

Tallinna Ülikool
Informaatika Instituut

Triin Mölder

Matemaatika-alaste veebipõhiste õppematerjalide
koostamise võimalused LeMill abil

Magistritöö

Juhendaja: M.Sc. Mart Laanpere

Autor: “...” 2009

Juhendaja: “...” 2009

Instituudi direktor: “...” 2009

Tallinn 2009

Autorideklaratsioon

Olen koostanud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud. Käesolevat tööd ei ole varem esitatud kaitsmisele kusagil mujal.

Kuupäev:

Autor: **Triin Mölder**

Allkiri:

Sisukord

SISSEJUHATUS	5
1 MATEMAATILISED SÜMBOLID JA VALEMID ARVUTIS	8
1.1 Ajalugu.....	8
1.1.1 Matemaatika arengu etapid	8
1.1.2 Arvutite areng.....	9
1.2 LaTeX	10
1.2.1 LaTeX3 Projekt.....	11
1.3 MathML	12
1.4 Tulevikutrendid.....	14
2 TARKVARA ANALÜÜS.....	16
2.1 Tüpoloogia ja võrdluskriteeriumid	16
2.2 Tüüp 1: desktop-spetsiaaltarkvara	19
2.2.1 MathCast	19
2.2.2 Mathematica	23
2.3 Tüüp 2: online-spetsiaaltarkvara.....	27
2.3.1 Wiris.....	27
2.3.2 Connexions.....	31
2.3.3 Le Active Math	35
2.4 Tüüp 3: lisandmoodulid tekstitöötlustarkvaras.....	39
2.4.1 Microsoft Office 2007 lisandmoodul Equation.....	39
2.4.2 OpenOffice lisandmoodul Formula.....	43
2.5 Tüüp 4: õpiobjekti-editorid.....	47
2.5.1 Respondus	47
2.5.2 eXeLearning	51
2.6 Kokkuvõte tarkvara analüüsist.....	55
3 KASUTAJATE OOTUSED.....	57
3.1 LeMill – kirjeldus ja võimalik valemi editori asukoht	57
3.2 Küsitlus LeMill keskkonna kasutajate ootuste ja vajaduste välja selgitamiseks .	60
3.3 Küsitluse tulemused – kasutajate ootused ja vajadused.....	61
3.4 Matemaatikamooduli realiseerimise võimalused.....	62
3.4.1 Javascripti põhine MathML redaktor MathEdit.....	63

3.4.2	Flashi põhine MathML editor	65
4	UURIMISMETOODIKA	67
4.1	Tegevusuuring	67
4.1.1	Tegevusuuringu tunnused	68
4.2	Arendusuuring	70
4.3	Uuringu kava, etapid.....	71
5	LEMATH PROTOTÜÜBI DISAIN.....	74
5.1	Nõuded.....	74
5.2	LeMath prototüübi kontseptuaalne disain.....	75
	KOKKUVÕTTEKS.....	78
	SUMMARY.....	80
	KASUTATUD KIRJANDUS.....	81
	LISA 1: KÜSIMUSTIK.....	84

Sissejuhatus

Käesolev uurimistöö „Matemaatika-alaste veebipõhiste õppematerjalide koostamise võimalused LeMill abil“ uurib ja esitab, milline on parim ja lihtsaim lahendus matemaatiliste sümbolite ning valemite sisestamiseks, salvestamiseks, eksportimiseks ja muutmiseks keskkonnas LeMill.

Uurimisobjektideks on valitud erinevat tüüpi tarkvarad: desktop-spetsiaaltarkvara (näiteks MathCad ja MathCast), online-spetsiaaltarkvara (näiteks Wiris ja Le Active Math), lisandmoodulid tekstitöötlustarkvaras (näiteks MS Office ja OpenOffice), õpiobjekti-editorid (Respondus ja eXeLearning), kus on võimalik sooritada vähemalt ühte ülalmainitud tegevust matemaatiliste sümbolite ja valemitega.

Töö eesmärk on erinevate vahendite/meetodite võrdluse ja kasutajate ootuste analüüsi põhjal töötada välja ettepanekud LeMilli matemaatikamooduli loomiseks nii disaini kui ka nõuete kohapealt. Antud teemat on väga oluline käsitleda, sest veebipõhiste õppematerjalide loomine kogub populaarsust iga päevaga avades õpetajatele uusi võimalusi vahetada enda koostatud materjale teistega ning täiendada ja parandada teiste õpetajate poolt koostatud materjale. Olles ise olnud matemaatika üliõpilane puutusin pidevalt kokku probleemiga, et veebipõhiselt on matemaatika ülesandeid keeruline koostada ning teiste koostatud ülesandeid täiendada ja parandada.

„Töömaht e-kursuse ettevalmistamisel ja läbiviimisel on väga palju suurem kui auditoorse õppe korral. Palju aega võtab e-õppe keskkonna reeglite tundmaõppimine, e-kursuste disainimine ja e-õppe keskkonda sobivate õppematerjalide koostamine. Kuna Maaülikoolis veel ei arvestata veebipõhise õppe kasutamist õppejõu töökoormuses, siis on e-õpe paljude õppejõudude hulgas ebapopulaarne. Olen ka ise sunnitud õppekoormuse vähendamise eesmärgil kaaluma e-õppest loobumist ja naasmist auditoorse õppe juurde, paigutades seejuures õppematerjalid instituudi serverisse nagu see oli mul aastatel 1996 - 2003.“[2]

Selleks, et õpetajad ja õppejõud ei loobuks matemaatiliste õppematerjalide koostamisest, tulebki leida LeMill keskkonnale parem, lihtsam ja kasutajasõbralikum viis matemaatiliste sümbolite ja valemite sisestamiseks.

Töös otsitakse vastuseid järgmistele uurimisküsimustele:

- Millised alternatiivsed vahendid ja meetodid eksisteerivad matemaatilisi sümboleid ja valemeid sisaldavate dokumentide loomiseks, levitamiseks ja säilitamiseks?
- Millised tarkvarad võimaldavad sisestada, salvestada, muuta või eksportida matemaatilisi sümboleid? Kuidas toimub antud keskkondade tööprotsess ja milline on nende kasutatavuse hinnang?
- Millised on kasutajate ootused LeMill keskkonna matemaatikamoodulile?
- Milline on reaalselt parim, mugavaim ja lihtsaim lahendus matemaatikamooduli osas keskkonnale LeMill?

Püstitatud uurimisküsimustele vastuste leidmiseks võrdlen esmalt olemasolevaid tarkvarasid ja analüüsin erialakirjandust. Uurin LeMill keskkonna kasutajate ootusi matemaatikamooduli osas, selgitan välja matemaatikamooduli realiseerimisvõimalused, sõnastan prototüübi nõuded ja disaini. Töö tegemisel on omavahel väga tihedalt põimunud kaks uuringut: tegevusuuring ja arendusuuring.

Töö esimeses peatükis annan ülevaate matemaatiliste sümbolite ja valemite sisestamise ajaloost. Peatun põhjalikumalt kahel matemaatiliste sümbolite sisestamise keelel, milleks on MathML ja LaTeX. Antud peatükis esitan ka oma oletused ja ootused, millised võiksid olla tulevikutrendid matemaatiliste sümbolitega toimetamisel.

Magistritöö teine peatükk on praktilise suunitlusega, kus analüüsin nelja erinevat tüüpi tarkvara, kus on võimalik luua matemaatilisi sümboleid ning neid muuta, salvestada, importida ja eksportida. Iga tarkvara juures teen läbi kolm praktilist näidet, mille põhjal valmib tarkvara analüüs. Antud peatükis saadud tulemused on ühe arvestatava osana aluseks LeMill keskkonnas loodava matemaatikamooduli välja töötamiseks.

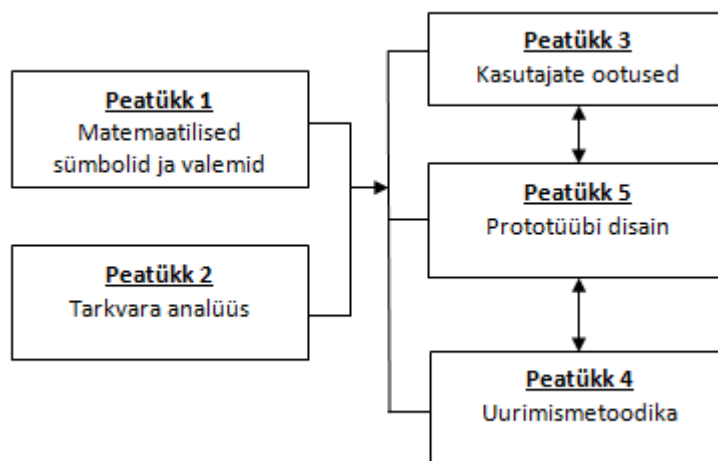
Kolmandas peatükis annan ülevaate LeMill keskkonna hetkeseisust. Sellest, kuidas on keskkonnas praegu lahendatud matemaatiliste sümbolite sisestamine ja õppematerjalide koostamine. Viin läbi küsitluse, et selgitada välja kasutajate ootused ja vajadused. Läbiviimiseks kasutan veebipõhist küsitlust LimeSurvey keskkonnas, mille saadan e-postiga keskkonna LeMill kasutajatele ja veel mõnele omaala spetsialistile.

Magistritöö neljandas peatükis kirjeldan valitud uuringumetoodikat, milleks on tegevusuuring (*Action research*) ning arendusuuring (*Design research*). Lähtudes

tegevusuuringu ja arendusuuringu faasidest olen antud peatükis sõnastanud ka oma magistritöö uuringu etapid, mis annavad väga hea ülevaate minu töö ja uuringu käigust.

Eelviimases, viiendas peatükis esitan valmiva prototüübi nõuded ning kontseptuaalse disaini. Disaini juures olen kirjeldatud mooduli väljanägemise ning millistest seksioonides ja sümbolitest peaks moodul koosnema ning milliseid tegevusi võimaldama. Nõuete all olen kirjeldanud, millised on kasutajate, arendajate ja keskkonna poolset nõuded matemaatikamoodulile. Siinkohal oleks hea ära märkida, et töö käigus leidsin oma juhendaja Mart Laanperega ka LeMill keskkonna matemaatikamooduli jaoks sobiva nime, milleks sai LeMath. Nimi on tuletatud sõnadest Le nagu LeMill ja Math nagu Mathematica.

Uurimistöö lõpus on kokkuvõtte tehtust, tulemustest ja kasutatud kirjanduse loetelu ning lisas on ära toodud eestikeelne küsimustik.



Joonis 1: Magistritöö struktuur

1 Matemaatilised sümbolid ja valemid arvutis

Käesolevas peatükis annan lühikese ülevaate matemaatika ajaloost ning sellest, kuidas on aegade jooksul toimunud matemaatiliste sümbolite sisestamine, muutmine, salvestamine, importimine ja eksportimine. Tutvustan lähemalt LaTeX ja MathML keelt, nende positiivseid ja negatiivseid külgi. Samuti vaatan tulevikku, millised võiksid olla tulevikusuunad läbi minu silmade.

1.1 Ajalugu

Matemaatika (kreekakeelsest sõnast *mathēma* 'õpitu, teadus') on teadusharu, mis uurib mitmesuguseid hulki – arvuhulki, punktihulki ehk kujundeid, funktsioonihulki jms. Paljud matemaatika mõisteid, näiteks arv, geomeetiline kujund ja funktsioon, on tekkinud tegelike hulkade, esemete või seoste kõrvutamisel ja võrdlemisel, kusjuures on jäetud kõrvale kõik need omadused, mis matemaatika seisukohast pole olulised. Matemaatika on tekkinud eluliste vajaduste, näiteks aja- ja maamõõtmise, ehituse jms. nõudel. [1]

Tänapäeval rakendatakse matemaatikat päris paljudel elualadel alustades sildade projekteerimisest ja kosmosetehnikast kuni supermarketi vorstiletini välja.

1.1.1 Matemaatika arengu etapid

- Esimene järk - kestis 4. aastatuhandest 5. sajandini eKr. Sel perioodil tekkisid paljud praktilised, kuid veel süstematiseerimata eeskirjad mitmesuguste arvutuste sooritamise kohta (näiteks pindala ja ruumala arvutamiseks).
- Teine järk - elementaararvemaatika periood, mis kestis 17. sajandini. Sellel perioodil kujunesid suured matemaatika harud, näiteks algebra, aritmeetika ja geomeetria.
- Kolmas järk - kõrgema matemaatika periood, mis kestis 19. sajandini. Selle perioodi märksõnadeks on muutuja ja funktsiooni mõiste. Samuti loodi kõverate ruumide geomeetriad (Lobatševski geomeetria ja Riemanni geomeetria).
- Neljas järk - hõlmab nüüdisaegset matemaatikat, millele on eriti iseloomulik laialdane arvutite kasutamine (arvutusmatemaatika). Selles järgus on tekkinud

mitu uut matemaatikaharu, näiteks matemaatiline loogika, nüüdisaegne algebra ja funktsionaalanalüüs.[1]

1.1.2 Arvutite areng

Esimene teadaolev vahend arvutuste tegemiseks oli abakus. See leiutati 2400 aastat eKr. See oli tolle aja kõige arenenum vahend arvutuste tegemiseks. Tänapäevane versioon abakusest on siiani kasutusel. Natuke aega hiljem, aastal 1115 eKr, loodi Hiinas esimene hammasratastega arvuti, mida kutsuti analoogarvutiks. Analoogarvutid ja lihtsamad mehaanilised arvutid olid kasutusel kuni 17. sajandi keskpaigani, mil ka üks Prantsuse juhtivaid matemaatikuid Blaise Pascal koostas esimese mehaanilise liitmise arvuti. Tänapäevaste arvutitega võrreldes ei olnud need arvutid siiski õiged arvutid ja läks veel tükk aega matemaatika ja teooriate arendamisele, enne kui oli võimalik disainida tänapäeva arvuteid. [12]

Umbes 3. sajandil pKr avastas india matemaatik Pingala binaarnumbrite süsteemi, milles nullide ja ühtede jadana on võimalik esitada kõiki numbreid. See süsteem on aluseks kõigil tänapäeval kasutusel olevates arvutites. [12]

Esimesed personaalarvuti taolised arvutid hakkasid tekkima umbes 1975. aasta paiku, kui tulid välja mikroprotsessoritega arvutid ja arvuti ei hõlmanud enda alla enam tervet tuba või kabinetti. Apple Macintosh aastal 1984 oli esimene tõeline personaalarvuti, mis täitis kõiki personaalarvuti kriteeriume. Tal oli graafiline kasutajaliides, hiir, klaviatuur, korpus sellises suuruses, et seda oleks võimalik laua peale panna ja hind, mis oli võrreldav keskmise kuu sissetulekuga. [13]

2008. aasta juuniks oli maailmas kasutusel 1 miljard arvutit ja teine miljard arvuteid oletatakse kasutusele võtta aastaks 2014. [13]

Koos personaalarvutite arengu ja levimisega on arenenud välja ka arvutite vahelise informatsiooni vahetamise süsteem, ehk Internet. Suurem osa infost, mis seni oli esitatud raamatutes, ajalehtedes, ja muudel paberkandjatel liigub järjest rohkem interneti suunas.

Kuna ka õppematerjalide koostamine arvutis muutub üha rohkem veebipõhiseks, siis tuleb mõelda ka sellele, kuidas sisestada, salvestada, importida ja eksportida matemaatilisi sümboleid ning valemiteid. Matemaatiliste sümboleid ja valemiteid

sisestamise keelteks on seni kasutatud LaTeX ja MathML keeli. Järgnevas kahes peatükis tutvumegi mõlema keele võimaluste ja puudustega.

1.2 LaTeX

LaTeX on dokumentide ettevalmistamise kõrgtasemeline keel. LaTeXit hääldatakse inglise keeles „Lah-tech“ või „Lay-tech. LaTeXit kasutatakse tihti keskmise- ja suuremahuliste tehnilistes või teaduslikes dokumentides, aga seda võib kasutada peaaegu kõikide dokumentide avaldamise vormis. [3] Näiteks Eestis kasutavad paljud trükikojad tänapäevalgi LaTeXit oma dokumentide ettevalmistamiseks. LaTeX on laialt kasutatav matemaatikute, teadlaste, inseneride, filosoofide, kooliõpilaste, akadeemikute ja kommertsmaailma ja teiste professionaalide poolt.

Tihtilugu mõeldakse, et LaTeX on tekstitöötlus, kuid seda ta ei ole. LaTeX aitab autoril keskenduda dokumendi sisule, et ta ei peaks muretsema eriti dokumendi väljanägemise üle. LaTeX põhineb ideel, et parem on lasta dokument disainida disaineril ja lasta autoril kirjutada dokumendi sisu.[3]

LaTeX võimaldab:

- ajakirja artiklite, tehniliste raportite, raamatute, tabelite, jooniste ja esitluste paigutuse disainimist;
- disainida suuri dokumente, mis on jagatud osadeks;
- keeruliste matemaatiliste valemite paigutust disainida;
- laiendatud AMS-LaTeX matemaatika paigutust disainida;
- automaatselt kasutatud kirjanduse ja sisukorra genereerimist;
- mitmekeelset disainimist;
- erinevate graafiliste asjade lisamist;
- PostScripti ja Metafonti fontide kasutamist. [3]

LaTeX põhineb Donald E. Knuth's TEX keelel. LaTeX arendati esmakordselt 1985. aastal Leslie Lamport'i poolt ja on nüüd hallatav ja arendatav LaTeX3 Projekti poolt.[3]

1.2.1 LaTeX3 Projekt

LaTeX3 projekt on pikaajaline uurimisprojekt, et arendada järgmist versiooni LaTeXi süsteemist. Nii kaua kuni LaTeX3 ei ole avaldatud on projekti meeskond pühendunud uue LaTeX standardi (LaTeX2e) aktiivsele hooldamisele. Kogemused, mis on saadud selle uue standardi loomisest ja hooldamisest avaldavad suurt mõju LaTeX3 disainile. LaTeX3 projekt on vabatahtlike projekt, mille rahastajateks on annetajad. Praeguses LaTeX3 meeskonnas on: Johannes Braams, David Carlisle, Robin Fairbairns, Frank Mittelbach, Chris Rowley, Rainer Schöpf, Thomas Lotze, Morten Høgholm, and Javier Bezos. Eelmised liikmed projektis olid: Denys Duchier, Alan Jeffrey, Michael Downes, Martin Schröder.[3]

Termin LaTeX viitab ainult keelele, milles dokumendid on kirjutatud, mitte teksti editorile. Et luua dokumenti LaTeXis, siis tuleb luua .tex formaadis fail, kasutades mõnda tekstiredaktorit. Kuigi paljud tekstiredaktorid on sobivad, siis enamus inimesi eelistab kasutada LaTeXi kirjutamiseks neid tekstiredaktoreid, mis on mõeldud spetsiaalselt LaTeXi kasutamiseks. Avaldatud [LaTeX Project Public License](#) alusel on LaTeX vaba tarkvara. [4]

Valmistades ette LaTeX dokumenti määrab autor loogilise struktuuri kasutades tuttavat põhimõtet nagu näiteks peatükk, osa, joonis ja tabel ning laseb LaTeX süsteemil muretseda struktuuri välimuse eest. Seega see julgustab paigutuse eraldamist sisust, lubades samal ajal käsitsi muuta paigutust kui selleks tekib vajadus. See on sarnane mehhanismile, kus paljud tekstiredaktorid lubavad stiile defineerida terve dokumendi jaoks või nagu CSS mehhanism, mida kasutatakse HML's. LaTeXist saab ka laiendada kasutades makrosid, et arendada täiesti oma formaate.[4]

LaTeXi plussid:

- + Laseb autoril keskenduda sisule, nii et autor ei pea muretsema dokumenti välimuse pärast.
- + Sisaldab palju eeldefineeritud matemaatilisi funktsioone (näiteks sqrt, mis sisestab valemisse ruutjuure).
- + Lubab sisestada keerulist graafikat.

LaTeXi miinused:

- Valemeid on algajal kasutajal keeruline ja tülikas sisestada.
- Juba sisestatud ja salvestatud valemeid ning sümboleid ei ole hiljem võimalik muuta, kuna salvestatakse pildi kujul.
- Valemite eksportimiseks peab valemi salvestama ja siis teises keskkonnas pildina sisse importima.
- On vananenud ja paljud keskkonnad ei toeta LaTeX keelt.

1.3 MathML

MathML (*Mathematical Markup Language*) on matemaatika kirjelduskeel. MathML on XML'i rakendus, et kirjeldada matemaatilisi valemeid haarates nii nende sisu kui struktuuri. MathMLi eesmärk on võimaldada matemaatika esitamist, vastu võtmist ja töötlemist veebis just nagu HTML võimaldab seda funktsionaalsust tekstile. [10]

W3C konsortsium tundis muret selle üle, et teadlaste kommunikatsioon üle veebi oli tõsine probleem. Dave Raggett lisas ettepaneku HTML matemaatika jaoks HTML 3.0 visandis 1994. aastal. MathML spetsifikatsiooni versioon 1.01 avaldati juulis 1999 ja versioon 2.0 ilmus veebruaris 2001. Oktoobris 2003 avalikustati teine versioon MathML 2.0-st, kui viimane W3C versioon sellest. Juunis 2006 W3C taasalusas MathMLi töögrupina, et luua MathML 3 soovitusel kuni 2008. aasta veebruarini. [11]

MathMLi esitus keskendub valemi näitamisele ja selleks on umbes 30 elementi ja 50 atribuuti. Kõik elemendid algavad m-tähega ja sisaldavad märkelemente: $\langle mi \rangle x \langle /mi \rangle$ - identifikaatorid, $\langle mo \rangle + \langle /mo \rangle$ - operaatorid, $\langle mn \rangle 2 \langle /mn \rangle$ - numbrid. Märgid on kombineeritud paigutuselementidega, mis sisaldavad $\langle mrow \rangle$ - rida, $\langle msup \rangle$ - ülaindekseid, $\langle mfrac \rangle$ - murde. Atribuudid on põhiliselt väikeste detailide esitamise kontrollimiseks. [11]

MathML ei ole sobiv otse kirjutamiseks tänu oma sõnarohkusele välja arvatud lihtsatel juhtudel. Selletõttu MathMLi dokumentide muutmine vajab abistavaid tööriistu.

Sellised tööriistad võib jagada kahte kategooriasse:

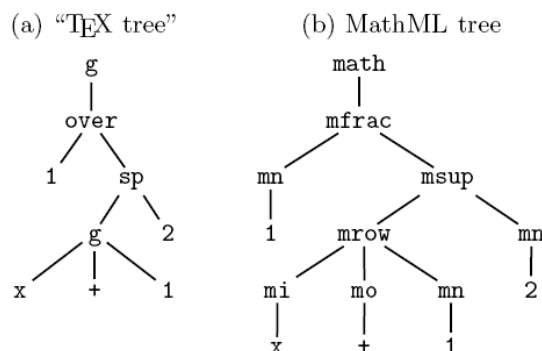
1. WYSIWYG (*What You See Is What You Get*) editorid lubavad autoril näha kujundatud dokumenti ekraanil samal ajal kui seda koostatakse. Need programmid tavaliselt sisaldavad mõnda ekspordi mehhanismi, mis loob XMLi, mille sees on MathML.
2. Konverteerimistööriistad, mis genereerivad MathML keelt erinevatest sisendallikatest, tavaliselt teistest keeltest, mida kasutatakse teaduslikes dokumentides nagu näiteks TEX. [27, lk 125-126]

Esimese kategooria tööriistad on ahvatlevad, aga kannatavad vähemalt kahe piirangu all:

- a) Muutmine on tavaliselt esitatud orienteeritult – autor muretseb põhiliselt dokumendi välimuse pärast ja kipub unustama selle sisu.
- b) Nad võivad aeglustada dokumendi muutmisprotsessi kuna nad sisaldavad tihti menüüsid, sümbolite palette ja üldjuhul näitamisseadeldist ehk hiirt, et lõpetada enamus operatsioone. [27, lk 125-126]

Mõned tekstiredaktorid, mis toetavad MathMLi on Publicon ja SciWriter. MathML on samuti toetatud suurematel Office'i toodetel nagu näiteks OpenOffice ja Microsoft Office. Samuti on saadaval palju erinevaid konverteereid, mis suudavad valemeid teisendada ühest formaadist teise (näiteks TEX formaadist MathML formaati). Tuntumateks nendest on MathType ja TeXmacs. [11]

TEX keeles valemi ja sellele vastava MathML keele puu esitus on toodud järgneval joonisel.



Joonis 2: TEX keeles valemi $\frac{1}{x+1^2}$ puu esitus ja sellele vastav MathML puu

MathML plussid

- + Lihtsasti õpitav ja internetis leidub palju juhendeid.
- + Sarnaneb HTML keelele, ning on seega lihtsasti integreeritav HTML keele oskajal.
- + Võimaldab valemeid peale sisestamist muuta.
- + On kasutusel paljudes tuntud ja laialtkasutatavates tarkvarades matemaatika sümbolite sisestamiseks.
- + Välja töötatud standard.

MathML miinused

- MathML koodi mittetundev inimene ei ole võimeline ilma abimaterjalideta koodi kirjutada.
- Mõned veebilehitsejad ei suuda veel MathMLi kuvada ilma lisamooduleid installeerimata.

1.4 Tulevikutrendid

E-õppe ühe suurema leviku ja täiustamisega seoses on pidevas muutuses ja arengu järgus ka veebipõhiste õppematerjalide, harjutusülesannete ja testide koostamiseks ning lahendamiseks mõeldud tarkvarad.

Veebipõhiste õppematerjalide juures mängib olulist rolli just materjalide koostamiseks hetkel saadaolevad tarkvarad ja nende kasutajamugavus. Võimaluste poolest võib veebipõhiste materjalide koostamise tarkvara jagada kolmeks: salvestamis-, impordi- ja ekspordivõimalustega tarkvarad. Paljude täna saadaolevate tarkvarade üheks oluliseks puuduseks on võimatus sisestada matemaatilisi sümboleid ja valemeid. Ei saa muidugi väita, et tarkvaraarendajad pole selle peale mõelnud ja lahendusigi välja pakkunud, kuid paljud väljapakutud lahendused on kohmakad ja nõuavad palju aega õppematerjalide koostamisel. Üheks pakutavaks lahenduseks on hetkel võimalus LaTeX keeles valemeid sisestada ning seejärel salvestada nad pildina. Sellisel juhul aga puudub hiljem võimalus

juba sisestatud valemit muuta või parandada. Teiseks väljapakutud võimaluseks on valemite koostamine MathMLina, mis võimaldab valemite hiljem ka muuta.

Kuid milline võiks olla tulevikus matemaatiliste sümbolite ja valemite sisestamine?

Juba täna oleme näinud, puuetundlike ekraanidega arvuteid ning tahvleid, millele kirjutades jõuab info arvutisse. Miks mitte neid võimalusi ära kasutada tulevikus matemaatika valemite sisestamiseks. Usun, et sinna poole see kõik liigubki. Hetkel saadaolevad lahendused võimaldavad tahvlile kirjutatud infot salvestada pildi formaadis. Pildi formaat on aga selline, et seda on raske hiljem muuta, kui sisestatud infot on vaja kuidagi muuta või parandada. Siit edasi mõeldes võiks aga nendele piltidele rakendada pilditöötamise algoritme, kus pildi pealt on võimalik juba täna tuvastada sarnaseid sümboliteid. Peale sümbolite tuvastamist on vajalik nende teisendamine näiteks MahtML keelde. Mõningase tarkvara arenduse tulemusena usun, et seda oleks võimalik teha isegi reaalajas ja kasutaja ei peaks teadma midagi MathML keelest. MathML keeles olevat valemit on hiljem väga kerge muuta arvutis (kas või javascripti või flashi abil loodud matemaatikapaleti abil) ning vajadusel seda kasutada muudel veebilehtedel. Samuti võib õpetaja, kes tunnis ülesanded sisestab, sellisel kujul saata need õpilastele koduseks tööks lahendamiseks. Analoogselt valemite sisestamisele võiks toimuda ka geomeetrisel ülesanded ja graafikute koostamine.

2 Tarkvara analüüs

Tarkvarade analüüsimisel on vaatluse alla võetud neli erinevat tüüpi tarkvara: desktop-spetsiaaltarkvara, online-spetsiaaltarkvara, lisandmoodulid tekstitöötlustarkvaras ja õpiobjekti-editorid. Erinevad tüübid on valitud selleks, et tutvuda erinevate matemaatiliste sümbolite sisestamise, muutmise, salvestamise, eksportimise ja importimise võimalustega ja läbi selle leida parim lahendus keskkonnale LeMill.

Tarkvara analüüs koosneb kolmest osast: esimeses osas tutvustan lühidalt iga tarkvara, teises osas leian vastused võrdluskriteeriumi küsimustele ja kolmandas osas teen läbi kolm praktilist matemaatilist ülesannet. Iga tarkvara analüüs põhineb praktilisel katsetamisel, mille jooksul leian vastuse mitmetele küsimustele, näiteks kas enne tarkvara kasutamist tuleb see endale installeerida või mitte, mis formaadis toimub salvestamine ja import, kui palju ja milliseid matemaatilisi sümboleid tarkvara sisaldab. Praktiliste ülesannete tegemisega plaanin leida tarkvarade kitsaskohad, et vältida analoogseid vigu LeMill keskkonda loodava tarkvara mooduli juures. Ülesannete tegemise eesmärk on mõõta tarkvarade efektiivsust, saavutatud ülesannete lahendamise hulka, keskmist vigade arvu jne [28, lk 312]. Igast tarkvarast on analüüsi juurde lisatud ekraanitõmmis. Kõikides keskkondades on läbi katsetatud kolme erineva matemaatika ülesande sisestamine, eksport, salvestamine ja muutmine nelja enam levinud veebilehitsejaga.

2.1 Tüpoloogia ja võrdluskriteeriumid

Nii nagu ka loomariigis jagunevad isendid erinevatesse klassidesse (näiteks kaslased ja koerlased) saab jaotada ka tarkvara klassidesse võtteks aluseks erinevad kriteeriumid.

Veebisüsteemide levikuga seoses, vähestruktureeritud info laialdase kaasamisega infosüsteemidesse, on tekkinud vajadus süsteemides hoitava info süsteemseks liigitamiseks. Siin on kandvateks märksõnadeks kujunenud "taksonoomia", "tesaurus", "ontoloogia". Tüpoloogilist meetodit võib kasutada ka infosüsteemide endi liigitamiseks. (Mõisted "tüpoloogia", "liigitus", "klassifikatsiooni" ja "taksonoomia" on ligilähedasel sama tähendusega.) Liigitamine on põhimõtteliselt lihtne, kuid praktilises kasutuses siiski mitmete probleemidega meetod. Kuidas ja mille alusel liigitada? Kas lubada ühel objektil kuuluda enamasse kui ühte klassi? [5]

Kuna erinevaid kriteeriumeid on väga palju, siis ka liigitus võib olla vastavalt vajadusele erinev. Näiteks enam levinud viis tarkvara liigitada on litsentsi järgi: vabatarkvara, jaosvara, äritarkvara.

Oma töös olen liigitamisel lähtunud järgmistest kriteeriumitest: kas tarkvara tuleb enne kasutamist arvutisse installeerida ja seadistada või saab seda kasutada veebipõhiselt ning kas tarkvara on lisamoodul mingile suuremale programmile või on eraldiseisev tarkvara.

Sellest tulenevalt sai tarkvarad jaotatud nelja erinevasse klassi:

- Desktop-spetsiaaltarkvara – tarkvara, mis tuleb enne kasutamist installeerida ning seadistada. Üldiselt on tegemist konkreetseks tööks vajalike programmidega, mida igauks meist igapäevaselt ei kasuta. Näiteks Mathematica ja MathCast.
- Online-spetsiaaltarkvara – tarkvara, mille kasutamiseks ei tule programmi installeerida vaid saab läbi interneti kasutada. Tegemist on samuti konkreetseks tööks vajalike rakendustega. Näiteks Wiris ja Le Active Math.
- Lisandmoodulid tekstitöötlustarkvaras – tekstitöötlustarkvara on tarkvara, mis võimaldab arvutis teostada tekstitöötlust ning sellele tarkvarale on võimalik juurde lisada mooduleid (näiteks matemaatikamoodul, joonistamise moodul, piltide töötlemise moodul) muude objektide sisestamiseks. Selliseid võimalusi pakuvad näiteks Microsoft Office ja OpenOffice.
- Õpiobjekti-editorid – tarkvara, mis on mõeldud õppematerjalide ja harjutusülesannete koostamiseks. Osa neist tarkvaradest tuleb endale arvutisse installeerida, teine osa on aga jällegi selliseid tarkvarasid, mida saab kasutada veebipõhiselt. Näiteks Respondus ja eXeLearning.

Võrdluskriteeriumi küsimuste koostamisel lähtusin LeMill keskkonna matemaatika lisamooduli loomisel kõigist võimalikest ettetulevatest probleemidest, ning erinevatest olemasolevatest matemaatika valemite sisestamise võimalustest personaalarvutil. Praktilised ülesanded olen läbi teinud nelja enim kasutatava veebilehitsejaga: Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera ja Apple Safari.

- Kasutuselevõtu lävend:
 - kas programmi kasutamiseks tuleb tarkvara enne installeerida?
 - kas peale programmi installeerimist on vaja tarkvara täiendavalt seadistada?
 - kas enne kasutamist tuleb läbida ka koolitus?
- Milliste veebilehitsejate peal töötab? Katsetamiseks olen valinud neli veebilehitsejat: Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, Apple Safari.
- Mis kujul toimub sümbolite sisestamine (MathML, LaTeX)?
- Kuidas toimub salvestamine ja mis kujule?
- Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid importida ja mis kujule?
- Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid eksportida ja mis kujule?
- Kas saab sisestatud ning salvestatud valemeid muuta?
- Kui palju on olemasolevaid funktsioone?
- Kasutaja mugavus.
- Kuidas see tehtud on (veebipõhistel tarkvaradel - Javascript, HTML, MathML)?
- Ekraanitõmmis keskkonnast ja aadress, kust saab antud tarkvara alla laadida või kasutada.
- Kas on võimalik koostada 3 matemaatilist näidisülesannet, mis sisaldavad erinevaid matemaatilisi sümboleid ja tehteid, ning millised probleemid seoses sellega tekivad?

1. Leia avaldise väärtus:

$$3^3 + 0.75 - \frac{3}{4} + \sqrt[3]{27} + (100 - 50) \times 20 \times 5 =$$

2. Lahenda võrrandisüsteem: [6, lk 32]

$$\begin{cases} \frac{7 + (x - 3y)}{4} = 2x - \frac{(y + 5)}{3} \\ 10(x - y) - \frac{4(1 - x)}{3} = y \end{cases}$$

3. Leida määramata integraal [7, lk 149, ül 9, d]

$$\int \frac{3 \sin^2 x + \cos^2 x}{\sin^2 x \times \cos^2 x} dx$$

2.2 Tüüp 1: desktop-spetsiaaltarkvara

Desktop-spetsiaaltarkvara all on koondatud tarkvarad, mida tuleb enne kasutamist endale arvutisse kas allalaadida või osta ning seejärel installeerida. Üldiselt on sellised tarkvarad ka spetsiifilised ning mõeldud kindlate tööde tegemiseks. Spetsiaaltarkvarade puhul on reeglina vajalik läbida ka koolitus või tutvuda enne kasutamist kasutusjuhenditega. Käesolevas peatükis tutvume lähemalt desktop-spetsiaaltarkvaradega, milleks olen valinud Mathematica ja MathCast.

2.2.1 MathCast

Tarkvara saab alla laadida aadressilt:

http://sourceforge.net/project/downloading.php?groupname=mathcast&filename=MathCast089.zip&use_mirror=dfn

MathCast on lihtne programm matemaatiliste valemite koostamiseks. Tegemist on tasuta tarkvaraga, mis vajab tööks Windows 2000, Windows XP või Windows Vista operatsioonisüsteemi. Peale allalaadimist tuleb failid lahti pakkida ja seejärel installeerida arvutisse. Installeerimise toiming on väga lihtne ja peaks olema jõukohane enamusele kasutajatele, kellel ka vähene kogemus programmide allalaadimisel juba olemas on. Usun, et tarkvara kasutamiseks tuleb läbida eraldi koolitus või lugeda ingliskeelseid abimaterjale, et installeerida vajadusel mõni abifail.

Sümbolite sisestamiseks on kolm võimalust. Sümbolid, mis on arvuti klaviatuuril olemas, saab sisestada klaviatuurilt. Keskkonnas endas on olemas mõningate sümbolite sisestamiseks matemaatika palett ja lisaks saab valida ka harvem kasutatavaid sümboleid rippmenüü alamenüü Math alt. Matemaatika palett asub keskkonna allumises servas ja on peenikese ribana, mis ei ole aga eriti kasutajasõbralik ning samas puuduvad ka enam kasutatavad sümbolid ja operatsioonid.

Samas on jälle väga hea, et rippmenüüs on väga palju erinevaid sümboleid, mis võimaldab erinevatele kooliastemetele vajalike ülesandeid koostada. Rippmenüü koosneb 21 erinevast alammenüüst, kuhu on koondatud kokku umbes 330 erinevat sümbolit. Sümbolite paljusus on loomulikult väga hea, kuid nende hulgast on väga keeruline õiget leida, eriti kui inglise keelega ei ole kasutaja sinapeal.

Negatiivne külg keskkonna kasutamisel on see, et sümbolite peal olles hiirega ei tule selgitavat teksti märkusena hiire juurde, millega tegu on. Hiljem märkas, et otsitav informatsioon tuleb valemi sisestamise paneeli peale, kuid seda ei haara silm koheselt.

Probleemid näidisülesannete sisestamisel:

Natukene otsimist ja abimaterjalidest lugemist nõudsid järgmised tegevused: murrujoon (sobiva sümboli leidmine osutus küllalt keerukaks), kolmanda juure sisestamine (tuli installeerida veel lisaks fondi fail), loogelised sulud võrrandsüsteemi juures (sisestada tuli maatriks kujul).

Plussid

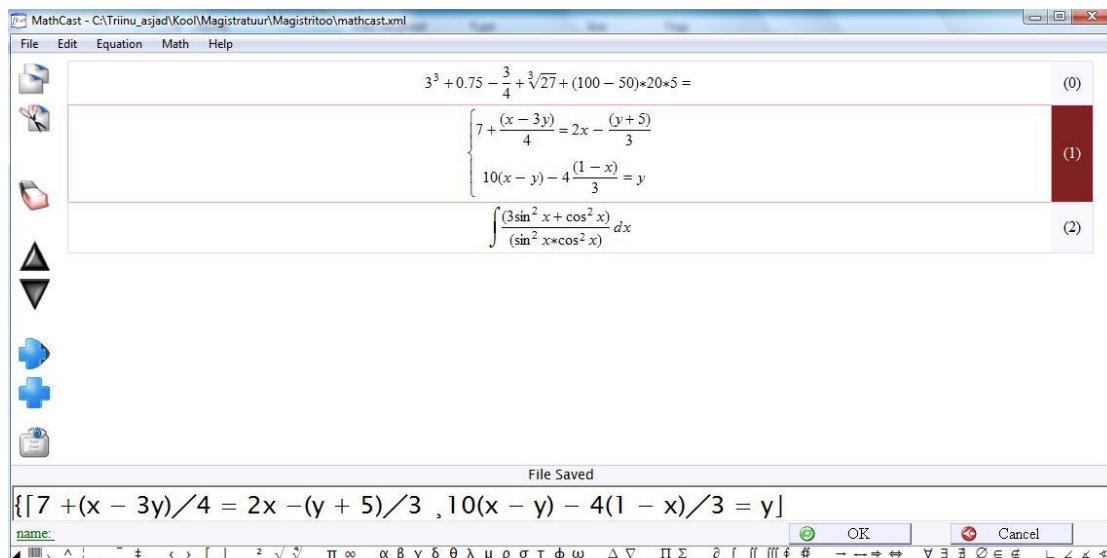
- + Sümbolite paljusus.
- + Sisestatud ja salvestatud valemeid saab muuta.
- + Võimalik importida ja eksportida erinevaid failitüüpe.
- + Tegemist on tasuta tarkvaraga.

Miinused

- Mõningate sümbolite sisestamine on keeruline, näiteks: juur, murrujoon.
- Sümbolite otsimine rippmenüüst ei ole väga mugav.
- Kiirpaneelil olevaid sümboleid on vähe ning võiksid olla suuremas formaadis.
- Enne kasutamist tuleb tarkvara allalaadida ja installeerida, vajadusel ka installeerida lisafaile.
- Algajale kasutajale keeruline.

Tabel 1: MathCast tarkvara vastused võrdluskriteeriumi küsimustele

MathCast	
Kas programmi kasutamiseks tuleb tarkvara enne installeerida?	Jah, tarkvara tuleb oma arvutisse installeerida. Tegemist on tasuta tarkvaraga.
Kas peale programmi installeerimist on vaja tarkvara täiendavalt seadistada?	Jah, lisada tuli fonte, et kõik sisestatavad sümbolid oleks õigesti kuvatud. Näiteks ruutjuurt ei kuvatud enne lisafontide installeerimist korralikult.
Kas enne kasutamist tuleb läbida ka koolitus?	Jah, kuna keskkond on suhteliselt spetsiifiline, siis enne kasutamist tuleks läbida väike koolitus.
Milliste veebilehitsejate peal töötab?	-
Mis kujul toimub sümbolite sisestamine (MathML, LaTeX)?	Sümbolite kujutamiseks kasutatav keel (MathML, LaTeX) ei ole teada. Sümbolite sisestamine toimub hiirega matemaatikapaneelilt ning numbrite ja tähtede sisestamine klaviatuurilt.
Kuidas toimub salvestamine ja mis kujule?	MathML XML failina.
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid importida ja mis kujule?	Jah, MathML XML faile (.xml, .xht, .xhtml, .html).
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid eksportida ja mis kujule?	Jah, MathML XML faile (.xml, .xht, .xhtml, .html).
Kas saab sisestatud ning salvestatud valemeid muuta?	Jah, muutmine on mugav ja lihtne.
Kui palju on olemasolevaid funktsioone?	Sümboleid on kokku umbes 330 ja juurde neid võimalik teha ei ole. Kuid võimalik on luua oma valem ja see salvestada ning hiljem oma töodes uuesti kasutada.
Kasutajamugavus	Kasutajamugavust oleks suurendanud suurem matemaatikapalett.
Kuidas see tehtud on (veebipõhistel tarkvaradel - Javascript, HTML, MathML)?	-
Kas on võimalik koostada 3 matemaatilist nädisülesannet, mis sisaldavad erinevaid matemaatilisi sümboleid ja tehteid, ning millised probleemid seoses sellega tekivad?	Kõik nädisülesanded oli võimalik sisestada korrektsete sümbolitega. Ruutjuure korrektseks kuvamiseks tuli aga juurde installeerida lisafondid. Esimese korraga ei töötanud matemaatikapaletilt valitavad murrujoone sümbolid.



Joonis 3: MathCast'i leht sümbole ja valemite sisestamiseks

Math	Help
arithmetics	0 ▶ + plus 0
equal signs	1 ▶ - minus 1
greater than - less than signs	2 ▶ + positive 2
powers and roots	3 ▶ - negative 3
algebra	4 ▶ · dot 4
geometry	5 ▶ × cross 5
trigonometry	6 ▶ · invisible times 6
linear algebra	7 ▶ * asterisk 7
complex	8 ▶ / solidus 8
calculus	9 ▶ / division slash 9
operators	A ▶ ÷ divided by A
basic symbols	B ▶ ± plus or minus B
overhead operators	C ▶ ∓ minus or plus C
arrows	D ▶ / over D
sets and logical operators	E ▶ ' slash over E
double-struck letters	F ▶
special letters	G ▶
small greek letters	H ▶
large greek letters	I ▶
markup	J ▶
parenthesis-block-matrix-vector	K ▶

Joonis 4: MathCast'i rippmenüü, mis koosneb 21 sektsioonist

2.2.2 Mathematica

Tarkvara saab alla laadida aadressilt: www.wolfram.com

Mathematica on arvutuskeskkond, mis on mõeldud eelkõige sümbolarvutuste tegemiseks, kuid samas võimaldab koostada ka ülesandeid harjutamiseks või kontrolltöödeks. Tarkvara kasutamiseks tuleb see endale osta, mis ei ole just väga odav. Omalt poolt julgen öelda, et suurele matemaatika huvilisele tasub see kindlasti ära. Sellepärast, et ta sisaldab lisaks sümbolarvutustele ka mugavat graafilist keskkonda. Sümbolarvutused nagu lihtsustamise, analüütilised arvutused (piirväärtused, tuletised, integraalid, võrrandisüsteemid) on Mathematica trumpalad. Mathematicat arendab ja müüb Ameerika kompanii Wolfram Research.

Mathematica kui programm koosneb kasutajaliidest (*Frontend*) ja tuumast (*Kernel*). Tuuma ülesandeks on matemaatiliste avaldiste teisendamine ning arvutused, kasutajaliides seevastu vastutab sisendi ja väljundi küljendamise eest. Mathematica tuum ei oska põhimõtteliselt midagi muud kui fikseeritud hulka teisendusi. Iga kord kui tuum saab avaldise rakendab ta sellel teisendusi kuni ükski teisendus pole enam võimalik. [25]

Kasutajaliideses saab valida endale sobiva matemaatika paleti: Basic Math Assistant, Classroom Assistant ja Writing Assistant. Sümbolite ja valemite sisestamine on kõigilt kolmelt paletilt väga lihtne ja mugav. Kasutaja valib soovitud sümboli ja seejärel lisab soovitud väärtused asemele. Graafiliste jooniste tegemine on natukene keerulisem ja nõuab kasutajalt algteadmisi kõrgemast matemaatikast.

Olemas on ka eestikeelne väga põhjalik süntaksi õpetus Tõnu Tõnsolt, mida saab vaadata aadressilt: www.mathema.ee/mathematica

Probleemid näidisülesannete sisestamisel:

Näidisülesannete sisestamisel mingeid probleeme ei esinenud, vajalikud sümbolid olid olemas ning midagi juurde ei tulnud installeerida.

Plussid

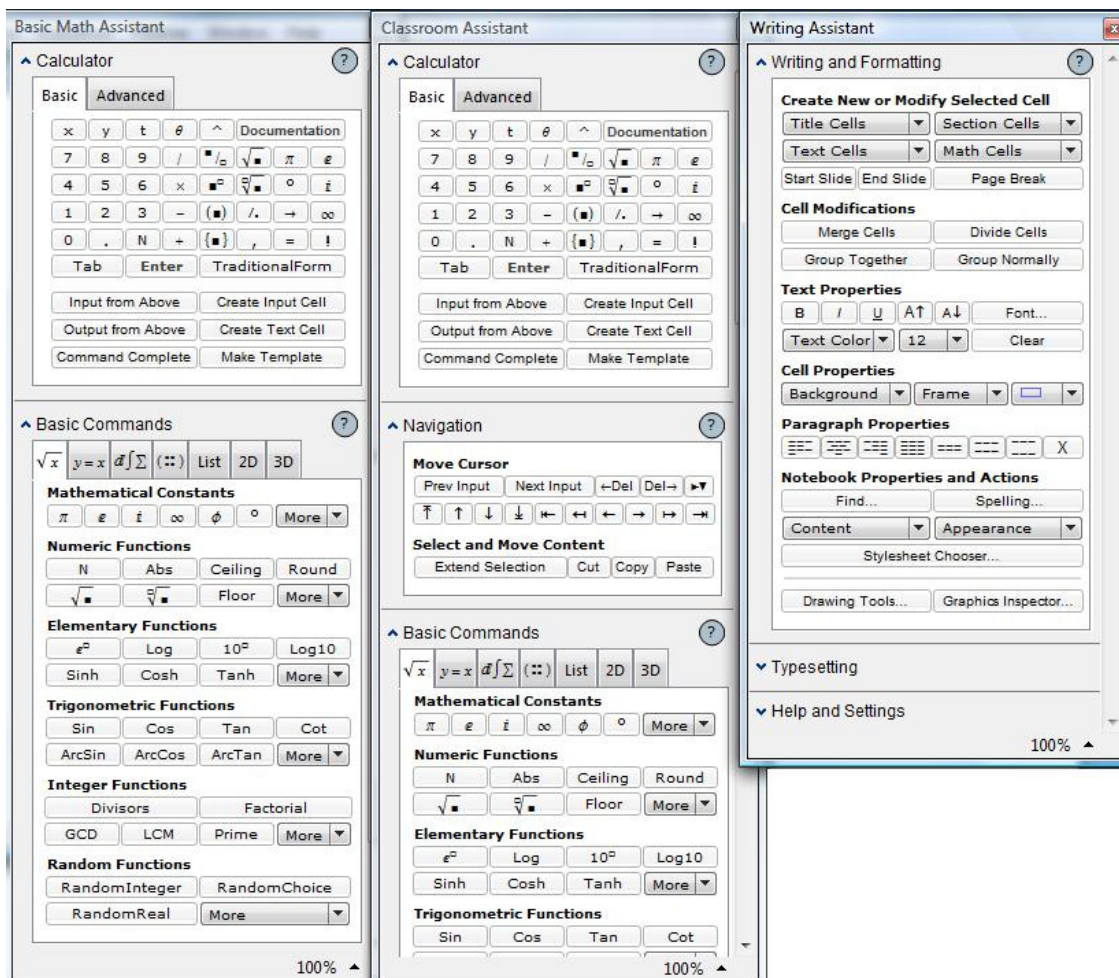
- + Sümbolite ja valemite sisestamine väga lihtne, mugav ja kiire.
- + Erinevate sümbolite hulk on väga suur ja leidub ka harvem kasutatavaid sümboleid, mida kasutatakse ülikooli kõrgemas matemaatikas.
- + Tarkvara kasutamiseks tuleb läbida koolitus, et kasutada tarkvara võimalusi maksimaalselt.
- + Keskkond on küll ingliskeelne, kuid olemas on ka eestikeelne süntaksi õpetus.
- + Võimalik eksportida erinevatesse failiformaatidesse.

Miinused

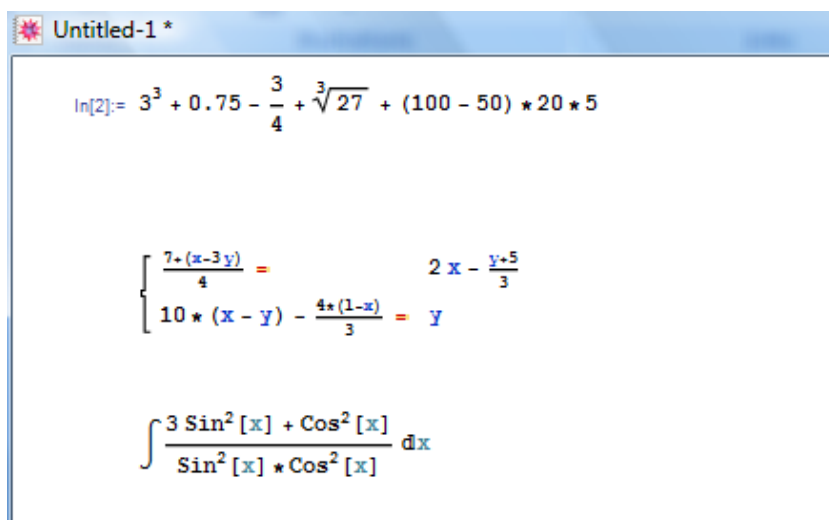
- Tegemist on tasulise tarkvaraga, mille kasutamiseks tuleb see endale osta ja seejärel alla laadida.
- Ei ole võimalik importida olemasolevaid faile.
- Keerulisemate ülesannete koostamiseks tuleb tunda kõrgemat matemaatikat ja ka Mathematica keskkonna süntaksit.

Tabel 2: Mathematica vastused võrdluskriteeriumi küsimustele

Mathematica	
Kas programmi kasutamiseks tuleb tarkvara enne installeerida?	Tegemist on tasulise tarkvaraga, mis tuleb endale osta ja seejärel installeerida.
Kas peale programmi installeerimist on vaja tarkvara täiendavalt seadistada?	Ei ole.
Kas enne kasutamist tuleb läbida ka koolitus?	Koolituse läbimine on vajalik, et kasutada tarkvara võimalusi maksimaalselt ja graafiliste ülesannete tegemiseks algteadmisi kõrgemast matemaatikast.
Milliste veebilehitsejate peal töötab?	-
Mis kujul toimub sümbolite sisestamine (MathML, LaTeX)?	Kuna tegemist on tasulise tarkvaraga, siis ei ole teada.
Kuidas toimub salvestamine ja mis kujule?	Mathematica Notebook (.nb).
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid importida ja mis kujule?	Ei ole.
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid eksportida ja mis kujule?	Jah on küll, Mathematica Notebook (.nb), XHTML+MathML (.xml), Mathematica Package (.m), Plain Text (.txt), LaTeX Document (.tex), Web Page (.html), Rich Text Format (.rtf), PDF Document (.pdf), PostScript Document (.ps).
Kas saab sisestatud ning salvestatud valemeid muuta?	Jah, muutmine on mugav ja lihtne.
Kui palju on olemas olevaid funktsioone?	3 erinevat matemaatika paletti igas ühes umbes 300 sümbolit (paljud kattuvad erinevates palettides).
Kasutajamugavus	Väga mugav, lihtne ja kiire.
Kuidas see tehtud on (veebipõhistel tarkvaradel - Javascript, HTML, MathML)?	-
Kas on võimalik koostada 3 matemaatilist näidisülesannet, mis sisaldavad erinevaid matemaatilisi sümboleid ja tehteid, ning millised probleemid seoses sellega tekivad?	Kõik kolm ülesannet oli võimalik kiirelt ja ilma tõrgeteta sisestada. Võimalus oli ka kohe vastused arvutustele saada.



Joonis 5: Mathematica tarkvara kolm erinevat matemaatikapaletti: Basic Math Assistant, Classroom Assistant ja Writing Assistant



Joonis 6: Sümbolite ja valemite sisestamine Mathematicas

2.3 Tüüp 2: online-spetsiaaltarkvara

Teatavasti eksisteerib palju erinevaid võimalusi matemaatika dokumentide avalikustamiseks ja muutmiseks veebis. Teise tüübina analüüsingi online-spetsiaaltarkvara, mis erineb esimesest tüübist (desktop-spetsiaaltarkvarast) selle poolest, et antud tarkvara pole vaja installerida, vaid seda saab kasutada veebipõhiselt. Online-spetsiaaltarkvara on samuti ettenähtud spetsiifiliste tööde tegemiseks ning vajab mõningast koolitust, et tarkvara kõige efektiivsemalt kasutada.

2.3.1 Wiris

Tarkvara saab kasutada aadressidel:

Eestikeelne versioon: <http://www.wiris.ee>

Ingliskeelne versioon: <http://www.wiris.com>

WIRIS on veebipõhine arvutialgebra keskkond, mille abil saab arvutada, lahendada võrrandeid ja võrrandisüsteeme, teisendada avaldise, opereerida funktsioonidega ning joonestada graafikuid. WIRIS on loodud Kataloonias asuva tarkvarafirma Maths for More poolt.[9]

Wirise üks parimaid omadusi on ka see, et lisaks ülesannete sisestamisele oskab ta ka lihtsalt võrdusmärgile vajutades avaldise (ka võrrandisüsteemi) väärduse(d) välja arvutada. See funktsioon meeldib kindlasti Wirise õpetajatest kasutajatele. See hõlbustab oluliselt õpetajate tööd, kus õpetajad saavad teha näiteks ühe faili vastustega ja teise ilma, mille saab anda õpilastele lahendamiseks.

Lisaks ingliskeelsele versioonile Wirisest on olemas ka eestikeelne versioon alates aastast 2007, mis võimaldab ka inglise keelt mittevaldaval kasutajal hõlpsasti keskkonda kasutada.

Praktilised näited tegin läbi eestikeelse versiooniga ning kõigi nelja veebilehitsejaga. Matemaatiliste sümbolite sisestuspaneel jaguneb 11 sektsiooniks: toimetamine, operatsioonid, sümbolid, analüüs, maatriksid, ühikud, kombinatoorika, geomeetria, kreeka, programmeerimine ja vorming. Sümbolite sisestamine on väga lihtne, mugav ning kiire. Praktiliste näidete tegemisel ei tekkinud probleeme sümbolite ülesse leidmise ja sisestamisega. Häta sattudes saab vaadata ka kasutusjuhendit, mis on koheselt kättesaadav sümbolite sisestamise juures. Samuti saab esitada oma küsimusi ja

ettepanekuid wirise foorumisse. Just foorumist leidsin ma abi, kui olin hädas salvestamisega Internet Exploreri, Mozilla Firefox'i ja Apple Safari puhul. Olles valinud toimingu menüüst salvesta ning seejärel valinud sobiva salvestusformaadi ei pakutud mulle esialgu valikut, et kuhu kataloogi soovin ma ülesanded salvestada. Kuid peale väikest külastust foorumisse leidsin ma vastuse oma küsimusele: peale salvestamist pidi avanema uus aken, kus saab file menüüst valida save ja seejärel õige kataloogi. Tegemist on suhteliselt „ümber nurga“ salvestamisega, mis on üheks Wirise negatiivseks küljeks minu jaoks.

Opera veebilehitsejaga sellist probleemi ei ilmnenud, sest olemas on kohe vajalik menüüriba File menüüga, kust saab teha salvestamistoimingud.

Probleemid näidisülesannete sisestamisel:

Näidisülesannete sisestamisel mingeid probleeme ei esinenud.

Plussid

- + Võimalus kasutada eestikeelset keskkonda.
- + Lihtne ja kiire matemaatikapalett.
- + Piisav sümbolite ja operatsioonide hulk.
- + Tasuta tarkvara, mida arendatakse pidevalt.
- + Võimaldab ka ülesannetele vastused kohe saada.
- + Võimalik koostada graafilisi ülesandeid.

Miinused

- Ebamugav ja keeruline salvestamine.
- Ei ole võimalik importida olemasolevaid faile.
- Selleks, et vaadata oma arvutis ilma wirist kasutamata MathML faili, tuleb see enne XML-ina salvestada.


Tabel 3: Wirise vastused võrdluskriteeriumi küsimustele

Wiris	
Kas programmi kasutamiseks tuleb tarkvara enne installeerida?	Ei, sest tegemist on veebipõhise tarkvaraga, mida saab kasutada läbi interneti.
Kas peale programmi installeerimist on vaja tarkvara täiendavalt seadistada?	-
Kas enne kasutamist tuleb läbida ka koolitus?	Koolituse läbimine ei ole vajalik, sest kui kasutaja jääb hätta, on olemas ka eestikeelsed abimaterjalid.
Milliste veebilehitsejate peal töötab?	Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, Apple Safari. Lisaks peab installeeritud olema Java.
Mis kujul toimub sümbolite sisestamine (MathML, LaTeX)?	Sümbolid sisestatakse HTML koodi sisse MathML koodi kujul.
Kuidas toimub salvestamine ja mis kujule?	Salvestamiseks tuleb valida toimingute menüüst salvestamine ja siis avanevas aknas tuleb valida sobiv salvestamisvõimalus ning seejärel avatakse uus aken, kust saab File menüüst valida save ning salvestada õigesse kataloogi HTML koodi (.htm, .html).
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid importida ja mis kujule?	Ei ole kahjuks.
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid eksportida ja mis kujule?	Otsest eksportimise võimalust Wirises ei ole. On võimalus salvestada tehtud töö html kujul, kust MathML koodi tundja suudab MatML koodi sealt välja võtta ja siis vajalikus kohas kasutada.
Kas saab sisestatud ning salvestatud valemeid muuta?	Jah, muutmine on mugav ja lihtne.
Kui palju on olemas olevaid funktsioone?	Matemaatika palett jaguneb 11 sektsiooniks, kus on umbes 200 erinevat funktsiooni ja sümbolit.
Kasutajamugavus	Väga mugav, lihtne ja kiire.
Kuidas see tehtud on (veebipõhistel tarkvaradel - Javascript, HTML, MathML)?	Keskfond on koostatud HTML ja Javat kasutades, kus sümbolite sisestamisel genereeritakse vajaliku kohta HTML koodis MathML kood.
Kas on võimalik koostada 3 matemaatilist näidisülesannet, mis sisaldavad erinevaid matemaatilisi sümboleid ja tehteid, ning millised probleemid seoses sellega tekivad?	Kõik kolm ülesannet oli võimalik kiirelt ja ilma tõrgeteta sisestada. Kuid probleemiks sai salvestamine, sest Mozilla Firefoxis, Internet Exploreris ja Apple Safaris oli salvestamine veidi ebamugav.

EENet

Toimeta Operatsioonid Sümbolid Analüüs Maatriksid Ühikud Kombinatorika Geomeetria Kreeka Programmeerimine Vorming

$3^3 + 0.75 - \frac{3}{4} + \sqrt[3]{27} + (100 - 50) \times 20 \times 5 =$
 lahenda $\left\{ \begin{array}{l} \frac{7 + (x - 3y)}{4} = 2x - \frac{(y + 5)}{3} \\ 10(x - y) - \frac{4(1 - x)}{3} = y \end{array} \right.$
 $\int \frac{3\sin^2 x + \cos^2 x}{\sin^2 x \times \cos^2 x} dx =$



EENet

juhend kitsas

Joonis 7: Wirise matemaatiliste sümbolite sisestamise näidis

2.3.2 Connexions

Tarkvara saab kasutada aadressil: www.cnx.org

Connexions on veebipõhine keskkond õppematerjalide loomiseks, vaatamiseks, hoidmiseks ja vahetamiseks. Enne oma dokumentide loomist tuleb ennast registreerida kasutajaks ja seejärel e-mailile saadetud lingi abil end sisse logida.

Keskkonnas on olemas erinevad elemendid: paragrahvid (*paragraph*), seksioonid (*section*), koodid (*code*), listid (*list*), valemid (*equation*), märkmed (*note*), harjutused (*exercise*), näited (*example*), tabelid (*table*) ja lisaks on veel teisi elemente.

Valemite all saab sisestada matemaatilisi sümboliteid ja valemiteid. Sümbolite sisestamine toimub CNXML keeles. CNXML on lihtsustatud XML märkimiskeel, mida kasutatakse hariduslike materjalide koostamiseks. CNXMLi eesmärk on edasi anda materjali sisu ja mitte selle erilist esitlust. Praegune CNXML versioon on 0.6.

Selle eelisteks on:

- Tark otsingu süsteem, mis võimaldab arvutile öelda missugust informatsiooni sa otsid. Nagu näiteks on kerge otsida mingit kindlat moodulit autori järgi, kuna see on selgelt sildistatud.
- Sisu eraldatavus ja esitletavus võimaldab ühest algdokumendist saada mitu väljundformaadis faili.[24]

Keskkonnas kasutatakse valemite sisestamiseks Content MathML keelt. Samuti on võimalik importida valemiteid LaTeX keeles. Kuigi keskkonnas olid toodud ka näidisülesanded valemite sisestamiseks ei suutnud ükski neljast katsetatud veebilehitsejast korralikult valemiteid kuvada. Tegu võib olla ka mingi lisaprogramm, aga sellele ei olnud kuskil viidatud. Enda poolt koostatud ülesandeid ei näidanud veebilehitsejad samuti korralikult.

Probleemid näidisülesannete sisestamisel:

Kuna sisestatud valemiteid ei kuvatud korralikult ja õigesti, siis ülesandeid ei olnud võimalik arusaadavalt sisestada.

Plussid

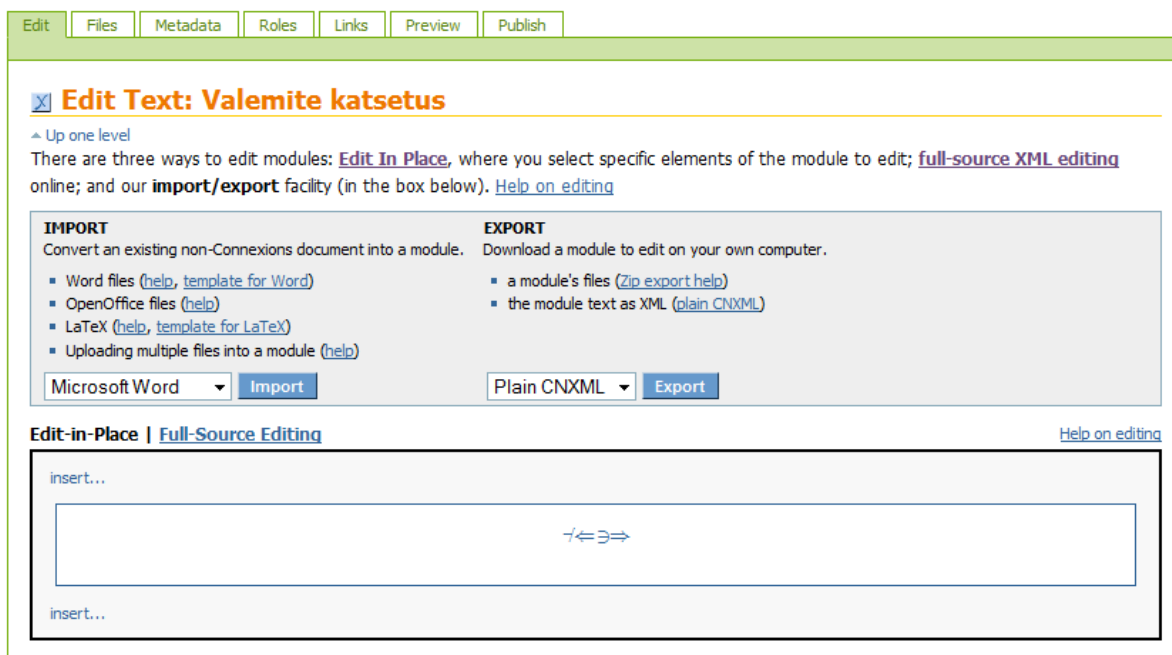
- + Tasuta tarkvara.
- + Võimalus sisestada ülesannete osasid erinevate blokkidena.
- + Võimaldab importida LaTeX keeles sisestatud valemeid.

Miinused

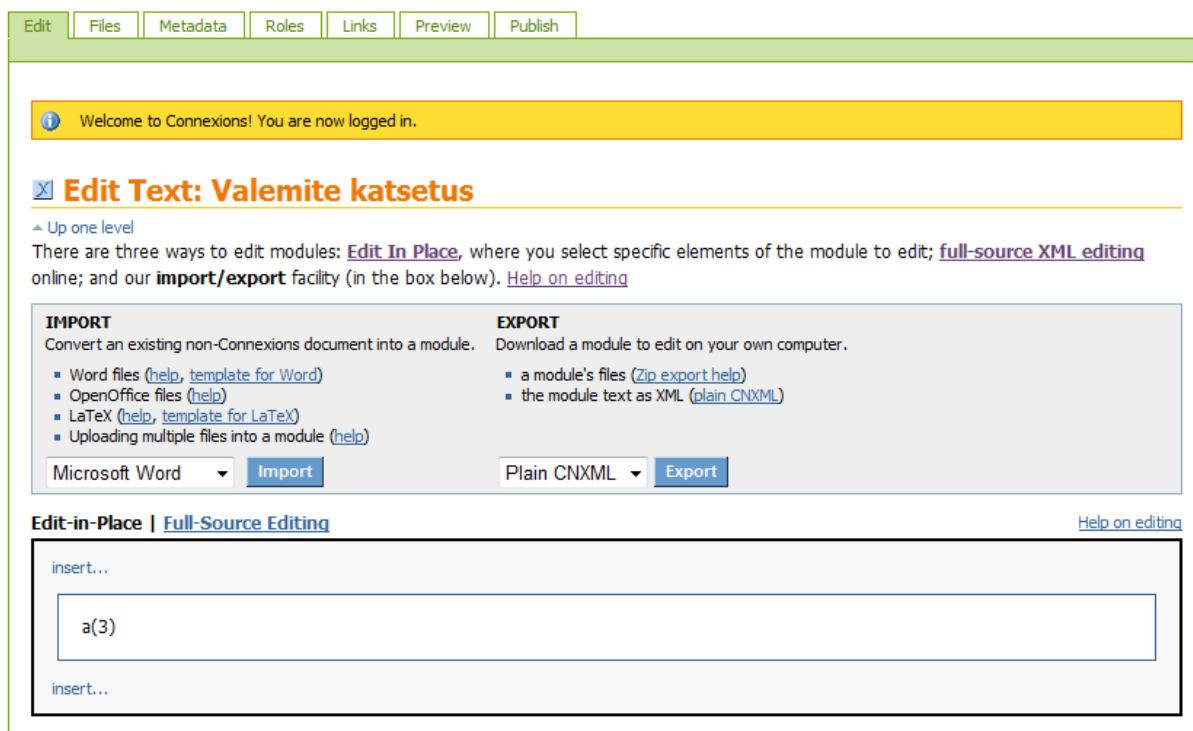
- Ei tööta korralikult kõigi nelja veebilehitsejatega.
- Esimesel kasutamisel suhteliselt keeruline.
- Valemite sisestamiseks peab kasutaja mõistma Content MathML keelt.

Tabel 4: Connexions vastused võrdluskriteeriumi küsimustele

Connexions	
Kas programmi kasutamiseks tuleb tarkvara enne installeerida?	Ei, sest tegemist on veebipõhise tarkvaraga, mida saab kasutada läbi interneti.
Kas peale programmi installeerimist on vaja tarkvara täiendavalt seadistada?	-
Kas enne kasutamist tuleb läbida ka koolitus?	Koolituse läbimine oleks vajalik, kuna tegu spetsiifilise tarkvaraga.
Milliste veebilehitsejate peal töötab?	Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, Apple Safari, kuid esineb probleeme valemite sisestamisel.
Mis kujul toimub sümbolite sisestamine (MathML, LaTeX)?	Content MathML keeles.
Kuidas toimub salvestamine ja mis kujule?	-
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemehid importida ja mis kujule?	LaTeX ja Plain CNXML.
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemehid eksportida ja mis kujule?	Plain CNXML formaati.
Kas saab sisestatud ning salvestatud valemehid muuta?	Jah.
Kui palju on olemas olevaid funktsioone?	Erinevaid sümboleid on nii palju, kui on Content MathML keeles märgiseid ehk tag'e.
Kasutajamugavus	Suhteliselt keeruline ja eelnevalt õppimata on keskkonna kasutamine pea võimatu.
Kuidas see tehtud on (veebipõhised tarkvarad - Javascript, HTML, MathML)?	HTML ja Javascript.
Kas on võimalik koostada 3 matemaatilist nädisülesannet, mis sisaldavad erinevaid matemaatilisi sümboleid ja tehteid, ning millised probleemid seoses sellega tekivad?	Minul ei õnnestunud, kuigi tegelikult peaks olema võimalik, kuna kasutab valemite sisestamiseks Content MathML keelt.



Joonis 8: Connexion keskkonnas sisestatud valem (a^3) Mozilla Firefox veebilehitsejaga vaadatuna



Joonis 9: Connexion keskkonnas sisestatud valem (a^3) Internet Explorer veebilehitsejaga vaadatuna

2.3.3 Le Active Math

Tarkvara saab kasutada aadressidel: www.leactivemath.org

Le Active Math on tasuta veebipõhine keskkond, mis on mõeldud eelkõige kasutajale oma teadmiste kontrollimiseks ja kinnistamiseks. Enne keskkonna kasutamist tuleb ennast registreerida kasutajaks ja seejärel end sisse logida.

Le Active Math sisu sisestamiseks on kasutatud tekstiredaktorit JEditOQMath. Selline koodipõhine materjalide muutmise võib näida mõnelegi primitiivne ning keskkonna loojad on saanud palju soovitusi visuaalsete materjalide haldamise programmide kasutamiseks. [26, lk 264] Kuid nad ei ole sellest huvitatud olnud, sest nende jaoks on ülesandeid lihtsam sisestada JEditOQMath tekstiredaktori abil.

Christian Gross on loonud 86% Le Active Math sisust. Kahe viimase aasta jooksul on ta sisestanud 185 sümboli deklaratsiooni, 138 definitsiooni, 241 oletust, 207 tõestust, 148 teksti, 308 näidet ja 268 ülesannet, mis koosneb umbes 2500 realiseeritud koodist. Ta on rikastanud teksti enam 23 000 teksti lingiga. Kui see sisu konverteerida PDF-ks kasutades LaTeXit, siis selle pikkus on umbes 450 lehekülge. [26, lk 258]

Keskkonnas puudub võimalus ise koostada ülesandeid ja neid salvestada. Le Active Math pakub aga võimalust oma ülesannete vastuseid kontrollida, mille jaoks on loodud eraldi moodul. Ülesannete kontrollimise moodul on koostatud Java appletina, kus saab hiirega valida vajalike sümbolite ja funktsioonide vahel. Sisestatud valemi saab välja võtta nii MathML, kui OpenMath kujul.

Probleemid näidisülesannete sisestamisel:

Kuna moodul, mida saab kasutada ülesannete sisestamiseks on mõeldud ainult ülesannete vastuste kontrollimiseks, siis sisestatud ülesannet ei ole võimalik salvestada. Võimalus on ainult ülesanne käsitsi välja võtta MathML kujul või OpenMath kujul.

Teiseks probleemiks oli ka ühe näidisülesande sisestamine, kus tegu võrrandsüsteemiga. Sümbolite hulgast puudub võrrandsüsteemile omased loogilised sulud.

Plussid

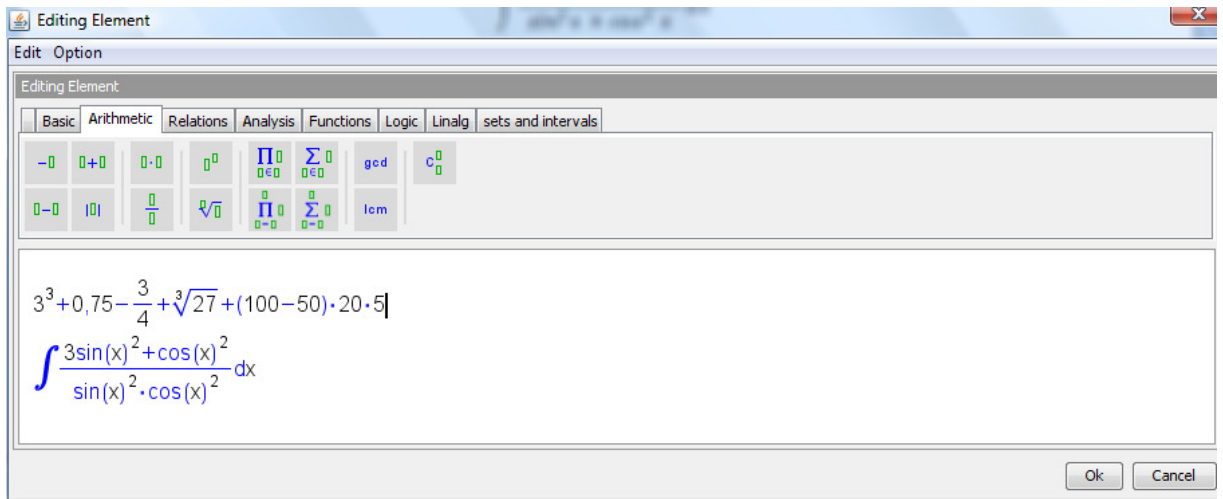
- + Tasuta tarkvara.
- + Ülesandeid saab sisestada lihtsalt hiirega sümboleid valides.
- + Võimaldab välja võtta sisestatud ülesande MathML ja OpenMath keeles.

Miinus

- Ei võimalda ülesandeid koostada teistele vaatamiseks.
- Sümbolite all ei ole võrrandsüsteemi sisestamiseks vajalikku sümbolit.

Tabel 5: Le Active Math vastused võrdluskriteeriumi küsimustele

Le Active Math	
Kas programmi kasutamiseks tuleb tarkvara enne installeerida?	Ei, sest tegemist on veebipõhise tarkvaraga, mida saab kasutada läbi Interneti.
Kas peale programmi installeerimist on vaja tarkvara täiendavalt seadistada?	-
Kas enne kasutamist tuleb läbida ka koolitus?	Keskkonna kasutamiseks ei ole vajalik koolituse läbimine. Samuti kasutajaks registreerimine on väga lihtne.
Milliste veebilehitsejate peal töötab?	Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, Apple Safari.
Mis kujul toimub sümbolite sisestamine (MathML, LaTeX)?	-
Kuidas toimub salvestamine ja mis kujule?	Sisestatud sümboleid ja valemeid ei ole võimalik salvestada.
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid importida ja mis kujule?	Ei.
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid eksportida ja mis kujule?	Ei.
Kas saab sisestatud ning salvestatud valemeid muuta?	Sisestatud valemeid on võimalik muuta.
Kui palju on olemas olevaid funktsioone?	Sisestatavaid sümboleid on umbes 130.
Kasutajamugavus	Sisestada on mugav, sest hiirega valitakse soovitud sümbol välja ning sisestatakse vajalikud väärtused.
Kuidas see tehtud on (veebipõhisel tarkvaradel - Javascript, HTML, MathML)?	Java.
Kas on võimalik koostada 3 matemaatilist näidisülesannet, mis sisaldavad erinevaid matemaatilisi sümboleid ja tehteid, ning millised probleemid seoses sellega tekivad?	Esimest ja teist näidisülesannet oli võimalik sisestada ilma probleemideta. Kuid kolmanda ülesande puhul, kus tegu oli võrrandsüsteemiga, puudus võrrandsüsteemi sümbol loogelised sulud.



Joonis 10: Sümbolite ja valemite sisestamine Le Active Math keskkonnas

2.4 Tüüp 3: lisandmoodulid tekstitöölustarkvaras

Kolmanda tüübina vaatlen tekstitöölustarkvaras olevaid matemaatika lisandmooduleid, mis on võimalik põhitarkvarale juurde installeerida. Selliseid võimalusi pakuvad näiteks Microsoft Office ning OpenOffice.

2.4.1 Microsoft Office 2007 lisandmoodul Equation

Tarkvara saab osta aadressilt: <http://office.microsoft.com>

Microsoft Office (MSO) on Microsofti poolt valmistatud tasuline kontoritarkvarapakett. Pakett sisaldab järgmisi programme:

- Word - Word on tekstiredaktor.
- Excel - Excel on tabelarvutustarkvara.
- Powerpoint - PowerPoint on esitluste loomine.
- Outlook - Outlook'is saab vaadata e-kirju, ja ka neid saata.
- Access - Access on tarkvara, mille abil saab luua andmebaase.
- Publisher - saab luua veebilehti, ajakirju ja profi-e-meile.
- Visio - saab luua kujutuspilte, kus saab kasutada kuubikuid, kuupe jne.
- Infopath - saab luua teatise, mille saab saata kliendile (teatis, aruanne).
- Frontpage - FrontPage on abiks veebilehe loomisel.
- Project - saab luua projekte.
- Onenote - saab märkida, mis on tehtud (OneNote's on linnukesed) ja mis tegemata.[14]

Microsoft Office versioonis 2007 oli mul matemaatiliste sümbolite sisestamiseks vajalik moodul Equation installeeritud, kuid sümbolite sisestamine ei õnnestunud. Probleem oli selles, et olin enne dokumendi salvestanud vanemasse versiooni. Mure sai lahendatud, kui tegin uue salvestuse docx formaati. Valemite sisestamine on üsna mugav ja võrreldav Wiris-e keskkonnaga. Kõik vajalikud funktsioonid ja operatsioonid on matemaatikapaletilt kiiresti kättesaadavad. Kolme näidisülesande sisestamisel ei

esinenud mingeid probleeme ja eespool toodud näidisülesanded ongi just sisestatud Microsoft Office 2007 Equation editoriga.

Juba sisestatud valemeid on äärmiselt lihtne ja mugav parandada ja muuta. Kuna valemite salvestamine toimub MathML kujul, siis on võimalik ka MathML koodi importida ja eksportida.

Probleemid näidisülesannete sisestamisel:

Näidisülesannete sisestamisel mingeid probleeme ei esinenud.

Plussid

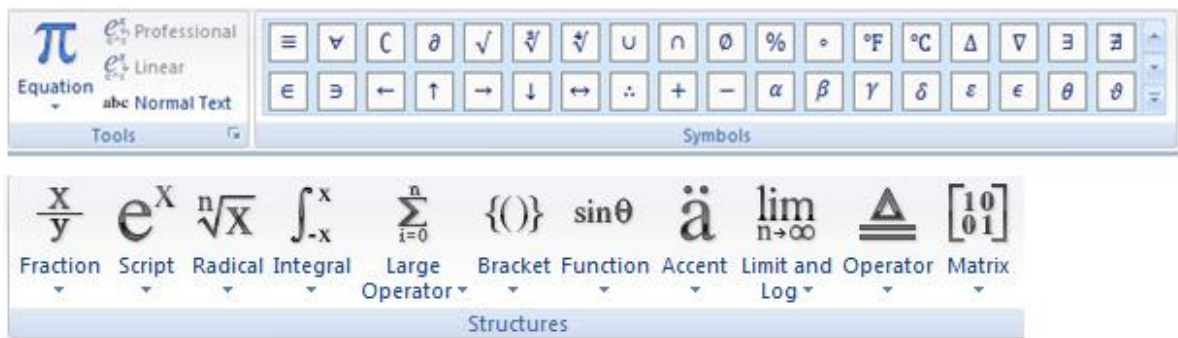
- + Lihtne valemeid sisestada.
- + On võimalik valemeid hiljem muuta.
- + Piisavalt palju erinevaid funktsioone ja sümboleid, et ka keerulisemaid ülesandeid sisestada.
- + Võimaldab MathML koodi importida ja eksportida.

Miinused

- Tasuline tarkvara.
- Tuleb eraldi installeerida.

Tabel 6: Microsoft Office vastused võrdluskriteeriumi küsimustele

Microsoft Office 2007	
Kas programmi kasutamiseks tuleb tarkvara enne installeerida?	Jah, tegemist on tasuta tarkvaraga.
Kas peale programmi installeerimist on vaja tarkvara täiendavalt seadistada?	Jah, näiteks tuleb vajadusel uuendada versioone ja ka lisandmooduleid installeerida.
Kas enne kasutamist tuleb läbida ka koolitus?	Üldjuhul on iga arvutikasutaja arvuti esmase tundmaõppimise jooksul kokkupuutunud antud tarkvaraga. Kuid kui ei ole, siis koolitus on kindlasti vajalik.
Milliste veebilehitsejate peal töötab?	-
Mis kujul toimub sümbolite sisestamine (MathML, LaTeX)?	MathML.
Kuidas toimub salvestamine ja mis kujule?	Building Blocks.dotx.
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid importida ja mis kujule?	Võimalik on importida ka valemeid, mis on salvestatud pildina, kui ka valemeid, mis on MathML'is.
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid eksportida ja mis kujule?	Building Blocks.dotx, Normal.dotm. Valemit on võimalik ka kopeerida MathML kujule ja see siis salvestada kuhugi tekstidokumenti edaspidiseks kasutamiseks.
Kas saab sisestatud ning salvestatud valemeid muuta?	Jah, muutmine on väga lihtne ja samuti ka uuesti salvestamine.
Kui palju on olemasolevaid funktsioone?	Olemasolevaid funktsioone on üsna palju ka keerulisemate ülesannete sisestamiseks.
Kasutajamugavus	Ülesannete sisestamine on väga kasutajasõbralik. Matemaatika paletilt on kõik olulisemad funktsioonid kiiresti kättesaadavad.
Kuidas see tehtud on (veebipõhistel tarkvaradel - Javascript, HTML, MathML)?	-
Kas on võimalik koostada 3 matemaatilist nädisülesannet, mis sisaldavad erinevaid matemaatilisi sümboleid ja tehteid, ning millised probleemid seoses sellega tekivad?	Kõik kolm näidet oli võimalik kiirelt ja mugavalt sisestada.



1. Leia avaldise väärtus:

$$3^3 + 0.75 - \frac{3}{4} + \sqrt[3]{27} + (100 - 50) \times 20 \times 5 =$$

2. Lahenda võrrandisüsteem: [8, lk 32]

$$\begin{cases} \frac{7 + (x - 3y)}{4} = 2x - \frac{(y + 5)}{3} \\ 10(x - y) - \frac{4(1 - x)}{3} = y \end{cases}$$

3. Integreeri [9, lk 149, ül 9, d]

$$\int \frac{3 \sin^2 x + \cos^2 x}{\sin^2 x \times \cos^2 x} dx$$

Joonis 11: Microsoft Office 2007 matemaatikapalett ja sisestatud näidisülesanded

2.4.2 OpenOffice lisandmoodul Formula

Tasuta tarkvara saab alla laadida aadressilt: <http://www.openoffice.org/>

OpenOffice on üks juhtivamaid avatud lähtekoodiga kontoritarkvarapakette, mis võimaldab tekstitöötlust, tabelarvutusi, esitlusi, graafikute loomist, andmebaase, valemite koostamist ja palju muud. See on saadaval mitmetes keeltes ja töötab mitme erineva operatsioonisüsteemi peal. OpenOffice salvestab kõik andmed rahvusvahelise avatud lähtekoodi standardi järgi ja suudab kirjutada ja lugeda ka paljude muude tarkvarade faile. Seda võib alla laadida ja kasutada täiesti tasuta igaks eesmärgiks. [15]

Matemaatika valemite sisestamiseks on OpenOffice pakettis olemas spetsiaalne moodul nimega Formula. Praktiliste ülesannete tegemiseks kasutasin tarkvara versiooni OpenOffice.org 3.0.

OpenOffice kasutab valemite koostamiseks oma OpenOffice math keelt. Sümbolite sisestamiseks on matemaatikapalett, kus kokku on sümboleid umbes 150. Valides paletil soovitud sümboli ilmub see valemi koostamise aknasse natukene teisel kujul, kui sümboli nupul kirjeldatu. Näiteks soovides sisestada murdu $\frac{a}{b}$, siis valemi koostamise aknasse ilmub see sedasi $\{<?>\}$ over $\{<?>\}$, kus siis esimene $\{<?>\}$ tähendab murru lugejat ja teine $\{<?>\}$ nimetajat. Väljastatav kuju võib aga kasutajat eksitada ja valemi koostamine nõuab aega, sest ei saa liikuda klaviatuurilt Tab nupuga järgmise sisestuse juurde, vaid enne tuleb $\{<?>\}$ ära märgistada. Samas kogenud kasutaja, kes teab vajalike käske, saab otse valemi koostamise kastis kirjutada a over b ning ei pea isegi matemaatikapaletilt midagi valima.

Ülesannete sisestamisel tekkis probleem teise ülesandega, mida ei olnud võimalik sisestada, sest puudus sümbol võrrandsüsteemi sisestamiseks. Lisaks ei ole võimalik ühele lehele lisada mitut erinevat ülesannet. Iga ülesande koostamiseks tuleb avada uus Formula leht.

Probleemid näidisülesannete sisestamisel:

Võrrandsüsteemi ei ole võimalik sisestada, sest puudub vastav sümbol.

Plussid

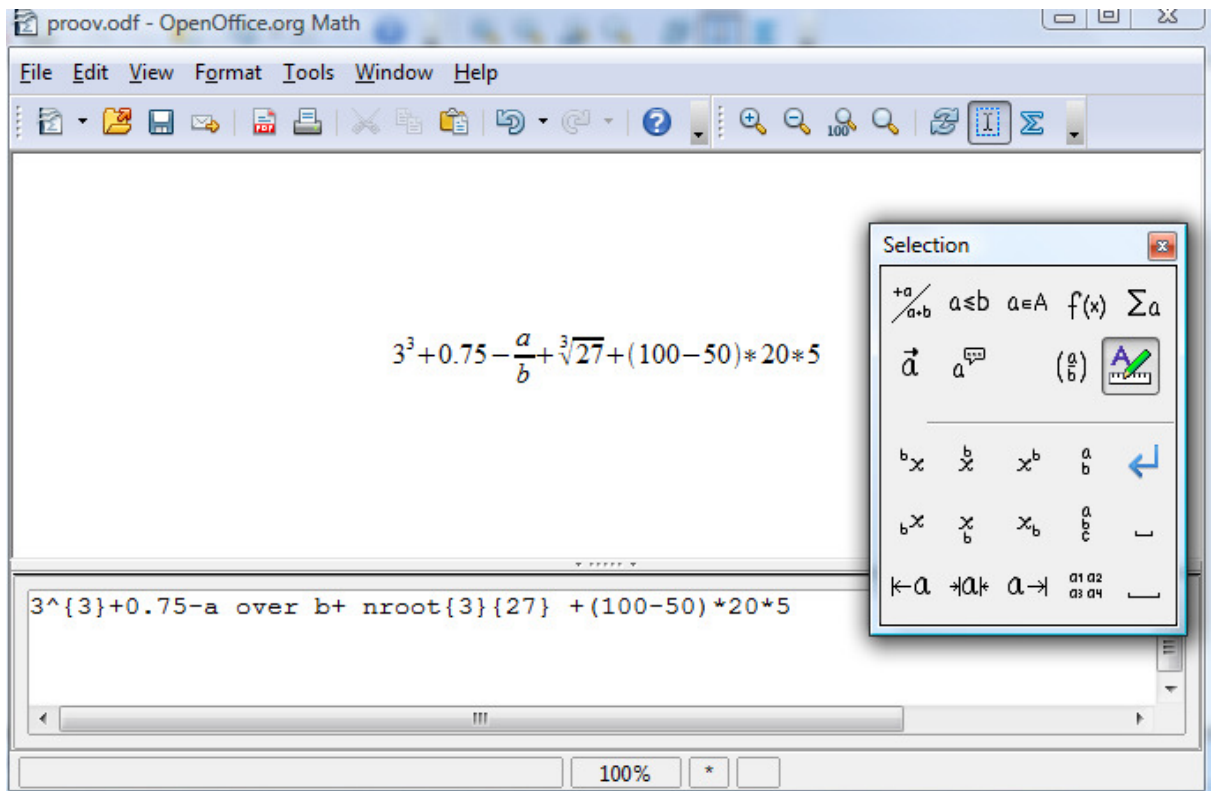
- + On võimalik valemeid hiljem muuta.
- + Tasuta tarkvara, võimalik on kasutada ka ainult matemaatika lisandmoodulit.
- + MathMLina võimalik salvestada.

Miinused

- Ei ole võimalik sisestada kõiki ülesandeid.
- Iga ülesande lisamiseks tuleb avada uus Formula aken.

Tabel 7: OpenOffice vastused võrdluskriteeriumi küsimustele

OpenOffice 3.0	
Kas programmi kasutamiseks tuleb tarkvara enne installeerida?	Jah, tegemist on tasuta tarkvaraga.
Kas peale programmi installeerimist on vaja tarkvara täiendavalt seadistada?	Ei, valemite sisestamiseks eraldi midagi juurde peale installeerimist enam installeerima ei pea.
Kas enne kasutamist tuleb läbida ka koolitus?	Üldjuhul on iga arvutikasutaja arvuti esmase tundmaõppimise jooksul kokkupuutunud antud tarkvaraga. Kuid kui ei ole, siis koolitus on kindlasti vajalik.
Milliste veebilehitsejate peal töötab?	-
Mis kujul toimub sümbolite sisestamine (MathML, LaTeX)?	OpenOffice math keeles.
Kuidas toimub salvestamine ja mis kujule?	Kõik valemid salvestatakse automaatselt ODF Formula (.odf).
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid importida ja mis kujule?	Võimalik on importida ka valemeid, mis on salvestatud Formulas (.odf, .sxm, .smf), ODF Formula (.odf), OpenOffice 1.0 Formula (.sxm), StarMath 2.0-5.0 (.sfm), MathML 1.01(.mml).
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid eksportida ja mis kujule?	ODF Formula (.odf), OpenOffice.org 1.0 Formula (.sxm), StarMath (.smf), MathML 1.01 .mml().
Kas saab sisestatud ning salvestatud valemeid muuta?	Jah, avades uuesti faili on võimalik teha soovitud muutused ning uuesti fail salvestada.
Kui palju on olemasolevaid funktsioone?	Erinevaid sümboleid on umbes 150. Uusi sümboleid ise juurde teha ei ole võimalik.
Kasutajamugavus	Vajalikke ülesanded on võimalik koostada, kuid mitte nii kogenud kasutajale ei ole keskkond eriti käepärane ja kiire.
Kuidas see tehtud on (veebipõhistel tarkvaradel - Javascript, HTML, MathML)?	-
Kas on võimalik koostada 3 matemaatilist nädisülesannet, mis sisaldavad erinevaid matemaatilisi sümboleid ja tehteid, ning millised probleemid seoses sellega tekivad?	Kolmest näitest kaks oli võimalik sisestada. Nende sisestamine võttis natukene rohkem aega, kui Microsoft Office'ga. Võrrandsüsteemi näidet ei olnud võimalik sisestada, sest puudus sümbol antud ülesande tegemiseks.



Joonis 12: OpenOffice'i matemaatika lisandmoodul Formula

2.5 Tüüp 4: õpiobjekti-editorid

Neljanda tarkvara tüübina tutvume õpiobjekti-editoridega, mis on mõeldud õppematerjalide ja harjutusülesannete koostamiseks. Osa neist tarkvaradest tuleb endale arvutisse installeerida, teine osa on aga jällegi selliseid tarkvarasid, mida saab kasutada veebipõhiselt. Käesolevas peatükis analüüsin järgmisi tarkvarasid: Respondus ja eXeLearning.

2.5.1 Respondus

Tarkvara on võimalik allalaadida aadressilt: <http://www.respondus.com>

Respondus Inc poolt loodud tarkvara Respondus 3.5 on tarkvara testide loomiseks ja haldamiseks. See võimaldab teste välja printida nii paberile, kui ka avaldada neid õpiahaldussüsteemides nagu Blackboard, WebCT, eCollege, ANGEL. Tegemist on programmipõhise vahendiga, mis tähendab, et testi enda loomiseks ei ole vaja veebiühendust. Küsimuse tüüpidest toetab see kuni 15 erinevat tüüpi (õige/vale küsimus, mitmikvalikuga, essevastusega ülesanne, vastavusülesanne, lünktekst, õigete vastusevariantide märkimine, arvulise vastusega).[16]

Respondus täidab vaid autorsüsteemi ja testide koostamise osa ning väiksemal määral ka repositooriumi osa. Olgugi, et Respondusel endal testide lahendamise osa ei ole, siis ongi see mõeldud rohkem selleks, et seal koostatud teste oleks võimalik publitseerida paljudes õpiahaldussüsteemides. Võimalik on sisestada ka matemaatilisi avaldisi.

Praktiliste ülesannete lahendamiseks installeerisin arvutisse Responduse 30-päevase demoversiooni. Tegemist on tasuta tarkvaraga, mille kasutamiseks tuleb see endale osta. Demoversiooni installeerimine oli suhteliselt keeruline ja aeganõudev, sest peale demo allalaadimist sain koodi, mis tuli lehel ära registreerida ning siis saadeti kinnitusmail koos lingiga.

Sümbolite sisestamine toimub klaviatuurilt ja matemaatika paletilt, kus on kokku umbes 225 erinevat sümbolit. Kui valem on koostatud, siis lahutakse matemaatikamoodulist ja koostatakse küsimust edasi ning seejärel salvestatakse kogu küsimus vajalikku formaati. Negatiivse poole pealt võib välja tuua selle, et tegemist on ikkagi tasuta tarkvaraga, mis on kasutatav vaid windowsi keskkonnas.

Probleemid näidisülesannete sisestamisel:

Probleeme sümbolite sisestamisega ei esinenud.

Plussid

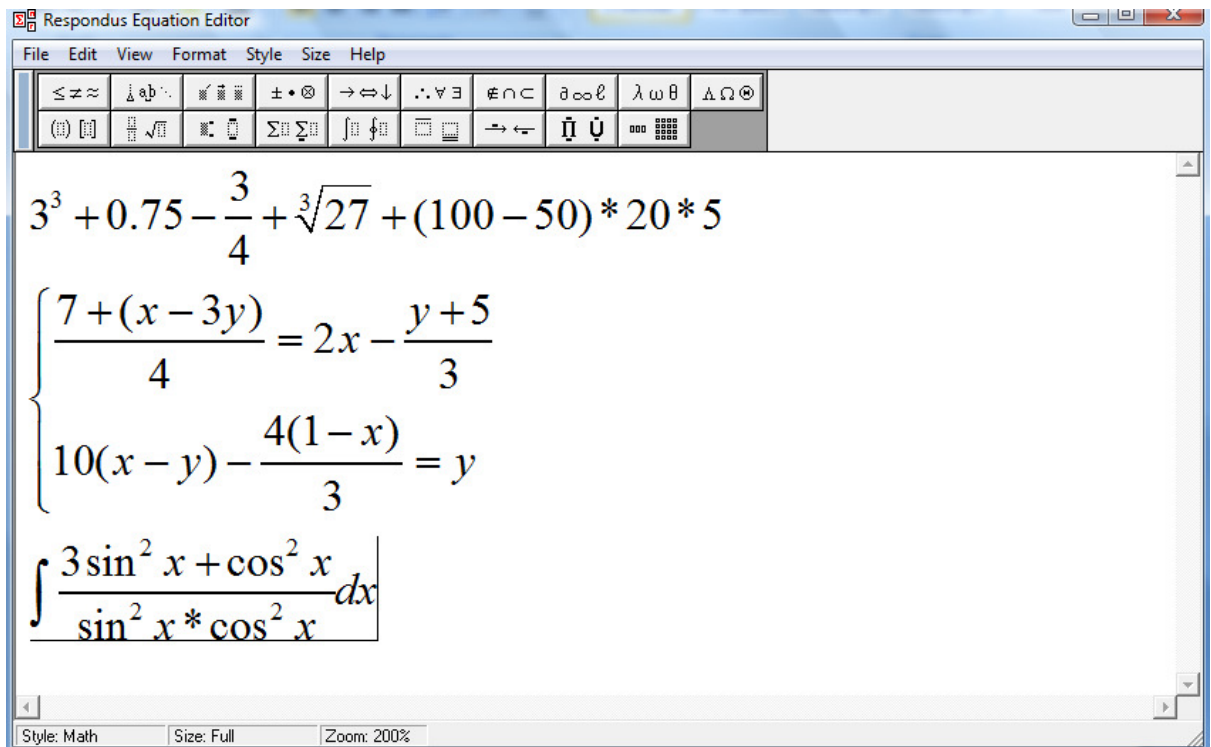
- + On võimalik valemeid hiljem muuta.
- + Piisav sümbolite hulk.
- + Kasutajale kiire ja käepärane.

Miinused

- Tasuline tarkvara, demo installeerimine keeruline.
- Ei saa eraldi salvestada valemeid, vaid need loodi testi koostamisel matemaatikamoodulis ja salvestati koos muu informatsiooniga tekstis.

Tabel 8: Respondus vastused võrdluskriteeriumi küsimustele

Respondus	
Kas programmi kasutamiseks tuleb tarkvara enne installeerida?	Jah, enne kasutamist tuleb osta tasuline tarkvara ning seejärel see installeerida. Prooviks saab kasutada ka 30 päevast demo versiooni.
Kas peale programmi installeerimist on vaja tarkvara täiendavalt seadistada?	Ei.
Kas enne kasutamist tuleb läbida ka koolitus?	Sümbolite sisestamine on suhteliselt analoogne Microsoft Office'i vanemate versioonide matemaatikamoodulile ja kui selle kasutamise oskus olemas, siis ei ole tarvilik koolitust läbida.
Milliste veebilehitsejate peal töötab?	-
Mis kujul toimub sümbolite sisestamine (MathML, LaTeX)?	-
Kuidas toimub salvestamine ja mis kujule?	Respondus document (.rsp).
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid importida ja mis kujule?	Ei.
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid eksportida ja mis kujule?	Valemeid otseselt eksportida ei saa, aga on võimalik eksportida teste koos küsimustega Respondus document (.rsp), iPod Quiz package (.zip), studyMate Class Server XML (.xml) formaatidesse.
Kas saab sisestatud ning salvestatud valemeid muuta?	Jah, saab küll.
Kui palju on olemasolevaid funktsioone?	Olemasolevate sümbolite hulk on täiesti piisav ja jääb umbes 225 piiresse.
Kasutajamugavus	Kiire, lihtne ja loogilise ülesehitusega.
Kuidas see tehtud on (veebipõhistel tarkvaradel - Javascript, HTML, MathML)?	-
Kas on võimalik koostada 3 matemaatilist näidisülesannet, mis sisaldavad erinevaid matemaatilisi sümboleid ja tehteid, ning millised probleemid seoses sellega tekivad?	Kõik kolm ülesannet oli võimalik soovitud kujul sisestada.



Joonis 13: Responduse matemaatika editor

2.5.2 eXeLearning

Tarkvara saab allalaadida aadressilt: <http://www.exelearning.org>

Kui CourseLab programmil, mille abil on võimalik koostada interaktiivseid slaide, ei ole veel valmis matemaatikamoodul ja valemeid on võimalik luua otse HTML'i ja paigutada CSS'i abi, siis eXe keskkond pakub võimalust matemaatilise sisuga materjale luua.

Programm eXeLearning on mõeldud sisupakettide mugavaks koostamiseks. Valmismaterjale saab eksportida IMS ja SCORM pakettidena ning importida neid õpikeskkondadesse (näiteks Moodle, WebCT) või salvestada lihtsalt veebilehekülgedena ja kasutada internetis ka ilma õpikeskkonnata. [17]

eXeLearning kasutamiseks tuleb see tarkvara enda arvutisse alla laadida ning seejärel installeerida. Matemaatikamoodul on kohe installeerides olemas, nii et seda eraldi pole vaja installeerida. Matemaatiliste sümbolite sisestamine toimub LaTeX keeles. Kui kasutaja ei oska LaTeX keelt, siis tuleb tal vajalikud valemid mõnes teises keskkonnas koostada. Seejärel tuleb kopeerida LaTeX keeles olevad valemid eXeLearning keskkonda. Valemid salvestatakse peale sisestamist pildina. Ise kasutasin teisendamiseks veebipõhist keskkonda:

<http://thornahawk.unitedti.org/equationeditor/equationeditor.php>,

kus oli väga lihtne valemeid sisestada. Negatiivne on see, et salvestada ei saa matemaatilisi valemeid eraldi, vaid ainult koos küsimustega.

Probleemid näidisülesannete sisestamisel:

Sümbolid tuleb sisestada LaTeX keeles, kui kasutaja seda ei valda, siis saab kasutada mõnda teist keskkonda, kus valemid LaTeX keelde ümber teisendatakse.

Plussid

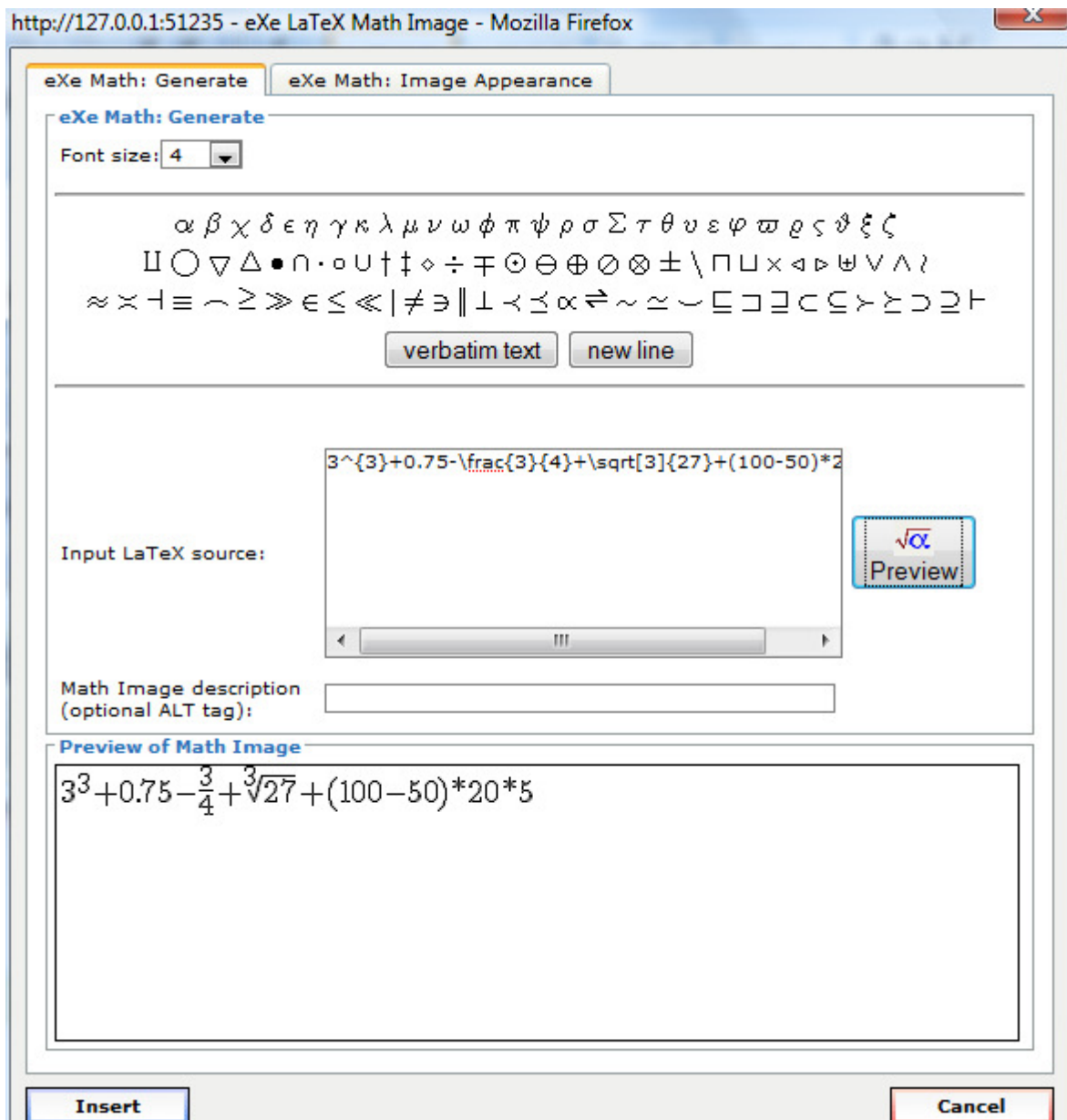
- + Tasuta tarkvara.
- + Parema matemaatikamooduli puhul oleks õpetajatele väga hea keskkond, kus koostada õppematerjale ja teste.

Miinused

- Sümbolite sisestamine LaTeX keeles.
- Juba sisestatud ja salvestatud valemeid ei saa muuta, kuna valemid salvestatakse pildi kujul.
- Ei saa eraldi salvestada matemaatikamoodulis loodud ülesandeid.

Tabel 9: eXeLearning vastused võrdluskriteeriumi küsimustele

eXeLearning	
Kas programmi kasutamiseks tuleb tarkvara enne installeerida?	Jah, enne kasutamist tuleb tarkvara installeerida.
Kas peale programmi installeerimist on vaja tarkvara täiendavalt seadistada?	Ei.
Kas enne kasutamist tuleb läbida ka koolitus?	Tarkvara kasutamiseks ei ole vaja läbida koolitust, kuid matemaatiliste sümbolite sisestamiseks on vaja osata LaTeX keelt või kasutada mõnda teist programmi, kus saab matemaatilised sümbolid teisendatakse LaTeX keelde ümber.
Milliste veebilehitsejate peal töötab?	-
Mis kujul toimub sümbolite sisestamine (MathML, LaTeX)?	LaTeX.
Kuidas toimub salvestamine ja mis kujule?	Valemid salvestatakse pildina.
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid importida ja mis kujule?	Valemeid eraldi ei ole võimalik importida.
Kas on võimalik ka matemaatilisi valemeid eksportida ja mis kujule?	Ei.
Kas saab sisestatud ning salvestatud valemeid muuta?	Juba sisestatud ja salvestatud valemeid muuta ei saa, sest salvestamisel muudetakse valem pildiks.
Kui palju on olemasolevaid funktsioone?	Umbes 90 sümbolit (kreeka tähed, mõned tehtmärgid) on, kuid puuduvad matemaatilised operatsioonid.
Kasutajamugavus	Ei ole tavakasutajale, kes LaTeX keelt ei valda, eriti mugav, sest valem tuleb valmis kirjutada teises programmis ning seejärel kopeerida exe keskkonda.
Kuidas see tehtud on (veebipõhistel tarkvaradel - Javascript, HTML, MathML)?	-
Kas on võimalik koostada 3 matemaatilist nädisülesannet, mis sisaldavad erinevaid matemaatilisi sümboleid ja tehteid, ning millised probleemid seoses sellega tekivad?	Ülesanded koostas teises programmis ning seejärel kopeerisin LaTeX keeles exe keskkonda. Kõik ülesanded oli võimalik sisestada.



Joonis 14: eXeLearning'u matemaatikamoodul

2.6 Kokkuvõtte tarkvara analüüsisist

Analüüsisin nelja erineva tarkvara tüübi peale kokku 9-t tarkvara, millest kuue tarkvara kasutamiseks tuli see endale enne arvutisse installeerida. Seega kolm tarkvara olid kasutatavad veebipõhiselt ega vajanud lisaprogrammide installeerimist. Enamus tarkvarade kasutamiseks on vajalik kas koolituse läbimine või vähemalt kasutajajuhendiga tutvumine. Loomulikult on võimalik tarkvarasid kasutada katseeksitus meetodil, kuid sellisel juhul võib kasutaja ilma jääda keskkonna maksimaalsest pakutavast ressursist.

Põhiliseks puuduseks desktop tüüpi tarkvarade puhul on see, et neid peab oma arvutisse enne kasutamist installeerima ja selle tõttu ei ole võimalik igal ajal materjale vajadusel täiendada (näiteks õppejõud loengu ajal, kui avastab materjalidest vea). Online-spetsiaaltarkvara tüüpi tarkvarade peamiseks puuduseks oli see, et puudus kõigi suuremate veebilehitsejate täielik tugi. Peamiselt on arendajad arvestanud sellega, et enamus inimesi kasutab Internet Explorerit või Mozilla Firefoxit. Väga vähesed tarkvarad töötasid korralikult aga Opera ja Safari peal, kuigi ka nende veebilehitsejate kasutajaid on üsna arvestatav hulk.

Paljud analüüsitud tarkvarad pakkusid võimalust salvestada valem MathML kujul, kuid leidis ka õppematerjalide koostamiseks mõeldud keskkondi, mis pakkusid võimalust valemit ainult pildi kujul salvestada. Sellisel juhul puudub aga hiljem võimalus valemit muuta ja peab valemi sisestamist alustama algusest, mis on tülikas. MathML kujul salvestatud valemeid on aga kergesti muudetavad.

Väga palju erinesid tarkvarades olemasolevate sümbolite ja valemite ning templatete hulk. Mõnel tarkvaral oli neid rohkem, mõnel vähem. Mõnede tarkvarade puhul oli küll sümboleid piisavalt, kuid nende menüüdest ülesleidmine ei olnud kuigi mugav. Mõne tarkvara puhul aga jällegi olid kõik sümbolid ilusti välja toodud, kuid sümbolite paljusus tõi endaga kaasa selle, et vajalikku sümbolit oli keeruline leida, sest visuaalne esitus jättis soovida. Leidis ka tarkvarasid, kus oli sümboleid arvuliselt palju, kuid konkreetset vajaliku sümbolit ei leidnud.

Ekspordi ja impordi poolest erinesid tarkvarad samuti. Paljudel oli olemas MathML nii eksportimise kui ka importimise võimalus. Mõned tarkvarad võimaldasid ka Latexina

eksportida. Mõnedel tarkvaradel aga puudus eksport täielikult ja see ei ole kuigi hea, kui on vaja valemite mingis teises tarkvaras kasutada.

Kuna paljud tarkvarad olid tasuta ja mitte avatud lähtekoodiga, siis kahjuks ei õnnestunud nende puhul välja selgitada mismoodi toimub valemite sisestamine, ja mis kujul hoidmine. Leidsid õnneks aga ka mõned avatud lähtekoodiga tarkvarad, millelt saab LeMill matemaatikamooduli loomisel šnitti võtta.

Üldiselt võib öelda, et analüüsitud tarkvara iseärasused tulenevalt peamiselt nende tüübist ja milliseks eesmärgiks need tarkvarad mõeldud on. Kõikidelt tarkvaradelt ei saagi eeldada kõikide funktsioonide ja võimaluste olemasolu. Kõige parema mulje analüüsitud tarkvaradest jättis aga siiski Wiris. Wiris oli esireas just sümbolite asetuse ja jaotuse poolest, pakkudes sellega väga lihtsat, mugavat ja kasutajasõbralikku kasutajaliidest. Matemaatikaosalet on Wirises jaotatud sektsioonideks, mille alla on koondatud vastavad sümbolid. Wirise matemaatiliste sümbolite hulk oli täiesti piisav ja usun, et sarnane lahendus oleks piisav ka LeMill keskkonna jaoks.

3 Kasutajate ootused

Käesolevas peatükis annan ülevaate LeMill keskkonna hetkeseisust, milliseid võimalusi pakub keskkond erinevate õppematerjalide loomiseks ja muutmiseks ning parandamiseks. Seejuures pakun välja ka ühe võimaliku asukoha variandi matemaatikamooduli paiknemiseks. Viin läbi veebipõhise küsitluse, et selgitada välja kasutajate ootused ja vajadused. Küsitlusele on võimalik vastata LeMill keskkonna kasutajatel ja valikuliselt teistel omaala spetsialistidel. Antud peatükis on esitatud ka küsitluse tulemused ja kirjeldatud matemaatikamooduli realiseerimise võimalusi.

3.1 LeMill – kirjeldus ja võimalik valemi editori asukoht

LeMill on Euroopa Liidu 6. raamprogrammi IST projekti CALIBRATE raames valmiv õppematerjalide loomise keskkond. Selle projekti raames on keskkonna esmaseks sihtgrupiks Euroopa üldhariduskoolide õpetajad, kuid keskkond sobib õppematerjalide loomiseks kõigile haridustasemetele. Eestist osaleb LeMill keskkonna loomises Tallinna Ülikooli Haridustehnoloogia Keskus. Keskkonna nimetus tuleb ingliskeelsetest sõnadest "learning mill", mille eestikeelne tõlge võiks olla "õpiveski". [18]

LeMill keskkonna loomise käigus viidi läbi disainisessioonid õpetajatega erinevates Euroopa maades (Eesti, Soome, Ungari, Norra). Disainisessioonide ühe tulemusena selgus, et õppematerjale võib jagada kolme kategooriasse:

- materjalid (konspektid, esitlused, harjutused jne);
- meetodid (õppemeetodid, projektide ideed, mängud jne);
- vahendid (õpitarkvara, õppevahendid).

Need kolm kategooriat ongi LeMill keskkonna peamisteks osadeks. Neljanda sektsioonina lisandub neile Kogukond, sest LeMill keskkonna pöhirõhk on õppematerjalide koostöös loomisel. Avalehelt viivad LeMill keskkonna erinevate sektsioonideni lingid: Materjalid, Meetodid, Vahendid ja Kogukond.[18]

LeMill keskkonnas on õppematerjalid jagatud kolme kategooriasse:

- Materjalid, mille all on võimalik:
 - a) luua veebipõhiseid õppematerjale;
 - b) lisada meediafaile;

c) lisada viiteid väljaspool asuvatele veebilehtedele või õppematerjalidele;

d) lisada pdf dokumente.

- Meetodid, kus on võimalik lisada erinevaid pedagoogiliste meetodite kirjeldusi.
- Vahendid, kuhu saab lisada tutvustusi õpitarkvarade ja veebipõhiste õppekeskkondade kohta.

Kõik LeMill keskkonnas loodud õppematerjalid on avaldatud Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.5 litsentsi alusel. Creative Commons litsentsid on traditsioonilise autoriõiguse laienduseks ning annavad materjali kasutajale paindlikumad võimalused. Creative Commons Attribution-ShareAlike litsents lubab:

- teost kopeerida;
- teost levitada;
- kuvada või esitleda teost avalikult;
- viia läbi teose digitaalseid avalikke esitusi;
- kanda teos üle teise formaati sõna-sõnalt koopiana.

Nende õiguste saamiseks peab kasutaja järgima kahte tingimust:





- teosele ja selle autorile tuleb viidata autori poolt määratud viisil;
- kohandusi ja tuletatud teoseid tuleb edasi levitada sama, lähedase või ühilduva litsentsi alusel.[19]

Lisa veebilehekülg

Pealkiri ▾

Põhitekst

Salvesta

Normal ▾ **B** *I* x_2 x^2     HTML

Lisa meediafail Lisa tekstiblokk Vistuta

Salvesta Katkesta

Joonis 15: LeMill keskkonna veebilehekülje loomine, kuhu hetkel on lisatud tekstiblokk

Vaadates LeMill keskkonna praegust lahendust lisamaks meediafaile ja teksti, siis analoogselt võiks lahendatud olla ka matemaatiliste sümbolite ja valemite sisestamine. Selleks võiks LeMill keskkonnas olla eraldi matemaatikablokk. Antud matemaatikablokki peaks olema võimalik lisada uue õppematerjali tegemisel „Veebilehekülje“ ja „Harjutuse“ alt. Eraldiseisvat blokki peaks olema võimalik liigutada kas ülesse või alla sarnaselt nagu on lahendatud tekstibloki või meediafaali koha muutmine. Lisaks bloki liigutamisele peaks saama juba sisestatud ja salvestatud sümboleid ning vameid muuta vajutades matemaatikabloki juures olevale nupule „Muuda“.

Tekstibloki sisse matemaatilisi sümboleid lisada ei oleks aga hea idee, sest sellisel juhul kujuneb valemite muutmine keeruliseks ja silm ei haara kergesti valemi osa. Üldiselt on matemaatikas kombeks valem lisada uuel realt, kui eelnevalt on lisatud tekstilist materjali.

3.2 Küsitlus LeMill keskkonna kasutajate ootuste ja vajaduste välja selgitamiseks

Iga keskkonna populaarsus ja kasutajate rohkus sõltub sellest, kui mugav, võimalusterohke ja kasutajasõbralik antud keskkond on. LeMill keskkonna üheks nõrgaks küljeks on matemaatiliste õppematerjalide koostamine, sest see on kasutajale tülikas, aeganõudev ning nõuab kasutajalt head arvutialast tundmist. Selleks, et saaksime LeMilli nõrga külje hoopis positiivseks muuta on vaja teada kasutajate arvamust, nende ootusi ja vajadusi.

Kasutajate ootuste ja vajaduste välja selgitamiseks loodava matemaatikamooduli osas, tuli läbi viia küsitlus. Tegemist oli veebipõhise küsitlusega, mis koostati vabavalises ankeetide loomise keskkonnas LimeSurvey. Küsitlus koostati nii eesti kui inglise keelsena. Tegemist oli poolstruktureeritud küsitlusega, kus oli nii küsimusi, kus ette olid antud võimalikud vastuse variandid ja ka küsimusi, kus kasutaja sai oma sõnadega vabas vormis vastata. Poolstruktureeritud küsitlust eelistasin struktureeritule sellepärast, et õppematerjalide loomiseks on väga palju erinevaid võimalusi ja vahendeid ning kõiki ei oleks võimalik vastajale lihtsalt ette kirjutada. Samuti soovisin, et kasutajad seletaksid oma sõnadega, milline peaks LeMilli matemaatikamoodul välja nägema, kuidas peaks toimuma sümbolite sisestamine, salvestamine ja kas salvestatud sümbolite ning valemite muutmine on üldse vajalik. Küsimuste koostamisel lähtusin sellest, millised oleksid reaalsed võimalused LeMill keskkonnale matemaatikamooduli loomiseks ning milliseid sümbolite sisestamise, salvestamise, eksportimise ja importimise variante eelistaksid keskkonna kasutajad ise.

Valim, kes vastasid küsimustele koosnes kahest osast: LeMill keskkonna kasutajad ja teiseks isikud, kes õpetavad matemaatikat ning tegu on omaala professionaalidega.

LeMill keskkonna kasutajatele saatsin e-maili teel vastavalt kasutaja keelelise määratluse järgi, kas eesti- või ingliskeelse küsimustiku lingi.

LeMill keskkonna kasutajate hulgast tegin valiku järgmiste kriteeriumite põhjal:

1. LeMill.net keskkonna kasutaja on määratlenud enda ainevaldkonnaks matemaatika.
2. Kasutajad, kes on kogukonnas keeleks valinud eesti või inglise keele (küsitlus saadetigi vastavalt kas eesti- või ingliskeelsena).
3. Kasutajatel oli teda e-maili aadress.
4. Kasutajad, kes olid LeMill keskkonnas loonud avalikke matemaatilise sisuga õppematerjale.

Eelnevalt kirjeldatud kategooriatele vastas 8 LeMill keskkonna kasutajat.

LeMill keskkonnas oli 28.02.2009 seisuga 49 kasutajat, kes oli määratlenud keeleks eesti keele ja ainevaldkonnaks matemaatika ning 104 kasutajat, kelle keeleks inglise keel ja valdkonnaks matemaatika. Kokku 153 kasutajast 8 olid loonud matemaatilisi õppematerjale. Selline arvude suhe näitab samuti väga hästi matemaatiliste sümbolite ja valemite sisestamise paremaks muutmise vajadust LeMill keskkonnas.

Teiseks grupiks, kellele saadan e-maili teel eestikeelse küsimustiku on välja valitud Mart Laanpere ja Hans Põldoja soovitel. Need kasutajad on kõik tihedalt seotud matemaatikaga: aktiivsed tegevõpetajad üldhariduskoolis või ülikoolis, loonud ise veebipõhiseid matemaatikakeskkondi või loonud veebipõhiseid õppematerjale.

Küsitlusprotsessis tagatakse vastajate anonüümsus ning lubadus kasutada andmeid ainult antud uurimustöö kontekstis. Soovi korral saadetakse hiljem ülevaade uurimuse tulemustest.

3.3 Küsitluse tulemused – kasutajate ootused ja vajadused

Järgnevalt toon välja veebipõhise küsitluse käigus kogutud kasutajate arvamused LeMill keskkonna matemaatikamooduli osas. Iga kasutaja vastas küsimustikule ühe korra. Kasutajad said küsimustikule vastata kahe nädala jooksul. Vastajate arv ei olnud oodatult suur, sest LeMill keskkonnaga omavad väga vähesed kasutajad matemaatiliste sümbolite sisestamise kogemust ja seega puudub tõuge ka küsimustikule vastata.

Kuid saadud vastused annavad selgelt märku uue ja mugavama matemaatika editori vajadusest. Eelnevalt kasutatud keskkondadest olid kõik vastajad kasutanud tihti

OpenOffice ja Microsoft Office matemaatikamoodulit. Kuid leidis ka vastajaid, kes on kasutanud Mathematica ja Studyworksi tarkvara. Minu üllatuseks vähem oldi kasutatud õpiobjekti-editore (Respondus ja eXeLearning). Nagu ka arvasin, siis LaTeX süntaksid kasutajad ilma juhenditeta kirjutada ei oska. Kõik kasutajad tundsid vajadust matemaatika-alaste veebipõhiste õppematerjalide loomise vahendi järele, mis viitab sellele et praegusel hetkel pakutavad vahendid ei ole piisavalt kasutajasõbralikud ja ei paku vajalikke funktsioone materjalide kiireks koostamiseks. Seega on mõistetav, et kasutajad vastasid küsimusele, et kas LeMill.net keskkonnale lisada matemaatiliste sümbolite ja valemite koostamise vahend, jaatavalt. Matemaatiliste sümbolite ja valemite sisestamine võiks kasutajate arvates välja näha sarnaselt Wirisele, kus kasutaja valib matemaatikapaletilt vajaliku sümboli ja lisab soovitud väärtused. See tagaks selle, et see oleks igale kasutajale jõukohane ega oleks vaja kasutada mitut erinevat keskkonda. Lisaks peaks matemaatikablokki olema võimalik sarnaselt tekstiblokile liigutada materjalis kas ülesse või alla. Kasutajate arvates võiks valemite salvestamise formaadiks olla MathML. Ekspordi kohapealt arvasid kasutajad, et lisaks MathML-ile võiks saada ka pildi kujul valemeid eksportida. Kasutajate jaoks ei olnud failide import eriti oluline.

3.4 Matemaatikamooduli realiseerimise võimalused

LeMill keskkonna matemaatikamooduli realiseerimiseks on mitmeid erinevaid võimalusi. Kuna kõige lihtsam võimalus veebilehel matemaatika sümboleid ja valemeid kuvada on kasutada MathML keelt, siis peaks koostatav matemaatikamoodul võimaldama genereerida sisestatud sümboleid MathML keeles. Selle tarbeks on võimalik kirjutada matemaatika valemite redaktor Java, Javascripti või Flashi baasil. Kuna paljud saadaolevad Java põhised matemaatika valemite redaktorid on tasulised ja nende ise kirjutamine on keeruline, siis LeMill keskkonna matemaatikamooduli realiseerimiseks on lihtsam kasutada Javascripti või Flashi põhise matemaatika valemite redaktorit. Sellised redaktorid on tihtipeale oma ülesehituselt lihtsamad ja sageli ka avatud lähtekoodiga. See teeb LeMill keskkonda matemaatikamooduli loomise oluliselt lihtsamaks ja kiiremaks. Järgnevalt on katsetatud kahte (üks Javascripti põhine ja teine Flashi põhine) matemaatika valemite redaktorit, mis võiksid olla aluseks LeMill matemaatikamooduli loomisel. Katsetatud redaktorite testimiseks kasutan samu

praktilisi ülesandeid (vt peatükki 2.1), mis eelnevalt testitud tarkvarade puhul. Samuti katsetan redaktoreid nelja erineva veebilehitseja peal.

3.4.1 Javascripti põhine MathML redaktor MathEdit

Redaktorit saab kasutada aadressil: <http://wme.cs.kent.edu/mathedit/#>

MathEdit on interaktiivne matemaatika valemite redaktor. Tegemist on veebipõhise matemaatika valemite redaktoriga, kus saab mugavalt sisestada ja muuta matemaatilisi sümboleid läbi graafilise kasutajaliidese. Redaktoris on võimalik sisestada soovitud avaldis ning lasta redaktoril arvutada avaldise väärtus. Veebilehtede autorid saavad ka kasutada MathEdit-it, et luua matemaatika valemeid, mida hiljem lisada oma veebilehele. [29]

Redaktor koosneb erinevatest vaadetest: disain, MathML, OpenMath ja LaTeX. Disaini aknas on võimalik valida soovitud sümbol matemaatikapaletilt ja vajutades sellele, mille tulemusena lisatakse see automaatselt kasutaja poolt valitud kohta. MathML vaate all on võimalik kirjutada ise MathML koodi või muuta juba olemasolevat koodi. Redaktori poolt on ette kirjutatud juba MathML koodi päis ja jalus. OpenMath vaate all on võimalik kasutajal ise kirjutada valemid otse OpenMath keeles. LaTeXi all on võimalik sümboleid ja valemeid kirjutada LaTeX süntaksit kasutades. Nii MathML, OpenMath kui ka LaTeX keele süntaksit on võimalik kopeerida ja kasutada seda vajadusel mõnes teises keskkonnas.

Disaini vaates olev matemaatikapalett sisaldab põhisümboleid, näiteks juur, aste, murd, suurem, võrdne jne. Kuid lisaks on ka veel Templates menüü all 9 alammenüüd. Kokku on sümboleid umbes 200 ringis. Kasutaja jaoks on sümbolite sisestamine väga lihtne, liigseid vidinaid ja segavaid faktoreid peaaegu ei ole. Kasutaja ei vaja tingimata eelnevat koolitust, sest on võimalik katse eksitusmeetodil katsetada erinevate sümbolite sisestamist.

Probleemid näidisülesannete sisestamisel:

Praktiliste ülesannete tegemiseks kasutasin redaktori uuemat versiooni MathEdit 2.0. Sisestades praktilisi ülesandeid tulid ette järgmised probleemid. Kui olin lisanud ühe sümboli, siis teist sümbolit ei lubatud enam lisada. Märgistatud on eelnevalt sisestatud sümbol, kuid märgistust ei saa kuidagi maha võtta. Sümbolite sisestamine oli natuke aeglane 3 astmes kolme sisestamisel, astme lisamise järel jäi redaktor kauaks lugema.

Töötab enam vähem korralikult ainult ühe veebilehitsejaga, Mozilla Firefox.

Plussid

- + Tasuta tarkvara.
- + Lihtne ja loogilise matemaatikapalett.
- + Võimalik läbi ühe redaktori saada nii MathML, OpenMath kui LaTeX süntaks, mida on võimalik kopeerida ja kasutada mõnes teises keskkonnas.

Miinused

- Sümbolite sisestamine ei toimi korrektselt, tehnilised probleemid.
- Osade sümbolite sisestamise järel jääb keskkond pikaks ajaks mõttesse ja ei luba enne edasi tegutseda, kui on oma lugemise lõpetanud.
- Graafilisi ülesandeid ei ole võimalik lahendada.
- Ei tööta enamkasutatavate veebilehitsejatega (IE, Opera, Safari), välja arvatud Mozilla Firefoxiga.
- Salvestada on võimalik ainult .mml failina.
- Ekspordi ja impordi võimalused puuduvad.

3.4.2 Flashi põhine MathML editor

MathML Formula AS3 saab kasutada aadressil:

<http://www.learn-math.info/mathml/editor/editML.html>

Tegu on Flashi põhise MathML redaktoriga, mille arendamisega tegeleb Ionel Alexandru. Esimene versioon 0.1 ilmus 2007. aasta lõpus. Tänapäevaks on ilmunud juba versioon 0.7. Arendatud on kaks moodulit: MathML Formula ja MathML Graph. Lisaks peab Ionel Alexandru ka oma blogi, kus ta on teinud sissekandeid alates 2007. aasta lõpust kõigi arendatud versioonide kohta. Suureks plussiks on see, et tegu on avatud lähtekoodiga redaktoriga.

MathML Formula on redaktor, kus on võimalik sisestada matemaatilisi sümboleid ja valemeid matemaatikapaletilt. Sümboli sisestamiseks valib kasutaja soovitud sümboliga nupu ning seejärel kuvatakse sümbol kasutaja poolt valitud kohta. Sümbolite leidmine ja sisestamine on kasutajale lihtne ning ei nõua liigselt aega õige sümboli leidmiseks. Sümboleid on kokku umbes 200 ringis. Lisaks on näha ka MathML kood. MathML koodi on võimalik ka ise muuta. Lisaks on võimalik MathML valem salvestada ja kasutada seda vajadusel teistes keskkondades.

MathML Graph on valemite graafiliseks esitamiseks loodud moodul. Kahjuks ei õnnestunud moodulit testida, kuna veebilehel olev demo ei võimaldanud kuvatud graafikute valemeid muuta. Samuti pole võimalik alla laadida flashi faile, et seal vajalike muudatusi teha.

Probleemid näidisülesannete sisestamisel:

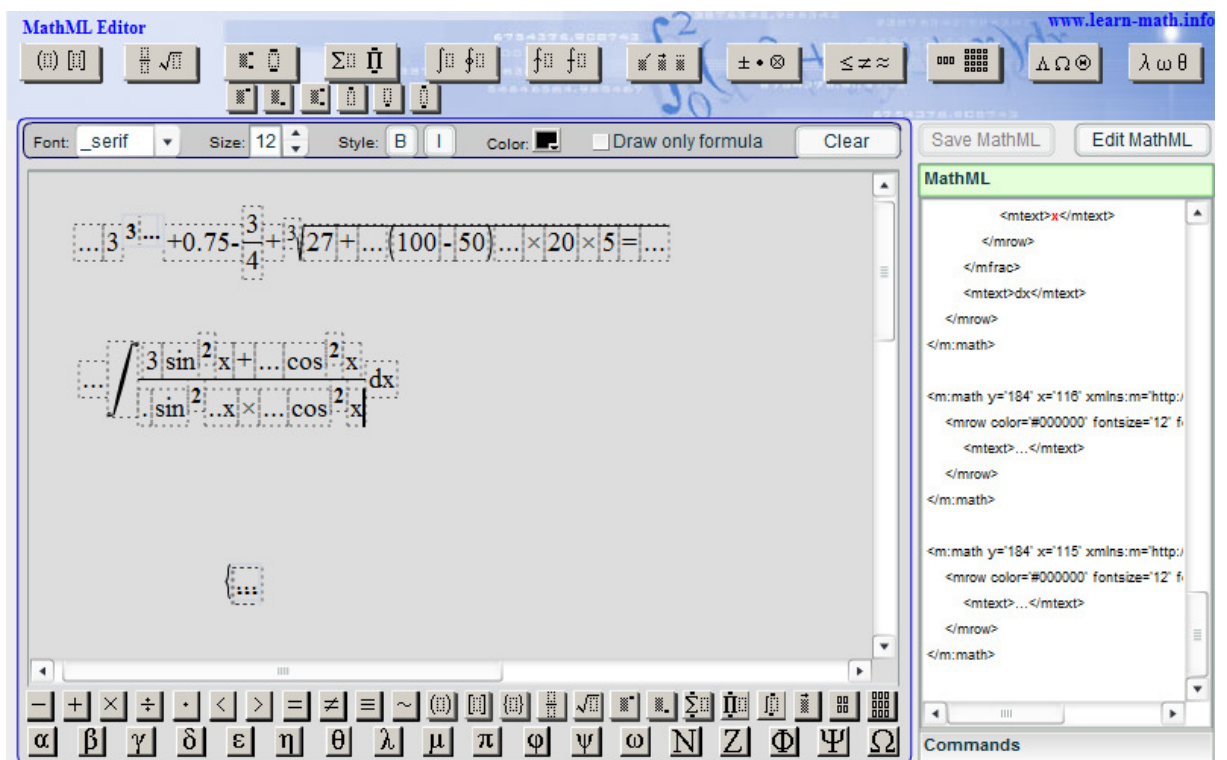
Sümbolitest oli puudu võrrandsüsteemi sisestamiseks vajalikud loogelised sulud. Teised vajalikud sümbolid olid küll olemas ja sümbolite valimine kasutajale lihtne. Väga keeruline oli lisatud sümboli puhul uuesti kursor soovitud kohta saada ja eelnevalt sisestatud väärtust muuta. Teise praktilise näite puhul oli tegemist, et sisestada murru lugejasse soovitud väärtusi. Samuti ei ole võimalik ülesandeid graafiliselt lahendada nagu on demos näidatud.

Plussid

- + Tasuta avatud lähtekoodiga redaktor.
- + Sümbolite valimine ja sisestamine kasutajale lihtne.
- + Töötab kõigi nelja veebilehitsejaga.

Miinused

- Sümbolite puudulikkus, puudub näiteks võrrandsüsteemi sisestamiseks vajalikud loogelised sulud.
- Eelnevalt sisestatud väärtuse muutmine on keeruline, sest kursori õigesse kohta saamine on raske



Joonis 16: Valemite sisestus Flashi põhise redaktoriga

4 Uurimismetoodika

Käesolevas peatükis annan ülevaate uurimismeetoditest, mida oma töö tegemisel ja kirjutamisel olen kasutanud. Uuringu tüüpidest kasutan oma töös tegevus- ja arendusuuringut. Mõlemaid tüüpe olen oma töös kasutanud ja erinevates etappides ka omavahel põiminud. Peatüki kolmandas osas annangi oma töö uuringuetappidest ülevaate.

4.1 Tegevusuuring

Ühe põhilise uuringu tüübina olen kasutanud oma töö läbiviimiseks tegevusuuringut (*Action research*). Tegevusuuringu definitsiooni on kõige lihtsam esitada järgmise mõistena.

Tegevusuuring on õpetajate (õpetaja-uurijate), juhtkonna või teiste võtmeisikute poolt teostatav süstemaatiline uuring kooli, õpetamise ja/või õpilaste kohta, mille eesmärgiks positiivsed muutused: keskkond, metoodika, õpilaste tulemused. [20]

Hodgkinson on aastal 1957 tegevusuuringu kohta öelnud järgmist: tegevusuuring on positiivse maailmavaate otsene ja loogiline väljund. Pärast seda, kui lastele näidati, kuidas teha koostööd, leidmaks oma probleemidele lahendusi, oli järgmiseks sammuks õpetajatel endil võtta omaks need meetodid, mida nad lastele õpetasid ja õppida oma isiklike probleeme koostöös lahendama. [23]

Tegevusuuringu valdkond meetodina on laiaulatuslik. Alates õpetajast, kes rajab uusi teid oma auditooriumile sotsiaalteaduste õpetamisel ja lõpetades keeruliste organisatsioonide muutuste tundmaõppimisega tööstuses, mida riik finantseerib, rahastamaks suuri uurimisgrupe. Olgu olukord milline tahes, selle meetodi hindamise kriteeriumid jäävad samadeks: suurendada praktiku oskusi toime tulla nende nähtustega, millega tal kokku tuleb puutuda, suurendada praktiku oskusi hakkama saada nende nähtustega, millega tal tuleb kokku puutuda. Seepärast seonduvadki need uuringud enamasti kas sotsiaalsete või hariduslike sihtidega. [23]

4.1.1 Tegevusuuringu tunnused

Tegevusuuringu põhitunnuseks on see, et tegu on **kohapealse menetlusega tegelemaks konkreetse probleemiga vahetus olukorras**. Ideaaljuhul tähendab see, et järk-järgulist protsessi jälgitakse pidevalt erinevate ajavahemike vältel erinevate meetoditega (nt. ankeedid, päevikud, intervjuud ning juhtumite analüüsid), et järgnevat tagasisidet saaks kasutada vastavalt vajadusele modifikatsioonideks, kohandamiseks, suunamuutusteks, ümberdefineerimisteks, et kestvate kasu tuua eelkõige käesolevale protsessile endale. Erinevalt muudele meetoditele ei proovita identifitseerida üht omaette faktorit ning uurida seda eraldi, lahus sellele tähendust andvast kontekstist. Teiseks tähtsaks tunnuseks on, et **leide rakendatakse koheselt või vähese aja möödudes**. [23]

Tegevusuuringute rakendamise peamiseks õigustuseks koolides on tegevuse täiustamine. Seda võib saavutada vaid juhul, kui õpetajad suudavad muuta oma mõttelaadi ja käitumist. Üks parimaid vahendeid selliste muutuste esilekutsumiseks on surve grupi poolt, kus inimene töötab. On tõdetud, et kuna õpetajad jagavad oma probleeme sama kooli teiste õpetajatega, muutub tegevusuuring ühistegevuseks, haarates kaasa paljusid või kõiki antud kooli õpetajaid. Seega on sageli kolmandaks tunnuseks **grupisisised omavahelised mõjud**. [23]

Tegevusuuringu neljandaks iseloomustavaks jooneks, mis muudab selle väga kohaseks töömeetodiks klassis ja koolis (nagu ka muudes välitingimustes), on **paindlikkus ja kohandatavus**. Need väärtused ilmnevad muutuste puhul, mis võivad tekkida töös, kohapealsete eksperimentide ja lähenemislaadi iseloomustavate uuenduste käigus. [23]

Tegevusuuring põhineb peamiselt vaatlustel ja käitumisandmetel. Seega on antud meetodi veel üheks eritunnuseks **empiirilisus**. See tähendab, et projekti teostamise vältel kogutakse, jagatakse, arutatakse, jäädvustatakse mingil viisil informatsiooni, hinnatakse seda ning tegutsetakse; aeg-ajalt moodustab sündmuste taoline järjestus edasiliikumise ülevaatliku aluse. [23]

Tegevusuuringu võib tinglikult jaotada kaheksaks faasiks, et uuringust oleks selle läbiviimise käigus selgem ülevaade.

Esimese faasiga kaasneb identifitseerimine, igapäevases õppetöös otsustavateks peetavate probleemide hindamine ja formuleerimine. “Probleemi” terminit tuleks siin vabalt käsitleda, nii, et selle all saaks mõista uuenduste tarvidust mingis olemasoleva kooliprogrammi aspektis. [23]

Teises faasis viiakse läbi sissejuhatav arutelu ja asjahuviliste poolte läbirääkimised – õpetajatega, uurijatega, nõustajatega ja võimalike sponsoritega – millest kulmineerub ettepanekute plaan. Sinna võib lülitada avaldatavad küsimused, millele tahetakse vastust. Konsultantide osas olevad uurijad (vahel ka programmi initsiaatorid), võivad teha probleemi väljaselgitamiseks ekspertiisi ja soovitada peale üldtuntute ka teisi teid. See faas on sageli otsustav – just siis külvatakse seemned, millest tulevikus võrsub edu või ebaedu. Üldiselt on see nii, et kui eesmärgid, sihid ja oletused ei ole kõigile osavõtjatele täiesti selged ja põhimõisted on lahti mõtestamata (näiteks, tagasiside), siis võib ettevõtmine kergesti ebaõnnestuda. [23]

Kolmandas faasis on vahel vaja teha ülevaade uuringu kohta käivast kirjandusest, selgitamaks, mida on õppida võrdlevatest uuringutest, nende eesmärkidest, protseduuridest ja probleemidega kokkupuutumisest. [23]

Neljandas faasis võib tekkida tarve probleemi muuta või teisiti, kui esimeses faasis, defineerida. See võib nüüd esile kerkida tõestust vajava hüpoteesina, või ehk ka uue sihiasetusena. Mõnikord võivad välistegurid sihiseadele niivõrd vastu töötada, et see piirab protsessi ennast. Just selles faasis täpsustuvad need eeldused, mis projekti aluseks on. [23]

Viendas faasis võib valida uurimisprotseduurid: kohandamine, administreerimine, materjalide valimine, õpetamise ja õppimise meetodika, ressursside ja ülesannete jagamine, isikkoosseisu jaotumine jne. [23]

Kuues faas on hinnangute faas, kusjuures peab märkima, et selles kontekstis peetakse silmas pidevat hinnangu andmist. [23]

Seitsmes faas hõlmab projekti vahetut läbiviimist (varieeruva ajaperioodi jooksul). See sisaldab tingimusi ja meetodeid andmete kogumiseks (näiteks, kaks korda kuus koosoleku pidamine, salvestuste säilitamine, vahearuanded, lõpparuanded, enesehinnangu ja grupihinnangu raportid jne.); ülesannete täitmise kontroll ja tagasiside kulgemine uuringumeeskonnale ja andmete töötlemine ning klassifitseerimine. [23]

Kaheksandas ehk viimases faasis toimub andmete interpreteerimine, tehakse järeldusi ja antakse projektile lõplik hinnang. Diskussioonid järeldustest leiavad aset eelnevate pooldavate hinnangukriteeriumite valguses. Osutatakse tähelepanu ebatäpsustele, vigadele ja probleemidele. Ja siis võib teha tulemustest lõpliku kokkuvõtte – hinnata projekti tulemusi, anda soovitusi ja korraldada info edastamist asjast huvitatutele. [23]

4.2 Arendusuuring

Arendusuuringu ehk rakendust loova uurimuse (*Design research*) omadusteks on:

- Rakenduse loomise ja valdkonda puudutavate teoreetiliste teadmiste väljatöötamise eesmärgid on uuringus põimunud.
- Arendus- ja uurimistegevus toimub interaktiivses kavandamise, rakendamise, hindamise, analüüsi ja ümberkavandamise tsüklis.
- Arendusuuringu tulemuseks on üldistatav teadmine, mida saavad kasutada valdkonna praktikud ja teised arendajad.
- Uurimus käsitleb disainiprotsessi ja tulemi iseärasusi autentses/reaalses oludes.
- Arendustegevus põhineb meetoditel/metoodikatel, mis võimaldavad näidata kuidas ja kuidas produkti rakendamine on seotud soovitud tulemi saavutamisega. [29]

Arendusuuringu võib jagada viieks faasiks. Faaside defineerimisel olen kasutanud aines Uurimismeetodid saadud teadmisi ja Katrin Niglase loengumaterjale [30]. Esimene faas on probleemi analüüs, kus tutvutakse probleemi vajaduste, eesmärkide, olemasoleva teabe ja rakenduste olemasolu ja tingimustega. Selles faasis tuleb sõnastada ka esialgne probleem, mida lahendada hakatakse.

Teine faas hõlmab endas disaini protsessi, kus valitakse töögrupp, kes antud probleemi lahendamise tegelema hakkab. Samuti lepitakse kokku töögrupi sisene tööjaotus (kes, mida ja kui palju teeb) ja ajakava. Uuritakse erinevaid arendusmeetodeid ning valitakse nende hulgas töö jaoks vajalikud meetodid.

Kolmandas faasis tegeletakse disaini protsessi resultaatidega, kus valmivad rakenduse visandid, iga grupiliige annab oma tehtud tööst ja järgmistest plaanidest ülevaate. Mõningatel juhtudel on selles faasis valminud ka esialgne rakendus, mida on võimalik ka juba testida.

Neljandaks faasiks on evalvatsioon ehk hindamine, mis tähendab et rakendust on võimalik testida ja hinnata sõltuvalt standarditest. Testimist võib läbi viia näiteks kahes grupis: üheks on näiteks töögrupi liikmed ja teiseks grupiks on kasutajad väljastpoolt töögruppi, kes jagavad rakendusele hinnanguid ja leiavad vigu.

Viimaseks viiendaks faasiks on järelduste ja üldistuste tegemine, kus on juba olemas esimene toimiv lahendus, mis vastab standarditele.

Sellist viiest faasist koosnevat ringi võib läbida mitu korda. Faaside uuesti läbimine tekitab korduvtsükli, mis iseloomustabki just arendusuuringut. Samuti iseloomustavad arendusuuringut veel komplekssus, sekkuvus, orienteeritus kasutatavusele/kasulikkusele, protsessile keskendumine, interaktiivsus, koostöö eeldatavus, mitmemõõtmelisus, mitmetasandilisus ja teooriapõhisus [29].

Arendusuuringute eesmärgid hariduses on:

- Õppimis- ja õpetamistegevuse parendamine.
- Uurida ja leida võimalusi uudsete õppijat ning õppimist toetavate keskkondade loomiseks.
- Luua õppimist ja õpetamist puudutavaid teooriaid, mis lähtuvad kontekstist.
- Edasi arendada ning ühendada arendustegevust puudutavat teadmist.
- Tõsta meie võimet välja töötada ja ellu rakendada hariduslikke uuendusi. [29]

4.3 Uuringu kava, etapid

Lähtudes tegevusuuringu ja arendusuuringu faasidest sõnastan järgnevalt oma magistritöö uuringuetapid. Kuna tegevusuuringut iseloomustavad paindlikkus ja kohandatavus, siis nii mõnegi faasi juures on rakendatud töö käigus tulenevaid muutusi.

Etapp 1 – Probleemi raskuse välja selgitamine ning sõnastamine. LeMill keskkonna kasutajatel on kerkinud probleem, et keskkonnas on vaja lihtsamat ja kasutajatele mõistetavamat meetodit, kuidas lisada matemaatilisi sümboleid ja valseid loodavatesse õppematerjalidesse. Lisaks on vaja, et juba salvestatud valem oleks võimalik täiendada ja parandada. Hetkel toimub sümboleid ja valemite sisestamine LaTeX kujul, mis ei ole aga keskmiste oskustega arvutikasutajale piisavalt lihtne, kiire ja mugav. LaTeX kujul sisestatud sümbol ja valem salvestatakse pildina, mis tähendab, et praegu ei ole võimalik seda muuta.

Kuna matemaatiliste õppematerjalide koostamine on keskkonnas kasutajatele problemaatiline, siis paljud keskkonna kasutajad ei loo matemaatilise sisuga õppematerjale. See tähendab aga seda, et ei toimu õppematerjalide jagamist teiste

kasutajatega ning ka õpilased jäävad huvitavatest ja vaheldusrikkamatest tundidest ilma. Nimelt õppimise tee õpilase südamesse viib läbi arvuti ja ja interneti.

Nii saigi algselt püstitatud lahendamist vajav probleem magistritöö jaoks sõnastatud selliselt: „Milline oleks kõige parem võimalus matemaatiliste sümbolite sisestamiseks ning valemite koostamiseks, muutmiseks salvestamiseks ja importimiseks LeMill keskkonnas“.

Etapp 2 – Koostöös juhendajaga koostasime uurimisküsimused, millele soovime töö lõpuks vastused leida. Samuti panime paika magistritöö üldise struktuuri. Esimesest uurimisküsimusest lähtudes uurisin erinevaid alternatiive matemaatiliste sümbolite ja valemite sisestamiseks, muutmiseks salvestamiseks, importimiseks ja eksportimiseks. Pikemalt peatun oma töös ka Latex ja MathML süntaksil.

Faasi teine osa hõlmab erinevat liiki tarkvarade analüüsimist, kus on võimalik sisestada matemaatilisi sümboleid ja koostada valemeid. Enne analüüsimist sai tarkvarad liigitatud nelja alagruppi: desktop-spetsiaaltarkvara, online-spetsiaaltarkvara, lisandmoodulid tekstitöötlustarkvaras ja õpiobjekti-editorid. Tarkvarade valikuks koostasın kõigepealt nimekirja tarkvarade kohta, mida olin ise kasutanud ja kus oli võimalus sisestada matemaatilisi sümboleid. Nimekirja täiendas ka juhendaja, millele lisandusid veel töö käigus leitud huvipakkuvad tarkvarad. Tarkvarade analüüsimiseks sõnastasin punktid, mida iga tarkvara juures hindan ja katsetan. Iga tarkvaraga viisin läbi kolm praktilist näidet, et selgitada välja kas ja kuidas on võimalik tarkvaras sümboleid sisestada.

Etapp 3 – Teises faasis tehtud tarkvarade analüüsimisel uurisin paralleelselt ka kirjandust käsitletud tarkvarade kohta ning tarkvarade loojate poolt koostatud arutelusid ja põhjendusi, et miks nad on just eelistanud materjalide sisestamiseks valitud süntaksit mitte mõnda teist. Samuti lugesin ja kasutasin oma töös teadusartikleid erinevate tekstiredaktorite kohta.

Etapp 4 – Algselt defineeritud probleemi sõnastust ei ole vaja muuta, sest tarkvarade analüüsimine ja kirjanduse uurimine andsid kinnitust, et matemaatikamooduli loomine LeMill keskkonda on vajalik ja see on ka reaalselt teostatav.

Etapp 5 – Toimub erinevate uurimismetoodikatega tutvumine ja oma töösse vajaliku meetodi valimine. Uurimismeetodiks valisin tegevusuuringu, sest see võimaldab

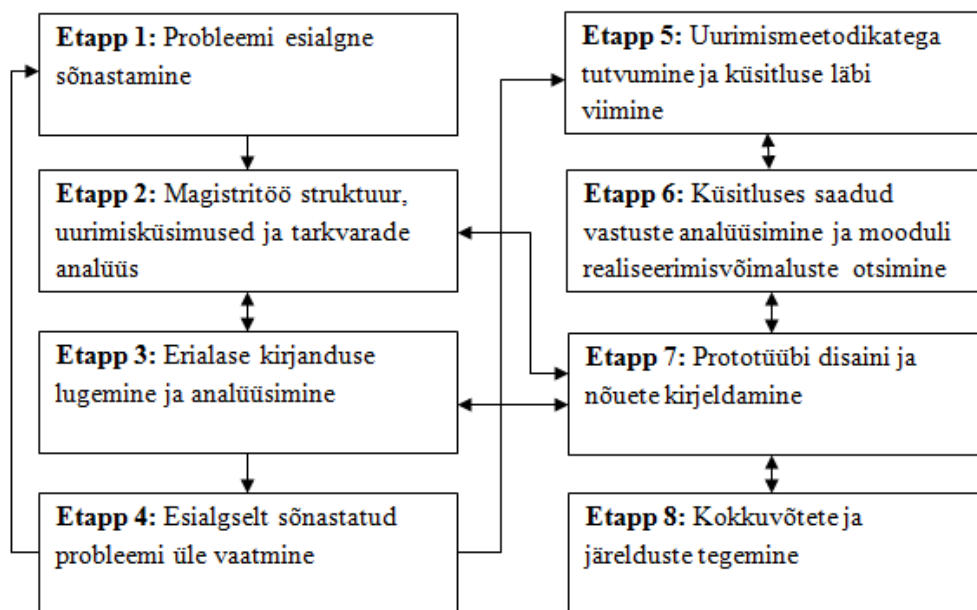
tegeleda konkreetse probleemiga vahetus olukorras ning seda iseloomustab paindlikkus ja kohandatavus.

Samuti koostan küsimustiku erinevatele kasutaja gruppidele, et välja selgitada nende ootusi LeMill keskkonna matemaatikamooduli osas. Tegemist on poolstruktureeritud küsitlusega, kus on nii valikvastustega kui ka vabas vormis vastustega küsimusi. Kuna tegu on veebipõhise küsitlusega, siis toimub ka sobiva tarkvara valimine küsimustiku koostamiseks.

Etapp 6 – Küsimustiku vastajatelt saadud vastuste analüüsimine ja kokkuvõtte tegemine kasutajate ootustest. Vastavalt kogutud kasutajate ootuste andmetele ja tarkvarade analüüsimisel kogutud infole toimub soovitude ja disaini ettepanekute koostamine LeMill keskkonna matemaatikamooduli jaoks. Samuti otsin erinevaid matemaatikamooduli realiseerimise võimalusi, et kõike ei tuleks täiesti nullist programmeerima hakata.

Etapp 7 – Kui on tehtud kokkuvõtvad ettepanekud LeMill matemaatikamooduli valmistajatele, siis nendelt saadud tagasiside selles faasis on oluline lõplike kokkuvõtete ja järelduste tegemiseks.

Etapp 8 – Toimub järelduste ja kokkuvõtete tegemine. Juhitakse tähelepanu veel uurimist vajavatele küsimustele ja probleemidele.



Joonis 17: Magistritöö uuringu etapid

5 LeMath prototüübi disain

Käesolevas peatükis annan ülevaate LeMill matemaatikamooduli prototüübi esmasest disainist ning vajalikest nõuetest. Disaini juures on kirjeldatud mooduli väljanägemine ning millistest sümbolitest peaks ta koosnema ja milliseid tegevusi võimaldama. Nõuete all on kirjeldatud, milliseid funktsioone peab moodul võimaldama, näiteks eksport ja import.

5.1 Nõuded

Selleks, et valmiv moodul vastaks kasutajate ootustele, siis tuleb seada nõuded mooduli funktsionaalsuse ja disaini jaoks. Kuna mooduli loomise ja kasutamisega on seotud väga palju erinevaid inimesi, siis kõigil nendel on oma nägemus ja nõudmised moodulile. Paljud nõudmised on ühised ja nendele peaks esmajoones tähelepanu pöörama. Moodulile esitatud nõuded on jagatud kolme gruppi: keskkonna kasutajad, keskkonna arendajad ja keskkond ise.

Kasutajate poolt esitatud nõuded:

- Saaks matemaatilisi sümboleid sisestada WYSIWYG meetodil.
- Et oleks võimalikult palju sümboleid ja template.
- Et oleks võimalikult mugav valemuid muuta, kustutada ja navigeerida sümboolite vahel nii hiire kui ka klaviatuuri abil.
- Et oleks võimalik juba sisestatud ja salvestatud valemit muuta.
- Et oleks võimalik MathML-ina eksportida.
- Sisestatud valem oleks eraldi moodulina, et seda oleks võimalik materjalis ülesse ja alla liigutada.

Arendajate poolt esitatud nõuded:

- Et oleks avatud lähtekoodiga.
- Et moodul oleks valmistatud Flashis või Javascriptis.
- Et oleks võimalik juba sisestatud ja salvestatud valemit muuta.

- Et tulevikus oleks võimalik graafikamoodul juurde arendada.
- Et oleks võimalik eksportida ja importida MathMLi.
- Et oleks arvestatud Creative Commons Attribution-ShareAlike litsentsi nõudeid.
- Mooduli kasutamiseks kasutajatele esitatud nõuded oleks minimaalsed (töötaks võimalikult paljude veebilehitsejatega ja ei oleks vaja väga palju lisamoduleid installeerida).

Keskkonna poolt esitatud nõuded:

- Et oleks arvestatud Creative Commons Attribution-ShareAlike litsentsi nõudeid.
- Et disain läheks kokku keskkonna üldise kujunduse ja loogikaga.

5.2 LeMath prototüübi kontseptuaalne disain

Käesolevas peatükis on kirjeldatud LeMill keskkonna matemaatikamooduli LeMath prototüübi kontseptuaalset disain (*Conceptual design*). Kontseptuaalse disaini eesmärgiks on analüüsida ja optimeerida protseduure, mida kasutajad järgivad veebirakendust kasutades.

Kontseptuaalne disain on üksikasjalik tõlgendus ideest kasutajatele, et anda kasutajatele ülevaade, mida see toode endast kujutab, mida see teha suudab ja kuidas seda kavatsetakse kasutada. Samuti võib kontseptuaalse disaini juures välja tuua, millise tootega tegu ei ole, mida temaga teha ei saa ja milleks ta mõeldud ei ole. Kontseptuaalne disaini puhul tuleb asju vaadata kasutaja vaatepunktist. [31]

Loodava LeMill matemaatikamooduli peamiseks eesmärgiks on matemaatiliste sümbolite ja valemite sisestamine, salvestamine ning salvestatud sümbolite ja valemite muutmine. Selleks võiks LeMill keskkonnas olla eraldi matemaatikablokk. Antud matemaatikablokki peaks olema võimalik lisada uue õppematerjali tegemisel „Veebilehekülje“ ja „Harjutuse“ alt. Eraldiseisvat blokki peaks olema võimalik liigutada kas ülesse või alla sarnaselt nagu on lahendatud tekstibloki või meediafaili koha muutmine LeMill keskkonnas. Lisaks bloki liigutamisele peaks saama juba

sisestatud ja salvestatud sümboleid ning valemeid muuta vajutades matemaatikabloki juures olevale nupule „Muuda“. Antud matemaatikamoodul ei ole mõeldud ülesannetele lahenduste saamiseks, vaid eelkõige matemaatiliste õppematerjalide lihtsamaks koostamiseks.

Selleks, et sümboolite lisamine kasutajale lihtsam oleks peaks kindlasti kasutama template ja ülekatteid. Template (*Template*) ja ülekatte (*Overlay*) tähendavad kahte erinevat viisi juhendamiseks muutes dokumendi struktuuri. Template'd on osalised valemid tühjade lahtritega. Kasutaja saab sisestada template'i kindlasse kohta dokumendis. Tavaliselt käesolevasse muutmispunkti (*edit point*) või kui moodulid seda lubavad eelnevalt valitud kohta dokumendis. Ülekatted on spetsiaalsed template'd, kus üks lahter on täidetud mingi dokumendi osaga, millele oli eelnevalt viidatud muutmispunktis või mis oli valitud sellel ajal, kui ülekatte sisestati. [28, lk 309]

Matemaatiliste sümboolite sisestamine peaks toimuma kasutaja jaoks nii, et ta valib matemaatikapaletilt soovitud sümboli ja vajutab antud sümboliga nupule, mille tulemusena lisatakse soovitud sümbol kasutaja poolt valitud muutmispunkti ehk siis kohta kus asub aktiivne kursor. Olemasolevate sümboolite vahel peaks saama liikuda klaviatuuril olevate nooltega ja klahvi Tab abil, kuid samuti peaks olema võimalik ka hiirega liikuda soovitud kohta. Sümbolite, mis on juba sisestatud, kustutamiseks tuleb kursor asetada peale sümbolit ja kustutamiseks vajutada Backspace nupule või teise võimalusena märgistada kustutamist vajav sümbol ja vajutada Delete nuppu.

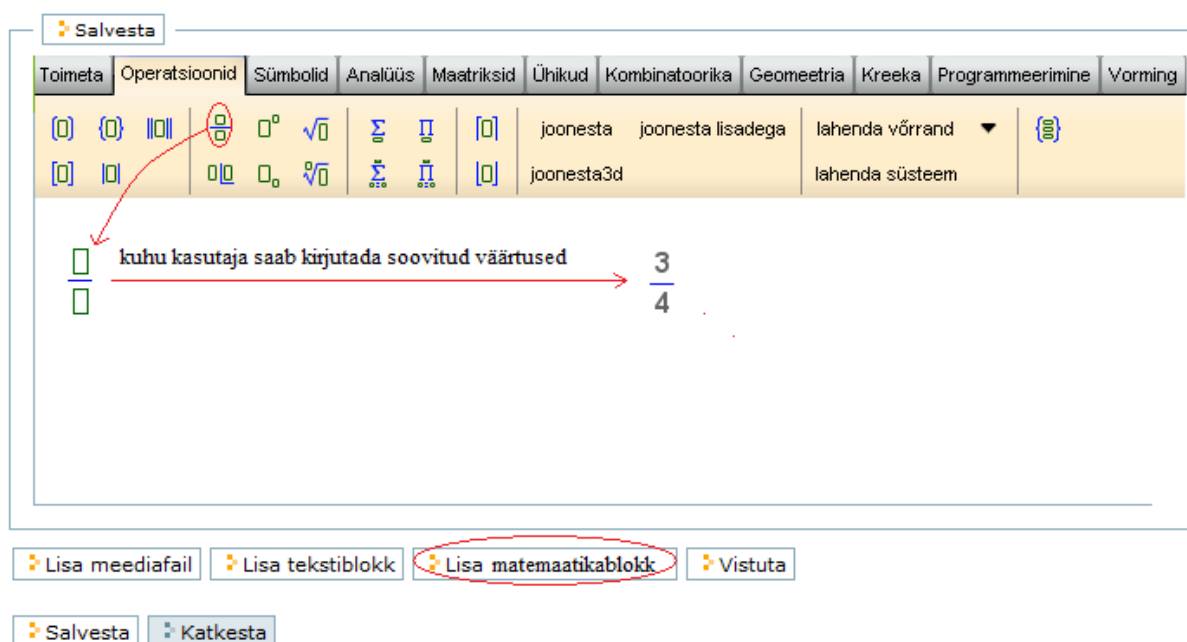
Matemaatikamooduli LeMath matemaatikapaletti, sektsioonideks jaotamine ja vajalike sümboolite arv võiks olla sarnane Wirisega, nagu on kujutatud all oleval joonisel, kuna see tundus kõigist analüüsitud tarkvaradest kõige mugavam ja võimalusterohkeim. Matemaatikapalett peaks olema jaotatud 4 sektsiooniks: toimeta, operatsioonid, sümboolid ja kreeka tähed. Kõigi sektsioonide peale võiks olla kokku 43 erinevat operatsiooni.

Toimeta sektsioon peaks koosnema järgmistest tegevustest: kopeeri (copy), lõika (cut), kleebi (paste) ja tagasi (undo).

Operatsiooni sektsioon peaks koosnema järgmistest operatsioonidest: ümarsulud, looksulud, vaskpoolne looksulg (võrrandsüsteemi sisestamiseks), nurksulud, absoluutväärtus, murd, aste, juur, alaindeks, määratud integraal, tuletis, piirväärtus, maatriks, determinant.

Sümbolite sektsioon peaks koosnema järgmistest sümbolitest: pluss, miinus, jagatis, korrutis, võrdusmärk, ei võrdu, suurem, väiksem, väiksem või võrdne, suurem või võrdne, arv Pi ja arv e.

Kreeka tähtede sektsioon peaks koosnema järgmistest kreeka tähtedest: α , β , π , Ω , μ , η , λ , χ , ψ , σ , ν , ϵ , δ .



Selleks, et valemeid ei peaks sisestama otse MathML keeles ja saaks sisestada lihtsalt hiirega operatsioonile vajutades, nii nagu üleval oleval pildil, peaks matemaatikamoodul olema koostatud kas Javaga, Ajaxiga, Flashiga või Javascriptiga. Teisisõnu peaks iga nupu taga olema kood (näiteks Javascripti kood), mis genereerib vajaliku MathML koodi, mida veebilehitseja näitab korrektse valemina automaatselt. Antud MathMLi koodi peaks olema võimalik ka kasutajal vaadata ja eraldi failina salvestada, et seda mõnes teises keskkonnas vajadusel kasutada. MathML koodi kasutaja ise kirjutada ei peaks saama, sest hetkel ei ole sellele konkreetset vajadust, kuna kasutajate hulk kes valdavad MathML koodi on vähene.

Kokkuvõtteks

Käesolev magistritöö „Matemaatika-alaste veebipõhiste õppematerjalide koostamise võimalused LeMill abil“ eesmärk oli uurida ja esitada parim ja lihtsaim viis matemaatiliste sümbolite ning valemite sisestamiseks, salvestamiseks, muutmiseks ja eksportimiseks keskkonnale LeMill.

LeMill on veebipõhine keskkond õppematerjalide otsimiseks, loomiseks ja jagamiseks. Tegemist on wiki-laadse keskkonnaga, kus sisu luuakse kogukonna poolt ning keskkonna kasutamiseks piisab veebibrauserist. Loodud sisu on avaldatud Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.5 litsentsi tingimustel. LeMill keskkonnas toimub hetkel matemaatiliste sümbolite sisestamine ja valemite koostamine LaTeX keeles. Valemite salvestamine toimub pildina, mis tähendab, et ei ole võimalik juba salvestatud valemeid hiljem muuta.

LeMill keskkonnas luuakse üsna palju õppematerjale, kuid üldiselt ei ole tegu matemaatilisi sümboleid sisaldavate materjalidega. Põhjus on lihtne. LaTeX keele süntaksit üldjuhul tavaõpetaja ei valda ning tal tuleb eelnevalt valem mõnes teises keskkonnas koostada (näiteks MathCast või mõni teine LaTeX online redaktor) ning seejärel saab ta LaTeX süntaksi LeMill keskkonda kopeerida. Käesolev probleem ongi vaja lahendada, et ka matemaatiliste õppematerjalide hulk LeMill keskkonnas kasvaks, kasutajatel oleks valemeid lihtne ja mugav sisestada ning õppematerjale oleks võimalik teistel kasutajatel täiendada ja parandada.

LeMill keskkonnale sobiva matemaatikamooduli disainimiseks uurisin esmalt tarkvaralahendusi, mis võimaldavad matemaatilisi õppematerjale koostada. Tarkvara analüüs koosnes kolmest osast: esimeses osas tutvustasin lühidalt iga tarkvara, teises osas leidsin vastused võrdluskriteeriumi küsimustele ja kolmandas osas tegin läbi kolm praktilist matemaatilist ülesannet, et selgitada välja tarkvara negatiivsed ja positiivsed küljed.

Kasutajate ootuste ja vajaduste välja selgitamiseks loodava matemaatikamooduli osas tuli läbi viia küsitlus. Vastanute arvates võiks matemaatiliste sümbolite ja valemite sisestamine välja näha sarnaselt Wirisele, kus kasutaja valib matemaatikapaletteilt vajaliku sümboli ja lisab soovitud väärtused. Selline lahendus tagaks selle, et matemaatika õppematerjalide koostamine oleks igale kasutajale jõukohane ja ei oleks

vaja kasutada mitut erinevat keskkonda. Lisaks peaks matemaatikablokki olema sarnaselt tekstiblokile võimalik liigutada materjalis kas ülesse või alla.

LeMill keskkonna matemaatikamooduli realiseerimiseks on mitmeid erinevaid võimalusi. Kuna kõige lihtsam võimalus veebilehel matemaatika sümboleid ja valemeid kuvada on kasutada MathML keelt, siis peaks koostatav matemaatikamoodul võimaldama genereerida sisestatud sümboleid MathML keeles. Selle tarbeks on võimalik kirjutada matemaatika valemite redaktor Java, Javascripti või Flashi baasil. Kuna paljud saadaolevad Java põhised matemaatika valemite redaktorid on tasulised ja nende ise kirjutamine on keeruline, siis LeMill keskkonna matemaatikamooduli realiseerimiseks on lihtsam kasutada Javascripti või Flashi põhise matemaatika valemite redaktorit. Sellised redaktorid on tihtipeale oma ülesehituselt lihtsamad ja sageli ka avatud lähtekoodiga. See teeb LeMill keskkonda matemaatikamooduli loomise oluliselt lihtsamaks ja kiiremaks. Sai katsetatud kahte (üks Javascripti põhine ja teine Flashi põhine) matemaatika valemite redaktorit, millest võiks võtta eeskujuna LeMill matemaatikamooduli loomisel.

Arendajatele ja programmeerijatele LeMill matemaatikamooduli realiseerimiseks koostasin prototüübi disaini kirjelduse ning vajalikud nõuded. Disaini juures on kirjeldatud mooduli väljanägemine ning millistest sümbolitest peaks ta koosnema ja milliseid tegevusi võimaldama. Nõuete all on kirjeldatud, millised on kasutajate, arendajate ja keskkonna poolt esitatud nõuded.

Summary

The main goal of this Master's thesis titled „Developing Web-based learning resources for mathematics with LeMill“ is to find and propose the best and easiest way to enter, save, export, import and modify mathematical symbols and formulas in LeMill environment.

LeMill is a web-based environment for composing and sharing learning resources. LeMill is a wiki-like environment where the content of the environment is created by the users. In the current version of LeMill.net, mathematical symbols and formulas are inserted into LeMill learning resource, using LaTeX transcription and converted into images which cannot be edited afterwards. Ordinary teachers are not familiar with LaTeX transcription.

In my Master's thesis I have analysed many different software solutions which enable to insert mathematical symbols and formulas in to a webpage. The software analysis consists of three parts: Overview of the software, answers to the criteria-related questions, and the pros and cons of the software. In order to find out the user needs and expectations, a respective survey was conducted.

The results of the software analysis and survey of user needs and expectations indicated that the easiest solution for LeMill math editor is to use MathML transcription and create a Flash or Javascript based math editor for composing and changing MathML transcription. MathML is the easiest way to display mathematical symbols and formulas on a web page. Flash and Javascript based math editor is the easiest way to create a math editor for a web page, because minimal requirements are set for users and there are plenty of good open-source examples available on the web.

In the final part of my Master's thesis, the design and requirements for the prototype are presented. The design and requirements of the prototype should help the developers to achieve the goal that was established.

Kasutatud kirjandus

[1] Vikepeedia. „Matemaatika“

URL <http://et.wikipedia.org/wiki/Matemaatika>, (22.01.2009)

[2] Sarik, D. (2006). Intervjuu Mati Heinlooga „Mati Heinloo e-õppet“

URL <http://portaal.e-uni.ee/uudiskiri/edu/mati-heinloo-e-oppest>, (20.01.2009)

[3] LaTeX projekti kodulehekülg „A Introduction to LaTeX“

URL <http://www.LaTeX-project.org/intro.html>, (23.01.2009)

[4] Wikipedia „LaTeX“

URL <http://en.wikipedia.org/wiki/LaTeX>, (23.01.2009)

[5] Parmakson, P. (2006). „Ülevaade infosüsteemide tüpoloogiatest“

URL http://www.tlu.ee/~priitp/IM_32/IM_32_35_Typol.htm, (24.01.2009)

[6] Lind, A. Nagel, K. (2000). „Matemaatika“. Tallinn: Kirjastus Ilo

[7] Kõiv, H. Jõgi, T. (2002). „Matemaatika abimaterjal kaugõppijale“. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool

[8] MathCasti kodulehekülg

URL <http://mathcast.sourceforge.net/>, (31.01.2009)

[9] Wirise kodulehekülg

URL <http://www.wiris.ee/>, (31.01.2009)

[10] Buswell, S. Devitt, S. Diaz, A. Ion, P. (1999). „Mathematical Markup Language 1.01 Specification“

URL <http://www.w3.org/TR/REC-MathML/>, (01.02.2009)

[11] Wikipedia. „MathML“

URL <http://en.wikipedia.org/wiki/MathML>, (01.02.2009)

[12] Wikipedia. „History of computer science“

URL http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_computer_science, (06.02.2009)

[13] Wikipedia. „Personal computer“

URL http://en.wikipedia.org/wiki/Personal_computer, (06.02.2009)

[14] Wikipedia. „Microsoft Office“

URL http://et.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Office, (31.01.2009)

[15] OpenOffice kodulehekül „Why OpenOffice.org“

URL <http://why.openoffice.org/>, (31.02.2009)

[16] Madisson, A. (2007). „Teenusorienteeritud arhitektuuriga veebipõhise testimise vahend“

URL http://www.cs.tlu.ee/instituut/opilaste_tood/seminari_ja_proseminari_tood/2007_sygis_2/Aili_Madisson/Aili_Madisson_Seminari_Too.pdf, (02.02.2009)

[17] „Programmi eXe kasutamine“

URL http://lepo.it.da.ut.ee/~triinm/e-louna/exe/programmi_exe_kasutamine.html, (15.02.2009)

[18] „Ülevaade LeMill keskkonnast“

URL <http://LeMill.net/content/webpages/ulevaade-LeMill-keskkonnast/view>, (03.03.2009)

[19] „LeMill keskkond ja autoriõigused“

URL <http://LeMill.net/content/webpages/LeMill-keskkond-ja-autorioigused/view>, (03.03.2009)

[20] Niglas, K. (kursus 2008, IVA). Esitlus ja loeng tegevusuuringu kohta aines uurimismeetodid

[21] Kusnets, K. (2007). „E-kursuste õppedisaini modelleerimine ja teostamine multimeediumipõhise õppematerjali abil eesti e-kutsekooli kontekstis“

URL http://www.cs.tlu.ee/instituut/opilaste_tood/magistri_tood/2007_kevad/Kerli_Kusnets/Kerli_Kusnets_Magistri_Too.pdf, (28.02.2009)

[22] Pata, K. „Uuringute tüübid“

URL <http://lepo.it.da.ut.ee/~kpata/meetodid/1UuringumudelidAU.pdf> (28.03.2009)

[23] Kalabugin, V. „Tegevusuuring“

URL <http://viru.tlu.ee/meetod/action-e.doc> (29.03.2009)

[24] Connexions'i kodulehekülg

URL <http://cnx.org> (01.04.2009)

[25] AtiWiki. (2006) „Mathematica“

URL <http://wiki.cs.ut.ee/atiwiki/CompTools/Mathematica> (04.04.2009)

[26] Libbrecht, P. Cross, C. „Authoring LeActiveMath Calculus Content“

[27] Padovani, L. „Interactive Editing of MathML Markup Using TEX Syntax“

[28] Padovani, L. Solmi, R. „An Investigation on the Dynamics of Direct-Manipulation Editors for Mathematics!“

[29] Wei, Su. „A Browser-Based Visual Editor for Mathematical Expressions“

URL <http://wme.cs.kent.edu/mathedit/#> (05.04.2009)

[30] Niglas, K. Esitlus „Arendusuuring ehk rakendust loov uuring“

URL www.cs.tlu.ee/instituut/oppe_tegevus/bakalaureus/arendusuuring.ppt
(12.04.2009)

[31] (2001) „Conceptual Design“

URL <http://www.interfaceconcepts.com/concept.htm> (10.04.2009)

Lisa 1: Küsimustik

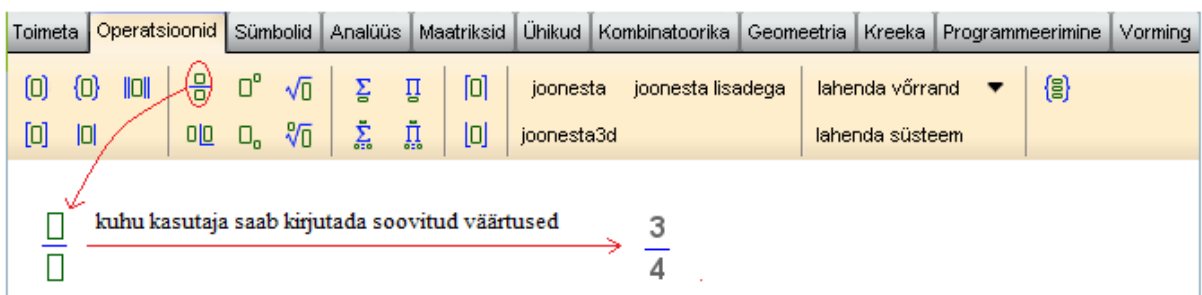
LeMill on veebipõhine keskkond õpimaterjalide otsimiseks, loomiseks ja jagamiseks. LeMill on wiki-laadne keskkond, kus sisu luuakse kogukonna poolt ning keskkonna kasutamiseks piisab veebibrauserist. Loodud sisu on avaldatud Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.5 litsentsi tingimustel. LeMill keskkonda on võimalik kasutada aadressil <http://LeMill.net>.

LeMill keskkonnas on hetkel matemaatiliste sümbolite sisestamine LaTeX keeles ja salvestamine toimub pildina, mis tähendab, et ei ole võimalik juba salvestatud valemeid hiljem muuta. Oma magistritöö käigus olen uurinud erinevaid tarkvaralahendusi, mis võimaldavad matemaatilisi sümboleid ja valemeid veebilehele lisada. Magistritöö eesmärgiks on välja selgitada parim ja lihtsaim lahendus LeMill keskkonna matemaatikamooduli jaoks, arvestades kasutajate ootusi.

Selleks, et välja selgitada parim lahendus LeMill keskkonna jaoks, palun teie abi. Palun vastake all olevatele 12-le küsimusele. See võtab aega umbes 10 minutit. Olen väga tänulik teie ideede, ettepanekute ja vastamiseks kulutatud aja eest!

1. Kui tihti olete käesoleval õppeaastal kasutanud järgmisi tarkvaralahendusi matemaatika-alaste digitaalsete õppematerjalide koostamiseks (iga päev, kord nädalas, kord kuus, paar korda aastas, harvem, üldse mitte):
 - LeMill
 - Wiris
 - StudyWorks
 - Mathematica
 - MS Word Equation Editor
 - OpenOffice Math
2. Kas oskate kasutada LaTeX süntaksit matemaatiliste sümbolite ja valemite kirjapanekuks? (Ei, juhendi abil oskan, jah)
3. Kas tunnete vajadust matemaatika-alaste veebipõhiste õppematerjalide loomise vahendi järele? (Ei; mitte eriti; jah, kindlasti)

4. Kas teie arvates tuleks LeMill.net keskkonnale lisada matemaatiliste sümbolite ja valemite koostamise vahend? (Jah, ei)
5. Milline on teie kui matemaatika õpetaja jaoks täna peamine probleem matemaatika-alaste veebipõhiste õppematerjalide koostamisel ja kasutamisel? (vaba vastus)
6. Kuidas võiks matemaatiliste sümbolite ja valemite sisestamine LeMill keskkonnas välja näha? Valige üks, teile kõige sobivam variant!
 - a) Sarnaselt Wirisega: kasutaja sisestab matemaatilisi sümboleid ja valemeid graafilises menüüs sobivale valikule klõpsates



- b) kasutaja sisestab valemi LeMillis loodud veebilehele LaTeX süntaksit kasutades, LeMill muudab valemi pildifailiks, mida ei saa enam muuta


$\frac{\{\}}{\{\}}$ kasutaja sisestab väärtused \rightarrow $\frac{3}{4}$


- c) kasutaja koostab matemaatilise teksti oma arvutisse installeeritud tarkvara (nt. MS Office Equation Editor või OpenOffice Formula) abil ja ekspordib tulemuse MathML vormingus veebilehele:


```
<math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML" display="block">
  <mrow>
    <mfrac>
      <mn>3</mn>
      <mn>4</mn>
    </mfrac>
  </mrow>
</math>
```


- d) Mõni muu võimalus


7. Kas matemaatikamoodul võiks paikneda nii nagu all oleval pildil kujutatud, et teda oleks võimalik eraldi blokina liigutada kas ülesse või alla?


 Lisa meediafail

 Lisa tekstiblokk

 Lisa matemaatikablokk

 Vistuta

 Salvesta

 Katkesta

1. Jah, sobib
 2. Ei, valem peaks paiknema tavalise tekstibloki sees
 3. Muu lahendus
 4. Ei oska öelda
8. Mis formaadis võiks valemite salvestamine LeMill keskkonnas toimuda?
- a) Pildifailina
 - b) MathML
 - c) LaTeX
 - d) Muu
 - e) Ei oska öelda
9. Mis formaadis võiks valemite eksport toimuda?
- a) Pildina
 - b) MathML
 - c) LaTeX
 - d) Muu
 - e) Ei oska öelda
10. Mis formaadis valemideid võiks saada importida?
- a) Pildina
 - b) MathML
 - c) LaTeX
 - d) Muu
 - e) Ei oska öelda

11. Kas valemite import LeMilli võiks toimuda ka otse Wirise keskkonnast, sarnaselt HotPotatoes abil loodud harjutuste impordiga LeMilli?

- a) Jah, kindlasti
- b) Ei ole oluline
- c) Ei oska öelda

12. Palun kirjeldage oma ootusi seoses LeMill.net keskkonda loodava matemaatikaalaste õppematerjalide koostamise mooduliga. (vaba vastus)