste tulemustest. Autor annab ülevaate hindamistulemustest erinevate uuritud karakteristikute lõikes: ülikoolid, piirkond ning veebilehe tüüp hindamisvahendite lõikes. Lisaks tutvustatakse, milliseid veebilehtede elemente vahendid testisid ning toob välja enam levinud vead.

4.4.1 Kasutatavuse analüüs vahendite ja kriteeriumite lõikes

Hindamisvahendid testisid erinevaid kasutatavuse karakteristikuid ning esinenud vead dokumenteeriti kategooriasse vastavalt sellele, millisesse kategooriasse hindamisvahend vea paigutas:

- 1) ligipääsetavus (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7);
- 2) ühilduvus brauserite ja platvormidega (T2);
- 3) vastavus SEO juhistele (T2);
- 4) kasutatavus (T2, T6, T7).

Lisaks nimetatud kategooriatele testisid vahendid seitset erinevat kategooriat. Autor dokumenteeris tulenevalt Guidelineri hindamistulemustest kasutatavuse vead mobiilivaates eraldi kategooriasse ning lisas tulenevalt testimistulemustest kategooria „Teised esinenud vead“:

- 5) kasutatavus mobiilivaates (T7);
- 6) teised esinenud vead (T1, T2, T3, T6).

7 esinenud kategooriat (HTML valideerimine, HTML5 ja ARIA valideerimine, blokeeritud lingid, katkised lingid, kontrastsus, CSS-valideerimine, õigekirjakontroll) normaliseeriti lõplike tulemuste analüüsimiseks järgnevalt:

Tabel 6. Kategooriate normaliseerimine

Ligi-pääsetavus	Ühilduvus brauserite, platvormidega	Vastavus SEO juhistele	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaates	Teised esinenud vead
Kontrastsus (T1)			Blokeeritud Lingid (T2, T6)		HTML (T2, T3, T6)
			Katkised lingid (T2, T6)		HTML5 ja ARIA (T1)
					CSS (T3)
					Õigekiri (T6)

Wave'i (T1) testitud karakteristik kontrastsus on lisatud ligipääsetavuse kategooriasse, kuna enamik testimisvahendeid hindas kontrastsust tulenevalt WCAG edukriteeriumist 1.4.3 ning vead paigutusid ligipääsetavuse kategooriasse. Katkiste linkide ja blokeeritud linkide vead paigutati kasutatavuse kategooriasse, kuna mõjutavad kasutatavust laiemalt ning HTML, CSS, õigekiri paigutati kategooriasse „teised esinenud vead“. Need on vead, mida saab hinnata ka W3C validaatorite või sõnastikega. Kasutatavus mobiilivaates on autori hinnangul iga veebilehe juures oluline karakteristik. Võrdlemaks, kui suur arv kasutatavuse vigasid mobiilivaates esineb, pidas autor oluliseks karakteristik eraldi välja tuua. Testimiste tulemuste algtabel URL-ide lõikes on esitatud Lisas 3 „Hindamistulemused“. Ebaõnnestunud testid on märgitud lühendiga N/A.

Kokku testiti 21 ülikooli 3 veebilehte. Seega iga vahendiga testitud URL-ide arv oli 63. Kokku viidi läbi 441 testimist, millest ebaõnnestus 17. Testimiste ebaõnnestumise põhjuseks oli nimeserveri mittevastamine või robotfailide seadistus juurkataloogis. Mõned testimisvahendid (nt Powermapper T2) võtsid arvesse juurkataloogi robotfailide ettekirjutusi veebilehti mitte lugeda.

Allolevas tabelis on toodud välja vigade esinemise sagedus URL-ide lõikes. Kui lahter ei sisalda arvu, siis antud karakteristikut vahend ei hinnanud.

Tabel 7. Vigade esinemise sagedus URL-ide lõikes.

Vahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus brauserite ja platvormidega	Vastavus SEO juhistele	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaates	Teised esinenud vead	Ebaõnnestunud testimised
T1	62					51	1
T2	58	17	50	58		53	4
T3	59					59	2
T4	57						6
T5	62						1
T6	60			31		59	3
T7	63			63	63		0

Tabelist on näha, et ligipääsetavuse ja kasutatavuse vead mobiilivaates esinesid kõikidel testitud veebilehtedel. Samuti tuvastati suur esinemissagedus otsimootorite

optimeeritavuse, kasutatavuse ning teiste testitud kategooriate lõikes. Ühilduvuse vigasid esines seevastu üksnes vähem kui pooltel testitud veebilehtedest. Seega leiti iga URL-i testimise käigus vead. Näiteks Guideliner (T7) tuvastas vead kõikidel URL-idel kõikides hinnatavates kategooriates.

Tabel 8 on toodud testimise tulemusena saadud vigade koguarv. Kui võrrelda ligipääsetavuse kategooria vigade arvu, ulatuvad summad 1365-st 12048-ni erinevades ligikaudu 9 korda. Samas varieerub AChekeri (T3), Tenoni (T4), DynoMapperi (T5) tuvastatud vigade summa üksnes 5%.

Tabel 8. Vigade summa URL-ide lõikes

Vahend	Ligi-pääsetavus	Ühilduvus brauserite ja platvormidega	Vastavus SEO juhistele	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaates	Teised esinenud vead	Ebaõnnestunud testimised
T1	3306					5627	1
T2	1365	48	166	893		1226	4
T3	2355					3034	2
T4	2386						6
T5	2309						1
T6	3742			614		7630	3
T7	12048			1305	5812		0

Tuginedes Guidelineri poolt tuvastatud ligipääsetavuse vigade summale võrreldes teiste vahenditega saab järeldada, et Guidelineri ontoloogia on põhjalik sisaldades rohkem reegleid. Mõningane vigade arvu erinevus võib tuleneda sellest, kuidas viga raportites kuvatakse ja loendatakse. Käesoleva magistritöö käigus dokumenteeriti vigade arv kategooriate lõikes ning viis enam esinenud viga veebilehel. Ontoloogiate detailne võrdlus täismahus jäi skoobist välja.

Tabel 7. Vigade esinemise sagedus URL-ide lõikes“ ja Tabel 8. Vigade summa URL-ide lõikes“ põhjal järeldub, et kasutatavuse vigade esinemise sagedus ja arv veebivaates on suur. Guidelineri testitud vigadest olid 30% veebivaate vead ning 100% testitud URL-idest sisaldasid vigu. Olemasolevad automaatsed hindamisvahendid keskenduvad üksnes tavaarvuti kasutatavuse hindamisele. Põhjuseks võib olla see, et juurdepääsetavust tagavaid lisaseadmeid kasutatakse tavaarvutil. Ligipääsetavus peab

olema tagatud kõikidel platvormidel (vt lk 19) ja mobiilikasutajate arv edestab tavakasutajate arvu (vt lk 11). Näiteks üksnes mobiilivaate mittetagamine võib muuta kasutajakogemuse ebameeldivaks. Guideliner on ainuke testimisvahend, mis võimaldab populaarseimal veebisirvimisplatvormil automaathindamist läbi viia. Autori hinnangul on kasutatavuse hindamine mobiilivaates Guidelineri kõige olulisem tugevus.

Magistritöös hinnati iga ülikooli puhul ühte vormidega veebilehte. Vorme sisaldav veebileht võib olla lihtsama struktuuriga kui pealeht. Samas on vormidel kindlad juhtelemendid, mis peavad olema korrektselt esitletud. Vastasel juhul ei saa kasutaja vajalikke andmeid vormi kaudu andmebaasi edastada. Vormide juhtelementideks on tekstiväljad, märkeruudud, rippmenüüd, nupud jne. Automaatsete hindamisvahenditega saab hinnata juhtelementide atribuutide olemasolu ehk ligipääsetavust. Näiteks saab hinnata, kas vormidel on sildid. Siltide olemasolu selgitab kasutajale, millist infot või tegevust kasutajalt oodatakse. Siltide sisu saab hinnata üksnes empiiriliste meetodite või eksperthinnangu abil. Vormide puhul on olulised ka veateated, mille relevantsust saab samuti hinnata ainult inimene.

Keskmete vigade arv pea- ja alamlehtede ning vormidega lehtede lõikes on toodud Tabel 9 ja Tabel 10. Tulemustest leiab kinnitust, et tulenevalt lihtsamast struktuurist sisaldavad vormidega veebilehed vähem vigu kui vormideta lehed.

Tabel 9. Keskmine vigade arv veebilehe kohta pea- ja alamlehtedel

Vahend	Ligi-pääsetavus	Ühilduvus brauserite ja platvormidega	Vastavus SEO juhistele	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaates	Teised esinenud vead	Eba-õnnestunud testid
T1	116,2					259,4	0
T2	45,9	1,5	6,5	32,8		45,7	1
T3	7,8					86,3	1
T4	86,8						4
T5	78,6						1
T6	91,1			2,3		169,7	3
T7	347,6			45,2	217,6		0

Tabel 10. Keskmine vigade arv veebilehe kohta vormidega lehtedel

Vahend	Ligi-päasetavus	Ühilduvus brauserite ja platvormidega	Vastavus SEO juhiste	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaates	Teised esinenud vead	Ebaõnnestunud testid
T1	43,3					9,0	1
T2	24,9	1,0	2,0	13,2		17,4	3
T3	47,0					65,5	1
T4	47,9						2
T5	35,1						0
T6	2,0			11,9		217,9	0
T7	226,1			16,9	59,14		0

Ka vormide puhul on oluline kasutatavus mobiilivaates. Väikese ekraani peal on elementide paiknemine, suurus, arusaadavus ning täidetavus eriti kriitilise tähtsusega.

4.4.2 Veebilehtede kasutatavuse analüüs ülikoolide lõikes

Saamaks ülevaadet maailma, Euroopa ja Eesti tippülikoolide veebilehtede paremusest, koostas autor kogutud andmete põhjal ülikoolide pingerea. Pingerea moodustamiseks arvestati keskmiselt esinenud vigade arvu veebilehel testimisvahendite lõikes. Seejärel nummerdati ülikoolid 1-st 21-ni, alustades parimast ehk väikseima esinenud vigade arvuga ülikoolist. Lõpliku pingerea moodustamiseks järjestati ülikoolid saadud positsioonide liitmisel. Algandmed keskmiste vigade arvuga veebilehtede ja vahendite lõikes ning mitteõnnestunud testide arvud on leitavad Lisast 4 „Keskmine vigade arv ülikooli veebilehtede kohta“ ja Lisast 5 „Ebaõnnestunud testide arv veebilehtede kohta“. Läbi viidud 441-st testist ebaõnnestus 17 testi. Veebilehe keskmiste vigade arvutamisel arvestati ebaõnnestunud testide arvuga. Juhtudel, kui hindamistulemustena oli mitme ülikooli veebilehe kasutatavuse vigade arv identne, on omistatud võrdsed positsioonid ja viimase positsiooni skoor on väiksem kui 21. Näiteks DynoMapperi (T5) testimistulemustes oli Stanfordini Ülikooli ja California Tehnoloogiainstituudi keskmiste vigade arv veebilehe kohta 11,7 ning mõlemad positsioneerusid kolmandale kohale ning viimane positsioon tulenevalt mitmest identsest skoorist on 19.

Erinevate automaatsete testimisvahendite hindamise tulemusena saadud pingerida on toodud järgnevas tabelis:

Tabel 11. Ülikoolide paremusjärjestus veebilehtedel tuvastatud keskmise vigade arvu alusel.

Jrk.nr.	Ülikool	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Punkte KOKKU
1.	Londoni Ülikooli Kolledž (UCL)	3	5	4	8	2	2	1	25
2.	Edinburghi Ülikool	2	1	7	3	1	8	4	26
3.	California Tehnoloogiainstituut	6	10	5	5	3	10	5	44
4.	Stanfordi Ülikool	12	2	17	1	3	5	10	50
5.-7.	Londoni Imperial Kolledž (Imperial)	13	8	12	2	10	9	9	63
5.-7.	Londoni Ülikooli King's Kolledž (King's)	14	3	2	6	16	3	19	63
5.-7.	Chicago Ülikool	17	6	13	9	4	1	13	63
8.	Oxfordi Ülikool	4	18	10	4	5	12	15	68
9.	Tartu Ülikool	9	12	9		12	6	21	69
10.	Tallinna Ülikool	10	16	6	12	14	7	7	72
11.	Eesti Kunstiakadeemia	1	11	20	14	12	16	3	77
12.	Londoni Majandusülikool (LSE)	17	15	1	16	13	4	12	78
13.	Eesti Muusika- ja Teatriakadeemia	19	7	15	18	6	14	2	81
14.	Massachusettsi Tehnoloogiainstituut	7	4	21	15	9	19	8	83
15.	Cambridge'i Ülikool	18	9	3	7	18	15	14	84
16.	Harvardi Ülikool	11	13	14	11	11	11	17	88
17.	Pariisi Ülikool École Normale Supérieure (ENS)	16	21	11	10	8	13	11	90
18.	Lausanne'i Tehnikaülikool	5	20	8	13	7	21	20	94
19.	Šveitsi Riiklik Tehnoloogiainstituut	20	17	16	10	15	20	6	104
20.	Eesti Maaülikool	8	14	19	19	17	18	16	111
21.	Tallinna Tehnikaülikool	15	19	18	17	19	17	18	123

Hindamistulemused on mõjutatud kriteeriumitest, mida vahendid testivad. Tulemustes võib näha kohatise suuri kõikumisi. Näiteks Stanfordi Ülikool on hindamistulemustes Tenoni (T4) hinnangul 1. kohal ning AChakeri (T3) hinnangul 17. positsioonil. Erinevus tuleneb vigade karakteristikutest, mida vahendid testivad. Näiteks HTML-i

süntaksi vigade suur arv, CSS vigade arv, ARIA vigade arv või õigekiri, mida mitmed vahendid hindasid, mõjutavad testimistulemusi.

Samas on võrdlustabelist näha, et kui erandid kõrvale jätta, on mitmed mõõtmistulemused vahendite lõikes ligilähedased. Hindamise tulemusena kvalifitseerusid parimateks Londoni Ülikooli Kolledž ja Edinburghi Ülikool. Erinevad hindamisvahendite tulemusena on saavutanud mõlemad ülikoolid positsioonid 1 kuni 8, viimasteks positsioneerunud ülikoolide järjekorranumbrid on 8 kuni 20. Seega on mõõtmistulemused küllaltki homogeenised, vaatamata sellele, et hindamisvahendeid oli 7 ja hindamisvahendite hinnatavad karakteristikud varieerusid. Kõige sarnasema tulemuse annavad hindamisvahendid Harvardi Ülikooli ja Tallinna Tehnikaülikooli veebilehtedele.

Eesti Ülikoolidest oli parim Tartu Ülikool. Tulemus on mõneti mõjutatud Tenoni (T4) testimisest, mille tulemusena ei olnud võimalik hinnata ei indeks-, alam- ega vormidega lehte. Testimiste käik näitas, et testi õnnestumisel tuvastati vigu igal testimisel, seega testi õnnestumine muudaks tulemusi ning Tartu Ülikool nihkuks pingereas taha poole. Eesti ülikoolid paiknevad pingereas kohtadel 9 kuni 21. Arvestades Eesti IT-riigi kuvandit, on autori jaoks tulemus ootamatu. Samavõrd ootamatu on Suurbritannia veebilehete kõrgem kvaliteet, võrreldes USA tippülikoolidega.

Kui vaadelda testimistulemusi piirkondade ja kategooriate lõikes Tabel 12 ja Tabel 13, siis Eesti ülikoolidel olid paremad näitajad ühilduvuse, otsimootoritele optimeeritavuse ning mobiilivaate kasutatavuse osas. Eesti ülikoolide veebilehete testimiseks viidi läbi 18 testi, millest ebaõnnestus 7 ning ülejäänud tippülikoolide hindamiseks 45 testi, millest ebaõnnestus 10.

Tabel 12. Keskmiste vigade arv Eesti ülikoolide veebilehtedel kategooriate lõikes

Vahend	Ligi-pääsetavus	Ühilduvus brauserite ja platvormidega	Vastavus SEO juhistele	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaates	Teised esinenud vead
T1	52,3					16,9
T2	29,3	0,1	2,6	14,5		26,0
T3	68,2					48,1
T4	7,2					
T5	55,7					

Vahend	Ligi-pääsetavus	Ühilduvus brauserite ja platvormidega	Vastavus SEO juhistele	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaates	Teised esinenud vead
T6	47,6			33,9		77,3
T7	306,6	0	0	26,7	61,8	

Tabel 13. Keskmiste vigade arv maailma ja Euroopa ülikoolide veebilehtedel kategooriate lõikes

Vahend	Ligi-pääsetavus	Ühilduvus brauserite ja platvormidega	Vastavus SEO juhistele	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaates	Teised esinenud vead
T1	53,8					13,0
T2	2,4	1,1	3,1	15,4		18,5
T3	26,3					5,4
T4	33,5					
T5	29,7					
T6	67,8			1,6		145,3
T7	145,1			18,3	104,4	

Autori hinnangul joonistub tabelitest välja, et veebilehe automaathindamisel tuleb kaardistada testitavad kategooriad, valida iga kategooria jaoks kindel testimisvahend ning koostada testimise plaan etappide lõikes. Esmane ja kõige lihtsam kasutatavuse tagamiseks on HTML- ja CSS-valideerimine, mis peaksid kuuluma iga veebilehe arenduse testimisplaani ning selleks sobivad ka kõige lihtsamad W3C valideerimisvahendid. Tüüpvigade parandamine vähendab järgmisteks etappideks vigade arvu. Sealt edasi peaks garanteerima veebilehe WCAG ja Section 508 kriteeriumite täitmise. Siin on saadaval mitmeid vahendeid ning autor soovitaks kasutada vahendeid, mis pigem testivad vähem kategooriaid korraga, aga kvaliteetselt. Kvaliteetse all peab autor silmas raportite arusaadavust, vea olemuse selgitust ning soovitusi vea parandamiseks. Näiteks oli hea vahend Tenon (T4), vabavaralistest vahenditest Wave (T1) ja Guideliner (T7). Ka siin peaks eelisjärjekorras parandama elementide vead, mis korduvad suurel arvul (nt katkised lingid või alternatiivtekstide puudumine). Iga iteratsiooni järgselt vigade arv väheneb. Autori hinnangul on väga kriitiline testida veebilehete mobiilivaadet, vastasel juhul jätame hindamata rohkem

kui poolte kasutajate kasutajamugavuse. Mobiilivaadet võimaldas testida üksnes Guideliner ning tuvastatud mobiilivaate vigade hulk oli 30% kogu vigadest.

4.4.3 Sagedamini levinud vead testitud veebilehtedel

Testimiste käigus dokumenteeriti igal veebilehel enam esinenud 5 viga. Andmete põhjal koostas autor maatriksi, kus on koondatud enam levinud vead. Erinevate automaatsete hindamisvahendite vigade väljundid ei olnud identsete nimetustega. Vahendid viitasid enamikel juhtudel hindamise aluseks olnud normatiivile (nt WCAG, Section 508, *Usability.gov*). Kõik vahendid tuvastasid WCAG viga, kuid väljundis viidati kas suunisele või edukriteeriumile (vt lk 19), mis on erinevad. WCAG normatiivide puhul esines viitamist ka W3C suunisele (nt TotalValidator T6). Andmete võrdlemiseks normaliseeris autor vead WCAG edukriteeriumide alusel, nimetas identsete nimetustega ning lisas juurde viite normatiivile. HTML-, ARIA- ja CSS-koodi valideerimisel lähtusid hindamisvahendid samuti W3C suunistest, hinnates semantilise struktuuri korrapärasust.

Meetodi puuduseks võib tuua, et ei ole arvestatud veebilehtedel esinenud kõiki unikaalseid esinenud vigasid. Näiteks kui mõnel veebilehel esines mõni viga 10 korda olles viie sagedamini esineva vea hulgas, arvestati veaga. Kui sama viga esines teisel veebilehel 20 korda, aga paiknes esinemise sageduse alusel 6-1 kohal, ei arvestatud viga enamlevinud vigade hulka.

Teiseks puuduseks võib tuua vea iseloomuga mitte arvestamine. Näiteks tuvastas DynoMapper 16 korral WCAG suunise 3.1.1 rikkumise, millekohaselt peab iga veebilehe jaoks olema vaikimisi seadistatud loomulik keel (nt `<html lang="en">`). Antud viga saab leheküljel esineda ainult üks kord. Samas on *lang* atribuut oluline ekraanilugejate, pimedate klaviatuuride, tõlkerakenduste kasutamiseks ning selle puudumine mõjutab veebilehe ligipääsetavust olulisel määral.

Üldine tendents vigade liigil ja sagedusel oli järgmine: kui viga esines indekslehel, siis esinesid samad vead alamlehtedel ja vormidega lehtedel. Ka vigade esinemise suhe oli sarnane. Seega juba pealehe testimisel selguvad veebisaidil enam levinud probleemid ning saab ülevaate, milliste vigade parandamisest peaks kasutatavuse parandamiseks alustama.

Järgnevasse tabelisse on koondatud sagemini esinenud vead testimisvahendite lõikes.

Tabel 14. Sagedamini esinenud vead testimisvahendite lõikes.

T1	Kontrastsus (WCAG 1.4.3)	Lingi otstarve (WCAG 2.4.4)	Vormi elemendil puudub silt (WCAG 3.3.2, 4.1.2)	Sisu navigeeritavus klaviatuurilt (WCAG 2.1.1)	Käivituva koodi iseloomustus abitehnoloogiate jaoks. (Section 508 L)
T2	Pildid ei tohi segada allalaadimist (Usability.gov 14:3)	Kontrastsus (WCAG 1.4.3)	Lingi otstarve (WCAG 2.4.4)	Klaviatuurilt navigeeritavus (WCAG 2.1.1)	Tekstilinkide mõistlik pikkus (Usability.gov 10:11)
T3	Uue akna avanemise eelteavitus (WCAG 2.4.4)	Pildil puudub alternatiivtekst (WCAG 1.1.1)	Vormi elemendil puudub silt (WCAG 3.3.2, 4.1.2)	CSS vormi eemaldamisel ei ole sisu loetav (WCAG 1.3)	Navigeeritavus (WCAG 2.4.3)
T4	Vormi elemendil puudub silt (WCAG 3.3.2, 4.1.2)	Vigane link (WCAG 4.1.2)	Lingi otstarve (WCAG 2.4.4)	Navigeeritavus nuppude sildid (WCAG 2.4.6)	Pildil puudub alternatiivtekst (WCAG 1.1.1)
T5	CSS vormi eemaldamisel ei ole sisu loetav (WCAG 1.3)	Vormi elemendil puudub silt (WCAG 3.3.2, 4.1.2)	Pildil puudub alternatiivtekst (WCAG 1.1.1)	Uue akna avanemise eelteavitus (WCAG 2.4.4)	HTML atribuudil nimetus puudub või on vigane
T6	Lingi otstarve (WCAG 2.4.4)	Töökindlus kõigile kasutajaagentidele WCAG 2.1.1	HTML CSS lehe keel (W3C 14.2.1)	HTML atribuudil nimetus puudub või on vigane	Sisu navigeeritavus klaviatuurilt (WCAG 2.1.1)
T7	Linkide kõrgus mobiilivaates	Linkide vaheline kaugus mobiilivaates	Linkide laius mobiilivaates	Linkide kontrastsus (WCAG 1.4.3)	Nuppude kõrgus mobiilivaates

Tabelis toodud vead on esmased, mille peaks veebilehe kasutatavuse parandamiseks üle vaatama. Sagedamini esinevateks vigadeks osutusid WCAG 2.0 ligipääsetavuse elementide vead, mida veebilehtedel esines palju. Sagedased olid linkide probleemid,

madal kontrastsus, vigane HTML-i koodisüntaks, piltidelt puuduvad alternatiivtekstid ning vormidelt puuduvad sildid. Samad vead kattusid enamike vahendite lõikes.

Kasutatavuse vigu, nagu linkide mõistlik pikkus ja piltide maht allalaadimisel, tuvastas Powermapper (T2). Tulenevalt veebilehe renderdamisest tuvastas Wave (T1) veebilehe struktuuri loetavust CSS-lehe eemaldamisel. Guidelineri (T7) testimistulemused olid erinevad, kuna enamlevinud vead olid kõik mobiili kasutatavuse valdkonnast, mida teised vahendid ei võimaldanudki testida. Guideliner tuvastas elementide paiknemise ning suuruse vead mobiilivaates.

Järgnevalt annab autor ülevaate enam esinenud vigadest. Tutvustuse järgselt on koostatud Tabel 15, kus on toodud vea nimetus, WCAG suunis ning edukriteeriumi tase.

Kontrastsus on kasutatavuse oluline kvaliteediatribuut. Kontrastsus hõlmab teksti, linkide, nuppude suurust ja värvi, tausta värvi ning graafikat. Tekst ja teksti read peavad olema loetavad tavakasutajale, vaegnägijale kui vanemale kasutajale. Samuti on oluline näiteks nuppude värvus ja suurus mobiili vaates, külastatud ja külastamata linkide värvus. Automaathindamine on kontrastsuse hindamiseks hea vahend, kuna kontrastsuse meetrika on üheselt mõistetav ning automaatselt hinnatav. Ometigi esinesid kontrastsuse vead 80% testitud veebilehtedest. Tuginedes magitritöö testimiste kogemusele ja tulemustele, soovitab autor kontrastsuses hindamiseks Wave'i.

Lingi otstarve peab olema arusaadav. Linkidel, lingitud piltidel ja nuppudel peab olema kirjeldav tekst, mis annab info, kuhu link suunab; kas link suunab samale veebisaidi teisele lehele või veebisaidivälisele lehele; kas lingil klikkides käivitub automaatselt mõni tegevus. Näiteks võib mõni link klõpsamisel alustada faili allalaadimist. Kui kasutaja internetimaht on piiratud, võib see olla kasutaja jaoks väga häiriv või olenevalt allalaadimise maksumusest kulukas tegevus. Kasutajale peaks olema ka arusaadav, kas link avaneb uues aknas, sulgedes näiteks eelmise veebilehe. Eriti oluline on see kasutajate seisukohalt, kelle jaoks navigeeritavus on piiratud klaviatuuri või lisaseadmega.

Mitteavanev link/ Tühi link. Linkimise vigadeks on lingi avanemine samale lehele või link, mis ei avane. Samuti võivad mitteavanevad olla lingitud pdf-, Word- või Excel failid. Testitud vahenditest võimaldasid peaaegu kõik linkide toimivust hinnata.

Veebisaidi linkide toimivus peaks olema kindlasti teostatud automaathindamisega. Vigasid on lihtne tuvastada ja lihtne parandada, kuna mittetoimiv link on üheselt mõistetav ning vea tuvastamiseks puudub vajadus eksperthinnangu järele.

Navigeeritavus. Navigeeritavuse tagamiseks peab olema võimalik liikuda veebilehtede elementidel (menüüd, tabelid, vormid, pildid, multimeedia) ning neid soovi korral vahele jätta. Samuti peaks igal veebilehel olema link, mis viib tagasi avalehele. Oluline on infostruktuuri loomisel kasutada korrektset HTML-koodi ja liigendamist (erinevate tasemetega pealkirjad, rippmenüüd, vormide ja elementide grupeerimine, linkimine järgmise elemendi algusesse). Navigeeritavust aitab parandada ka ARIA navigeerimissiltide lisamine navigeeritavatele elementidele.

Kogu funktsionaalsuse kasutatavus klaviatuurilt. Veebilehe struktuur peab võimaldama veebilehte kasutada üksnes klaviatuuriga ning olema kasutatav ekraanilugejaga. Samal ajal ei tohiks kaduda hiire kasutamise funktsionaalsus. Klaviatuuri abil navigeerimise eelduses on eelnevalt tutvustatud navigeeritav infostruktuur. Klaviatuuri abil peab olema lisaks veebilehel liikumisele käivitada päästikfunktsioone. Näiteks kui klõpsime hiirega nupu vajutamiseks kiirelt kaks korda, siis peab sama funktsioon olema käivitatav ka klaviatuurilt. Samuti vormide täitmine ja andmete edastamine vormide vahendusel. Automaathindamine aitab edukalt hinnata veebilehe ligipääsetavust klaviatuurilt.

Pildil puudub alternatiivtekst. Piltide alternatiivteksti puudumine oli enamlevinud viga kõikidel testitud veebilehtedel. Pildile alternatiivteksti lisamine on oluline navigeeritavuse seisukohast. Lisaseadmete kasutajad saavad alternatiivtekstide abil teada, mida pildid kujutavad. Samuti kui pilt ei ole mingil põhjusel veebilehel kuvatav, annab alternatiivtekst pildi kohta infot tavakasutajatele. Alternatiivtekstid olemasolu on automaatsete testimisvahenditega edukalt hinnatav. Alternatiivteksti relevantsust saab hinnata üksnes inimene (vt lk 30).

Vormi elemendil puudub silt. Vormi elementide abil saab kasutaja edastada serverisse infot ning kasutajale peab olema arusaadav, millist infot edastada. Samuti nagu piltide puhul, on sildil olev info oluline lisaseadmete kasutaja seisukohast. Siltide olemasolu vormi elementidel saab automaatvahenditega hinnata, sildi sisulist õigsust mitte.

CSS-lehe eemaldamisel kaob loetavus. Lehe visuaalseks kujundamiseks kasutatakse CSS-koodi. Eesmärgiks on eristada dokumendi struktuur visuaalsest välimusest, mis omakorda võimaldab struktuuri säilitada ja soovi korral välimust hõlpsasti muuta. Ekraanilugeja ning klaviatuur navigeerivad veebilehel tulenevalt HTML-koodist. Seega peab veebileht olema ka loetav CSS-lehe eemaldamisel.

Järgnevasse Tabelisse 15 on koondatud veebilehtedel enam esinenud WCAG 2.0 vead, vigade suunised ning edukriteeriumid koos veatasemetega. Tabelist selgub, et sagedamini tuvastatud rikkumised on A taseme rikkumised. A tase on tulenevalt WCAG 2.0-st madalaim kohustuslik vastavustase (vt lk 19). Seega olid veebilehtede testimisel tuvastatud sagedamini esinenud vead ligipääsetavuse seisukohast kriitilised vead ning automaatsed hindamisvahendid aitasid neid vigu kiiresti ning efektiivselt tuvastada.

Tabel 15. Sagedamini esinenud vead testitud veebilehtedel.

Vea nimetus	WCAG (edukriteerium, tase)
CSS-lehe eemaldamisel kaob loetavus	1.3 Kohandatavus: luua sisu, mida saab teavet või struktuursust kaotamata eri viisidel (nt lihtsama küljenduse abil) esitada. (tase A)
Liiga madal kontrastsus	1.4.3 Kontrast (miinimumnõue): teksti ja pildivormingus teksti visuaalsel esitamisel on kontrastisuhe vähemalt 4,5:1, v.a järgmistel juhtudel: (tase AA) - suur tekst: suure teksti ja suurt teksti sisaldavate piltide puhul on kontrastisuhe vähemalt 3:1; - kõrvaline tekst: kontrastinõuded puuduvad tekstile või pildivormingus tekstile, mis on osa mitteaktiivsest kasutajaliidese komponendist, mis on pelgalt kaunistuseks, mida keegi ei näe või mis on osa muud olulist visuaalset sisu sisaldavast pildist. - logotüübid: kontrasti nõue ei kohaldu tekstile, mis on osa logost või kaubamärgist.
Iga lingi otstarve peab olema tuvastatav	2.4.4 Lingi otstarve (kontekstis): iga lingi otstarve on tuvastatav ainuüksi lingi tekstist või lingi tekstist koos tarkvaraliselt kindlaks tehtud lingikontekstiga, v.a juhtudel, kus lingi otstarve on kasutajatele üleüldiselt mitmetähenduslik. (tase A)
Navigeeritav struktuur	1.3.1 Teave ja seosed: teave, struktuur ja seosed, mida annab edasi sisuesitus, on kas tarkvaraliselt kindlaks tehtud või olemas tekstina. (tase A) 2.4.1 Sisuplokkide vahelejätmise: olemas on mehhanism, mille abil saab jätta vahele veebilehtedel korduvaid sisuplokke. (tase A) 2.4.3 Fokuseerimise järjekord: kui veebileht on järjestikuliselt navigeeritav ja navigeerimise järjestus mõjutab tähendust või toimimist, võetakse

Vea nimetus	WCAG (edukriteerium, tase)
	<p>fokuseeritavad komponendid fookusesse tähendust ja toimimist säilitavas järjestuses. (tase A)</p> <p>2.4.6 Pealkirjad ja sildid: pealkirjad ja sildid kirjeldavad teemat või otstarvet. (tase A)</p>
Kogu funktsionaalsuse kasutatavus klaviatuurilt	2.1.1 Klaviatuur: sisu kõik funktsioonid on kasutatavad klaviatuuriliidese abil ilma üksikute klahvivajutuste erilise ajastamise vajaduseta (tase A)
Pildil puudub alternatiivtekst	<p>1.1.1 Mittetekstiline sisu: kogu kasutajale esitatud mittetekstilisel sisul on võrdväärne tekstiline alternatiiv (tase A)</p> <p>2.1.1 Klaviatuur: sisu kõik funktsioonid on kasutatavad klaviatuuriliidese abil ilma üksikute klahvivajutuste erilise ajastamise vajaduseta (tase A)</p>
Vormil puudub silt	3.3.2 Sildid või instruktsioonid: kui sisu nõuab kasutajasisendit, tuleb tagada selgitavad sildid või instruktsioonid. (tase A)
Vigane link	4.1.2 Nimi, roll, väärtus: kõigi kasutajaliidese komponentide (sealhulgas vormielemendid, lingid ja skriptide genereeritud komponendid) nimi ja roll on tarkvaraliselt kindlaks tehtavad; olekud, omadused ja väärtused, mida kasutaja saab muuta, on tarkvaraliselt seadistatavad; ja teave nende parameetrite muutumisest on olemas kasutajaagentidele, sealhulgas tugitehnoloogiatele. (Tase A)

5 Kokkuvõte

Magistritöö koostamiseks viidi läbi 441 testimist 7 automaatse hindamisvahendiga.

Magistritöö esmaseks eesmärgiks oli selgitada välja, milliseid standardeid ning kasutatavuse karakteristikuid vahendid võimaldavad hinnata. Selgus, et hindamisvahendid katavad väikese osa kasutatavuse karakteristikutest. Enamik uuritud rakendusi testis kasutatavuse alamkarakteristikut ligipäasetavust. Ligipäasetavuse normatiivsed standardid on WCAG 2.0 ja Section 508, kuid vahendid hindasid ka riiklikke standardeid, mille hindamine ei ole tulenevalt WAI ligipäasetavuse normatiivide ühtlustamisest enam relevantne. Lisaks võimaldasid üksikud vahendid hinnata ühilduvust brauserite ja platvormidega, vastavust otsimootorite SEO juhistele, W3C HTML- ja CSS-süntaksi korrektsust ning ARIA-süntaksi korrektsust. Kasutatavust hindasid tuginedes parimatele praktikatele, kolm vahendit ning kasutatavust mobiilivaates võimaldas hinnata üksnes Guideliner. Arvestades, et veebilehtede külastajatest üle 50% kasutab mobiili, jääb suurel osal hindamisvahenditel tagamata ligipäasetavuse üks peamisest põhimõtteid, mis eeldab võrdset ligipäasetavust tehnoloogiast sõltumatult.

Teiseks eesmärgiks oli hinnata ülikoolide veebilehtede kasutatavuse kvaliteeti. Hindamiste tulemusena tuvastati vigade sage esinemine ja arv. Ligipäasetavuse vead ja mobiilivaate kasutatavuse vead esinesid kõikidel testitud veebilehtedel. Indeksleht ja alamleht sisaldasid veatüübilt sarnaseid vigu ning vigade arv vormidega lehtedel oli väiksem. Enam levinud vigadeks olid rohkelt kasutatavate elementide vead, mida hindamisvahendid võimaldasid efektiivselt ning üheselt tuvastada.

Kolmandaks eesmärgiks on analüüsida kaasaegsete automaatsete hindamisvahendite efektiivsust kasutatavuse hindamisel. Magistritöö tulemusena selgus, et automaatsed hindamisvahendid võimaldavad tuvastada suurel hulgal kasutatavuse vigu ning automaatsete hindamisvahendite kasutamine testimisplaani osana võimaldab veebilehtede kasutatavust parandada. Automaatne hindamisvahend tuleb valida sõltuvalt veebilehe struktuurist ning testitavatest kriteeriumitest. Enamik kasutatud vahenditest

töötab HTML koodi analüüsimise põhimõttel. Juhul kui veebileht sisaldab palju JavaScriptist genereeritavat sisu, on hindamiseks sobivam veebilehte renderdav hindamisrakendus. Samuti peaks kaasaegne rakendus võimaldama mobiilivaate testimist. Magistritööst selgus ka see, et kasutatavuse hindamine ei ole täielikult automatiseeritav, automatiseerimine peaks toimuma kombineerituna empiirilise ning eksperthindamisega.

Summary

Total 441 tests were done using seven automated usability estimation tools in order to conduct the research.

As the result of tests it appeared that usability estimation tools apply to limited characteristics of usability. The majority of tools could be used mainly for accessibility testing which is an only one sub characteristic of usability. Testing was conducted against accessibility guidelines WCAG 2.0 and Section 508. In addition few tools identified compatibility, search, SEO, HTML, CSS, WAI-ARIA syntax errors. Usability was evaluated by 3 tools and mobile usability was evaluated only by Guideliner. Considering that more than 50% users are accessing to websites by mobile phone. It concludes that majority of evaluating tools does not follow the main principle of equal accessibility on every platform.

While testing the universities websites the mistakes were detected on all tested pages. Index page and sub page contained similar mistakes by type but number of mistakes on forms was smaller. Evaluation tools were very effective to detect the most common mistakes of frequently used elements.

Thesis proved that automatic evaluation tools enabled to find the big amount of usability issues. Using these tools improves usability of web pages. Automatic evaluation can be selected depending on website structure and test criteria. The most of the tools operate on analysing HTML code. Dynamic web pages which use a lot of JavaScript should be tested with tools which are rendering web site. Modern usability evaluation applications should also test mobile phone usability. As a conclusion this thesis it can be affirmed that usability cannot be totally automated. Automatic usability testing provides better results if combined with empirical and analytical testing methods.

Kasutatud kirjandus

- [1] „ISO/IEC 25010,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010>. [Kasutatud 12 02 2018].
- [2] „Authorized Translation: Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.w3.org/Translations/WCAG20-et/#perceivable>. [Kasutatud 25 02 2018].
- [3] „Mobile web browsing overtakes desktop for the first time,“ The Guardian, 2 11 2016. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.theguardian.com/technology/2016/nov/02/mobile-web-browsing-desktop-smartphones-tablets>. [Kasutatud 25 02 2018].
- [4] „Puuetega inimeste õiguste konventsioon ja fakultatiivprotokoll,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/204042012006>. [Kasutatud 25 02 2018].
- [5] „Veebide koosvõime raamistik,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.mkm.ee/sites/default/files/veebide_raamistik.pdf. [Kasutatud 25 02 2018].
- [6] „Eesti Standardikeskus,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-iso-9241-11-2000>. [Kasutatud 06 03 2018].
- [7] J. Tepandi, „Tarkvara protsessid, kvaliteet ja standardid loengukonspekt,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://tepani.ee/tns-loeng.pdf>. [Kasutatud 06 03 2018].
- [8] „NN/g Nielsen Norman Group,“ NN/g, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.nngroup.com/people/jakob-nielsen/>. [Kasutatud 12 03 2015].
- [9] J. Nielsen, „Usability 101: Introduction to Usability,“ NGN group, 04 01 2012. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>. [Kasutatud 06 03 2018].
- [10] J. Mifsud, „The Difference (and Relationship) Between Usability and User Experience,“ 07 2011. [Võrgumaterjal]. Available: <https://usabilitygeek.com/the-difference-between-usability-and-user-experience/>. [Kasutatud 16 02 2018].
- [11] „What is Universal Design: 7 principles,“ Universal Design Centre, [Võrgumaterjal]. Available: <http://universaldesign.ie/What-is-Universal-Design/The-7-Principles/>. [Kasutatud 14 03 2018].
- [12] „European Commission Web Accessibility Standards,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://ec.europa.eu/ipg/standards/accessibility/index_en.htm. [Kasutatud 12 03 2018].
- [13] „Labour Force Survey,“ European Commission-Eurostat, [Võrgumaterjal]. Available: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>. [Kasutatud 13 02 2018].

- 2018].
- [14] „Relationship between Usability, Accessibility, and User Experience,“ University of Southampton, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.futurelearn.com/courses/digital-accessibility/0/steps/7092>. [Kasutatud 14 03 2018].
- [15] „Facts about W3C,“ W3CC, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.w3.org/Consortium/facts.html>. [Kasutatud 14 03 2018].
- [16] „W3C mission,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.w3.org/Consortium/mission.html>. [Kasutatud 14 03 2018].
- [17] „Avaliku sektori veebilehtede vastavus WCAG 2.0 nõuetele 2015 aastal,“ Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, 2015.
- [18] „WCAG 2.0 rakendusjuhised,“ Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.mkm.ee/et/wcag-20-rakendusjuhised>. [Kasutatud 20 03 2018].
- [19] „Avaliku sektori asutuste veebisaitide käideldavus ***,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/ALL/?uri=CELEX:52014AP0158>. [Kasutatud 15 03 2018].
- [20] „The Rehabilitation Act of 1973 (Rehab Act),“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.askearn.org/topics/laws-regulations/rehabilitation-act/>. [Kasutatud 15 03 2018].
- [21] „Accessibility News: The Section 508 Update,“ Section.508, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.section508.gov/blog/accessibility-news-the-section-508-Update>. [Kasutatud 15 03 2018].
- [22] „Usability Guidelines: These guidelines are research based and are intended to provide best practices over a broad range of web design and digital communications issues,“ U.S. Department of Health and Human Services, [Võrgumaterjal]. Available: <https://webstandards.hhs.gov/guidelines/>. [Kasutatud 16 03 2018].
- [23] „Inaccessible Web Site U.S.A. Learns Discriminates Against the Blind,“ National Federation of Blind, 27 10 2009. [Võrgumaterjal]. Available: <https://nfb.org/node/980>. [Kasutatud 15 03 2018].
- [24] J. Nielsen, „Usability Inspection Methods,“ Conference Companion, Boston, 1994.
- [25] „Mis on kasutatavus, kasutajakogemus ja kasutatavuse inseneeria – UX algajatele,“ Trinidad Wiseman, [Võrgumaterjal]. Available: <http://blog.twn.ee/et/mis-on-kasutatavus-kasutajakogemus-ja-kasutatavuse-inseneeria-ux-algajatele>. [Kasutatud 21 03 2018].
- [26] J. Nielsen, „Why You only need to test with 5 users?,“ NN Group, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>. [Kasutatud 22 03 2018].
- [27] D. Edwards, „DevOps: Shift left with continuous testing by using automation and virtualization,“ IBM, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.ibm.com/cloud/garage/experience/deliver/dibbe_edwards_devops_shift_left/. [Kasutatud 22 03 2018].

- [28] L.-C. Law ja E. T. Hvannberg, „Complementarity and Convergence of Heuristic Evaluation and Usability Test: A Case Study of UNIVERSAL Brokerage Platform,“ NordiCHI, Kopenhaagen, 2002.
- [29] „Card Sorting,“ The Usability Body of Knowledge © User Experience Professionals' Association, [Võrgumaterjal]. Available: <http://usabilitybok.org/card-sorting>. [Kasutatud 22 03 2018].
- [30] T. Tullis ja L. Wood, „How Many Users Are Enough for a Card-Sorting Study?,“ %1 *Usability Professionals Association*, Minneapolis, 2004.
- [31] „Silmajälgimine,“ Invaru OÜ, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.invaru.ee/silmajalgimine>. [Kasutatud 22 03 2018].
- [32] „Pilgujälgimine (Eye Tracking),“ Internationla UX partners, [Võrgumaterjal]. Available: <https://usability.ee/kasutatavuse-teenused/>. [Kasutatud 22 03 2018].
- [33] J. Nielsen, „10 Usability Heuristics,“ NN Group, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>. [Kasutatud 24 03 2018].
- [34] B. Shneiderman, „Research-Based Web Design and Usability Guidelines,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.usability.gov/sites/default/files/documents/guidelines_book.pdf. [Kasutatud 22 03 2018].
- [35] I.-F. Chou, „Automated Usability Evaluation“.
- [36] „Eesti kõrgkoolide loend,“ RIA, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.eesti.ee/est/kontaktid/korgkoolid_1. [Kasutatud 15 12 2017].
- [37] „QS World University Rankings Methodology,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.topuniversities.com/qs-world-university-rankings/methodology>. [Kasutatud 15 12 2017].
- [38] A. Ismail ja K. Kuppusamy, „Accessibility of Indian Universities homepages: An Exploratory study,“ *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 2016.
- [39] T. Alahmadi ja S. Drew, „Accessibility Evaluation of Top-ranking University websites in the World, Oceania and Arab categories for Home, Admission, and Course Description Webpages,“ *Journal of Open, Flexible and Distance Learning*, 21 (1), 2015.
- [40] „Selecting Web Accessibility Evaluation Tools,“ WC, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.w3.org/WAI/eval/selectingtools.html>. [Kasutatud 15 03 2018].
- [41] G. Bigby, „The Importance of Sitemaps,“ DynoMapper, 24 01 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://dynamapper.com/blog/13-create-sitemaps/179-the-importance-of-sitemaps>. [Kasutatud 02 04 2018].
- [42] J. Marenkov, A. Kalja ja T. Robal, *A Tool for Design-Time Usability Evaluation of Web*, https://www.researchgate.net/publication/319285685_A_Tool_for_Design-Time_Usability_Evaluation_of_Web_User_Interfaces, 2017.
- [43] „Final Regulatory Impact Analysis,“ United States Access Board, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.access-board.gov/guidelines-and-standards/communications-and->

[it/about-the-ict-refresh/final-regulatory-impact-analysis#_Toc471376905](#). [Kasutatud 15 03 2018].

Lisa 1 – Ülikoolide nimekiri

Maailma tippülikoolid

1. Massachusettsi Tehnoloogiainstituut

Koduleht <http://web.mit.edu/>

Alamleht <http://gradadmissions.mit.edu/>

Vorm <http://student.mit.edu/catalog/archive/fall/extsearch.cgi>

2. Stanfordi Ülikool

Koduleht <https://www.stanford.edu/>

Alamleht <https://www.stanford.edu/academics/>

Vorm <https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/centers-initiatives/ces/research/search-funds/primer>

3. Harvardi Ülikool

Koduleht <https://www.harvard.edu/>

Alamleht <https://www.harvard.edu/students>

Vorm <https://connects.catalyst.harvard.edu/profiles/search/people>

4. California Tehnoloogiainstituut

Koduleht <http://www.caltech.edu/>

Alamleht <http://www.caltech.edu/content/undergrad-education>

Vorm https://directory.caltech.edu/search/advanced_search

5. Cambridge'i Ülikool

Koduleht <https://www.cam.ac.uk/>

Alamleht <https://www.undergraduate.study.cam.ac.uk/applying>

Vorm <https://www.student-funding.cam.ac.uk>

6. Oxfordi Ülikool

Koduleht <http://www.ox.ac.uk/>

Alamleht <https://www.ox.ac.uk/research/divisions?wssl=1>

Vorm <https://www.ox.ac.uk/funnelback/search?wssl=1>

7. Londoni Ülikooli Kolledž (UCL)

Koduleht <https://www.ucl.ac.uk/>

Alamleht <http://www.ucl.ac.uk/research/excellence/funding>

Vorm <https://ucl-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo->

explore/search?vid=UCL_VU2&mode=advanced&sortby=rank

8. Londoni Imperial Kolledž (Imperial)

Koduleht <https://www.imperial.ac.uk/>

Alamleht <http://www.imperial.ac.uk/clinical-trials-unit/collaborations/>

Vorm <http://www.imperial.ac.uk/collegedirectory/>

9. Chicago Ülikool

Koduleht <https://www.uchicago.edu/>

Alamleht <https://www.uchicago.edu/academics/>

Vorm <https://directory.uchicago.edu/>

10. Šveitsi Riiklik Tehnoloogiainstituut

Koduleht <https://www.ethz.ch/en.html>

Alamleht <https://www.ethz.ch/en/doctorate/registration-admission.html>

Vorm <https://wohnen.ethz.ch/index.php?act=searchoffer>

Euroopa tippülikoolid

1. Cambridge'i Ülikool

Koduleht <https://www.cam.ac.uk/>

Alamleht <https://www.undergraduate.study.cam.ac.uk/applying>

Vorm <https://www.student-funding.cam.ac.uk>

2. Oxfordi Ülikool

Koduleht <http://www.ox.ac.uk/>

Alamleht <https://www.ox.ac.uk/research/divisions?wssl=1>

Vorm <https://www.ox.ac.uk/funnelback/search?wssl=1>

3. Londoni Ülikooli Kolledž (UCL)

Koduleht <https://www.ucl.ac.uk/>

Alamleht <http://www.ucl.ac.uk/research/excellence/funding>

Vorm https://ucl-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?vid=UCL_VU2&mode=advanced&sortby=rank

4. Londoni Imperial Kolledž (Imperial)

Koduleht <https://www.imperial.ac.uk/>

Alamleht <http://www.imperial.ac.uk/clinical-trials-unit/collaborations/>

Vorm <http://www.imperial.ac.uk/collegedirectory/>

5. Šveitsi Riiklik Tehnoloogiainstituut

Koduleht <https://www.ethz.ch/en.html>

Alamleht <https://www.ethz.ch/en/doctorate/registration-admission.html>

Vorm <https://wohnen.ethz.ch/index.php?act=searchoffer>

6. Lausanne'i Tehnikaülikool

Koduleht <https://www.epfl.ch/>

Alamleht https://studying.epfl.ch/student_desk

Vorm <https://infoscience.epfl.ch/search?ln=en&p=test&f=title&ext=collection%3AARTICLE>

7. Edinburghi Ülikool

Koduleht <https://www.ed.ac.uk/>

Alamleht <https://www.ed.ac.uk/staff>

Vorm https://www.ed.ac.uk/student-funding/search-scholarships?field_study_level_tid=1&term_node_tid_depth=All&term_node_tid_depth_1=All

8. Londoni Ülikooli King's Kolledž (King's)

Koduleht <https://www.kcl.ac.uk/>

Alamleht <https://www.kcl.ac.uk/innovation/research/index.aspx>

Vorm <https://www.kcl.ac.uk/study/Search-results.aspx>

9. Londoni Majandusülikool (LSE)

Koduleht <http://www.lse.ac.uk/>

Alamleht <http://www.lse.ac.uk/accounting/Home.aspx>

Vorm http://www.lse.ac.uk/student-life/accommodation/search-accommodation?from_serp=1

10. Pariisi Ülikool École normale supérieure (ENS)

Koduleht <http://www.ens.fr/>

Alamleht <http://www.ens.fr/en/academics/admissions>

Vorm <http://www.ens.fr/en/les-laboratoires-sciences>

Eesti avalik-õiguslikud ülikoolid

1. Tallinna Tehnikaülikool

Koduleht <https://www.ttu.ee/>

Alamleht <https://www.ttu.ee/teaduskond/infotehnoloogia-teaduskond/doktoriope-33/>

Vorm <https://www.ttu.ee/?id=30052>

2. Tallinna Ülikool

Koduleht <https://www.tlu.ee/en>

Alamleht <https://www.tlu.ee/en/research/Scholars>

Vorm <http://www.tlu.ee/en/Conference-Centre/Inquiry-for-organising-an-event>

3. Eesti Kunstiakadeemia

Koduleht <https://www.artun.ee/en/admissions/welcome/>

Alamleht <https://www.artun.ee/en/studies/>
Vorm <https://www.artun.ee/en/oppimine/kalender/>

4. Eesti Maaülikool

Koduleht <https://www.emu.ee/en/>
Alamleht <http://pk.emu.ee/en/>
Vorm <https://www.emu.ee/about-the-university/events/kalender/2017-11>

5. Tartu Ülikool

Koduleht <https://www.ut.ee/et>
Alamleht <https://www.ut.ee/en/research>
Vorm https://elurikkus.ut.ee/search_er2.php?lang=eng

6. Eesti Muusika- ja Teatriakadeemia

Koduleht <http://www.ema.edu.ee/en/>
Alamleht <http://www.ema.edu.ee/en/continuing-education/organisation-of-courses/>
Vorm <http://www.ema.edu.ee/en/studies/curricula/courses-subject-catalogue/>

Lisa 2 – Näide ekraanil ja CSV raportis kuvatavate vigade mittevastavusest Powermapperi (T2) testide läbiviimisel

Summary Issues <https://www.ttu.ee/>

Errors Accessibility Compatibility Search Standards Usability

This tab shows general usability issues, indicating navigation problems for all users.

- ⊗ Usability.gov Guidelines - Some pages violate these guidelines.
- ⊙ W3C Best Practices - No issues found.
- ⊙ Readability - No issues found.

Priority	Description and URL	Guideline and Line#
Priority 2	2 issues on 1 pages	
⊙	Omitting IMG WIDTH or HEIGHT attributes means page text jumps about as images load. This makes the page very hard to read while it's loading, and the user may click on the wrong link if it moves as it's being clicked. Add width and height attributes to the img tag matching the image dimensions. Authoring tools like Dreamweaver can automate this process. https://www.ttu.ee/	Usability.gov 14:3 Line 566 576 589 599 608 ... Usability.gov 13:5 <small>(and 45 other lines)</small>
⊙	Use LABEL elements for each data entry field to show what data is expected.	Usability.gov 13:5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	Category,Guidelines,Priority,Count,Line,Description,Detail,Help,URL,Target URL,Reference									
2	Accessibility,"WCAG 2.0 A F68 Section 508 (2017) A F68 "	"1","1",="68 "								"This form control has r
3	Accessibility,"WCAG 2.0 A F89 Section 508 (2017) A F89 "	"1","5",="508 88 189 190 223 "								"Each A
4	Accessibility,"WCAG 2.0 A F65 Section 508 (2017) A F65 "	"1","1",="71 "								"BUTTON elements con
5	Accessibility,"WCAG 2.0 A F65 Section 508 (2017) A F65 "	"1","5",="576 589 599 608 566 "								"IMG €
6	Accessibility,"WCAG 2.0 A H71 Section 508 (2017) A H71 "	"1","1",="60 "								"All FIELDSET element:
7	Accessibility,"WCAG 2.0 AA 1.4.3 Section 508 (2017) AA 1.4.3 "	"2","5",="822 827 832 837 842 "								"
8	Accessibility,"WCAG 2.0 A F91 Section 508 (2017) A F91 "	"1","5",="153 185 219 197 164 "								"Ident
9	Accessibility,"WCAG 2.0 A F54 Section 508 (2017) A F54 "	"1","5",="587 597 606 571 574 "								"All OI
10	Accessibility,"WCAG 2.0 A F54 Section 508 (2017) A F54 "	"1","5",="587 597 606 571 574 "								"All OI
11	Errors,"Blocked Links "	"6","1",="1 "								"The Check Page command does not check links or page v
12	Errors,"Broken Link "	"1","5",="1120 719 716 713 722 "								"This link is broken. The SRC or HREF is a
13	Search,"Bing "	"1","1",="40 "								"This page has no H1 element, which violates Bing webmaster g
14	Usability,"Usability.gov 10:11 "	"3","1",="777 "								"Use link text between 3 and 100 characters so
15	Usability,"Usability.gov 13:5 "	"2","1",="68 "								"Use LABEL elements for each data entry field to s
16	Usability,"Usability.gov 14:3 "	"2","5",="576 589 599 608 566 "								"Omitting IMG WIDTH or HEIGHT
17	Standards,"HTML5 "	"2","1",="504 "								"The 'banner' role is unnecessary for element 'header'.", "
18	Standards,"HTML5 "	"2","1",="507 "								"The 'navigation' role is unnecessary for element 'nav'.", "

Lisa 3 – Hindamistulemused

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
http://web.mit.edu/	T1	65						
http://gradadmissions.mit.edu/	T1	32					1	
http://student.mit.edu/catalog/archive/fall/extsearch.cgi	T1	44						
https://www.stanford.edu/	T1	38					1	
https://www.stanford.edu/academics/	T1	7					37	
https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/centers-initiatives/ces/research/search-funds/primer	T1	21					1	
https://www.harvard.edu/	T1	69					31	
https://www.harvard.edu/students	T1	19					17	
https://connects.catalyst.harvard.edu/profiles/search/people	T1	49					6	
http://www.caltech.edu/	T1	14					4	
http://www.caltech.edu/content/undergrad-education	T1	22					4	
https://directory.caltech.edu/search/advanced_search	T1	14					2	
https://www.cam.ac.uk/	T1	77					9	
https://www.undergraduate.study.cam.ac.uk/applying	T1	298						
https://www.student-funding.cam.ac.uk	T1	22						
http://www.ox.ac.uk/	T1	34					8	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.ox.ac.uk/research/divisions?wssl=1	T1	27					11	
https://www.ox.ac.uk/funnelback/search?wssl=1	T1	22					11	
https://www.ucl.ac.uk/	T1	35					5	
http://www.ucl.ac.uk/research/excellence/funding	T1	18					2	
https://ucl-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?vid=UCL_VU2&mode=advanced&sortby=rank	T1							N/A
https://www.imperial.ac.uk/	T1	4					21	
http://www.imperial.ac.uk/clinical-trials-unit/collaborations/	T1	32					73	
http://www.imperial.ac.uk/collegedirectory/	T1	45						
https://www.uchicago.edu/	T1	125					37	
https://www.uchicago.edu/academics/	T1	5					59	
https://directory.uchicago.edu/	T1	29						
https://www.ethz.ch/en.html	T1	55					2352	
https://www.ethz.ch/en/doctorate/registration-admission.html	T1	52					236	
https://wohnen.ethz.ch/index.php?act=searchoffer	T1	39					9	
https://www.epfl.ch/	T1	3					1	
https://studying.epfl.ch/student_desk	T1	3					14	
https://infoscience.epfl.ch/search?ln=en&p=test&f=title&ext=collection%3AARTICLE	T1	48					7	
https://www.ed.ac.uk/	T1	2					1	
https://www.ed.ac.uk/staff	T1	16					12	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.ed.ac.uk/student-funding/search-scholarships?field_study_level_tid=1&term_node_tid_depth=All&term_node_tid_depth_1=All	T1	13					11	
https://www.kcl.ac.uk/	T1	94						
https://www.kcl.ac.uk/innovation/research/index.aspx	T1	61						
https://www.kcl.ac.uk/study/Search-results.aspx	T1	86					5	
http://www.lse.ac.uk/	T1	37					11	
http://www.lse.ac.uk/accounting/Home.aspx	T1	127						
http://www.lse.ac.uk/student-life/accommodation/search-accommodation?from_serp=1	T1	16					19	
http://www.ens.fr/	T1	133					18	
http://www.ens.fr/en/academics/admissions	T1	24					18	
http://www.ens.fr/en/les-laboratoires-sciences	T1	56					19	
https://www.ttu.ee/	T1	9					11	
https://www.ttu.ee/teaduskond/infotehnoloogia-teaduskond/doktoriope-33/	T1	63					18	
https://www.ttu.ee/?id=352	T1	62					1	
https://www.tlu.ee/en	T1	73						
https://www.tlu.ee/en/research/Scholars	T1	37					4	
http://www.tlu.ee/en/Conference-Centre/Inquiry-for-organising-an-event	T1	6					4	
https://www.artun.ee/en/admissions/welcome/	T1	11					11	
https://www.artun.ee/en/studies/	T1	12					11	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.artun.ee/en/oppimine/kalender/	T1	9					11	
https://www.emu.ee/en/	T1	42					12	
http://pk.emu.ee/en/	T1	38					11	
https://www.emu.ee/about-the-university/events/kalender/217-11	T1	39					1	
https://www.ut.ee/et	T1	95					8	
https://www.ut.ee/en/research	T1	32					8	
https://elurikkus.ut.ee/search_er2.php?lang=eng	T1	3						
http://www.ema.edu.ee/en/	T1	14					64	
http://www.ema.edu.ee/en/continuing-education/organisation-of-courses/	T1	72					56	
http://www.ema.edu.ee/en/studies/curricula/courses-subject-catalogue/	T1	72					55	
http://web.mit.edu/	T2	11		1	2		21	
http://gradadmissions.mit.edu/	T2	1		3	3		13	
http://student.mit.edu/catalog/archive/fall/extsearch.cgi	T2							N/A
https://www.stanford.edu/	T2	1		2	5		14	
https://www.stanford.edu/academics/	T2	1			3		1	
https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/centers-initiatives/ces/research/search-funds/primer	T2	5	6	1	5		2	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.harvard.edu/	T2	29		3	34		21	
https://www.harvard.edu/students	T2	9		3	8		23	
https://connects.catalyst.harvard.edu/profiles/search/people	T2	38	1	4	17			
http://www.caltech.edu/	T2	9		6	68		9	
http://www.caltech.edu/content/undergrad-education	T2	4		1	27		18	
https://directory.caltech.edu/search/advanced_search	T2	5		4	2		11	
https://www.cam.ac.uk/	T2	34		6	25			
https://www.undergraduate.study.cam.ac.uk/applying	T2	31		1 1	5		4	
https://www.student-funding.cam.ac.uk	T2	11		1	11		19	
http://www.ox.ac.uk/	T2	134		5	1		32	
https://www.ox.ac.uk/research/divisions?wssl=1	T2	12	2	3	5		5	
https://www.ox.ac.uk/funnelback/search?wssl=1	T2	9	3	1	9		18	
https://www.ucl.ac.uk/	T2	22		6	2		17	
http://www.ucl.ac.uk/research/excellence/funding	T2	11		5	5		2	
https://ucl-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?vid=UCL_VU2&mode=advanced&sortby=rank	T2	2	1	3	9		5	
https://www.imperial.ac.uk/	T2	12	1	3	43		7	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
http://www.imperial.ac.uk/clinical-trials-unit/collaborations/	T2	7	1	4	21		6	
http://www.imperial.ac.uk/collegedirectory/	T2							N/A
https://www.uchicago.edu/	T2	4		4	47		14	
https://www.uchicago.edu/academics/	T2	1	1	3	9		7	
https://directory.uchicago.edu/	T2	16		1	5		13	
https://www.ethz.ch/en.html	T2	3	1 5	1 2	31		28	
https://www.ethz.ch/en/doctorate/registration-admission.html	T2	5	3	6	11		28	
https://wohnen.ethz.ch/index.php?act=searchoffer	T2	49		3	31		56	
https://www.epfl.ch/	T2	22	2	9	14		71	
https://studying.epfl.ch/student_desk	T2							N/A
https://infoscience.epfl.ch/search?ln=en&p=test&f=title&ext=collection%3AARTICLE	T2							N/A
https://www.ed.ac.uk/	T2	3		2	11		6	
https://www.ed.ac.uk/staff	T2	1		2	1		2	
https://www.ed.ac.uk/student-funding/search-scholarships?field_study_level_tid=1&term_node_tid_depth=All&term_node_tid_depth_1=All	T2				7		1	
https://www.kcl.ac.uk/	T2	16					8	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.kcl.ac.uk/innovation/research/index.aspx	T2	9		2	1		11	
https://www.kcl.ac.uk/study/Search-results.aspx	T2	24	5	1	4		8	
http://www.lse.ac.uk/	T2	16			1		1	
http://www.lse.ac.uk/accounting/Home.aspx	T2	69		1	18			
http://www.lse.ac.uk/student-life/accommodation/search-accommodation?from_serp=1	T2	75	1	1	38		2	
http://www.ens.fr/	T2	52	2	2	37		158	
http://www.ens.fr/en/academics/admissions	T2	2	2	2	4		19	
http://www.ens.fr/en/les-laboratoires-sciences	T2	45		2	16		23	
https://www.ttu.ee/	T2	61		1	8		2	
https://www.ttu.ee/teaduskond/infotehnoloogia-teaduskond/doktoriope-33/	T2	53		2	24		47	
https://www.ttu.ee/?id=352	T2	58			26		42	
https://www.tlu.ee/en	T2	44		2	3		56	
https://www.tlu.ee/en/research/Scholars	T2	28			6		17	
http://www.tlu.ee/en/Conference-Centre/Inquiry-for-organising-an-event	T2	37		1	7		2	
https://www.artun.ee/en/admissions/welcome/	T2	8		1	7		64	
https://www.artun.ee/en/studies/	T2	9		1	8		15	
https://www.artun.ee/en/oppimine/kalender/	T2	9		7	6		37	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.emu.ee/en/	T2	21		1	1		46	
http://pk.emu.ee/en/	T2	22			11		26	
https://www.emu.ee/about-the-university/events/kalender/217-11	T2	21		2	8		49	
https://www.ut.ee/et	T2	69		6	2			
https://www.ut.ee/en/research	T2	12	1	7	5			
https://elurikkus.ut.ee/search_er2.php?lang=eng	T2	34	1	4	17			
http://www.ema.edu.ee/en/	T2	23		2	28		17	
http://www.ema.edu.ee/en/continuing-education/organisation-of-courses/	T2	9			2		5	
http://www.ema.edu.ee/en/studies/curricula/courses-subject-catalogue/	T2	1			2		7	
http://web.mit.edu/	T3	9					28	
http://gradadmissions.mit.edu/	T3	39					53	
http://student.mit.edu/catalog/archive/fall/extsearch.cgi	T3	122					393	
https://www.stanford.edu/	T3	19					65	
https://www.stanford.edu/academics/	T3	13					42	
https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/centers-initiatives/ces/research/search-funds/primer	T3	17					194	
https://www.harvard.edu/	T3	32					44	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.harvard.edu/students	T3	25					42	
https://connects.catalyst.harvard.edu/profiles/search/people	T3	5					61	
http://www.caltech.edu/	T3	37					28	
http://www.caltech.edu/content/undergrad-education	T3	26					5	
https://directory.caltech.edu/search/advanced_search	T3	16					35	
https://www.cam.ac.uk/	T3	34					21	
https://www.undergraduate.study.cam.ac.uk/applying	T3	35					4	
https://www.student-funding.cam.ac.uk	T3	29					17	
http://www.ox.ac.uk/	T3	16					6	
https://www.ox.ac.uk/research/divisions?wssl=1	T3	27					56	
https://www.ox.ac.uk/funnelback/search?wssl=1	T3	19					29	
https://www.ucl.ac.uk/	T3	15					45	
http://www.ucl.ac.uk/research/excellence/funding	T3							
https://ucl-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?vid=UCL_VU2&mode=advanced&sortby=rank	T3	1					71	
https://www.imperial.ac.uk/	T3	9					54	
http://www.imperial.ac.uk/clinical-trials-unit/collaborations/	T3	1					47	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
http://www.imperial.ac.uk/collegedirectory/	T3	43					61	
https://www.uchicago.edu/	T3	52					83	
https://www.uchicago.edu/academics/	T3	13					46	
https://directory.uchicago.edu/	T3	16					16	
https://www.ethz.ch/en.html	T3							N/A
https://www.ethz.ch/en/doctorate/registration-admission.html	T3	28					41	
https://wohnen.ethz.ch/index.php?act=searchoffer	T3	73					87	
https://www.epfl.ch/	T3	11					41	
https://studying.epfl.ch/student_desk	T3	29					45	
https://infoscience.epfl.ch/search?ln=en&p=test&f=title&ext=collection%3AARTICLE	T3							N/A
https://www.ed.ac.uk/	T3	28					4	
https://www.ed.ac.uk/staff	T3	1					38	
https://www.ed.ac.uk/student-funding/search-scholarships?field_study_level_tid=1&term_node_tid_depth=All&term_node_tid_depth_1=All	T3	12					39	
https://www.kcl.ac.uk/	T3	29					13	
https://www.kcl.ac.uk/innovation/research/index.aspx	T3	16					6	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.kcl.ac.uk/study/Search-results.aspx	T3	38					2	
http://www.lse.ac.uk/	T3	12					14	
http://www.lse.ac.uk/accounting/Home.aspx	T3	16					25	
http://www.lse.ac.uk/student-life/accommodation/search-accommodation?from_serp=1	T3	19					15	
http://www.ens.fr/	T3	35					129	
http://www.ens.fr/en/academics/admissions	T3	21					7	
http://www.ens.fr/en/les-laboratoires-sciences	T3	17					8	
https://www.ttu.ee/	T3	79					51	
https://www.ttu.ee/teaduskond/infotehnoloogia-teaduskond/doktoriope-33/	T3	78					49	
https://www.ttu.ee/?id=352	T3	87					44	
https://www.tlu.ee/en	T3	39					7	
https://www.tlu.ee/en/research/Scholars	T3	37					5	
http://www.tlu.ee/en/Conference-Centre/Inquiry-for-organising-an-event	T3	66					5	
https://www.artun.ee/en/admissions/welcome/	T3	51					126	
https://www.artun.ee/en/studies/	T3	55					126	
https://www.artun.ee/en/oppimine/kalender/	T3	53					126	
https://www.emu.ee/en/	T3	14					24	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
http://pk.emu.ee/en/	T3	137					47	
https://www.emu.ee/about-the-university/events/kalender/217-11	T3	16					24	
https://www.ut.ee/et	T3	17					18	
https://www.ut.ee/en/research	T3							
https://elurikkus.ut.ee/search_er2.php?lang=eng	T3	42					35	
http://www.ema.edu.ee/en/	T3	81					33	
http://www.ema.edu.ee/en/continuing-education/organisation-of-courses/	T3	56					27	
http://www.ema.edu.ee/en/studies/curricula/courses-subject-catalogue/	T3	5					29	
http://web.mit.edu/	T4	7						
http://gradadmissions.mit.edu/	T4	29						
http://student.mit.edu/catalog/archive/fall/extsearch.cgi	T4	47						
https://www.stanford.edu/	T4	23						
https://www.stanford.edu/academics/	T4	4						
https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/centers-initiatives/ces/research/search-funds/primer	T4	8						
https://www.harvard.edu/	T4	25						
https://www.harvard.edu/students	T4	6						

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://connects.catalyst.harvard.edu/profiles/search/people	T4	62						
http://www.caltech.edu/	T4	22						
http://www.caltech.edu/content/undergrad-education	T4	4						
https://directory.caltech.edu/search/advanced_search	T4	9						
https://www.cam.ac.uk/	T4	41						
https://www.undergraduate.study.cam.ac.uk/applying	T4	217						
https://www.student-funding.cam.ac.uk	T4	3						
http://www.ox.ac.uk/	T4	15						
https://www.ox.ac.uk/research/divisions?wssl=1	T4	18						
https://www.ox.ac.uk/funnelback/search?wssl=1	T4	12						
https://www.ucl.ac.uk/	T4	1						
http://www.ucl.ac.uk/research/excellence/funding	T4	1						
https://ucl-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?vid=UCL_VU2&mode=advanced&sortby=rank	T4	2						
https://www.imperial.ac.uk/	T4	21						
http://www.imperial.ac.uk/clinical-trials-unit/collaborations/	T4	28						
http://www.imperial.ac.uk/collegedirectory/	T4	38						

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.uchicago.edu/	T4	12						
https://www.uchicago.edu/academics/	T4	8						
https://directory.uchicago.edu/	T4	23						
https://www.ethz.ch/en.html	T4	47						
https://www.ethz.ch/en/doctorate/registration-admission.html	T4	36						
https://wohnen.ethz.ch/index.php?act=searchoffer	T4	77						
https://www.epfl.ch/	T4							N/A
https://studying.epfl.ch/student_desk	T4	23						
https://infoscience.epfl.ch/search?ln=en&p=test&f=title&ext=collection%3AARTICLE	T4	24						
https://www.ed.ac.uk/	T4	8						
https://www.ed.ac.uk/staff	T4	1						
https://www.ed.ac.uk/student-funding/search-scholarships?field_study_level_tid=1&term_node_tid_depth=All&term_node_tid_depth_1=All	T4	5						
https://www.kcl.ac.uk/	T4	69						
https://www.kcl.ac.uk/innovation/research/index.aspx	T4	51						
https://www.kcl.ac.uk/study/Search-results.aspx	T4	53						

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
http://www.lse.ac.uk/	T4	17						
http://www.lse.ac.uk/accounting/Home.aspx	T4	63						
http://www.lse.ac.uk/student-life/accommodation/search-accommodation?from_serp=1	T4	28						
http://www.ens.fr/	T4	27						
http://www.ens.fr/en/academics/admissions	T4	19						
http://www.ens.fr/en/les-laboratoires-sciences	T4	27						
https://www.ttu.ee/	T4	123						
https://www.ttu.ee/teaduskond/infotehnoloogia-teaduskond/doktoriope-33/	T4	112						
https://www.ttu.ee/?id=352	T4	112						
https://www.tlu.ee/en	T4	52						
https://www.tlu.ee/en/research/Scholars	T4	34						
http://www.tlu.ee/en/Conference-Centre/Inquiry-for-organising-an-event	T4	49						
https://www.artun.ee/en/admissions/welcome/	T4	29						
https://www.artun.ee/en/studies/	T4	62						
https://www.artun.ee/en/oppimine/kalender/	T4	14						
https://www.emu.ee/en/	T4	89						
http://pk.emu.ee/en/	T4	85						

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised veaad	Ebaõnnestunud
https://www.emu.ee/about-the-university/events/kalender/217-11	T4	84						
https://www.ut.ee/et	T4	66						
https://www.ut.ee/en/research	T4	19						
https://elurikkus.ut.ee/search_er2.php?lang=eng	T4	2						
http://www.ema.edu.ee/en/	T4	23						
http://www.ema.edu.ee/en/continuing-education/organisation-of-courses/	T4	16						
http://www.ema.edu.ee/en/studies/curricula/courses-subject-catalogue/	T4	14						
http://web.mit.edu/	T5	2						
http://gradadmissions.mit.edu/	T5	48						
http://student.mit.edu/catalog/archive/fall/extsearch.cgi	T5	83						
https://www.stanford.edu/	T5	25						
https://www.stanford.edu/academics/	T5	15						
https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/centers-initiatives/ces/research/search-funds/primer	T5	18						
https://www.harvard.edu/	T5	45						
https://www.harvard.edu/students	T5	33						
https://connects.catalyst.harvard.edu/profiles/search/people	T5	42						

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
http://www.caltech.edu/	T5	36						
http://www.caltech.edu/content/undergrad-education	T5	26						
https://directory.caltech.edu/search/advanced_search	T5	13						
https://www.cam.ac.uk/	T5	39						
https://www.undergraduate.study.cam.ac.uk/applying	T5	28						
https://www.student-funding.cam.ac.uk	T5	29						
http://www.ox.ac.uk/	T5	17						
https://www.ox.ac.uk/research/divisions?wssl=1	T5	27						
https://www.ox.ac.uk/funnelback/search?wssl=1	T5	19						
https://www.ucl.ac.uk/	T5	55						
http://www.ucl.ac.uk/research/excellence/funding	T5							N/A
https://ucl-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?vid=UCL_VU2&mode=advanced&sortby=rank	T5	1						
https://www.imperial.ac.uk/	T5	11						
http://www.imperial.ac.uk/clinical-trials-unit/collaborations/	T5	8						
http://www.imperial.ac.uk/collegedirectory/	T5	4						
https://www.uchicago.edu/	T5	69						

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivahetes	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.uchicago.edu/academics/	T5	24						
https://directory.uchicago.edu/	T5	19						
https://www.ethz.ch/en.html	T5	24						
https://www.ethz.ch/en/doctorate/registration-admission.html	T5	24						
https://wohnen.ethz.ch/index.php?act=searchoffer	T5	68						
https://www.epfl.ch/	T5	2						
https://studying.epfl.ch/student_desk	T5	27						
https://infoscience.epfl.ch/search?ln=en&p=test&f=title&ext=collection%3AARTICLE	T5	96						
https://www.ed.ac.uk/	T5	22						
https://www.ed.ac.uk/staff	T5	19						
https://www.ed.ac.uk/student-funding/search-scholarships?field_study_level_tid=1&term_node_tid_depth=All&term_node_tid_depth_1=All	T5	19						
https://www.kcl.ac.uk/	T5	22						
https://www.kcl.ac.uk/innovation/research/index.aspx	T5	12						
https://www.kcl.ac.uk/study/Search-results.aspx	T5	46						
http://www.lse.ac.uk/	T5	31						

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
http://www.lse.ac.uk/accounting/Home.aspx	T5	3						
http://www.lse.ac.uk/student-life/accommodation/search-accommodation?from_serp=1	T5	98						
http://www.ens.fr/	T5	41						
http://www.ens.fr/en/academics/admissions	T5	24						
http://www.ens.fr/en/les-laboratoires-sciences	T5	51						
https://www.ttu.ee/	T5	77						
https://www.ttu.ee/teaduskond/infotehnoloogia-teaduskond/doktoriope-33/	T5	77						
https://www.ttu.ee/?id=352	T5	83						
https://www.tlu.ee/en	T5	48						
https://www.tlu.ee/en/research/Scholars	T5	36						
http://www.tlu.ee/en/Conference-Centre/Inquiry-for-organising-an-event	T5	4						
https://www.artun.ee/en/admissions/welcome/	T5	49						
https://www.artun.ee/en/studies/	T5	53						
https://www.artun.ee/en/oppimine/kalender/	T5	44						
https://www.emu.ee/en/	T5							N/A
http://pk.emu.ee/en/	T5	142						
https://www.emu.ee/about-the-university/events/kalender/217-11	T5							N/A

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.ut.ee/et	T5							N/A
https://www.ut.ee/en/research	T5							N/A
https://elurikkus.ut.ee/search_er2.php?lang=eng	T5							N/A
http://www.ema.edu.ee/en/	T5	74						
http://www.ema.edu.ee/en/continuing-education/organisation-of-courses/	T5	98						
http://www.ema.edu.ee/en/studies/curricula/courses-subject-catalogue/	T5	92						
http://web.mit.edu/	T6	56					14	
http://gradadmissions.mit.edu/	T6	63					56	
http://student.mit.edu/catalog/archive/fall/extsearch.cgi	T6	115					592	
https://www.stanford.edu/	T6	39					23	
https://www.stanford.edu/academics/	T6	1					1	
https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/centers-initiatives/ces/research/search-funds/primer	T6	13			2		46	
https://www.harvard.edu/	T6	32					59	
https://www.harvard.edu/students	T6	2			2		37	
https://connects.catalyst.harvard.edu/profiles/search/people	T6	89					128	
http://www.caltech.edu/	T6	43			5		112	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
http://www.caltech.edu/content/undergrad-education	T6	23					33	
https://directory.caltech.edu/search/advanced_search	T6	3					13	
https://www.cam.ac.uk/	T6	123					37	
https://www.undergraduate.study.cam.ac.uk/applying	T6	122					119	
https://www.student-funding.cam.ac.uk	T6	36			1		86	
http://www.ox.ac.uk/	T6	23			2		141	
https://www.ox.ac.uk/research/divisions?wssl=1	T6	33			5		151	
https://www.ox.ac.uk/funnelback/search?wssl=1	T6	14			4		33	
https://www.ucl.ac.uk/	T6	18			3		46	
http://www.ucl.ac.uk/research/excellence/funding	T6							N/A
https://ucl-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?vid=UCL_VU2&mode=advanced&sortby=rank	T6	2					7	
https://www.imperial.ac.uk/	T6	17			2		24	
http://www.imperial.ac.uk/clinical-trials-unit/collaborations/	T6	16			1		28	
http://www.imperial.ac.uk/collegedirectory/	T6	2			1		117	
https://www.uchicago.edu/	T6	8			1		2	
https://www.uchicago.edu/academics/	T6	2			1		1	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://directory.uchicago.edu/	T6	18					1	
https://www.ethz.ch/en.html	T6	73			17		459	
https://www.ethz.ch/en/doctorate/registration-admission.html	T6	43					466	
https://wohnen.ethz.ch/index.php?act=searchoffer	T6	53					77	
https://www.epfl.ch/	T6	21			2		75	
https://studying.epfl.ch/student_desk	T6	24			1		61	
https://infoscience.epfl.ch/search?ln=en&p=test&f=title&ext=collection%3AARTICLE	T6	1456					2794	
https://www.ed.ac.uk/	T6	73					16	
https://www.ed.ac.uk/staff	T6	33					12	
https://www.ed.ac.uk/student-funding/search-scholarships?field_study_level_tid=1&term_node_tid_depth=All&term_node_tid_depth_1=All	T6	8			1		55	
https://www.kcl.ac.uk/	T6	63						
https://www.kcl.ac.uk/innovation/research/index.aspx	T6	15					16	
https://www.kcl.ac.uk/study/Search-results.aspx	T6	12			1		24	
http://www.lse.ac.uk/	T6	17			1		9	
http://www.lse.ac.uk/accounting/Home.aspx	T6	18			2		35	

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
http://www.lse.ac.uk/student-life/accommodation/search-accommodation?from_serp=1	T6	29			1		29	
http://www.ens.fr/	T6	38			6		171	
http://www.ens.fr/en/academics/admissions	T6	23			4		35	
http://www.ens.fr/en/les-laboratoires-sciences	T6	24			6		17	
https://www.ttu.ee/	T6	116			1		38	
https://www.ttu.ee/teaduskond/infotehnoloogia-teaduskond/doktorioope-33/	T6	84			112		3	
https://www.ttu.ee/?id=352	T6	79			127		31	
https://www.tlu.ee/en	T6	5			8		15	
https://www.tlu.ee/en/research/Scholars	T6	18					4	
http://www.tlu.ee/en/Conference-Centre/Inquiry-for-organising-an-event	T6	21					41	
https://www.artun.ee/en/admissions/welcome/	T6	21					96	
https://www.artun.ee/en/studies/	T6	116					246	
https://www.artun.ee/en/oppimine/kalender/	T6	3					65	
https://www.emu.ee/en/	T6	55					85	
http://pk.emu.ee/en/	T6	6					119	
https://www.emu.ee/about-the-university/events/kalender/217-11	T6	46					257	
https://www.ut.ee/et	T6							N/A

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.ut.ee/en/research	T6							N/A
https://elurikkus.ut.ee/search_er2.php?lang=eng	T6	25					35	
http://www.ema.edu.ee/en/	T6	2			89		79	
http://www.ema.edu.ee/en/continuing-education/organisation-of-courses/	T6	11			1		32	
http://www.ema.edu.ee/en/studies/curricula/courses-subject-catalogue/	T6	9			15		28	
http://web.mit.edu/	T7	21			1	45		
http://gradadmissions.mit.edu/	T7	128			19	59		
http://student.mit.edu/catalog/archive/fall/extsearch.cgi	T7	177			24	41		
https://www.stanford.edu/	T7	61			25	126		
https://www.stanford.edu/academics/	T7	28			8	117		
https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/centers-initiatives/ces/research/search-funds/primer	T7	161			17	47		
https://www.harvard.edu/	T7	93			19	82		
https://www.harvard.edu/students	T7	56			2	371		
https://connects.catalyst.harvard.edu/profiles/search/people	T7	23			34	16		
http://www.caltech.edu/	T7	146			32	84		
http://www.caltech.edu/content/undergrad-education	T7	12			14	27		

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://directory.caltech.edu/search/advanced_search	T7	3			4	14		
https://www.cam.ac.uk/	T7	91			35	11		
https://www.undergraduate.study.cam.ac.uk/applying	T7	139			18	16		
https://www.student-funding.cam.ac.uk	T7	79			13	67		
http://www.ox.ac.uk/	T7	227			22	138		
https://www.ox.ac.uk/research/divisions?wssl=1	T7	86			7	127		
https://www.ox.ac.uk/funnelback/search?wssl=1	T7	42			2	13		
https://www.ucl.ac.uk/	T7	54			13	121		
http://www.ucl.ac.uk/research/excellence/funding	T7	17			4	24		
https://ucl-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?vid=UCL_VU2&mode=advanced&sortby=rank	T7	29			3	14		
https://www.imperial.ac.uk/	T7	78			27	128		
http://www.imperial.ac.uk/clinical-trials-unit/collaborations/	T7	6			18	151		
http://www.imperial.ac.uk/collegedirectory/	T7	44			11	44		
https://www.uchicago.edu/	T7	158			5	138		
https://www.uchicago.edu/academics/	T7	55			12	123		
https://directory.uchicago.edu/	T7	25			12	55		

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
https://www.ethz.ch/en.html	T7	64			7	82		
https://www.ethz.ch/en/doctorate/registration-admission.html	T7	58			1	37		
https://wohnen.ethz.ch/index.php?act=searchoffer	T7	138			19	45		
https://www.epfl.ch/	T7	32			14	146		
https://studying.epfl.ch/student_desk	T7	83			12	25		
https://infoscience.epfl.ch/search?ln=en&p=test&f=title&ext=collection%3AARTICLE	T7	2868			33	161		
https://www.ed.ac.uk/	T7	58			1	18		
https://www.ed.ac.uk/staff	T7	43			4	38		
https://www.ed.ac.uk/student-funding/search-scholarships?field_study_level_tid=1&term_node_tid_depth=All&term_node_tid_depth_1=All	T7	52			7	5		
https://www.kcl.ac.uk/	T7	54			48	338		
https://www.kcl.ac.uk/innovation/research/index.aspx	T7	68			66	321		
https://www.kcl.ac.uk/study/Search-results.aspx	T7	93			14	38		
http://www.lse.ac.uk/	T7	87			8	111		
http://www.lse.ac.uk/accounting/Home.aspx	T7	77			21	13		
http://www.lse.ac.uk/student-life/accommodation/search-accommodation?from_serp=1	T7	47			31	98		

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
http://www.ens.fr/	T7	166			57	72		
http://www.ens.fr/en/academics/admissions	T7	57			9	46		
http://www.ens.fr/en/les-laboratoires-sciences	T7	95			18	87		
https://www.ttu.ee/	T7	192			65	15		
https://www.ttu.ee/teaduskond/infotehnoloogia-teaduskond/doktoriope-33/	T7	179			4	92		
https://www.ttu.ee/?id=352	T7	181			45	72		
https://www.tlu.ee/en	T7	119			52	76		
https://www.tlu.ee/en/research/Scholars	T7	57			21	52		
http://www.tlu.ee/en/Conference-Centre/Inquiry-for-organising-an-event	T7	57			25	48		
https://www.artun.ee/en/admissions/welcome/	T7	55			5	58		
https://www.artun.ee/en/studies/	T7	61			7	59		
https://www.artun.ee/en/oppimine/kalender/	T7	59			2	24		
https://www.emu.ee/en/	T7	234			15	29		
http://pk.emu.ee/en/	T7	248			17	35		
https://www.emu.ee/about-the-university/events/kalender/217-11	T7	29			2	25		
https://www.ut.ee/et	T7	1946			76	189		
https://www.ut.ee/en/research	T7	1651			35	73		
https://elurikkus.ut.ee/search_er2.php?lang=eng	T7	35			28	49		

Veebiaadress	Hindamisvahend	Ligipääsetavus	Ühilduvus	Otsing	Kasutatavus	Kasutatavus mobiilivaaates	Teised vead	Ebaõnnestunud
http://www.ema.edu.ee/en/	T7	66			2	6		
http://www.ema.edu.ee/en/continuing-education/organisation-of-courses/	T7	44			13	4		
http://www.ema.edu.ee/en/studies/curricula/courses-subject-catalogue/	T7	44			12	27		

Lisa 4 – Keskmise vigade arv ülikooli veebilehe kohta

Testimisvahend	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Ülikool							
Massachusettsi Tehnoloogiainstituut	50,3	32,0	214,7	50,3	27,7	298,7	19,3
Stanfordi Ülikool	68,0	18,3	116,7	19,3	11,7	47,7	21,7
Harvardi Ülikool	63,7	63,3	84,7	40,0	31,0	122,3	21,0
California Tehnoloogiainstituut	50,0	54,7	49,0	25,0	11,7	77,3	16,7
Cambridge'i Ülikool	135,3	52,7	46,7	32,0	96,0	174,7	19,0
Oxfordi Ülikool	37,7	97,7	69,0	21,0	15,0	135,3	17,0
Londoni Ülikooli Kolledž (UCL)	30,0	36,0	47,0	32,5	7,3	38,0	15,3
Londoni Imperial Kolledž (Imperial)	70,3	52,5	74,7	19,7	29,0	75,3	17,3
Chicago Ülikool	100,0	41,7	75,3	37,3	14,3	23,3	17,7
Šveitsi Riiklik Tehnoloogiainstituut	1622,3	93,7	114,5	38,7	53,3	396,0	22,7
Lausanne'i Tehnikaülikool	46,3	118,0	63,0	47,7	23,5	1478,0	25,7
Edinburghi Ülikool	27,3	15,0	55,7	20,0	4,7	66,0	16,3
Londoni Ülikooli King's Kolledž (King's)	82,0	29,7	40,7	26,7	57,7	43,7	20,3
Londoni Majandusülikool (LSE)	100,0	74,3	33,7	53,0	36,0	47,0	17,0
Pariisi Ülikool (ENS)	89,3	128,0	72,3	38,7	24,3	138,0	16,3
Tallinna Tehnikaülikool	84,7	114,0	129,3	79,0	115,7	206,0	28,0
Tallinna Ülikool	59,3	82,7	53,0	41,3	45,0	64,3	18,0
Eesti Kunstiakadeemia	21,7	57,3	179,0	48,7	35,0	191,3	16,7
Eesti Maaülikool	50,7	72,3	177,3	142,0	86,0	207,3	20,7
Tartu Ülikool	57,7	58,7	67,3	N/A	35,0	60,0	21,7
Eesti Muusika- ja Teatriakadeemia	141,0	47,0	92,0	88,0	17,7	157,7	19,3
Vigu keskmiselt lehekülje kohta	142,3	63,8	88,4	45,0	37,0	192,8	19,4

Lisa 5 – Ebaõnnestunud testide arv veebilehe kohta

Ülikool	Ebaõnnestunud testide arv							Testitud lehtede arv
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
Massachusettsi Tehnoloogiainstituut		1						3
Stanfordi Ülikool								3
Harvardi Ülikool								3
California Tehnoloogiainstituut								3
Cambridge'i Ülikool								3
Oxfordi Ülikool								3
Londoni Ülikooli Kolledž (UCL)	1			1		1		3
Londoni Imperial Kolledž (Imperial)		1						3
Chicago Ülikool								3
Šveitsi Riiklik Tehnoloogiainstituut			1					3
Lausanne'i Tehnikaülikool		2	1		1			3
Edinburghi Ülikool								3
Londoni Ülikooli King's Kolledž (King's)								3
Londoni Majandusülikool (LSE)								3
Pariisi Ülikool (ENS)								3
Tallinna Tehnikaülikool								3
Tallinna Ülikool								3
Eesti Kunstiakadeemia								3
Eesti Maaülikool				2				3
Tartu Ülikool				3		2		3
Eesti Muusika- ja Teatriakadeemia								3
Ebaõnnestunud testide arv	1	4	2	6	1	3	0	