

Tallinna Pedagoogikaülikool
Matemaatika-loodusteaduskond
Informaatika osakond

Eha Vaard

**MULTIMEEDIA KASUTAMISE VÕIMALUSI PÕHIKOOLI
MATEMAATIKAS TEEMA “KOORDINAATTASAND” NÄITEL**

Magistritöö

Juhendaja:
dots Lea Lepmann

Autor.....”.....” 2004
Juhendaja.....”.....” 2004

Tallinn 2004

Sisukord

Sisukord.....	1
Sissejuhatus.....	3
1 Hetkeseis Eesti haridusmaastikul.....	6
1.1 Olulisi väljavõtteid dokumendist “Visioon Eesti haridussüsteemist aastal 2010”	6
1.2 Hariduspoliitiline hetkeseis.....	7
1.3 Haridusstrateegia „Õpi-Eesti” põhiseisukohad.....	9
1.4 Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia Eesti koolides.....	12
1.4.1 Õpilaste ja õpetajate juurdepääs arvutitele.....	12
1.4.2 Õpilaste ja õpetajate arvutialane pädevus	15
1.4.3 Arvutite kasutamine õppetöös.....	17
1.5 Kokkuvõte	24
2 Tehnoloogia koolihariduses ja matemaatiline õpitarkvara.....	26
2.1 Hariduses kasutatavad tehnoloogiad	26
2.2 Tehnoloogiaavaliku kriteeriumid.....	29
2.3 Õpitarkvara.....	32
2.4 Arvuti matemaatikatunnis	34
2.5 Eesti koolimatemaatikas kasutusel olev õpitarkvara.....	39
2.5.1 GeomeTricks	39
2.5.2 Function.....	41
2.5.3 Tabletalk.....	43
2.5.4 Pattern.....	44
2.5.5 StudyWorks.....	45
2.5.6 GeoLog-Win.....	46
2.5.7 Tõenäosusteooria 12. klassile.....	48
2.6 Kokkuvõtteks	49
3 Multimeedia rakendused õpitarkvaras	52
3.1 Erinevaid õpitarkvaralisi lahendusi matemaatikas	52
3.1.1 CHAMELEON GRAPHING	52
3.1.2 MATH SOFTWARE — VISUAL PLANE GEOMETRY	53
3.1.3 ALGEBRA1: GRAPHING LINEAR EQUATIONS.....	56
3.1.4 GEOMETRIA	58
3.1.5 MATHDORK	60
3.2 Multimeedia kasutamine – tõhus vahend õpitarkvara koostamisel.....	63
3.3 Õpitarkvara koostamise didaktilised alused.....	67
3.3.1 Tiitelleht ja juhised.....	68

3.3.2	Tekstilise informatsiooni esitamine	68
3.3.3	Graafilise informatsiooni esitamine	69
3.3.4	Video esitamine.....	69
3.3.5	Heli esitamine.....	70
3.3.6	Värvid info esitamisel	70
3.3.7	Info paigutus.....	71
3.3.8	Õppija kontroll programmi tegevuse üle.....	71
3.3.9	Arvutipõhised testid	72
4	Õpitarkvara prototüüp teemal „Koordinaattasand”	73
4.1	Matemaatika õpetamise lähtekohad koolis	73
4.2	Sihtgrupi analüüs.....	75
4.3	Koordinaattasand põhikooli matemaatika õppekavas	77
4.4	Erinevaid lähenemismetoodikaid õpikutes.....	80
4.5	Õpitarkvara eesmärk	84
4.6	Õpitarkvara „Koordinaattasand”struktuur.....	91
4.7	Loomine	92
4.8	Hindamine	97
	Kokkuvõte	99
	Summary	101
	Kasutatud kirjandus.....	102
	Kasutatud internetileheküljed.....	104

Sissejuhatus

Tänu Tiigrihüppe Sihtasutuse programmidele ning kohalikele omavalitsustele on Eesti koolivõrgustik käesolevaks ajaks varustatud piisava hulga arvutitega ja interneti püsiühendusega. Samuti on arvutiõpetus kui õppeaine enamikes vabariigi koolides õppekavasse lülitatud ning on välja töötatud ja riiklikus õppekavas fikseeritud põhikooli lõpetaja infotehnoloogia alased pädevused (RT I 2002, 20, 116). Nimetatud pädevusi tuleb koolidel tagada III kooliastme lõpuks, kuid enamikes koolides alustatakse arvutiga tutvumist vähemalt II kooliastme alguses. Seega on õppetegevuse mitmekesistamisel arvuti kui õppevahendi kaasamine järgmiseks sammuks erinevate ainete õpetamisel. Suur hulk asjatundlikke ja aktiivsemaid õpetajaid on juba praeguseks omandanud hulga kogemusi edukate ainetundide läbiviimisel arvutiklassides. Kahjuks pole harvad ka vastupidised juhused, kus ainetund arvutiklassis on kui kordamis- ja kinnistamisvõimalus või siis internetist info otsimise-leidmise tund. Põhjuseks enamasti kaasaegsete emakeelsete (arvuti)tehnoloogiliste õppematerjalide nappus.

Enamik olemasolevaist arvuti võimalusi kasutavatest õppeprogrammidest on kas hangitud välismaalt ja püütud eesti keelde tõlkida või mõnel muul viisil kohandada meie õppekavadega. Näiteks on matemaatikas programmi StudyWorks kasutamiseks jaoks välja töötatud terve rida töölehti. Emakeelseid ja meie õppekavale sobivaid õpitarkvara rakendusi on vähevõitu. Peamisteks põhjusteks on:

- vähesed kogemused multimeediliste õpitarkvaraprogrammide väljatöötamisel;
- sageli ei tunne oma ala head pedagoogid vastavaid arvutiprogramme, millega oleks võimalik näitlikustada omandatavat õppematerjali;
- kogu protsess programmi idee väljatöötamisest kuni valmimiseni on pikaajaline;
- sageli on kooli õppekavas olevad terviklikud teemad tükeldatud mitme eri klassi õpikutesse ja seetõttu ei saa õppeprogrammi kasutada tervikuna, vaid osadena.

Magistritöö **eesmärgiks** on välja töötada multimeedia rakendustel põhineva õppeprogrammi stsenaarium ja prototüüp teemal “Koordinaattasand”, mis aitaks tõsta õpetamise efektiivsust.

Töö uurimuse **objektiks** on koordinaattasandi mõiste õpetamine-selgitamine multimeedia vahendite abil põhikooli matemaatika õppeprogrammi ainekavast lähtuvalt, samuti täienduskoolitusena olümpiaadidel osalejatele ja muidu asjast huvitatuile.

Uurimuse **aineks** on nende vahendite didaktiline otstarbekus õpetamise käigus.

Magistritöö eesmärgi saavutamiseks tulevad täitmisele järgmised **ülesanded**:

- selgitada välja Eesti Vabariigi hariduspoliitika põhisuunad ja strateegiad;
- selgitada välja, kuidas rakendub info- ja kommunikatsioonitehnoloogia vahendite kasutamine Eesti koolides;
- võrrelda koolihariduses kasutatavaid tehnoloogiaid, sh õpitarkvara;
- analüüsida hetkel Eesti koolides kasutatavaid matemaatikaalaseid õpiprogramme;
- analüüsida analoogseid õppematerjale mujalt maailmast;
- analüüsida kirjandust multimeedia põhimõtete rakendamise kohta õppematerjalide koostamisel ja arvutidisaini eripärast;
- analüüsida sihtgruppi, kellele õppeprogramm on mõeldud;
- analüüsida didaktilisi ja ainealaseid materjale, milles käsitletakse valitud teemat;
- koguda erinevatest allikatest kokku koordinaattasandit käsitlevad õppematerjalid ja neid võrrelda;
- määratleda õpitarkvara sisu ja ülesehitus;
- koostada õpidisaini mudel ja koostada õpitarkvara prototüüp.

Ülaltoodud ülesannete täitmiseks kasutatakse järgmisi **uurimismeetodeid**: kirjandusallikate analüüs, multimeediumil põhinevate rakendusallikate analüüs, intervjuud õpetajatega, pedagoogiliste kogemuste üldistamine, pedagoogiliste nähtuste analüüs ja süntees.

Magistritöö koosneb 4 peatükist, millest esimene kajastab hetkeseisu meie haridusmaastikul arvutite kasutamise aspektist, teises analüüsitakse koolihariduses kasutatavaid tehnoloogiaid, matemaatika eripära nende kasutamisel ning praegu kasutusel olevat matemaatilist õpitarkvara. Kolmandas peatükis vaadeldakse erinevaid (nii matemaatikast üldse kui ka koordinaattasandiga seonduvalt, nii internetipõhiseid kui ka multimeedia sugemetega) mujal maailmas väljatöötatud ja meile kättesaadavaid erinevaid arvutipõhiseid õppematerjale ning analüüsitakse õpitarkvara

ülesehituse ja disaini eripära. Neljandas peatükis viiakse läbi sihtgrupi ja teema analüüs ning selgitatakse pikemalt väljatöötatud rakenduse olemust.

Magistritöö maht on 106 lehekülge, sisaldades 42 joonist ja 4 tabelit. Töös on viidatud 33-le kasutatud allikale. Tööd täiendavaid lisasid on 3.

1 Hetkeseis Eesti haridusmaastikul

1.1 Olulisi väljavõtteid dokumendist “Visioon Eesti haridussüsteemist aastal 2010” („Õpi Eesti”, 2001)

Kõigepealt tutvume sellega, millisena nähakse meie haridussüsteemi tulevikus. Järgevas tuuakse välja need seisukohad, mille ellurakendamisel aitavad kaasa arvuti kasutamine ja õpitarkvara.

- Õppimisena ei käsitata enam ainult traditsioonilist õppetööd klassiruumis.
- Üksikteadmiste ja oskuste kõrval olulisemaks hinnatakse pädevusi, mis lubavad õppuritel mõista paremini nähtuste ja protsesside olemust ning omavahelisi seoseid, valmistades neid nii ette toimetulekuks uudsetes olukordades.
- Kõigil õppetasetel pööratakse tähelepanu eriti andekatele, mahajääjatele, puuetega ja riskiperedest pärit õppuritele ning võimaldatakse neile sobivaid õppevorme ja õpet individuaalõppekavade järgi.
- Teadmiste edastamise kõrval on muutunud oluliseks juhendaja, mentori ja vahendaja roll.
- Õppeasutused näevad oma põhiülesandena õppuri isiksuse arengu väärtustamist ja õpioskuste väljaarendamist.
- Õpivõimaluste kättesaadavus. Võimalus omandada võimetekohast haridust on kättesaadav igale Eesti elanikule, sõltumata tema vanusest, vaimsest ja füüsilisest tervisest, sotsiaalsest staatusest ja elukohast.
- Õpivõimaluste paljusus. Rakendatakse erinevaid õppekavu, õppeasutuste tüüpe ning õppevorme, arvestatakse erivajadustega õppijate haridusvajadusi.
- Tulevikus tuleb oluliselt rohkem tähelepanu pöörata info- ja kommunikatsioonivahendite kasutamisele õppeprotsessis.
- Info ja kommunikatsioonitehnoloogia alaste pädevuste integreerimist õpetaja põhi- ja täiendkoolitusse, õppekavade ja metoodikate ajakohastamist uute tehnoloogiatega.

- Pöörata rohkem tähelepanu õppima õpetamisele, et õpetaja saaks õpetada õpilast, mitte ainet, st õpilast on õpetatud iseseisvalt õpikute jm abil õppima.
- Kooli ülesandeks on ka kohusetunde, distsipliini, töökuse jms omaduste arendamine.
- Luua rohkem võimalusi järelõppimiseks või etteõppimiseks (peale tunde või enne tunde) sh lapsevanemate kulul.

1.2 Hariduspoliitiline hetkeseis

Hetkel iseloomustab Eesti haridusmaastikku üleminekuperiood õpiühiskonnale vastavale haridussüsteemile, mis eeldab senisest erinevamat arusaamist õppimisest ja õpetamisest.

Õpiühiskonna peamisteks eesmärkideks on:

- suurendada õppematerjali sisu vastavust ühiskonna arengu vajadustega sh integratsiooni erinevate õppeainete vahel;
- tagada õppe kvaliteet läbi haridussüsteemi avatumaks muutmise (erinevate õppekavade ja õppevormide koostamine);
- tagada sotsiaalne õiglus, muutes õppetingimused kõigile õppuritele võrdselt kättesaadavaks;
- piiritleda täpsemalt õppurite ja õpetajate õigused, kohustused ja vastutus õppeprotsessis.

Hariduse esmaseks eesmärgiks on õpetada lapsi õppima. Põhikoolis omandab õppur pädevused, mis aitavad tal kujuneda otsustus- ja vastutusvõimelisteks ühiskonnaliikmeteks:

- õppimisoskuse ja valmiduse elukestvaks õppeks,
- koostöö- ja tööoskused,
- oma tegevuse eesmärgistamise, kavandamise ja hindamise oskused.

Nimetatud pädevused kujunevad läbi erinevate õppimisstiilide rakendumiste õppeprotsessis. Uus õppekava rõhutab, et õppimine/õpetamine peaks tihedamalt seostuma igapäeva elu probleemidega.

Õppuri jaoks tähendavad vajakajäämised põhihariduses tõenäosuse suurenemist sattuda riskirühmade hulka. Riigi jaoks toob selliste inimeste arvu suurenemine kaasa sotsiaal- ja korrakaitseprogrammidele suunatud vahendite kasvu. Seetõttu on kõigi ühiskonna liikmete

huvides tagada, et põhitaseme õppe kvaliteet paraneks kõigis Eestimaa koolides ning et kõik koolikohustuslikus eas õppurid õpiksid („Õpi-Eesti”, 2001).

Õpetaja seisukohalt on teadmiste edastamise kõrval muutunud oluliseks juhendaja, mentori ja vahendaja roll. Õpetaja ülesandeks jääb õpilase isiksuse arengu suunamine ja õpioskuste väljaarendamine. Selles valdkonnas on suureks abiliseks info- ja kommunikatsioonitehnoloogia vahendite kasutamine, mis võimaldab koostada just õpilase võimetele vastava õppekava. Uuele õppesüsteemile üleminek toob kaasa ka ainekavade sisu täpsustamise, milles väheneb kohustuslik õppesisu tavaõpilasele - edaspidi kutseharidussüsteemis edasi õppiv noor. Siinkohal avaneb õpetajate ees uus grupp õpilasi, kellel tuleks lisaks kohustuslikule ainekavale selgitada ka akadeemilise põhihariduse aluseid – õpilaste täiendkoolitus.

Õpiühiskonna tagab mitmekülgne õppekorraldus :

- erinevad õppevormid: täis- ja osakoormusega õpe, statsionaarne ja mittestatsionaarne õpe, eksternõpe, virtuaalne õpe, projektõpe — võimaldab tuua õppimistegevuse õppurite jaoks võimalikult kodu lähedale;
- mitmekesistuvad õppemeetodid: kontakt- ja kaugõpe, individuaal- ja rühmaõpe, projektõpe, teoreetilised õpingud ja praktikumid — olulisemaks muutub infotehnoloogiliste vahendite kasutamine;
- erivajadustega õppurid õpivad individuaalsete õppekavade alusel, mis aitavad nende arengupotentsiaali paremini arendada.

Täna ei vaidlusta enam keegi tõsiasja, et info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) on jõudnud haridussüsteemi. Küsimus pole enam selles, kas kasutada arvuteid hariduses või mitte. Vastus on kindel "jah". Me ei saa pöörduda tagasi IKT-eelsesse ühiskonda, see oleks samaväärne naasemise illusioonist küünlavalguse-ajastusse. Kesk- ja Ida-Euroopa riikidega võrreldes on Eesti haridussüsteem olnud infotehnoloogia juurutamisel edukas. Arengu säilitamiseks ning tehtud investeeringute kasutuse tõhustamiseks on vaja senisest enam rakendada õppeprotsessis info- ja tehnoloogiavahendeid. Infotehnoloogia massiline kättesaadavus aga ei tähenda veel automaatselt pedagoogiliselt õnnestunud lahenduste olemasolu. Mitte tehnoloogia ei määra õppeprotsessi efektiivsust, vaid selle tehnoloogia intelligentne kasutamine lähtuvalt haridussüsteemi eesmärkidest (Tiiger Luubis, 2000).

1.3 Haridusstrateegia „Õpi-Eesti” põhiseisukohad

„Õpi-Eesti” haridusstrateegia koostamise eesmärgiks on visandada Eesti haridussüsteemi soovitatavad arengusuunad ning nendele tuginedes ümber kujundada haridusseadusandlus, õpetajate esma- ja täiendkoolitus, õppeasutuste juhtimine. Käesolevast dokumendist on siinkohal ära toodud strateegia need põhiseisukohad (kaldkirjas) ja magistritöö autori poolsed lahtikirjutused, mille rakendamisele aitavad kaasa nii arvuti rakendusprogrammid kui ka arvutipõhised õpitarkvaraprogrammid.

1. *Õpime kogu elu*

Igal Eesti elanikul peab olema võimalus elukestvaks enesetäiendamiseks... Elukestva õppe võimaluste tagamiseks toetatakse õppetöö korraldust, mis võimaldab inimestel ühitada õppimine, töötamine ja pereelu, töötatakse välja eelneva töö- ja õpikogemuse arvestamise kord õpingute jätkamisel tasemeharidussüsteemis....

Õpilastel, kel mingil põhjusel on koolitee pooleli jäänud või on ta õpitu unustanud, on võimalus tarkvara vahendusel ununenu uuesti meelde tuletada või ära õppida. Samuti on võimalik lapsevanematel oma lapsi aidata koolis õpitut meelde tuletades.

2. *Õpetaja on võti*

Haridussüsteemi muutuste elluviimisel on võtmetähtsusega õpetajakoolitus. Eri võimete ja huvide, eri rahvusest ning kultuurikeskkonnast pärit laste ning erivajadustega õppurite koosõpetamine, kaasaegsete infotehnoloogiavahendite kasutamine õppetöös, tegutsemine pedagoogiliste meeskondadena, suhtlemine lastevanemate ja kogukonna esindajatega - kõigeks selleks peab ettevalmistuse andma esma- ja täiendkoolitus...

Õpetaja, märganud õpilast, kes pole suutnud teistega sammu pidada või õpitava materjali omandamisel maha jäänud, annab talle rohkem aega iseseisvalt materjali omandamiseks. Samuti on õpetajal võimalus suunata õpilasi vastavalt nende tasemele ja huvile läbi töötama lisäülesandeid ja teemasid.

3. *Õpime õppima*

Formaalharidussüsteemis on kõige tähtsam luua tingimused hea alus- ja põhihariduse omandamiseks, kuna neil õppetasemetel omandatakse pädevused, mis aitavad õppuril kujuneda otsustus- ja vastutusvõimeliseks ühiskonnaliikmeks. Kaasaegses kiiresti

muutuvas ühiskonnas käsitatakse põhipädevustena õppimisoskust ja valmidust elukestvaks õppeks, suhtlemis- ja tehnoloogiaoskusi...

Elukestva õppija kujundamisel on oluline, et õpilane saaks ise oma võimeid ja töökiirust arvestades õppida uusi teadmisi ja testida seejärel nende omandamist. Niiviisi areneb lapsel kohusetunne, tõuseb enesehinnang ning huvi õpitegevuse vastu. Mida varem me alustame õpilaste seseisva töö harjumuste kujundamist, seda kindlamaks muutub ta enesehinnang. Viimane aitab aga õppuril teha põhikooli lõpetamisel edasiseid otsuseid.

4. Õppuri erivajadustega arvestatakse

Igal Eesti elanikul on õigus võimetekohase hea hariduse omandamiseks, sõltumata tema soost, vanusest, vaimsest ja füüsilisest tervisest, sotsiaalsest staatusest, majanduslikest võimalustest ja elukohast. Hariduskohustuse täitmiseks sätestatakse seadusandluses õppurite individuaalsust ja erivajadusi arvestavad õppevormid ja õppekavad...

Õpilastel, kes mingil põhjusel on palju puudunud, on õpitarkvara kasutades lihtsam omandada vahelejäänud materjal. Mitmetele puuetega inimestele on arvuti vahendusel õppimine ainsaks võimaluseks hariduse omandamisel. Eestis pole enam harvad juhused, kus lapsed omandavad teadmisi kodus iseseisvalt õppides või vanemate juhendamisel ning käivad koolis vaid arvestuslikke töid tegemas. Ka nende õpilaste tarvis on sobiva õpitarkvara olemasolu teretulnud.

11. Iga haridusasutus kui õppiv organisatsioon

Kõik õppeasutused, olenemata õppetasemest, peavad teadvustama vajaduse muutuda õppivaks organisatsiooniks. Haridussüsteemi iseloomustab kõigil tasanditel pidev tagasisidestatud uuenemisprotsess, seniste kogemuste kriitiline hindamine ning sidumine uute teadmiste ja arusaamadega.

IKT pidev edasiarenemine muudab ka õppetöö koolis kaasaegsemaks ning tavapärase tahvli ja kriidi asemel saab arvutite vahendusel otstarbekamalt ja sihipärasemalt edastada informatsiooni kasutades kõiki inimese meeleeelundeid. Selliselt edastatav materjal omandatakse kiiremini ja õppetegevus ise on mitmekülgsem. Mitte ainult õpilased ei pea kohanema uute õppimismeetoditega, vaid ka õpetajal tuleb kasutusele võtta kaasaegsed õpetamismeetodid. Seega tuleb meil ka motiveerida õpetajaid, et nad arvuteid ainetunnis rakendaksid ning parim motiveerija on õppekava järgiv õpitarkvara.

13. IKT on õppe- ja juhtimisprotsessi loomulik osa

... Edumaa säilitamiseks ning tehtud investeeringute kasutuse tõhustamiseks on vaja senisest enam rakendada info- ja tehnoloogiavahendeid (IKT) õppeprotsessis, õppeasutuse töö juhtimisel ning kaugkoolituse võimaluste arendamisel. Selle saavutamiseks on esmalt vaja IKT pädevusnõuded lülitada õpetajate põhi- ja täiendkoolitusse ja põhikooli õppekavasse ning ajakohastada õpetust uute tehnoloogiatega.

IKT rakendamine eraldi õppeainena ei anna põhikooli õpilastele õiget arusaama arvuti ja tema kasutusvõimaluste laiahaardelisusest. Kuna vähesed õpetajad kasutavad oma ainetundide läbiviimisel arvuti abi, siis on paljudel lastel jäänud tunne, et arvutiõpetus on üks eraldi õppeaine, mis ei ole seotud ülejäänud õppeprotsessiga. Sageli piirduakse ainetundides rakendusprogrammide (internet - info otsimine, Word - referaadi koostamine, Excel – graafikute kujundamine) kasutamisega, mille abil vormistatakse ainealased kokkuvõtavad tööd. Kuigi selliste tööde jaoks on kehtestatud vormistamistingimused ei arvesta aineõpetajad hindamisel nendega, vaid lähtuvad eelkõige sisust. Nii tekibki õpilastel tunne, et oskuslik rakendusprogrammide tundmine pole oluline. Samuti tuleks mõnedel juhtudel loobuda õppematerjalide paber kandjal edastamisest ning seda nii majandusliku kokkuhoiu kui ka töö praktilise teostamise hindamise seisukohalt.

17. Uuendused põhinevad uuringutel

Eesti riik vajab haridussüsteemi arenguks nii alus- kui ka rakendusuringuid. Hariduspoliitiliste, interdistsiplinaarsete, tulevikku vaatavate ja võrdlusuuringute, k.a. rahvusvaheliste võrdlusuuringute osa suureneb koos uurimistulemuste tõhusama rakendamisega haridussüsteemi arenguprogrammides...

Uurimustööde põhjal analüüsitakse tegelikku olukorda ühiskonnas. Antud töös on kasutatud Tiigrihüppe Sihtasutuse poolt koostatud uuringuid, mis kajastavad arvutite hulka koolides ja nende kasutamist ainetundides, hindavad õpilaste-õpetajate arvutikasutusoskusi ning analüüsivad õppetarkvara kasutatavust aine omandamisel.

1.4 Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia Eesti koolides

1.4.1 Õpilaste ja õpetajate juurdepääs arvutitele

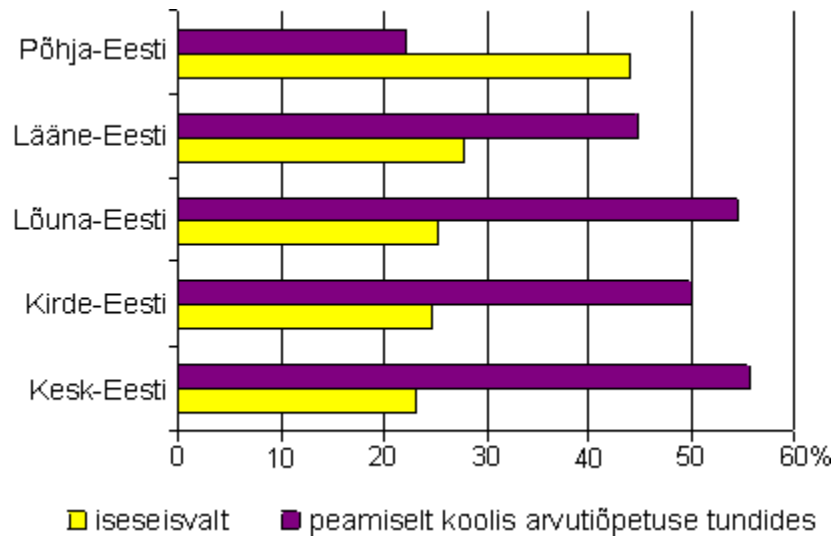
2000. aastal polnud Eestis ühtki arvutiteta põhikooli ega gümnaasiumi, 75% koolidest omas interneti püsiühendust. EMORi uuringute järgi on õpilased kõige aktiivsem arvutikasutajate kategooria: 85% õpilastest on 6 kuu jooksul arvutit kasutanud. Tänapäevane olukord koolides on veelgi parem, kuid kuna analoogseid uuringuid rohkem korraldatud pole, siis piirdugem ülevaatega sellest uuringust.

2000 aastal korraldatud „Tiiger Luubis” uuringu eesmärgiks oli :

- analüüsida IKT kaasatust formaalsesse õppeprotsessi;
- analüüsida IKT kaasatust mitteformaalsesse õppe- ja kasvatusprotsessi;
- analüüsida õpilaste ja õpetajate sisemist valmisolekut ning hoiakuid tööks infotehnoloogilises keskkonnas.

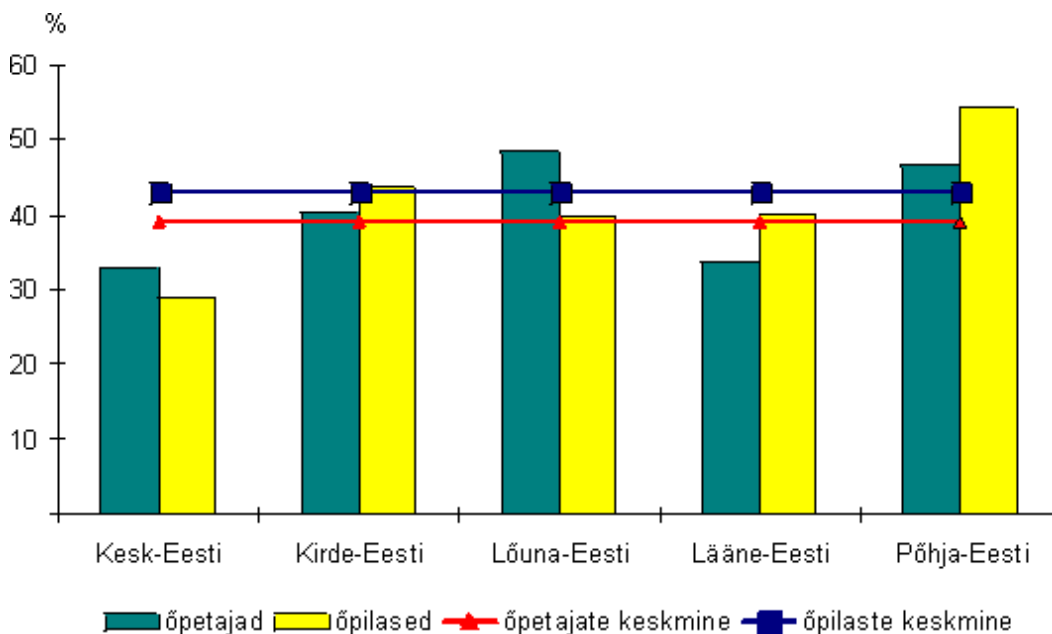
Küsitleti 98 kooli ja 3177 õpilast ning õpetajaid, koolijuhte ja IT juhte. Igast koolist valiti viie põhiaine: matemaatika, ajaloo, A-võõrkeele, keemia või loodusteaduse ja eesti keele õpetajad, kes õpetasid testitavas klassis. Küsimustiku täitis 366 õpetajat 86-st koolist. Valituks osutusid nii eesti kui ka vene õppekeele linnakoolid (vastavalt 32 ja 15 kooli) ning eesti õppekeelega maakoolid (51 kooli). Siinkohal juhin tähelepanu just Eesti maapõhikoolide suurele hulgale valimis, mis peaks hästi ilmestama IKT kasutust kogu vabariigis.

Suur enamik (90%) lapsi oli 2000. aasta jooksul koolis, kodus või kuskil mujal arvutit kasutanud. Nädala jooksul kasutab koolis arvutit (keskmiselt 0,5-1 tundi) 85% küsitletud õpilastest ning väljaspool kooli (keskmiselt 1-2 tundi nädalas) 81% õpilastest. Poole aasta jooksul polnud väljaspool kooli arvutit kasutanud vaid 13% vastajaist. Seega võimaldab tänapäeva elukeskkond lastele hõlpsat juurdepääsu arvutitele ka väljaspool kooli. Laste arvutikasutuse oskused pärinevad enamalt jaolt kooli arvutiõpetuse tundidest (joonis 1). Vaid Tallinna ja Harjumaa õpilased on need iseseisvalt omandanud. Arvutit on kodus võimalik kasutada 44%-l õpilastest. Ühes piirkonnas elavaid maa- ja linnalapsi võrreldes on kõikides neis linnalapsed koduarvutitega paremini varustatud kui maalapsed. Enim on arvuti kodus Tallinna eesti koolide õpilastel (62%), vähim koduarvuteid aga Kesk-Eesti maakoolide lastel (27%).



Joonis 1. Laste osakaal, kes on õppinud arvutit kasutama kas iseseisvalt või peamiselt koolis arvutiõpetuse tundides

Õpetajatest kasutab üks kolmandik arvutit väljaspool tunde paar korda nädalas, teine kolmandik teeb seda iga päev. Kolmandik õpetajaid kasutab IKT-d ka oma tundides, kuid domineeriv ajaühik on sarnaselt õpilastega kuni üks tund nädalas. 41% õpetajatest omab koduarvutit. Arvutit omavaid õpilasi on reeglina rohkem kui õpetajaid (joonis 2).

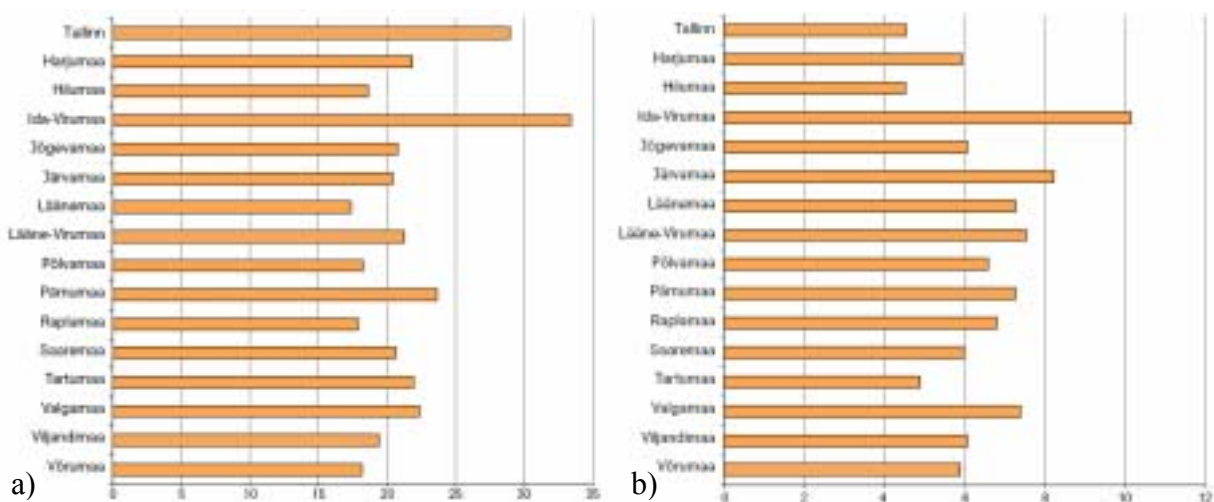


Joonis 2. Koduarvutit omavate õpilaste ja õpetajate osakaal (%).

Enamiku õpilaste koduarvutid omavad ka internetiühendust, kuid õpetajate koduarvutitest on interneti ühendus veidi vähem kui pooltel (46%). 81% uuringus osalenud õpetajatest oskab enda hinnangul internetist oma koolitundidele lisamaterjale leida. Seega on antud juhul pädevuste tase märksa kõrgem kui tehnoloogilised võimalused nende kasutamiseks. Oma koduarvutit kasutavad õpetajad sagedamini õppematerjalide valmistamiseks, e-kirjade saatmiseks ja infootsinguks. 70% õpetajatest, kellel kodus arvuti olemas, kasutab seda vähemalt paar korda nädalas õppematerjalide valmistamiseks.

Tiigrihüppe aastaraamat 2003 kajastab järgmisi andmeid koolide IKT-ga varustatuse osas :

- 98% koolidest omab interneti püsiühendust;
- Eesti koolides on keskmiselt iga 20 õpilase jaoks üks arvuti (joonis 3a);
- Iga 6 õpetaja jaoks on koolis kasutada üks arvuti (joonis 3b).

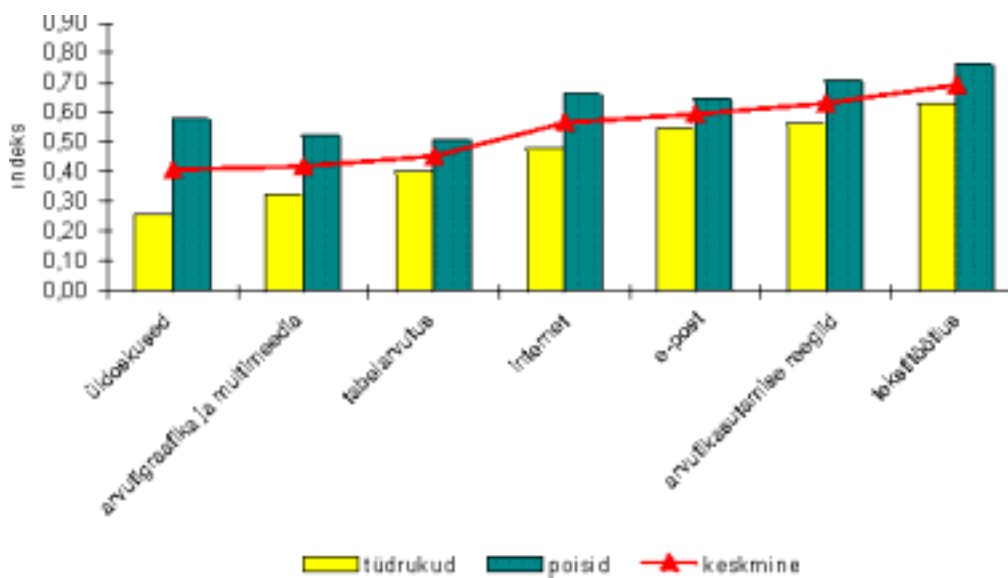


Joonis 3. a) Õpilasi ühe arvuti kohta maakonniti b) Õpetajaid ühe arvuti kohta maakonniti

Statistilistest andmetest lähtuvalt on õpilased aktiivsed arvutikasutajad ning pea pooled neist saavad seda teha kodus. Nad on ka omandanud elementaarsed arvutikasutusoskused, mida saame õpitarkvara loomisel aluseks võtta. Samuti omab enamik koole interneti püsiühendust ja piisavalt arvuteid, et õpetajatel oleks nende vahendusel võimalik õppeprotsesse mitmekesistada.

1.4.2 Õpilaste ja õpetajate arvutialane pädevus

Tiigrihüppe korraldatud uuringu käigus paluti õpilastel täita küsimustikud, millest esimese eesmärgiks oli uurida õpilaste arvutikasutamise oskusi, rakenduslikke teadmisi tarkvarast ja baastadmisi riistvarast. Teises küsimustikus tuli õpilastel anda hinnang oma arvuti kasutamise oskusele.

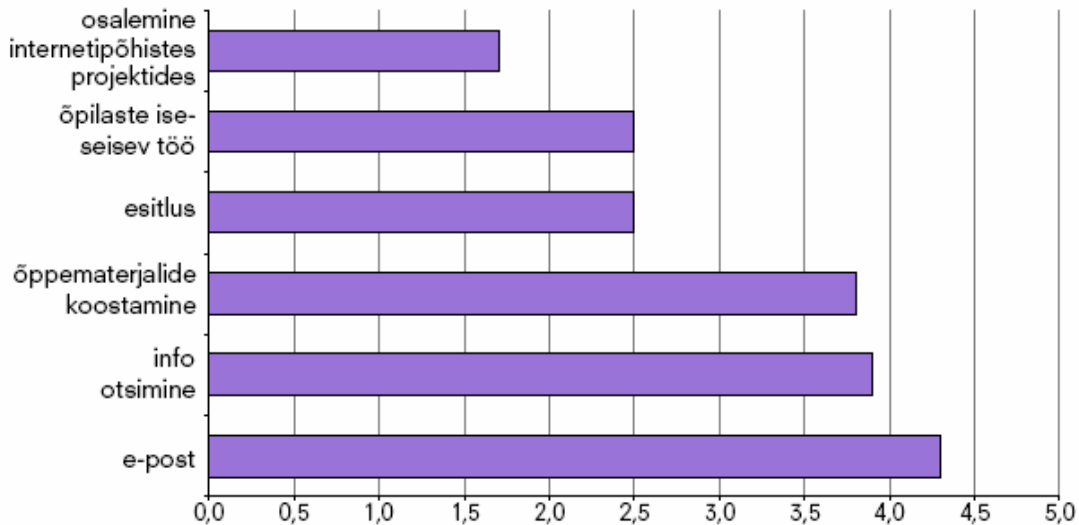


Joonis 4. Õpilaste enesehinnang toimetulekuks arvutiprogrammidega

Kõige kindlamalt tunnevad õpilased end ootuspäraselt tekstitöötluses (joonis 4). Kõige tagasihoidlikumaks peetakse oma oskusi arvutigraafika ja multimeedia alal. Üpris kriitilised on õpilased ka oma Exceli oskuste suhtes. Jooniselt selgub ka, et poisid hindavad oma arvutialaseid oskusi kõigis valdkondades kõrgemalt kui tüdrukud.

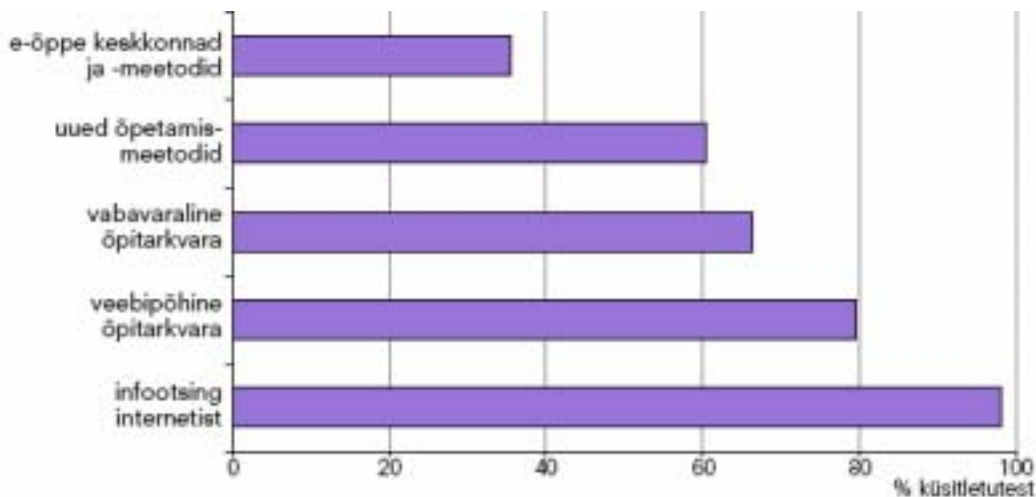
Õpetajate arvutialaseid oskusi analüüsi vastajate enda hinnangu põhjal. Vastajatel tuli 3-pallilisel skaalal märkida, kas nad valdavad loetletud oskusi, tulevad nendega enam-vähem toime või ei tule toime. Üldiste oskuste tase osutus kõrgeks. 63% osalenud õpetajatest oskavad enda hinnangul teha enam kui kolmveerandit loetletud arvutioperatsioonidest, sealjuures 24% tuleb toime kõigega küsitust. Neid õpetajaid, kelle jaoks elementaarsed arvutikasutamise oskused üle jõu käivad, oli uuritute seas vaid üksikuid. Oskused kasutada IKT-d õppeprotsessis jäid ootuspäraselt tasemelt madalamaks.

2003. aasta Tiigrihüppe koolituse tagasisideküsitlustest järeldeb, et mida põhjalikumaid koolitusi on õpetaja läbinud, seda suurem on tema valmisolek infotehnoloogia kasutamiseks ainetunni läbiviimisel. Jooniselt 5 selgub, et kõige enam kasutavad õpetajad arvutit e-posti teel suhtlemiseks ja õppetööks vajaliku info otsimiseks. Sellele järgnevad õppematerjalide koostamine, demonstratsioonid ja õpilase iseseisev töö.



Joonis 5. *Õpetajate hinnang oma senise arvutikasutuse eesmärkidele ja sagedusele 5-pallilises süsteemis (1 - ei ole üldse kaustanud... 5 – kasutan pidevalt)*

Valmisolekut rakendada õpitud oma töös hinnatakse suuremaks kui kooli võimalusi. Õpetajad soovivad oma edaspidises töös kindlasti kasutada infootsingut internetist, veebipõhist õpitarkvara ning uusi õpetamismeetodeid (joonis 6).



Joonis 6. *Õpetajate arvamus erinevate teemade rakendamise suhtes oma edaspidises töös*

Kogenumad arvutikasutajatest õpetajad arvavad, et infotehnoloogia kasutamine rikastab õpikeskkonda uudsete võimalustega. Positiivse väärtusena hindavad õpetajad võimalust individualiseerida õppetööd ning kasvatada õpilaste huvi aine vastu. Lisaks rõhutasid õpetajad veel, et infotehnoloogia kasutamine õppetöös parandab õpilastevahelist koostööd ja suhtlemist ning aitab paremini saavutada mõningaid ainekavaga seatud eesmärgi.

Antud uurimusest nähtus, et vähemalt 50% õpilastest tuleb toime internetipõhiste materjalidega töötamisel ning 80% õpetajatest on valmis rakendama veebipõhist õpitarkvara.

1.4.3 Arvutite kasutamine õppetöös

Kuni 2000 aasta kevadeni kasutati arvuteid ainetundides väga vähe. Jättes informaatika kõrvale, õpib erinevates tundides arvuteid kasutades keskmiselt vaid 8% õpilastest, samas pole 16% koolilastest üheski tunnis arvuteid kasutanud. Ükski õppeaine ei tõusnud uuringus positiivses mõttes esile. Kooliarvutite kasutamise enamlevinud eesmärgiks on hankida lisainformatsiooni õppematerjalidele. Üle poolte lastest kasutab koolis arvuteid ka kirjandi või referaadi kirjutamiseks. Üle 10 korra on koolis arvuti vahendusel lisainfot hankinud 8% ja referaate kirjutanud vaid 3% õpilastest. Enamik kasutajaid on arvutilt abi saanud 1-2 korda poolaastas.

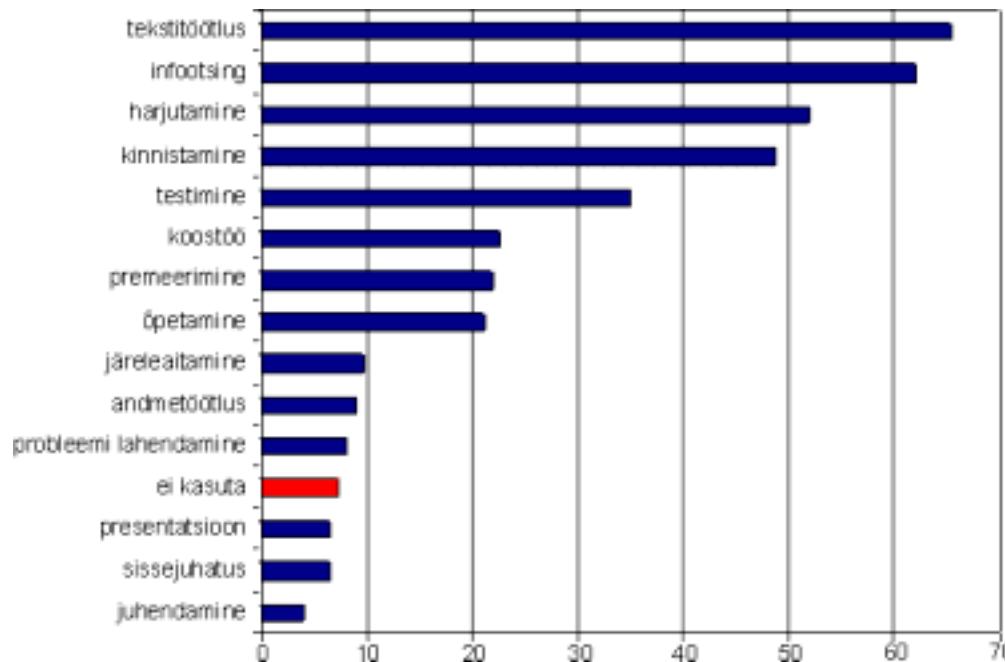
Peale materiaalse baasi ja tehniliste võimaluste olemasolu arvutite rakendamisel õppetegevuses on vajalik ka õpilaste ja õpetajate valmisolek selleks. „Tiiger luubis” uuris ka, mida õpilased arvavad arvutist kui õppeprotsessi atraktiivsemaks muutjast. Õpilaste valmisolekut kasutada arvutit oma õppetegevuses iseloomustab järgmine tabel:

Väide	Vastajad, kes olid väidetega "pigem" ja "täiesti nõus" (%)
Kõik õpilased peavad põhikoollis õppima arvutit kasutama	91
Ma sooviksin õppetöös rohkem arvutit kasutada	86
Teen kirjalikku tööd meelsamini arvutiga kui käsitsi	71
Arvuti kasutamine muudab huvitavaks ka keerulised ülesanded ja igavad harjutused	70
Õpilased käituvad tunnis paremini, kui seal arvuteid kasutatakse	67
Usun arvutist leitud vastuseid rohkem kui õpetaja seletusi	48
Arvutiga saan tunnis õppida omas tempos, omal tasemel	47
Arvutiga õpin tunnis rohkem ja kiiremini kui ilma	42

Tabel 1. Õpilaste hoiakud arvuti õppeotstarbelise kasutamise kohta

Tabelist selgub, et koguni 86% õpilastest soovib õppetöös arvutit senisest rohkem kasutada. Tabeli kahe viimase väite puhul on nõustuvate õpilaste protsent väiksem eelkõige seetõttu, et neil puudub vastav pikemaajaline kogemus.

Õpetajate vastuste põhjal võib järeldada, et spetsiaalne haridustarkvara ja selle poolt pakutavad meetodid leiavad harva kasutamist. Joonisel 7 näeme, millistel eesmärkidel õpetajad oma ainetundides arvutit kasutavad:



Joonis 7. Arvutite kasutamise eesmärgid ainetundides (% vastanutest)

Õpetamise eesmärgil on arvutit ainetunnis kasutanud vaid veidi üle 20% vastanutest, arvuti vahendusel harjutusi teinud või teadmisi kinnistanud keskmiselt 50% ning õpilaste teadmisi testinud 35% vastanutest. Sellised õpilaste tegevused arvutil nagu infootsing, harjutamine, kinnistamine ning testimine ei nõua reeglina õpetaja aktiivset osalemist. Arvuteid ei ole oma ainetunnis üldse kasutanud 8% õpetajatest.

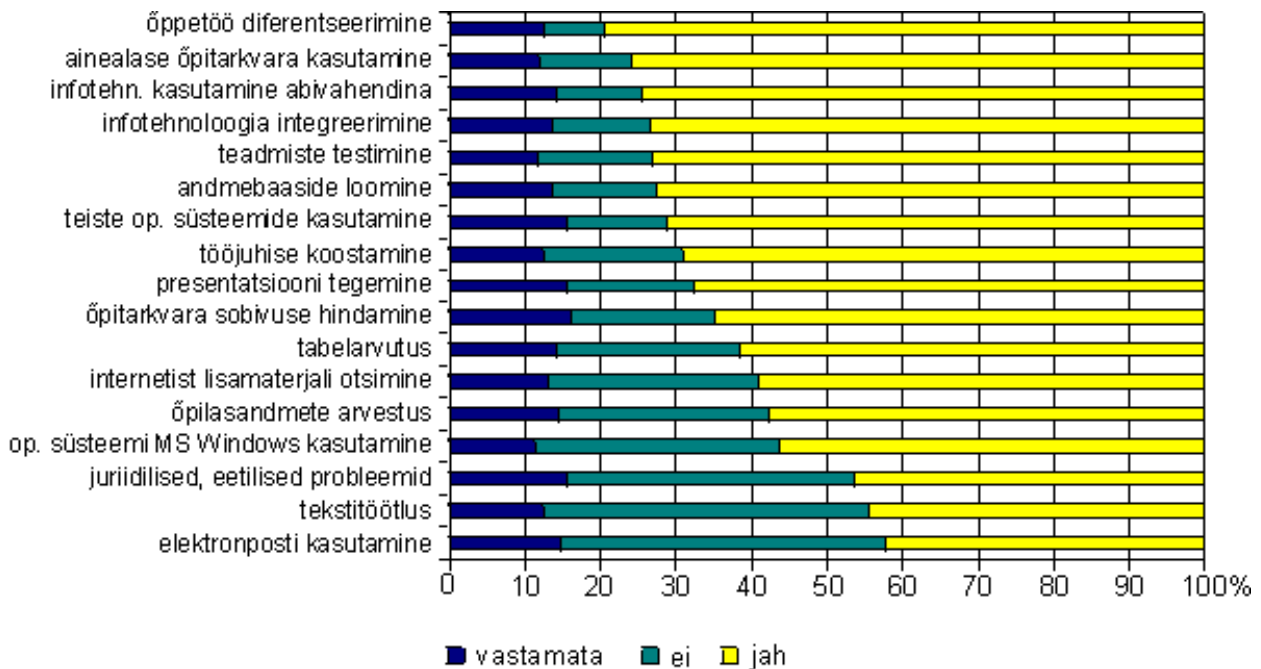
TÜ matemaatika didaktika õppetoolis 2002. aastal läbi viidud ankeetküsitlusest “Reaalained ja uus õppekava” selgub, et peaaegu pooled (46%) reaalainete õpetajad pole arvutiklassi kordagi kasutanud ning teine pool (49%) on vaid mõned tunnid arvutiklassis läbi viinud. Kõige rohkem on just matemaatikaõpetajate seas neid, kes ei näe vajadust arvuti järele (32%) või kes tunnevad ebakindlust arvuti suhtes (33%) (Kokk, 2003).

Õnneks on õpetajad tuleviku suhtes optimistlikumalt häälestunud, sest tulevikus nende tundides

- õpivad õpilased infot leidma, töötlemata, analüüsima ja esitama - 74%;
- kasutab õpetaja õppematerjale erinevate meediumite vahendusel - 62%;
- on ülesanneteks elust enesest võetud probleemid - 59%;
- on üles seatud arvutid ja installeeritud tarkvara - 54%;
- töötavad õpilased iseseisvalt/rühmades tööjuhustega - 52%.

Seega nii õpilased kui õpetajad omavad positiivseid hoiakuid IKT rakendamise osas. Ühelt poolt soov arvutit kaasates õppetegevust rikastada ning teisalt soov uusi õpetamismeetodeid rakendada.

Selleks, et tulevikuplaanid ellu rakenduksid, kasutavad õpetajad mitmeid erinevaid koolitusvõimalusi nii oma koolis, ülikoolide juures kui ka iseseisvalt õppides. Eesmärgiks on saada spetsiaalset oma kutsetööle sobivat täiendõpet. Kokkuvõtvalt kujunes õpetajate jaoks kolm valdkonda, kus vajadus koolituse järele oli suurim – IKT rakendamine oma ainetundides, õppetöö individualiseerimine ja diferentseerimine ning IKT kasutamine õpilasandmete ja hinnete haldamisel (joonis 8). Koolitusvaldkondadest teisel kohal on teadmiste omandamine ainealase õpitarkvara kasutamise osas.



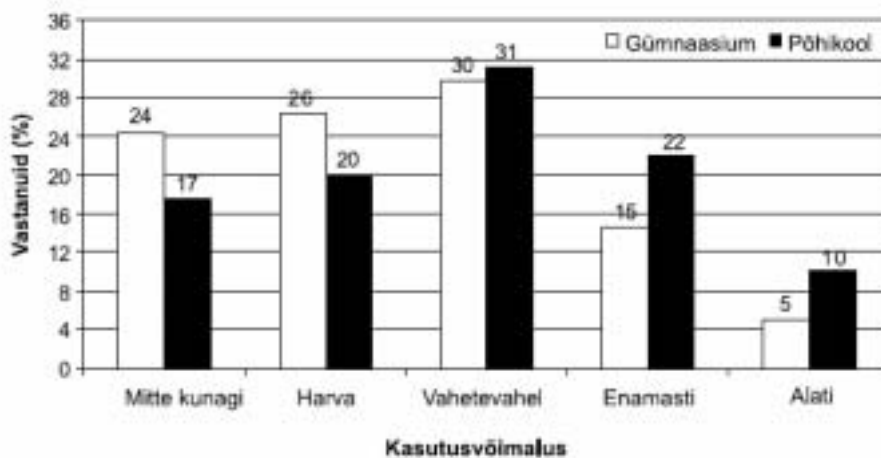
Joonis 8. Õpetajate poolt eelistatud koolitusvaldkonnad

Uuringust selgus, et arvutite kasutamist õppetegevuses pärsivad veel järgmised asjaolud:

- 50%-l õpetajatest on koolis kasutada vaid üks õpetajatele mõeldud arvuti;
- õpetajate enesehinnanguline oskus kasutada IKT-d õppeprotsessis on 2,5 korda madalam nende üldistest arvutioskustest;
- peamisteks probleemideks arvutite kasutuselevõtul peavad õpetajad arvutite nappust koolis ning ajapuudust, mis ei luba neil arvutipõhiseid tunde ette valmistada;
- paljudel õpetajatel pole veel kujunenud arvamust selle kohta, kuidas mõjutab IKT õpilaste ja õpetajate suhteid.

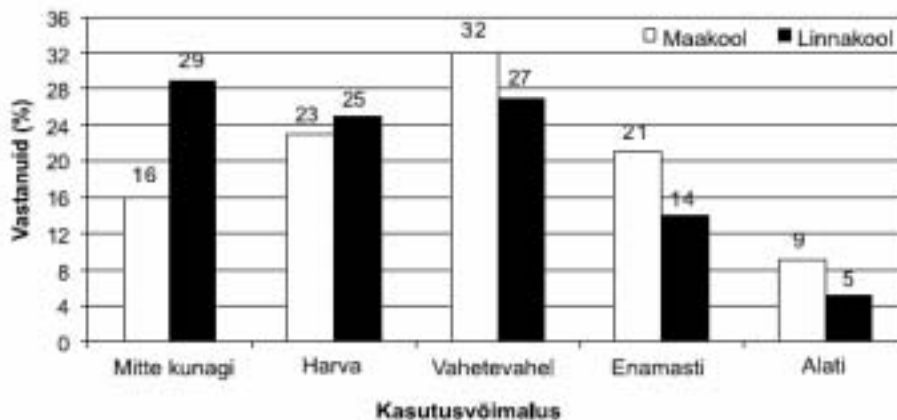
2003. aastal korraldati Tiigrihüppe Sihtasutuse poolt uurimus „Õpitarkvara rakendused Eesti üldhariduskoolides”, mille käigus küsitleti 2767 õpetajat. Käesoleva uuringuga selgitati õpitarkvara kasutust eesti õppekeelega koolides. Uuringust õpetajatele selgus et:

- kuna küsimustiku täitnud õpetajatest on arvuti oma ainekabinetis vaid 1% (28 vastajat), siis sisuliselt toimub kogu ainealane IKT kasutus koolide arvutiklassides;
- ligikaudu pooltes koolides on arvutiklassi kasutamisel ainetundideks rahuldavad võimalused: vaid 21% ei saa arvutiklassi kasutada “mitte kunagi”;
- suur osa õpetajatest seda võimalust ei rakenda: üksnes 20% kõigist vastanutest viib vähemalt korra veerandis läbi ainetundi arvutiklassis;
- põhikoolides (63%) on arvutiklass õpetajatele tunduvalt kättesaadavam kui gümnaasiumides (50%, joonis 9);



Joonis 9. Maa- ja linnakoolide õpetajate hinnangud arvutiklassi kasutusvõimaluste kohta.

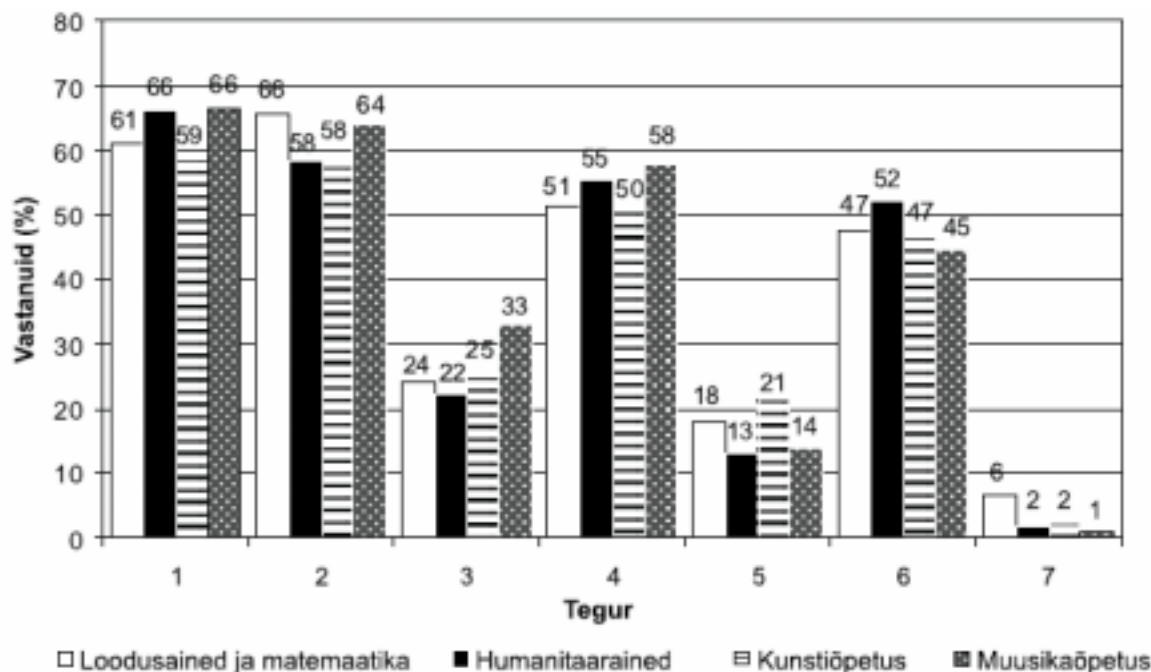
- maakoolide arvutiklassides (62%) on tunni läbiviimise võimalused tunduvalt paremad kui linnakoolides (46%, joonis 10);
- suur osa õpitarkvarast ei ole koolide aineõpetajateni jõudnudki: uuritud 34 õpitarkvarast (sealhulgas ka veebipõhistest) ei ole ühtegi, mida kõigi koolide õpetajad oleksid näinud;
- mitme õpitarkvara puhul on vähesed programmi näinud õpetajad andnud sellele negatiivse hinnangu;
- edaspidi tuleb senisest enam pöörata tähelepanu õpetajate informeeritusele ja tagada, et aineõppeks muretsetud tarkvara ka nendeni realselt jõuab (TS uuring, 2003).



Joonis 10. Gümnaasiumi ja põhikooli õpetajate hinnangud arvutiklassi kasutusvõimaluste kohta

Üheks peamiseks IKT rakendamist piiravaks teguriks on kõigi aineõpetajate meelest riistvara vähesus: eelkõige tuleks suurendada arvutiklassi(de)s kasutatavate arvutite arvu, suur osa õpetajatest tunneb puudust arvutist oma aineklassis, napib ka projektoreid. Sobiva õpitarkvara puudumist märgivad aga eelkõige muusikaõpetuse (43%) ja kunstiõpetuse (28%) õpetajad, neile järgnevad humanitaarainete õpetajad (26%).

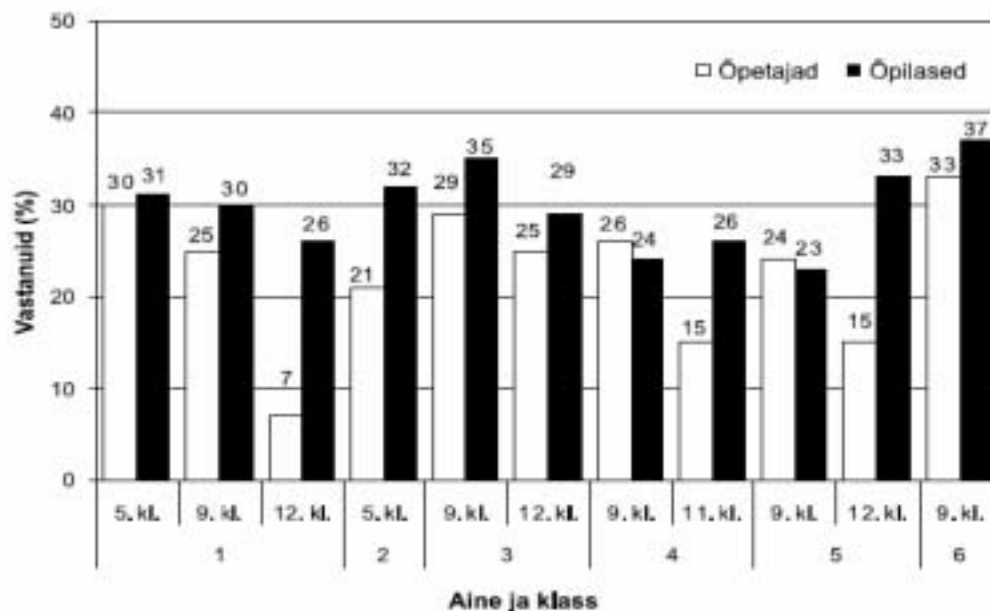
Õpetajate arvates on kõige tähtsam sobivus ainekavaga, sellele järgneb tarkvara kasutuslihtsus, kvaliteetne sisu ning sobivus vanuseastmele (joonis 11). Need on seega neli peamist tegurit, mida tuleb õpitarkvara loomisel ja evalveerimisel kindlasti arvestada. Tarkvara juurde kuuluva abiinfo kättesaadavuse ja kvaliteetse disaini suhtes ei ole õpetajad eriti nõudlikud. Kvaliteetne disain on eelkõige tähtis kunstiõpetuse õpetajatele (21%), aga ka loodusainete õpetajatele (18%). On mõistetav, et kunstiõpetus seostub otseselt disaini probleemidega ning loodusainetes hinnatakse just loodusobjekte kujutavate fotode ja jooniste kvaliteeti.



Joonis 11. Peamised tegurid, mida õpetajad õpitarkvara juures hindavad: 1 – sobivus ainekavaga, 2 – kasutamise lihtsus, 3 – tarkvara abiinfo hea kättesaadavus, 4 – kvaliteetne sisu, 5 – kvaliteetne disain, 6 – sobivus vanuseastmele, 7 – muud tegurid.

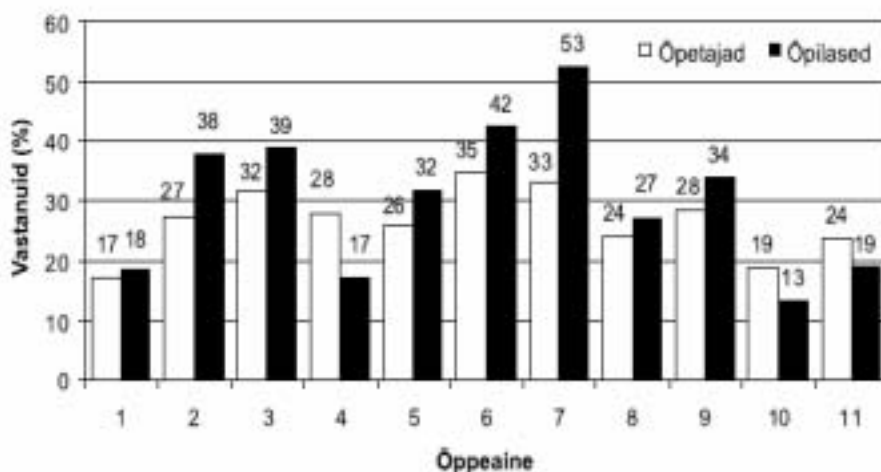
Käesoleva küsitluse põhjal loeti aktiivseteks arvutikasutajateks need aineõpetajad, kes enda hinnangul on viinud läbi ainetunni arvutiklassis uuritava klassiga vähemalt korra veerandis ning kõigi vastanute seas oli neid 20%. Ainevaldkondade kaupa jagunesid aktiivsed arvutikasutajad järgmiselt: matemaatikas ja loodusainetes 24%, humanitaarainetes 22%, kunstiõpetuses 9% ja muusikaõpetuses 8%.

Õpilaste vastused IKT rakendamisest matemaatika ja loodusainete õpetamises ei ühti aga alati õpetajate arvamustega (joonis 12). Uuringust selgub, et matemaatikas ja loodusainetes ning humanitaarainetes toimub erinev arvutikasutus. Kui esimesel juhul rakendatakse arvutiklassis enamasti mõnda konkreetset õpitarkvara, siis humanitaarainetes otsitakse sageli omandatava teema kohta lisainfot või kasutatakse üksnes kontoritarkvara (nt. MS Word). Viimasest tulenevalt on tihti nii õpilastel kui ka õpetajal raske vastata, kas toimus ainetund arvutiklassis või piirduti näiteks vaid tekstitöötlusega.



Joonis 12. Vähemalt korra veerandis arvutiklassis ainetunde läbiviivate matemaatika- ja loodusainete õpetajate osakaal nende endi ja õpilaste hinnangul: 1 – matemaatika, 2 – loodusõpetus, 3 – bioloogia, 4 – keemia, 5 – füüsika, 6 – geograafia.

Tähelepanu vääriv on õpetajate hulk, kes annab õpilastele koduseid ülesandeid, mille täitmiseks tuleb kasutada arvuti abi – õpilaste väiteil on neid keskmiselt 30%. Kõige enam on selliseid kodutöid andnud eesti keele õpetajad, järgnevad geograafia- ja bioloogiaõpetajad (joonis 13).



Joonis 13. Arvutite kasutamist nõudvate kodutööde andmine erinevates õppeainetes õpetajate ja õpilaste hinnanguil: 1 – matemaatika, 2 – loodusõpetus, 3 – bioloogia, 4 – keemia, 5 – füüsika, 6 – geograafia, 7 – eesti keel, 8 – inglise keel, 9 – ajalugu, 10 – kunstiõpetus, 11 – muusikaõpetus.

Õpetajate vastused kinnitavad õpilaste väiteid: 26% kõigist vastanutest on andnud vähemalt korra veerandis koduseid ülesandeid, mille täitmisel on õpilastel tulnud rakendada IKT võimalusi.

Õpetajate endi hinnanguil on kõige aktiivsemad olnud geograafia-, eesti keele ja bioloogiaõpetajad. Nii geograafias kui ka bioloogias on võimalik internetist hankida palju ainekohast lisainfot ja seega on ka tulemus igati loogiline. Eesti keeles rakendatakse tihti arvutit teksti trükkimiseks, mitte aga sisuliselt õppeaine omandamiseks. Sellest tulenevalt ka joonisel nähtuv suur erinevus õpetajate ja õpilaste arvamuste vahel.

Matemaatikaõpetajad annavad õpilastele arvutil tehtavaid kodutöid kõige vähem. Tarkvara, mis koolides matemaatikatundides kasutusel on, nõuab eelnevat arvutisse installeerimist, programmi head tundmist või korrektselt ettevalmistatud töölehti. Rakendusprogrammidest on õpetajatel-õpilastel matemaatika kodutöodes kõige mugavam kasutada MS Excelit ning see ongi reeglina joonisel nähtuv 17-18% kodutöödest.

Küsimustikule vastanutest oli vaid 1% õpetajatest arvuti ainekabinetis. Kokkuvõttes aga ei tõhusta arvutite muretsemine aineklassidesse oluliselt õpilaste IKT kasutamist. Arvuti on pigem õpetajale abiks tundide ettevalmistamisel ning projektori vahendusel kasutusel PowerPoint-i esitluste või muude õppematerjalide/programmide demonstreerimisel. Tõenäoliselt aitab arvuti ainekabinetis aga tõsta õpetajate arvutikasutusala enesekindlust, mille tulemusena julgevad nad ka senisest enam arvutiklassis ainetunde anda.

IKT-põhise aineõppe tõhustamiseks on senisest enam vaja korraldada ainemetoodilisi täiendõppekursusi. Loodusainete ja matemaatikaõpetajate puhul ilmneb, et taoliste kursuste läbinute hulgas on tunduvalt rohkem aktiivseid arvutikasutajaid kui üksnes üldiste arvutikursuste või ainult konkreetset tarkvara tutvustavate kursuste lõpetajatest.

1.5 Kokkuvõte

Õpilaste ja õpetajate küsitluse tulemusena võib tõdeda, et infoühiskonnale iseloomuliku “avatud kooli” jooni on õpilaste ja õpetajate käitumises mitmeid. Arvutikasutuse sarnasus koolis ja väljaspool kooli on sellele üheks kinnituseks. Kuigi nii õpilased kui ka õpetajad on sisuliselt valmis rakendama intensiivsemalt IKT vahendeid oma õppetegevuses, ei ole see hetkel reaalsuseks saamas. Põhjuseks ühelt poolt arvutiklasside vähesus koolides: õpilane ei saa ainet arvutil individuaalselt omandada, kuna arvuteid on vähe, aga õpilasi palju – enamasti 2 õpilast arvuti taga. Nii nagu klassiruumiski tekitavad sageli probleeme 2 õpilast, kes üht raamatut

jagavad, nii tekib probleeme arvutiklassis, kus kaks õpilast ei suuda kahepeale üht hiirt jagada või sarnaselt teksti lugeda. Selliselt töötades ei saavuta õpetaja oma ainetunnis oodatavat tulemust, sest võrdväärselt materjali omandavaid paare on raske moodustada.

Seda suurimat probleemi on koolid püüdnud lahendada mitmeti. Osad koolid on leidnud võimaluse aineõpetajale eraldada kord nädalas rühmatunnid, mida viimane saab siis läbi viia grupiti arvutiklassis. See on hea lahendus, mis enamasti jääb aga kooli juhtkonna rahajagamise taha pidama. Puuduvad ressursid lisatundide tasustamiseks. Teine võimalus on vaba- ja valikainete tundide arvelt enamikele klassidele lisada tunniplaani üks arvutitund (parimal juhul grupitund). See pole siis mitte arvutitund selle sõna otseses tähenduses, vaid tund, mille käigus saab mõni selle klassi aineõpetaja arvutiklassis tundi läbi viia või siis arvutiõpetaja abi kasutades ainealast iseseisvat tööd teha. See aga nõuaks samuti rahalisi ressursse, head õpetajate vahelist koostööd ja põhjalikku töölehtede ettevalmistamist.

Teiselt poolt on puuduseks emakeelse ainekavale vastava õpitarkvara nappus. Eestikeelsetes põhikoolides ja gümnaasiumides kasutatakse põhiliselt tarkvara, mille hankimine ja levitamine on toimunud Tiigrihüppe Sihtasutuse vahendusel, vähemal määral ka PHARE ISE kaasabil. Mitmed kasutusel olevad programmid on tõlgitud ning ei vasta paljuski meie õppeprogrammidega. Meie enda tarkvaraspetsialistide poolt väljatöötatud, meie ainekavadele vastavaid õppeprogramme on suhteliselt vähe. Õnneks on peaaegu kõikides ainetes mingi emakeelne õpitarkvara olemas, kuid kahjuks mitte kõikidele vanuseastmetele. Iga aastaga olukord küll paraneb ning seda tänu Tiigrihüppe Sihtasutuse abile, mille tarkvaralised projektikonkursid on suureks abiks õpitarkvara loojatele.

Ka matemaatikas on mitmeid rakendusprogramme, mille abil on õpilastel võimalus omandatud teadmisi kinnistada. Enamik nendest programmidest on illustratiivsed ning võimaldavad klassiruumis omandatud teooriat visualiseerida või siis õppida vastavalt avastusõppe metoodikale (viimane nõuab väga põhjalike suunavate töölehtede ettevalmistust).

2 Tehnoloogia koolihariduses ja matemaatiline õpitarkvara

2.1 Hariduses kasutatavad tehnoloogiad

Tehnoloogiad võivad olla ühe- või kahe-suunalised. Ühesuunalised tehnoloogiad ei võimalda õppurite ja õppejõudude vahelist ning ka õppurite vastastikku suhtlemist, kahe-suunalised tehnoloogiad aga küll.

Ülevaate ühe- ja kahe-suunalistest tehnoloogiatest annab alljärgnev tabel (Anon, www.ut.ee/e-ylikool):

	Ühesuunaliste tehnoloogiate tulemused	Kahe-suunaliste tehnoloogiate tulemused
Tekst	Trükitud õppematerjalid	Kirjavahetus juhendajaga
Audio	Programmid audiokassettidel Raadioprogrammid	Juhendamine telefoni teel Audiokonverentsid
Video, film	Programmid videokassettidel Teleloengud	Interaktiivne televisioon Videokonverentsid
Digitaliseeritud info	Andmebaasid Multimeedia Arvutipõhine õpe CD-d	E-post Interaktiivsed andmebaasid Arvutikonverentsid

Tabel 2. Ühe- ja kahe-suunaliste tehnoloogiate rakendusi

Vaatleme nüüd natukene lähemalt nimetatud tehnoloogiaid (Tucker, 1997).

TRÜKISED - Olenemata uute tehnoloogiate imendumisele õppetegevusse on peamiseks õpetamistehnoloogiaks jäänud siiski traditsioonilised tekste, pilte, jooniseid ja illustratsioone sisaldavad trükised. Trükiste eelisteks muude tehnoloogiate ees on toetumine omandatud lugemisoskusele, raamatu teksti on mugavam lugeda kui arvuti- või teleriekraanil helenduvat teksti ning pole vaja omandada mingeid lisateadmisi õppevahendiga töötamiseks. Trükise puhul puudub võimalus küsida selgitusi ja lisainformatsiooni. Enamus matemaatikas kasutatavad õppevahendid on trükised: õpikud, ülesannete kogud, töövihikud, valemite kogud, testide kogud, plakatid jne.

AUDIO - Audiomaterjali võib jagada hääleks, kõneks, muusikaks ning helideks, seda edastatakse audiokassetide või CD-de vahendusel. Kui audiot kasutada mingiks tervikettekandeks, peaksid olulisemad mõisted olema saadaval ka kirjapandud kujul. Spetsiaalselt koostatud audiokassetid ja CD-d on kombineeritud teksti või muu materjaliga (näiteks keeleõppe kassetid, mis sisaldavad hääldusharjutusi ning on toetatud ülesannetega trükitud kujul). Audiotehnoloogiad on odavad, kergesti kasutatavad, kättesaadavad ja tavaliselt ka hariduslikult efektiivsed. Õppetegevuses võib kasutada ka kahesuunalist audiot. Näiteks spetsiaalsete seadmetega võõrkeeleklassides on kõrvaklappide vahendusel võimalik õpilastel-õpetajal omavahel vestelda nii grupis kui ka paarikaupa, harjutusi teha ja kohe ka õpetajalt tagasisidet saada. Ka telefonikõne on kahesuunaline audio. Matemaatikas nimetatud tehnoloogial põhinevaid õppematerjale pole kohanud.

VIDEO JA FILM - Hariduslikud teleprogrammid ja videofilmid annavad meile tänu heli ja pildi koostööle parima ettekujutuse õppematerjali olemusest. Teleülekandeid on võimalik salvestada videokassetidele ning võimalik kasutada meile sobival ajal, samuti on videokaameratega ka õpilastel-õpetajatel ise võimalik filmi teha. Eelisteks on võimalus materjali mitu korda korrata ning seda mitte ainult klassiruumis, vaid ka kodus. Viimastel aastatel asenduvad videokassetid aga DVD-dega (*digital video disc*). DVD-de eeliseks on suurem materjalimahutavus ning vajaliku lõigu kiirem ülesleidmine ja puuduseks autorikaitse seadusest tulenevalt kallim hind ning vastavate mahamängijate puudumine kodus. 1980ndatel aastatel edastati Eesti Televisoonis telekooli matemaatika tunde ning televiktoriini "Nuputa" VII klassidele. Mõned nendest on videokassetidel säilitatud TÜ matemaatika didaktika õppetoolis.

VIDEOKONVERENTSID - võimaldavad erinevate asupaikade inimestel üksteist kahesuunaliselt televisiooni teel näha ja kuulda. Selliste konverentside läbiviimiseks on vajalik vastavate seadmete olemasolu (koodek – muudab heli ja pildi digitaalseks ja vastupidi; videokaamera pildi edastamiseks, kõlarid-mikrofonid heli edastamiseks, monitorid pildi vastuvõtmiseks ja kommunikatsiooniliinid andmete vahetamiseks). Tänapäeva koolides on see seadmete ja liinide tõttu veel üldiselt harva esinev õppevorm. Aga tulevikus võiks kasutada näiteks arutelud etteantud teemal erinevate koolide vahel (olenemata geograafilisest asukohast), õppurite juhendamiseks (õpetaja keskuses ja õpilased kodus), diskussioonide pidamiseks. 12. veebruaril 2000 korraldasid Saaremaa Ühisgümnaasium ja Kuressaare Gümnaasium videokonverentsi Võru

Maagümnaasiumiga ning Võru Kreutzwaldi Gümnaasiumiga (KG infoleht, 2000). Arutati nii Saaremaa kui ka Võru koolide probleeme ning vahetati kogemusi. 10. jaanuaril 2002 toimus EENeti abiga videokonverents, millest võtsid osa koolid Rootsist, Saksamaalt, Inglismaalt ning Vara Põhikool Tartumaalt oma kaheksa õpilasega. Esimese konverentsi teemaks oli Rootsi Kiruna kooli tutvustus. Esitati teineteise koolide ja elu kohta küsimusi; põhieemärgiks oli ingliskeelse eneseväljenduse arendamine (EENet, 2002). Tartu koolidest on videokonverentse korraldanud Hugo Treffneri Gümnaasium 2. märtsil 2003. aastal (HTG, 2003). Umbes 1,5 tunnine videokonverents kohalviibinud HTG õpilaste ja Ateenas olevate EL ja EL kandidaatriikide haridusministrite vahel. Üks kool igast riigist sai ennast 5 minutit tutvustada ja näidata koostatud esitlust ja pärast valikuliselt küsiti küsimusi. Konverentsi eesmärgiks oli esmakordselt sedavõrd laiaulatusliku, interneti vahendusel toimuva videokonverentsi korraldamine ja ka mõlemale osapoolele praktilise kogemuse saamine. Küll aga korraldavad videokonverentse enamik vabariigi ülikoole, sest nende matriaal-tehniline baas on võimaldanud muretseda vastavat tehnikat, koolid aga peavad selliste ürituste tarbeks paluma kõrvalist abi näiteks EENetilt.

AUDIO- JA VIDEOVOOD - Audio- ja videovood on ühesuunalised heli ja videoülekanDED arvutivõrgu baasil. Loomulikult jäävad nad kvaliteedilt alla tavalistele raadio- ja teleülekanDetele. Vajalikud vahendid: kiire multimeedi arvuti koos helikaardi ja videosisendiga, videokaamera, mikrofoni, kiire vastastikune arvutivõrk. Multimeedi arvutis peab olema ka vastav programm, mis võimaldab kahel arvutil omavahel nimetatud vooge vahetada. Heaks näiteks on selles valdkonnas nn internetiraadio.

ARVUTID - Arvutit tuleb vaadelda kui info talletamist, sorteerimist ning kasutamist võimaldavat süsteemi. Seoses arvutite ja arvutivõrkude kiire arenguga kasutatakse arvuteid koolides mitmetel eesmärkidel: õpilaste hindamisel (testid), omavahelisel suhtlemisel (e-post ja foorumid), õppematerjali omandamisel (õppeprogrammid, veebipõhised õppekeskkonnad) ja analüüsimisel (internet ja järelDuste tegemine) ning arvutipõhisel õppel (kaugkoolitus). Arvutipõhist matemaatilist õpitarkvara on koolides päris palju ning need on leidnud ka üpris laialdast kasutust. On korraldatud vastavaid ainealaseid kursuseid, nende käigus loodud mitmeid õppematerjale ning viimased on kättesaadavaks tehtud ka kõigile kasutada soovijatele aadressil www.koolielu.ee → Õppematerjalid → matemaatika. Punktis 2.5 tuleb nimetatud programmidest pikemalt juttu.

Koolihariduses on ajast aega olnud põhiliseks tehnoloogialiigiks siiski trükised: õpikud, töövihikud, kontuurkaardid, mapid jne. Viimastel aastatel koos infotehnoloogia arenguga on koostatud ka palju elektroonilisi õppematerjale. Tabelis 3 võrdleme omavahel järgnevas nimetatud õppematerjale (Luik, 2003):

Eri vormides õppematerjalide eelised	
Elektroonne õppematerjal	Paberkandjal õppematerjal
Lihthe värskendada ja parandada	Paberilt loetakse 25-30% kiiremini kui ekraanilt
Lihthe kohandada kontingendile	Ei vaja tehnoparki
Võimalik lisada heli, videot jm materjale	Multimeedia liigne atraktiivsus võib juhtida õppijate tähelepanu õpiesmärgilt kõrvale
Hüpermeedias on materjal organiseeritud enam sarnaselt inimese mõtlemisele ja semantiline võrk seotud mõistete ning ideede vahel loob assotsiatsioone, mis soodustavad info omandamist	Akadeemiliselt vähevõimekate õppijate puhul hüpertekst võib lõhkuda loogikat. Paberkandjal õppematerjali korral saab autor ette anda materjali struktuuri ning lugedes traditsioonilist teksti võib teksti struktuur soodustada materjalist arusaamist
Sama materjali esitus eri meediate abil ja erinevalt struktureeritult	Ei vaja arvutialaseid lisaoskusi.
Tõmbab enam tähelepanu, on interaktiivne	
Kiire otsinguvõimalus	

Tabel 3. Elektroonilise ja paberkandjal esitatud materjalide eelised.

2.2 Tehnoloogiaavaliku kriteeriumid

Õppetegevuse mitmekesisistamisel on mõistlik rakendada erinevaid tehnoloogiaid, kuid mitte mitmekesisuse enda pärast, vaid kindla suunitlusega mingi õppematerjali osa efektiivsemaks selgitamiseks. Ainult viimane eesmärgipärane erinevate tehnoloogiate kasutamine annab parima rakendusliku tulemuse. Tabelis 4 on analüüsitud järgmisi kriteeriume (Tony Bates'i nn ACTIONS mudel, 1995). *Kursiisvis on esitatud töö autori märkused kriteeriumite ja arvutitarkvara seoste kohta.*

<p>A - Access: JUURDEPÄÄS Võimalikult paljudele kättesaadav</p>	<p>Tähtsaim kriteerium tehnoloogia valikul. Kodus õppija jaoks on kõige sobivamad trükised, audio- ja videokassetid ning telefoni kasutamine. Laiemad on võimalused, kui õppur saab kasutada arvutit ja internetiühendust (õppematerjalid www-lehekülgedel, veebipõhine õpe, CD-d, e-posti kasutamine). Siin võib probleemiks olla arvuti parameetrite sobimatus, arvutite vähesus või internetiühenduse aeglus (puudumine).</p> <p><i>Õpitarkvara seisukohalt oleks soovitav internetipõhine rakendus, mis võimaldaks kõigil arvutit ja internetiühendust omavatel õpilastel materjali kasutada. Selliselt loodud õpitarkvara peaks olema koostatud selliselt, et ta töötaks tõrgeteta kõigis enamlevinud internetibrauserites.</i></p>
<p>C – Costs HIND Millised on kulutused:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ühele õppetunnile • ühele õppurile 	<p>Ühe õppetunni hind sõltub kasutatava tehnoloogia tüübist, samuti sellest, kas tehnoloogia on ühe- või kahe-suunaline ning ka õppurite arvust. Mida suurem on õppurite arv, seda odavam on üldiselt tehnoloogia kasutamise hind ühe õppuri kohta (trükis). Kalleim ühesuunaline tehnoloogia on teleülekanne. Kahe-suunalistest tehnoloogiatest on odavamad arvutikonverentsid ja audiokonverentsid. Kalleim videokonverents, kui vastav seadmeistik puudub.</p> <p><i>Õppematerjalide interneti ülespanek iseenesest ei ole keeruline ega kulukas tegevus. Kui me aga tahame koostada interaktiivset õpitarkvara mingi konkreetse teema käsitlemiseks, siis võib selle valmistamine kujuneda päris kalliks (tehniline abi videoklippide, animatsioonide, interaktiivsete harjutuste ja õppematerjali kombineerimisel, CD-de kirjutamine, litsentsimaksud, serveri hooldamine jm).</i></p>
<p>T - Teaching and learning ÕPPIMINE JA ÕPETAMINE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mis meetod on sobivaim? • Parim õpetamist toetav tehnoloogia? 	<p>Trükiste puhul saab esitada suurt hulka tekstilist materjali, samuti jooniseid ja fotosid (nii must-valgete kui värvilistena). Raadioülekanded, audiokassetid ja audiokonverentsid võimaldavad vaid heli kasutamist, arvutikonverentsid vastupidi vaid tekstilist suhtlemist. Tehnoloogia valik sõltub veel sellest, millist tüüpi õpet soovitakse kasutada: võrdlemist, analüüsi, probleemilahendust, mehaaniliste oskuste arendamist, hinnangute muutmist jne. Erinevad tehnoloogiad aitavad arendada erinevaid oskusi.</p> <p><i>Arvutipõhise õppe puhul kasutatakse seoses multimeedia arenguga lisaks tekstilisele materjalile üha rohkem illustreeriva materjalina interaktiivseid audio- ja videoklippe.</i></p>
<p>I - Interactivity and user-friendliness: INTERAKTIIVSUS JA KASUTAJA-SÕBRALIKKUS.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Millist tüüpi interaktiivsust tehnoloogia võimaldab? • Kui kerge on tehnoloogiat kasutada? 	<p>Üldiselt võimaldavad suuremat interaktiivsust kahe-suunalised tehnoloogiad, sest tegevuses osalevad pooled on pidevas helilis-pildilises kontaktis ning tegevuse iga järgmine etapp toetub reeglina eelmisele.</p> <p><i>Ühesuunalistest tehnoloogiatest on kõige interaktiivsem arvutipõhine õpe (testide tegemine, tagasiside andmine õppurile, aktiivsete tegevuste pakkumine, materjali ilmestamine animatsioonidega, video igapäevaelust, millele õppematerjal lahenduse leiab jne).</i></p>

<p>O - Organisational issues: ORGANISATOORSED VAJADUSED.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Millised on organisatoorsed probleemid, et tehnoloogiat saaks edukalt kasutada? 	<p>Ühesuunalised tehnoloogiad nõuavad suuremat ajakulu ja meeksonnatööd kui kahe-suunalised tehnoloogiad.</p> <p><i>Arvutipõhise õppe korral tuleb lahendada kahepoolseid organisatoorseid küsimusi: rakenduse koostaja poolsed ning rakendaja kasutajapoolsed probleemid. Näiteks arvestama kasutaja arvuti ressursse, et õppuril ei tekiks probleeme animatsioonide ja helidega. Kui probleeme pole võimalik vältida, siis tuleks see kasutajale kergeti lahendatavaks teha, kuid siis võib tekkida probleeme autorikaitse seadustega jne.</i></p>
<p>N - Novelty: UUDSUS.</p>	<p>Valitava tehnoloogia puhul on esmatähtsaks tema vastavus nõuetele, mitte uusimate rakenduste kasutamine. Sageli kiputakse seda unustama. Pealegi on uusimate võimaluste kasutamine kas siis liiga kulukas või pole edaspidi kõigile võrdselt kättesaadav.</p> <p><i>Õpitarkvara peab takistusteta töötama võimalikult paljudel erinevate operatsioonisüsteemidega arvutitel, kuna me ei saa eeldada, et kõigis koolides ja kodudes on vaid meile harjumuspäraselt Windows operatsioonisüsteemid ning sellele tuginevad abiprogrammid. See on oluline nii www-rakenduste kui ka valmis CD-de korral.</i></p>
<p>S - Speed: KIIRUS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kui kiiresti on materjal valmiv? • Kui kiiresti on materjali võimalik muuta? 	<p>Kahe-suunalised tehnoloogiad ning raadio võimaldavad kiiresti informatsiooni muuta. Trükised ja õppevideod seda aga teha ei võimalda. Seetõttu tulebki näiteks ajalooõpikuid täiendada või uuesti välja töötada.</p> <p><i>Arvutipõhises õppes võimaldavad www-põhised meediumid end kõige kiiremini kohandada, CD-d aga mitte. Matemaatika on üks neist vähestest ainetest, mille ainevaldkond põhikoolis pole aastate vältel oluliselt muutunud, kuigi ainemaht on isegi kahanenud.</i></p>

Tabel 4. Tony Bates'i nn action mudeli analüüs õpitarkvara seisukohalt.

Igal tehnoloogial on oma tugevad ja nõrgad küljed, kuid on olemas tehnoloogia kasutamise kuldreeglid (Bates, 1995) :

1. Heade õppematerjalide olemasolu.
2. Õppematerjali professionaalne loomine ja disainimine.
3. Igat tehnoloogiat saab kasutada paindlikult paljudel erinevatel viisidel.
4. Ei ole olemas nn "supertehnoloogiat".
5. Erinevate meediate ja tehnoloogiate kombineeritud kasutamine.
6. Tasakaalu leidmine kasutatavate tehnoloogiate paljususe ja efektiivsuse vahel.
7. Tulemusliku õppeprotsessi saavutamiseks on oluline interaktiivsus.
8. Tehnoloogia, mille kasutamine on esimesel aastal odav, võib osutuda palju kallimaks järgnevatel aastatel või vastupidi.
9. Uued tehnoloogiad pole alati paremad kui vanad.

10. Õpetajad vajavad tehnoloogia efektiivseks kasutamiseks reeglina spetsiaalset koolitust.
11. Oluline on meeskonnatöö.
12. Keskenduda ei tohi mitte tehnoloogiale, vaid õpetamise protsessile.

2.3 Õpitarkvara

Õpitarkvara all mõistetakse CD-le ja arvutidisketile paigutatud õpiotstarbelisi tarkvaraprogramme ja internetis väljas olevaid elektroonilisi õppematerjale. Õpitarkvara kitsamas mõttes võimaldab õpilasel arvuti abil omandada uusi teadmisi ja oskusi, süvendada ning kontrollida olemasolevaid. Elektroonilised entsüklopeediad, sõnaraamatud, tekstitöötlusprogrammid, graafikapaketid ja õpiprogrammid on vaid mõned näited õpitarkvarast.

Koolitundides saab arvutit kasutada väga laialdaselt ja väga erinevalt. Arvuti abil saab kirjutada kirjandeid ja referaate, modelleerida, edastada verbaalset infot, arendada oskusi ja vilumusi, õpetada reeglite rakendamist, kontrollida teadmisi, joonestada jne. Kõige üldisemalt võib arvuti kasutamise koolis jaotada kolme suurde kategooriasse (Marandi, 2002):

- 1) programmeerimiskeeled (arendavad mõtlemist, nt Logo, Basic ja Pascal);
- 2) arvuti rakendusprogrammid (nt elektroonilised entsüklopeediad, sõnastikud, tekstitöötlus-, tabelarvutus- ja graafikaprogrammid jne);
- 3) õpiprogrammid.

Õpiprogrammid, on eelkõige mõeldud õppimiseks (kas uue mõiste omandamiseks, selle harjutamiseks või kasutamiseks). Enamik autoreid jagab õpiprogrammid omakorda neljaks alaliigiks (Marandi, 2002).

1. **Harjutamisprogrammid**, mis võimaldavad harjutamist. Esimestena hakkasid levima just seda tüüpi programmid ning neid on valmistatud kõige rohkem, enamasti reaalinetes. Sageli on neis programmides lähenetud lapsele mängulises vormis, et õpilasi paremini motiveerida. Tavaliselt arvestatakse nendes mängudes vastuste õigsust ja seejärel lahenduse kiirust. Harjutamisprogrammid peavad võimaldama oskuse viimist automaatsuseni. Selliste programmide positiivseks küljeks loetakse seda, et nad on kannatlikud ka siis, kui järjest valesti vastata. Negatiivse poole pealt on märgitud, et keskendutakse ainult faktiteadmistele, mitte mõtlemise arendamisele. Sobilik näiteks korrutustabeli omandamiseks ja peastarvutamiseks. Matemaatikas näiteks Miksikese

Prangli peast arvutamise võistlus (<http://lefo.net/math/est/>) ja Koolike <http://www.zone.ee/koolike/index.htm>.

2. **Probleemlahendusprogrammid** pakuvad stsenaariumi/situatsiooni või probleemi, millele õpilane peab lahenduse leidma. Eesmärgiks on arendada mõtlemist, sõnaosavust, loovust (eeskätt mõtlemise paindlikkust, originaalsust ja üksikasjalikkust). Kahjuks ei pruugi probleemil olla ei ainuõigeid ega ka täiesti valesid vastuseid. Probleemlahendusprogrammide plussiks on see, et õpilased otsivad oma mälust neid teadmisi, mida konkreetses situatsioonis lahenduse leidmiseks rakendada saaks, kuid ta ei anna õpilasele uusi ainealaseid teadmisi. Küll aga on sellised programmid head mõtlemise arendamise aspektist. Matemaatikas on heaks sellealaseks näiteks tõestusprogramm GeoLogWin.
3. **Simulatsioonid** modelleerivad tõelist maailma mitmel moel. Õppimine on tavatähenduses oma olemuselt deklaratiivne (teadmine, „*mis*”) mitte protseduuriline (teadmine, „*kuidas*”). Arvutid saavad luua keskkonna, mis valmistab õpilasi ette tegelikuks eluks ning see ongi simulatsioon. Simulatsioone kasutatakse palju loodusteadustes, näiteks katsete jms sooritamiseks. Kuna siin saab luua ka hüpoteetilisi lahendusi, siis võib juhtuda, et paljud õpilased ei erista hüpoteetilisi situatsioone reaalistest. Üheks näiteks selles valdkonnas on Tiigriretk Eestimaal - <http://sunsite.ee/tour/>.
4. **Juhendavad programmid** pakuvad sammsammulist lähenemist, et õppida mõisteid. See õpiprogrammide liik peab olema loodud õpilaste iseärasusi ja erinevaid õpistiile arvestades. Õpilasel, kel on laialdasemad teadmised, peab olema võimalus jätta vahele triviaalsed seletused ning saada lisamaterjali. Nõrgemat õpilast peab juhendav programm suunama täiendavale kordamisele või materjali esitamisele lihtsamal sõnastuses. Just juhendavatest programmidest loodetakse kõige enam abi õppetöö individualiseerimisel. See liik õpiprogramme olgu mõeldud nii aeglastele kui ka kiiretele õppijatele, nii nõrkadele kui ka tugevatele õpilastele. Näitena võiks siinkohal tuua algklassidele mõeldud tasandigeomeetria algõpetuse õpetava programmi *Учись с 8 лет* (http://vkids.km.ru/subjects.asp?id_sect=2&id_subj=7).

Just juhendavad programmid aitavad õppetööd individualiseerida. Enamasti koosneb õpiprogramm mitmest alaliigist korruga: uut mõistet selgitatakse mingi konkreetse probleemi lahendamise ja mõiste omandamise kontrolliks lahendatakse mitmeid ülesandeid. Minu

planeeritav õppeprogramm on ka põhisisult juhendav programm, milles aga lahendatakse ka erineval tasandil ülesandeid (harjutusprogramm) ning integratsioonis teiste ainetega otsitakse probleemidele lahendusi matemaatilistele teadmistele toetudes (probleemlahendusprogramm).

Seoses arvutite kasutuselevõttuga õppetöös ja arvutipõhiste õppematerjalide loomisega on toimunud muutused õppimisstrateegiates. Oluline on teada, kuidas õppija tajub arvutipõhiseid õppematerjale (just veebipõhiseid) ja seda tuleks viimaste koostamisel arvestada (Luik, 2003).

- **Browser mõtteviis** (*browser mentality*). Siinkohal peetakse silmas hüpertekstide kasutamist õppematerjalide edastamisel. Iseenesest on hüpertekst mittelineaarne otsimistegevus, mis tekitab omaette õppimisstrateegia: teksti lugemine võib muutuda teksti kiireks ülevaatamiseks. Ühelt poolt võimaldavad hüperlingid kiiret info leidmist, aga teiselt poolt võib see õpilases tekitada vaid hasarti, uurimaks, mis lingi taga peidus on.
- **Navigatsioon ja teeleidmine** (võimelisus liikuda nii, et ei eksiks). Sageli õppija eksib linkide rägastikus ära. See, kas õppur teab, kus ta asub või kus ta on juba käinud, on seotud kasutaja ruumilisuse võimekusega. Järjestikune materjali esitamine on parem kui hüpermeedia võrgustik, sest siis on õppuril vähem võimalusi orientatsiooni kaotada.
- **Kognitiivne lisakulu**. Veebilehtedega seotud õppes tähendab see nii ekraanipiltide, nende vahel liikumise, interpreteerimise, ikoonide ja objektide kui ka materjali vaimset töötlust. Iga ekraani element interpreteeritakse õppija poolt ning võtab seetõttu vaimset energiat. Keeruline, mittetraditsiooniline ekraanikujundus, mis kasutab erinevaid fonte, objekte, navigatsioonivahendeid ja paigutuse mustreid, on õppija jaoks keeruline. Traditsiooniline ekraanikujundus seevastu võimaldab õppijal keskenduda materjali omandamisele.

2.4 Arvuti matemaatikatunnis

Sageli on koolimatemaatika õpilaste jaoks liiga abstraktne ning neil on raske luua seoseid aine ja reaalse elu vahel. Tihti puudub õpilastel erinevate matemaatiliste mõistete vahel seoste loomise oskus. Paljud matemaatilised probleemid nõuavad selgitamisel mitmeid erinevaid lähenemisi, et kõik õpilased jõuaksid probleemi tuumani. Tiheda ainekava tõttu pole õpetajal alati sellist ajaressurssi ja ehk teinekord ka oskust leida erinevaid rakendusi sellise probleemi kajastamisel. Ja nii juhtubki, et üks osa lastest ei saa uut osa selgeks või siis õpivad mehhaaniliselt ära ülesande lahenduskäigu, kuid lahenduse tegelik olemus jääb arusaamatuks. Teisalt on ka terve hulk lapsi,

kes omandavad kohustusliku materjali kiirelt ning nende võimete igakülgseks arendamiseks oleks vaja lisamaterjali, kas siis aine süvendatud omandamiseks või siis silmaringi laiendamiseks. Sageli võimaldatakse andekatel õpilastel oma aja ratsionaalsemaks kasutamiseks ja mõttemaailma edasiarendamiseks lahendada tunnis lisäülesandeid, kuid enamasti osutuvad need lihtsalt trafaretseteks või tehniliselt keerukamateks ning kasutegur on vaid kvantitatiivne (suurem lahendatud ülesannete hulk).

Õppimine on kujunenud tihti massiliseks drillivate ülesannete lahendamiseks ning aine näitlikustamiseks kasutatakse halvimal juhul vaid tahvlit ja kriiti. Üheks põhiliseks õpetamiseetodiks on loeng, mille käigus õpilaste kaasamist intensiivsesse õppetegevusse sageli ei toimu. Nii mõnigi kord võime kuulda matemaatikaõpetajat kurtmas, et teoreemide tõestamine on õpilastele liig raske. Sageli loobutakse selgitamast ruutfunktsiooni graafiku asendi muutumist sõltuvalt ruutfunktsiooni kordajatest, et säästa väärtuslikku aega lõpueksamiks valmistumisel. Vähe leitakse matemaatikas võimalusi iseseisvaks materjali omandamiseks, sest õpilaste matemaatilise teksti funktsionaalne lugemisoskus on 70% juhtudel raskendatud. Kuid tegelemine arvuti vahendusel õpiprogrammidega kasvatab õpilases iseseisva töö oskust, järjekindlust ja eneseusaldust. Juhendavates õpiprogrammides on tuttav õpikutekst jaotatud väiksemateks osadeks ja sobivalt muude tehnoloogiatega täiendatud, mis muudab teksti sisu paremini arusaadavaks. Õpitulemust testides annab arvuti reeglina õpilasele tagasisidet tema poolt lahendatud ülesannete õigsusest (välja arvatud teadmisi kontrolliva programmiosas).

Et senistes suurtes klassikomplektides ainet õpetades ei jääks tähelepanuta nii mahajääjad kui ka asjahuvilised noored matemaatikud, on võimalus nimetatud gruppidele rakendada individuaalset tööd õppeprogrammidega, mille koostajad on vastavate moodulite lisamisel arvestanud erineva tasemega kasutajate soove.

Seega võiks kokkuvõtvalt mainida, et arvuti matemaatikatunnis

- suurendab õpilaste iseseisva töö oskust;
- annab õpilasele võimalusi valida endale sobiv töökiirus;
- annab võimaluse õpilasel endal oma tööd analüüsida ja suurendada enesekindlust;
- võimaldab kohest tagasisidet materjali omandamisest ja puudustest selles;

- ei nõua enamasti lisatöövahendeid peale arvuti ja õpitarkvara (joonlaud, sirkel, mall, kalkulaator jne);
- võimaldab erineval viisil näitlikustamist;
- võimaldab õpilaste tööd diferentseerida.

Kindlasti ei muuda selliselt väljatöötatud tarkvara õpetaja rolli õppetegevuses, sest õpilase-õpetaja omavaheline suhtlemine jääb püsima. Õpetaja on see, kes suunab-julgustab-juhendab õpilast tarkvaraga tegelemisel ning püstitab eesmärgi, milleni õpilane vastavalt oma võimetele jõudma peab. Küll aga muutub oluliselt õpetaja enda töö õppetegevuse ettevalmistamisel. Õpetaja peab tundma põhjalikult õpitarkvara ennast, koostama õpilase võimetele vastavaid täpseid tööjuhendeid ja töölehti (viimaseid arvutil koostades saab kiiresti teha muudatusi ja parandusi). Õpetajad peavad sellist isiklikku lähenemist suureks lisatööks (eriti kui klassis on 36 õpilast), kuid enamasti võimaldab programmide endi kasutamine hoida kokku aega vihikute ja kontrolltööde parandamiselt või siis omandamata materjali uuesti läbitöötamise arvelt. Eriti koolimatemaatikas leidub mitmeid raskeid teemasid, mille puhul otsene tagasiside iga lahendussammu õigsuse üle on õpilasele oluline asja olemuse tabamiseks.

Kahtlemata oleneb õpetaja töö konkreetsetest eesmärkidest. Õnneks on riik õpetaja eest osa tööd ära teinud ning matemaatika ainekava sissejuhatavas osas on fikseeritud järgmised eesmärgid:

- õpilane õpib üldistama ja loogiliselt mõtlema;
- arendab oma võimeid, intuitsiooni ja loovust;
- tunneb rõõmu matemaatikaga tegelemisest;
- õpib tundma avastamis- ja loomisrõõmu;

Eriti loetelu kaks viimast punkti on sellised, mis vähemalt õpetajates rõõmu tekitavad. Kui õpetaja laseb korra mõttes silme eest läbi oma õpilased ja nende tunded, siis näeb ta kindlasti väga erinevaid tundeid rõõmu kõrval või asemel. Mitmete teemade juures saab arvutit ka nende eesmärkide saavutamise valguses tõhusalt rakendada (Tõnisson, 2000).

Arvutite kasutamisega seoses suureneb vajadus paremini mõista matemaatilist terminoloogiat, siduda omavahel erinevaid matemaatilisi mõisteid, rakendada neid eluliste ülesannete lahendamisel. Samal ajal väheneb oluliselt vajadus erinevaid valemeid pähe õppida või drillida

hulgaliselt tüüpülesannete lahendusalgoritme. Väheneb mehaanilise mälu osatähtsus, suureneb vajadus kasutada matemaatilist keelt probleemide selgitamiseks, vajadus aru saada matemaatilisi mõisteid ja sümboleid sisaldavast tekstist. Nii suureneb matemaatika kommunikatiivne roll, selle aine õpetuse raskuspunkt läheb ülesannete lahendamisel mõistete ja nendevaheliste seoste õpetamisele, matemaatika kujuneb omalaadseks keeleõpetuseks. Seega matemaatika õpetamisel on vaja alates põhikoolist pöörata senisest suuremat tähelepanu (Kolde, 2001):

- matemaatilise teksti lugemisoskusele ja sellest arusaamisele;
- praktiliste ülesannete matemaatilise modelleerimisele ja tulemuste tõlgendamisele;
- tähtsustada mõistete kujundamist, näidata nendevahelisi seoseid ja matemaatiliste mõistete seost tavakeelega;
- oskusele leida uut informatsiooni ja õpitut (kuid unustatud) nii käsiraamatust kui ka arvuti vahendusel uuesti üles leida;
- oskusele kasutada erinevat matemaatika-alast tarkvara.

Kesksed probleemid, mis seonduvad arvutite kasutamisega matemaatikahariduses, on järgmised:

- **Millises mahus kasutada infotehnoloogiat matemaatikakoolituses?**

Sellele küsimusele vastajad õpetajad võib reeglina jagada kolme erinevasse gruppi:

1. Arvuteid ei tuleks üldse kasutada. Oleme seni hakkama saanud tahvli ja kriidi, paberi ja pliiatsiga ning edukalt teadmisi omandanud ja eksameid sooritanud. Miks siis nüüd enam nii ei kõlba? Põhjuseks tuuakse matemaatikaklassis arvuti puudumist, arvutiklassi kõik ei mahu ja lisatunde pole kusagilt võtta, õpetajale palju lisatööd.
2. Võimalikult paljudes tundides arvutit kasutada, kuna neid on koolis klassitäis ja paljudel lastel ka kodus. Ollakse seisukohal, et teemasid, kus arvutit kasutada hästi ei saa, tuleks vähendada ning infotehnoloogia kasutamine ainetundides kohustuslik jne. Kumbki nendest lähenemistest pole õige. Sest ei liigne mängulisus ja ette-taha äratagemine ei tee last targemaks ning samamoodi ei saa arvutist teha kogu õppetegevuse jumalat.
3. Parim lahendus oleks mõlema arvamuse kuldne kesktee kreedona: „infotehnoloogiat peaks matemaatika õppimisel-õpetamisel kasutama siis, kui see on mõistlik” (Tõnisson, 2000). Mõistlikkuse kriteerium sõltub paljudest asjaoludest:
 - õpetaja ja õpilase arvuti käsitlemise oskus,
 - kas on olemas sobivat õpitarkvara,

- kas õpetaja oskab seda kasutada,
- milline on arvutitele juurdepääs,
- kas saab kasutada dataprojektorit jne

Eelkõige aga peaks aineõpetaja teadma, millist osa tema ainekogust on võimalik ja kasulik õpetada arvutil, mis oleks selle eesmärk ja missugust lisaväärtust see annab. Seega sõltub arvuti kasutamine iga ainelõigu puhul õpetaja poolt eelnevalt püstitatud eesmärkidest – millised teadmised ja oskused (nii ainealased kui ka üldisemad) peaks õpilane omandama selle aineõiguga tegeledes.

- **Millised on arvutikasutuse eesmärgid?**

Loomulikult ei tohi arvuti kasutamine õppeaines saada eesmärgiks omaette, mida tehakse vaid soovist olla kaasaegne, vaid neid tuleb kasutada siis, kui neist on tõepoolest kasu. Ilma konkreetse suunitluseta ja korraliku tööjuhendita internetist materjali otsimine pole küll alati mõtestatud tegevus. Selliseid teemasid, mille käsitlemisel arvuti kasutamine vajalikuks osutub, võib leida kõikides õppeainetes. Ka internetist materjali otsimine on mõtestatud tegevus, kui selleks on koostatud tööleht ning sealseid juhiseid jälgides jõuab õpilane just nende näidetenii, mida õpetaja vajalikuks peab. Erilisi muutusi aineõpetuse didaktikas siin ei vajata. Matemaatikas võib harjutamine arvuti taga alata aritmeetiliste tehete sooritamisesest nii ühe- kui mitmekohaliste arvudega ja jätkuda murdude ja avaldiste teisendamise, teoreemide tõestamisega, jooniste konstrueerimisega, statistiliste andmete esitamisega diagrammidena või tabelitesse vormistatuna jne. Näiteks on Jaanika Kaljula koostanud VI klassi matemaatikast lähtuvalt ka arvutialased tunnikonspektid (www.koolielu.ee Õppematerjalid > Matemaatika > Aritmeetika ja algebra > protsentarvutus > Tunnikavad: 6. klassi tunnid arvutiklassis).

- **Missugune on ainetunnis arvuti kasutuse lisaväärtus?**

Õpetaja vabaneks suurest hulgast kodutööst – vihikute parandamisest. Aja kokkuhoid on oluline ka ainetunnis, kui nii mõnigi mehhaanilisevõitu toiming on sooritatav arvutil. Oluline on ka see, et arvuti võimaldab igale õpilasele just temale sobiva töötamiskiiruse. Nn “komputeriseeritud õpik” motiveerib õpilast, kes ehk traditsiooniliste vahenditega läbiviidud tunnis aine vastu huvi ei ilmuta. Ka võimaldab “komputeriseeritud õpik” uue materjali kättesaadavaks teha õpilasele, kes on tunnist puudunud ja õpetaja elavast esitusest ilma jäänud (Prank, 1997).

2.5 Eesti koolimatemaatikas kasutusel olev õpitarkvara

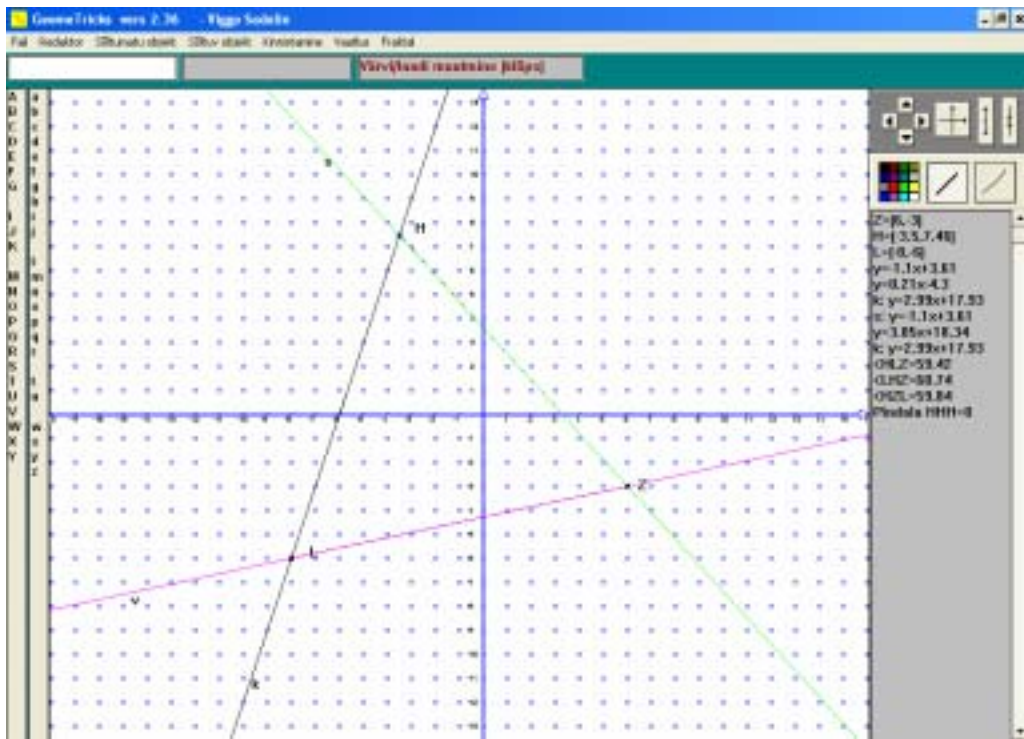
Eesti koolides on Tiigrihüppe ja Phare ISE programmi toel tekkinud matemaatika jaoks vägagi arvestatav tarkvaraline baas. Kõikides koolides on olemas programmid GeomeTricks, Tabletalk, Function, Pattern, Tõenäosusteooria ja APSTest, ilmselt ka Excel või mõni teine alternatiivne tabelarvutusprogramm. Paljudes koolides on olemas StudyWorks. Võimalik on muretseda koolidel ka programm GeoLog. Suure osa programmide kasutamist toetavad töölehed ja tunnikonspektid on õpetajatele internetis kättesaadavad. APSTest on eesti programmeerijate poolt välja töötatud õpilaste teadmiste ja oskuste testimise programm, mis võimaldab õpetajatel ise koostada sobivaid eri raskusastmetega teste, mille tulemused arvuti salvestab. Õpetajal jääb üle vaid hinded päevikusse kanda. Kuna see programm on kasutatav kõikides õppeainetes ja vanuseastmetes, siis sellest programmist me edaspidi pikemalt ei kirjuta. Järgnevalt veidi ülevaatliselt eelpool nimetatud matemaatikaprogrammide kasutamise eesmärkidest ja oodatavatest tulemustest.

2.5.1 GeomeTricks

GeomeTricks on dünaamilise geomeetria programm, mida saab kasutada planimeetria õppimisel-õpetamisel III ja IV kooliastmes, kuid leiab rakendust ka üliõpilaste koolituses. Programm haakub ainekavaga ning teda on võimalik rakendada koolis nii õpitava materjali omandamist lihtsustava näitliku abivahendina kui ka ühe võimalusena teadmisi kontrollida. Programmi eesmärgipärane kasutamine eeldab igale õpilasele töökohta. Et töö programmiga oleks tulemuslik, peaks õpilane tarkvara töö põhimõtetega eelnevalt 1-2 tundi tutvuma ning õpetajal tuleks koostada õpilastele iseseisva töö juhendid.

Programmi abil saab joonestada geomeetrilisi kujundeid ja konstrueerida uusi objekte juba olemasolevate objektide baasil. Joonestusväljaks võib valida koordinaatteljestiku või „puhta lehe“. Õpilane sisestab sisendaknasse punkti koordinaate ja sirge võrrandeid ning programm joonestab vastava kujutise. Hiirega punkte liigutades saab jälgida, kuidas muutuvad seeläbi olemasolevad kujundid. Programmi abil on võimalik mõõta kaugusi, nurki ja arvutada pindala. Mõõtmistulemused ilmuvad vastavasse aknasse ekraani paremas ääres (joonis 14). Programmi kasutamisel on töövõtted teataval määral sarnased konstrueerimisega sirkli ja joonlaua abil. Seega säilib jooniste tegemisel kasutaja aktiivne mõttetegevus.

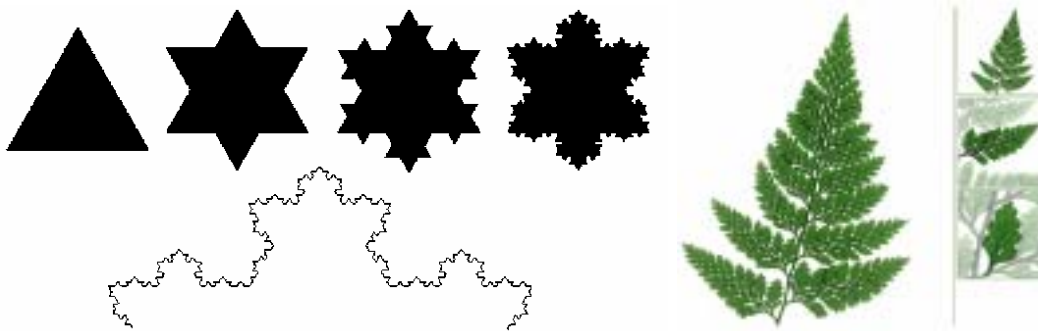
Programmi võib kasutada ka antud magistritööga seotud teema “Punkti koordinaadid tasandil” (6. klass) õpetamisel. Õpiku ülesandeid lahendades märgivad õpilased etteantud koordinaatidega punktid GeomeTricksis koordinaatteljestikku ning seejärel kontrollivad programmi abil, kas märgitud punktid on õigete koordinaatidega (paremas servas). See annab võimaluse õpilastele individuaalseks iseseisva töö oskusi süvendavaks tööks, kus õpetajal on suunav ja juhendav roll.



Joonis 14. Programmi GeomeTricks tööaken.

Suurepäraseks vahendiks on GeomeTricks ka õpetajale tundide ettevalmistamisel. Programmi abil saab lahendada teatud ülesandeid kiiremini kui paberil. Õppematerjalide ja jaotmaterjalide valmistamisel on hea kasutada programmiga konstrueeritud jooniseid. GeomeTricksit saab kasutada ka uue materjali demonstreerimisel, kus erilise efekti annab just võimalus lohistada hiirega teatud punkte ja jälgida kuidas see mõjutab kujundeid. Kujundi muutudes muutuvad vastavalt ka mõõtmistulemused ning nende muutumist saab ekraani paremas servas jälgida. Selle tõttu on programmi võimalik õpilastel kasutada mitmete geometriatõdede avastamiseks.

Õpilaste silmaringi laiendamiseks võib selle programmiga selgitada õpilastele ka mõistet fraktal* ning vaadelda mõningaid fraktalite kujunemise võtteid, võimaldab leida näiteid igapäevaelust ning seostada matemaatikat füüsika ja kunstiõpetusega (joonis 15).



Joonis 15. Näide fraktali kujunemisest ja fraktalite leidumisest looduses.

Programmil on üks interaktiivne värve kasutav tööaken, milles võib lahendada mitmeid ahelülesandeid. Õpilane saab tagasisidet paremas servas oleva tulemusakna vahendusel, kuid ta peab sealset infot ise hindama või hindab seda õpetaja. Paremas servas edastatav info on raskesti jälgitav: taust tume ning andmed kuvatakse liiga tihedalt, mis omakorda raskendab lugemist. Olemuselt on GeomeTricks eeskätt harjutamisprogramm.

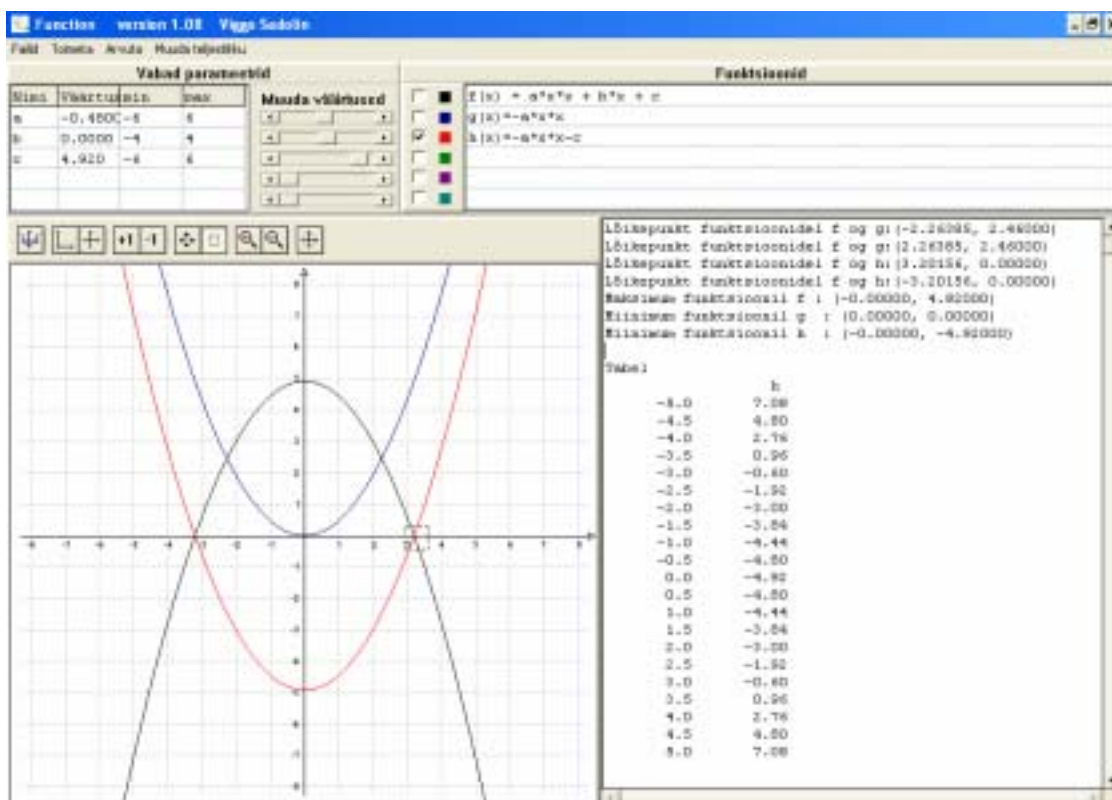
2.5.2 Function

Function on programm, mida on võimalik kasutada abivahendina funktsioonide uurimisel. Võimalik on korraga defineerida kuni 6 erinevat funktsiooni ning arvuti joonestab seejärel nende erivärvilised graafikuid, manipuleerida koordinaadistikuga – sisestada maksimaalsed ja minimaalsed väärtused telgede jaoks, muuta koordinaatide alguspunkti paigutust ekraanil – ning vaadelda suurendamise abil detailsemalt graafiku erinevaid osasid. Samuti on võimalik defineerida 5 vaba parameetrit, mida on funktsioonide kirjeldamisel võimalik kasutada. Programm võimaldab fikseerida parameetrite muutumisvahemikku ning kerimisriba abil selles vahemikus liikudes jälgida funktsiooni graafiku vastavat muutumist. Seda võimalust on hea kasutada põhifunktsioonide ja nende graafikute moodustumise õppimisel. Programmi abil saavad

* Fraktal on punktihulk, mis on oma struktuuri igal suurendusel kompleksne ja detailne. Sageli ilmneb igal suurendustel hulga täpseid koopiaid, st et iga väike osa fraktaalset on sarnane kogu fraktaaliga.

õpilased hea ettekujutuse sellest, kuidas funktsiooni kordajate väärtused mõjutavad funktsiooni graafiku asendit ja kuju (Zimmermann, 2000).

Programmi on sisseehitatud mitmeid funktsioone, mida koolimatemaatikas käsitletakse: abs – absoluutväärtus, sqr - ruutjuur, sin - siinus, cos - koosinus, atn - arkustangensi, log - logaritmfunktsioon, int - annab suurima täisarvu, mis ei ole suurem argumentist, exp - eksponentfunktsioon, sgn - annab arvu X märgi. Programm leiab kahe funktsiooni graafikute lõikepunkti, nullkoha(d), maksimum- ja miinimumkoha(d) ning funktsiooni väärtuse etteantud kohal. Programm väljastab soovi korral ka funktsiooniväärtuste tabeli (joonis 16).



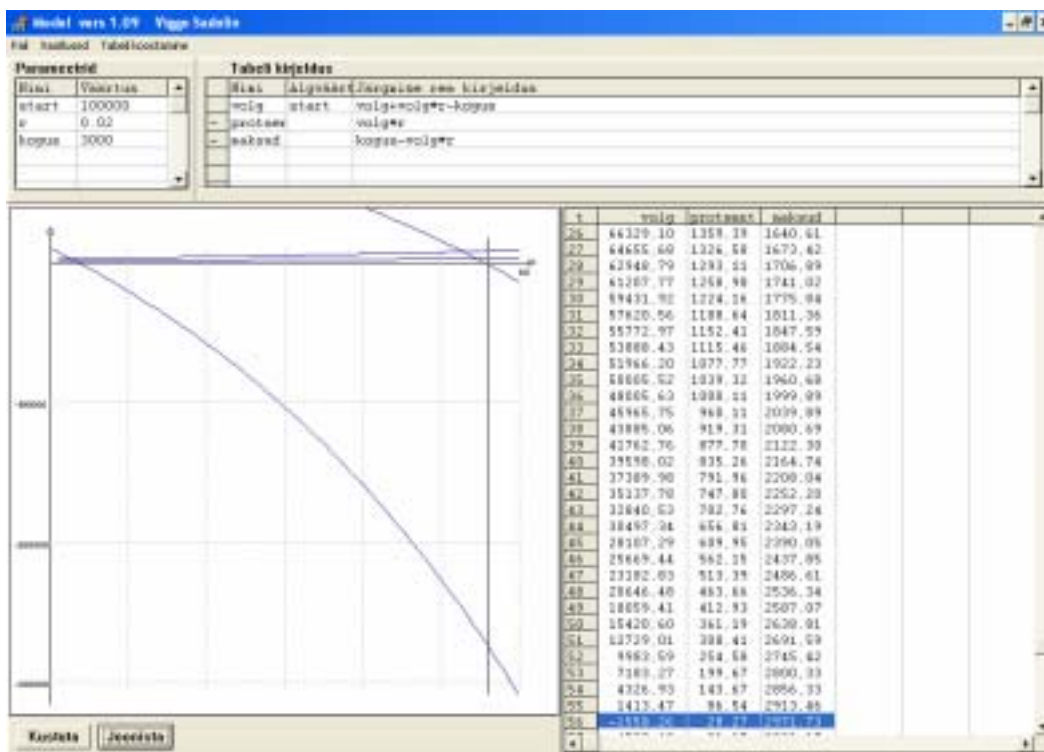
Joonis 16. Näide programmi Function tööaknast.

Õpetaja saab ka Functioni abil edukalt tunde ette valmistada: lahendada vastava teema ülesandeid (võrrandisüsteemi graafiline lahendamine) ning jaotmaterjalides kasutada programmi abil joonestatud graafikuid. Õpilastel on võimalik kasutada programmi õpiku ülesannete lahendamisel jooniste konstrueerimiseks või tööks töölehtede alusel. Eelnevalt tuleks programmi töö põhimõtteid selgitada ning selleks sobiks esmalt õpetaja poolt koostatud korrektne tööleht.

Õpilane töötab terviklikus programmiaknas, mis on jaotatud selgelt piiritletud osadeks. Info tööväljal on hõlpsalt jälgitav, kuna must tekst valgel taustal on väga hästi nähtav. Värv kasutatakse funktsioonide graafikute joonistamisel ning värvid on valitud selliselt, et eri funktsioone esitavate graafikute jooned oleksid selgelt eristatavad. Õppetegevusele lisab interaktiivsust veel võimalus muuta vabade parameetrite väärtusi, mille tulemusena muutuvad ka graafikud. Töö tulemused kuvab programm all paremas aknaosas ning tulemuste õigsuse kohta tagasisidet ei anta. Õpilane peab oma tegevuse tulemusi ise hindama. Programm kasutab töövälja määramiseks erinevaid nuppe, milledest enamus on arvutikasutajale selgesti mõistetavad ning ülejäänute funktsioon saab selgeks pärast esimest katsetust. Olemuselt on see harjutamisprogramm ning mõeldud rohkem gümnaasiumi õpilastele.

2.5.3 Tabletalk

Tabletalk on programm, mis võimaldab luua tabelleid ning nende graafilisi esitusi. See on iselaadne tabelarvutusprogramm, millega on hea käsitleda protsesse, kus tabeli ühe rea väärtused arvutatakse eelmise rea abil. Sellised on näiteks mitmed panganduse-, füüsika-, bioloogiateemad. Tabeli kirjeldamiseks antakse veerule nimi, algväärtus ning eeskiri järgmise väärtuse saamiseks, kusjuures uue rea loomisel on võimalik kasutada väärtusi ainult eelnevast reast (joonis 17).



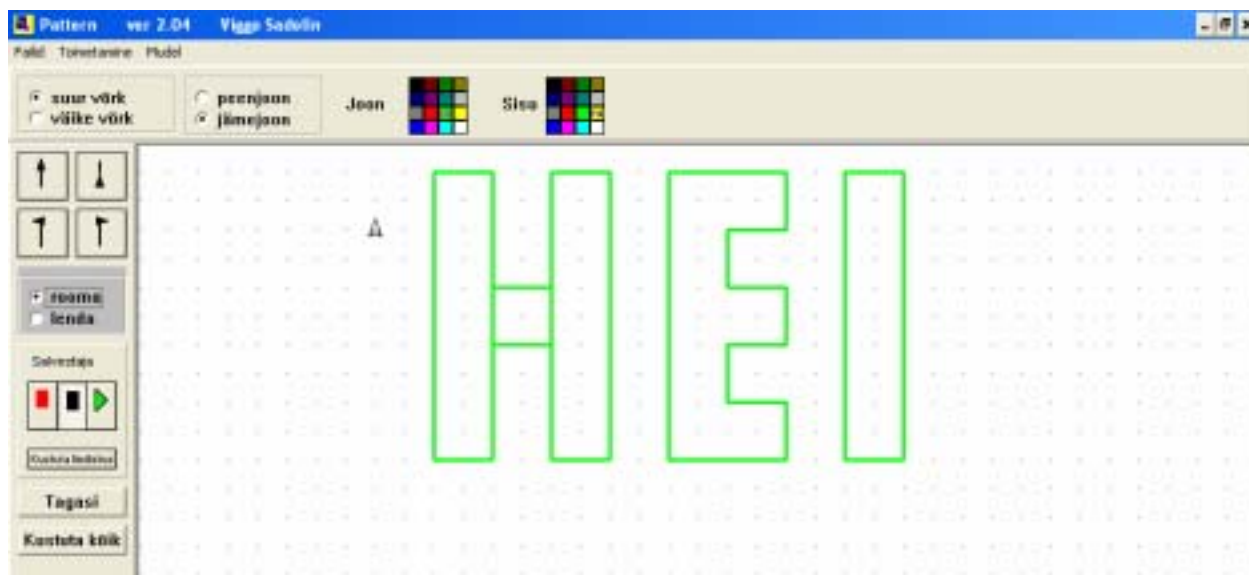
Joonis 17. Näide programmi TableTalk tööaknast.

Joonisel 17 on toodud laenu tagasimaksu tabel ja graafik Tabeli ning tema graafilise esitusega kirjeldatakse mudel, mille abil on antud ainevaldkonna probleem paremini mõistetav ning ka lahendatav. Õpilane saab muuta parameetreid ning analüüsi tulemusena valida sobiva lahendusvariandi.

Programm sobib kasutamiseks III ja IV kooliastmes. Programmi kasutamine erilist ettevalmistust ei vaja, õppeeesmärkide saavutamiseks piisab hästi koostatud töölehtedest. Olemuses esineb nii harjutamis- kui ka problemlahendusprogrammi jooni.

2.5.4 Pattern

Pattern on lihtne iselaadne joonistamisprogramm. Joonistamine toimub kasutaja poolt joonistusaknas juhitava objekti abil. Joonisel 18 on näha ka selle objekti kolmnurga sarnane kujutis, mida nimetatakse sipelgaks. Liikumisel jätab sipelgas endast maha muudetava laiuse ning värviga joone (asukohta võib muuta ka jälge jätmata). Programmi abil saab joonistada erinevaid kujundeid, juhtides erineva värvi ning jämedusega radasid ning muuta joontega piiratud alade värvi. Liikuda on võimalik kolmes erinevas võrgustikus (ruutvõrgustikus pööramisvõimalusega 90 kraadi ja 45 kraadi ning kolmnurkvõrgustikus pööramisvõimalusega 60 kraadi). Salvestamisseadme abil saab sooritatud liikumised eelnevalt lindistada ning seejärel piiramatu arv kordi joonistamisakna mistahes punktis uuesti esitada. Selleks on vastav lindistamisnuppude komplekt. Iga sammu saab vastava käsuga tühistada.



Joonis 18. Näide programmi *Pattern* tööaknast.

Programmi tööaknas on olulisemad tööks vajalikud vahendid ja valikud üheselt mõistetavalt välja toodud (joonistusvälja kohal ja vasakus servas). Kuigi lindistamine ja taasesitamine pole keerulised õperatsioonid, tuleks neid siiski õpilastele eelnevalt selgitada.

Programmid GeomeTricks, Function, Tabletalk ja Pattern on loodud taanlase Viggo Sadolini poolt, tõlgitud eesti keelde ning kõikides Eesti koolides tasuta kasutada. Autor on programmide ülesehituses lähtunud põhimõttest, et pooleldi mänguliselt tõsiste asjadega tegeledes on soovitud tulemus sageli kergemini saavutatav. Programmide väike maht ning vähesed nõuded riistvarale teevad programmid kergesti kasutatavaks, kuid samas viitavad suhteliselt piiratud võimalustele.

2.5.5 StudyWorks

StudyWorks on programmipakett, mille abil saab õppida/õpetada teemasid matemaatikast, füüsikast, keemiast, geograafiast ja bioloogiast. Tema abil saab arvutada, lihtsustada avaldise, joonestada graafikuid ja lahendada muid matemaatikas ja teistes loodusteadustes ettetulevaid probleeme. Kuna StudyWorksi kasutusvaldkond on nii lai, siis on tema kasutamine ka tunduvalt keerulisem kui eelpool vaadeldud programmid.

Programm koosneb mitmest erinevast osast, mille oskuslik kasutamine võimaldab õpetajal oma tööd oluliselt lihtsustada.

- Trükkida avaldise nii klaviatuurilt kui matemaatikapaletilt. Siinkohal tuleb silmas pidada, et alati ei ühti kirjpilt eesti koolimatemaatikas kasutatavaga. Pärast arvavaldisse sisestamist on võimalik lasta programmil selle väärtus ka välja arvutada.
- Sisestada valemeid ja avaldise muutujaid kasutades ning hiljem neid muutujaid defineerides avaldiste vastavaid väärtusi arvutada.
- Saame kasutada kümneid mõõtühikuid, kuid lisaks sellele on võimalik kasutajal ka omi mõõtühikuid defineerida ja neid seejärel rakendada.
- Teostada sümbolarvutust st. vastuseks saab loogilise matemaatilise lause nt. $x > 7$, lihtsustada algebralisi ja trigonomeetrilisi avaldise; leida piirväärtusi, tuletisi, integraale.
- Lahutada tegureiks algebralise avaldis ja täisarvu, viia murde ühisele nimetajale, arendada trigonomeetrilisi funktsioone, samuti hulkliikmete korrutisi ja astmeid.

Programm on inglisekeelne ja kasutuskeskkond ei ole lihtne, seetõttu on kasulik programmiga tegelemiseks läbida koolitus. Programmiga on kaasas hulk huvitavaid töölehti, mida kasutades õpilased programmiga kiiresti kohanevad. Programmi tööväli koosneb reeglina kahest osast, millest üks on õpilase tööväli ning teine kasutatavate töövahendite paneel. Viimasel kujutatud nupud ja nende kasutamisevõimalused vajavad eelnevat selgitust.

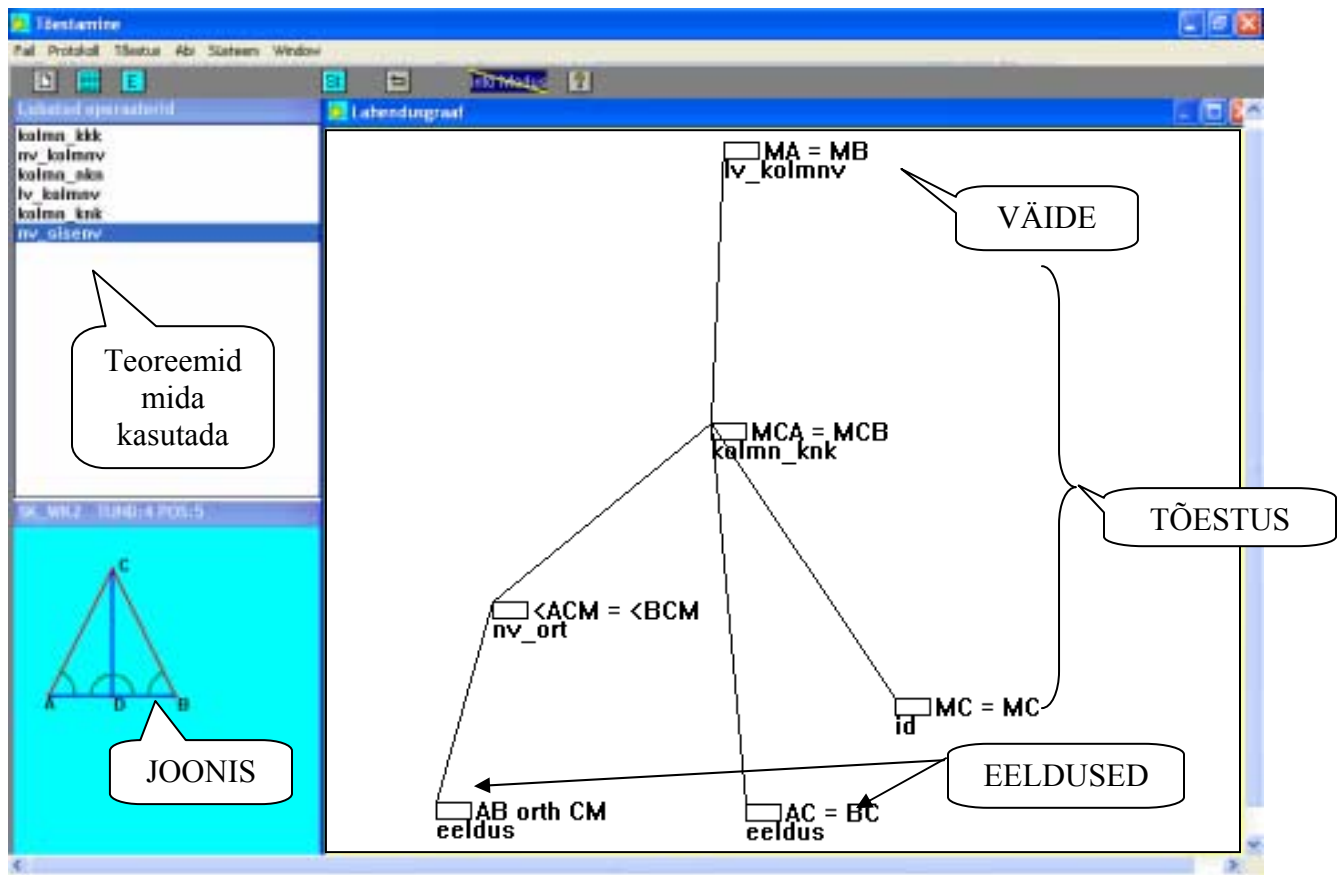
Kahjuks on programmipakett kasutusel vaid osades Eesti koolides, kuna Tiigrihüppe vahendusel muretseti programmi vaid 370 eksemplari.

2.5.6 GeoLog-Win

GeoLog-Win on intelligentne õpiprogramm lihtsamate planimeetria tõestus-, konstruktsiooni- ja arvutusülesannete harjutamiseks Windows-keskkonnas. Kasutatav on see III ja IV kooliastmes. Programm GeoLog-Win koosneb kolmest osast: GeoExpert - õpetaja töövahend, mille abil on võimalik koostada uusi ülesandeid ja ka ülesannete kogusid GeoProofi ja GeoCon'i jaoks, GeoProof ja GeoCon nn õpilase töövahendid. GeoProof on mõeldud geomeetria tõestus- ja arvutusülesannete lahendamiseks, GeoCon aga konstrueerimisülesannete lahendamiseks.

Programm GeoLog-Win aitab õpilastel juba suhteliselt varakult õppida tõestama. See programm õpetab ülesannet lahendama sammhaaval ja igal sammul oma tegevust ka põhjendama. Kasutades seda programmi on õpilasel võimalik veenduda selles, et tema poolt pakutud lahenduskäik tõestab just selle väite, mida vaja, kuna programm annab kohest tagasisidet igal lahendussammul. Lisaks, kui ülesanne on lahendatud, hindab programm kasutaja lahendust täisarvuga (0 kuni 100), mille arvutamisel arvestatakse korrektsete lahendussammude arvu, vigaste lahendussammude arvu ja abiküsimiste arvu.

Lisaks on programmi GeoLogWin abil võimalik lahendada suur hulk konstruktsiooniülesandeid oluliselt väiksema ajakuluga kui traditsioonilisel moel ülesandeid lahendades. Samal ajal aga ei tee arvuti (programm) õpilase eest midagi olulist ära, mõtlemise töö jääb siiski õpilasele endale teha. Igal lahendussammul kommenteerib programm tehtut ja annab koheselt teada, kui konstrueeriti midagi ülearust. Kuna programm annab igal sammul kohest tagasisidet, siis on igal õpilasel võimalik õppida (lahendada ülesandeid) oma tempoga, saades pidevat õpetust (selgitust) iga tegevuse järel (joonis 19).



Joonis 19. Näide teoreemi tõestamisest programmiga GeoLogWin.

Programmiga töötamine nõuab eelnevaid ainealaseid teadmisi, mida õpilane siin keskkonnas rakendada saab. Õpilane saab programmilt ka abi paluda, aga lõppetulemuses arvestatakse seda miinusena. Samas on sellise võimaluse olemasolu väga hea, sest kui õpilane ikka ei oska enam tõestuses edasi liikuda, siis ei jõua ta ju ka tulemuseni. Programmiakna vasakus servas on tõestamiseks vajalikud abivahendid – teoreemid millele toetud ning joonis millest lähtuda. Lahendusgraafi aknas toimub siis teoreemi tõestamine, kusjuures programm annab ette akna allservas tõestamiseks vajalikud eeldused ja akna ülal servas tõestust vajava väite. Erilist interaktiivsust programm ei kasuta, kuid seda tõestamine ei vajagi.

Programmi autoriks on Giesseni ülikooli (Saksamaa) emeriitprofessor Gerhard Holland. Eestikeelne versioon programmist valmis Tiigrihüppe Sihtasutuse finantseerimisel aastal 2000. Olemuselt on GeoLogWin problemlahendusprogramm.

2.5.7 Tõenäosusteooria 12. klassile

Programm on mõeldud tõenäosusteooria algmõistete paremaks omandamiseks nii põhikoolis kui gümnaasiumis. Programmi peaideeks on kasutada simulatsioone, mis seisnevad juhuslike katsete hulgalises kordamises. Programm koosneb 6 erinevast näiteülesande grupist (joonis 20). Programmis saab õpilane valida, millise arvu kordi ta mingit operatsiooni sooritab ning seejärel näitab arvuti talle, kui suur on vaadeldud viske tõenäosus või kui sagedasti üks või teine täringunumber peale jäi. Tavalises koolitunnis või kodutööna suudame mingit operatsiooni, näiteks kulli ja kirja visata 50-100 korda, tulemused üles märkida, sündmuse esitamise tõenäosust arvutada ning siis õpilased võrdlevad omi tulemusi. Reeglina ühe praktilise näite varal me ülejäänud teooriat edasi arendamegi. Nimetatud programmi abil aga saab iga õpilane sooritada visuaalselt kümneid erinevaid viskeseriaid ning analüüsida saadud tulemusi.

See programm on esimene meie endi programmeerijate Kalev Pärna ja Priit Karu poolt välja töötatud õpitarkvara, mis illustreerib kenasti gümnaasiumi ainekavas oleva tõenäosusteooria kursuses õpitavat materjali. Programmi miinuseks võib lugeda ehk liigset värvikirevust ning musta tausta süngust. Olemuselt simulatsiooniprogramm.



Joonis 20. Tõenäosusteooria programmi avaaken.

Peale selle on ülikoolide kursusteöödena ja asjahuviliste poolt välja töötatud terve rida pisiprogramme, millest võib õpetajatel tundide läbiviimisel abi olla ning seda reeglina just materjali kinnistamise eesmärgil. Lisan siinkohal mõningad lingid nimetatud materjalidest:

- <http://www.tpu.ee/~pilve/> tutvustab programmi GrafEq'u ning annab juhendeid selle programmi kasutamiseks. Mõeldud gümnaasiumis funktsioonide graafikute konstrueerimiseks ja uurimiseks.
- <http://www.kool.ee/index.php?id=1185> leheküljelt leiab huvitavaid drilliprogramme suurima ühisteguri, vähima ühiksordse ja algteguriteks lahutamise kohta. Lisaks mäng, mille mängimine eeldab jaguvustunnuste tundmist.
- <http://www.zone.ee/koolike/> on Eestis ainulaadne arvutiprogramm õpetajatele, mis sisaldab matemaatika, eesti keele ja võõrkeele mooduleid. Programmis on palju võimalusi laste õpetamiseks, vajaliku info salvestamiseks, printimiseks ja loomulikult arvutis õpilasele esitamiseks. Selle juurde kuuluvad ka mitmed arendavad mängud, mida saab vastavalt oma tahtmisele muuta.
- <http://www.math.ut.ee/~matrix/Project> „Tere matemaatika” - drilliprogramm, mis koosneb 6 erineva lahendusega kuid sama sisuga osast, milles tuleb sisestada vastuseid nii klaviatuurilt kui ka hiire vahendusel elemente ekraanil sobivalt liigutada. Tugineb arvutikasutuse põhioperatsioonidele. Eesmärgiks harjutada liitmist lahutamist 100 piires ning mõõdetakse lahendamiseks kulunud aega. Viis esimest on harjutamiseks kolmel erineval raskusastmel ning lõpetuseks ka võimalus teha kontrolltest, kus on kombineeritud kõigi 5 alaülesande rakendused. Abiks algklasside õpetajatele ja väga huvitav just rakenduslahenduste poolest.
- 2003. aasta kevadel valmis TÜ Matemaatika õpetamise didaktika kateedris Rein Prangi juhendamisel Marina Issanova magistritöö „Aritmeetiliste tehete õppimise programm „1+4” (Issanova, 2003). Tegemist on õpiprogrammiga, mis aitab 1.-3. klasside lastel õppida peast arvutama. Kuidas seda programmi levitama hakatakse pole veel teada.

2.6 Kokkuvõtteks

Koolimatemaatikas on õpetajale abiks enamasti vaid kaks tehnoloogilist rakendust: trükised ja arvutirakendused (internet, rakendustrakvara ja õpitarkvara). Matemaatilised tekstid on reeglina

õpilastele raskesti mõistetavad ning keerulised valemid võivad tekitada tunde, et neist kohe kindlasti aru ei saa. Arvuti saab õpilasele-õpetajale mitmeti vastu tulla. Mõlemad pooled saavad arvuti abiga vormistada oma töid korrektselt, teha kiiresti parandusi ning koostada ühest tööst mitmeid erinevaid versioone. Internet pakub võimalusi infot vahetada, abi ja nõu küsida. Õpitarkvara aga aitab visualiseerida paberil igavatena tunduvat teksti ja jooniseid.

Peatükis on kirjeldatud lühidalt Tiigrihüppe Sihtasutuse või PHARE programmide vahendusel meie koolidesse jõudnud 7 põhilist õpiprogrammi, mis matemaatikaõpetajate ainealast tööd kergendavad ja illustreerivad, samas võimaldavad, olenevalt õpetaja poolt püstitatud eesmärkidest, ainet kas avastada, kinnistada või niioelda drillida. Kõik need programmid (va Tõenäosusteooria) vajavad eelnevalt programmi tööpõhimõtetega tutvumist või siis väga täpseid tööjuhendeid. Kuna inimloomusele on omane piasaju unustada, siis olenemata sellest, kui palju kordi õpetaja oma lastega on seda programmi oma töös kasutanud, peavad tunni eesmärgi saavutamiseks tööjuhendid olema hoolikalt ja läbimõeldult koostatud. Kuna enamik pakutud õpitarkvarast pole kohandatud meie ainekavadega, peab õpetaja tundma tarkvara võimalusi ja oskama neid ka oma töös rakendada.

Täna sel päeval puudub koolides vastav matemaatiline tarkvara, mille vahendusel oleks võimalik uut ainet omandada. Pole programmi, mis mingi teema algusest kuni lõpuni õpilasele selgeks teeb:

- kordab juba eelnevalt õpitud ja selle teema jaoks vajalikke termineid;
- selgitab uut materjali võimalikult huvitavalt ja näitlikult, kasutades kõiki inimese tajusid ja meeli;
- lahendab erinevatele lähtekohtadele tuginedes teemakohaseid ülesandeid ja püüab neid ülesandeid võimalikult elulähedasteks muuta;
- erinevate raskusastmetega ülesandeid, mille lahendamise käigus programm võimaldab tagasiside võimaliku tehtud vea kohta kohe;
- annab huvitatuile teema- ja jõukohast edasiarendavat lisamaterjali;
- kontrollib õpitud materjali omandatust ja annaks lapsele vastavasisulist tagasisidet;
- tugineb põhilistele arvutikasutaja algteadmistele, et poleks vaja eelnevalt õppida tarkvara kasutamist.

Arvutist on vähe abi, kui puudub sobiv tarkvara. Õpitarkvara tootmine on kallis töö. Õpiprogrammid peavad olema sisukad ja nendes tuleb õpikutega võrreldes väiksema tekstimahu juures edasi anda palju informatsiooni. Tihti on vaja selleks leiutada uusi esitusviise, kindlasti aga kirjutada uudes stiilis tekste. Kompaktsuse nõudest hoolimata ei tohi seal midagi olulist ütlemata jääda ega telegrammistilis laused mitmel viisil mõistetavad olla. Kogenematut kasutajat arvestades peab õpiprogrammidel olema hea *kasutaja interfeis*. Töökindluse mõttes peab koolitarkvara vastu pidama isegi pahatahtlikule kasutajale. Muidugi peavad programmid veel huvitavad välja nägema ja ka nõrka õpilast õppima stimuleerima (Prank, 1997).

Õpitarkvara loomine on komplitseeritud tegevus, mis eeldab väga mitmete asjatundjate olemasolu. Tarkvara peab olema

- korrektne nii didaktiliselt kui aine sisu silmas pidades,
- funktsionaalne ja visuaalselt atraktiivne,
- korrektselt programmeeritud,
- eakohane jne.

Harva on need omadused ühendatud ühes inimeses, kõige tõenäolisemalt on korraliku tarkvaraprogrammi loomiseks vaja vähemalt nelja-viit eri valdkonna spetsialisti ja seda koos vajaliku infrastruktuuriga. Õpitarkvara loomist võib mingil määral võrrelda kooliõpiku kirjastamisega, ehkki tarkvara tegemine on tunduvalt keerulisem. Erinevalt õpikust ei ole õpitarkvara kunagi võimalik luua terve õppekavas kirjeldatud kursuse tarbeks ja see ei ole ka põhjendatud, kuna väga paljude teemade puhul annavad traditsioonilised õppevahendid ja -meetodid tõenäoliselt parema tulemuse (TS aastaraamat, 2003).

Seega on õpitarkvara kirjutamine keeruline programmeerimisvaldkond, mis nõuab mitme eriala spetsialistidest koosnevat töömeeskondi, mahukaid ressursse ja palju katsetamist ning toob vähe raha sisse. Loomulikult ei keela keegi õpetajate initsiatiivi endale programmide kirjutamisel. Aga tavaliselt tekib nii tarkvara, mida saab kasutada ainult autor või tema paar lähemat mõttekaaslast. Laiem kasutajate hulk nõuab programmi garanteeritud töökindlust suvalise konfiguratsiooniga arvutitel ja võrkudes, väljanägemise viimistlemist, kasutamishendite kirjutamist ja muud, millega õpetaja tavaliselt tegelda ei taha ja ei oska. Paremad näidised jõuavad pikapeale ka pärisprodukti staatuseni (Prank, 1997).

3 Multimeedia rakendused õpitarkvaras

3.1 Erinevaid õpitarkvaralisi lahendusi matemaatikas

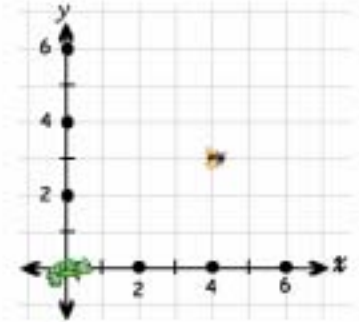
Järgnevalt analüüsitakse internetist leitud multimeedia rakendusi kasutatavaid näiteid. Kõiki interneti huvitavaid materjale ei saa siinkohal esitada, kuid võrdluseks on valitud just koordinaattasandit või geomeetriat kajastavad leheküljed. Enamikes näidetest on kasutatud illustratsioone ja animatsioone, kahjuks on vähe rõhku pandud helidele. Plussiks on paljudel juhtudel see, et materjal on ka korrektselt väljaprintitav.

3.1.1 CHAMELEON GRAPHING <http://mathforum.org/cgraph>

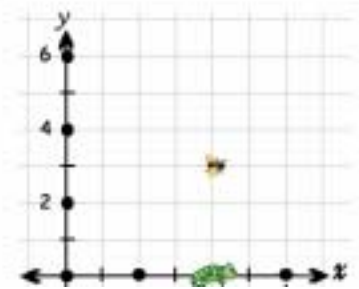
See on interneti rakendusi kasutatav õppematerjal tasandigeomeetriast. Tööväli koosneb kolmest osast: lehe ülaserivas programmi nimi ning asukoha tee, selle all vasakul sisukord ning paremal muutub õppetekst vastavalt õpilase materjali omandamisele. Õppematerjal on jaotatud kolmeks: koordinaattasand, sirged ja nende vastastikused asendid ning tasandigeomeetria ajalugu. Koordinaattasandi mõistet selgitab kameeleon Sam ning sirgete vastastikuseid asendeid tema vanem õde Joan, kelle tegevusi jälgides õppematerjali omandatakse. Uudishimulik Sam aga tunneb lisaks veel huvi, kust selline teooria alguse on saanud ja kus seda rakendatakse. Valides avalehelt teema, suunatakse õppur sellele teemale vastavasse sisukorda.

Valides nüüd teema, hakkab Sam vastavaid teadmisi jagama. Selgitavad tekstid vahelduvad illustreerivate joonistega. Õppematerjali on püütud mahutada terviklike alajaotuste kaupa eraldi lehtedele ning lehelt lehele liikumiseks tuleb kasutada nuppe Back ja Next või siis valida uus peatükk sisukorrast. Lähenemine punkti koordinaatide matemaatilisele tähendusele on väga lapsesõbralik: kameeleon Sam asub koordinaatide alguspunktis ning tema lõunasöögiks mõeldud kärbes mingis tasandi punktis. Õppurile selgitatakse nüüd, kuidas Sam peaks mööda koordinaatteljestikku liikuma, et maitsev kärbes kätte saada (joonis 21a).

Sam starts at the origin. So far, he has not moved along the x-axis or the y-axis, so he is at point (0, 0).



Because he wants to find (4, 3), Sam moves four units along the x-axis.



Line

In math, a line is always straight. Lines go on forever in both directions.

Here is a picture of a line. A real line is only one-dimensional, but the picture is bigger, so you can see it more easily.



Negative

A negative number is a number less than 0. We use this symbol for negative numbers: "-". For example, -10 means negative ten. You can imagine this as a temperature ten degrees below zero.

[Back to Top](#)

Ordered Pair

An ordered pair is a list of two numbers, where the order of the numbers is important. We write the coordinates of a point as an ordered pair, inside parentheses. Some examples of ordered pairs are (1, 2) and (6, 77).

Joonis 21. a) Näide õppematerjali esitusest

b) näide hüperlinkidel põhinevast sõnastikust

Tekstides olevad viited suunavad kasutaja materjali juurde lisatud sõnastikku, et õppetegevuse käigus oleks kõiki mõisteid võimalik uuesti üle korrata (joonis 21b). Sissejuhatava lehekülje (*Introduction*) lõpus on ka näpunäiteid lapsevanematele ja õpetajatele, kuidas teemale läheneda. Valides sisukorrast *LINKS* avaneb võimalus leida infot kameeleoni kui looma kohta, autori kohta, koordinaattasandi kaustuselevõtja René Descartes'i kohta, teiste teemat illustreerivate graafiliste rakenduste kohta või minna sõnavara lehekülgedele. Programm on vormilt ja sisult hästi lapsesõbralik, kuid selles pole kasutatud ühtegi multimeedia rakendust ning puudub ka võimalus kontrollida materjali omandatust.

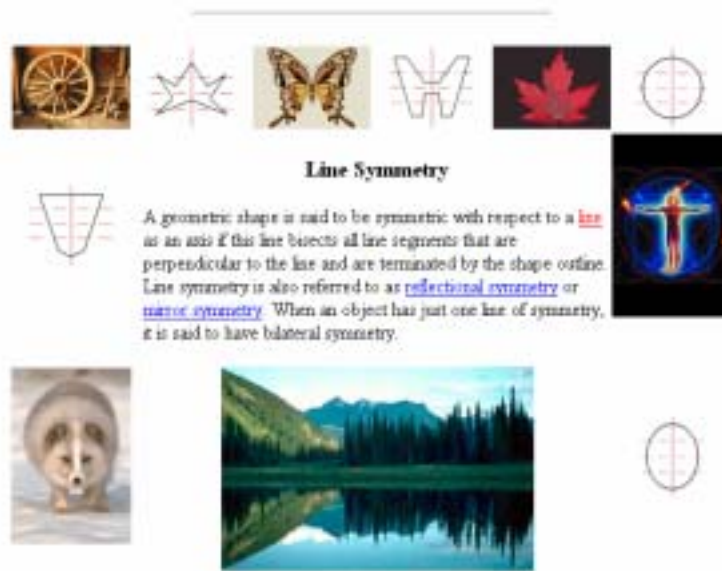
3.1.2 MATH SOFTWARE — VISUAL PLANE GEOMETRY

<http://www.education2000.com/demo/index.htm>

Tegemist on internetipõhise juhendava õpitarkvaraga CD-del, mis on mõeldud põhikooli lastele matemaatika õpetamiseks. Vaadeldaval koduleheküljel on huvi tekitamiseks ära toodud sisukord ning lahti kirjutatud mõned peatükid koos näidete ja harjutusülesannetega, millel on ka lahendused olemas. Õppematerjali esitav tööväljaks on kogu arvutiekraan. Vaid akna ülaservas

on väike riba navigatsiooninuppude jaoks. Nupud on suhteliselt väikesed ning ei anna õppurile päris täpset ülevaadet, kus kohas ta oma järjega asub. Üheks programmi plussiks õppematerjali esitamisel on see, et üks teema püütakse mahutada ühte ekraaniaknasse s.t välditakse kerimist. Analüüsimise lähemalt avatud peatükki, mis käsitleb telgsümmeetriat.

Alustatakse näidetega igapäevaelust: vankriratas, liblikas, vahtraleht... (joonis 22). Looduses silma järgi sümmeetrilised objektid ei ole sümmeetrilised matemaatilises mõttes. Seetõttu on autorid joonistena välja toonud ka erinevaid näited klassikalise telgsümmeetria seisukohalt. Lingid teksti sees omavad funktsionaalset tähtsust: *line* – rakendus pöördub peatüki juurde, mis selgitab seda mõistet; lingid *reflectional symmetry* ja *mirror symmetry* avavad aga interaktiivse looduspildi, mis neid mõisteid selgitab (muidu on leht sellel kohal valge).

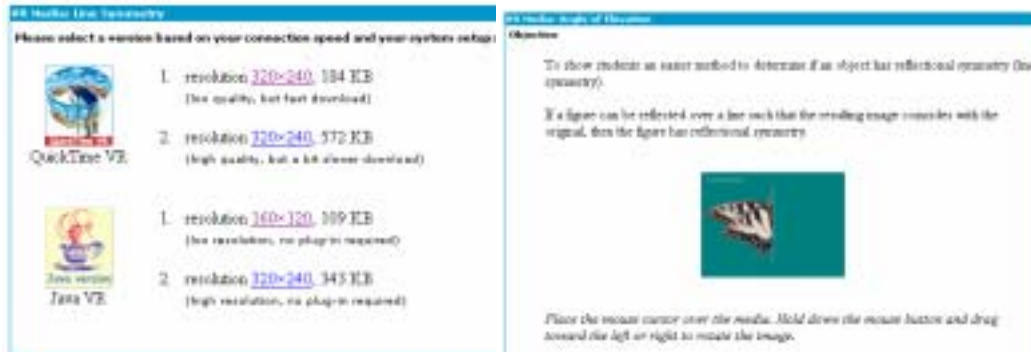


[\[VR Media\]](#) [\[Exercise\]](#)

Joonis 22. Telgsümmeetriat selgitava õppematerjali aken.

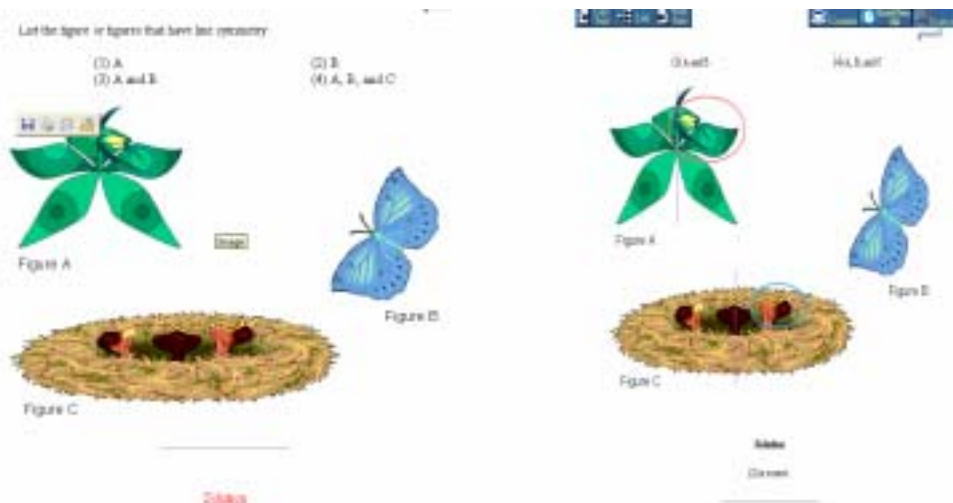
Töövälja allservas on kaks linki: [\[VR Media\]](#) [\[Exercise\]](#). Esimene neist annab õppurile võimaluse valida just oma arvuti jaoks sobiva lahendusega animatsioon (joonis 23a). Sellisel kujul animatsioonide lisamine pole kõige otstarbekam, sest siinkohal peab õppur teadma, millist valikut teha ning rakenduse avanemine võib sõltuvalt masinast olla kas aeglane või mitte üldse õnnestuda. Pärast õnnestunud valikut kuvatakse ekraanile interaktiivne rakendus (joonis 23b). Antud näite korral saame hiirega liblika tiiba lohistades paigutada ühe tiiva teise tiivapoole peale nii, et nad kattuksid ning õrnalt on ära toodud ka sümmeetriatelg. Mõlemad viimati mainitud

aknad sisaldavad endas ka juhiseid edasiste toimingute osas, sest kust õppur muidu peab teadma, et tal on võimalus liblika tiiba ise liigutada. Siin võib tekkida oht, et animatsioon kaotab oma mõtte, kuna õppurid ei pruugi alati lisainfot lugeda.



Joonis 23. a) kasutaja arvuti jaoks sobiliku animatsiooni valik, b) avanenud animatsioon

Klõikides hiirega lingil *Exercise* kuvatakse ekraanile harjutus, milles püstitatakse õppurile ülesanne ning viimane peab siis mõttes vastuse leidma (joonis 24a). Vajutades lingile *Solutions* näidatakse küsimuse vastus, kuid vastuse õigsust ei hinnata ning lahenduse eksitavad kohad tuuakse esile (joonis 23b).



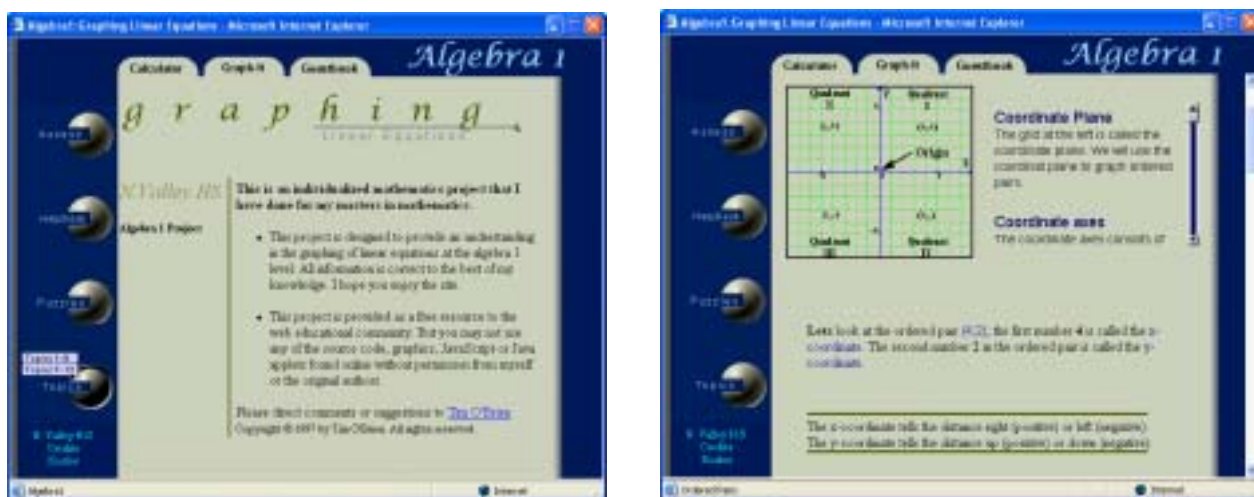
Joonis 24. a) ülesande püstitus

b) ülesande lahendus ja märkused

Selliselt koostatud õpitarkvara on eelmisest natukene interaktiivsem. Esitatakse ka kontrollülesandeid oskuste testimiseks, kuid nende osakaal on suhteliselt väike ning puudub põhjendatud tagasiside. Eelmise näitega võrreldes on selles õpilane rohkem kaasatud materjali omandamisse: animatsioonide avamine, „ise liigutamine” ning ülesannete lahendamine aitavad mõiste sisulisele omandamisele kaasa.

3.1.3 ALGEBRA1: GRAPHING LINEAR EQUATIONS (<http://www.terragon.com/tkobrien/algebra/>)

See on õpitarkvara, mis selgitab samuti koordinaattasandi mõistet ning sirgete vastastikuseid asendeid nagu esimene näidegi. Õppematerjal avaneb eraldi aknas ning on traditsioonilise ülesehitusega: üleval kursuse nimi ja abivahendid tööks (kalkulaator, koordinaatteljestik ning küsimuste esitamise võimalus), vasakul töövahendid peidetud alajaotustega (hindamine, abivahendid, ristsõnad, õppetükid) ning keskel hallika osa peal toimub õppetegevus (joonis 25a). Töövahendite järjestus on ehk veidi harjumatu, sest kontrollivad ülesanded on esimene ja õppematerjalid viimane nupp.



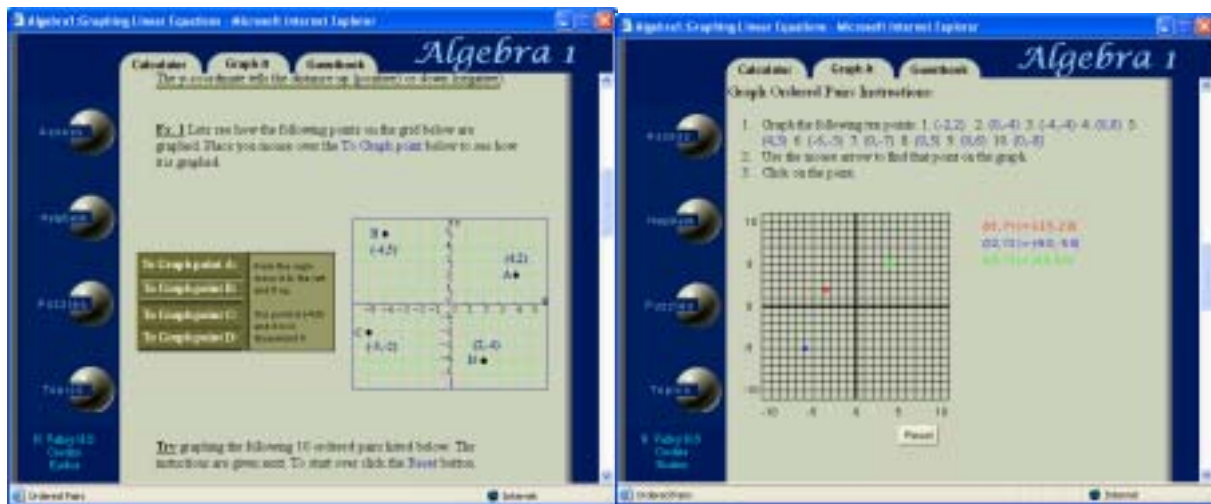
Joonis 25. a) programmi käivitamisel avanev aken b) õppetükk, milles selgitatakse mõisteid

Esimeses õppetükis selgitakse esmalt koordinaattasandi osade mõisteid (joonis 25b). Kuna mõisteid on palju ning nad ei mahu korraga ekraanile, siis kasutab autor kerimisirba.

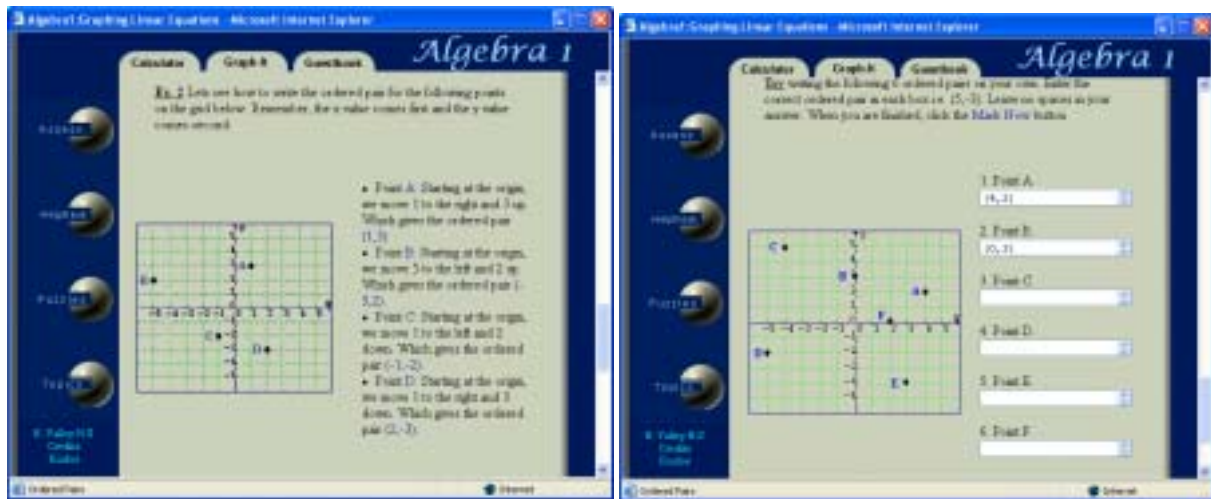
Seejärel lahendatakse esimene ülesanne, milles esmalt selgitatakse interaktiivselt, kuidas punkti koordinaate märgitakse (joonis 26a). Olles võimalikud variandid läbi töötanud, võib laps ise hakata ette antud punkte koordinaattasandile hiireklõpsuga paigutama. Iga fikseeritud punkti kohta annab arvuti õpilasele tagasisidet selle kohta, kuhu ta punkti paigutas, kuid ei teata, kas ta toimis õigesti või mitte (joonis 26b).

Teises ülesandes selgitatakse esmalt, kuidas jooniselt punkti koordinaate kirja panna (joonis 27a). Olles näited läbi vaadanud, saab õpilane taas kohe ise katsetada (joonis 27b). Lõpetanud ülesande lahendamise, saab õpilane kontrollida nupuga *MarkNow* oma lahenduse õigsust. Arvuti

teatab sejärel, mitu protsenti ülesannetest on õigesti lahendatud. Kui õpilane on eksinud, siis saab ta vaadata kerimisnooltega ka õigeid vastuseid. Seega on siinkohal tagatud õpilasele kohene tagasiside materjali omandatuse kohta.



Joonis 26. a) joonisest vasakul selgitus punkti koordinaatide märkimisest b) hiirega punktide kandmine koordinaatteljestikku, vastused esitatakse teljestikust vasakul



Joonis 27. a) materjali selgitus

b) ülesande lahendamise

See õppematerjal on tunduvalt atraktiivsem ja selgitab paremini teemat lahti. Samas on võimalik õpilasel siin õppimise käigus ise otsuseid teha, mitte ainult vaatleja rollis olla nagu esimese näiteprogrammi korral. Läbides õppematerjali saab õpilane omandatud oskusi enesekontrolli mõttes testida ning kui tal probleeme tekib, siis programmilt abi paluda (nupp *HINT*, joonis 28).

Olles veendunud, et materjal on omandatud, teeb õpilane kontrolltesti, milles tema tulemused fikseeritakse.



Joonis 28. Näide enesekonrolli testi aknast, kus õppur on küsinud lahenduseks abi.

Selles õpitarkvaras on kasutatud palju erinevaid lähenemisviisid õppematerjali edastamisel ja omandatuse kontrollimisel. Õppur saab küll aktiivselt õppimises osaleda, vedades kas kerimisnuppe, vajutades värvilistele klahvidele õppematerjalis jne. Kuid liiga tegevusrohke keskkond võib juhtida õppuri tähelepanu õppimiselt hoopis uute võtete avastamisele.

3.1.4 GEOMETRIA

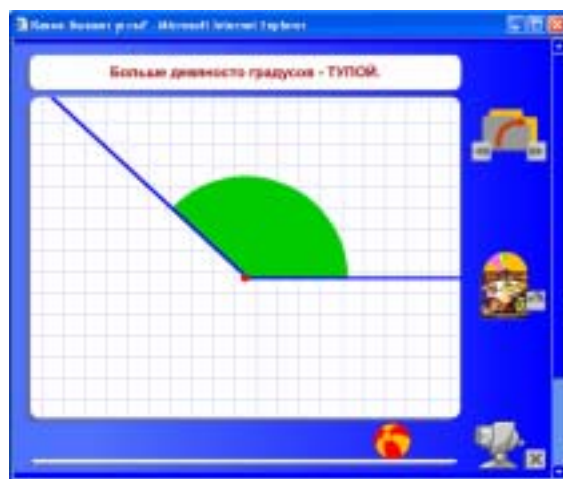
http://vkids.km.ru/subjects.asp?id_sect=2&id_subj=7#

Tegemist on multimeedilise õppeprogrammiga, millest üks osa selgitab lastele (alates 8. eluaastast) geomeetria algtõdesid just neile eakohasel viisil. Tööväli ekraanil on väga sobivate värvidega. Pliiatsiga poiss akna keskel on valitud geomeetriat illustreerima, aga tema all olevad oranžikad nupukesed võimaldavad valida õppuril, mis teemaga ta tahaks tutvust teha: arvuti põhimõisted, geograafia, füüsika, bioloogia, astronoomia ja geomeetria (joonis 29). Valides huvipakkuva teema klõpsuga vastaval nupul avanevadki mehikesest vasakul-paremal selle teema sisukord: peatükid mustades trükitähtedes ja alateemad sinisel taustal. Sisukorras iga alateema ees ja järel on ikoonid, mis võimaldavad valida õppematerjali kas siis liikuva animatsioonina (videokamera kujutis) või tekstina (kahe paberilehe kujutis).



Joonis 29. Geomeetria tutvustava programmiosa avaaken.

Valides animatsiooni, avaneb viimane eraldi aknas ning hakkab pärast väikest ooteaega kenasti tööle. Algselt on ees täiesti tühi leht. Kui animatsioon algab, siis hakkab veerema akna allservas olev pallike ning animatsioon lõpeb, kui pallike on jõudnud tema teed tähistava joone lõppu veereda (joonis 30). Kogu animatsiooni jooksul selgitab meeldiv meeshääl ekraanil toimuvat ning paralleelselt on võimalik ka sama teksti lugeda ülal servas olevast tekstikastist. Tekst vaheldub ja on sünkroonis häälega. Teksti ja heli koostöö võimaldab programmi kasutada ka helikaardita arvutites. Akna vasakus servas olevad nupud toimivad järgmiselt: Suunanuppudega kataloog viib edasi järgmise või eelmise teema juurde, keskmine CD-kujutis võimaldab seda programmi osta ning kahur lõpetab animatsioonide vaatamise ja sulgeb akna. Kui soovid animatsiooni uuesti vaadata võid hiirega palli teekonna algusesse veeretada. Animatsioonid on väga selged, värviküllased ja helid korrektse hääldusega ning võimalusel emotsionaalsed.



Joonis 30. Üks programmi animatsioonidest, mis selgitab nürinurga mõistet.

Demoversioonile pole lisatud harjutusülesandeid, vaid üks näide on lisatud stereomeetria peatüki juurde (joonis 31). Ülesandes tuleb 3 vastusevarianti hiirega vedada vastava pildi all olevasse punasesse ovaali. Kui vastus on valesse ovaali paigutatud, siis arvuti nõ viskab selle teksti akna allservas omale kohale tagasi, kui vastus on õige, siis tekst kinnitub ovaali. Kui kõik lahendused on õiged, siis arvuti teatab sellest vastajale. Ülesandeid on mitu ja järgmise ülesande saab valida vasakus servas oleva esimese nupukese vahendusel või siis akna allservast suunvale tekstile klikates.

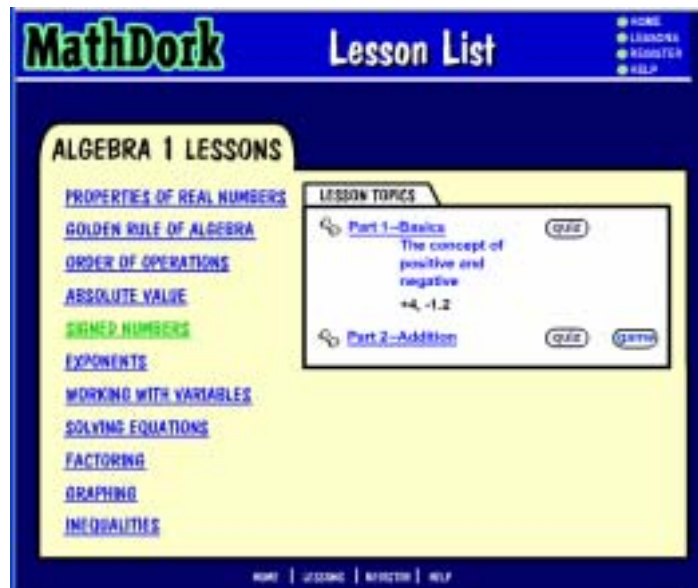


Joonis 31. Stereomeetriaülesanne, õige nimetus tuleb hiirega vedada õigesse ovaali.

See näide on eelpool vaadelduist multimeedia rakenduste kasutamise seisukohalt parim ning võimaldab meil ära kasutada kõiki inimesele omaseid info vastuvõtu kanaleid: heli, tekst, illustratsioonid ja liikumised. Oluline on see, et ühes aknas selgitatakse korraga vaid ühte mõistet ning see on 8 aastasele lapse teadmiste omandamise seisukohalt väga tähtis. Kuigi pakutavad värvilahendused on väga erksad, on nad sobilikud selles vanuses lastele. Väga praktiline on teksti ja kõne koostöö, sest kõik lapsed ei pruugi veel osata hästi lugeda, aga kuuldu vahendusel saavad nad materjali ikkagi selgeks.

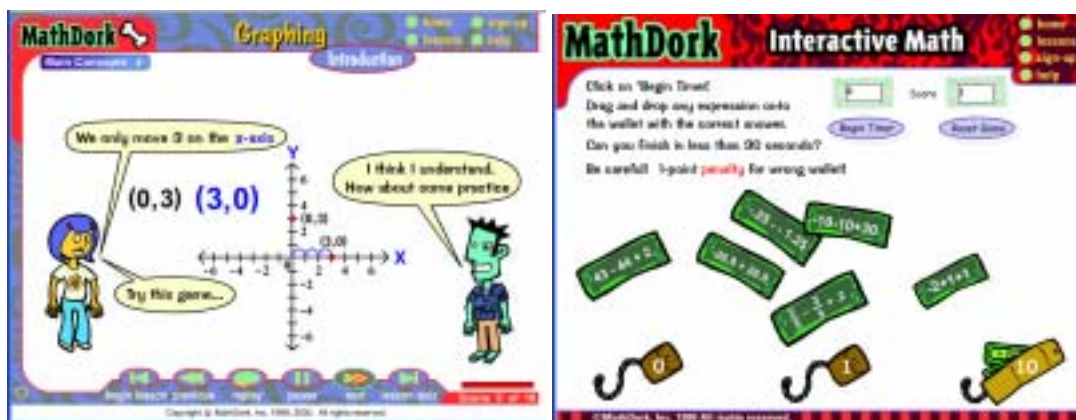
3.1.5 MATHDORK <http://mathdork.com/members/>

Õpitarkvara matemaatika õppimiseks. Huvilistele on avatud peatükk „Algebra I”, mis on jaotatud põhipeatükkideks ning iga peatüki all on veel alateemasid (valge raami sees). Iga teema kohta on selgitav tekst (läbipuremist vajav kont), kontrollülesanded (*quiz*) ja mõningatel juhtudel ka mänguline harjutus (*game*, joonis 32).



Joonis 32. Õppematerjali liigendus programmis.

Näitena siinkohal üks koordinaattasandit käsitleva õppetükki selgitus. Kasutatud on siin kombineeritult nii multimediasprogramme animatsioonideks õppetekstides kui ka programmeerimiskeelte rakendusi kontrolltestides. Joonise 33 vasakul pool on näide õppematerjali edastavast programmiaknast, kus kaks „nukku” omavahel vesteldes teadmisi jagavad. Vajalikud tekstikastid ja muu illustratiivne materjal ilmuvad vastavalt etteantud järjekorrale. Parempoolne joonis on näide mänguaknast, kus õpilase ülesandeks on rohelised tehetega rahatähed hiirega rahakotti vedada, mõõdetakse aega ja õiged lohistamisi. Õige vastuse korral kott avaneb ja rahatähed pannakse kotti, vale vastuse korral jääb raha koti peale pidama.



Joonis 33. Programmi MathDork tööaknad a) õppematerjali edastamine b) arvutamismäng

Õppematerjalis liikumiseks on akna allservas traditsioonilised navigatsiooninupud, mille tähendust enamus lapsi teab, juhendid selgituseks on võimalik valida akna ülaservast punase ääritusega ovaalist. Kui üks stseen vestlusest on läbi, siis hakkab tähelepanu juhtimiseks ka nupureal next nupp plinkima.

Järgmisena näide kontrolltesti aknast (joonis 34a). Õpilane peab vastama 5 küsimusele ning kui ta on lõpetanud, siis vajutades nupule *Score Quiz* annab arvuti teada õigete vastuste hulga. Soovides teada õigeid vastuseid tuleb vajutada nupule *View Answers* ning tarkvara kuvab need eraldi dialoogiaknas (joonis 34b).

Graphing 1 - Quiz # 2

1. In the diagram below, the red point is called the _____

a) origin
 b) x-axis
 c) y-axis
 d) coordinate

2. In the diagram below, the point shown has coordinates:

a) (4,3)
 b) (-4,-3)
 c) (-3,-4)
 d) (3,4)

3. The coordinates (2,-4) would be found in the _____ quadrant of the graph.

a) upper right
 b) lower left
 c) upper left
 d) lower right

4. The point with coordinates (8,0) is on the _____

a) x-axis
 b) y-axis

5. In given coordinates, the x value is always written before the y value.

a) True
 b) False

Your score is 5 out of 5

Graphing 1 Quiz # 2 Answers

The correct answers are:

- a) origin
- b) -4, -3
- d) lower right
- x-axis
- True

Joonis 34. a) kontrollküsimustik materjali omandatuse kohta b) aken õigete vastustega

See tarkvara on samuti väga õppurisõbralik ja eakohane. Kahjuks pole kasutatud audio võimalusi õppematerjali selgitamisel ning puuduseks on ka kohese tagasiside puudumine harjutusülesannete lahendamisel.

3.2 Multimeedia kasutamine – tõhus vahend õpitarkvara koostamisel

Multimeedia on animatsiooni, audio ja video eesmärgipärane kombinatsioon. Üks pilt võib öelda rohkem kui tuhat sõna. Nii on võimalik väikese animatsiooni või videoklipiga öelda/kirjeldada seda, mida õpilane ei suudaks muidu endale ette kujutada ka peale terve pika lehekülje läbilugemist. Nii saab animatsiooniga (anon, Õpetaja tugisüsteem)

- visualiseerida dünaamilisi, ajast sõltuvaid protsesse;
- visualiseerida seni mittekogetud keskkondi (nt molekuli sisemus);
- illustreerida järk-järgulist/ kiht-kihilist muutumist;
- visualiseerida kolmedimensionaalseid struktuure;
- äratada õpilase tähelepanu.

Multimeedia kasutamise efektiivsus sõltub

- põhjusest, miks multimeediat kasutatakse;
- konkreetsest kasutatavast õppematerjalist,
- õpituatsioonist, milles õppimine aset leiab
- õppija karakteristikutest.

Multimeedia kasutamise haridusteoreetilised printsiibid on järgmised (Najjar, 1998).

- Info esituseks valida sobiv meedia: vastavalt õpituatsioonile ja õpieesmärgile peab valima kohase meedialiigi.
- Esitada multimeedia sünkroonselt. Verbaalset-pildilist infot tuleb esitada koos, mitte aga järjestikku. See loob kognitiivsed seosed kahe vormi vahel.
- Multimeediat kasutada info esituse toetamiseks, mitte aga kaunistamiseks. Graafika (nii staatiline kui dünaamiline) peaks olema integreeritud teksti nii, et see aitaks luua kognitiivseid seoseid ja soodustaks duaalset kodeerimist.
- Multimeedia kombinatsioone peaks kasutama nii verbaalse kui pildilise kanali jaoks, sealjuures kombineeritud auditiivne info ja pildid on paremad kui kombineeritud auditiivne info ja tekst.
- Kasutajaliides peaks olema interaktiivne. Multimeedia materjalid ei tohiks olla pelgalt lehekülj lehekülje järel lugemine ja ka tagasiside ei peaks olema ainult “õige” - “vale”.

- Kasutada hariduslikku multimeediat madala võimekusega õppijate korral. Ka lihtsad staatilised illustratsioonid aitavad enam nõrgemaid õpilasi. Multimeedia esitus peaks aitama õpilastel mõista ja seostada infot, tooma välja olulise.
- Hariduslik multimeedia tuleks esitada nii, et see motiveeriks õppijaid.
- Arvestada arengu efekte, kasutada multimeediat täiskasvanute ja vanemate laste puhul. Väikelapsed on enam pertseptuaalsel tasemel kui semantilisel, samuti näib võime töödelda auditiivset infot arenevat varem kui võime töödelda visuaalset infot. Lisaks tuleb arvestada asjaolu, et nooremad lapsed pööravad enam tähelepanu multimeedia väljanägemisele ja efektidele kui edastatavale infole.
- Kasutada multimeediat, et fokuseerida õppija tähelepanu. Asjaolu, et õppija fokuseerib oma tähelepanu edastatavale infole, ei tähenda aga automaatselt, et õppija ka info omandab. Kui sisust aru ei saada, ei aita ka animatsioon, mis seda toetab.
- Julgustada õppijat aktiivselt infot töötlemata. Selleks peaks esitus püüdma integreerida uut infot varasemate teadmistega, integreerida õpitavat omavahel, esitada küsimusi.

Multimeediate kasutava õppematerjali koostamise potentsiaalne probleem on, et õppeülesande poolt esile kutsutud töötlemisvajadused võivad ületada kognitiivse süsteemi töötlemisvõimaluse. See on situatsioon, mida kutsutakse kognitiivseks ülekuluks. Kognitiivse ülekulu vähendamine saab toimuda olulist töötlust ümber jaotades, kõrvalist töötlust vähendades või kujutatavat säilitamist vähendades. Sellise õppematerjali koostamisel peab arvestama järgmiste multimeedia haridusteoreetiliste printsiipidega. (Luik 2003).

- Multimeedia printsiip (*Multimedia Principle*): Õpilased õpivad enam sõnadest ja piltidest kui ainult sõnadest. Ainult tekst (kas kirjalik või auditiivne) on vähem efektiivne, kui see on koos visuaalsete kujutistega.
- Ruumilise kokkupuutuvuse printsiip (*Spatial Contiguity Principle*): Õpilased õpivad enam, kui vastavuses olevad sõnad ja pildid esitatakse üksteise lähedal, mitte aga teineteisest kaugel leheküljel või ekraanil. Selleks tuleks tekst asetada kujutise alla või veelgi efektiivsem on teksti integreerimine kujutisse: asetada tekst kohe nende elementide kõrvale, mida see kirjeldab.

- Ajalise kokkupuutuvuse printsiip (*Temporal Contiguity Principle*): Õpilased õpivad enam, kui vastavuses olevad sõnad ja pildid esitatakse üheaegselt, mitte järjestikku. Sünkroniseerida materjal vastavalt auditiiivsele ja visuaalsele materjalile.
- Tiheda seostatuse printsiip (*Coherence Principle*): Õpilased õpivad enam, kui üleliigsed sõnad, pildid ja heli on välja jäetud. Multimeedia esitus peab olema sisutihe ja selge, kuhu ei tohiks lisada huvitavaid, kuid üleliigseid heliefekte ega atraktiivset lisainfot, et õppija ei tegeleks kõrvalise töötlusega.
- Signaliseerimise printsiip (*Signaling Principle*): Õpilased mõistavad multimeedia esitust paremini, kui see sisaldab signaale, mis osutavad, kuidas töödelda materjali.
- Modaalsuse printsiip (*Modality Principle*): Multimeedias peab info esitus olema loodud nii, et see kasutaks nii auditiiivset kui visuaalset kanalit, mitte kaht samaliigilist kanalit. Kaht samaliigilist kanalit kasutades on õppija visuaalne tähelepanu lõhestatud.
- Segmenteerimise printsiip (*Segmentation Principle*): Õpilased mõistavad multimeedia esitust paremini, kui see esitatakse õppija poolt kontrollitavate väikeste segmentidena, mitte aga pideva esitusena. Seda printsiipi tuleks arvestada, kui info esitus on keeruline ja esituskirius suur, mistõttu õppijatel pole piisavalt aega tegelemaks sõnade organiseerimisega verbaalsesse mudelisse ja kujutuste organiseerimisega visuaalsesse mudelisse ning nimetatud mudelite integreerimisega.
- Eelkoolituse printsiip (*Pretraining Principle*): Õppijad mõistavad multimeedia esitust paremini, kui nad teavad süsteemi komponentide nimesid ja käitumist.
- Individuaalsete erinevuste printsiibid (*Individual Differences Principles*): Disaini efektid mõjuvad enam madalamate teadmiste baasiga õppijatele kui kõrgema teadmiste baasiga õppijatele ja enam kõrgema ruumikujutlusega õppijatele kui madala ruumikujutlusega õppijatele. Seega kõik need strateegiad on kõige efektiivsemad uustulnukatele ja visuaalsetele õppijatele.
- Ruumilise võimekuse printsiip (*Spatial Ability Principles*): Kõrgekvaliteediline multimeedia disain sobib enam kõrge ruumikujutluse tasemega õppijatega.

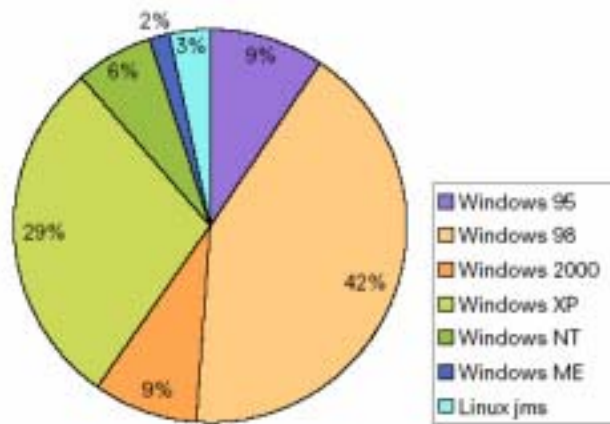
Multimeedia rakendute koostamisel tuleks arvestada järgmisi asjaolusid.

1. Kuigi õpitarkvara on kasutatav arvuti vahendusel ning rakenduse efektid on ainult ekraanilt nähtavad, peab soovijail olema ka võimalus tekstiline osa materjalist välja

trükkida. Väljatrükitav materjal peab olema kujul, mis on kättesaadav arvutisse installeeritud tarkvarast olenemata, seega sobivaim formaat RTF. Ka väljatrükitud materjal olgu sobivalt kujundatud ja liigendatud ning võimalike illustratsioonidega täiendatud.

2. Rakenduses kasutatavad tekstid peavad olema lühikesed, selgelt loetavad ning üht tüüpi infot edastavad. Pigem olgu lehekülgi rohkem, sest see jätab psühholoogiliselt tunde, et palju materjali on juba läbi töötatud. Ekraanilt lugemine on isegi kuni 25% aeglasem kui paberilt lugemine, kuna on inimesele lihtsalt ebamugav. Seega peaks vastavalt uuringutele veebileht sisaldama umbes 50% infost, mida sisaldab sarnane trükitud lehtmaterjal. Et vältida lugejate silmade ja psüühika koormust, peab reapikkus olema 75-80 tähemärki. Veel parandab loetavust tekstide vasakjoendus, lõiguvahed, selgelt eristuvad pealkirjad, tekstide liigendamine loeteludega, võtmesõnade rõhutamine.
3. Graafikaelementide (ka animatsioonide) lisamisel tuleks viimased eelnevalt salvestada formaatidesse, mis edastaksid võimalikult head kvaliteeti, kuid kasutaksid vähe arvuti ressursse, sest muidu võib muutuda töötamine arvutiga aeglaseks ja see tekitaks huvi languse. Piltide (fotode) puhul on õige kasutada JPEG formaati, kuna see on kvaliteetsem (samas aga ka mälumahult suurem). Graafikute, taustade, nuppude, mustvalgete piltide puhul kasutada GIF formaati. Kui arvestada, et osadel veebilehe lugejatel võivad olla väikesed monitorid, mille pildisuurus on näiteks 800x600 pikslit ja lisaks näidatavale pildile peab ekraanile ära mahtuma ka vähemalt brauseriaken, siis järelikult tuleb arvestada sellest lähtuvalt pildifaili suurust.
4. Vältida taustapilte, soovitatav on kasutada võimalikult neutraalseid värvitoone ja vähe silmatorkavaid kujundeid. Kui ei ole mingi eriline põhjus kasutada veebilehel taustapilti, on mõistlik jääda siiski ühetoonilise taustavärvi juurde, sest muidu võib tekkida teksti loetavusega probleeme.
5. Tarkvara peab olema kasutatav enamikes kooliarvutites, kuna tema eesmärgiks on kasutatavus õppematerjalina koolilaste igapäevatoos. Kuna Tiigrihüppe uurimusest selgus, et enamus koolides on töökohaarvutite operatsioonisüsteemiks Windowsi erinevad versioonid (joonis 35), siis peab ka õpitarkvara rakendus probleemideta

käivituma eelkõige nendes arvutites ning ideaalilähedaselt ka Linuxil baseeruvatel arvutitel.



Joonis 35. Enamlevinud operatsioonisüsteem kooliarvutite töökohtadel.

3.3 Õpitarkvara koostamise didaktilised alused

Klassikalise õppimisprotsessi teooria loojaks loetakse R. Gagne't, kes käsitles õppimist 9 etapina (Gagne, 1979):

1. **Köida** tähelepanu.
2. **Teadvusta** tunni eesmärgid.
3. **Meenuta** varemõpitud, mida vaja läheb.
4. **Esita** uus osa.
5. **Juhenda** õpilase iseseisvat õppimist.
6. **Võimalda** õpilasel uusi teadmisi demonstreerida.
7. **Anna** tagasisidet soorituse kohta.
8. **Hinda** sooritust.
9. **Taga** õpitu kinnistamine.

Üldjuhul ei pea loetelus kajastatud tunnietapid kulgema just sellises järjekorras. Mõne tegevuse järele võib tekkida ühe tunni jooksul korduv vajadus (tähelepanu köitmine, õpilaste motiveerimine, tagasiside andmine). Peale selle, et õppematerjal peab oma ülesehituselt toetama üldist õppeprotsessi, tuleb järgida ka tervet rida tehnilisi nõudeid ja soovitusi nende koostamisel ja kujundamisel. Järgnevas väike ülevaade neist.

3.3.1 Tiitelleht ja juhised

Igal tarkvaral peaks olema tiitelleht, mille eesmärgiks on:

- üldisel teel teavitada, millist teemat see tarkvara selgitab;
- kõita õppuri tähelepanu ja luua positiivne häälestatus;
- edastada pealkirja ja autori nime.

Tiitellehel näidata, kuidas programmiga tööd jätkata, kuid pole soovitatav panna menüüsid, juhiseid või mõisteid, mida õpitakse.

Juhised on vajalikud igas multimeedia programmis. Kõik punktis 3.1 vaadeldud programmid töötasid ühtsetel internetist tuttavatel alustel ja nendes liikumiseks pole tavalisel arvutikasutajal juhiseid vaja. Esmakordne või väheseid kogemusi omav kasutaja võib sellegipoolest neid vajada.

Tarkvara koostajal tuleb arvestada kasutaja oletatavate oskustega: noorematele ja arvutis kogenumatutele õpilastele lisada enam juhiseid kui vanematele ja kogenumatele. Esmalt peavad juhised rõhutama, kuidas liikuda ja orienteeruda programmis. Kui tarkvaras kasutatakse spetsiaalselt kujundatud nuppe, siis tuleb nende tähendused lahti kirjutada. Selgitamist ei vaja arvuti põhikäsud (näiteks back-nupp, avamine jt). Kirjutatavad juhised olgu ise selged ja üheselt mõistetavad ning nad peavad kogu programmiga töötamise käigus olema kiirelt kättesaadavad.

3.3.2 Tekstilise informatsiooni esitamine

Tekstilise informatsiooni juures on olulised:

- teksti paigutus ja formaat: vältida poolitamist, kasutada lõiguvahesid, jaotada tekst ekraanil ühtlaselt, pealkirja tekstistiil olgu erinev põhiteksti stiilist, kasutada ühel lehel mitte üle kahe kirjastiili ning vältida raskestiloetavaid tähekujusid;
- kuidas tuua tekstist välja olulist infot: hierarhiat aitavad edasi anda elementide grupeerimine (loetelud, raamid), stiil (bold, suurtähed), suurus ja värv (mitte üle 3 värvi leheküljel), kuid vältida tuleks allajoonimist, liikuvaid tekste ja kaldkirja;
- teksti kvaliteet: tekst olgu lühike ja korrektne (ilma vigadeta), üleminekud teemade vahel selgelt eraldatud, vastama kasutaja vanuseastmele .

Õpitarkvaras kasutatakse palju hüperlinke. Enamasti on nad tekstilised, kuid selleks võivad olla ka pildid, ikoonid, pildi osad. Hüperlink ei tohi olla nähtamatu (raske üles leida, mistõttu selle taga olev info kaotab mõtte) ega samas ka liiga atraktiivne (viib õppuri mõtte enneaegselt kõrvale). Tekstiline hüperlink võiks pärast kasutamist muuta värvi, sest siis saab õppur tagasisidet, et ta on seda materjali juba vaadanud. Hüperlinke ei tohi tekstis olla mitte liiga tihedalt ning laused tuleks koostada nii, et link on selle lõpus või vahetus läheduses.

3.3.3 Graafilise informatsiooni esitamine

Arvutipõhine õpitarkvara on eelkõige visuaalne meedium, seepärast peaks see sisaldama enam visuaalsust ja vähem teksti. Pildid, eriti animatsioonid, tõmbavad enam tähelepanu kui tekst, seetõttu tuleb jälgida, et graafikaga esitataks olulist infot. Graafika - see on joongraafika, skeemid, kolmemõõtmelised kujutused, diagrammid, fotod, kunstjoonised ja animeeritud kujutised (graafikaseeriad, mis muutuvad ajas ja/või ruumis).

Vältima peab kolmemõõtmelisi graafikuid ja jooniseid, sest sealt väljaloetavat infot on keerulisem töödelda. Pilt ja sellega seonduv tekst on soovitatav esitada üheaegselt ning kui võimalik, siis anda graafika selgitus hoopis heliga. Põhjuseta illustratsioonid ja kujundid on arusaamatud ning ajavad õppija segadusse. Keeruka animatsiooni korral lubada õppijal pausi, jätkamist, kordamist ja mõnedel juhtudel ka kiiruse muutmist.

3.3.4 Video esitamine

Videot võib pidada multimeedia võimalustest üheks mahukaimaks, sest ta hõlmab reeglina nii heli kui pilti. Video peab olema haarav, meelelahutuslik ja mõtet ergutav ning seotud õppematerjaliga. Videol on mitmeid vorme, mida saab kasutada õppematerjali esitamisel:

- helitu protseduuri demonstratsioon, näiteks keemiakatse;
- nägematu jutustaja, kes kirjeldab visuaalset tegevust, kasutatav näiteks füüsikas. Jutustaja kirjeldus, kuidas kasutada mingit seadet, on efektiivsem kui sellest lugemine;
- multifilmid, kasutatavad algklassides hoiakute õppimisel;
- inimene inimeselt rääkimine (intervjuu), kasutatav näiteks keeleõppes;
- info esitus, näiteks mõne looma või nähtuse tutvustus jne.

Arvutipõhistes õppematerjalides peaks teksti olema vähe. Kasutades lühikesi videolõike saame pikki tekste vähendada. Pealegi jääb videos esitatud info paremini meelde ning mällu jäädvustub enam detaile. Video sobiv pikkus on umbes 20-30 sekundit. Videode loomine on kallis ja aega nõudev ning nad ei kombineeru hästi tekstiga ja neid ei saa ka välja trükkida. Lisaks nõuab video õppijalt info töötlust teatud kiirusel ning see on sageli viimasele ebamugav. Seega tuleks pakkuda õppijale kontrolli videoga töötamisel (paus, ülehüppamine, tagasi kerimine, aeglane ja kiire läbivaatamine).

3.3.5 Heli esitamine

Õigesti valitud helimaterjal aitab reaalsust paremini edasi anda, sest heliefektidega saab edasi anda kaugusi ning rõhutada keskkonda. Lähtuvalt audiomaterjali sisust saab neid jaotada kolme kategooriasse: muusika, kõne, heliefektid. Kuid lähtudes helide olemusest, siis võib nad jagada kaheks: tähenduslikud helid (vajalikud sisu paremaks edasiandmiseks - kuuli veeremine jms.) ning abstraktsed helid (pole sisuga otseselt seotud - signatuurid või keelavad piiksud).

Heli on efektiivne muusika edastamisel, kõneleja personaalsuse väljatoomisel, võõrkeelsete sõnade hääldamise õppimisel, juhisteks ja animatsioonide selgituseks. Oluline on helide kasutamine lugemisraskusega õppijate korral. Õppematerjalile lisatav heli peab olema kõrgekvaliteediline.

Kui esitada tekst ja heli koos, võib see mõnikord õppijat segadusse ajada ja kahjustada õppimist. Kui võimalik, siis lasta õppijal valida, millist info esitust ta soovib – teksti või heli. Ka helilise info esituse korral on oluline lubada õppijal endal heli taas esitada, katkestada või üle hüpata.

3.3.6 Värvide info esitamisel

Värvide valikul on olulised seosed, mida need värvid omavahel loovad. Mõned värvid töötavad üksteisega koos, teised töötavad üksteise vastu. Värvide omavahelist mõju tuleb vaadata konkreetses keskkonnas, sest mingi värvi sobivus või mittedobivus sõltub suuresti naabervärvidest. Kokkusobivad värvid loovad õppimiseks soodsa meeleolu.

Vältida tuleb enama kui 4 värvi üheaegset kasutamist ning ei soovitata kasutada värvikombinatsioone punane-roheline, punane-sinine, sinine-kollane, sinine-roheline, sest need

on raskesti tajutavad (nt. värvipimedatel). Värvide kasutamisel tuleb olla järjekindel ning neid tuleks rõhutamiseks, olulisele infole tähelepanu juhtimiseks ja erinevuste väljatoomiseks.

3.3.7 Info paigutus

Et õppur alustaks materjaliga töötamist kõige olulisemast infost, tuleb kujundamisel arvesse võtta järgmisi fakte:

- inimese silm fikseerib esimesena ülemise vasaku nurga;
- inimese pilk liigub kõige suuremalt objektilt väiksematele;
- silm fikseerib esmalt kõige tugevama (tumedama) värvi.

Ekraanil olev materjal peab olema ka proportsionaalselt tasakaalus. Suuremad kujundid ja tugevamad värvid tõmbavad enam tähelepanu kui väikesed ja mahedad. Graafika peab olema tihedalt seotud tekstilise või helilise infoga. Tekst ja graafika esitada üheaegselt, mitte järjestikku.



On täheldatud, et kasutajad kalduvad ignoreerima infot, mida nad ei näe, seega nad ei kasuta kerimist, vaid loevad läbi vaid selle osa materjalist, mis jääb esimesele ekraanitäiele. Seega, kui info on oluline ja soovitakse, et kasutajad seda loeksid või näeksid, kerimist mitte kasutada.

Kogu informatsioon, mida õppematerjalis esitatakse mistahes esitusviisi kasutades, peab olema kokkusobiv ja järjekindel, lihtne ja loomulik. Üldkujundus peab jääma ühe õppematerjali kestel samaks. Pannes õppematerjali pealkirju, alapealkirju ja muud infot kogu aeg enam-vähem samasse kohta ning sama stiiliga on õppijatel lihtsam keskenduda olulisele. Nuppude ja hüperlinkide kujundus tuleks hoida läbi terve õppematerjali samasugustena ning võimalusel kasutada üldlevinud ikoone (ava, salvesta, algusesse jne).

3.3.8 Õppija kontroll programmi tegevuse üle

Multimeediumi üldine eesmärk on võimaldada õppijale mõningast kontrolli metodoloogia, taseme ja keerukuse osas: mida valida, millises järjekorras valida ning vajadusel ülesande lahendamisel tarkvaralt abi paluda. Oluline on kontrolli vahendite asukoht, väljanägemine ja funktsioon. Kontrollivahendid tuleb esitada võimalikult loogiliselt, arusaadavalt ning ühtselt kogu tarkvara osas. Hea, kui selle jaoks on tööväljal kehtestatud eraldi piirkond - spetsiaalne õppematerjali sektsioon, kus on ikoonid, nupud või lingid, mis pakuvad õppijale kontrolli.

Peamisteks kontrollivahenditeks on:

- NUPUD - kõige kasutajasõbralikumad. Nuppe ei tohiks olla palju ning nende funktsioon peab olema selge. Soovitatav oleks nuppude kirjeldused lisada tarkvara juhistesse. Kasutada kursori muutust (noolest käeks) või alternatiivseid tekste (ilmub lisatekst väikeses kastis, kus kirjeldatakse nupu funktsiooni). Näiteks:  ja .
- MENÜÜD - omased veebilehtedele. Menüüd võib oma olemuselt jagada kaheks: tervet ekraani täitvad menüüd ja tükeldatud menüüd, kus menüü asub reeglina vasakus servas ning on kogu tegevuse vältel nähtav. Esimest tüüpi menüüd võimaldavad saada õppematerjalist parema ülevaate ning edastavad infot õppuri tegevuse kohta. Tükeldatud menüüd vähendavad töövälja mahutavust, kuid on alati nähtavad ning neid on lihtne kasutada. Valikud olgu menüüdes lihtsad ja väikesearvulised.
- HÜPERLINGID - kasutatakse navigeerimiseks. Neid on kõige lihtsam ja mugavam kasutada, suurimaks ohuks linkide paljusus ühel lehel.

Kõige mugavam on nimetatud kontrollivahendeid hiireklikiga valida , sest see on kõige täpsem ja lapsesõbralikum. Kasutatakse ka klaviatuuri, kuid see nõuab trükkimisoskust või eriklahvide tundmist. Sageli kasutatakse nimetatud võimalusi paralleelselt .

3.3.9 Arvutipõhised testid

Õpitarkvara juures on oluline õpilaste testimine. Testi täitmine arvutis eeldab, et testitav tunneks enne testimise programmi ja oskaks seda tehniliselt kasutada. Õpilastele mõjub hästi, kui nad teavad, et testimisel saavad nad küsimuste järjekorda ise valida ja juba sisestatud vastuseid vajadusel muuta. Kui test arvestab aega, siis tuleb sellest õpilasi eelnevalt teavitada. Testide koostamisel on oluline läbi mõelda, millal ja millisel kujul õpilasele tagasisidet anda.

Tarkvaras täidetavad kontrolltestid peaksid olema turvalised nii testis osaleja kui ka testi tulemuste arvestaja seisukohalt. Näiteks tagama, et osa testi tulemusi ka arvuti tehnilise rikke puhul salvestatud saavad ning et õppuril poleks võimalust eksikombel testist väljuda. Esmatähtis on aga, et tarkvaras täidetavad testid õpilase identifitseeriks

4 Õpitarkvara prototüüp teemal „Koordinaattasand”

4.1 Matemaatika õpetamise lähtekohad koolis (RT 1, 2002)

Koolimatemaatika ainekava täidab viit olulist funktsiooni.

1. **Matemaatikateaduse arengu eelduste tagamine.** Suunates ja arendades andekamaid ja loovamaid õpilasi loob kool õpilastes tugeva matemaatiliste teadmiste ja oskuste pagasi ning tekitab neis huvi matemaatika kui teaduse vastu.
2. **Õpilaste mõtlemisvõime arendamine, loova ja arenguvõimelise isiksuse kujundamine.** Oskus olukordi loogiliselt analüüsida, jõuda antud faktidest loogiliste arutluste kaudu järeldusteni, eristada olulist ebaolulisest, tõestatut mittetõestatust, oskus järjestada, klassifitseerida, püstitada hüpoteese, neid tõestada või ümber lükata, oskus kasutada analoogiaid – kõike seda omandab inimene eeskätt matemaatikaga tegeledes.
3. **Metodoloogiline-kommunikatiivne funktsioon.** Matemaatika toetab teisi teadusi mitte ainult korrektse mõtlemistehnoloogia, vaid ka keele ja meetoditega. See avaldub eriti uurimisobjekti modelleerimisel ja saadud mudeli analüüsimisel.
4. **Praktilis-rakenduslik funktsioon.** Osa matemaatika tulemustest ja keelest on sedavõrd juurdunud igapäevaellu, et neid valdamata on inimesel mõeldamatu ühiskonnas toime tulla.
5. **Õpilase isiksuse arendamine.** Matemaatika õppimisel kujunevad mitmed vaimse töö oskused ja vilumused: püsivus ja sihikindlus (töö planeerimine ja ratsionaalsete töövõtete otsing), kriitiline mõtlemine (töötulemuste hindamine) ja loominguline aktiivsus (lühike, selge ja põhjendatud väljendusviis) jne.

Eelpool toodud funktsioonid rakenduvad vaid vajalike teadmiste, oskuste ja vilumuste süsteemi baasil ning selle baasi loomiseks peame muutma matemaatika õppimise lastele huvitavaks.

Matemaatikaõpetuse ülesanded konkretiseeritakse ainekavas kooliastmeti õpetuse eesmärkide, õppesisu ja õpitulemuste kaudu. Matemaatika õppematerjali võib tinglikult liigitada alljärgnevalt:

- mõisted — siia kuuluvad koolimatemaatikas esinevad mõisted koos nende tähistamisega;
- omadused ja seosed — õpitakse tundma mõistete definitsioonidest järelduvaid omadusi ning mõistetevahelisi seoseid, sageli valemi või teoreemina;

- reeglid (eeskirjad) ja valemid — siia kuuluvad mitmesugused algoritmid, mida tuleb täita, et jõuda vajaliku resultaadini. Reeglid kujunevad üldistusena konkreetsete näidete analüüsist, tulenevad definitsioonidest või valemitest;
- protseduurid — mõistete, omaduste, seoste ning algoritmide teadmine ei tähenda veel seda, et õpitut osatakse rakendada. Oskused kujunevad tegevuses. Protseduuride all tuleb mõista tegevust, milles toimub algoritmide praktiline rakendamine. Nii kujunevad oskused ja vilumused.

Matemaatika õppimisega on koolis haaratud kõik õpilased esimesest kaheteistkümnenda klassini. Aines on igal kooliastmel õpitav tugevasti seotud eelneval kooliastmel õpituga, seetõttu on oluline õppida matemaatikat pidevalt, lünki jätmata. Ainekava ja õpikute seisukohalt, kuid loomulikult ka õpetamise seisukohalt, tähendab see nii kogu koolimatemaatika kursuse kui ka iga kooliastme ja klassi kursuse loogilist järjepidavat ülesehitust. Põhikooli matemaatikaõpetusega taotletakse, et õpilane:

- saab ettekujutuse matemaatika kohast inimtegevuses;
- õpib ümbritseva maailma esemeid ja nähtusi struktureerima (järjestama, võrdlema, rühmitama, loendama, mõõtma jne);
- õpib arvutama peast, kirjalikult ja taskuarvutil;
- omandab esmase ruumikujutluse;
- õpib tundma põhilisi tasandilisi ja ruumilisi kujundeid ning oskab rakendada õpitut praktikas;
- õpib üldistama ja loogiliselt arutlema;
- õpib reaalsuse situatsioone matemaatilisel kirjeldama, analüüsima, lahendama ning tulemusi interpreteerima;
- arendab oma matemaatilisi võimeid, intuitsiooni ja leidlikkust;
- hakkab objektiivselt hindama oma matemaatilisi teadmisi ja huve ning arvestab neid edasise tegevuse kavandamisel;
- tunneb rõõmu matemaatikaga tegelemisest.

Õpitegevus peab olema suunatud õpilase kui isiksuse mitmekülgsele arengule, arvestama õpilase individuaalseid iseärasusi ja võimeid, unustamata seejuures kollektiivse meeskonnatöö

kujundamise vajadust. Selleks sobivad mitmed aktiivõppe meetodid ja vormid, rühmatöö, probleemõpe, projektides osalemine jne. Need on ka tegevused, mille käigus süveneb ja areneb õpilase üldine õpimotivatsioon, mis omakorda tagab matemaatikahuvi säilimise ja arengu. Kuid eelkõige aitab eesmärke saavutada sihikindel töö õppematerjaliga.

Õppetegevuses tuleb arvestada, et oluline on õpilase iseseisev töö. Peale tahteliste omaduste arengu tagab see parema arusaamise matemaatikast kui aineksest, matemaatika tähtsusest teistes ainetes, matemaatika rollist igasuguses praktikas. Põhiliselt toimub iseseisev töö matemaatikas mitmesuguste ülesannete lahendamise kaudu. Iseseisva töö oskusi ja harjumusi omandatakse ka erinevatest allikatest teabe otsimisega, matemaatika või matemaatika ajaloo kohta referaatide koostamisega jne.

4.2 Sihtgrupi analüüs

Sihtgrupiks on põhikooli õpilane, kes:

- omab elementaarset arvutikasutusoskust (Põhikooli ja gümnaasiumi riiklikus õppekavas märgitud I kooliastme üldpädevused): käsitleb vilunult arvutihiirt, oskab käivitada ja kasutada lihtsamaid arvutiprogramme, tunneb klaviatuuri ja selle põhilisi kasutusvõtteid, oskab “surfata” internetis;
- omab keskmist funktsionaalset lugemisoskust (omandanud piisava lugemisoskuse, -kiiruse ja loetud tekstist arusaamise, mille peaks tagama juba IV klassi lõpetamine). Õpiprogramm sisaldab mõisteid, definitsioone ja selgitavaid tekste ning õpilane peaks suutma loetust aru saada või vajadusel neid üle lugeda;
- on huvitatud kiirest tagasisidest – õpiprogramm peab õpilasele andma kohest tagasisidet ülesande lahendamise õigsusest (olenevalt ülesande püstitusest, kas kohe või siis lahendamise lõpetamisel, ka positiivset tagasisidet) ning võimalusel selgitama vea olemust või suunama vastavat reeglit uuesti lugema. Kui tegemist on kontrolltestiga, siis antakse tagasiside testi lõpus ja seda koheselt parandada ei saa. Õpilasel on võimalus korrata vajaliku materjali uuesti ning seejärel sooritada test uuesti ;
- peab oluliseks sarnasust seniste õppematerjalidega – erilist tähelepanu tuleks pöörata disainile, mis peaks mingil määral ühtima seniste õppevahendites kasutatud võtetega, et õpilasele tunduks tööväli kodusena ja ta suudaks paremini eristada olulisimaid fakte

selgitustest. Enamikes põhikooli õpikutes on reeglid ja olulised mõisted eraldatud teist värvi taustaga või raamidega;

- on huvitatud animatsioonidest - silmas peaks pidama, et ei oleks aga ülemäära animatsioone ega liialdatud värvikirevust, sest see juhib põhikooli õpilase tähelepanu kõrvale ja õppimise kasutegur jääb väikeseks. Animatsioon peab olema põhjendatud ja soovitatavalt ainult ühest infot edastav;
- võib vajada individuaalõpet (on võimekam kui keskmine õpilane või võimekuselt nõrgem kui keskmine õpilane) – õpitarkvara võimaldab valida erinevate keerukusastmetega ülesandeid, samuti on õpilasel võimalik oma teadmist testida, samuti laiendada silmaringi lisamaterjalidega;
- omab vajalikke eelteadmisi, mis on määratletud Põhikooli ja gümnaasiumi riiklikus õppekavas:
 - tunneb kümnendsüsteemi, oskab naturaalarve ja kümnendmurde kirjutada ning järjestada;
 - tunneb tehete järjekorda, oskab arvutada peast, kirjalikult ning naturaalarvude ja kümnendmurdudega;
 - tunneb negatiivseid arve, oskab neid järjestada;
 - tunneb lõiku, arvkiirt ja skaalat ning oskab neid kujutada;
 - joonlauda või sirklit kasutades joonestada etteantud pikkusega sirglõiku, kolmnurka, nelinurka ja ringjoont;
 - võrrelda sirglõike mõõtmise teel ja arvutada murdjoone pikkust;
 - oskab kujutada lihtsamaid geomeetrilisi kujundeid (lõik, kiir, sirge, murdjoon, kolmnurk, nelinurk, ruut, ristkülik, viisnurk, kuusnurk, hulknurk, ring);
 - teab sirgete vastastikuseid asendeid tasandil ja oskab neid kujutada;
 - tunneb lihtsamaid geomeetrilisi kujundeid ja nende põhilisi omadusi, oskab neid joonistada ja teab nende ümbermõõdu ja pindala arvutamise valemeid;
 - oskab kujutada ja lugeda diagramme;
 - omab kogemust kujundite kujutamisest tekstülesannete lahendamisel;
 - oskab mõista tekstülesannete sisu ja lahti mõtestada nõutavad tegevused tekstülesande lahendamisel.

Teiseks sihtgrupiks on matemaatikaõpetajad. Senistes suurtes klassikomplektides ainet õpetades jäävad sageli tähelepanuta nii mahajääjad kui ka asjahuvilised noored matemaatikud. Üks võimalus mainitud gruppidele rakendada individuaalset tööd on vastavasisuliste õpiprogrammide kasutamine. Magistritöö autor on vestelnud erinevate Tartu koolide matemaatikaõpetajatega ning tundnud huvi, kuidas nemad vaadeldavat õppematerjali õpilastele selgitavad: millele tuginevad, mida kordavad, millised materjalid ühendavad ja milliseid fakte oluliseks peavad. Sellise vestluse eesmärgiks oli välja selgitada, millises mahus ja järjekorras materjal õpiprogrammis esitada, millised faktid peavad õpilastes kinnistuma ning millisel määral lisada arendavaid ainekavaväliseid materjale. Nende intervjuude kaudu selgus, millises suunas õpetajad laiendavad riiklikus ainekavas esitatud kohustuslikku baasmaterjali, kui koostatakse kooli ainekava.

4.3 Koordinaattasand põhikooli matemaatika õppekavas

Põhikooli matemaatikas II kooliastmes (4.-6. klass) on ainekava sisus fikseeritud järgmised koordinaattasandi mõistega seotud märksõnad.

1. ARVUTAMINE JA MÕÕTMINE. ...Probleemülesannete lahendamine. Negatiivsed arvud, arvtelg. Arvu absoluutväärus. Ristkoordinaadid tasandil. Lihtsamad empiirilised graafikud.
2. GEOMEETRIA. Tasandigeomeetria mõisted (osaliselt kordamine): punkt, sirge, kiir, lõik; nurk, nurkade mõõtmine ja võrdlemine, nurkade liigitamine; kahe sirge vastastikune asend tasandil... Rakendusliku sisuga geomeetriaülesannete lahendamine. Probleemülesannete lahendamine.
3. LOOGIKA. Mõiste, defineerimine, liigitamine, põhjendamine. Eriomadused, üldomadused; mõni, kõik, ei ükski jm.

6. klassi lõpetaja teab ja tunneb:

- arvtelge ja ristkoordinaadistikku tasandil

6. klassi lõpetaja oskab:

- määrata punkti asukohta koordinaattasandil ja lugeda koordinaattasandil asuva punkti koordinaate;
- tabeli andmete järgi kujutada lihtsamaid seoseid graafiliselt;
- graafiku järgi nähtust kirjeldada (nt aeg–temperatuuri graafik);

Põhikooli matemaatikas III kooliastmes (7.-9. klass) on fikseeritud ainekava sisu seoses koordinaattasandiga järgmine:

1. ALGEBRA JA FUNKTSIOONID. ... Funktsioonid $y = ax$; $y = a / x$; $y = ax + b$; $y = ax^2 + bx + c$; nende graafikud ja omadused.

Põhikooli lõpetaja teab ja tunneb:

- lihtsamaid funktsionaalseid seoseid (lineaarne, võrdeline, pöördvõrdeline ja ruutsõltuvus) ja nende graafikuid;

Põhikooli lõpetaja oskab:

- joonestada ainekavaga määratud funktsioonide graafikuid ning lugeda graafikult funktsiooni omadusi.

Esmasel vaatlusel tundub, et koordinaattasandi osa matemaatika ainekavas on suhteliselt ebaoluline ning omandatavad oskused-teadmised üldises kontekstis väikesemahulised. Tegelikult on aga nendel omandatud pädevustel edaspidi suhteliselt suur osakaal.

Paljudes kompleksülesannetes on esmalt vaja paigutada joonis koordinaatteljestikku, lugeda seejärel jooniselt ülesandeks vajalikud andmed ning seejärel leida ülesande lahendus.

Näide 1: *Kanna koordinaatteljestikku järgmised punktid $A(-2;-1)$, $B(-2;4)$, $C(1,5;4)$, $D(1,5;-1)$. Millise kujundiga on tegemist? Leia jooniselt vajalikud andmed ning arvuta kujundi ümbermõõt ja pindala. Ülesande lahendamiseks peab õpilane kasutama mitmeid õpitud oskusi: punkti asukoha määramist koordinaattasandil ja hulknurga külgede pikkuste leidmist teljeühikutes, liigutama hulknurki ning teadma vastava hulknurga ümbermõõdu ja pindala valemeid, rakendama sobivalt jooniselt leitud andmed valemitesse ning arvutama vastused. Oluline on siinkohal mainida, et tehes vea ülesande lahendamise esimesel etapil – hulknurga tippude määramine teljestikus – võib osutada kogu ülesanne lahendamatuks (näiteks tekib kujund, mille külgede pikkusi pole võimalik jooniselt leida ning mille pindala arvutamise eeskirja õpilane ei tunne).*

Samuti on viimasel viiel aastal põhikooli matemaatika lõpueksamil vähemalt üks ülesanne tuginenud koordinaattasandi rakendustele.

Näide 2. Joonesta koordinaatteljestik ning seejärel

1) joonest lineaarfunktsiooni $y=x+2$ graafik ning y -teljega paralleelne sirge, mis lõikub x -teljega punktis $(4;0)$;

2) tähista saadud sirge ja funktsiooni $y=x+2$ lõikepunkt ning kirjuta välja selle koordinaadid;

3) viiruta kolmnurk, mille üheks tipuks on leitud lõikepunkt ning ülejäänud tippudeks on saadud sirgete lõikepunktid x -teljega;

4) mis liiki kolmnurgaga on tegemist liigitamisel külgede järgi;

5) arvuta selle kolmnurga pindala.

Ülesanne kontrollib väga mitmeid põhikooli matemaatikas erinevates vanuseastmetes omandatud oskusi: koordinaatteljestiku joonestamine, lõikepunkti koordinaatide väljakirjutamine, y -teljega paralleelse sirge konstrueerimine, kolmnurga moodustamine ja liigitamine, kolmnurga küljepikkuste leidmine jooniselt, kolmnurga pindala arvutamine (6 klass), lineaarfunktsiooni graafiku konstrueerimine, lõikepunktide leidmine ja tähistamine (7 klass).

Koolimatemaatika ainekava on koostatud matemaatika erinevate valdkondade (aritmeetika, algebra, matemaatiline analüüs, sünteetiline ja analüütiline geomeetria, trigonomeetria) kombinatsioonina ning õppetöös kasutatakse neid erinevaid rakendusi läbipõimunuina. Ka geomeetrilistele konstruktsioonidele on lähenetud kas siis algebraliselt või analüütiliselt. Paljud analüütilise geomeetria ülesanded lahendatakse algebralisi teisendusi või arvutusi rakendades. Selliselt ühendatud funktsionaalne mõtlemine loob võimsa vahendi reaalse tegelikkuse objektide uurimiseks.

Geomeetrilise ja algebralise mõtlemise ühendamisel vaadeldakse geomeetrilist kujundit kui punktihulka, milles igale punktile on vastavusse seatud järjestikune arvupaar. Viimase abil on võimalik iga üksikut punkti kirjeldada ja teistest eristada. Joon on aga punktihulk, mille jaoks kehtivad teatud tingimused ehk seosed ning neid tingimusi saab väljendada võrrandi abil. Näiteks sirget tasandil kirjeldab lineaarne võrrand, ellipsit teise astme võrrand. Ükskõik kuidas me aga koolimatemaatikale ei lähene, ikkagi kasutatakse sealsete ülesannete lahendamiseks erinevaid meetodeid. Üks rakendatavatest meetoditest on koordinaatide meetod. Väga paljudes

eluveldkondades rakendatakse kahesuunalist teljestikku väljendamaks kahe suuruse omavahelist sõltuvust (näit. temperatuuri ajas muutumise graafik).

Põhikooli matemaatikas kasutavad oma rakendustes koordinaattasandi mõistet järgmised teemad:

- koordinaatteljestik ja punkti koordinaadid tasandil;
- sümmeetria koordinaattelgede ja koordinaatide alguspunkti suhtes (lisateema);
- lõigu pikkuse leidmine teljeühikutes koordinaattasandilt ning tulemuste kasutamine arvutustes;
- võrdeline ja pöördvõrdeline seos;
- sirge kui punktihulk, sirge võrrand tasandil;
- ruutfunktsioon, selle omadused ja graafik;
- ruutvõrrandi graafiline lahendamine;
- võrrandisüsteemide lahendamine graafiliselt.

Nimetatud teemade mõtestatud omandamine õpilaste poolt on põhikooli matemaatikas küllalt oluline. Rõhuasetus on eelkõige punkti asukoha õigel märkimisel koordinaatteljestikus ning sellest tulenevate järelduste tegemine. Õpetajate arvates jäävad õpilastele segaseks mõisted *võrdeline* ja *pöördvõrdeline seos*, mille rakendusi hiljem enam põhikooli ainekavas ei puudutata. Teooria ja rakenduste suhe on ligikaudu 1:3 ning see annab võimaluse suhteliselt suurele hulga rakenduslikele ülesannetele. Seetõttu võiks oletada, et enamus õpilastest suudab selle materjali omandada ilma õpetaja lisaabita ning vajadusel materjali uuesti läbi korrata. Õppematerjali koostamisel ja järjepidevuse loomisel tuleb pidada oluliseks teatavate teemade samm-sammulist läbimist.

4.4 Erinevaid lähenemismetoodikaid õpikutes

Praegu on põhikooli matemaatika õpetajal peaaegu igas klassis võimalus valida kolme erineva õpiku vahel. Järgnevas vaadeldakse teema „Koordinaattasand” esitust erinevates õpikutes.

Kalju Kaasiku ja Lea Lepmanni poolt koostatud „Väike metoodikaraamat II kooliastme matemaatikaõpetajale” (Kaasik, Lepmann, 2002) annab aineõpetajale järgmised juhised: „*Paljud lapsed armastavad kabet või ka malet mängida, seepärast on punkti asukoha määramisel lähtunud kabelauast. Siin on veerud (vertikaalis) ja read (horisontaalis) tähistatud numbrite ja*

tähtedega. Veeru ja rea lõikumiskoha järgi on võimalik üles leida meile vajalik ruut...” Mõiste laiemaks selgitamiseks soovivad autorid tuua veel analoogseid näiteid teatrisaalist ja Eesti kaardilt linnakese ülesleidmiseks. Nii jõutakse mingi punkti asukoha määramiseni tasandil õpilasele tuttavatest elulistest situatsioonidets lähtuvalt. Õpikus (Kaasik jt., 2001) arendatakse edasi kabelaua näidet, paigutades mängulauale vastavatesse ruutudesse kabendeid. Seejärel suurendatakse malelauda, muudetakse tähed samuti numbriteks ning selgitatakse, kuidas panna matemaatiliselt kirja malendi asukoht - (veerg;rida). Alles nüüd muudetakse malelaud kaheks ühise alguspunktiga ristuvaks arvkiireks (tuuakse sisse lisamõisted *koordinaatteljed* Ox ja Oy , mida varasemates kooliõpikutes pole) ja selgitatakse arvupaari mõistet. Enne koordinaattasandi mõiste sissetoomist lahendatakse ühtlase liikumise graafiku ülesandeid, kus õpilane peab arvupaare graafikult lugema: näiteks kui pika vahemaa läbis jalgrattur 3 tunniga. Siinkohal selgitatakse ka sobiva skaala valikut arvkiirel. Alles nüüd võetakse kasutusele mõiste *koordinaattasand* ja tema rakenduste selgitamine on juba tuttav eelpool toodud näidetest: kõigepealt loeme tasandilt punkti koordinaate, seejärel kanname teljestikku etteantud koordinaatidega punkte (eelmise pöördülesanne) ning joonestame koordinaattasandile algandmete järgi erinevaid graafikuid. Tähelepanuväärne on õpikus mitmesugustes ülesannetes koordinaattasandi integreerimine juba omandatud teadmistega:

Näide 1. *Joonesta koordinaattasandil ringjoon, mille keskpunkt on punktis $R(3;4)$ ja mis läbib punkti $K(0;4)$. Nimeta kasvõi üks punkt, mis asetseb a) ringjoone sees; b) ringjoonel; c) väljaspool ringjoont.*

Näide 2. *Täida tabel ja joonesta graafik.*

x	0	2	4	6
x+3				

Materjal on esitatud lapsedõbralikult, püütud on vältida pikki tekste ning lisatud on asjakohast illustratiivset materjali (palju suuri ja selgeid värvilisi jooniseid, mis loovad ka meeldiva õhkkonna õpikuga töötamiseks).

Aksel Telgmaa ja Enn Nurga matemaatikaõpikus (Telgmaa, Nurk, 1999) lähenetakse koordinaattasandi mõistele veidi teisiti. Õpiku 5. peatükk kannab pealkirja *Positiivsed ja negatiivsed arvud*. Temperatuuri ja kraadiklaasi näitude kaudu jõutakse negatiivse arvu mõisteni.

Nüüd kujutatakse negatiivseid arve arvteljel, määratletakse nullpunkt (punkt O on arvu 0 kujutis, mis jaotab sirge kaheks vastassuunaliseks kiireks). Edasi selgitatakse mõisteid *kujutamisiühik*, *arvsirge* ehk *arvtegel*, *positiivne* ja *negatiivne suund* ning *koordinaattelg*. Arvu, mille peal teljel punkt asub, nimetatakse selle punkti *koordinaadiks*. Nüüd käsitletakse vahepeal veidi kõrvalisemaid mõisteid: *hulk*, *vastandarv*, *ratsionaalarvude hulk* ja *arvu absoluutväärtus* ning võrreldakse omavahel ratsionaalarve.

Jõudes nüüd õpiku materjalis koordinaattasandini, peavad autorid lapsele arusaadavaks mõisteid *püst-* ja *rõhttelg*! Punkti koordinaadid leitakse ristlõikude tõmbamisega koordinaattelgedele: ristlõigu otspunkti A koordinaat abtsissiteljel on ning seda arvu nimetatakse punkti M abtsissiks. Uue materjali esitamisel vaadeldakse vaid üht suunda: kuidas leida ja kirja panna koordinaatteljestikus näidatud punkti koordinaate. Vastupidist operatsiooni - koordinaatide järgi punkti paigutamist koordinaatteljestikku - käsitletakse eraldi ülesandes, kus õpilase poolt teostatavad protseduurid on autori poolt samm-sammult välja toodud. Peatüki lõpus mainitakse ära ka koordinaattasandi kasutuselevõtja René Descartesi nimi. Edasi käsitletakse samuti temperatuuri ja ühtlase liikumise graafikute lugemise ja joonestamise võtteid. Uued võtted: ülesannete lahendamise käigus joonestatakse sirget läbi kahe punkti ning peegeldatakse kujundit y -teljest.

Näide 1. *Joonesta koordinaatteljestikus sirge, mis läbib punkte $A(-2;-3)$ ja $B(2;4)$. Märki sellel sirgel punktid, mille korral $y=-2$, $y=0$, $y=1$, $y=3$. Kirjuta saadud punktide koordinaadid.*

Näide 2. *Joonesta koordinaatteljestikus lõik AB , mille otspunktid on $A(-2,5;-1,5)$ ja $B(-1;2)$. Peegelda seda lõiku y -teljest ning kirjuta saadud lõigu $A'B'$ otspunktide koordinaadid.*

Õpikus on vähe selgitavaid jooniseid ning liiga palju on pikki liigendamata tekste. Uued mõisted on küll muu teksti seest värvidega esile toodud, kuid sellest olenemata ei suuda 6. klassi õpilane teksti täis raamatulehelt olulisi fakte välja lugeda. Ainuüksi pilguheit sellisele õppetekstile kahandab tugevalt laste õpimotivastiooni.

Enno Paisi matemaatikaõpikus 7. klassile (Pais, 1998) on sama materjal paigutatud eraldi peatükki „Koordinaadid tasandil”, mis koosneb omakorda 4 alapeatükist.

1. **Koordinaattelg ja koordinaattasand.** Teemaarendust alustatakse mingile ratsionaalarvule vastavast punktist arvteljel, tema koordinaadist ja punkti koordinaadi matemaatilisest tähistusest. Esitatakse *koordinaattelje* mõiste: arvtelge nimetatakse koordinaatteljeks, sest tema iga punkt on määratud oma koordinaadiga. Kuna punkti asukoht teljel on määratud, siis järgmisena tekib vajadus määrata tema asukoht tasandil ning selleks on nüüd vaja kahte ühises nullpunktis ristuvat arvtelge. Kui eelmistes õppetekstides võeti enne telgede tähistamist kasutusele *koordinaatteljestiku* mõiste, siis selles õpikus toimitakse vastupidi – enne antakse arvtelgedele keerulised nimetused, siis defineeritakse *koordinaatide alguspunkt* ning alles seejärel kahe lühikese lausega *koordinaatteljestik* ja *koordinaattasand*. Punkti P koordinaatide leidmiseks on vaja see punkt projekteerida telgedele: selleks joonistatakse läbi punkti telgedega paralleelsed sirged ning vaadeldakse telgede lõikepunkte nende sirgetega. Joonistel on aga näha ikkagi ristlõigud, kuna tavapärasest sirgetele vastavat tähistust joonistel ei ole. Autor selgitab ka vastupidist toimingut – koordinaatide järgi punkti asukoha leidmist.

Selles õpikus vaadeldakse ka etteantud punktiga sümmeetriliste punktide leidmist nii koordinaattelgedele kui ka koordinaatide alguspunkti suhtes ning selgitatakse märgimuutusi punkti koordinaate tähistavas arvupaaris.

Näide 1. *Märgi punktid koordinaattasandile ja joonesta kolmnurk, mille tippudeks on $A(1;1)$, $B(3;1)$, $C(1;5)$. Leia kolmnurga alus ja kõrgus ning arvuta pindala.*

Näide 2. *Joonesta ristkülik tippudega $K(1;-3)$, $L(1;-5)$, $M(4;-5)$, $N(4;-3)$. Leia koordinaatide alguspunkti suhtes sümmeetriline ristkülik $K'L'M'N'$ ja kirjuta selle tippude koordinaadid.*

2. **Liikumise graafik.** Mõõtmistulemuste tabeli järgi joonestatakse auto liikumise graafik ehk aja-teepikkuse graafik. Selgitatakse kuidas kanda graafikule peatusi ja kuidas neid lugeda. Analüüsitakse ülesandeid, kus ühele joonisele on kantud kahe erineva auto sõidugraafikud.
3. **Ühtlase liikumise graafik.** Liikumise kiirus. Selgitatakse ühtlase liikumise mõistet ning tõdetakse, et selle graafikuks on alati sirge. Tuuakse sisse mõiste *sirge tõus* ning sellele toetudes ka *kiirus*.

4. **Ebaühtlase liikumise keskmine kiirus.** Esitatakse kiiruse arvutamise valem ning tuuakse näide valemi rakendamisest. Edasi tuleb õpilasel ülesannete lahendamise käigus jooniselt andmeid lugedes arvutada sõidukite keskmisi kiirusi erinevates ajavahemikes.

Selle õpiku materjalid on nüüd veidi erinevamad eelmistest, kuid põhjuseks on eelkõige materjali ülekandumine 7. klassi. Materjal on õpikus esitatud liigendatult, kasutatud on värve, raame ja taustu materjali paremaks edastamiseks. Piisavalt selgitavaid näiteid ja jooniseid ning rohkelt ülesandeid.

Kõik õpikud lähenevad mõistele *punkti koordinaadid* erinevalt:

- Kaasik — läheneb elulise näite (kabenupu asukoha fikseerimise mängulaua) varal probleemi matemaatilisele selgitusele. Punkti koordinaate tähistav arvupaar fikseeritakse konkreetses järjekorras (veerg;rida). Toob sisse lisamõistetena *koordinaatteljed* Ox ja Oy .
- Telgmaa — paigutab arvkiirele negatiivsed arvud, defineerib suuna mõiste ning seejärel arvtelje mõiste. Punkti koordinaadid leitakse ristlõikude joonestamise abil. Vaatleb peegeldust teljest ja punktist.
- Pais — fikseerib punkti ratsionaalarvude teljel ning defineerib *arvtelje* mõiste. Punkti koordinaatide leidmiseks joonestab läbi punkti telgedega paralleelsed sirged ning loeb nende sirgete ja telgede lõikepunkte. Käsitleb samuti peegeldust telgedest ja koordinaatide alguspunktist.

Kõige lapsesõbralikum on esimene lähenemine, kuid matemaatiliselt on kõige täpsem viimane. Õpitarkvaras tuleks kasutada kombinatsiooni kõigist neist kolmest.

4.5 Õpitarkvara eesmärk

Kuna koordinaattasand on meie koolide õppekavas jagatud kahte erinevasse kooliastmesse (punkti asukoht koordinaattasandil II kooliastmes ja sellele tuginevad tasandigeomeetria teemad hajutatult III kooliastmes), siis terviklikku pilti koordinaatide meetodist ei looda. Koostatavas õpiprogrammis püütakse jaotada põhikooli ainekavas läbitöötavad teemad gruppidesse nii, et neid oleks võimalik omaette tervikutena erinevates klassides rakendada, kuid samas moodustaksid analüütilise geomeetria seisukohalt terviku. Kokku moodustuks 4 erinevat teemaderingi: koordinaattasand, võrdeline ja pöördvõrdeline seos, lineaarfunktsioon ja

ruutfunktsioon. Kuna töö eesmärgiks oli koostada õpitarkvara prototüüp, siis piirdatakse õppematerjalide läbitöötamisel ja üksikasjalikul lahtikirjutamisel vaid esimese teemaderingiga.

Koordinaattasandit käsitlev õpitarkvara peab:

- valitud teema sisse juhatama toetudes õpilase olemasolevatele teadmistele;
- uued mõisted ja seosed lahti selgitama;
- võimaldama sooritada erineva lähenemisnurgaga ja raskusastmega harjutavaid ülesandeid;
- testimata materjali omandatust õpilase poolt;
- seostama õpitud materjali reaalse rakendusega igapäevaelus;
- sisaldama lisamaterjale ajaloost ja planimeetriast.

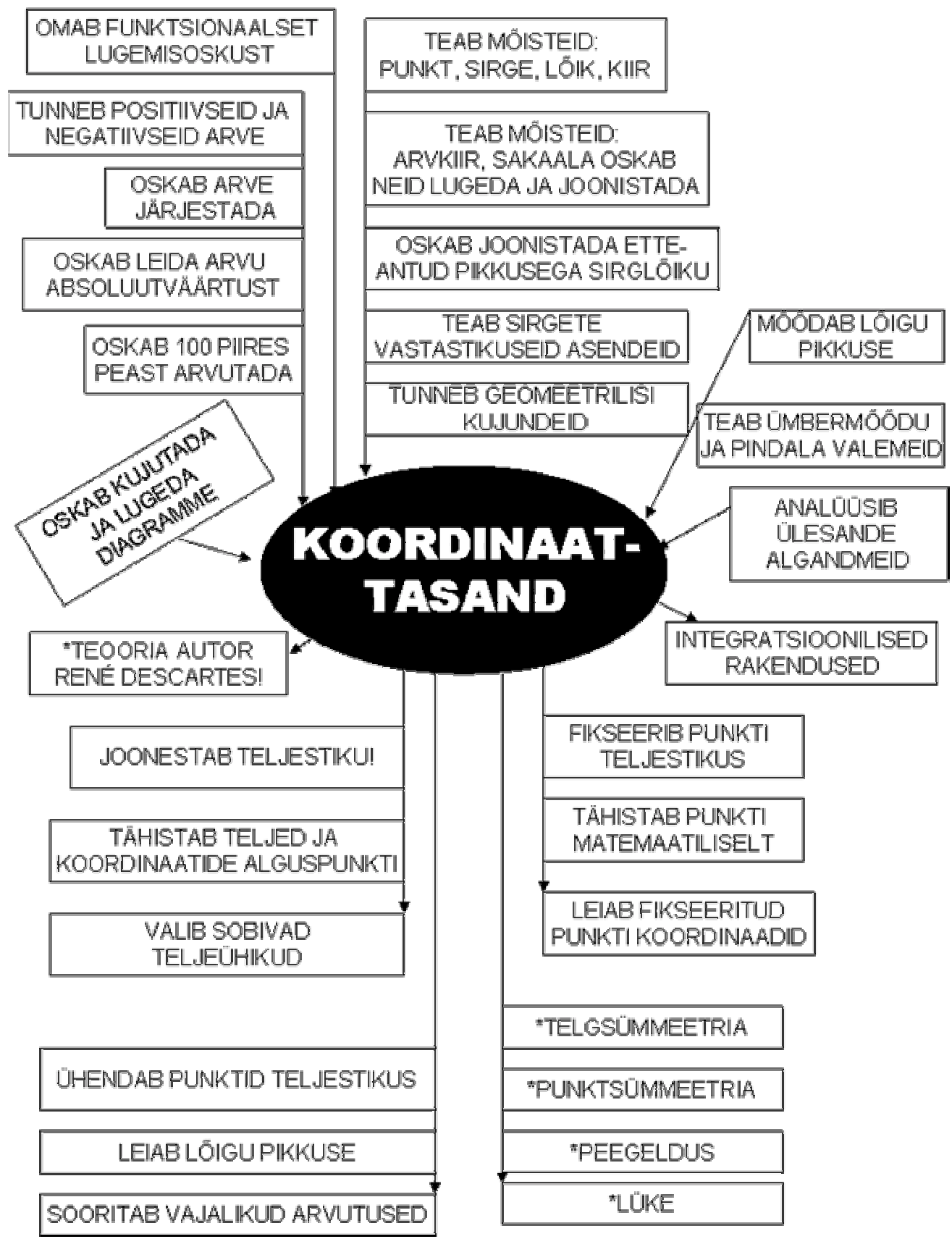
Programmi I osa läbinu

- oskab joonistada koordinaatteljestikku, lisada telgedele tähised ja teljeühikud;
- oskab nimetada telgi matemaatiliste terminitega 2 viisil;
- oskab vormistada matemaatiliselt punkti koordinaadid kujul $P(x;y)$;
- oskab valida telje tähised ja teljeühikuid vastavalt püstitatud ülesandele;
- oskab määrata punkti asukoha koordinaatteljestikus;
- oskab leida kahe punkti vahelist kaugust;
- oskab moodustada etteantud punktidest kujundi ning määrata kujundi liiki;
- teab *telgsümmeetria* mõistet ja oskab seda rakendada;
- teab *punktsümmeetria* mõistet ja oskab seda rakendada;
- teab *peegelduse* mõistet ja oskab seda rakendada;
- teab *liik* mõistet ja oskab seda rakendada;
- oskab arvutada koordinaatteljestikus joonestatud kujundi pindala ja übermõõtu;
- oskab rakendada koordinaatide meetodit igapäevaelus ettetulevates ülesannetes;
- oskab lahti mõtestada meedias esitatud fakte või graafikuid;
- oskab ise koostada ülesandeid, kus on sobiv kasutada punkti koordinaate.

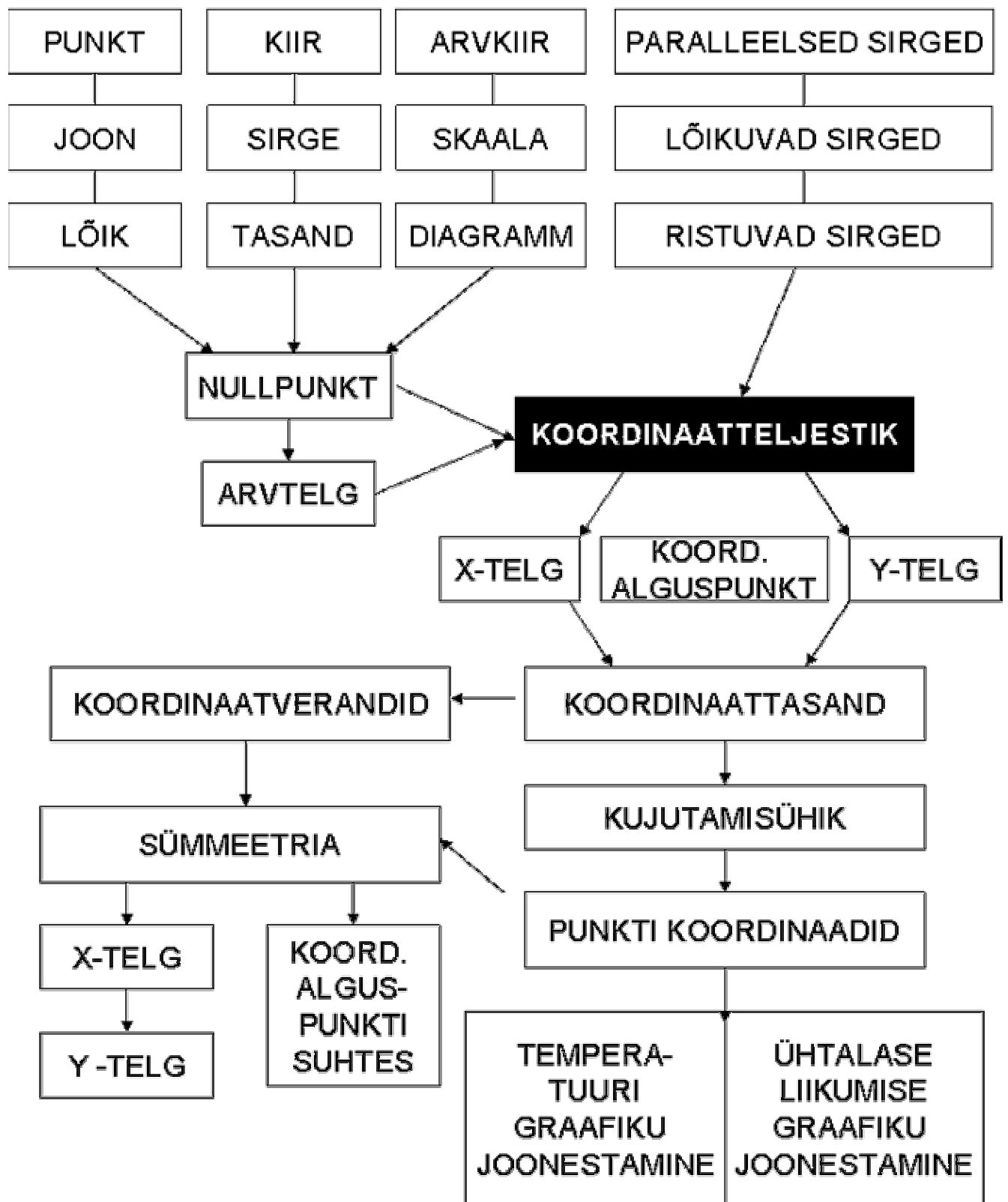
Faktid, mida programmi läbinu ja omandanu peab teadma:

- kuidas nimetatakse horisontaaltelge ja kuidas seda tavaliselt tähistatakse;
- kuidas nimetatakse vertikaaltelge ja kuidas seda tavaliselt tähistatakse;
- kuidas tähistatakse punkti koordinaate;
- kuidas leida punkti asukoht koordinaattasandil;
- kuidas leida punktide vahelist kaugust;
- mis on arvu absoluutväärtus;
- kuidas leida lõigu pikkust mööda vertikaale ja horisontaale;
- kuidas määratakse teljeühikuid;
- kuidas joonestada telgsümmeetrilist kujundit;
- kuidas joonestada punktsümmeetrilist kujundit;
- kuidas teha peegeldust sirgest;
- kuidas teha peegeldust punktist;
- kuidas teha punkti (kujundi) lüket.

Kokkuvõtlikult on õpiprogrammiga „Koordinaattasand” töötamiseks vajalikud pädevused ning omandatavad pädevused esitatud joonisel 36. Tärnikestega on tähistatud ainekava välised lisateemad. Joonisel 37 on toodud mõistekaart, millele tugineb õpitarkvara prototüübi I osa.



Joonis 36. Omandatud ja omandatavad pädevused teemal „Koordinaattasand” (II kooliaste)



Joonis 37. Mõistekaart teemal „Punkti koordinaattasand” (II kooliaste)

Õpiprogrammi “Koordinaattasand põhikooli matemaatikas” eelisteks tavapärase Eesti koolides kasutusel olevate kooliõpikute ees oleks:

- jõukohasus õpiprogrammi iseseisvaks läbimiseks;
- võimalus õpetada ja omandada teadmisi iseseisvalt arvuti vahendusel, mis peaks tõstma ka niisuguste õpilaste motivatsiooni, kes tavatunnis aine vastu huvi ei ilmuta;
- kohene tagasiside õpilasele harjutusülesannete lahendamise erinevatel etappidel;
- kohene tagasiside testide ning kontrollülesannete lahendustulemuste kohta;
- näitlikustamine illustatsioonide, animatsioonide ning fotode abil;
- nii õpilase kui õpetaja aja kokkuhoid vihikusse või tahvlile kirjutatavate ülesandepüstistuste ning lahenduskäikude ärajäämise arvelt;
- vabanenud aega saab õpetaja kasutada koordinaattasandi olemuse sisulise arusaamise kinnistamisele ning õpetamise diferentseerimisele;

Programmi koostamisel ja õppetükkideks või aineosadeks jaotamisel tuleb silmas pidada ka õpilaste tervist. Õpilane peab materjali omandama pidevalt arvuti ekraani jälgides ning seal värviliselt esitatud infot läbi töötama. Seetõttu tuleb aineosade või õppetükkide omandamise või kinnistamise kestus viia 30-40 minutini (keskmise õpilase lugemis- ja mõistmiskiirust arvestades). Me ei saa küll piirata õpilase programmi kasutamise aega, kuid me saame esitada õppematerjali selliselt, et õpilane võib õppetegevuse talle sobivalt katkestada.

Koostatav õpitarkvara aitab kaasa õppurite järgmiste oskuste ja võimete arendamisele:

- iseseisva õppimise võime — õpilane võib materjali omandada just temale sobivas tempos ja mahus, õpilane võib piirduda õppekavas määratletud materjali omandamisega, kuid võib silmaringi laiendamiseks vaadelda ka lisamaterjale;
- kriitilise mõtlemise ja refleksioonivõime — õppur analüüsib ülesannete lahendamise käigus ette tulnud eksimusi, selgitab omandatud teadmistes nõrgad kohad ning teadvustab vajadust selle materjaliga täiendavalt tegeleda;
- valiku- ja prognoosivõime — õpilane hindab õppematerjali omandatust ning oma valmidust uue materjaliga edasi töötada;
- abstraktse ja süsteemse mõtlemise, analüüsi- ja sünteesivõime - oskus jagada materjali osadeks ning nendest tervikut kokku seada;

- probleemide lahendamise võime — leida ise ülesandele sobiv lahenduskaik, luua erinevate aineosade ja ainete vahel seoseid ning neid rakendada;
- otsustamis- ja vastutusvõime — millal, millises järjekorras ja kui palju õppida, kuid tulemus peab olema kõikide alateemade lõikes positiivne;
- oskus informatsiooni töödelda ja luua — õpilane peab looma olemasolevate teadmiste baasil terviku ning neid teadmisi kasutama praktiliste ülesannete lahendamisel;
- suutlikkus ja julgus genereerida uusi ideid, luua uut teadmist;
- eneseusaldus, ettevõtlikkus ja aktiivsus — õpilane peab ise jõudma veendumusele, et aineosa on tal omandatud ning liikuma seejärel järgmise teema juurde;
- eetilised tõekspidamised — õpilane teavitab õppematerjali tervikliku omandamise vajadust ning läheneb sellel kõikvõimalikest vaatepunktidest;
- oskus hoida oma füüsilist ja vaimset tervist — hoiduda liiga pikast arvuti taga töötamisest, mis on koormav nii õpilase silmadele kui ka lihastele ning hinnata õppematerjali omandamiseks vajaliku valmisoleku olemasolu;
- säästva arengu põhimõtete arvestamine.

4.6 Õpitarkvara „Koordinaattasand”struktuur

Ülejäänud tarkvara osade struktuur on tutvumiseks esitatud lisas 1.

1. Koordinaattasand

1.1. Sissejuhatus

1.2. Kordamine

1.2.1. Punkt

1.2.2. Joon

1.2.3. Sirglõik

1.2.4. Kiir

1.2.5. Sirge

1.2.6. Tasand

1.2.7. Arvkiir

1.2.8. Skaala

1.2.9. Diagramm

1.2.10. Paralleelsed sirged

1.2.11. Lõikuvad sirged

1.2.12. Ristuvad sirged

1.4. Koordinaattasand

1.4.1. Punkti asukoht tasandil

1.4.2. Ristuvad arvteljed ehk koordinaatteljestik

1.4.3. Koordinaatide alguspunkt

1.4.4. x-telg ehk abtissstelg

1.4.5. y-telg ehk ordinaattelg

1.4.6. Koordinaattasand

1.4.7. Punkti koordinaadid

1.4.8. Koordinaatveerandid

1.4.9. Ülesanded A

1.4.10. Ülesanded B

1.4.11. Ülesanded L

1.3. Koordinaattelg

1.3.1. Sissejuhatus

1.3.2. Kaks vastassuunalist arvkiirt

1.3.3. Arvsirge ehk arvtelg ehk koordinaattelg

1.3.4. Nullpunkt

1.3.5. Ühiklõik

1.3.6. Positiivne ja negatiivne suund

1.3.7. Koordinaattelje joonestamine I

1.3.8. Koordinaattelje joonestamine II (animatsioon)

1.3.9. Punktile vastav arv teljel

1.3.10. Punkti koordinaat

1.3.11. Ülesanded A

1.3.12. Ülesanded B

1.3.13. Ülesanded L

1.5 *Sümmeetria

1.5.1. Sümmeetria x-telje suhtes

1.5.2. Sümmeetria y-telje suhtes

1.5.3. Sümmeetria koordinaatide alguspunkti suhtes.

1.5.4. Ülesanded A

1.5.5. Ülesanded B

1.5.6. Ülesanded L

1.6. Graafikud

1.6.1. Temperatuuri graafik

1.6.2. Ühtlase liikumise graafik

1.6.3. *Liikumise graafik

1.6.4. Ülesanded A

1.6.5. Ülesanded B

1.6.6. Ülesanded L

1.7. Huvitavat...

1.7.1. Koordinaatide meetodi looja René Descartes

1.8. Kontrolltest

4.7 Loomine

Õpitarkvara prototüübi loomisel lähtutakse järgmistest põhimõtetest:

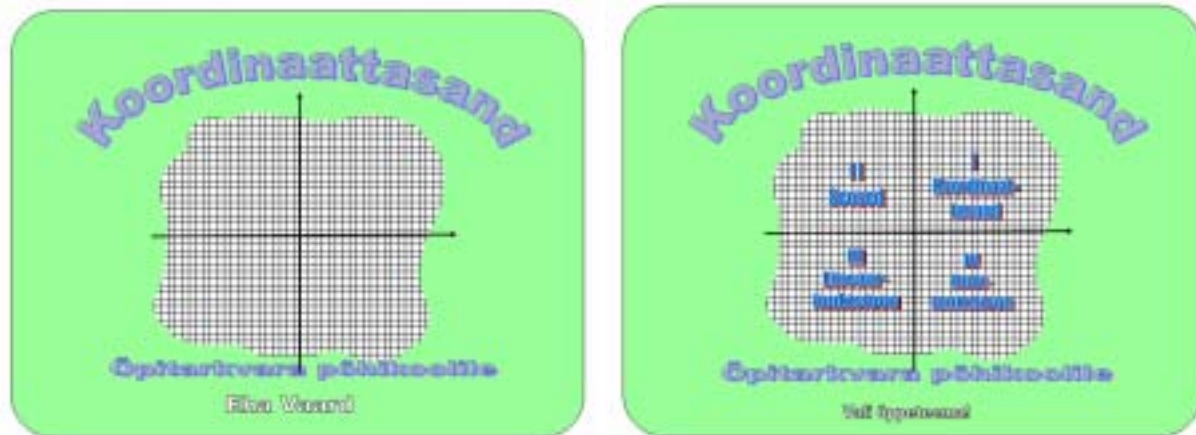
- õpilane töötab programmiga reeglina individuaalselt (programmis endas rühmatöö elemendid puuduvad);
- eeldatakse, et õpilane omandab esitatud materjali lineaarselt;
- programmis kasutatakse reeglina Flash'is konstrueeritud helituid animatsioone, mida saab vajadusel korrata;
- materjal esitatakse õppurile ekraanitäie kaupa, välditakse kerimist;
- programmiga töötamine tugineb õpilastele interneti ksutamisest tuttavale skeemile;
- programm peab õpilasele andma tagasisidet ülesannete lahendamise õigsusest;
- õpilasel on vastavalt oma tasemele võimalik valida lahendamiseks ülesandeid kolmes erinevas raskusastmes (eeldatakse, et A grupi ülesanded on kõigile jõukohased);
- õppematerjale on võimalik ka välja trükkida.

Programmi koostamise aluseks on:

- matemaatika riiklik ainekava ja selles fikseeritud saavutatavad pädevused;
- põhikooli 5.-9. klassi matemaatikaõpikud (kirjastused Avita, Koolibri, Mathema);
- lisamaterjalid põhikooli õpiku juurde (TV, lisakogud jm väljaanded);
- internetis vabakasutusel olevad materjalid (Miksike, Koolielu jne);

Programmi prototüüp asub aadressil: <http://www.kivilinn.tartu.ee/eha/magister>

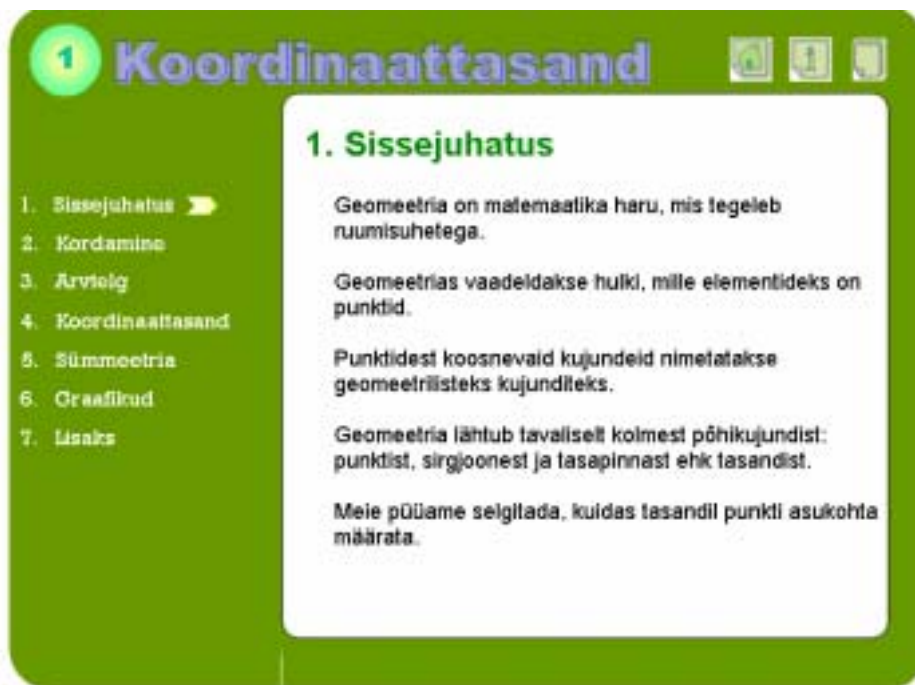
Programmi avaleht teavitab kasutajat õpiprogrammi pealkirjast, autorist ning sellest, millisele sihtgrupile see on mõeldud (joonis 38a). Hiireklikiga akna suvalises osas jõuame järgmisse infoaknasse, kust meil tuleb valida, millise teemaga me lähemalt tutvuda soovime. Prototüübis on saab valida ainult I osa „Koordinaattasand” (joonis 38b). Võib-olla tundub kasutajale teemade vastupäeva järjestus veidi tavatu, kuid see on teadlikult nii paigutatud, kuna ka koordinaattasandi veerandeid järjestatakse selliselt.



Joonis 38. Prototüübi a) avaaken

b) teemade valiku aken

Järgmisel sammul avaneb nüüd valitud teemale omane õppematerjali edastamise aken (joonis 39), mis sarnaneb ülesehituselt tavapärase internetiaknaga, sest selles orienteerumine on õpilasele harjumuspärasem. Akna ülaservas on valitud teema number ja nimetus ning paremal pool nupud, mis viivad vastavalt kas teemade valiku aknasse (joonis 38b), programmi kasutamise info aknasse või siis võimaldab materjali teemade kaupa välja trükkida (*.rtf failid, vaata lisa 2).



Joonis 39. Õpiprogrammi aken, milles õppetegevus toimub.

Vasakus servas on valitud koordinaattasandi mõiste omandamiseks vajalike mõistetele ja protseduuridele vastav sisukord, milles valikut tehes avaneb vastav alajaotus (joonis 40). Kollane suunanool näitab kasutajale, millise mõiste omandamisega ta parasjagu tegeleb. Valges õppematerjali edastamise aknas ehk põhiaknas toimub õppetegevus. Enamik sisukorras esitatud teemasid (teemad 3-6) lõpeb kolmel eri raskustasandil ülesannete seeriaga (igas seerias 5 ülesannet) ning kogu õppeteema lõpeb kontrolltestiga. Prototüübi puhul paberliku kontrolltööga (vt punkt 4.8 Hindamine).



Joonis 40. Enne uue materjali omandamist kordame varemõpitud mõisteid.

Kordamise osas tuletatakse õpilasele meelde, milliseid mõisteid ta on eelnevatel tundidel omandanud. Iga mõiste on hüperlink ning õppurile loetakse peale hiireklõpsu ette just seda mõistet selgitav aken (joonis 41). Toodud sirge mõistet selgitav joonis on Flashi animatsioon. Kordavas osas on osade mõiste juures ka mõned lihtsad ülesanded, et õppur saaks teavet, kas ta on mõistest ikka aru saanud. Kordavate ülesannete lahendamine pole ilmtingimata vajalik, kuid mõnele õpilasele annab nendega hakkama saamine ehk kindlustunnet edasisteks õpinguteks programmi vahendusel. Õppematerjali selgitavas aknas püütakse hüperlinke mitte kasutada.



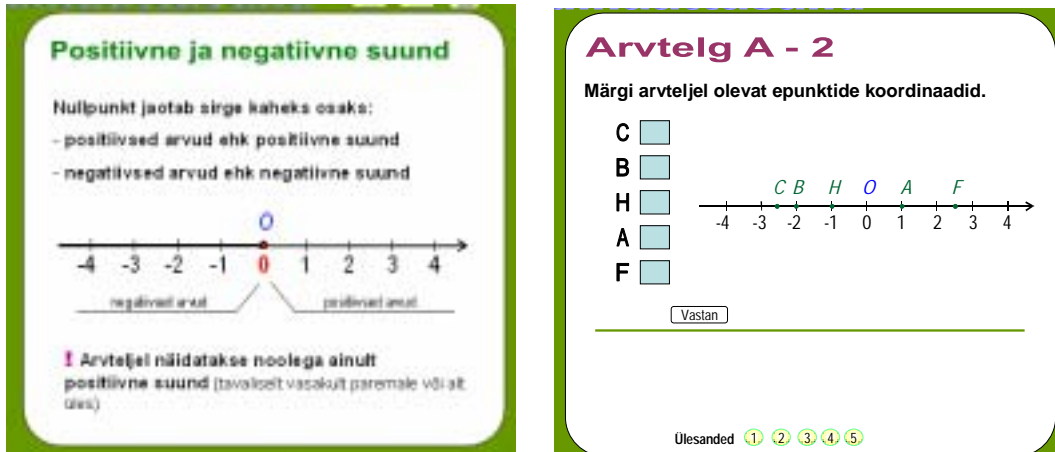
Joonis 41. Õpitarkvara prototüübis sirge mõistet selgitav tööaken.

Akna allservas olevad nupud võimaldavad õppuri kontolli järgmiselt:

- nool TAGASI – viib õppuri alateema sisukorda, antud juhul siis kordavate mõistete loetellu;
- ovaal KORDA – võimaldab esitatavat animatsiooni korrata;
- nool JÄRGMINE – viib õppuri järgmise õppematerjali edastava lehe juurde. Kui selle teema lõikes õppematerjal läbitud on, siis vastaval viimasel leheküljel puudub järgmisele lehele viiv nool. Kui animatsiooni pole, siis puudub ka kordamist lubav nool.

Akna allservas olevaid nuppe ei kuvata teema sisukorra leheküljel (joonis 40). Õpiprogrammi teooriaosad on õpilasel soovitatav läbida järjestikuliselt, et püüda vältida õppematerjalis oluliste mõistete vahelejätmist. Me ei saa aga sundida õpilast õppima, kui ta seda mingil põhjusel teha ei taha, kuid käepäraste vahenditega võime selle talle võimalikult lihtsaks teha. Seega ongi nupp JÄRGMINE paigutatud aknas kohale, kus õppuril on mugav hiireklõpsuga edasi liikuda. Õppematerjal on võimalusel jaotatud osadeks selliselt, et mõiste või teema arendus mahuks ära ühte aknasse. Kui see mingil põhjusel ei õnnestu, siis on õppuril võimatu nupuga TAGASI sellest aknast lahkuda – töötab vaid nupp JÄRGMINE ja seda kuni teema või mõiste selgituse lõpuni (mitte üle kolme ekraanitäie).

Prototüübis kasutatavad värvid: õppematerjali pealkirjad on rohelist tooni, uued mõisted teksti sees sinised, mõned olulised tähistused joonisel punased, ülesannete pealkirjad on lillat tooni ning olulised lisamärkused on tähistatud lilla hüüumärgiga (joonis 42).



Joonis 42. a) Värvide kasutust selgitav õppematerjali aken, b) ülesande akna näidis

Kui õpilane on mingi osa materjalist läbi töötanud, peab tal kohe olema ka võimalus sellest aru saamist kontrollida. Seetõttu ongi õpetavate teemade lõpus hulk harjutusülesandeid, kuid õpilane ei ole kohustatud neid kõiki sooritama. Teinud harjutusülesandes vea, saab õppur kohese sellekohase veateate võimalusel koos soovitusetega.

Ülesanded on jaotatud 3 raskusastmesse: A – lihtsamad ülesanded, B – raskemad ülesanded, L – veidi keerukamad lisäülesanded. Märgistus „Arvtegel A – 2” tähendab siis, et tegemist on arvtegel selgitava peatüki teise lihtsama ülesandega. Ülesannete hulka raskusastmes saab näha tööakna allservas, kus on iga ülesanne tähistatud vastava numbriga ringiga.

Koostatud õpitarkvara peaks olema kasutatav nii Linux kui ka Windows keskkonnas. Tehniline lahendus on järgmine: õpitarkvara prototüüp on kirjutatud html-keeles ja php.sripti kasutades, kontrollülesannetes kasutatud java-programmeerimiskeelt; joonised vektorgraafikas ja png- või gif-formaadis, pildid skanneeritud ja gif-formaadis, liikumised programmiga Flash. Õppematerjalid on väljatrükitavad, aga ülesanded mitte. Olles peatükis *Arvtegel*, on väljatrükiks vastav õppematerjal.

4.8 Hindamine

Õpiprogrammide hindamisel tuleb (nii kasutuselevõtu kui ka koostamise seisukohast lähtudes) silmas pidada kindlaid parameetreid, mis puudutavad tehnilist külge, ainealast korrektsust, meetodika toetust, aga ka vastavust riiklikule õppekavale. Peamisi valikukriteeriume võib jaotada nelja suuremasse rühma (Adojaan, Marandi, Sarapuu 1998):

- programmi tehnilised nõuded – sobivus arvutiklassi riistvaraga ja tarkvaraplatvormiga, lisaseadmete (helikaart, kõlarid) olemasolu vajadus;
- esitusviis ja kujundus – atraktiivsus, esteetilisus, loetavus ja illustreeritus;
- kasutajasõbralikkus ja paindlikkus – orienteerumise lihtsus, struktuuri hoomatavus, kasutatavus erinevate õppimis- ja õpetamismeetoditega;
- püstitatud eesmärkide saavutamine – programmis püstitatud eesmärkide sobivus või kohandatavus õppe-eesmärkidega, rakendatavus ainekavas sisalduvate teemade õpetamiseks, kasutatavus ilma lisamaterjalideta või koos erinevate tööjuhenditega, ainealane korrektsus.

Pärast programmi prototüübi valmimist testitakse seda reaalses õppetöös 6. klasside õpilaste abiga. Eesmärgiks on saada tagasisidet valmistatud õpiprogrammi osa sobivusest reaalsele kasutajale, leida puudujääke ning neid parandada.

Kavandatava testimise eesmärgid:

- selgitada õpiprogrammi eeliseid klassikaliste õppemeetodite ees;
- hinnata õpiprogrammi efektiivsust ja kasutajasõbralikkust;
- hinnata näidisülesannete esituse piisavust ja eakohasust;
- hinnata õppeülesannete lahendamise piisavust ja jõukohasust;
- hinnata programmi vastavust õppekavale ja õpetajate vajadustele;
- hinnata programmi vastavust oodatavatele õpitulemustele.

Õppe-eesmärke kontrolliv test korraldatakse 5 erinevas klassis. Klassid jaotatakse kaheks võrdseks grupiks (nii arvuliselt kui ka keskmise hinde alusel), millest üks omandab materjali tavalises klassiruumis tavapärase meetoditega õpetaja juhendusel ning teine õppeprogrammi prototüüpi kasutades ning ilma õpetaja juhendusest. Prototüübi kasutajatel ei lubata teha

kontrolltööde arvutit, vaid kontrolltöö sooritatakse võrdsetes tingimustes klassiruumis paberi ja pliiatsi vahendusel. Kontrolltöö tulemusi analüüsid arvestatakse, mil viisil materjal omandatud ning võrreldakse töid nii tervikuna kui ka ülesannete lõikes. Pärast õppetulemuste kontrolli palutakse õpilastel hinnata testivormis ka õpiprogrammi ülesehitust ja programmi kasutamise keerukust (näidisküsimustik lisas 3).

Lisaks õpilastele palutakse programmi efektiivsust hinnata ka õpetajatel. Õppeprogrammi hindamiseks koostatakse valikvastustega küsimustik ka õpetajate jaoks, sest nemad on selle programmi edasised kasutajad (25 õpetajat Eesti erinevatest piirkondadest, kellest 20-l palutakse õpiprogramm iseseisvalt läbi töötada ning seejärel küsimustikule vastata). Küsimustiku I osa on samane õpilaste küsimustikuga, saamaks teada õpetajate arvamust programmi ülesehitusest ja kasutamisprobleemidest. Õpetajatelt palutakse ka arvamusi aine esitamise, peatükkideks jaotamise ning toodud harjutus- ja testülesannete sobivuse-piisavuse kohta materjali kinnistamisel. Eesmärgiks on uurida õpitarkvara puudusi ja eeliseid ning hinnata õpitarkvara rakenduvust õppematerjalina koolides. Ekspert hinnang palutakse anda nii ühel vabariikliku matemaatika ainenõukogu kui ka ühel informaatika ainenõukogu liikmel. Küsimustike koostamiseks kasutatakse e-Formulari.

Kuna tegemist on õpitarkvaraga, siis peab oma hinnangu andma ka Riiklik eksami- ja kvalifikatsioonikeskus, kes lähtub järgmistest kriteeriumidest:

- programmi sisu vastavus riiklikule õppekavale;
- programmi vahendusel edastatava info vastavus vanusele ja õppemetoodikale;
- ülesannete sobivus teema kinnistamiseks;
- testide raskusastme sobivus oodatavate õpitulemuste kontrollimisel.

Seda, kas õpitarkvara on koolirakenduslik ehk teisisõnu kvaliteetne, pole konkreetsete kriteeriumide abil lõpuni võimalik mõõta. Uued õppevahendid võetakse hästi vastu eelkõige siis, kui need võimaldavad omandada teadmisi ja oskusi aega ratsionaalselt kasutades ning tulemuslikult. Õppijate erinevaid õpistiile ja suutlikkust silmas pidades peab olema võimalikult palju erinevatel õpитеhnikatel põhinevaid vahendeid, mille hulgast saab õppur leida just temale sobiva.

Kokkuvõte

Tänapäeva kooli iseloomustab õppetegevuse sisu muutus. Õpetaja ei õpeta mitte ainult ainet, vaid ka seda, kuidas õppida. Kooli ülesandeks on arendada õpilastes kohusetunnet ja leida nende isiksusest lähtudes sobilikke õppevorme ja -meetodeid. Õpitarkvara kasutamine õppeprotsessis on kaasaegsete tehnoloogiavahendite parim eesmärgipärane rakendus hariduses. Õpilaste valmisolek uute õpetamismeetodite kasutuselevõtuks ja koolide piisav arvutitega varustatus on selle eelduseks. Õpetajate (eriti matemaatikaõpetajate) tagasihoidlikkus uute suundade rakendamisel ning ainekavadele vastava emakeelse õpitarkvara puudus aga takistuseks.

Õpitarkvara liikidest on enim loodud ja kasutatud harjutamisprogramme, millede vahendusel on teatud õppetegevuslikke protsesse võimalik automaatsuseni lihvida (matemaatikas näiteks 100 piires peast arvutamine, korrutustabel, kümne astmetega korrutamine ja jagamine). Kahjuks ei arenda selliste programmide kasutamine õpilaste mõtlemist. Parimaks selle eesmärgi täitjaks oleksid probleemlahendusprogrammid, mis nõuavad erinevate teadmiste mälust esilekutsumist ja uutes kombinatsioonides rakendamist. Õpilane leiab küll nüüd omandatud teadmistele toetudes probleemile lahenduse, kuid ei omanda seejuures uusi teadmisi. Uue materjali esitamine ja kinnistamine on juhendavate programmide eesmärk ning just sellistest programmidest tunneb kool puudust. Sellise ülesehitusega tarkvara annab õpilasele võimaluse iseseisvalt ja võimetele vastvalt ainet omandada ning õpetaja saab pühenduda õpilaste juhendamisele. Ka on selline tarkvara vajalik materjali meeldetuletamiseks, kui õpitu on ununenud.

Matemaatikat kui kõige abstraktsemat õppeainet ei saa kogu oma ulatuses visualiseerida ja mänguliseks muuta. Mitmete reeglite ja valemite rakendamist ning lahendusalgoritmide kasutamist tuleb õpilasel tavapäraste vahenditega omandada. Kuid samas aitab visualiseerimine paremini mõista mitmete abstraktsete mõistete või seoste olemust. Töö käigus vaatlesime mitmeid erinevaid võõrkeelseid õpitarkvara lahendusi, mis aga ei sobi meie ainekavadega. Kahjuks on emakeelsete programmide valmistamine keeruline, sest õpetajatel puudub vastav tehnilise teostuse kogemus ja oskused ning tarkvaratootjatel jälle õpetamiskogemus.

Meie vabariigis läbiviidud uurimused on näidanud, et kahjuks ei kasuta enamik õpetajaid olemasolevat õpitarkvara, sest neid on raske kohendada meie ainekavadega. Matemaatikatundides kasutatav õpitarkvara võimaldab õpilastel teadmisi kinnistada, kuid

kahjuks on nende programmide kasutamine keerukas ning nõuab eesmärgi saavutamiseks heade tööjuhiste koostamist. Kuid õppeprotsessi mitmekesistamisel tuleks õpetajal leida erinevaid võimalusi materjali omandamiseks.

Koolitundides rakendatav õpitarkvara peaks olema eelkõige *ainest* lähtuvalt õpetav-kinnistav-kontrolliv, *kasutajast* lähtuvalt lihtsalt käsitletav ja meeleeelunditega hästi jälgitav ning *ülesehituselt* ea- ja jõukohane. Nendest punktidest lähtuvalt on välja töötatud ühe juhendava õpiprogrammi prototüüp teemal „Koordinaattasand”. Prototüüp võimaldab korrata varem õpitud mõisteid, omandada uusi teadmisi ja kontrollida nende omandatust. Programmi kasutajalt eeldatakse MS Windows keskkonnas töötamise oskust (programmi avamine, nuppudele vajutamine, hiire ja klaviatuuri kasutamine jne).

Summary

The topic of the research paper is “The Opportunities of Using Multimedia in Primary School Math Lessons” in teaching the coordinate plane.

The MA thesis consists of 106 pages, including 42 figures and 4 tables. Three appendixes is also added. The thesis is written in Estonian language.

The main aim of the research paper was to work out the scheme and prototype of the learning programme based on the means of using multimedia in teaching the coordinate plane, which helps to raise the learning efficiency.

The MA thesis consists of four chapters:

1. In the first chapter the main strategies and concepts of the educational policy of the Republic of Estonia are presented. The implementing of the means of ICT in Estonian schools is also analysed.
2. In the second chapter, the learning programmes and technologies used in teaching mathematics in Estonian schools are analysed and compared.
3. The third chapter gives an overview of the learning programmes based on multimedia and used in different countries. The five references are used to analyse principles of implementing the tools of multimedia in compiling the learning programmes and study materials.
4. The target group of the new learning software programme is presented, didactic and subject-centred materials are analysed, the structure and content of the new learning programme are defined and the prototype of the learning programme is composed.

The prototype of the learning programme “Koordinaattasand “ (The Coordinate Plane) enables to revise concepts, to master and check the acquired knowledge. It is presumed that the user has worked in MS Windows operating system (opens the programme, presses the buttons, uses mouse and keyboard etc.).

Kasutatud kirjandus

Bates, T., 1995 — Technology, Open Learning and Distance Education. London and New York

Bloom, R., 1956 — Major Categories in the Taxonomy of Educational Objectives – (<http://faculty.washington.edu/krumme/guides/bloom.html>), 07.07.2003

EENet, 2002 — aruanne 4.-10. jaanuar 2002 (http://www.eenet.ee/aruanded/aruanne_10-jan-2002.html)

Gagné, R., 1970 — Nine Steps of Instruction (<http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/learning/development.html>)

Hariduses kasutatavad tehnoloogiad (<http://www.ut.ee/e-ylikool/tehnoloogiad/haridustehno.php#anchor112503>)

Haridusstrateegia "Õpi-Eesti" - oktoober, 2001 (<http://www.haridusfoorum.ee> → Haridusalased dokumendid)

HTG, 2003 — Videokonverents EL haridusministritega - 2. märtsil 2003 (<http://www.htg.tartu.ee/?sub=uudis&nr=11&PHPSESSID=5d0d3c3ae125b16f765073d2977aedb2>)

Instructional System Design - Design Phase (<http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/sat3.html>)

Issanova, M., 2003 – „Aritmeetiliste tehete õppimise programm „1+4””. TÜ Magistritöö

Jüriso, V., 2002 — Eesti Haridusfoorum '01. Elu ja õppimine: elukestva õppimise toetamine. Ettekannete ja sõnavõtude kogumik. Tallinn (<http://www.haridusfoorum.ee/ehf01/loppdoklisa.htm>)

Kaasik, K., Cibulskaita, N., Stričkiene, M., 2001 — Matemaatika 6. klassile. Tallinn, “Avita”

Kaasik, K., Lepmann, L., 2002 — Väikemetoodikaraamat II kooliastrme matemaatikaõpetajale. Tallinn, “Avita”

Kokk, K., 2003 — Gümnaasiumi õpikeskkond reaalinete õpetajate pilgu läbi. Koolimatemaatika XXX, lk. 66-77.

Kolde, R., Teepere, A., 29.10.2001 — Matemaatika õpetamise iseärasusi infoajastul (<http://www.koolielu.ee/pages.php/020501,1637>)

Krull, E., 2000 — Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat Tartu, Tartu Ülikooli Kirjastus

- Kuressaare Gümnaasiumi infoleht nr. 56-15. veebruar 2000
(<http://www.oesel.ee/erika/infoleht/nr56.htm>)
- Luik, P. 2003 — Arvutipõhine õppematerjal (<http://lepo.it.da.ut.ee/~piretl/Intel/materjal.html>)
- Luik, P. 2003 — Õppematerjalide koostamine ja hindamine
(<http://lepo.it.da.ut.ee/~piretl/ylddidak/>)
- Luik, P., 2001 — Õpitarkvara ja selle kasutamine
(http://www.tiigrihype.ee/publikatsioonid/aastaraamat2000/aasta_5.html)
- Marandi, T., 2002 — Õpiprogrammid. Tartu
- Najjar, L. J. 1998 — Principles of educational multimedia user interface design. Human Factors -
(<http://ddi.cs.uni-potsdam.de/HyFISCH/Multimedia/Learning/MMDesignNajjar.htm>)
- Õpetaja tugisüsteem (<http://e-tugi.tpu.ee/animatsioon.htm>)
- Pais, E., 1998 — Matemaatika 7. klassile I raamat. Tallinn, “Avita”
- Prank, R., 1997 — Tiigrihüpe - olukorrast ja plaanidest õpitarkvara alal
(<http://greta.cs.ioc.ee/~opleht/Arhiiv/97Apr11/artikkel12.html>)
- Tehnoloogiavaliku kriteeriumid –(<http://www.ut.ee/e-ylikool/tehnoloogiad/valikkrit.php>)
- Telgmaa, A., Nurk, E., 1999 — Matemaatika VI klassile, Tallinn, “Koolibri”
- Tiiger Luubis, 2000 — Uurimus info- ja kommunikatsioonitehnoloogiast Eesti koolides aastal 2000. (http://www.tiigrihype.ee/publikatsioonid/tiiger_luubis/uuring/sisukord.html)
- Tiigrihüppe Sihtasutuse aastaraamat 2002
(<http://www.tiigrihype.ee/publikatsioonid/aastaraamat2002/aastaraamat.pdf>)
- Tiigrihüppe Sihtasutuse aastaraamata 2003
(http://www.tiigrihype.ee/publikatsioonid/aastaraamat2003/raamat_03.pdf)
- Tiigrihüppe Sihtasutuse uuringukogumik 2003
(<http://www.tiigrihype.ee/publikatsioonid/uuringud.pdf>)
- Tõnisson, E., 2000 — Matemaatika õpetamise probleemid seoses infotehnoloogia arenguga –
(<http://www.ise.ee/telemaatika2000/kogumik/etonisson.htm>)
- Tucker, B., 1997 — Handbook of Technology-Based Training. Hampshire
- Zimmermann, M., EENet_ Telemaatika 2000 — „GeomeTricksi ja Functioni kasutamine matemaatikatunnis” (<http://www.ise.ee/telemaatika2000/kogumik/zimmermann.htm>)

Kasutatud internetileheküljed

1. www.koolielu.ee
2. <http://www.zone.ee/koolike/index.htm>
3. <http://lefo.net/math/est/>
4. <http://sunsite.ee/tour/>
5. http://vkids.km.ru/subjects.asp?id_sect=2&id_subj=7
6. <http://www.tpu.ee/~pilve/>
7. <http://www.kool.ee/index.php?id=1185>
8. <http://www.zone.ee/koolike/>
9. <http://www.math.ut.ee/~matrix/Project>
10. <http://mathforum.org/cgraph>
11. <http://www.education2000.com/demo/index.htm>
12. <http://www.terragon.com/tkobrien/algebra/>
13. <http://mathdork.com/members/>