

Tartu Ülikool
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond
Loodusteadusliku hariduse keskus

Evald Sepp

Kontseptuaalse sidususe kujunemine veebipõhise
uurimusliku õpikeskkonna “Noor loodusuurija” abil

Magistritöö bioloogia didaktikas

Juhendajad: Kai Pata, Ph. D.

Margus Pedaste, Ph. D.

Tartu 2009

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Kirjanduse ülevaade	5
1.1. Üldine kontseptuaalne sidusus	5
1.1.1. Mõisteline sidusus	5
1.1.2. Kontekstiline sidusus.....	7
1.1.3. Esitusviisiline sidusus.....	9
1.2. Kognitiivne koormus üldise kontseptuaalse sidususe kujunemisel.....	13
1.3. Sidususe muutus mõistete võrgustikus	16
1.4. Uurimuslik õpe arvutikeskkonnas	19
2. Metoodika.....	27
2.1. Uuringu disain	27
2.2. Uuringu küsimustikud	28
2.2. Valim	28
2.2. Õpikeskkond “Noor loodusuurija”	29
2.3. Andmeanalüüsi meetodid	31
3. Tulemused ja arutelu	35
3.1. Üldise kontseptuaalse sidususe erinevused õpilastel.....	36
3.2. Üldise kontseptuaalse sidususe mõju uurimusliku õppe tulemuslikkusele	41
3.3. Uurimuslike oskuste areng erineva sidususe tasemega õpilastel „Noore loodusuurijaga” õppimisel	44
3.4. Õpilaste kontseptuaalse sidususe areng „Noore loodusuurija” rakendamisel	46
4. Järeldused ja kokkuvõte.....	48
Tänuavaldused.....	51
Kasutatud kirjandus	52
Summary.....	59
Lisad	

Sissejuhatus

Käesolev magistritöö käsitleb üht õppimise ja õpetamise seisukohast olulist aspekti – üldise kontseptuaalse sidususe kujunemist. Teema aktuaalsus tuleneb sellest, et õpilastel esineb loodusteaduslikes õppeainetes probleeme mõistete seostamisel või mõisteid kirjeldataks valesti. Võib oletada, et kui tekivad probleemid mõistetest arusaamisel, siis ei suuda õpilased sama mõistet kasutada ka erinevates kontekstides ja esitusviisides, mistõttu on raskendatud ka nende uurimuslik tegevus.

Kontseptuaalset sidusust võimaldavad arendada õpikeskkonnad, kus õpilastel tuleb õppida ulatuslikus mõistete süsteemis liikudes erinevate kontekstide ja esitusviiside vahel. Üheks selliseks on veebipõhine uurimuslik õpikeskkond “Noor loodusuurija” (<http://bio.edu.ee/noor/>), mis on koostatud Tartu Ülikooli Loodusteadusliku hariduse keskes (Pedaste jt, 2005). Seda 4.-6. klassi loodusõpetuses uurimuslike oskuste arendamiseks mõeldud õpiprogrammi kasutati ka käesolevas uuringus. “Noor loodusuurija” sisaldab komponente, mis aitavad kaasa sidususe kujunemisele, käsitledes samas mõistete süsteemis arutlemist läbi erinevate kontekstide ja esitusviiside. Rätsepp (2005) on seejuures leidnud, et “Noor loodusuurija” aitab kaasa õpilaste seostamisoskuse kujunemisele. Samas on vähe uuritud kontseptuaalse sidususe erinevate komponentide kujunemise seaduspärasusi arvutikeskkonnas õppides.

Käesoleva magistritöö uuring on läbi viidud rakendades õpikeskkonda „Noor loodusuurija“, kuid sellest tulenevad järeldused on kasutatavad õpetamisel palju laiemalt – sidususe kujundamisel on oluline roll nii õppematerjalides esitatavate küsimuste koostamisel kui ka õpilastele jagatavate materjalide konteksti ja esitusviisi valides. Käesolevas töös uuriti veekogu toiduahela teemaliste mõistete vahelise sidususe kujunemise protsessi veebipõhises uurimuslikus õpikeskkonnas “Noor loodusuurija” õppides. Seejuures eeldati, et “Noor loodusuurija” mõjutab ühelt poolt kontseptuaalse sidususe kujunemist ja teiselt poolt avaldab õpilaste kontseptuaalne sidusus mõju nende uurimuslike tegevuste tulemuslikkusele. Seejuures püstitati järgnevad uurimisküsimused:

1. Millised on õpilaste mõistesüsteemide kontseptuaalse sidususe erinevad tüübid ja mis neid iseloomustab?
2. Kuidas sõltub õpilaste uurimuslike tegevuste edukus veebipõhises õpikeskkonnas “Noor loodusuurija” nende mõistesüsteemide kontseptuaalse sidususe algtasemest?

3. Mil määral areneb õpilaste uurimuslike ülesannete lahendamise tulemuslikkus “Noore loodusuurija” rakendamise mõjul?
4. Kuidas muutub erineva algse kontseptuaalse sidususega õpilaste mõistesüsteemide sidusus kahe üksteisele järgneva uurimusliku ülesande lahendamisel õpikeskkonnas „Noor loodusuurija“?

1. Kirjanduse ülevaade

1.1. Üldine kontseptuaalne sidusus

Kontseptuaalne sidusus on isiku mõistete süsteemi iseloomustav omadus, mis seisneb mõistete kombineerituses selliselt, et need omandavad tähenduse mingis situatsioonis nt igapäevaelulises või teoreetilises (Thagard, 1997). Nii seostub mõiste ilus ilm enamasti päikesepaiste ja soojusega. Samamoodi moodustuvad seosed mõistete vahel, kui õpitakse näiteks bioloogiat. Erinevate inimeste samade mõistete süsteemide sidusus võib aga varieeruda suurel määral. Mõistete süsteemi üldise sidususe kirjeldamisel eristatakse Savinaineni (2004) poolt kolme olulist aspekti: mõistelist e. kontseptuaalset (*conceptual coherence*), kontekstilist (*contextual coherence*) ja esitusviisilist (*representational coherence*) sidusust. Nende kaudu hinnatakse kontseptuaalset sidusust ka käesolevas töös ning seetõttu antakse järgnevalt ülevaate kõigist aspektidest.

1.1.1. Mõisteline sidusus

Mõisteline sidusus (*conceptual coherence*) on isiku mõistete seostamisoskust näitav omadus (Thagard, 1997). Selle esinemist iseloomustab inimese suutlikkus mingi nähtuse seletamisel seostada õppimisel omandatud mõisteid omavahel sidusaks süsteemiks, mida on võimalik täiendada, lisades sellesse mõisteid nii, et süsteemi sidusus ei kaoks (Thagard, 1997). Mõisteiks nimetatakse mõtlemise vorme, mis peegeldavad esemeid ja nähtusi nende olulistes tunnustes. Näiteks mõistet „kolmnurk“ iseloomustavad järgmised tunnused: 1) geomeetiline kujund, 2) tasapinnaline kujund, 3) kolme nurgaga kujund (Pärl, 1969). Mõiste on ühiste omadustega objektide hulga seesmine psüühiline esitus ehk representatsioon. Mõiste sisaldab seda, mida objektist teatakse (Kikas, 2005).

Mõiste väljendusvormiks on sõna või mingi sümboolne märk. Ühele mõistele võib vastata üks sõna, näiteks „raamat“. Üks ja sama sõna võib tähistada ka erinevaid mõisteid. Näiteks eesti keeles tähistab sõna „tukk“ puude salka või osalt söestunud puutükki (Pärl, 1969). Mõiste sisuks on selle poolt kirjeldatud eseme või nähtuse oluliste ehk määravate tunnuste kogu. Samas ei ole mõiste sisu muutumatu ja lõplikult kindlaks määratud. Mida sügavamalt esemete ja nähtuste olemust tunnetatakse, seda enam tunnuseid nende kohta kindlaks tehakse. Mõistete sisu on muutlik sõltuvalt sellest, milliselt seisukohalt mõiste poolt pee-

geldatud tunnuseid esile tõstetakse. Mõiste „vesi“ puhul mõtleb tuletõrjuja üht ja apteeker teistsugust sisu (Pärl, 1969).

Mõiste mahu moodustavad esemete ja nähtuste klassid (hulgad), liigid (allhulgad) ja üksik-eksemplarid, mida mõiste hõlmab (Pärl, 1969). Näiteks mõiste „kala“ mahtu kuuluvad ahven, haug, koger, särg jt kalad. Mõiste maht ei ole arvuline, vaid loogiline suurus. Mõiste maht ei suurene ega vähene sellest, kas tema all mõeldud objekte eksisteerib rohkem või vähem. Näiteks sellest, et putukaliike on maailmas palju rohkem kui imetajaliike ei ole „putukas“ suurema mahuga mõiste kui „imetaja“. Pärl väidab, et mõistete maht on teatud funktsionaalses seoses mõiste sisuga. Mida rikkam on mõiste sisu, seda väiksem on tema maht, mida suurem on mõiste maht, seda vaesem on tema sisu. Näiteks on mõistel „element“ on suurem maht kui mõistel „metall“, sest elemendi mõiste hõlmab peale metallide ka teisi algaineid. Seejuures on aga mõistel „element“ väiksem sisu (st vähem tunnuseid) kui mõistel „metall“.

Mõisted kui mõtlemise ühikud võib jaotada alaliikidesse, mis arenevad kindlas järjekorras. Mida arenguliselt varasemas vormis on mõtlemise ühik (mõiste), seda piiratum on mõtlemine, seda vähem on ülesande tüüpe, mida inimene suudab lahendada, ja seda vähem saadakse samatüübiliste ülesannete lahendamisel õigeid vastuseid (Kikas, 2005).

Mõistete võrgustikud sisaldavad selgitusi (ahven on kala) mõistetevaheliste seoste kohta. Seosetust iseloomustab mõistete kokkusobimatus (O’Laughlin ja Thagard, 2000). Lähtudes mõistete seostatusest süsteemis võib iseloomustada selle isiku mõistelise sidususe taset. Õpilane, kellel on madal mõisteline sidusus, ei suuda nähtust seletades seostada omavahel konteksti põhjal kokkukuuluvaid mõisteid ja eristada mõisteid, mis vaadeldava nähtusega ei seostu. Näiteks põhjendades, miks on haugide arvukus veekogus enamasti väiksem kokrede arvukusest, võib õpilane vastata, et *kogred toituvad tervislikult, aga haugid on röövkalad*. Selles näites seostab õpilane *tervislikku toitumist toitumisega taimedest*, kuid mõiste tervislik toitumine ei sobi selle nähtuse seletamiseks ja laps ei anna ka küsimusele ammendavat vastust.

O’Laughlin ja Thagard (2000) on käsitlenud sidusust positiivsete ja negatiivsete piirangute kaudu. Kaks elementi seostatakse mõistete süsteemis, kui nende vahel on positiivsed piirangud. See tähendab, et inimene aktsepteerib nende mõistete omavahelist seotust. Näiteks on mõistetav, et kala ja vesi on omavahel seotud. Nad on justkui piiritletavad ühte süsteemi. Samas takistavad mõistete süsteemi koostamist negatiivsed piirangud, mis tähendavad

seada, et elementide seostamisel esinevad vastuolud. Nii ei seostu veekogu ökosüsteemi kirjeldavasse mõistete süsteemi kuigi tugevalt mõni maismaaloom. Samuti on raske näidata haugi ahvena toiduobjektina, kui teame, et haug on reeglina suurem loom.

Thagard ja Kunda (1998) on väitnud, et mingi nähtuse seletamisel seotakse mõistete võrgustiku elemendid omavahel, kui nende vahel puuduvad õpilase jaoks vasturääkivused. Nii võivad kujuneda teaduslikust seisukohast täiesti korrektsed sidusad mõistete süsteemid, aga ka vigased ja samas siiski õpilase jaoks sidusad süsteemid. Vigane süsteem sisaldab õpilase seisukohast arusaadavaid seoseid, mis on teaduslikust aspektist vaadeldes väärad. Seega võime eristada üldist sidusust ja teaduslikult korrektset sidusust. Vigu sisaldav õpilase mõistete süsteem mingi nähtuse selgitamiseks on teaduslikust seisukohast mittesidus ja seetõttu loetakse ka käesolevas töös sidusaks süsteemi, mis vastab teaduslikult korrektselle arusaamale mõistete omavahelisest seotusest.

Mõisted, millest süsteemis selgitusi moodustatakse, jagab õpilane kaheks: aktsepteeritavad ja tema jaoks vastavasse mõistete süsteemi sobivad mõisted liidetakse süsteemiga, kuid nähtuse selgitamiseks ebasobivad "tõugatakse" eemale (Thagard ja Kunda, 1998). Õpitud teadmiste osadeks jaotamine avaldub paljudes teaduslikes õpetamiseviisides, kuid sellega ei lõppe teadmiste omandamise protsess. Õpilased jätkavad teadmiste omandamist, moodustades järjest vähem fragmenteeritud ja enam sidusaid teaduslikke mõistete süsteeme (Vosniadou jt, 2000). Samas ei vastandu sidus osadest koosnevatele teadmistele (di Sessa, 2004). Sidus võib olla nii detailiderohke kui ka detailidevaene süsteem. Kui algsed teadmised koosnevad osadest, siis õppimise käigus suureneb infoosade hulk ning suureneb ka seoste hulk infoosade vahel. Seega võib õppimise käigus mõistete süsteemi uute elementide ehk detailide lisamisega esmalt süsteemi sidusus isegi väheneda, sest uusi seoseid mõistete arvu kohta pole veel kuigi palju. Mõistete süsteemi lisamisele järgneb aga periood nende vahel seoste loomiseks. Selle vältel ei suurene detailide hulk, kuid kasvab süsteemi sidusus – õpilane saab aru, kuidas mõistete süsteemi erinevad elemendid on omavahel seotud.

1.1.2. Kontekstiline sidusus

Infost arusaamine ning selles esitatud elementide seostamine oleneb informatsiooni esitamise keerukusest. Uurimused on näidanud, et kontseptuaalse sidususe moodustumine on tugevalt kontekstist sõltuv (Bao, 2002). Info esitusviis on reeglina kontekstualiseeritud kas igapäevaelulisse või teoreetilisse taustsüsteemi. Üksikuid sõnu ei saa reeglina vaadata kui

igapäevaelulisi ja teoreetilisi, aga mõistete võrgustikes olles paigutuvad nad kas igapäevaelulisse või teoreetilisse konteksti. Igapäevaeluline kontekst koosneb igapäevaelus sageli kasutatavatest mõistetest (nt *taim, kala, ahven, haug*), teoreetiline kontekst seevastu teaduslikest mõistest (nt *tootjad, tarbijad, toiduahel*). Igapäevaelulistes ehk tavamõistetes kodeeritakse informatsiooni toetudes otseselt kas meelte vahendusel saadud informatsioonile või informatsioonile, mis on mõistetav otsese tajukogemusena (Gredler ja Shields, 2007). Teadusmõisted on hierarhilised keelelised konstruktsioonid. Teadusmõistes üldistatakse teistes sõnades kodeeritud teadmisi (Kikas, 2005). Teadusmõistetes kodeeritakse lühidalt see info, mille väljendamiseks tavamõistetes on vaja kasutada pikka selgitust. Kui tavamõisted tuletatakse tavakogemuse (otseselt tajutava) alusel, siis teadusmõisteline informatsioon on keelesisene – siin organiseeritakse otseselt keeles kodeeritud informatsiooni (Gedler, 2008). Kui igapäevaelulisi mõisteid õpitakse kasutama suhteliselt lihtsalt erinevate igapäevaeluliste situatsioonide kaudu, siis teaduslikud mõisted omandatakse sageli koolitundides ning nende sidumata jätmisel igapäevaelulistega võib tekkida situatsioon, kus neid ei osata seostada igapäevaelulistega.

Savinainen (2004) järgi tähendab kontekstiline ehk situatsiooniga seonduv sidusus seda, kui õpilane suudab mingi nähtuse seletamisel seostada mõisteid omavahel nii igapäevaelulise (nt *kalad kasutasid veetaimedest söögiks 150 kilo*) kui ka teoreetilise konteksti piires (nt *tarbijad kasutasid tootjate massist toiduks 150 kilogrammi*) ning moodustada eri kontekstis esitatud samade mõistete vahel seoseid (*kala on tarbija, veetaim on tootja*). Kontekstiline sidusus on ka oskus anda erinevates kontekstides esitatud ülesannetele vastuseid samade omavahel seotud mõistete abil. Näiteks mõisteid *tootja* ja *tarbija* kasutatakse nii küsimuste *Kuidas sõltub kalade arvukus veekogus veetaimedest?* kui ka *Millised seosed on organismide vahel veekogu ökosüsteemis?* vastamisel. Niisugusel juhul on õpilasel olemas järjepidevus (*consistency*) kasutada teatud mõisteid sidusalt.

Kui õpilased suudavad konteksti puudutavaid mõisteid vastastikku seostada, on nad võime- lised looma kognitiivselt paindlikke teadmiste struktuure. Esitusviiside paljusus võimaldab teemat esitada erinevalt ja pakub ka teemat otseselt mittepuudutavat informatsiooni lisaks teemakohasele, mille tulemusena saab moodustuda terviklik teadmiste struktuur (Seufert ja Brünken, 2003). Kontekstilise sidususe olemasolu näitab ka see, kui õpilane vastab igapäevaeluliselt sõnastatud küsimusele teoreetilisi mõisteid kasutades ja vastupidi, suudab teoreetilisele küsimusele vastates kasutada lihtsamaid igapäevaelulisi mõisteid, mis on teoreetiliste mõistete sünonüümid.

1.1.3. Esitusviisiline sidusus

Lisaks mõistete seostamisele sama konteksti piires ning nende sidumisele igapäevaelulises ja teoreetilis kontekstis, on vajalik käsitleda ka esitusviiside paljusust. Nii võib mõistete süsteemi siduda verbaalse ja visuaalse (pildid, graafikud, diagrammid) esitusviisiga elemente. Me võime rääkida haugidest ja nende toiduobjektidest särgedest või rööv- ja lepiskaladest või kujutada visuaalselt, kuidas üks kala sööb teist või näidata graafikul, kuidas muutub ühe tarbija arvukus teise tarbija arvukuse muutumisel.

Esitusviisid objektidest on organiseeritud esitusviisilistesse süsteemidesse lähtuvalt tähistamise reeglitest. Need reeglid iseloomustavad kolme järjestikust tegevust (Duval, 1999): i) objektide nimetamine või määratlemine, ii) süsteemi paigutamine või seal hulgas muutmine ja samaväärsuse omistamine, iii) esitusviiside vaheline üleminek. Objekte saab kujutada erinevates esitusviisides vastvalt sellele, millised tunnused objekti iseloomustavad. Näiteks igapäevaelulise mõistega tähistatud objekt kuulub igapäevaelulisse süsteemi. Teadusliku mõistega tähistatud objekt kuulub teaduslikku süsteemi. Lähtuvalt objektile antud tähendusest saab seda paigutada olemasolevasse mõistete võrgustikku, mida on võimalik täiustada leides sarnasusi vana ja uue süsteemi vahel, või parandades vigu, mis avaldusid uute teadmiste omandamisel. Mõistete tõlgendamisel samaväärsetena on neid võimalik kasutada erinevates esitusviisides. Kui me teadvustame endale mõiste „lepiskala“, siis oskame seda paigutada teadmiste hulka, mis on seotud mõistega „toiduahel“. Kui on teada mõisted „tootja“ ja „tarbija“, siis oskame „lepiskalale“ anda (sisuliselt küll laiemas) samaväärse tähenduse „tarbija“ – oskame siduda „lepiskala“ mõistega „tarbija“. Kujutades joonisel pilte toiduahela lülidest veekeskkonnas, on nüüd võimalik lülid ühendada a) toitumissuhete järgi, b) tootja-tarbija suhete järgi.

Duval (1999) on juhtinud tähelepanu protsessile, mis avaldub, kui õppimisel puututakse kokku uute objektidega. Arusaamine (ja selle juhtimine) seisneb esmalt protsessis „sisuline arusaamine“ ja seejärel protsessis „sisuline ning väline arusaamine“. Sisuliseks arusaamiseks peab Duval objekti õiget kirjeldust, mida peetakse mõiste õigeks tähenduseks. Väline arusaamine sisaldab konstruktsiooni sees tajutud määratlemise võimalusi ja piiranguid objekti esitusviiside kohta, mida õppijad täielikult veel ei haara. Väline arusaamine objektist avaldub seoste loomisel varem omandatud teadmiste vahel. Väline arusaamine seisneb ka tõdemuses, et otsesid seoseid objekti kirjeldavate mõistete vahel ja olemasolevate mõistete vahel ei ole. Objektide kujutamine erinevates esitusviisides on samuti objekti määratlemine, tõlgendamine ja teadmise muutmine.

Objektide omaduste tõlgendusega muutuvad ebamääraselt kirjeldatud objektid kirjeldatavateks. Arusaamine tekib siis kui kaks objekti muutuvad läbi mõistete üheks tervikuks.

Teadmiste omandamine erinevate esitusviiside abil eeldab erinevaid kognitiivseid mõistete kaardistamise viise. Esiteks, peavad õppijad aru saama erinevatest esitusviisidest. Teiseks, peavad nad looma seosed erinevate esitusviiside vahel. Kolmandaks, omandatud struktuurid, mis seovad erinevaid esitusviise, tuleb seostada kontekstiga, milles teemat käsitletakse (Seufert ja Brünken, 2003). Nii võib öelda, et lisaks mõistelisele ja kontekstilisele on oluline ka esitusviisiline sidusus – mõistete süsteemi omadus, mille kohaselt on omavahel seotud sama mõiste eri esitusviisides rakendatuna.

Savinainen (2004) ja Seuferti (2003) põhjal on representatsiooniline ehk esitusviisiline sidusus võime mõista ja töödelda sidusalt seotud süsteemina sama nähtust kirjeldavat visuaalset (pildid, diagrammid, joonised) ja verbaalset (suuline, kirjalik) informatsiooni. Esitusviisiline sidusus kätkeb endas ühte mõistete süsteemi kuuluvate erinevate esitusviiside seostamist. Õpilane on võimeline kasutama erinevaid esitusviise õigesti ja suudab nende vahel orienteeruda (Savinainen ja Viiri, 2004).

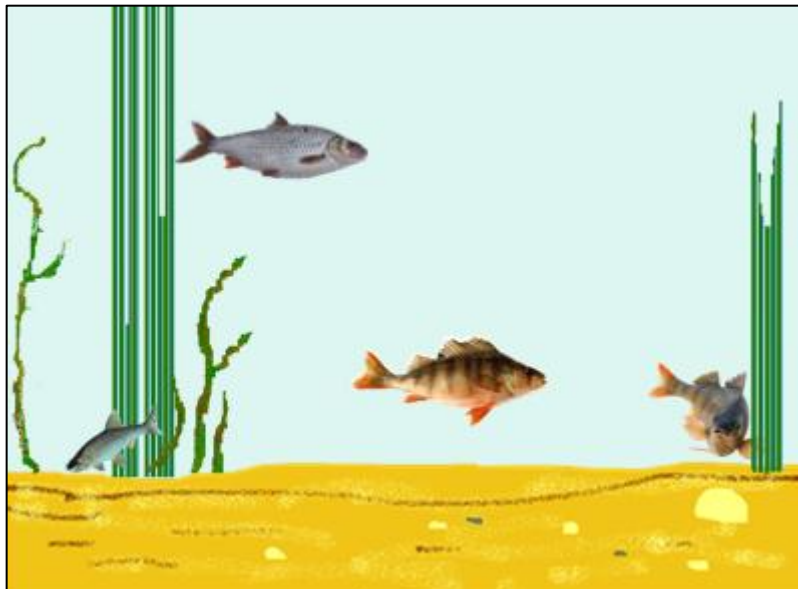
Esitusviisilise sidususe kujunemisel on oluline roll suure hulga informatsiooni kättesaadavusel erinevatest esitusviisidest (Seufert, 2003). Erinevate esitusviiside abil mõistete kaardistamise eelduseks on erinevate ja sarnaste elementide äratundmine kõigi esitusviisides. Kui õpilasele on antud tekst koos illustreeriva pildiga, peab ta seostama mõlemal esitusviisil kõige olulisemad mõisted (Seufert ja Brünken, 2003).

Osa esitusviise võib põhjustada õppimisel raskusi, samas kui teised kindla teema korral õppimist toetavad. Paljud uuringud on näidanud, et probleemid orienteerumisel erinevate esitusviiside vahel esinevad just väheste teemakohaste eelteadmistega õpilastel (Seufert, 2003).

Kontekstist tingitud vajadus luua seoseid erinevate esitusviiside vahel on põhjus, miks õpilased on teinekord rohkem või vähem edukad samade esitusviisidega töötamisel. Võib järeldada, et erinevate esitusviiside kasutamisega kaasnev soovitud tulemus õpetamisel varieerub erinevate mõistete õpetamisel (Meltzer, 2002). Paljusid nähtusi saab kirjeldada samas kontekstis, muutes vaid nende esitusviisi.

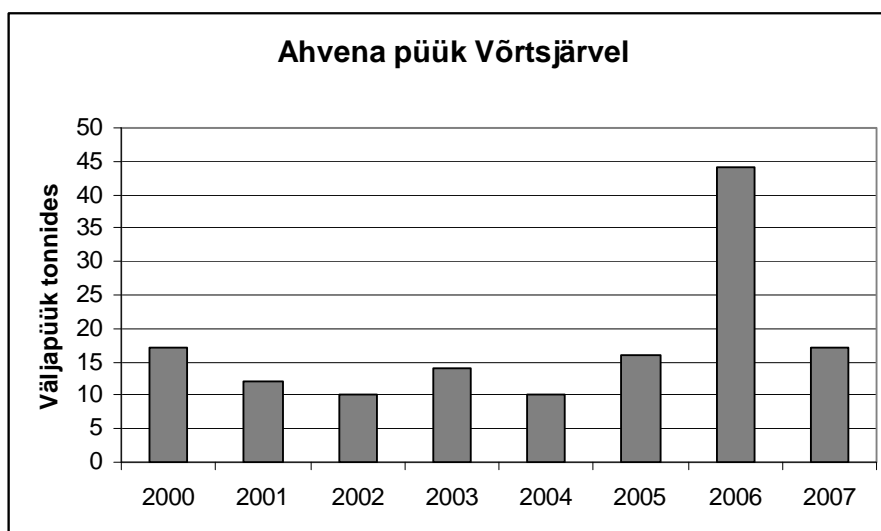
Esitusviisilise sidususe kujundamiseks on oluline, et õpilased kaardistaksid endale tuttavad mõisted ja konteksti puudutavad struktuurid erinevate esitusviiside vahel. Liites omavahel

detaile, moodustub struktureeritud mõistekaart, mis iseloomustab üldist arusaama käsitletavast esitusviisist (Seufert ja Brünken, 2003). Teadmiste omandamine erinevatest esitusviisidest eeldab, et õpilastel tekivad seosed esitatud elementide vahel ja vastavalt õpitule oskavad nad luua seoseid ka erinevates esitusviisides (Seufert, 2003). Erinevad esitusviisid täiendavad üksteist, tekitades põhjalikuma kujutluspildi uuritava kohta. Üksiku informatsiooniallika puhul jääks samas kontekstis käsitletav lünklikuks (Bodemer ja Ploetzner, 2004). Näiteks on lause *Järves elavad ahvenad ja särjed* igapäevaelulises kontekstis ja tekstilise esitusviisiga. Joonisel 1 kujutatakse sama informatsiooni konteksti muutmata, kuid visuaalses esitusviisis. Infot röövkalade püügi kohta saab esitada nii verbaalselt kui visuaalselt diagrammina (vt joonis 2). Mõlemal juhul on kontekst teoreetiline ja erinevused on vaid esitusviisis.



Joonis 1. Visuaalne esitusviis igapäevaelulises kontekstis.

Uurides esitusviisilist sidusust, on selge, et kontekstilise sidususe mõju ei saa täielikult arvestamata jätta – kui koostada diagramm, siis nõuab see esitusviis kindlasti kontekstilist infot. Kontekstiteadlikkus tähendab teadmisi, mis õpilasel on seoses õpikeskkonnaga, milles probleemi lahendamine läbi viiakse. Ülesande ja protsessi teadlikkust võib seletada kui õpilaste teadmisi sellest, miks ja kuidas nad peavad midagi tegema selleks, et saavutada seatud eesmärgid (Sonnenwald jt, 2004).



Joonis 2. Visuaalne esitusviis teoreetilises kontekstis.

Kui tahta minimeerida kontekstilise informatsiooni mõju uurimistulemustele peaks küsimustikes või ülesannetes kasutama korraga ainult ühte konteksti. See võimaldab meil uurida, millal õpilane oskab rakendada mõisteid ühes esitusviisis ja teeb vigu teises ning samal ajal ei muutu käsitletava teema kontekst (Savinainen ja Viiri, 2004). Tekstist arusaamine sisaldab kontekstipõhiste mõistete otsimist ja nendevaheliste seoste äratundmist teksti sees. Pildist arusaamine põhineb kontekstipõhiste elementide otsimisel ja nendevaheliste seoste moodustamisel. Selliseid protsesse saab nimetada esitusviiside sisese sidususe kujunemiseks. Viimaks peab õpilane seostama vajalikud elemendid tekstis, pildis ja mõistetes (Seufert, 2003). Erinevad tekstilised (jutustav tekst, küsimustik, hindamistest, probleemipüstitus), visuaalsed (pildid, graafikud, tabelid, animatsioonid, videod, simulatsioonid) või helilised informatsiooni osad õpiobjektides aitavad tekitada semantilise ehk tähendusliku välja, kus toimub teadmiste konstrueerimine. Sun, Williams ja Liu (2006) on toonud välja erinevused konstruktivistliku idee tähenduse moodustamise ja semioosi vahel. Konstruktivistliku lähenemise järgi on teadmine mõistete süsteem nähtusest, mis moodustub õpilasel läbi keskkonna vastasmõju.

Kasutades õpetamisel erinevaid esitusviise, tulid Bodemer jt (2004) järeldusele, et esitades korraga teksti ja graafilist informatsiooni välditakse õpilaste tähelepanu kontsentreerumist kahele esitusviisile eraldi. Paremad õpitulemused saadi õpetades erinevaid esitusviise integreerides, võrreldes õppimisega lahusolevate esitusviiside abil. Siinkohal oleneb õpi protsessi tulemuslikkus ka õpilaste kognitiivse koormuse tekkest – kui koormatud on nende

mõttetegevus tingituna õpiprotsessi keerukusest. Kognitiivse koormuse mõju sidususe kujunemisele vaadeldakse pikemalt järgmises peatükis.

Seufert (2003) on väitnud, et verbaalne esitusviis sobib paremini nähtuse abstraktse sisu kirjeldamiseks. Verbaalsest esitusviisist arusaamine eeldab aga samas nähtuse selgitamisel sobivate mõistete seostamist ühtseks süsteemiks (Seufert, 2003). Nähtuse olulisi aspekte on võimalik esitada ka staatiliste illustratsioonidena, mis aitavad edastada nähtuse olemust; või näiteks diagrammidena, mis toovad välja olulisi seoseid. Visuaalsed esitusviisid võivad sama sisu korral lihtsustada tekstilise esitusviisi mõistmist (Lowe, 2004). Esitusviisiline sidusus on õpilasel arenenud juhul, kui ta suudab nähtust seletada ja seda mõista erinevate esitusviiside ja kontekstide korral (Savinainen, 2004). Seufert (2003) on väitnud, et kui esitusviisid täiendavad ja piiritlevad üksteist, võimaldavad need õpilasel nähtust mõista erinevatest vaatenurkadest sidudes mõisteid konteksti ja esitusviisiga, mille tulemusena tekib sidus konstruktsioon teadmistest.

Õpilased ei kasuta tihti erinevaid esitusviise (tekst, pildid või graafikud) efektiivselt, sest neil on raskused üleminekul ühest esitusviisist teise või erinevate esitusviiside seostamisel (Viiri, 2003). Probleemid tekivad orienteerumisel erinevate esitusviiside vahel õpilastel, kellel on vähesed eelteadmised käsitletava teema kohta. Nad ei kasuta erinevaid esitusviise lahenduste leidmiseks, vaid lähtuvad esitusviisist, mis on neile harjumuspärane ja tuttav. Väheste teadmistega õpilased on valmis neile vähem harjumuspäraseid esitusviise kasutama alles siis, kui neil tekivad probleemid tuttavatest esitusviisidest arusaamisel. Selle vältimiseks ja sidususe kujunemise soodustamiseks soovitatakse rakendada spetsiifilist toetust (Seufert 2003). Ka Meltzer (2002) väidab, et erinevad esitusviisid võivad põhjustada õppimisel raskusi. Kui õpilased kasutavad teemat õppides erinevaid esitusviise, mis sisaldavad diagramme ja matemaatilisi valemeid, esinevad õpilaste õppimisvõimes lahknevused. Selle põhjuseks võib olla suuremast infohulgast tekkinud kognitiivne ülekoormus.

1.2. Kognitiivne koormus üldise kontseptuaalse sidususe kujunemisel

Sidususe kujunemisel on oluline roll ka õpilaste eelteadmistel, millest oleneb teema õppimisel tekkiv kognitiivne koormus (Seufert ja Brünken, 2003). Kognitiivset ülekoormust tekitavad situatsioonid, mis nõuavad õpilaselt korraga suure hulga informatsiooni töötlemist (Kirsh, 2000). Töömälu, milles avalduvad teadlikud kognitiivsed protsessid, suudab tegeleda kahe või kolme omavahel seotud elemendiga. See arv on tunduvalt väiksem kui ele-

mentide arv, mis tavaliselt inimese tegevusega kaasneb (Paas jt, 2003). Töömälu piiratud mahu tõttu ei saa korraga mõelda erinevatele infoelementidele ja sellest tulenebki suhteliselt kiiresti kognitiivne ülekoormus (Seufert, 2003). Skeemid saab tuua pikaajalisest mälust töömällu, kus töödeldakse võibolla ainult ühte mõistet, millega tõenäoliselt on madalamal tasemel seotud suurem hulk mõisteid. Samaaegne elementide töötlemine avaldub lõpuks hoolimata kõrge kognitiivsest koormusest, sest ainult siis leiab arusaamine aset (Paas jt, 2003). Samas arvatakse ka nii, et raskused, mis puudutavad muutusi sidususes, olenevad pigem kognitiivsetest võimetest, kui olukorra poolt nõutavate mõtlemisoperatsioonide arvust (Oliva, 2003).

Üldise kontseptuaalse sidususe kujunemise protsessiga kaasneb vastavalt mõistete, kontekstide ja esitusviiside keerukusele erinev kognitiivne koormus. Kognitiivse koormuse teoorias eristatakse kolme tüüpi kognitiivset koormust. Elementide interaktiivsus juhib meid kognitiivse koormuse esimese kategooria juurde. Seda nimetatakse loomuomaseks kognitiivseks koormuseks (*intrinsic cognitive load*), sest eeldab töömälu võimekust, mille määrab elementide interaktiivsus, mis on loomuomane õpitud materjali suhtes (Paas jt, 2003). Loomuomane kognitiivne koormus on määratud õpitava teema keerukuse astmega ja seotud õppimise sisu ja õppijate eelnevate spetsiifiliste teadmistega. Väline kognitiivne koormus (*extraneous cognitive load*) on määratud õpitavaga kaasnevate aspektidega. Näiteks mõjutab õppimise lihtsust ka õppematerjali või õpikeskkonna disain. Väline kognitiivne koormus on oluline kui loomuomane kognitiivne koormus on kõrge, sest kaks koormuse liiki võimendavad üksteist. Sellest tulenevalt võib eeldada, et tööjuhendid, milles on plaanitud vähendada kognitiivset koormust, on efektiivsed siis, kui elementide interaktiivsus on suur. Kui elementide interaktiivsus on madal ja püütakse vähendada töömälu koormust on efekt väike või puudub üldse (Paas jt, 2003). Viimane kognitiivse koormuse vorm on tegelik (*germane cognitive load*) kognitiivne koormus. Nagu väline on ka tegelik kognitiivne koormus mõjutatud õppematerjali koostajast. Info esitamise viis õpilastele ja õpitegevused, mida lastelt oodatakse, on teguriteks, mis moodustavad tegeliku kognitiivse koormuse. Samal ajal kui väline kognitiivne koormus segab õppimist, siis tegelik kognitiivne koormus soodustab õppimist. Selle asemel, et töömälu ressursse kasutada otsinguks, mida nõuab väline kognitiivne koormus, tegelik kognitiivne koormus pühendub skeemide omandamisele ja nende automatiseerimisele (Paas jt, 2003). Järelikult õppides komplekset sisu (muutumatu loomuomase koormusega), on suurim efektiivsus, kui väline koormus on vähenenud, et vabastada ressursid tegelikule koormusele. Kui integreeritud

esitusviis vähendab välist kognitiivset koormust, siis otseselt ei toetata õppija teadmiste võrgustiku kujunemist. Õppijad võivad endiselt jääda passiivseks või ebaefektiivseks töötades ja integreerides esitatud infot ebaadekvaatselt. Loomuomane, väline ja tegelik kognitiivne koormus on teineteise suhtes täiendavad, tegelik koormus ei saa ületada õppimise korral töömälu ressursse (Paas jt, 2003). Kognitiivse koormuse esinemine iseloomustab info esitamise viisi ja õpitegevusi, mida õppijalt nõutakse. Kui kognitiivne koormus on eba- vajalik ja segab skeemide moodustumist, siis on tegu välise kognitiivse koormusega. Enamikes õppematerjalides on vähe tähelepanu pööratud informatsiooni struktureerimisele või kognitiivse koormuse teooriale (Paas jt, 2003).

Õppeprotsess, mis eeldab õpilastel probleemi lahendi leidmist või selle iseloomustamist, põhjustab tõenäoliselt suurt välist kognitiivset koormust, sest töömälu peab tegelema elementidega, mis on ebaolulised skeemide moodustamiseks ja automatiseerumiseks (Paas jt, 2003). Loomuomane kognitiivne koormus moodustab põhilise koormuse, konstrueerides uusi ja automatiseerides eelnevalt omandatud skeeme (Paas jt, 2003). Osa kasutatavast töömälu ressursist on reserveeritud tegelema loomuomase kognitiivse koormusega ja osa on reserveeritud tegelema välise kognitiivse koormusega, kuid osa on reserveeritud töötlemale ka tegelikku kognitiivset informatsiooni (Paas jt, 2003). Bodemer jt (2004) on väitnud, et pildilise ja sõnalise informatsiooni integreerimine sidusaks süsteemiks on hädavajalik tulemuslikuks õppimiseks erinevate esitusviiside abil. Samas võib see suurendada õppija kognitiivset koormust.

Lähtudes oletusest, et pikaajaline mälu on praktiliselt piiramatult ja töömälu piiratud töötlusvõimega on kognitiivse koormuse teooria kohaselt õppimisel eesmärgiks mitte üle koormata kognitiivseid võimeid (Bodemer ja Ploetzner, 2004). Tulenevalt kognitiivse koormuse teooriast võib õppimisega seotud tegelikku kognitiivset koormust tõsta julgustades õppijaid kontrollima oma hüpoteese aktiivselt, struktureeritult ja analüüsivalt. Kui õpitakse õppevahendiga, mis vähendab välist kognitiivset koormust, võib näha arengut, sest töömälu, mis muidu on täiendavalt seotud vähem olulise infoga, saab nüüd keskenduda teemaga seotud kognitiivsele koormusele. Selle tulemusena õppides läbi skeemide moodustamise on ka loomuomane kognitiivne koormus vähenenud (Paas jt, 2003). Teisalt võib vähendada üleliigset välist kognitiivset koormust toetades õppijaid näidetega, mille elemendid viitavad olulistele teemadele simulatsioonis ning aitavad õpilastel sõnastada ja testida hüpoteese (Bodemer ja Ploetzner, 2004). Tuleb välja kaks olulist seisukohta, millest peaks lähtuma õpetamisel – esiteks, sidususe moodustumine sõltub õpilaste eelteadmistest; teiseks, toetuselementidest on abi vaid siis, kui need ei ole liiga keerukad ning ei tekita

ülearust kognitiivset koormust (Seufert ja Brünken, 2003). Kognitiivse koormuse suurenemisel võib suureneka ka kognitiivne võimekus. Kui skeemide loomine ja automatiseerimine on õpilasele jõukohane, siis see suurendab ka kognitiivset võimekust (Paas jt, 2003). Ka varasemad uuringud on näidanud, et õpilased, kes on aktiivselt kaasatud töösse erinevate esitusviisidega, on mõistete seostamisel tulemuslikumad õpilastest, kellele pakuti eraldi infoallikaid või juba integreeritud esitusviise (Bodemer ja Ploetzner, 2004). Esitusviisiline sidusus kätkeb endas erinevate esitusviiside ühendamist, mis põhineb õigel kontseptuaalsel arusaamisel – õpilane on võimeline kasutama erinevaid esitusviise õigesti ja orienteerub erinevate esitusviiside vahel (Savinainen, 2004).

1.3. Sidususe muutus mõistete võrgustikus

Õpilased loovad üldistusi nähtustega seostuvatest süsteemidest ja reeglitest ning nähtuste põhjustest. Kui õpilane leiab, et temal kujunenud seletus nähtuse suhtes on vastuolus teistega, siis lahendusena hakkab ta otsima alternatiivseid seletusi. Kui alternatiivne teooria toetab paremini nähtust kirjeldavaid tõendusmaterjale, siis varasem seletus vahetatakse uue vastu (Gopnik, 2000).

Thagard (2003) on väitnud, et kontseptuaalne muutus teaduslikus kontekstis on toonud kaasa suuri muutusi teadlastel kujunenud tõekspidamistes. Filosoofid ja psühholoogid on arutanud, kuidas toimivad tunnetuslikud mehhanismid, mille abil teaduses uued mõistete võrgustikud moodustuvad. Uued mõisted ei ole enamasti seotud olemasolevate mõistetega (nt „heli” ja „laine” moodustavad sõna „helilaine”), vaid moodustuvad olemasolevate mõistete kaudu (tundmatu asi tuntud asja kaudu). Kontseptuaalse sidususe kujunemine ei ole lihtsalt uute mõistete kogumine, vaid hõlmab muutusi mõistetes ja mõistete võrgustikes. Kontseptuaalne muutus on vaimne muutus, mis võib avalduda mõjutatuna ümbritsevast maailmast ja sotsiaalsetest kontaktidest õpetaja, eakaaslaste ja lähedastega (Thagard, 2003). Kontseptuaalset muutust peaks vaatlema kui arenevat protsessi, mis toimib komplekse süsteemina paljude mõistete võrgustike vahel mitmetes kombinatsioonides (Vosniadou jt, 2000).

Vosniadou ja Brewer (1992) on väitnud, et muutused mõistete võrgustikus on sarnased suurtele muutustele teaduslikes kontekstides. Näiteks arvati mõnda aega tagasi, et Maa on lapik ja me võime kukkuda üle maailma ääre. Teadmiste täiustumisel on muutunud arusaamine ja seega füüsikaline maailmapilt.

Tehnika ja teaduse areng võimaldas uurimistulemuste põhjal väita, et Maa on kerakujuline. Sarnaselt näitele, toimuvad muutused mõistete võrgustikus, kus eelnevad teadmised kas liidetakse uute teadmistega või uus teadmine vastavalt põhjendatusele suunab varem omandatud hülgame. Di Sessa (2004) peab teoreetilise selgitamise aluseks mõistet – info kasutamisel peab teadma, mida käsitletavat mõistet tähendavad. Gopnik ja Wellman (1994) väidavad, et vasturääkivused mõistete võrgustikus tekivad teooriate erinevatest tasemetest (igapäevaeluline ja teoreetiline). Korrapäratut teadmiste süsteemi võib iseloomustada kui seostatud mõistete hulka. Sidususe hindamisel lähtuvad inimesed teadmiste süsteemist (mõistete võrgustikust), mis sageli muutub olenevalt sellest, kuidas nad asjadest aru saavad (di Sessa jt, 2004). Vosniadou jt (2000) on väitnud, et sidususe muutust võib vaadelda kui emotsionaalset muutust. Teadlased vahetavad enda hoiakud või hüpoteesid positiivsest negatiivseks ja vastupidi. Sarnaselt teadlastele võivad ka õpilased muuta enda hoiakuid õppetöösse vastavalt sellele, kuidas nad käsitletavat mõistavad. Näiteks algne entusiasmi õpitava suhtes vahetub ülesande keerukuse tõttu pahameelega. Nii võib negatiivne emotsioon mõjutada sidususe kujunemist.

Sidususe kujunemisel tekivad probleemid mõistete jagamisel konteksti suhtes positiivseteks ja negatiivseteks (O’Laughlin ja Thagard, 2000). Positiivsed ja negatiivsed seosed mõistete vahel ei kattu üheaegselt. Kui me tahame siduda elemente kontekstiga vastuvõetavateks ja vastuolulisteks, siis kaks üksust ühendatult siduva lülige kas seostatakse süsteemiga või eraldatakse sellest. Positiivne seos võib olla siduv lülige kahe erineva elemendi vahel. Igal siduval lülil on erinev jõud, kui mõõta seoste tugevust kahe mõiste vahel. Seostatus elementide vahel suureneb, kui suureneb positiivsete siduvate lülige hulk. Näiteks, väites *kalad elavad vees* on tugev positiivne seos, kuna kaladele on vesi elamiseks vajalik. Aga väites *kalad elavad järves*, on nõrgem seos, kuna kalad kasutavad elupaigana ka teisi veekogusid. Seosed nõrgenevad, kui suureneb negatiivsete siduvate lülige hulk (Thagard ja Kunda, 1998).

Positiivsete seoste tekkimist võib kirjeldada kui protsessi, kus toimuvad korduvad tsüklid elementide kohandamiseks ja paigutamiseks olemasolevasse süsteemi (O’Laughlin ja Thagard, 2000). Võime oletada, et sidususe muutused mõistete võrgustikus leiavad aset olemasolevate teadmiste analüüsimisel ning kindlasti siis, kui töödeldakse uut informatsiooni.

Oliva (2003) on väitnud, et kontseptsioone, mis erinevad teaduslikust arusaamast ja on juba tugevalt juurdunud mõistete võrgustikku, on raskem muuta teadusliku arusaama sarna-

seks. Sidususe muutuse teooria peaks aitama mõista, milline on negatiivsete seoste mõju õppimisele ja kuidas on õppimise käigus teaduslikust seisukohast vastuolulised seosed kujunenud (di Sessa jt, 2004). Kui uurida, millised on õpilaste seosed õpitavas kontekstis, siis avalduvad ka seosed, mis teaduslikust seisukohast konteksti ei sobitu. Kontseptuaalne muutus kätkeb endas teadlikkuse suurendamist erinevuste suhtes, mis eristavad teaduslikud käsitlused õpilastel kujunenud arusaamadest (Oliva, 2003).

Di Sessa (2004) on rõhutanud, et sidususe kirjeldamiseks on vaja teada, milline protsess iseloomustab muutusi mõistete võrgustikus olevate elementide vahel. Sidususe muutus aitab mõista erinevaid lähenemisviise erinevatel aegadel nt tuntud ja teaduslikuks peetud seletuse muutust. Näiteks faktipõhise õppe asemel uurimusliku õppe kasutamine. Õpilaste ideesid võib vaadelda kui teooriaid. Teooria teooriast lähtuvalt võib väiksematest osadest koosnev teadmine rakendamisel kergesti laguneda (Gopnik jt, 1994). Kui teadmiste rakendamisel peab inimene looma seoseid erinevate info osade vahel, siis võib ilmneda, et tema teadmiste struktuur ei sobitu osaliselt uude süsteemi.

Teaduses pole enamusi sidususe muutusi seotud mõistete võrgustikus asetleidvate muutustega, vaid pigem uute varem kujunenud teooriatega sobivate mõistete kasutuselevõttuga. Teaduslikud teooriad sisaldavad hüpoteese, mis pakuvad seletusi erinevatele nähtustele (Thagard, 2003). Kuna Maa pöörleb ümber enda telje ja tiirleb ümber Päikese, siis toimub öö ja päeva vaheldumine.

Teadusliku teooria muutus ei kajasta tavaliselt uurimisandmeid, mis teooria muutust toetaksid. Gopnik (2000) seob muutused sidususes muutustega teoorias. Kognitiivne areng õpilastel on sarnane või isegi identne teooriate arenguga teadlaste hulgas. Muutus teadmis-tes on nagu teooria muutus teaduses, kus on teatud kattuvus mõistete vahel vanas ja uues teoorias. Vana teooriat muutes ja parandades, vahetame me selle uuema teooria vastu (Gopnik, 2000; Vosniadou jt, 2000).

Kontseptuaalne muutus peaks avalduma mõistete seletuste konstruktsioonides (Vosniadou jt, 2000). Õpilaste mõistete süsteemide muutmine saab alguse uute mõistete tekitamisest toetudes juba olemasolevatele mõistetele. Kasutades korraka vana ja uut teadmist tuleb esinevaid mõisteid korrastada ja käsitleda lähtuvalt ülesande kontekstist (Oliva, 2003). Nii nagu teadlastel, on ka õpilastel teooriatele sarnased mõistete võrgustikud. Õppimine ei tähenda ainult uue info omandamist, vaid kätkeb endas suuri muutusi varem kujunenud mõistete võrgustikes (Thagard, 2003). Isegi kui avaldub, et mõisted on samal tasemel, et

iseloomustada nähtust, peab selgitama, millest moodustub mõiste ja kuidas see näitab muutust sidususes (di Sessa jt, 2004). Õpilased, kellel on paremini arenenud arutlusvõime, esitavad kindlat teemat puudutavaid seisukohti põhjendatumalt, kuid sellest lähtuvalt kalduvad nad oma seisukohti ka kergemini muutma. Teisest küljest õpilased, kellel on hästi struktureeritud mõistete võrgustik, on valmis oma seisukohti muutma, kui muudatus on piisavalt põhjendatud. Samas õpilased, kellel on vähem struktureeritud mõistete võrgustik, on valmis samuti oma seisukohti muutma, kuna need ei ole kuigi hästi organiseeritud (Oliva, 2003). Õppimine ei ole vaid uute mõistete ja tõekspidamiste kogumine, vaid see nõuab mahukat vaimsete esitusviiside ümbertöötamist. Suur osa raskustest, mis puudutavad muutust mõistetes, peitub mitte ainult uute ideede omaks võtmises, vaid eelnevate tõekspidamiste tähtsuse vähendamises. Kui uus mõistete võrgustik on moodustunud, konkureerib see olemasoleva mõistete võrgustikuga olenevalt ettetulevast situatsioonist (Thagard, 2003).

Peamine mehhanism sidususe muutusele on „seletuslik sidusus”, mis tähendab seda et uus teooria võetakse omaks, sest see pakub parema seletuse uuritavale ja on paremini kooskõlas olemaolevate tõekspidamistega (Thagard, 2003). Kontseptuaalse sidususe muutuse vaatevinklist nõuab õpetamine lähenemist, milles õpilased peavad olema rakendatud hüpoteeside püstitamisse, et vaidlustada kujunenud mõisteid ja tõekspidamisi (Thagard, 2003). Uue teooria seaduspärasused ja uurimisandmed suunavad õpilasi järeldesteni muuta varem kehtinud arusaamu (Gopnik, 2000). Seejuures tuleb tekitada seosed erinevates kontekstides olevate mõistete võrgustike vahele ja erinevate esitusviiside vahele. Uurimuslik tegevus pakub selliseid üleminekuvõimalusi, kus on vaja luua seoseid.

1.4. Uurimuslik õpe arvutikeskkonnas

Uurimuslik õpe aitab õpilastel teaduslikule meetodile toetudes omandada uusi teadmisi (Zachos jt, 2000). Uurimusliku õppe tähtsusele viitab ka Edelson (2001), kes toob välja, et reeglina on õpitegevuse eesmärkideks kas kontseptuaalsete teadmiste või protsessuaalsete oskuste omandamine, mistõttu omandavad õpilased pinnapealseid ja reaalelus raskesti rakendatavaid teadmisi. Uurimuslik õpe võimaldab protsessuaalsete oskuste omandamise käigus omandada ka kontseptuaalseid teadmisi.

Uurimuslik õpe sisaldab teadmiste omandamist õppija poolt reguleeritud protsessis andmete kogumisel ja andmete esitlemisel – õpilast suunatakse avastama reegleid, mis kujunda-

vad arusaamist muutujate vahelistest seostest konkreetses kontekstis (van Joolingen jt, 2005). Hakkarainen (1998) defineerib uurimisprotsessi kui stabiilset edasiliikumise protsessi, kus toimub teadmiste täiendamine teaduslikust seisukohast. Uurimusliku lähenemise järgi õpitakse uurimist ja õpitakse läbi uurimise, arendades nii kõrgemat järku kognitiivseid oskusi kui omandades ka sisulisi teadmisi (Lim, 2004).

Uurimuslikku õpet võib defineerida kui uuritava nähtusega seotud sõltuva muutuja ja mõjuteguri vaheliste reeglite avastamise protsessi (Wilhelm, 2001). Teisest küljest võib uurimuslikku õpet iseloomustada kui arusaamist uuritavast protsessist või probleemi lahendamist, mis sisaldab ümbritseva tehis- või loodusliku maailma uurimist juhtides küsimuste esitamisele, avastamisele, tehtud avastustele kinnituse otsimisele otsides uut arusaamist (National Science Foundation, 2000).

Uurimuslik õpe ajendab õpilasi probleeme identifitseerima, sõnastama uurimisküsimusi ja hüpoteese, planeerima uurimisküsimustele vastuste leidmiseks ja hüpoteeside kontrollimiseks eksperimente ja vaatlusi, läbi viima uurimusi, otsima tõendeid, määratlema nende endi edasijõudmist ja andma ülevaadet uurimistegevusest (Lim, 2004). Klahr and Dunbar (1988) on pakkunud, et on kahte sorti õpilasi: eksperimenteerijad ja teoreetikud. Õpilased, kes on teoreetikud, sõnastavad õige reegli (seaduspärasuse) isegi siis, kui nad viivad uurimust läbi hüpoteetiliselt, samas kui teised ei saa uuritavast ülevaadet ilma eksperimenteerimata. Uurimuslik õpe on kõige olulisem mõiste, mida kasutatakse arenevas loodusteaduslikus õppekavas arenenud maades viimase paarikümne aasta jooksul (*Foundations, 2000 ja National curriculum online, 2006*).

Uurimusliku õppe eesmärk on omandada uusi teadmisi teadusliku uurimistöö kaudu (Zachos jt, 2000). Uurimuslikule õppele on iseloomulik tegelemine erinevates kontekstides ja märgisüsteemides esitatud informatsiooniga – igapäevaste olukordade mõistmine abstraktsete teooriate abil, tekstilise ja numbrilise informatsiooni muutmise graafilisse vormi, selle sõnaline seletamine jne. Õpilased keskenduvad enamasti esitatud informatsiooni detailidele ja pigem väldivad üldisemate seoste loomist. Efektiivne õppimine leiab aset, kui õpilased on haaratud erinevates esitusviisides kujutatud elementide kaardistamisse, millele toetudes moodustub kokkuvõtlik ja sidus teadmiste struktuur (Seufert ja Brünken, 2003). Uurimusliku õppe puhul õpetatakse meetodeid, kuidas uusi seaduspärasusi avastada ning seejärel nende kehtivust kontrollida. Uus teadmine tekib õpilase aktiivse tegevuse tulemusel – katsetades, vaadeldes ja kogutud infot analüüsides (Pedaste, 2005). Kitsamalt öeldes,

defineeritakse uurimuslikku õpet, kui protsessi, mille käigus otsitakse seoseid nähtuse tunnuste ja neid mõjutavate tegurite vahel.

Uurimuslikuks õppeks on rakendatavad probleemülesanded. Sherrill (1983) eristab nelja etappi uurimusliku probleemi lahendamisel: (i) põhimõistete tundmaõppimine, (ii) probleemi lahendamise strateegia valimine; (iii) strateegia kasutamine; (iv) tulemuste hindamine.

Lucangelli jt (1998) eristavad viit oskust, mida on vaja, et efektiivselt lahendada uurimuslikke tekstülesandelisi probleeme: i) tekstilisest infost arusaamine; ii) oskus andmeid visualiseerida; iii) võime mõista probleemi sügavamaid struktuure; iv) õigete tegevuste järgnevuse väljavalimine probleemi lahendamiseks; v) võimekus ja valmidus hinnata tegevusi, mis kaasnesid probleemi lahendamisega. Kolme esimest aspekti selles nimekirjas võib seostada probleemi identifitseerimise ja määratlemisega Bransfordi ja Steini (1984) ideaalse probleemilahendaja mudeli järgi. Esimene oskus iseloomustab tekstilise informatsiooni analüüsi. Teine oskus kirjeldab võimet analüüsida visuaalset informatsiooni ja visuaalse info tõlkimist visualiseerimata infoks. Kolmas oskus sisaldab kogu informatsiooni kombineerimist mõistmaks käsitletavat probleemi üldisemalt. Neljas suunab õppijaid läbi viima eksperimente hinnates läbiviidavaid tegevusi ja tehes järeldusi eksperimendi kulgemise kohta. Võime teha üldistuse, et analüütilised oskused, mis sisaldavad nii visuaalse pildilise kui ka tekstilise informatsiooni analüüsi on peamised elemendid, mida tuleb uurida kirjeldades probleemilahendamise oskusi bioloogias.

Padilla (1990) on pakkunud põhjaliku klassifikatsiooni uurimuslike etappide kohta eristades teadusliku uurimise põhioskusi ja integratiivseid oskusi. Põhioskuste tasemel peavad õpilased vaatlema, järeldama ja mõõtma, analüüsima ja esitama andmeid, liigitama infot objektide ja nähtuste kohta ja prognoosima, mis võiks juhtuda uues situatsioonis. Integratiivsed uurimuslikud oskused sisaldavad uurimisküsimuse ja hüpoteeside püstitamist, eksperimendi planeerimist ja läbiviimist, andmete esitamist, mudelite kui üldistuste moodustamist uuritud protsessi kohta. Padilla väidab, et põhioskusi saab arendada eelkõige õpilastel, kelle mõtlemisoperatsioonid on konkreetsel tasemel, integratiivsete oskuste arendamine eeldab aga enam arenenud abstraktset mõtlemist. Sellised mõtlemise erisused on tuletatud Piage (1929) järgi. Õpilaste kõrge uurimuslike oskuste tase on teisalt eelduseks probleemilahendamisele, võimekusele selgitada andmeid, kriitilisele mõtlemisoskusele ja arusaamisele loodusteaduslikest põhimõtetest (Chiappetta ja Russel, 1982; Saunders ja Shephardson, 1987; Haury, 1993).

Friedler jt (1990) eristavad uurimuslikus õppes järgmisi protsesse: probleemi püstamine, hüpoteesi sõnastamine, eksperimendi disainimine, vaatlemine, andmete kogumine, analüüsimine ja interpreteerimine ning saadud andmete põhjal järelduste tegemine. Rivers'i ja Vockelli (1987) põhjal koosneb uurimuslik õpe kolmest tsüklist: planeerimine (eksperimendi disainimine), läbiviimine (katse läbiviimine ja andmete kogumine) ja hindamine (andmete analüüsimine ja uute hüpoteeside genereerimine).

Njoo ja de Jong (1993) jagavad uurimusliku õppe käigus toimuvad protsessid transformatiivseteks ja regulatiivseteks. Regulatiivsed protsessid on Veermansi (2003) alusel planeerimine, monitooring ja hindamine. Nimetatud protsessid seostuvad kõigi transformatiivsete protsessidega. Näiteks probleemi sõnastamist planeeritakse, jälgitakse ja hinnatakse, seejärel liigutakse uurimisküsimuse sõnastamise juurde, kus toimub jälle esmalt planeerimine, seejärel jälgimine ja hindamine (hinnatakse, kas uurimisküsimus sõnastati vastavalt plaanile). Selliselt võib regulatiivseid protsesse seondult transformatiivsetega kirjeldada uurimusliku õppe iga etapi juures. Transformatiivsed protsessid juhivad õppijat lahenduseni samm-sammult samal ajal kui regulatiivsed protsessid on vajalikud tegevuste jälgimiseks ja transformatiivsete protsesside hindamiseks. See tähendab, et uurimuslik õpe nõuab paralleelselt nii transformatiivseid kui ka regulatiivseid protsesse ning neist ainult ühele konsentreerumine võib viia probleemi valesti lahendamisele.

Uurimusliku õppe kasulikkust kinnitavad mitmed uuringud. Näiteks on osa uurimusi välja toonud, et uurimuslik õpe parandab õpilaste oskust lahendada probleeme, oskust andmete põhjal järeldusi teha, ning ka kriitilist mõtlemist (Chiappetta ja Russel, 1982; Saunders ja Shepardson, 1987; Haury, 1993).

Veebipõhised simulatsioonid võimaldavad õpilastel uurida nähtusi ja protsesse maailma kohta, manipuleerida muutujatega, vaadelda enda poolt tehtud muudatustega kaasnevaid tagajärgi, teha eksperimente, et leida seoseid muutujate vahel (Alessi ja Trollip, 1985).

Corderoy (1993) on uurinud kõrgemat järku kognitiivsete oskuste arengut, mis on oluline probleemide lahendamisel. Ta näitas, et oskused analüüsida, sünteesida ja hinnata erinevat sorti informatsiooni arenevad põhiliselt läbi uurimusliku õppe programmide.

Arvutipõhine õpikeskkond peaks võimaldama õpilastel esitada erinevaid seisukohti teemaga seotud kontekstis, juhutama õppijaid kasutama juba omandatud õppemeetodeid ja julgustama koostööle probleemi lahendamisel. Õppijad haaratakse õppetegevusse ja vajaduse

korral neid juhendatakse töö käigus. Seejärel suunatakse neid omandatud oskusi esitama, et saada ülevaadet õpiprotsessi tulemuslikkusest. Arvutikeskkonnas osalevad õpilased kui isiklike ja sotsiaalsete teadmiste konstrueerijad. Arvutikeskkonnas õppimisel areneb kriitiline mõtlemine ja probleemide lahendamise oskus (Sun, 2006). Õppimine interaktiivsete esitusviisidega on sarnane õppimisega arvutisimulatsioonidega. Mõlemas peavad õpilased manipuleerima kontseptuaalseid mudeleid, muutes sisendi väärtusi ning hiljem hinnates väljundi väärtusi, mille muutus on tingitud õppijate poolt.

Varasemad uuringud on näidanud, et edukas õppimine interaktiivsete simulatsioonidega nõuab toetuslikke elemente (Reid, 2003; Zhang jt, 2004). Arvutipõhine õppeprogramm võib pakkuda: i) juhiseid või viiteid, milliseid lahendusi võiks kasutada (Davis ja Linn, 2000), ii) graafilisi esitusi probleemi lahendamise skeemidest (Quintana jt, 1999), iii) esitusviise, mis aitavad õpilasel jälgida läbitud etappe (Collins ja Brown, 1988; Koedinger ja Anderson, 1993).

Kuigi interaktiivsed esitusviisid on õpetamisel tõhusad, siis sageli õpilased ei kasuta neid süsteemselt ning neil tekivad raskused eesmärgipärasel hüpoteeside püstitamisel, nende testimisel ja järelduste tegemisel (Bodemer ja Ploetzner, 2004).

Inimestest aruamist läbi info vahetuse, seletuste ja sarnasuste otsimise, võib mõista tunnetuslike mehhanismide mõistes kui sidususe suurendamist (Thagard ja Kunda, 1998). Samas ka virtuaalsed õpikeskkonnad toetavad õppijaid infohulkade seostamisel (Seufert, 2003; Ainsworth, 2004) ja aitavad kaasa sellele, et neil tekiks kontseptuaalne sidusus.

Animatsioonid suunavad õppijaid olulistele teemat iseloomustavatele tunnustele. Tihti aga vaatlevad õpilased dünaamilisi esitusviise aktiivselt kujutatud sisusse süvenemata, mille tõttu tekivad probleemid teema mõistmisel (Seufert ja Brünken, 2003). Abi sidususe kujunemisel peaks suunama õpilaste tähelepanu olulistele elementidele teemat puudutavas esitusviisis. See nõuab esitatud infost arusaamise stimuleerimist sügaval mõistete struktuuride tasandil (Seufert ja Brünken, 2003).

Seufert jt (2003) katsetasid toetavaid elemente lokaalsel (teksti ja pildilise info töötlemist toetavad elemendid) ja globaalsel (mõistete seostamist toetavad elemendid) tasandil sidususe kujundamiseks, uurides toetavate elementide mõju sisust arusaamisele tekstilise või pildilise info puhul. Kui õpilaste eelteadmised olid juba kõrged, siis toetavaid elemente ei olnud vaja, kuna õpilased neid ei kasutanud. Parim meetod aidata väheste eelteadmistega õpilasi, on õpetada neile eelisjärjekorras olulisemad mõisteid (Seufert ja Brünken, 2003).

Selleks, et õpilastel tekiks kujutlus õpitavast, suunatakse nende tähelepanu olulistele elementidele esitatud informatsioonis. Reiser (2004) on väitnud, et esitusviiside selgesõnalisus ja võime esitada olulisi kontseptuaalseid külgi õppevahendites võib mõjutada õpilaste struktureerimise ja probleemi püstitamise oskust, mis on seotud õpitava ülesandega. Kognitiivse koormuse teooria seisukohalt vähendab selline toetuslik element õppimisega kaasnevat liigset kognitiivset koormust (Seufert ja Brünken, 2003). Sellest lähtuvalt on oluline pakkuda erinevat toetust õpilastele, kellel pole teadmisi õpitava informatsiooni kohta ja õppevahendite kohta veebipõhises keskkonnas, ja nendele, kes on pakutavast informatsioonist teadlikud, aga kel puuduvad teadmised, miks sellist informatsiooni on pakutud ja kuidas peaks seda kasutama (Pedaste, 2005).

Lähtudes kognitiivse koormuse teoriast on nii nägemis- kui ka kuulmistöömälul piiratud mahutavus. Suur hulk uurimusi on näidanud, et kui õpilased on hõivatud visuaalselt esitatud info töötlemisega, siis lisainformatsiooni esitamine visuaalselt, ületab kognitiivsed võimed (Seufert, 2003). Seetõttu sageli ei kasuta õpilased erinevaid esitusviise nagu tekstid, pildid, graafikud efektiivselt ja neil tekivad raskused ühest esitusviisist teise liikumisel, või erinevate esitusviiside seostamisel (Savinainen ja Viiri, 2004). Seejuures on leitud, et enamikul juhtudel õpilased ei suuda märgata visuaalseid ja ruumilisi struktuure pildilistes esitusviisides, mis võimaldaks neil paremini mõista kasutatavat informatsiooni. Õpilased ei oska tõlgendada tajutavaid visuaalseid ja ruumilisi esitusviise enda mõistete võrgustikus. Kuigi erinevatel dünaamilistel ja interaktiivsetel esitusviisidel on võime süvendada õpilaste arusaamisi, siis tegelikult ei toimu muutused arusaamises iseenesest (Bodemer ja Ploetzner, 2004).

Arvutipõhistes õpikeskkondades peavad õpilased töötleva ja seostama erinevaid esitusviise, et kontrollida ja hinnata enda arusaamist käsitletavast esitusviisist. Selle tulemusena konstrueeritakse sidus mõistete süsteem. Enamasti ei ole õpilased võimelised täitma eelnimetatud nõudmisi ja kannatavad kognitiivse ülekoormuse all (Bodemer ja Ploetzner, 2004). Veebipõhised õpikeskkonnad pakuvad häid võimalusi uurimuslikuks õppeks (de Jong jt, 1998). Õpilased saavad uurida virtuaalselt kujutatud protsesse maailmast, manipuleerida mõjuteguritega, prognoosida tagajärgi, mis kaasnevad läbiviidud tegevustega, teha eksperimente ja avastada seoseid muutujate vahel. Andmebaasid pakuvad suure valiku informatsiooni, mis on seotud hariduslike eesmärkidega, aga ka võimaluse salvestada ja analüüsida suure hulga õpilaste käitumist veebi keskkonnas.

Simmons (1991), Shuelli (1992) ja Uretsky (1995) järgi on arvutisimulatsioonide eelised järgmised:

- simulatsioonid võimaldavad hetkes toimuvaid protsesse esitada visuaalselt;
- võimalus salvestada tehtud töö ja anda kohest tagasisidet tehtu kohta;
- uuritavaid objekte on võimalik uurida arvutiekraanil nendega manipuleerides;
- õppimine on individualiseeritud;
- geograafiliselt isoleeritud inimesed saavad omavahel suhelda samaaegselt väikestes gruppides;
- võimalik on läbi viia eksperimente, mis oleksid pärisaelus liiga kallid, ohtlikud, aeganõudvad või raskesti mõistetavad;
- võimalus kasutada interneti andmebaasides olevaid andmeid;
- lihtne on juhtida õpilaste tähelepanu soovitud informatsioonile.

Selles kontekstis on arvutipõhine õpikeskkond see, kus juhendmaterjale on võimalik esitada erinevates esitusviisides, nii verbaalselt kui visuaalselt. See definitsioon näitab, millised on arvutipõhise õpikeskkonna eelised – võimalus kombineerida erinevaid esitusviise sealhulgas ka dünaamilisi (Pedaste, 2006). Arvutipõhised õpikeskkonnad võimaldavad õpilastel kasutada erinevaid esitusviise vastavalt vajadusele ja seostada objekte ja mõisteid erinevates kontekstides omavahel.

Tekstilised, valemipõhised, staatilised ja dünaamilised esitusviisid on tavaliselt arvutipõhistes õpikeskkondades selleks, et parandada õppimist erinevate vahendite abil. Sageli on erinevad esitusviisid kujutatud samaaegselt ja varustatud võimalusega neid interaktiivselt muuta (Bodemer ja Ploetzner, 2004). Kui erinevad esitusviisid on varustatud interaktiivsete dünaamiliste komponentidega, saab esitusviise dünaamiliselt muuta, muudatustega kaasnevat efekti teistele esitusviisidele saab mõõta samaaegselt (Bodemer ja Ploetzner, 2004).

Bodemer jt (2004) leidsid, et õppijad, kes ei seostanud aktiivselt informatsiooni, olid struktureeritud õppes tulemuslikumad õpilastest, kes õppisid iseseisvalt uurides. Õpilased, kes aktiivselt seostasid informatsiooni ei olnud võimelised teostama struktureeritud kontrolli enda püstitatud hüpoteeside kohta ja olid uurimistulemustes samal tasemel, kui iseseisvalt uurimist teostav grupp. Tavaliselt õpilased ei tööta erinevate esitusviisidega süstemaatiliselt või eesmärgile pühendunult. Näiteks eksivad paljud õpilased uurimuslikes ülesannetes hüpoteeside püstitamisel, uurimuse läbiviimisel ja kontrollimisel, kuna neil puudub kindel plaan (Bodemer ja Ploetzner, 2004).

Mitmetes uuringutes on väljatoodud, et veebipõhised õpikeskkonnad ei anna positiivseid tulemusi teadusmõistete ja oskuste õppimisel võrreldes traditsiooniliste meetoditega (e.g. de Jong ja van Joolingen 1998; Lee 1999). De Jong ja van Joolingen (1998) on välja toonud kategooriad, milles õpilastel tekivad raskused: (i) hüpoteeside püstitamine, (ii) eksperimendi disainimine, (iii), andmete esitamine. Nii on tekkinud küsimus, kuidas toetada õppimisprotsessi, et tõsta selle efektiivsust?

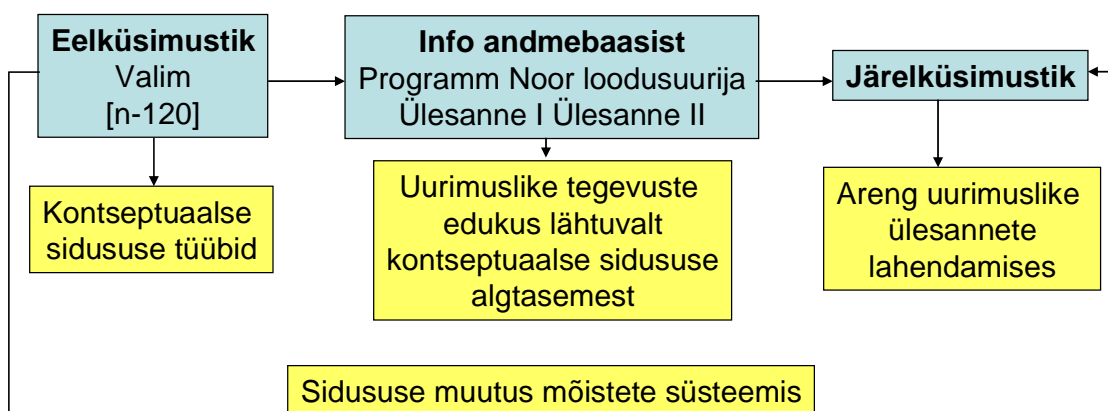
Interaktiivsed õpikeskkonnad toimivad nagu mõistete konstruktsioonid, mis on seotud kindla teemaga ja mida on võimalik rakendada uurimuse läbiviimiseks käsitletavas kontekstis kasutatavate mõistetega (Bao, 2002). Arvutikeskkonnas protsesside seaduspärasusi õppides paigutatakse uusi teadmisi ja arusaamu olemasolevasse individuaalsesse mõistete võrgustikku ning saadakse paremini aru uuritavast protsessist. Juhitav, protsessi kirjeldav õpikeskkond aitab õppijal välja mõelda hüpoteese, kontrollida sisestatud andmete põhjal toimunud muutusi ning saada tagasisidet.

2. Metoodika

Käesolevas töös uuriti õpilaste kontseptuaalset sidusust, selle arengut ja mõju õpilaste uurimuslikele oskustele õppimisel Tartu Ülikooli Loodusteadusliku hariduse keskuse haridustehnoloogia töörühma poolt loodud veebikeskkonnas „Noor loodusuurija“. Töö autori poolt koostati uuringu disain, õpilaste kontseptuaalse sidususe, ainealaste teadmiste ja uurimuslike oskuste hindamiseks vajalikud küsimustikud ning viidi läbi andmeanalüüs, et leida vastused uurimisküsimustele. Järgnevalt tutvustatakse uuringu disaini, küsimustikke, valimit, õpikeskkonda, ja andmeanalüüsi.

2.1. Uuringu disain

Uuring koosnes kolmest osast (vt joonis 3): esmalt täitsid õpilased eelküsimustiku, seejärel kasutasid nad õpikeskkonda „Noor loodusuurija“ kahe erineva raskusega ülesande lahendamiseks teemal „Veekogu toiduahel“ ja lõpuks täideti järelküsimustik. Õpikeskkonna kasutamisel salvestati õpiprotsessi käsitlev info keskkonna andmebaasi. Õpikeskkonnas lahendati sisuliselt samateemaline ülesanne kahes erinevas variandis. Esimese variandi korral uuriti ühe toiduahela lüli organismide hulga mõju järgmise lüli organismide hulgale, kuid teises variandis ühe lüli mõju ülejäärgmisele lülile. Lisaks sellele opereeriti esimeses variandis organismide arvu käsitledes täisarvudega, kuid teises variandis organismide massi käsitledes kümnendmurdudega. Ja lõpuks oli esimeses variandis vaja diagrammil



Joonis 3. Uuringu disain.

seostada kahe organismi arvukus, kuid teises variandis ühe arvukus teise massiga. Ühe ülesande lahendamiseks õpiprogrammis „Noor loodusuurija” oli õpilastel aega 45 minutit. Ülesanded lahendati erinevatel päevadel. Nädala jooksul pärast keskkonna kasutamist täideti järelküsimustik. Õpikeskkonna andmebaasi salvestati õpilaste vastused ülesannetele, aga ka mõningad õppijaid ja õpiprotsessi iseloomustavad andmed.

2.2. Uuringu küsimustikud

Uuringus rakendatud küsimustikus (lisad 1 ka 2) uuriti kuueteistkümne küsimusega, millised on õpilaste teadmised keskkonnavalasest temast „Organismide seosed veekeskkonnas”. Neliteist neist olid vabavastuselised ja 2 valikvastuselised. Küsimustiku esimesed 8 küsimust esitati teemakohaste teadmiste, nendest arusaamise ja rakendamise kohta. Küsimustiku teises pooles uuriti kontseptuaalset sidusust uurimuslikke tegevusi nõudvate küsimustega. Küsimuste koostamisel eeldati, et mõõdetakse teemaga seotud mõistete seoseid nii erinevates esitusviisides kui ka kontekstides.

Eel- ja järelküsimustiku erinevus seisnes vaid küsimuste esitamise järjekorras. Küsimustikus kasutati toiduahela teemaga seotud igapäevaelulisi ja teoreetilisi mõisteid: *veetaimed, kalad, järved; tootjad, tarbijad, keskkond*. Erinevad esitusviisid, mida küsimustikus kasutati, olid tekstiline ja visuaalne. Kontekstide siseseid ja nende vahelisi seoseid uuriti ülesannetega, kus õpilane pidi igapäevaelulise info põhjal lahendama teoreetilise ülesande või vastupidi: nt ülesanne 2 *Veekogust püütakse välja enamik täiskasvanud hauged. Selgita, kuidas see mõjutab veekogu toiduahelat!*; ülesanne 10 *Selgita oma sõnadega mõistet toiduahel veekogus!*. Kuusteist küsimust kokku pidid andma ülevaate õpilase üldisest kontseptuaalsest sidususest veekogu toiduahela teema kohta ja võimaldama rühmitada õpilasi selle alusel.

2.2. Valim

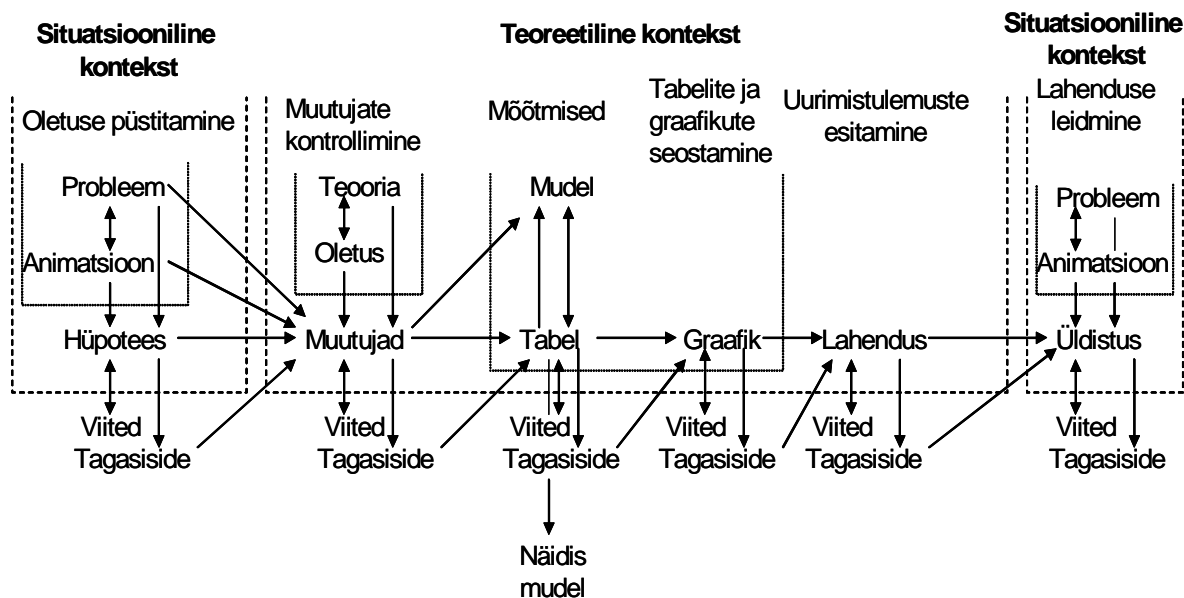
Valimisse kuulumise põhimõtteks oli, et õpilane on eelnevalt õppinud teemat puudutavaid mõisteid (toiduahel veekeskkonnas) ning oskab kasutada arvutit tasemel, mis võimaldaks tal lahendada ülesandeid õpikeskkonnas „Noor loodusuurija”. Valimi moodustasid 120 kuuendate klasside õpilast vanuses 13-15 aastat kahest Eesti koolist – Tartu Kivilinna Gümnaasiumist ja Suure-Jaani Gümnaasiumist. Kuigi käesolevas uuringus moodustavad valimi kahe erineva kooli õpilased on tegu tavaklassidega, keda õpetatakse riikliku õppe-

kava alusel kahe erineva õpetaja poolt. Võib oletada, et tulemused kirjeldavad ka teiste sarnaste koolide põhikooliõpilaste üldise kontseptuaalse sidususe arengut keskkonnaalaste teadmiste osas. Siiski peab ütlema, et uuritud gruppi tuleb vaadelda mugavusvalimina (*convenience sampling*), mille puhul ei saa teha üldistusi kogu populatsioonile (Cohen jt, 2000).

2.2. Õpikeskkond “Noor loodusuurija”

“Noor loodusuurija” (<http://bio.edu.ee/noor>) on internetipõhine uurimuslikul õppel tuginev õpikeskkond, mis on mõeldud üldhariduskoolile 4.-6. klassi loodusõpetuse ainekavaga seonduvate õpitulemuste omandamiseks (Pedaste jt, 2004). Iga klassi jaoks on koostatud 10 ülesannet vastavalt loodusõpetuse ainekavas esitatud teemadele. Kokku on õpikeskkonnas 30 ülesannet, millega kaetakse suur osa loodusõpetuse ainekava 4.-6. klassiga seonduvast temaatikast. Iga ülesanne käsitleb ühte alateemat ja konkreetsemalt teatud tegurite mõju uuritavale protsessile. Veebipõhine õpikeskkond “Noor loodusuurija” suunab õpilast nähtuse seletamisel uurimuse käigus “tõlkima” informatsiooni ühest kontekstist teise ja ühest esitusviisist teise (Pata jt, 2007).

Iga ülesande lahendamisel loevad õpilased esmalt igapäevaelulist jutukest ja vaatavad samasisulist animatsiooni (vt joonis 4). Saadud info põhjal tuleb neil sõnastada probleem. Ülesande teises ja kolmandas etapis tuleb formuleerida esmalt uurimisküsimus ning seejärel hüpotees. Mõlemas etapis loetakse ka täiendavat teoorialehte, mis annab laiemat ülevaate vastava teema kohta. Uurimisküsimuse sõnastamisel tuleb õpilastel etteantud valikute seast leida sobiv mõjutegur. Korrektselt hüpoteesi sõnastamine toimub valikutele tuginedes. Järgnevalt tuleb õpilastel planeerida katse, kus peab määrama katse läbiviimise tingimused (nt katses muutumatuks jäävad tegurid ja katsevahendid). Viiendas osas viiakse läbi katse, mis seisneb arvutipõhise mudeliga töötamises ja andmete kogumises tabelisse. Seejärel tuleb leida tabelile vastav tulpdiaagramm (tulemuste esitamise etapp). Töö kuuendas etapis analüüsitakse diagrammi ning sõnastatakse selle põhjal seosed uuritava protsessi kohta. Ülesanne lõpeb esialgse probleemküsimuse lõpliku lahendamisega (teistkordse vastusega) ning õpitu rakendamisega uudses igapäevaelulises situatsioonis. Ülesande lahendamise järgselt on võimalik tutvuda iga ülesandeosa (uurimusliku õppe etapi läbimise) eest saadud punktidega ja antakse diplom ülesande lahendamise eest. Ülesande lahendamiseks on planeeritud üks koolitund – 45 minutit.



Joonis 4. Uurimusliku õpikeskkonna „Noor loodusuurija” teoreetiline skeem.

Programm “Noor loodusuurija” (vt joonis 4 ja 5) sisaldab elemente, mis aitavad õpitava kohta kujundada sidusat mõistete süsteemi. “Noor loodusuurija” on mõeldud uurimusliku õppeks (Pedaste ja Sarapuu, 2007). Probleemi lahendamise autentses kontekstis algatavad nii teksti kui ka animatsiooni kujul esitatud probleemsituatsioonid. Uurimuslike tegevuste sooritamiseks on õpikeskkonda sisse ehitatud toetavad elemendid, mis juhivad õpilast läbi uurimuse etappide. Probleemi lahendamiseks tuleb püstitada uurimisküsimus, tutvuda teooriaga, koguda andmeid uurimusliku mudeli abil ja analüüsida katse tulemusi, mida on esitatud nii tabelite vormis kui ka diagrammidena. Lõpuks tuleb igapäevaeluline probleem lahendada, kasutades järeldusi vahepeal tehtud katsest. Uurimuslike tegevuste sooritamiseks saab abi virtuaalselt professorilt, kes õpilase soovi korral annab selgitusi uurimusliku õppe iga etapi juures.

Animatsioon

Kuhu kadusid järvest ahvenad?

5 p.

Laupäeva varahommikul otsustasid Katrin ja Jaan kalale minna. Ettevalmistused algasid juba eelmisel päeval, kui kaevati muldharunnikust paras ports paksu vinnasusse ning koristasid õnged. Vanaisa ütles küll, et kala saab ka saiaaga püüda, aga lapsed ei võtnud teda kuulda. Mulu oled nad saia koriku otsa pannud ning seepeale jäid õnge eelkõige kiisad, kes sobisid vaid kassile toiduks. Samal ajal tõmbas naaberpoiss ussikestega mõtsivad ahvenaid välja.

Lapsed ains Katrin ja Jaan järve ääres ja vtksid õngelõksud vette. Proovisid õne samas kohas, kus eelmisel aastal naaberpoiss muu suurt ahvenat välja tõmbas. Seekord oli aga midagi valesti. Lapsed istusid juba tund aega, aga oled saanud vaid kahepeale ühe väikese ahvena. Katrin proovis igaks juhaks kaasa võetud saiaaga, aga isegi kiisad ei hakanud otsa. Eelmisel aastal oli just kiisku palju rohkem saadud kui ahvenaid.

Pühapäeval koos õudus kadusid Katrin ja Jaan vanaisalt, et mis võis juhtuda. Vanaisa meenus lastele seda, kui lapsed nad oled talvel käimede ajal, kui ta oli soovitanud kaladele hingamiseks jäässe auke puurida. Jaan vaidles vastu, et külm oli küll, aga ahvenad ju nii lihtsalt õhupuudusse ei sure ja hapnikupuuduse tõttu surmud kiiskesed nad tahtsile lahti saada. Eelmisel talvel oled lapsed auke puurinud ja kõik kiiskad oled kiisku täis. Vanaisa raputas pead ja soovitas põhjalikult uurida, miks sellel aastal ahvenad peaaegu kadunud oled.

Teooria

Toiduahelad järves

Veekogu taimeestikul on oluline osa sealse elukeskkonna kujundamisel. Taimed eritavad fotosünteesil vette hapnikku ning moodustavad vees lahustunud ainetest keerulisemaid toitaineid. Hapniku ja toitainete hulgest sõltub, millised organismid järve asustavad ning kui palju neid on. Kallastel ja kaldast kaugemal kasvavad õistaimed ning vetikad pakuvad varju veekihis elavatele mikrooskoopilistele selgrootutele loomakestele ja kalamaimudele. Väikesed vees hõljuvad vetikad ehk taimhõljum on toiduks selgrootutele loomakestele ehk loomhõljumile. Hõljum on kalamaimude peamine toidulaiklikas.

Täiskasvanuks saades osa kalade toiduallikad muutuvad. Veekogudes elavad kalad jaotatakse nende toitumisviisi alusel leppikaladeks (särg, kiisk, latikas), kelle toiduks on peamiselt taimne hõljum ja põhjaloomakesed ning röövkaladeks (haug, ahven, luts), kes toituvad teistest kaladest ja nende maimudest. Mitmesugused bakterid ja veekogude põhjasetete loomad lagundavad omakorda surnud organisme ning muudavad toitained taimedele uuesti kättesaadavaks.

Taimne ja loomne hõljum, leppiskalad ning röövkalad ja põhjasetete organismid moodustavad veekogu toiduahela järjestikused lüli. Taimed on toiduahelas erilisel kohal, sest nad suudavad toota toitaineid.

Kõik järgmised toiduahel näit:

Taimi ja loomi bakterid). Tootj Tarbijad saab oleva liigi mass suureneb ahetelast mood

Kuhu kadusid järvest ahvenad?

Tulemuste analüüs

Uurimisküsimusele vastamiseks peaksid katseandmete tabelist otsima seost kiiskade arvukuse ja ahvenate arvukuse vahel. Mudeli digel kasutamisel valmis kõrvalolev tabel.

Ei seose leidmine oleks lihtsam, võib tabeli andmeid esitada diagrammina.

Vali see tulpdiaagramm, mis sobib täielikult tabeli andmetega kokku!

Taimede mass (t)	Selgrootute mass (t)	Kiiskade mass (kg)	Kiiskade arv	Ahvenate mass (kg)	Ahvenate arv
1	0,1	10	200	1	6
2	0,2	20	400	2	13
4	0,4	40	800	4	27
8	0,8	80	1600	8	53
16	1,6	160	3200	16	106

Ülesanne

Probleemsituatsioon

Milke ahvenate hulk järves vähenes?

5 p.

Oletaa

- lapsed kutsusid püügiks vahem aega kui eelmisel aastal
- naaberpoiss oli kõik ahvenad välja püüdnud
- ahvenad said hapnikupuuduse
- järve kiisad surid hapnikupuuduse

Mudel

Joonis 5. Elemendid uurimuslikus õpikeskkonnas „Noor loodusuurija”.

Kui õpilane on läbinud ülesande mistahes uurimusliku etapi, siis on tal võimalus läbi vaadata enda vastused, enne kui ta need kinnitab. Seejärel saab ta tagasisidet, kas ja millised vastused olid õiged. Järgmises etapis saab ta aga vaatamata vigadele jätkata õigete andmetega. Iga ülesande osa lahendamisel saadakse punkte vastavalt õigsusele. Ülesande käigus saab õpilane tagasisidet selle kohta, kui palju punkte ta kogus. Punkte ning ülevaadet tehtud valikutest saab õpetaja või uurija kasutada iga õpilase õpiprotsessi analüüsimiseks.

2.3. Andmeanalüüsi meetodid

Eel- ja järelküsimumistikule antud vastuste kategoriseerimisel jälgiti kolme dimensiooni (vt tabel 1). Esiteks kategoriseeriti vastuse õigsus. Vastused jaotati valedeks (1), osaliselt õigeteks (2) ja õigeteks (3). Teine kategoriseerimise mõõde oli kontekst, mida õpilane vastuse andmiseks kasutas. Küsimustele oli võimalik vastata nii igapäevaeluliselt kui ka teoreetiliselt ning vastused kategoriseeriti järgmiselt:

1 – igapäevaelulisele küsimusele antud igapäevaeluline vastus;

- 2 – teoreetilisele küsimusele antud teoreetiline vastus;
- 3 – teoreetilisele küsimusele antud igapäevaeluline vastus;
- 4 – igapäevaelulisele küsimusele antud teoreetiline vastus.

Numbrite järjekord viitab vastamise keerukusele. Uuringus loeti kõige raskemaks igapäevaelulisele küsimusele antud teoreetiline vastus.

Kolmandaks võeti kategoriseerimisel arvesse, millist esitusviisidevahelist üleminekut vastusena oodati. Kui tekstina esitatud küsimusele eeldati kirjalikult vastamist, märgiti ülemineku kategooriaks 1. Kirjalikud vastused, millega õpilane pidi selgitama oma arusaamist igapäevaelulisest või teoreetilisest pildist kuulusid kategooriasse 2. Teksti ja joonise vahelist üleminekut loeti vastamisel kõige enam kognitiivset koormust nõudvaks ülesandeks. Vastuse puudumisel märgiti kõigi kolme dimensiooni kohale null.

Tabel 1. Kategoriseerimisel kasutatud märgistused. I tähistab igapäevaelulist konteksti, t tähistab teoreetilist konteksti. Tx tähistab teksti, j tähistab joonist, pilte ja graafikuid.

Õigsus	Kontekst	Esitusviis
0- vastus puudub	0- vastus puudub	0- vastus puudub
1- vale	1- i-i*	1- tx-tx
2- osaliselt õige	2- t-t	2- tx-j
3- õige	3- t-i	
	4- i-t	

*kahest tähisest esimene näitab ülesandes ja teine vastuses kasutatud konteksti või esitusviisi

Programmist “Noor loodusuurija” koguti andmeid õpilaste vastusete kohta, mis salvestusid igas uurimusliku ülesande etapis: oletuse püstitamine, uurimisküsimuse sõnastamine, mõõtmiste sooritamine ja andmete kandmine tabelisse, tabelile vastava diagrammi leidmine, järelduste tegemine diagrammi põhjal, probleemi lahenduse leidmine ja lahenduse leidmine uues kontekstis. Tulemusi uurimuslikes etappides oli võimalik võrrelda õpilase vastuste õigsusega eel- ja järelküsimustikus.

Lisaks õpilastele suunatud osadele on keskkonnas ka õpetajaosa, mis võimaldab kõigi õpilaste tulemusi ja vastuseid analüüsida. Uurijate jaoks on kättesaadav kogu MySQL andmebaasi salvestunud info alates registreerunud kasutajate andmetest lõpetades kõigi vastustega ülesannete lahendamisel. Seega on “Noor loodusuurija” ühelt poolt õpikeskkond uurimuslikuks õppeks, kuid teisalt ka uurimiskeskond teadlastele õppeprotsessiga kaasnevate oskuste väljaselgitamiseks.

Õpilaste kontseptuaalse sidususe tüüpide leidmiseks rakendati K-keskmiste klasteranalüüsi (*K-Means cluster*). Selleks liideti eel- ja järelküsimustiku küsimuste vastused ühtsesse andmefaili. K-keskmiste analüüs võimaldab uuritud tunnuste alusel õpilasi võrreldes leida soovitud arvu üksteisest erinevate omadustega rühmi. Analüüsil otsiti üksteisest statistiliselt kõige enam eristuvaid rühmi. Leitud klastrite erinevust enne ja pärast uurimuslikku tegevust „Noores loodusuurijas“ iseloomustati risttabeli ja χ^2 analüüsiga. Viimane näitab, mil määral erineb õpilaste tegelik rühmadesse jagunemine juhuslikust jagunemisest. Mida suu-

rem on χ^2 väärtus, seda enam on tegemist teatud korrapäraga õpilaste jagunemisel rühmadesse. Risttabel võimaldab analüüsida, millises rühmas on iseloomulikud ühed või teised rühmadel mõõdetud tunnused. Õpilaste uurimuslike ülesannete lahendamise edukuse hindamiseks erinevates üldise kontseptuaalse sidususe rühmades tehti kaks dispersioonanalüüsi (ANOVA). Need näitasid, mil määral erinevad uuritavate rühmade keskmised üksteisest. ANOVA analüüs üldise kontseptuaalse sidususe eri rühmadesse kuuluvate õpilaste vahel sooritati nii enne kui ka pärast õpikeskkonna kasutamist moodustatud rühmade võrdlemiseks, et uurida peamisi erinevusi õpilaste oskuses lahendada uurimuslikke ülesandeid. Uurimusliku ülesande etappide läbimise edukust õpilastel kahes järjestikus ülesandes programmis „Noor loodusuurija” uuriti Wilcoxon testi abil. Viimane võimaldab leida, kas samad õpilased on teise ülesande lahendanud paremini kui esimese. Erinevuse määra näitab t-väärtus, mille absoluutväärtus on seda suurem, mida suurem on kahe mõõtmise vaheline erinevus. Wilcoxon testiga selgitati, kas erineva algse kontseptuaalse sidususega õpilased läbisid teises ülesandes uurimuslikke etappe edukamalt kui esimeses. Analüüs viidi läbi igasse kontseptuaalse sidususe rühma kuuluvate õpilastega eraldi. Kõikide analüüside statistilise olulisuse kontrollimiseks arvutati p-väärtus. Üldjuhul on järelduste tegemisel seatud piiriks, et p väärtus peab olema väiksem kui 0,05. Sel juhul võib 95% kindlusega väita, et avastatud seos, erinevus või sõltuvus on realselt olemas.

Uuringu käigus kasutati andmete kogumiseks eel- ja järelküsimustikke ning õpikeskkonna „Noor loodusuurija” MySQL andmebaasi. Kõik uuringu käigus saadud andmed muudeti numbrilisteks näitajateks, et analüüsimisel saaks kasutada statistilisi meetodeid. Kõik andmed sisestati tabelarvutusprogrammi *MS Excel 2003*, kus toimus andmete korrastamine ja hilisem illustreerivate tabelite ja diagrammide koostamine. Statistiline analüüs teostati programmiga SPSS 15.0 (Statistical Package for Social Studies).

3. Tulemused ja arutelu

Käesoleva uuringu eesmärgiks oli kirjeldada õpilaste kontseptuaalse sidususe erinevaid tüüpe ning selgitada, kuidas need tüübid muutuvad õppimisel õpikeskkonnaga „Noor loodusuurija“ ja kuidas mõjutab sidususe tase uurimuslike oskusi. Analüüside tegemiseks kasutati 91 õpilase andmeid, mis moodustas 75% valimist. 29 õpilase tulemusi ei saanud analüüsida järgnevatel põhjustel:

- õpilasel oli täitmata üks küsimustikest (eel-või järelküsimustik);
- õpilasel oli läbimata tund programmiga „Noor loodusuurija“.

Uuringus käsitletud teema „Veekogu toiduahel“ oli õpilastel eelnevalt õpitud. Katse viidi läbi kooli arvutiklassis, kus tehnilist tuge jagas loodusõpetuse õpetaja. Sotsiaaluuringute läbiviimiseks on vajalik 65% laekunud andmeid, et teha üldistusi üldkogumile (Babbie, 1995). Seega on kasutatav piisav osa andmetest.

Käesolevas uuringus oletati, et kontseptuaalse sidususe karakteristikute (mõistete kasutusoskus eri kontekstides ja esitusviisides toimides) alusel saab õpilasi jagada erinevatesse tüüpidesse. Eeldati, et erineva kontseptuaalse sidususe algtasemega õpilastel võib uurimusliku õppe etappide läbimisel olla erinev tulemuslikkus ning õpilased, kes omandavad lõpuks kõrgema üldise kontseptuaalse sidususe taseme, on ka „Noore loodusuurija“ ülesannete lahendamisel teistest tulemuslikumad. Samuti oletati, et õpilaste uurimuslike etappide läbimise tulemuslikkus „Noore loodusuurija“ järgnevatel ülesannetes paraneb eelkõige kõrge esialgse kontseptuaalse sidususega õpilastel. Veel oletati, et „Noore loodusuurija“ mõjul muutub õpilaste üldine kontseptuaalne sidusus sõltuvalt nende sidususe algtasemest.

Programmist „Noor loodusuurija“ oli võimalik välja võtta iga õpilase kohta sinna salvestatud ülesannete lahendamise uurimuslikes etappides saavutatud tulemused punktidenä ja vastuste sisu tekstidenä.

Üldise kontseptuaalse sidususe kompleksne käsitlemine on alles algusjärgus ning nõuab edasisi uuringuid, et selgitada välja, mida erineva kontseptuaalse sidususega õpilased märkavad ülesandeid lahendades või õppematerjale kasutades. Võib nimelt oletada, et madala sidususega õpilased pole võimelised enda jaoks leidma õppematerjalis peidus olevaid seoseid, et infot „tõlkida“ teise esitusviisi või teise konteksti.

3.1. Üldise kontseptuaalse sidususe erinevused õpilastel

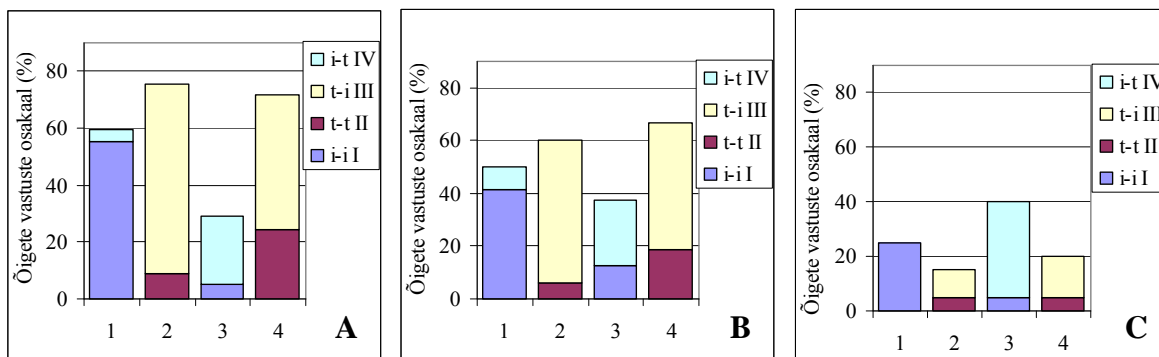
Uuringu esimeseks eesmärgiks oli selgitada välja õpilaste mõistesüsteemide kontseptuaalse sidususe erinevad tüübid. Selleks kasutati K-keskmiste klasteranalüüsi, mille abil selgus, et õpilased jagunevad eel- ja järelküsimumstiku alusel kolme klastrisse. Nende vahel oli statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,001$) mõistete seostamise oskuse ning kasutatud konteksti ja esitusviisi vahel (vt joonis 6). Küsimustiku ülesannete numeratsioon põhineb järgnevalt eelküsimumstikule (vt lisa 1). Järelküsimumstikus on ülesannete järjekord muudetud.

Joonise 6 kolme tulpdiagrammi põhjal ilmneb, et kahe esimese ülesande puhul on läbi kolme klatri domineeriv igapäevaeluliste vastuste hulk, kuid nii esimene kui ka teine klaster vastavad mõnikord üleminekuga igapäevaelulistest kontekstist teoreetilisse konteksti, mida loeti enam kognitiivset koormust nõudvaks (tabeli legendis IV) ülesandeks. Kolmas klaster vastab küsimusele õigesti vaid igapäevaeluliselt. Tegemist oli igapäevaelulises kontekstis esitatud küsimustega, mille esitus ei suunanud mingilgi moel teoreetilises kontekstis vastama.

Joonise 6 teise tulba põhjal saab iseloomustada vastuseid küsimustiku 3. ja 4. ülesandele. Neile teoreetilistele küsimustele oli võimalik vastata nii igapäevaeluliselt (t-i) kui ka teoreetiliselt (t-t). Igapäevaelulisse konteksti suunas ülesandes see, et paluti selgitada midagi oma sõnadega või lühidalt. Esimese ja teise klatri vahel seisneb erinevus teise klatri õigete vastuste hulga vähenemises mõlemas kontekstis (igapäevaelulises ja teoreetilises). Kolmanda klatri tulemused näitavad, et esinevad raskused küsimusele õigesti vastamisel ja üleminek teoreetilisest kontekstist igapäevaelulisse on märgatavalt väiksem võrreldes esimese ja teise klattriga. See viitab omakorda asjaolule, et need õpilased on teadmise teoreetilises kontekstis omandanud, kuid nad pole teemast täielikult aru saanud ja seetõttu ei oska ka ühest kontekstist teise liikuda – ei oska teoreetilisest kontekstist liikuda igapäevaelulisse.

Kolmas tulp joonise 6 diagrammidel näitab küsimustiku 9. ja 10. küsimuse vastuste õigsust. Igapäevaelulistele küsimustele oli võimalik vastata nii igapäevaeluliselt (i-i), kui ka teoreetiliselt (i-t). Küsimused erinevad esimesest kahest (tulemus kajastub esimesel tulbal) ülesande keerukuse poolest. Siinkohal tagati mõlemat moodi vastamise võimalus valikvastuste esitamisega. Kõigi kolme klatri esindajad vastavad küsimusele pigem teoreetiliselt kui igapäevaeluliselt. Enam teoreetilisi vastuseid on andnud madala üldise kontseptuaalse sidususe klaster. See näitab, et ilmselt on loodusõpetuse tundides pigem toimunud igapäev-

vaeluliste situatsioonide tõlkimine teoreetilisse konteksti ja nii on kontekstidevaheline üleminek lihtsam igapäevaelulisest teoreetilisse kui vastupidi.

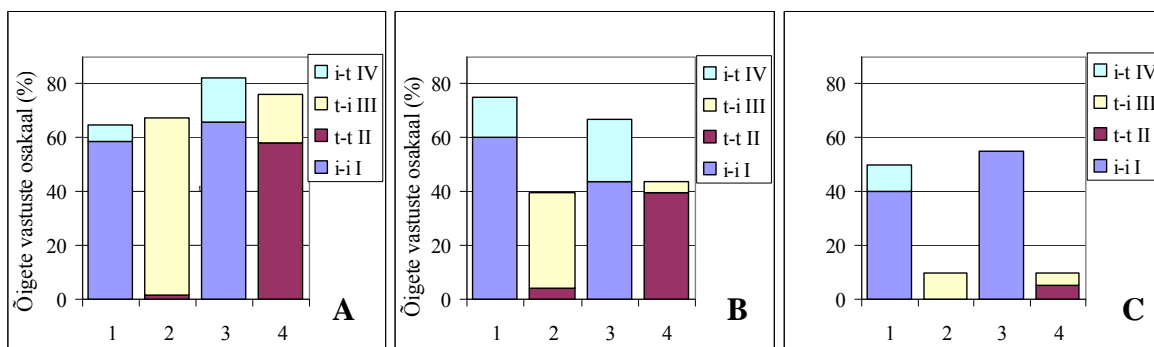


Joonis 6. Algse üldise kontseptuaalse sidususe klastrite vastuste õigsus tekstülesannete põhjal: A – 1. klatri tulemused, B – 2. klatri tulemused, C – 3. klatri tulemused. 1 – igapäevaelulises kontekstis esitatud küsimused, 2 – teoreetilises kontekstis esitatud küsimused, 3 – igapäevaelulises kontekstis esitatud küsimused, millel oli valikvastuselised teoreetilised ja igapäevaelulised vastused, 4 – teoreetilises kontekstis esitatud küsimused, millele oli võimalik võrdväärselt vastata nii igapäevaelulist kui ka teoreetilist konteksti kasutades. i-t IV – igapäevaelulisele küsimusele vastatakse teoreetilises kontekstis, t-i III – teoreetilisele küsimusele vastatakse igapäevaelulises kontekstis, t-t II – teoreetilisele küsimusele vastatakse teoreetilises kontekstis, i-i I – igapäevaelulisele küsimusele vastatakse igapäevaelulises kontekstis.

Joonise 4 diagrammide tulpadel 4 kajastuvad 11. ja 12. küsimuse vastuste õigsused. Teoreetilisele küsimusele oli võimalik vastata nii igapäevaeluliselt (t-i) kui ka teoreetiliselt (t-t). Esimese ja teise klatri võrdlemisel näeme sarnast tulemust – domineerib üleminek teoreetilisest igapäevaelulisse konteksti. Ka kolmas klaster eelistab vastamisel igapäevaelulist konteksti, kuid õigete vastuste hulk võrreldes esimese ja teise klattriga on tunduvalt väiksem.

Järgmiseks võrreldi klastrite tulemusi jooniseid sisaldavate ülesannete lahendamisel (vt joonis 7). Joonise 7 tulp 1 näitab küsimustiku 5. ja 6. küsimuse õigete vastuste osakaalu. Igapäevaelulistele küsimustele oli võimalik vastata nii igapäevaeluliselt (i-i), kui ka teoreetiliselt (i-t). Läbi kolme klatri on domineeriv igapäevaeluliste vastuste hulk. Kui tekstipõhiste küsimuste vastustes esines üleminek teoreetilisse konteksti vaid keskmisel ja kõrgel

sidususe klastril, siis jooniseid sisaldavate ülesannete puhul on teinud ülemineku ka madala sidususe klastri esindajad. Seega võib öelda, et jooniseid sisaldavate ülesannete korral on



Joonis 7. Algse üldise kontseptuaalse sidususe klastrite vastuste õigus jooniseid sisaldavate ülesannete põhjal: A – 1. klastri tulemused, B – 2. klastri tulemused, C – 3. klastri tulemused. 1 – igapäevaelulises kontekstis esitatud küsimused, 2 – teoreetilises kontekstis esitatud küsimused, 3 – igapäevaeluliste joonistena esitatud küsimused, millega seonduvad tekstid olid teoreetilises kontekstis, 4 – teoreetiliste joonistena (tulpdiaagrammidena) esitatud küsimused, millega seonduvad tekstid olid igapäevaelulises kontekstis. i-t IV – igapäevaelulisele küsimusele vastatakse teoreetilises kontekstis, t-i III – teoreetilisele küsimusele vastatakse igapäevaelulises kontekstis, t-t II – teoreetilisele küsimusele vastatakse teoreetilises kontekstis, i-i I – igapäevaelulisele küsimusele vastatakse igapäevaelulises kontekstis. Üleminek igapäevaelulisest kontekstist teoreetilisse lihtsam kui tekstipõhiste ülesannete korral.

Joonise 7 diagrammide teiste tulpade põhjal saab kirjeldada küsimustiku 7. ja 8. küsimuse õigete vastuste osakaalu. Teoreetilisele küsimusele (joonisel oli kujutatud tulpdiaagramm) oli võimalik vastata nii igapäevaeluliselt (t-i) kui ka teoreetiliselt (t-t). Kolmanda klastri tulemused näitavad, et esinevad raskused küsimusele õigesti vastamisel. Keeruliseks osutub esitusviisi ja kontekstivaheline üleminek. Üleminek on kõige sagedasem esimesel klastril.

13. ja 14. küsimuse vastuste õigusust iseloomustavad kolmandad tulbad joonisel 7. Igapäevaeluliste küsimustele oli võimalik vastata nii igapäevaeluliselt (i-i), kui ka teoreetiliselt (i-t). Joonised oli koostatud igapäevaeluliselt (kujutasid konkreetseid taimi ja kalu), aga ülesande tekst oli esitatud teoreetiliselt (küstiti organismide arvukuse, tootjate ja tarbijate kohta). Joonise põhjal võib öelda, et kahe esimese klastri tulemustes polnud olulisi erinevusi, kuid kolmas klaster ei läinud üle igapäevaelulisest teoreetilisse konteksti.

Tulp 4 joonisel 7 näitab 15. ja 16. küsimuse vastuste õigsust. Teoreetilisel joonisel põhinevale küsimusele oli võimalik vastata nii igapäevaeluliselt (t-i) kui ka teoreetiliselt (t-t), sest ülesande tekstid olid esitatud pigem igapäevaelulises kontekstis. Kõigil kolmel klastril esineb nii igapäevaelulisi kui ka teoreetilisi vastuseid, kuid keskmise (B) ja madala sidususe klaster (C) erineb õigete vastuste hulgalt kõrgest sidususe klastrist (A).

Kokkuvõttes saab kontseptuaalse sidususe rühmi saab iseloomustada järgmiselt: kontseptuaalne sidusus on kõige paremini arenenud õpilastel, kelle vastused on kuueteistkümmne küsimuse osas õiged või osaliselt õiged. Küsimustikule vastamisel esineb neil valesid vastuseid harva. Kõrge üldise kontseptuaalse sidususega õpilased (klaster A joonistel 6 ja 7):

- jäävad nii madalamat kui ka kõrgemat järku küsimuste korral, kus konteksti ega esitusviisi pole vaja muuta, vastamisel pigem igapäevaelulisse, aga kasutavad ka teoreetilist konteksti;
- vastavad õigesti juhul, kui tuleb muuta ainult konteksti, kuid nende vastused on rohkem igapäevaelulised kui teoreetilised;
- oskavad õigesti vastata, kui küsimus eeldab esitusviisilist üleminekut, kuid nende vastused on pigem igapäevaelulised ka juhul, kui eeldatakse teoreetilist vastust;
- oskavad õigesti muuta samaaegselt vastuse konteksti ja esitusviisi nii madalamat järku kui ka kõrgemat järku ülesannetele vastamisel.

Keskmise kontseptuaalse sidususega õpilaste rühmal on õigesti vastamine raskendatud keerulisemate ülesannete korral. Samas on esimesed 8 küsimust vastatud osaliselt õigesti. Keskmise üldise kontseptuaalse sidususega õpilased (klaster B joonistel 6 ja 7):

- jäävad nii madalamat kui ka kõrgemat järku küsimuste korral, kus konteksti ega esitusviisi pole vaja muuta, vastamisel igapäevaelulisse (lihtsamasse) konteksti;
- vastavad juhul, kui tuleb muuta ainult konteksti, rohkem igapäevaeluliselt kui teoreetiliselt;
- oskavad õigesti vastata, kui küsimus eeldab esitusviisilist üleminekut, kuid nende vastused on pigem igapäevaelulised ka juhul, kui eeldatakse teoreetilist vastust;
- oskavad muuta samaaegselt nii vastuse konteksti kui ka esitusviisi eelkõige madalamat järku ülesannetes, kuid vähem kõrgemat järku ülesannetele vastamisel.

Kolmandasse rühma kuuluvad õpilased eksivad vastuste andmisel ka ülesannetes, mis nõuavad madalamat järku mõtlemisoperatsioone ja tõsisemad raskused esinevad neil keerulisemate ülesannete vastamisel. Madala üldise kontseptuaalse sidususega õpilased (klaster C joonistel 6 ja 7):

- jäävad nii madalamat kui ka kõrgemat järku küsimuste korral, kus konteksti ega esitusviisi pole vaja muuta, vastamisel igapäevaelulisse konteksti;
- vastavad, juhul kui tuleb muuta ainult konteksti, peamiselt igapäevaeluliselt;
- ei suuda õigesti vastata, kui küsimus eeldab esitusviisilist üleminekut;
- on vähem edukad võrreldes I ja II klastriga lahendades ülesandeid, kus tuleb muuta samaaegselt nii vastuse konteksti kui ka esitusviisi.

Seufert (2003) on viidanud esitusviisilise sidususe kujunemise protsessile, kus esitusviisist arusaamine toetub konteksti elementide ja nendevaheliste seoste loomisel. Kui üldise kontseptuaalse sidususe klastrite võrdlemisel lähtuda eelnevast, võib öelda, et madala sidususega õpilastel on probleemid teadmiste konstrueerimisel tekstide, piltide ja graafikute seostamisel.

Kolme klatri võrdlemisel leiab kinnitust väide, et erinevate esitusviiside kasutamine õpetamisel annab paremaid õpitulemusi (Bodemer jt, 2004). Uuringu tulemused näitavad, et õpilased kõigis klastrites vastavad pilte ja jooniseid sisaldavatele küsimustele sarnaselt. Ka Lowe (2004) on väitnud, et visuaalsed esitusviisid võivad sama sisu korral lihtsustada tekstilisest esitusviisist arusaamist. Erinevus klastrite vahel seisneb kontekstide vahelistes üleminekutes, kus „tõlkemoment“ ühest kontekstist teise on madalal sidususe klastril õigete vastuste osas väike. Madalal sidususe klastril võib kognitiivne ülekoormus põhjustada takistusi erinevate infohulkade seostamisel (Meltzer, 2002). Väline kognitiivne koormus (*extraneous cognitive load*) võib segada seoste tekkimist. Kõrgemal tasemel õpilastel on loomuomane kognitiivne koormus (*intrinsic cognitive load*) madalam, kuna eelteadmised on suuremad (Paas jt, 2003). Kõrgel sidususe tasemel õpilased suudavad korduvalt paigutada mõisteid sarnastesse süsteemidesse (O’Laughlin ja Thagard, 2000), neid iseloomustab argumenteeritud seoste loomise oskus esitusviiside ja kontekstide vahel.

3.2. Üldise kontseptuaalse sidususe mõju uurimusliku õppe tulemuslikkusele

Uuringu teiseks eesmärgiks oli leida, kuidas mõjutab õpilaste kontseptuaalse sidususe alg-tase nende uurimuslike tegevuste tulemuslikkust veebipõhises õpikeskkonnas õppides. Selleks vaadeldi ANOVA analüüsi abil kontseptuaalse sidususe algse klasteri mõju uurimuslike ülesannete lahendamisele programmis „Noor loodusuurija”. Seejuures keskenduti neile ülesandele, mis nõudsid esitatud info „tõlkimist” erinevate kontekstide ja esitusviiside vahel. Analüüsis võrreldi uurimuslikes etappides saadud keskmisi tulemusi kolme erineva kontseptuaalse sidususega õpilaste rühma vahel. Selgus, et mõlema uurimusliku tunni alaülesannetes osutus raskeks andmete kogumine mudeli abil. Eriti keerukas oli mudeli rakendamise osa madala kontseptuaalse sidususega õpilastele (klaster C) võrreldes keskmise (klaster B) ja kõrge (klaster A) sidususega õpilastega ($F=3,4$, $p<0,05$). Kümnest võimalikust punktist koguti isegi teise ülesande lahendamisel keskmiselt vaid 3,2 punkti (vt tabel 2). Raskused võisid olla tingitud ka õpilaste oskamatuses lugeda mudeli skaalat või viia läbi mõõtmisi. Kognitiivse koormuse teooria põhjal (Sweller ja Chandler, 1991) võime oletada, et õpilased, kellel on probleeme infoga töötamisel, esineb raskusi uurimuslikes ülesannetes, mis sisaldavad mitmekordset infotöötlust, sest neil tekib suur kognitiivne ülekoormus. Õpilastele, kes on keskmisel või kõrgel kontseptuaalse sidususe tasemel on kognitiivne koormus info töötlemisel madalam ja nad on „tõlkimist“ nõudvate ülesannete lahendamisel edukamad. Ka käesolevas uuringus selgus, et mudeliga töötamine, mis eeldas mitmekordset „tõlkimist” esitusviiside vahel, oli raske just madalama kontseptuaalse sidususega õpilastele.

Statistiliselt olulised erinevused erineva sidususe tasemega klasterite vahel ilmnisid ka probleemi lahendamise vahel. Teised erinevused olid aga tagasihoidlikumad.

Õpilased, kes olid keskmisel või kõrgel üldise kontseptuaalse sidususe tasemel peale uurimuslike tunde „Noore loodusuurijaga”, lahendasid statistiliselt oluliselt paremini järgmisi uurimuslike alaülesandeid (vt tabel 3): mõõtmised mudeli abil ($F=7,1$, $p<0,01$), info kandmine tabelist diagrammi formaati ($F=4,9$, $p<0,01$), visuaalse info põhjal järelduste tegemine ($F=4,0$, $p<0,01$), uurimistulemuste üldistamine situatsioonilise probleemi konteksti ($F=7,6$, $p<0,01$). Saadud tulemus kinnitab, et kognitiivse koormuse suurenemine avaldab

Tabel 2. ANOVA analüüsi tulemused, mis kirjeldavad õpilaste arengut uurimuslikes ülesannetes lähtuvalt kontseptuaalse sidususe klastritest enne uurimuslike ülesannete lahendamist.

Uurimuslikud etapid (maks. punkte)	Sidususe rühmad	1. ülesanne Rühmade võrdlus (ANOVA)				2. ülesanne Rühmade võrdlus (ANOVA)			
		Keskmine	F	df	p	Keskmine	F	df	p
Oletus (5 p)	A	2,5	0,8	2	0,457	2,3	0,01	2	0,990
	B	2,4				2,3			
	C	1,3				2,1			
Uurimisküsimus (10 p)	A	6,6	0,1	2	0,903	5,0	0,5	2	0,588
	B	6,8				5,8			
	C	7,0				5,0			
Mõõtmised (10 p)	A	6,1	3,4	2	0,040*	6,8	4,6	2	0,013*
	B	5,1				5,4			
	C	3,0				3,2			
Diagrammi leidmine (5 p)	A	3,3	0,9	2	0,411	4,5	2,7	2	0,078
	B	2,5				3,4			
	C	3,1				3,3			
Järeldused diagrammi põhjal (20 p)	A	7,2	2,2	2	0,119	12,2	2,2	2	0,118
	B	6,0				9,2			
	C	3,5				8,3			
Probleemi lahend ja lahendus uues kontekstis (15 p)	A	9,5	3,2	2	0,047*	7,5	0,9	2	0,408
	B	8,1				8,0			
	C	5,5				5,5			

* $p < 0,05$; A – kõrge kontseptuaalne sidusus, B – keskmine kontseptuaalne sidusus, C – madal kontseptuaalne sidusus

Tabel 3. ANOVA analüüsi tulemused, mis kirjeldavad õpilaste arengut uurimuslikes ülesannetes, lähtuvalt kontseptuaalse sidususe klastritest pärast uurimuslike ülesannete lahendamist.

Uurimuslikud etapid (maks. punkte)	Sidususe rühmad	1. ülesanne				2. ülesanne			
		Keskmine	F	df	p	Keskmine	F	df	p
Oletus (5 p)	A	2,7	3,7	2	0,029*	2,2	1,3	2	0,281
	B	1,5				3,3			
	C	0,6				1,4			
Uurimisküsimus (10 p)	A	6,8	1,1	2	0,336	5,2	0,4	2	0,661
	B	7,1				5,7			
	C	5,4				4,3			
Mõõtmised (10 p)	A	6,0	5,2	2	0,007*	6,8	7,1	2	0,002*
	B	4,9				4,4			
	C	2,4				3,0			
Diagrammi leidmine (5 p)	A	3,3	1,0	2	0,379	4,5	4,9	2	0,011*
	B	2,3				2,8			
	C	2,2				2,9			
Järeldused diagrammi põhjal (20 p)	A	7,1	4,2	2	0,018*	12,1	4,0	2	0,023*
	B	6,4				7,5			
	C	2,2				7,1			
Probleemi lahend ja lahendus uues kontekstis (15 p)	A	9,5	4,5	2	0,015*	7,4	7,6	2	0,001*
	B	7,4				8,3			
	C	5,1				2,2			

* $p < 0,05$; A – kõrge kontseptuaalne sidusus, B– keskmine kontseptuaalne sidusus, C – madal kontseptuaalne sidusus

mõju ka kognitiivsele võimekusele (Paas jt, 2003). Kahe uurimusliku tunni tulemused näitasid ka mõningaid õpilaste raskusi õppides veebipõhises uurimuslikus keskkonnas. Sellest võib järeldada, et õpilased, kes tulid ülesannetega paremini toime, saavutasid ka suurema tõenäosusega sidusad teadmised.

Bodemer ja Ploetzner (2004) on väitnud, et interaktiivsed esitusviisid on õpetamisel tõhusad, kuid kui õpilased ei kasuta neid süsteemselt, tekivad raskused hüpoteeside püstitami-

sel. Õpilased, kellel on probleeme hüpoteeside püstitamisel ja järelduste tegemisel, ei kasuta pakutud toetavaid elemente programmi sees. Seufert (2003) on eristanud lokaalsed ja globaalsed toetavad elemendid. Lokaalne – tekstiline ja pildiline informatsioon ning globaalne – mõistete seostamist toetavad elemendid. Seufert leidis, et õpilased, kelle eelteadmised on juba piisavalt kõrged, ei kasuta toetavaid elemente. Oleks vaja täiendavalt uurida, milline on toetavate elementide mõju sidususe kujunemisel.

3.3. Uurimuslike oskuste areng erineva sidususe tasemega õpilastel „Noore loodusuurijaga” õppimisel

Kolmanda uurimisküsimuse kohaselt sooviti järgnevalt selgitada, mil määral arenevad õpilaste uurimuslikud oskused „Noore loodusuurijaga“ õppides sõltuvalt nende kontseptuaalse sidususe tasemest. Wilcoxon testi abil uuriti kõigi õpilaste uurimuslike ülesannete lahendamisel toimunud uurimuslike oskuste arengut eel- ja järelküsimumstiku alusel. Tulemused näitavad, et uurimuslike ülesannete lahendamisel toimus statistiliselt oluline areng ($p < 0,01$).

Saadud tulemuste alusel uuriti üldise kontseptuaalse sidususe klastreid eraldi (vt tabel 4). Kõige tähelepanuväärsem areng avaldus keskmise üldise kontseptuaalse sidususe klastril ($p < 0,01$). Kõrge üldise kontseptuaalse sidususe klastril täheldati samuti uurimuslike ülesannete lahendamises statistiliselt olulist arengut ($p < 0,05$). Madala üldise kontseptuaalse sidususe klastril toimus absoluutväärtuselt suurim areng, kuid tulemus ei ole statistiliselt oluline. Ilmselt on selle põhjuseks väike õpilaste arv vastavas klastris – üheksa. Kokkuvõttes võime siiski väita, et eel- ja järelküsimumstiku tulemuste põhjal arenes õpikeskkonna “Noor loodusuurija” rakendamisel õpilaste uurimuslike ülesannete lahendamise oskus.

Wilcoxon testiga uuriti ka programmis „Noor loodusuurija” läbitud alaülesannetes saadud keskmiste punktide erinevusi ühe rühma sees. Nii iseloomustati ühte rühma kuuluvate õpilaste arengut programmi mõjul. Selgus, et kõigi erineva algse kontseptuaalse sidususega õpilaste gruppide tulemused olid teise ülesande lahendamisel nõrgemad kui esimese ülesande lahendamisel. See viitab sellele, et teine ülesanne oli esimesest oluliselt keerukam. Siiski võime positiivsena välja tuua, et erinevus tulemustes ei olnud ühelgi kontseptuaalse sidususe grupil statistiliselt oluline. Kui esimeses ülesandes kasutati peamiselt igapäevaelulisi mõisteid (näiteks hulk, ahvenad, kiisad), siis teises ülesandes uuritakse õpilaste teadmisi läbi teoreetiliste mõistete (näiteks arvukus, vetikad, tootjad, tarbijad). Teine uurimuslik

tund nõudis ka enam kui esimene analüüsi oskusi diagrammide osas. Analüütilised oskused (Padilla, 1990), mis sisaldavad nii visuaalse pildilise kui ka tekstilise informatsiooni analüüsi, iseloomustavad probleemi lahendamise oskusi, mis on uurimusliku õppe olulisemaid komponente. Erinevalt esimesest ülesandest võis teine ülesanne tekitada osale õpilastest kognitiivse ülekoormuse.

Tabel 4. Õpilaste uurimuslike oskuste areng, erinevatesse sidususe klastritesse kuuluvate õpilaste puhul vaadelduna Wilcoxon testi abil.

Vaadeldav rühm	n	Eelküsimumstik (maks = 21 p)		Järelküsimumstik (maks = 21 p)		Z	p
		Keskmine	SD	Keskmine	SD		
Kõrge üldise kontseptuaalse sidususega õpilased (A)	57	14,3	3,8	15,6	3,7	-2,38	<0,05
Keskmise üldise kontseptuaalse sidususega õpilased (B)	25	10,5	3,1	13,5	5,0	-2,78	<0,01
Madala üldise kontseptuaalse sidususega õpilased (C)	9	7,2	4,2	10,6	7,0	-1,25	>0,05
Õpilased koos	91	12,6	4,3	14,6	4,7	-3,69	<0,01

Kokkuvõttes võib eel- ja järelküsimumstike võrdluse põhjal siiski väita, et käesolevas uurimuses arendas “Noor loodusuurija” õpilaste uurimuslikke oskusi. Sarnastele tulemustele on jõutud ka varem (Pedaste, 2006).

3.4. Õpilaste kontseptuaalse sidususe areng „Noore loodusuurija” rakedamisel

Viimase uuringu eesmärgina sooviti selgitada, kuidas muutub õpilaste kontseptuaalse sidususe tase õpikeskkonnaga „Noor loodusuurija“ töötades. Õpilaste üldist kontseptuaalset sidusust enne ja pärast uurimuslikku õpet analüüsiti χ^2 testi abil (vt tabel 5). Leiti, et keskmise kontseptuaalse sidususe tasemega õpilaste tulemused paranesid statistiliselt oluliselt ($p < 0,01$) kõrge kontseptuaalse sidususe suunas. Samuti paranesid madala kontseptuaalse

Tabel 5. Muutused õpilaste üldise kontseptuaalse sidususe klastritesse kuulumisel eel- ja järelküsimustiku alusel χ^2 testi põhjal.

Vaadeldav	n	Klaster järelküsimustiku põhjal (n)			Z	p
rühm (klaster eelküsimustiku põhjal)		Madala üldise kontseptuaalse sidususega (A)	Keskmise üldise kontseptuaalse sidususega õpilased (B)	Kõrge üldise kontseptuaalse sidususega õpilased (C)		
Keskmise üldise kontseptuaalse sidususega õpilased (B)	25	3	6	16	-2,98	<0,01
Madala üldise kontseptuaalse sidususega õpilased (C)	9	4	3	2	-2,07	<0,05

sidususe tasemega õpilaste tulemused statistiliselt oluliselt keskmise kontseptuaalse sidususe suunas ($p < 0,05$).

Kõrge kontseptuaalse sidususe tasemega õpilastel ei olnud enam võimalik kasutatud küsimustiku rakedamisel arengut tuvastada ja seetõttu vastavat klastrit selles osas ei uuritud.

Siiski, osal algselt kõrge sidususega õpilastest esines negatiivne muutus – liikumine madalama sidususe tasemega klastrisse. Neil, kellel muutus esines, olid osaliselt lüngad järelküsimustikus kõrgemat kognitiivset koormust nõudvate ülesannete vastustes. Sealjuures on eel- ja järelküsimustikke võrreldes vähenenud valesti vastatud küsimuste hulk järelküsimustikus. Teisalt võis muutus keskmise ja madala kontseptuaalse sidususe rühmade suunas olla tingitud teadmiste eelnevast korrapärasest (Gopnik ja Wellman, 1994). Di Sessa (2004) on väitnud, et inimesed võivad oma teadmiste süsteemi muuta olenevalt sellest, kuidas nad mõistavad uuritavat probleemi. Teadmiste eelnev korrapäratus võis õpilastel tingida efekti, kus vahepealne õppimine ja seoste ümberorganiseerimine enne sidususe kujunemist vähendab õppimisele järgnevat sidusate teadmiste interpreteerimisoskust.

Kokkuvõttes võib järeldada, et programmi „Noor loodusuurija” mõju on erineva algse kontseptuaalse sidususega õpilaste arengule erinev. Kognitiivse koormuse teooria seisukohast võib väita, et kontseptuaalse sidususe areng toimus eelkõige õpilastel, kelle kognitiivne koormus oli madal. Õpilased, kelle eelteadmised olid väga madalad, ilmselt ei püüdnud leida seoseid erinevate kontekstide ja esitusviiside vahel, millest tingituna on ka sellel grupil madal kognitiivne koormus. Nii sai toimuda statistiliselt oluline areng nii nende sidususes kui ka uurimuslikes oskustes. Kõige positiivsem mõju avaldus õpikeskkonna rakendamisel aga keskmise kontseptuaalse sidususega õpilaste rühmale. Õpilased, kellel esines kontseptuaalne muutus, võisid lähtuda hästi arenenud arutlusvõimest, mis tuginedes omandatud teadmistele suunas kontseptuaalse sidususe muutusele. Kui õpilane sai aru, et esmates teadmistes on vasturääkivused, siis muutis ta oma mõistete süsteemi sidusaks. Samasugust mehhanismi mõistete süsteemi muutmiseks on kirjeldanud Oliva (2003). Muutus võis avalduda õpilastel, kelle mõistete võrgustik ei olnud algselt hästi struktureeritud ja uue teadmise omaksvõtmine oli nende jaoks seetõttu aktsepteeritav. Sellisel juhul vajab edasist uurimist, milline hulk kontseptuaalse sidususe muutusega õpilastest kohandas uued teadmised struktureeritud süsteemi ja milline hulk täiendas vaid vähe struktureeritud mõistete võrgustikku.

4. Järeldused ja kokkuvõte

Kontseptuaalne sidusus on omadus, mis iseloomustab õpilaste arusaamist käsitletavast protsessist erinevates esitusviisides ja kontekstides. Uuringu üheks eelduseks oli, et kuna õpiprogramm „Noor loodusuurija” eeldab mõistete kasutamist erinevates kontekstides ja esitusviisides, siis kaasneb „tõlkimine” igapäevaelulisest teaduslikku konteksti ja vastupidi. Seetõttu on õpikeskkond sobilik õpilaste kontseptuaalse sidususe arendamiseks. Eeldati, et erinev oskus seostada kontseptuaalset infot erinevates kontekstides ja esitusviisides võib mõjutada õpilaste uurimuslikku tegevust ja ka nende võimalikku kontseptuaalse sidususe arengut „Noore loodusuurija” abil. Uuringu tulemusel selguski, et õpikeskkonna „Noor loodusuurija“ rakendamisel areneb nii õpilaste kontseptuaalne sidusus kui ka uurimuslike ülesannete lahendamise tulemuslikkus.

Uuringus otsiti vastust küsimusele, millised on kontseptuaalse sidususe erinevad tüübid ja mis neid iseloomustab. Oletati, et kontseptuaalse sidususe karakteristikute (mõistete kasutusoskus erinevates kontekstides ja esitusviisides toimides) alusel saab õpilasi jagada erinevatesse rühmadesse. Selgus, et õpilased jagunevad eel- ja järelküsimustiku alusel kolme rühma vastavalt nende erinevatele infotöötlemise oskustele küsimustele vastamisel: madala, keskmise ja kõrge kontseptuaalse sidususega õpilased. Rühmi eristab üksteisest mõistete seostamise oskus erinevates kontekstides ja esitusviisides. Kontseptuaalne sidusus on kõige paremini arenenud õpilastel, kelle vastused on ainealaste teadmiste, uurimuslike oskuste ja sidususe mõõtmisele suunatud küsimuste vastamisel õiged või osaliselt õiged. Keskmise kontseptuaalse sidususega rühmal on raskusi uurimuslike oskusi hindavate küsimuste vastamisel. Madala kontseptuaalse sidususega õpilaste jaoks on keerukad nii teadmiste kui ka uurimuslike oskuste mõõtmiseks mõeldud ülesanded. Eksperimendis kogutud vastuste analüüsil selgus, et kui õpilase üldine kontseptuaalne sidusus oli madal, oli uurimuslike ülesannete lahendamine „Noores loodusuurijas” raskendatud. Madala algse üldise kontseptuaalse sidususe tasemega õpilastel esinesid raskused uurimuslike ülesannete lahendamisel.

Uuringuga sooviti selgitada ka seda, kas erineva kontseptuaalse sidususe algtasemega õpilastel võib uurimusliku õppe etappide läbimisel olla erinev tulemuslikkus. Selgus, et mõlema uurimusliku tunni alaülesannetes osutus raskeks andmete kogumine mudeli abil. Eriti keerukas oli mudeli rakendamine madala kontseptuaalse sidususega õpilastele. Õpilaste-

le, kes olid keskmisel või kõrgel kontseptuaalse sidususe tasemel, on kognitiivne koormus info töötlemisel eeldatavalt madalam ja nad olid ülesannete lahendamisel edukamad. Analüüsi tulemuste põhjal võib väita, et esinevad erineva kontseptuaalse sidususe algtasemega õpilaste rühmad, kelle kontseptuaalse sidususe algtase mõjutab uurimuslike ülesannete lahendamist õpiprogrammis „Noor loodusuurija” .

Uuringus oletati veel, et “Noore loodusuurija” rakendamise mõjul paraneb erineva kontseptuaalse sidususega õpilaste tulemuslikkus sõltuvalt nende sidususe algtasemest. Õpilased, kes olid keskmisel või kõrgel üldise kontseptuaalse sidususe tasemel peale uurimuslike tunde „Noore loodusuurijaga”, lahendasid statistiliselt oluliselt paremini järgmiseid ülesandeid: mõõtmised mudeli abil, tabelis oleva info sidumine diagrammiga, visuaalse info põhjal järelduste tegemine ja uurimistulemuste üldistamine igapäeva elulise probleemi konteksti.

Töös püstitati ka hüpotees, mille kohaselt paraneb kõigil õpilastel uurimuslike etappide läbimise tulemuslikkus sõltumata nende kontseptuaalse sidususe tasemest. Tulemused näitasid, et eelkõige toimus statistiliselt oluline areng paremuse suunas algselt kõrge üldise kontseptuaalse sidususega õpilaste hulgas etappides, kus õpilane pidi tabeli andmete põhjal leidma õige diagrammi ja selle põhjal tegema järeldusi uuritava probleemi kohta. Siiski oluline areng ilmnas kõigil erineva sidususe tasemega rühmadel.

Viimaseks oletati, et õpiprogrammi „Noor loodusuurija” mõjul muutub erineva algtasemega õpilaste kontseptuaalne sidusus. Leiti, et madala kontseptuaalse sidususe tasemega õpilaste tulemused paranesid keskmise kontseptuaalse sidususe suunas, samuti paranesid keskmise kontseptuaalse sidususe tasemega õpilaste tulemused kõrge kontseptuaalse sidususe suunas.

Uuringu tulemused viitavad, et erineva üldise kontseptuaalse sidususega õpilaste edukust multi-representatsioonilistes õpikeskkondades mõjutab see, mil määral esineb ülesannetes kognitiivset koormust määravaid mõistete ülekandmist nõudvaid „tõlkemomente“ erinevate kontekstide ja esitusviiside vahel. Madalama kontseptuaalse sidususe korral võib samaaegne esitusviiside ja kontekstide vaheline info „tõlkimine“ põhjustada õpilastele raskusi ja vähendada ka nende uurimusliku õppe edukust. Samas võib aga väita, et on vajalik planeerida selliseid kontekstide ja esitusviiside vahelisi üleminekuid õpikeskkondadesse ja õppematerjalidesse, et arendada õpilaste üldist kontseptuaalset sidusust. Soovitusi selleks on mitmeid:

- Õppematerjalid peavad sisaldama informatsiooni erinevates esitusviisides. Seejuures on oluline rõhutada, et tekstid ja joonised ei sisalda sama informatsiooni täpselt ühesugusel kujul, vaid iga esitusviisi saab ainult osaliselt teise esitusviisi ümber sõnastada (nt tekstis olevat infot diagrammina).
- Õppematerjalid peavad sisaldama informatsiooni erinevates kontekstides (nt teoreetilised mõisted ja abstraktsed seletused tuleb kõrvutada nähtuse esinemisviiside ja -vormidega harjumuspärastes situatsioonides).
- Ülesanded peavad suunama õpilast liikuma erinevate kontekstide ning esitusviiside vahel. Samuti on oluline arvestada, et samaaegne konteksti ja esitusviisi muutmine vastuse andmiseks võib mõne õpilase jaoks olla raske ning tekitada olulise kognitiivse ülekoormuse.
- Interaktiivsed uurimusliku sisuga õpikeskkonnad soodustavad uurimuslike oskuste arengut ja mõistete vaheliste seoste tekkimist erinevates esitusviisides, kontekstides ning üleminekutes esitusviiside vahel.

Tänuavaldused

Täna inimesi, kes on kaasa aidanud magistritöö valmimisele: Loodusteadusliku hariduse keskuse haridustehnoloogia töörühma; juhendajaid Kai Patat ja Margus Pedastet; õpetajaid Tartu Kivilinna Gümnaasiumist; Suure-Jaani Gümnaasiumi bioloogia õpetajat Ly Valdmaad; vanemaid Ain Seppa ja Tiiu Seppa; elukaaslast Kersti Sõgelit ja tütart Kertel Viktoria Seppa.

Kasutatud kirjandus

- Ainsworth, S., & van Labeke, N. (2004).** Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14, 241-255
- Alessi, S. M., & Trollip S. R. (1985).** *Computer-based instruction. Methods and development.* New Jersey, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Bao, L. (2002).** Model analysis of fine structures of student models: An Example with Newton's Third Law. *American Journal of Physics*, 70(7), 766-778.
- Bodemer, D., & Ploetzner R. (2004).** Encouraging the active integration of information during learning with multiple and interactive representations. Knowledge Media Research Center. Viidatud 01.06.2009 <http://www.iwm-kmrc.de/workshops/visualization/bodemer.pdf>.
- Bransford, J., & Stein, B. (1984).** *The IDEAL problem solver.* New York: Freeman.
- Chiappetta, E. L., & Russell, J. M. (1982).** The relationship among logical thinking, problem solving instruction, and knowledge and application of earth science subject matter. *Science Education*, 66, 85-93.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000).** *Research methods in education. 5th Edition.* London: Routledge Falmer.
- Collins, A., & Brown, J. S. (1988).** The computer as a tool for learning through reflection. In H. Mandl & A. Lesgold (Eds.), *Learning issues for intelligent tutoring systems* (pp. 1-18). New York: Springer-Verlag.
- Corderoy, R. M., Harper, B. M., & Hedberg, J. G. (1993).** Simulating algal bloom in a lake: An interactive multimedia. *Australian Journal of Educational Technology*, 9(2), 115-129.
- Davis, E. A., & Linn, M. C. (2000).** Scaffolding students' knowledge integration: Prompts for reflection in KIE. *International Journal of Science Education*, 22, 819-837.
- Duval R. (1999).** Figures' representational function in geometry and figure's multiple and parallel entries. Preliminary version for the Working Group on Representations and Mathematics Visualization. Twentieth-First Annual Meeting of the North American

Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Cuernavaca, Mexico.

Edelson, D. C. (2001). Learning-for-use: A framework for the design of technology-supported inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 355-385.

Foundations: A monograph for professionals in science, mathematics, and technology education. Inquiry: Thoughts, views, and strategies for the K-5 classroom (2000). National Science Foundation, Directorate for Education and Human Resources, Division of Elementary, Secondary, and Informal Education.

Friedler, Y., Nachmias, R., & Linn, M. C. (1990). Learning scientific reasoning in microcomputer-based laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 173-191.

Gopnik, A. (2000). The theory theory as an alternative to the innateness hypothesis. In L. Antony & N. Hornstein (Eds.), *Chomsky and his critics*. New York: Basil Blackwell.

Gopnik, A., & Wellman, H. M. (1994). The theory theory. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*, (pp. 257-293). New York: Cambridge University Press.

Gredler, M. E., & Shields, C. C. (2007). Vygotsky's legacy: A foundation for research and practice. New York: Guilford Press.

Hakkarainen, K. (1998). *Epistemology of scientific inquiry and computer-supported collaborative learning*. A dissertation thesis for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Human Development and Applied Psychology, University of Toronto.

Haury, D. L. (1993). Teaching science through inquiry. Eric Document Reproduction Service No. ED 359048. ERIC Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education.

Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48, 63-85.

De Jong, T., & Njoo, M. (1992). Learning and instruction with computer simulations: Learning processes involved. In E. de Corte, M. Linn, H. Mandl & L. Verschaffel (Eds.), *Computer-based learning environments and problem solving* (pp. 411-429). Berlin: Springer-Verlag.

- De Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998).** Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201.
- Van Joolingen, W. R., de Jong, T., Lazonder, A. W., Savelsbergh, E. R., & Manlove, S. (2005).** Co-Lab: Research and development of an online learning environment for collaborative discovery learning. *Computers in Human Behaviour*, 21, 671-688.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988).** Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Kikas, E. (2005).** *Üldoskused – õpilase areng ja selle soodustamine koolis*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Kirsh, D. (2000).** A few thoughts on cognitive overload. *Intellectica*, 1, 19-51
- Koedinger, K. R., & Anderson, J. R. (1993).** Reifying implicit planning in geometry: Guidelines for model-based intelligent tutoring system design. In S. P. Lajoie & S. J. Derry (Eds.), *Computers as cognitive tools* (pp. 15-45). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lee, J. (1999).** Effectiveness of computer-based instructional simulation: A meta analysis. *International Journal of Instructional Media*, 26, 71-85.
- Lim, B.-R. (2004).** Challenges and issues in designing inquiry on the Web. *British Journal of Educational Technology*, 35(5), 627-643.
- Lowe, R. (2004).** Interrogation of a dynamic visualization during learning. *Learning and Instruction*, 14, 257-274.
- Lucangeli, D., Tressoldi, P. E., & Cendron, M. (1998).** Cognitive and metacognitive abilities involved in the solution of mathematical word problems: Validation of a comprehensive model. *Contemporary Educational Psychology*, 23, 257-275.
- Meltzer, D.-E. (2002).** Student learning of physics concepts: Efficacy of verbal and written forms of expression in comparison to other representational modes. Viidatud 01.07.2009 <http://www.physicseducation.net/docs/Victoria-paper-rev.pdf>
- Njoo, M., & de Jong, T. (1993).** Supporting exploratory learning by offering structured overviews of hypothesis. In D. Towne, T. de Jong & H. Spada (Eds.), *Simulation-based experimental learning* (pp. 207-225). Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- National curriculum online. (2006).** London: Qualifications and Curriculum Authority. Available from <http://curriculum.qca.org.uk/>. (last accessed 23th June 2009)

- National Science Foundation. (2000).** Foundations: A monograph for professionals in science, mathematics, and technology education. Inquiry: Thoughts, views, and strategies for the K-5 classroom. National Science Foundation, Directorate for Education and Human Resources, Division of Elementary, Secondary, and Informal Education.
- O’Laughlin, C., & Thagard, P. (2000).** Autism and coherence: A computational model. *Mind & Language*, 15, 375-392.
- Oliva, J. M. (2003).** The structural coherence of students’ conceptions in mechanics and conceptual change. *International Journal of Science Education*, 25(5), 539-561.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003).** Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4.
- Padilla, M. J. (1990).** The science process skills. Research matters – to the science teacher. Available from <http://www.narst.org/publications/research/skill.cfm>, last accessed 23th June 2009.
- Pata, K., Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2007).** The formation of learners’ semiosphere by authentic inquiry with an integrated learning object “Young Scientist”. *Computers and Education*, 49(4), 1357-1377.
- Pata, K., Pedaste, M., & Sepp, E. (2007).** Semiotic perspectives to the students’ conceptual development with the virtual inquiry in Young Scientist environment. In C. Montgomerie & J. Seale (Eds.), *Proceedings of ED-MEDIA 2007: World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications; Vancouver, Canada; 24-29 June, 2007* (pp. 3723-3732).. Chesapeake: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Pedaste, M., Sarapuu, T., & Pata, K. (2004).** Noor loodusuurija. Veebimaterjal. Kättesaadav aadressilt <http://bio.edu.ee/noor/>. Viidatud 23.06.2009.
- Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2005).** Probleemide lahendamise ja uurimuslik õpe bioloogias. I. Henno (toim.) kogumikus *Loodusainete õpetamisest koolis, I osa* (lk 84-92). Tallinn: Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus.
- Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2006).** Developing an effective support system for inquiry learning in a Web-based environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22, 42-67.

- Pedaste, M. (2006).** *Problem solving in web-based learning environment*. Tartu: Tartu University Press. PhD Dissertation.
- Piaget, J. (1929).** *The child's conception of the world*. Harcourt: Brace Jovanovich.
- Pärl, A. (1969).** Mõisteõpetuse põhiküsimusi. Loogika ja psühholoogia kateeder. Tartu: Tartu Riiklik Ülikool.
- Quintana, C., Eng, J., Carra, A., Wu, H.-K., & Soloway, E. (1999).** Symphony: A case study in extending learner-centered design through process space analysis. In M. G. Williams, M. W. Altom, K. Ehrlich & W. Newman (Eds.) *Proceedings of CHI 99 Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 473–480). Reading: Addison-Wesley.
- Reid, D. J., Zhang, J., & Chen, Q.(2003).** Supporting scientific discovery learning in a simulation environment, *Journal of Computer Assisted Learning*, 19, 9-20.
- Reiser B. J. (2004).** Scaffolding complex learning: the mechanism of structuring and problematizing student work. *The Journal of the Learning Sciences*, 13, 273-304.
- Rivers, R. H., & Vockell, E. (1987).** Computer simulations to stimulate scientific problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 403-415.
- Rätsepp, K. (2005).** Internetipõhise uurimusliku õpisiimulatsiooni “Noor loodusuurija” mõju 6. kl õpilaste keskkonnaalaste teadmiste ja oskuste kujundamisele. Tartu Ülikool: Bioloogia-geograafiateaduskond, Loodusteaduste didaktika lektoraat.
- Saunders, W. L., & Shepardson, D. (1987).** A comparison of concrete and formal science instruction upon science achievement and reasoning ability of sixth grade students. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 39-51.
- Savinainen, A. (2004).** High school students' conceptual coherence in the case of the force concept. Dissertations 41, Department of Physics, University of Joensuu.
- Savinainen, A., & Viiri, J. (2004).** A case study evaluating students' representational coherence of Newton's first and second laws. In *AIP Conference Proceedings*, 720 (pp 77-80). Viidatud 01.07.2009 http://kotisivu.dnainternet.net/savant/representations_perc_2003.pdf

- Di Sessa, A., Gillespie, N. M., & Esterly J. B. (2004).** Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *A Multidisciplinary Journal*, 28, 6, 843-900.
- Seufert, T., & Brünken, R. (2003).** Supporting coherence formation in multimedia learning: A theoretical framework and first experimental results. Viidatud 01.07.2009 http://www.iwm-kmrc.de/workshops/SIM2004/pdf_files/Seufert_et_al.pdf
- Seufert, T., & Brünken, R. (2006).** Cognitive load and the format of instructional aids for coherence formation. *Applied Cognitive Psychology*, 20(3), 321-331.
- Seufert, T. (2003).** Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13, 227-237.
- Sherrill, J. M. (1983).** Solving textbook mathematical word problems. *Alberta Journal of Educational Research*, 29, 140-152.
- Shuell, T. J. (1992).** Designing instructional computing systems for meaningful learning. In M. Jones & P. H. Winne (Eds.), *Adaptive learning environments* (pp. 19-54). Berlin: Springer-Verlag.
- Simmons, P. E. (1991).** Learning science in software microworlds. In S. M. Glynn, R. H. Yeany & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 241-257). Hillsdale: Erlbaum.
- Sonnenwald D. H., Maglaughlin K. L., & Whitton M. C. (2004).** Designing to support situation awareness across distances: An example from a scientific collaboratory. *Information Processing and Management*, 40, 989-1011.
- Sun, L., Williams, S., & Liu, K. (2006).** Knowledge construction in e-Learning: Designing an e-Learning environment. In *Enterprise Information Systems V* (pp. 308-315), Netherlands: Springer.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1991).** Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332.
- Zachos, P., Hick, T. L., Doane, W. E. J., Sargent C. (2000).** Setting theoretical and empirical foundations for assessing scientific inquiry and discovery in educational programs. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 938-962.

- Zhang, J., Chen, Q., Sun, Y., & Reid, D. J. (2004).** Triple scheme of learning support design for scientific discovery learning based on computer simulation: experimental research, *Journal of Computer Assisted Learning*, 20, 269-282.
- Thagard, P. (1997).** Coherent and creative conceptual combinations. In T. B. Ward, S. M. Smith & J. Viad (Eds.), *Creative thought: An investigation of conceptual structures and processes* (pp. 129-141). Washington D.C.: American Psychological Association.
- Thagard, P. (2003).** Conceptual change. *Encyclopedia of Cognitive Science*, 1, 666-670.
- Thagard, P., & Kunda, Z. (1998).** Making sense of people: Coherence mechanisms. In S. J. Read & L. C. Miller (Eds.), *Connectionist models of social reasoning and social behavior* (pp. 3-26). Hillsdale: Erlbaum.
- Uretsky, M. (1995).** Simulation and gaming: Directions, issues, ponderables. *Simulation & Gaming*, 26, 219-224.
- Veermans, K. (2003).** Intelligent support for discovery learning. PhD Dissertation. Twente: Twente University.
- Viiri, A. (2003).** A case study evaluating students' representational coherence of Newton's first and second Laws. Physics Education Conference. In *AIP Conference Proceedings*, 720, (pp. 77-80).
- Vosniadou, S., di Sessa, A., & Thagard, P. (2000).** Scientific explanation, systematicity, and conceptual change. Department of History and Philosophy of Science. Viidatud 01.07.2009 <http://www.ircs.upenn.edu/cogsci2000/PRCDNGS/SPRCDNGS/SYMPOSIA/KAUFMAN.PDF>
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992).** Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535-585.
- Wilhelm, P. (2001).** *Knowledge, skills and strategies in self-directed inductive learning*. Leiden: Leiden University. PhD Dissertation.

Summary

The development of general conceptual coherence when learning in the inquiry settings of the web-based simulation environment „Young Scientist“

The study relies on the viewpoint that the development of general conceptual coherence stems from using concepts in different contexts and with various representations. It was investigated how 6th grade students (n=120) from two Estonian schools developed conceptually when performing inquiry learning in web-based simulation environment „Young Scientist”.

It was hypothesised that studying in this multi-representational inquiry environment affects the formation of learners’ general conceptual coherence, and on the other hand, their initial conceptual coherence would influence how effectively would they cope in the phases of the inquiry. Pre- and post-questionnaire with 14 open-ended and 2 multiple-choice questions, presenting the same set of concepts in different contextual and representational situations, was used to study what characterizes learners’ initial general conceptual coherence, and what are the effects of virtual inquiry on the development of their conceptual coherence. Data about the students’ progress were collected from the learning environment during the inquiry steps, and the differences of students’ inquiry progress were compared in different clusters of initial conceptual coherence.

Three profiles of general conceptual coherence were described with K-means cluster analysis after the categorization of questionnaire data according to the correctness, contextual and representational transfer. ANOVA analysis demonstrated that students’ with the initially low level of conceptual coherence were the least effective in the measurement taking phase of the inquiry with the web-based model, compared with the students with higher conceptual coherence. Students who were at low level of general conceptual coherence after the inquiry were ineffective in the measurement and inference phases of the inquiry. Chi square analysis demonstrated that students with low and medium general conceptual coherence developed significantly towards higher conceptual coherence as a result of studying in „Young Scientist“. This study highlighted that learners’ different initial conceptual coherence needs to be considered as a factor when designing the complexity of

transfer tasks (between contexts, between representations, or simultaneously between contexts and representations) in the phases of the inquiry. However, inquiry skills seemed to be developed in the case of all different clusters formed on the basis of their initial level of conceptual coherence.

Lisad

Lisa 1. Uuringu eelküsimumustik.

Lisa 2. Uuringu järelküsimumustik.

Lisa 3. Tööga seonduvad teadusartiklid.

Lisa 1. Uuringu eelküsimustik.

Klass: _____
Eesnimi: _____
Perenimi: _____

Toiduahel

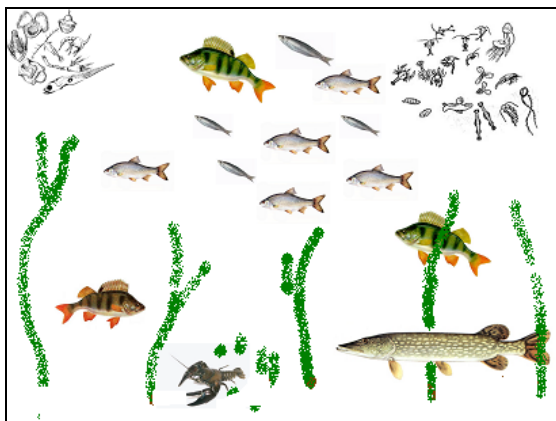
1. Põhjenda, miks on haugide arv veekogus enamasti väiksem kui kokrede arv!

2. Veekogust püütakse välja enamik täiskasvanud haugi. Selgita, kuidas see mõjutab veekogu toiduahelat!

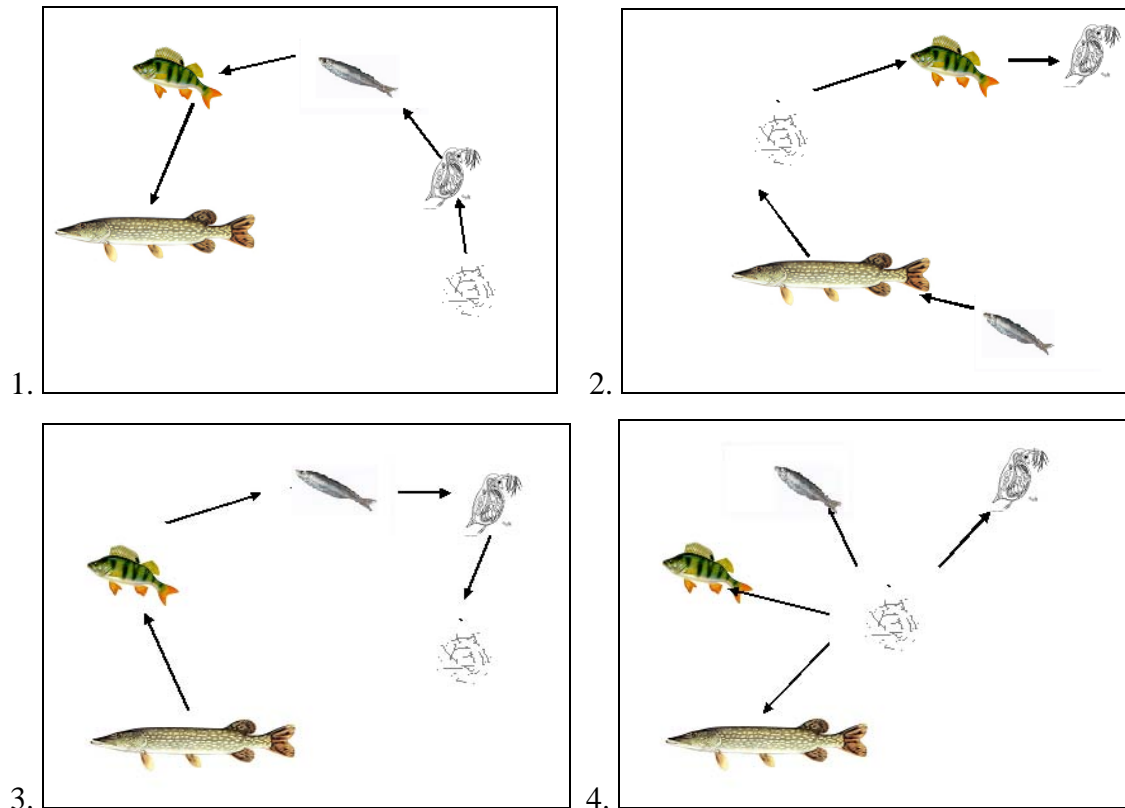
3. Selgita ühe lausega, miks elab veekogus alati rohkem tootjaid kui tarbijaid?

4. Selgita oma sõnadega mõistet toiduahel veekogus!

5. Selgita joonise põhjal lühidalt, kes keda veekogus sööb!

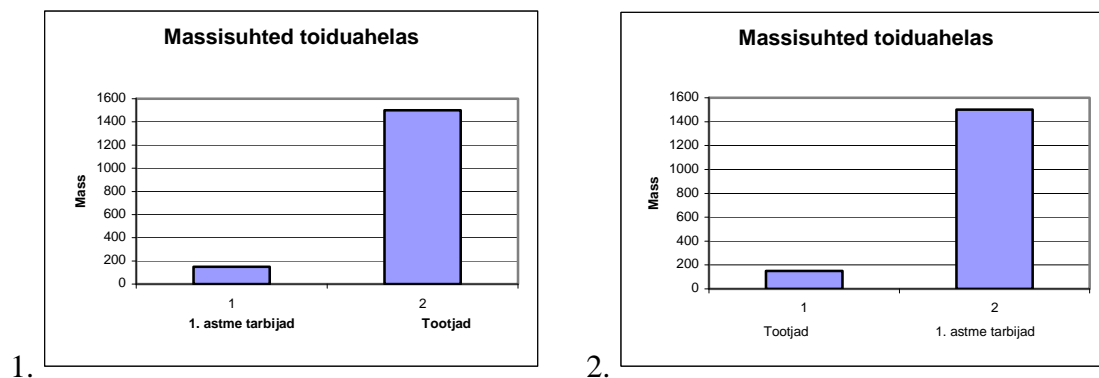


6. Toiduahela moodustavad järgmised organismid: ahven, taimne hõljum, haug, vesikirp, lepamaim. Ringita joonise number, mis kujutab toiduahelat õigesti. Põhjenda oma valikut energia liikumise kaudu!



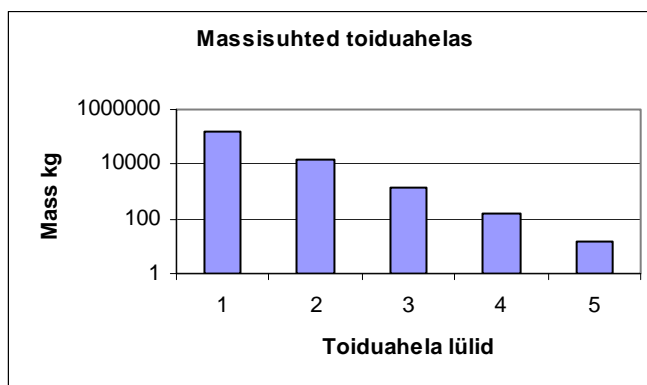
Põhjendus:

7. Lepiskalade mass toiduahelas on 10 korda väiksem kui taimse hõljumi mass. Milline tulpdiagramm on väitega kooskõlas? Ringita õige joonise number! Põhjenda oma valikut!



8. Tulpdiagrammil on kujutatud toiduahelas olevate organismide – ahvenate, kokrede, haugide, veetaimede, vesikirpude – massi veekogus. Seosta graafikul kujutatud toiduahela lülid 1 – 5 nimetatud organismirühmadega!

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____



9. Loe jutt läbi ja otsusta, milline võiks olla vastus Tiidu probleemile.

Tiidu kodu juures asuvad järv ja jõgi. Järv jääb jõe ülemjooksu ja alamjooksu vahele, jõgi voolab järvest läbi. Suure loodusehuvilisena armastab Tiit käia tihti nii järve kui ka jõe ääres. Väikese poisina meeldis talle veeloomade vaatlemine. Nii jõe kui järve põhjas võis näha paadisilla pealt särge, kokresid, vähke ning erinevaid putukaid. Kahe aasta eest ehitati jõe ülemjooksule suur kasvuhoone, kus kasvatati roose. Peale kasvuhoone ehitamist, oli märgata, et rooside väetamine mõjus hästi nii roosidele kui ka kasvuhoonet ümbritsevatele taimedele. Veekogu äärde oli tekkinud lopsakas taimestik. Aasta peale kasvuhoone ehitamist hakkasid järvest kaduma vähid, särgede hulk oli samuti vähenenud, vastukaaluks oli järves endisest rohkem vetikaid ja muda. Jõe ülemjooksul polnud olulist muutust märgata. Teisel aastal polnud järves enam vähke näha, särgede asemel oli nüüd rohkem kokresid. Jõe ülemjooksul leidis üksikuid vähke ja särge. Peale kaheaastast tegevust lõpetas kasvuhoone omanik lillede kasvatamise. Sellest alates on jõe ülemjooksul vähkide hulk suurenenud, kuid järves on neid endiselt vähe.

Tiit ei osanud seletada, miks vähkide hulk jões ei kahanenud võrdselt järvega.

Ringita õiged vastused!

Vähkide hulk jões ei kahanenud võrdselt järvega sellepärast, et ...

- A. vähid jões on tugevama vastupanuvõimega kui vähid järves.
- B. vähid eelistavad puhast vett.
- C. vooluveekogude isepuhastusvõime on suurem, kui seisvas vees.
- D. vooluveekogudes on organismide järglaste hulk suurem, kui seisvas vees.

10. Tiit ei osanud seletada, miks vähkide hulk jões ei kahanenud võrdselt järvega. Millise uurimisküsimuse võiks Tiit püstitada, et oma probleemile lahendus leida?

Ringita õiged vastused!

- A. Kuidas sõltub vähkide hulk veekogu reostusest?
- B. Millest sõltub veekogus elavate vähkide hulk?
- C. Kui kaua aega kulub vähkide arvukuse taastumiseks?

D. Milline on vee voolamise mõju vähkide arvukusele?

11. Loe järgnevat teksti ja selgita ühe lausega, millistest lülidest koosneb toiduahel.

Toiduahel.

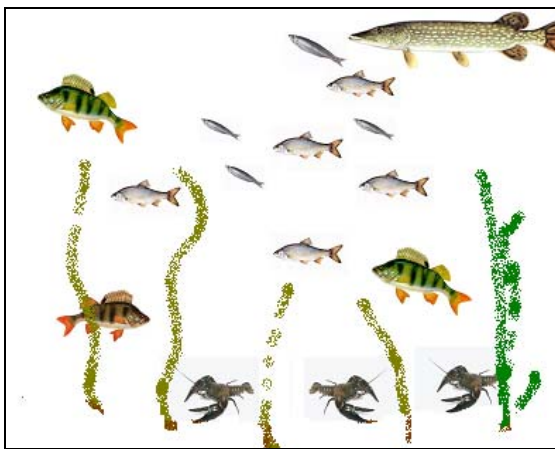
Peamised tootjad meie veekogude toiduahelas on taimed. Veetaimed järves on energia- ja aineringe aluseks. Paljud veekogu loomadest nagu osad kalad, limused ja putukad saavad oma toidu otseselt veetaimedest. Tarbijad on organismid, mis saavad energiat oma elutegevuseks mõne teise organismi poolt valmistatud orgaanilisest ainest. Esimese astme tarbijad toituvad otseselt taimedest. Esimese astme tarbijatest toituvad järgmised toiduahela lülid.

12. Uuringud on näidanud, et toiduahela igas järgnevas lülis on organismide mass kümme korda väiksem kui eelnevas.

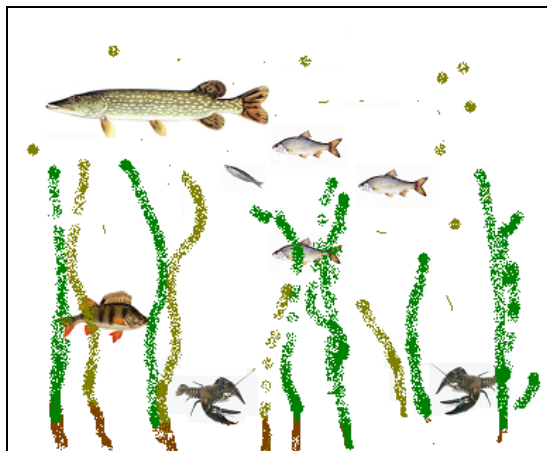
Reasta eelneva info põhjal järgnev liikide loetelu massi kasvamise järjekorras:

Haugid, veetaimed, ahvenad, kiisad.

13. Joonistel 1 ja 2 on kujutatud veekogus elavate organismide arvukust kahel järgneval aastal. Ennusta, mida võiks näha kolmanda aasta mõõtmisi kujutaval pildil!

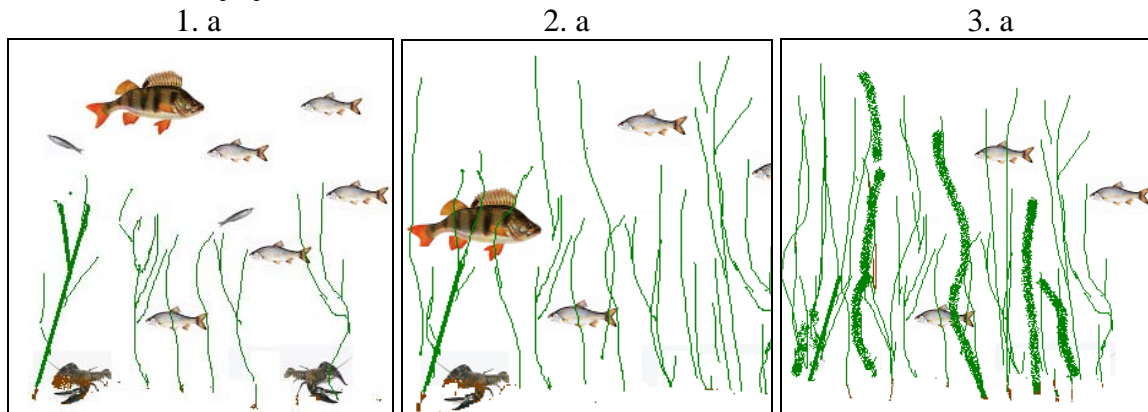


1. Organismide arvukus esimesel aastal
3. Organismide arvukus kolmandal aastal:

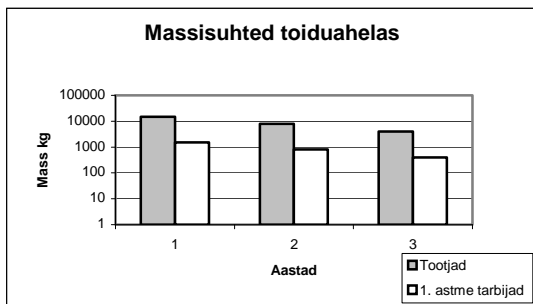


2. Organismide arvukus teisel aastal

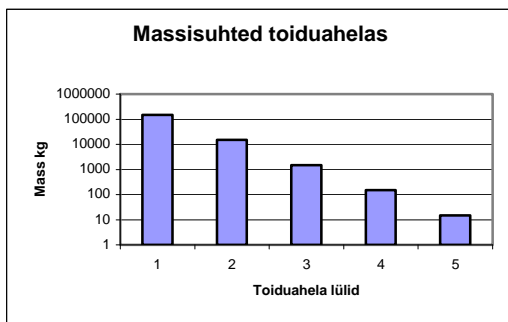
14. Selgita jooniste alusel, kuidas on veekogu reostamine mõjutanud tootjate ja tarbijate arvukust kolmel järjestikusel aastal!



15. Tulpdiagrammil on kujutatud 3 aasta jooksul veekogus tehtud mõõtmiste tulemusi. Milliseid järeldusi võib joonise põhjal teha toiduahelas olevate organismide kohta?



16. Selgita tulpdiagrammi alusel, kuidas mõjub toiduahela teise lüli organismide massi kiire kahanemine neljandale lülile? Tulbad vastavalt: 1. veetaimed, 2. vesikirbud, 3. kogred, 4. ahvenad, 5. haugid.



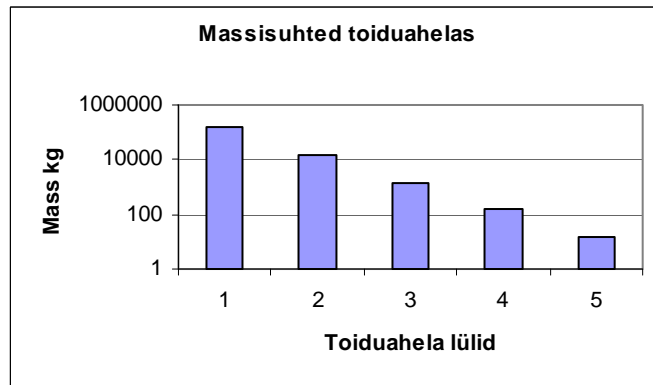
Lisa 2. Uuringu järelküsimustik.

Klass: _____
Eesnimi: _____
Perenimi: _____

Toiduahel

1. Tulpdiagrammil on kujutatud toiduahelas olevate organismide – ahvenate, kokrede, haugide, veetaimed, vesikirpude – massi veekogus. Seosta graafikul kujutatud toiduahela lülid 1–5 nimetatud organismirühmadega!

- 1. _____
- 2. _____
- 3. _____
- 4. _____
- 5. _____



2. Veekogust püütakse välja enamik täiskasvanud hauge. Selgita, kuidas see mõjutab veekogu toiduahelat!

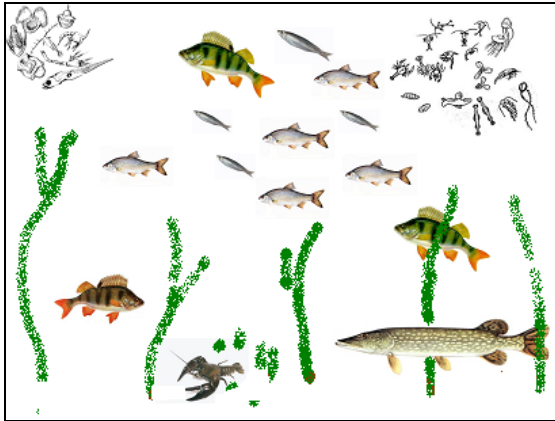
3. Selgita ühe lausega, miks elab veekogus alati rohkem tootjaid kui tarbijaid?

4. Põhjenda, miks on haugide arv veekogus enamasti väiksem kui kokrede arv!

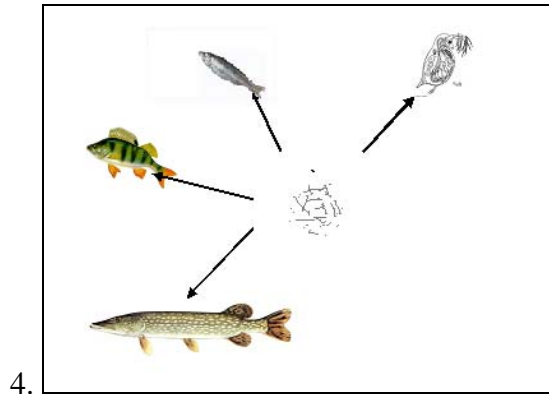
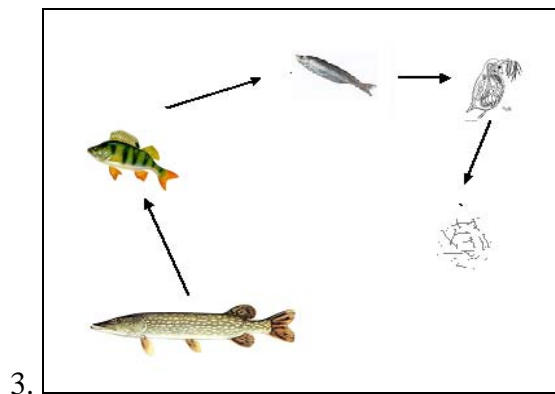
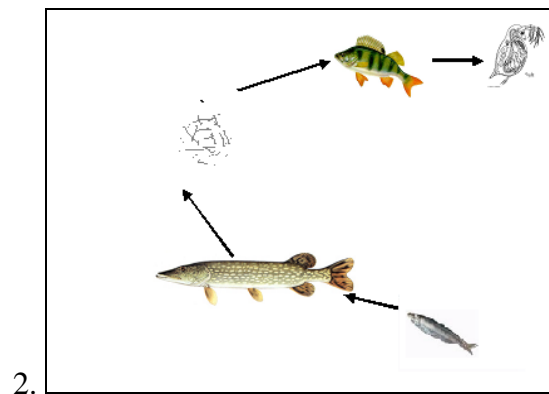
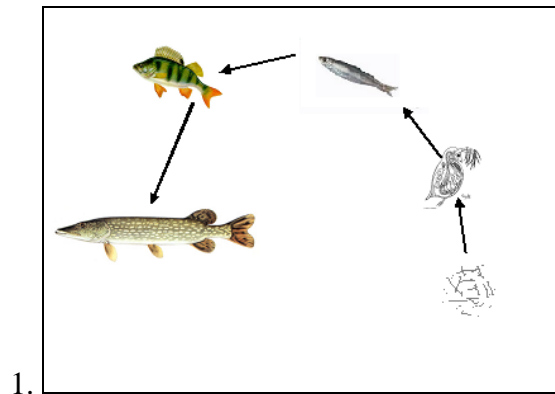
5. Uuringud on näidanud, et toiduahela igas järgnevas lülis on organismide mass kümme korda väiksem kui eelnevas.

Reasta eelneva info põhjal järgnev liikide loetelu massi kasvamise järjekorras:
Haugid, veetaimed, ahvenad, kiisad.

6. Selgita joonise põhjal lühidalt, kes keda veekogus sööb!

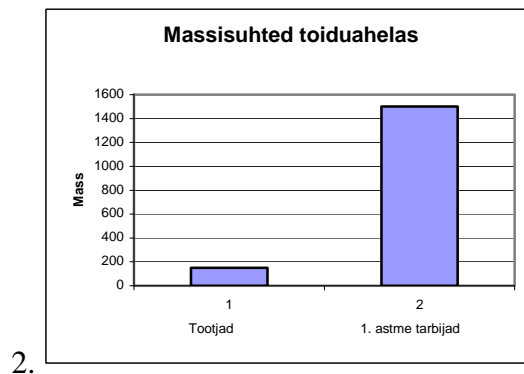
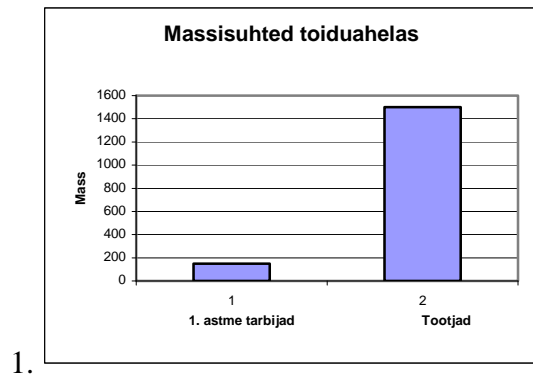


7. Toiduahela moodustavad järgmised organismid: ahven, taimne hõljum, haug, vesikirp, lepamaim. Ringita joonise number, mis kujutab toiduahelat õigesti. Põhjenda oma valikut energia liikumise kaudu!



Põhjendus:

8. Lepiskalade mass toiduahelas on 10 korda väiksem kui taimse hõljumi mass. Milline tulpdiaagramm on väitega kooskõlas? Ringita õige joonise number! Põhjenda oma valikut!



9. Loe jutt läbi ja otsusta, milline võiks olla vastus Tiidu probleemile.

Tiidu kodu juures asuvad järv ja jõgi. Järv jääb jõe ülemjooksu ja alamjooksu vahele, jõgi voolab järvest läbi. Suure loodusehuvilisena armastab Tiit käia tihti nii järve kui ka jõe ääres. Väikese poisina meeldis talle veeloomade vaatlemine. Nii jõe kui järve põhjas võis näha paadisilla pealt särge, kokresid, vähke ning erinevaid putukaid. Kahe aasta eest ehitati jõe ülemjooksule suur kasvuhoone, kus kasvatati roose. Peale kasvuhoone ehitamist, oli märgata, et rooside väetamine mõjus hästi nii roosidele kui ka kasvuhoonet ümbritsevatele taimedele. Veekogu äärde oli tekkinud lopsakas taimestik. Aasta peale kasvuhoone ehitamist hakkasid järvest kaduma vähid, särgede hulk oli samuti vähenenud, vastukaaluks oli järves endisest rohkem vetikaid ja muda. Jõe ülemjooksul polnud olulist muutust märgata. Teisel aastal polnud järves enam vähke näha, särgede asemel oli nüüd rohkem kokresid. Jõe ülemjooksul leidis üksikuid vähke ja särge. Peale kaheaastast tegevust lõpetas kasvuhoone omanik lillede kasvatamise. Sellest alates on jõe ülemjooksul vähkide hulk suurenenud, kuid järves on neid endiselt vähe.

Tiit ei osanud seletada, miks vähkide hulk jões ei kahanenud võrdselt järvega.

Ringita õiged vastused!

Vähkide hulk jões ei kahanenud võrdselt järvega sellepärast, et ...

A. vähid jões on tugevama vastupanuvõimega kui vähid järves.

B. vähid eelistavad puhast vett.

C. vooluveekogude isepuhastusvõime on suurem, kui seisvas vees.

D. vooluveekogudes on organismide järglaste hulk suurem, kui seisvas vees.

10. Selgita oma sõnadega mõistet toiduahel veekogus!

11. Tiit ei osanud seletada, miks vähkide hulk jões ei kahanenud võrdselt järvega. Millise uurimisküsimuse võiks Tiit püstitada, et oma probleemile lahendus leida? Ringita õiged vastused!

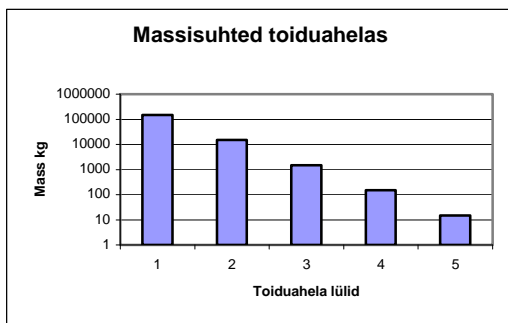
- A. Kuidas sõltub vähkide hulk veekogu reostusest?
- B. Millest sõltub veekogus elavate vähkide hulk?
- C. Kui kaua aega kulub vähkide arvukuse taastumiseks?
- D. Milline on vee voolamise mõju vähkide arvukusele?

12. Loe järgnevat teksti ja selgita ühe lausega, millistest lülidest koosneb toiduahel.

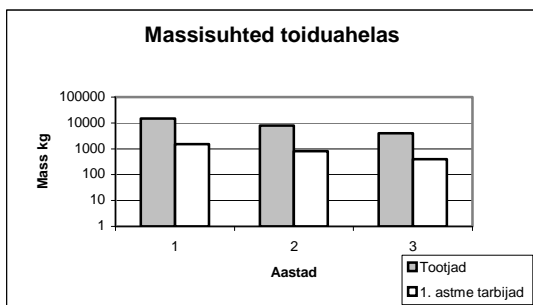
Toiduahel.

Peamised tootjad meie veekogude toiduahelas on taimed. Veetaimed järves on energia- ja aineriinge aluseks. Paljud veekogu loomadest nagu osad kalad, limused ja putukad saavad oma toidu otseselt veetaimedest. Tarbijad on organismid, mis saavad energiat oma elutegevuseks mõne teise organismi poolt valmistatud orgaanilisest ainest. Esimese astme tarbijad toituvad otseselt taimedest. Esimese astme tarbijatest toituvad järgmised toiduahela lülid.

13. Selgita tulpdiagrammi alusel, kuidas mõjub toiduahela teise lüli organismide massi kiire kahanemine neljandale lülile? Tulbad vastavalt: 1. veetaimed, 2. vesikirbud, 3. kogred, 4. ahvenad, 5. haugid.



14. Tulpdiagrammil on kujutatud 3 aasta jooksul veekogus tehtud mõõtmiste tulemusi. Milliseid järeldusi võib joonise põhjal teha toiduahelas olevate organismide kohta?

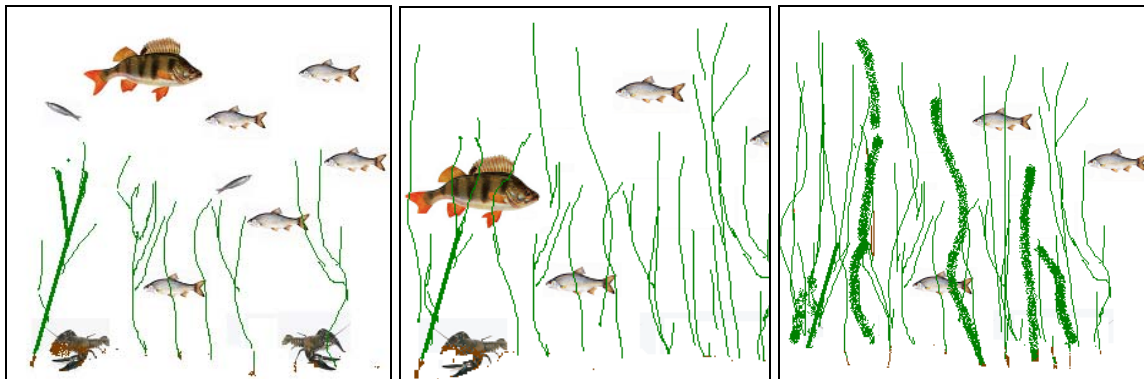


15. Selgita jooniste alusel, kuidas on veekogu reostamine mõjutanud tootjate ja tarbijate arvukust kolmel järjestikusel aastal!

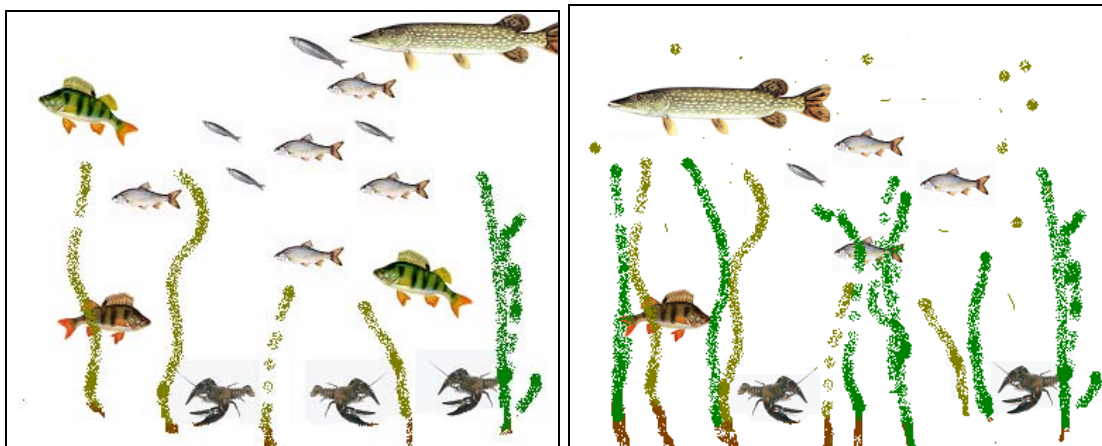
1. a

2. a

3. a



16. Joonistel 1 ja 2 on kujutatud veekogus elavate organismide arvukust kahel järgneval aastal. Ennusta, mida võiks näha kolmanda aasta mõõtmisi kujutaval pildil!



1. Organismide arvukus esimesel aastal

2. Organismide arvukus teisel aastal

3. Organismide arvukus kolmandal aastal

Semiotic Perspectives to the Students' Conceptual Development with the Virtual Inquiry in „Young Scientist“ Environment

Kai Pata

University of Tartu, Science Didactics Department
Tartu, Estonia
kpata@ut.ee

Margus Pedaste

University of Tartu, Science Didactics Department
Tartu, Estonia
pedaste@ut.ee

Evald Sepp

University of Tartu, Science Didactics Department
Tartu, Estonia
votteli@ut.ee

Abstract: It was investigated how students developed conceptually when performing inquiry learning in web-based simulation “Young Scientist”. Semiotic approach for analyzing information-processing with multiple representations in complex environment was proposed. The progress of 91 6th grade students' conceptual coherence on environmental issues with virtual inquiry was studied. What characterized students' conceptual coherence; how it influenced students' inquiry steps, and what the effect of virtual inquiry on students' conceptual development was, were studied. Three profiles of general conceptual coherence were described. The low level of students' initial conceptual coherence influenced students' effectiveness in the measurement taking phase with the web-based model; ineffective students in the measurement and inference phases showed less progress in their conceptual development.

Introduction

This paper proposes a semiotic approach for analyzing information-processing with multiple representations in complex inquiry learning environment “Young Scientist” (Pata, et al., in press). Complex inquiry learning environments are described as semiotic tools, focusing on certain critical factors that might limit knowledge transformations with them. Critical learning aspects in complex environments with multiple representations also suggest different view to the students' conceptual profile. The study analyses the development of students' general conceptual coherence as a result of learning in the complex web-based multi-representational inquiry settings. The implications to the semiotic view of learning settings and conceptual development are discussed.

Semiotic approach to complex instructional systems

Studies on learning from multiple representations focus on the role of semiotic systems in developing conceptual understanding (Duval, 2000; Ainsworth & van Labeke, 2004) and coherence (Seufert, 2002), applying the semiotic ideas of classifying different semiotic systems, developing learners' referential connections between systems, and with real world objects and phenomena (Seufert, 2002; van der Meij & deJong, 2003). In this paper the dynamic semiosis processes that appear between learner and learning materials, representing sign-systems that do not have complete mutual translability, are discussed. Sun, Williams and Liu (2003) emphasised that semiotics views knowledge not merely as an entity to be acquired but the process how we come to know. Deeley (2005) defined semiosis as a process of applying signs to understand some phenomena, reasoning from sign to sign, and intervention of new signs to make sense of some new experiences. This process involves translation acts between semiotic systems. According to Ch. S. Peirce, meaning in its primary sense is a translation of a sign into another system of signs (Eco, 2000). In Eco's (2000) interpretation signs are not fixed semiotic entities but rather the meeting ground for independent elements coming from different planes and meeting on the basis of coding

correlation. Lotman (1990) deepened the translation idea with the assumption that in majority of cases there are no mutual semantic correspondences between different semiotic systems. He assumed that if the two sides of a semiotic structure were perfectly mutually translatable then no new information would be created. The conditions for semantic enrichment and the creation of new meaning are established by the lack of fit between semiotic systems. Lotman considered the boundaries that we perceive between common and align contexts important triggers for translation to be initiated. Stecconi (2004) also attributed to the '*reference to difference*' as the condition for translations to occur, while the '*notion of similarity*' is a necessary condition for enabling the generation of equivalent relations between systems. Thus, learners should be provided with semiotically asymmetric learning materials and the learning sequences that presume crossing the borders between semiotic systems for constructing knowledge. It is not important merely to link the corresponding elements from several systems but also translate the elements of one system with the rules of another system, using the inferences of abduction to make the mutually non-corresponding elements equivalent (Stecconi, 1994).

Teaching process leads to the change in the students' conceptual profile, increasing relationships between some concepts and restricting the others. One possibility to enhance conceptual development is by inquiry learning approach. Inquiry-based learning is an instructional approach in which inquiry functions sense as a main vehicle for teaching and learning. Students formulate hypotheses, organize experiments, collect data and analyze the findings in order to solve problems like scientists (Martinello & Cook, 2000). In online learning environments an inquiry process is facilitated by knowledge transformation with various representations that support the inquiry. Students learn about inquiry and learn through inquiry, and develop their higher-order thinking skills and self-directed learning skills (Lim, 2004). Different elements of the learning system can help to broaden students' knowledge about the various contextual and representational aspects of concepts. Inquiry learning processes supported by computer-aided tools and materials provide conditions for semiosis to take place. Characteristic to authentic inquiry learning environments (see WISE, BGuILE, Young Scientist, etc.) is that: i) learners have an access to learning materials and activities in situational (problem statements) and/or theoretical (inquiry models, theory) contexts; ii) learning materials have different properties (iconic/symbolic, static/dynamic, expositive/manipulative etc.) that complement or constrain each other (Ainsworth, 1999); and iii) phases of the inquiry process are embedded into learning tasks (van Joolingen et al., 2005; Pata, et al., in press). The conditions for semiosis are developed if as a result of inquiry tasks learners perceive the presence of different semiotic systems in the learning environment, develop binary semiotic structures from these (see Lotman, 1990), and the perceived similarity in the binary semiotic structures initiates translation (see Stecconi, 2004).

In authentic learning environments the first type of binary semiotic space is formed between the concrete real-life problem situation and the theoretical inquiry context facilitating translation of situational information into abstract theoretical and back, in order to help learners in knowledge construction (Pata, et al., in press). Secondly, learning materials in verbal or visual format that provide the content of the inquiry develop binary situations for translating knowledge. Duval (2000) has suggested that in mathematical problem solving, where different kinds of representational systems are used simultaneously, students must be aware of several parallel semiotic systems, which possess specific ways of working. Solving mathematical problems requires the ability of changing the semiotic systems or bringing two systems together when translation happens either between congruent or non-congruent units of semiotic systems. According to van der Meij and deJong (2003), learner has to understand the semantics of each representation, and which parts of the domain are represented, relate the representations to each other if the representations are (partially) redundant, and translate between representations. Seufert (2003) assumes that the integration of information from different sources requires local coherence formation i.e. learners have to understand each of the representations, as well as, global coherence formation, which requires them to interconnect and translate between representations. Thirdly, the different stages of the inquiry process add additional complexity to the translation processes between different contextual and representational systems. Njoo and DeJong (1993), and van Joolingen et al. (2005) relate certain learning materials in the inquiry environment, meant for analysis of problem situation, hypothesis generation, experiment design, data interpretation, and drawing conclusions, with the function of facilitating transformative processes for constructing knowledge. As effective information processing in inquiry learning environments presumes translation acts, the question arises, which kind and how many simultaneous translation acts are required by certain learning systems to perform steps of the authentic inquiry.

Depending of the system, learners may have to operate within the same semiotic system or are forced to cross simultaneously several semiotic boundaries (e.g. situational-theoretical; verbal-visual or between different visual representations) during the same phase of the inquiry, when trying to relate knowledge concepts. The cognitive basis

of these semiotic translation operations might be explained with the theory of cognitive load. Sweller and Chandler (1994) identified the intellectual complexity of the instructions (e.g. inquiry procedures in learning environment), and the format of presenting the information (e.g. different semiotic systems in learning environment) as the two sources of extraneous cognitive load. It is suggested in this paper that the existence of different level semiotic boundaries within certain learning environments can serve as a source of extraneous cognitive load for some students during the inquiry, inhibiting them to construct knowledge at critical steps of the learning sequence. Several difficult steps of the inquiry are reported in the studies from authentic learning environments (Pata, et al., in press; van Joolingen, et al., 2005), suggesting problems in generating and adapting hypotheses, identifying the controlling variables from the information, generating data with the application of models, analyzing data, and generalizing the experimental results to solve the authentic problem, as the most difficult phases of the computer-based inquiry. All these activities require perceiving and crossing the semiotic boundaries. The lack of semiotic boundaries in instructional settings, however, may have negative influence on the semiotic knowledge creation. Cognitive load theory refers to this phenomenon as the germane cognitive load, which relates with enhancing processing and construction of schemas (Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Finally, intrinsic cognitive load, the inherent difficulties of learners in information processing (Chandler & Sweller, 1991) should be considered, when teaching for conceptual development in complex learning settings. Some learners might be unsuccessful in inquiry tasks because the cognitive load in certain phases of the inquiry, which suggest simultaneous crossing of several semiotic boundaries, is exceeding their information-processing capabilities.

Conceptual coherence as an indicator of conceptual development

Conceptual development is the gradual increase and restructuring of conceptual knowledge as understanding of the principles that govern the domain, and of the interrelations between pieces of knowledge in a domain. An important aspect of conceptual knowledge construction is developing conceptual coherence. General conceptual coherence is the basis of information-processing effectiveness when working in multi-representational authentic learning environments. This study resides on the complex understanding of the nature of general conceptual coherence, suggesting that conceptual, contextual and representational aspects should be considered as its parts (Savinainen, 2004). Only the complex and interrelated analysis of these aspects of conceptual coherence would reveal, whether learners would have difficulties in knowledge construction due to the intrinsic cognitive load.

One view to conceptual coherence assumes that it is a state of knowledge that constitutes of comprehensive system where all relevant concepts are connected (Thagard, 1997). Conceptual coherence is also the learner's information-processing property characterising the learner's ability of interrelating concepts (Thagard, 1997). Concepts are part of coherent belief systems – cohesiveness in relating concepts into one explanation framework is one aspect of conceptual coherence (Thagard, 1997). However, students can also build cohesive, but scientifically not approved explanation frameworks. Coherence of knowledge means accepting some conceptual representations and rejecting others in order to build the sound explanatory frame works for explaining something (Thagard & Kunda, 1998). The extent of cohesiveness with other concepts of the framework enables the learner to select only these concepts, which relate with this specific framework. *Conceptual coherence* is a matter of combining a set of concepts to make sense of situations or set of situations (Thagard, 1997). In authentic situations the set of everyday concepts would be activated compared with the theoretical situations where scientific concepts would prevail. *Contextual coherence* means that learners would be operating with the appropriate set of concepts, relating the everyday concepts with the theoretical ones, and could be using concepts in familiar but also in new contexts. Students must relate a concept to other concepts in order to be able of applying concepts in a variety of contexts, and differentiate that concept from related concepts (Savinainen, 2004). Contextual coherence is thus, the learner's ability of solving the problems presented at different contexts with the same interrelated set of concepts. This refers to another aspect of conceptual coherence, consistency of using the coherent conceptual framework. If being able of consistently answering situational questions with theoretical concepts and vice versa, the students would presumably have cohesive conceptual framework in two contexts. *Representational coherence* is an ability of connecting different verbal and visual representations of one concept (Savinainen, 2004). Seufert (2003) assumed, that if the representations complete or constrain each other, the student would comprehend the conceptual phenomena better, being able of constructing the knowledge frameworks, which constitute different representational aspects of the concepts. Representational coherence of concepts is always related with the situational or theoretical context, thus the three aspects of general conceptual coherence are interrelated and should be considered as one system in order to understand, which the learner's information-processing constraints are.

Three aspects were investigated in this study: What characterized students' conceptual coherence; how it influenced students' inquiry steps, and what was the effect of virtual inquiry on students' conceptual development.

Learning environment „Young Scientist“

A web-based inquiry learning environment “Young Scientist” (<http://bio.edu.ee/noor/>) (Fig. 1) was developed by the Educational Technology Workgroup of the Science Didactics Department of Tartu University. The “Young Scientist” provided the upper primary level (Forms 4-6) students with authentic problem situations and guided inquiry facilities for individual learning. The learning environment comprised inquiry learning cycles in science on topics ‘Earth in Space’ and ‘Human Body’ (Form 4), ‘Water’ and ‘Air’ (Form 5), ‘Garden and Field’ and ‘Lake and River’ (Form 6) that followed the Estonian National Curriculum. Each learning cycle consisted of 5 inquiry lessons, while each lesson has 4 variations with different levels of complexity to apply the integrated science process skills. Two lessons tested with students in the frames of this study were *Food-chains* from the ‘Lake and River’ cycle. The inquiry lessons with the simplest and medium complexity level were selected for the study.



Figure 1: Two screenshots of the 2nd and 3rd subtask of the inquiry learning environment “Young Scientist”

After the registration to the web-based learning environment learners could open the inquiry task chosen by the teacher. In this study cycle learners were taken to a virtual lake. The animated water body screenshot served as the background during the whole learning task providing the situated context. The screen of the “Young Scientist” was divided into the areas for studying and scaffolding. Subtasks were presented on the upper area of the screen, and scaffolding on the bottom. In each subtask page students could select a correct reply from multiple choice answers, and open different learning materials. The order of multiple-choice questions was randomly pooled from the database of the “Young Scientist” ensuring that each learner in the classroom could get the choices differently. The inquiry was to be performed with the dynamic web-based model. Scaffolding area provided students with the facility of asking cognitive or metacognitive support from the Professor. From this area students could open different pages that were necessary for solving certain steps of the inquiry procedures. Before submitting their final replies in each subtask, students were always prompted automatically to revise their answers, and if necessary, to get support from the Professor. After submitting the answers, feedback notes opened and students could see whether their answers were correct and what was wrong. The feedback also contained assessment – students got points for each subtask. The content of the personalized feedback was pooled from the database of the “Young Scientist” that recorded the whole activity of each student. The technical help could be obtained from the lower left corner of the screen. Learners could also get support about the technical usability of the model.

The elements of the inquiry subtasks of the “Young Scientist” enabled of creating several binary spaces for knowledge translation (e.g. from real-life to theoretical context, from verbal to visual representations, between different types of visual representations). Therefore, the possibility for the formation of the semiosphere for authentic inquiry was opened for learners. Table 1 presents the subtasks of the learning activity on the basis of its' semiotic properties. It was presumed, that simultaneous translations across several semiotic boundaries in subtasks might serve as the source of the extraneous cognitive load, however some of these boundaries are necessary to create the conditions for knowledge construction and the germane cognitive load.

Table 1: Subtasks of the learning activity on the basis of its' semiotic properties

Subtask	Activity description	Learning materials	Semiotic properties
Guess the problem answer	Read the problem (<i>Why did the perch perish from the lake?</i>) or look its animation and make a guess about the problem answer.	Problem situation text in everyday context. Situational problem animation in everyday context. <i>Both text and animation presented same data to formulate the research question.</i>	The situational problem, presented in textual format, was to be answered by using information presented in: a) everyday context in textual format (no crossing of semiotic boundaries); b) everyday context in visual format (crossing the semiotic boundary between visual and verbal representations).
Formulate the research question	Identify the factors that influenced the problem situation and construct a theoretical research question (<i>How does the abundance of acerin influence the abundance of perch?</i>).	Problem situation text in everyday context. Situational problem animation in everyday context. Theoretical information about the problem (<i>presented additional information, but no data to solve the problem or formulate the research question</i>).	The theoretical research question in textual format was to be formulated on the basis of information presented in: a) everyday context in textual format (crossing the semiotic boundary between everyday and theoretical contexts); b) everyday context in visual format (crossing the semiotic boundaries between visual and verbal representations, and everyday and theoretical contexts); c) theoretical context in textual format (no crossing of semiotic boundaries).
Explore with the model	Using the dataset presented in the table, measure with the model the influence of total mass of acerin on the total mass of perch. Record the data in the table and calculate the abundance of fish by using the average body mass of the acerin and perch.	Situational web-based dynamic model. Abstract table with actual dataset.	Research data were to be collected and calculated in an abstract visual format in the table by using: a) everyday model in dynamic visual format (crossing the semiotic boundaries between dynamic visual and abstract visual representations, crossing the semiotic boundaries between everyday and theoretical contexts).
Transform visual data	Identify the appropriate graphical representation of your dataset in table.	Abstract table with actual dataset. Abstract correct and wrong graphs with actual dataset.	The relevant graphical representation in abstract visual format was to be found on the basis of: a) abstract table in visual format (crossing the semiotic boundaries between two different abstract visual representations).
Infer from visual data	Synthesize an answer to the theoretical research question by using a graphical representation of your experimental measurements. On the basis of the graph generalize the results and make predictions of the future states of fish abundance.	Abstract correct graph with actual dataset.	Theoretical inferences in textual representation were to be made on the basis of: a) abstract graph in visual representation (crossing the semiotic boundaries between abstract visual and theoretical textual representations).
Generalize in situational context	Generalize experimental inferences back to the initial everyday context and solve the problem. Find an answer to the similar question in situated context.	Theoretical information about the problem. Problem situation text in everyday context. Situational problem animation in everyday context. <i>The answer to the problem had to be made on the basis of experimental results and not using the presented information.</i>	Situational problem, presented in textual representation, was to be answered by using: a) theoretical information from the previous experiment (crossing the semiotic boundary between everyday and theoretical contexts); b) information presented in situated context in textual format (no crossing of semiotic boundaries); c) information presented in everyday context in visual format (crossing the semiotic boundary between visual and verbal representations); d) information presented in theoretical context in textual format (no crossing semiotic boundary between everyday and theoretical contexts).

Procedures

The participants of the study were 91 Estonian students, aged 12-13 from Form 6. Two inquiry lessons with a learning environment “Young Scientist” were conducted as a part of students’ regular science studies in spring 2006. Before the inquiry tasks, the concepts related to the topics of the study were learned in ordinary science lessons. The inquiry lessons took place in the school computer-lab with the interval of one week. Each student was seated individually and could work in a web-based environment. The science teacher observed students’ performance but did not provide any guidance in the virtual environment.

The open-ended questionnaire was developed for measuring students’ general conceptual coherence before and after the activity in contextual (everyday and theoretical) and representational (textual and visual) dimensions. The questionnaire consisted of 16 tasks in different combinations of representational and contextual translation possibilities, using the same conceptual framework (see Table 2). These questions measured the consistency of students’ knowledge in the conditions of semiotic translation. The correctness of students’ knowledge (correct, partly correct, wrong, no answer), their contextual translation operation types (everyday→everyday, theoretical→theoretical, theoretical→everyday, everyday→theoretical), and their representational translation operation types (textual→textual, textual→visual and vice versa) were separately categorised from the questionnaire. Conceptual coherence groups, differing from each other in the dimensions of correctness and connectedness of conceptions about food chains within and between everyday and scientific context in textual and visual representation formats, were distinguished with k-means clustering of pre- and post-questionnaire items. Students’ movement between conceptual coherence clusters, as a result of learning in “Young Scientist”, were demonstrated with cross-tabulation and Chi square analysis. Points for completed subtasks during the inquiry were collected automatically from the “Young Scientist” environment. To investigate the relationships between the students’ inquiry performance and their general conceptual coherence level, two ANOVA analyses were performed with students’ class belonging to the initial and final conceptual coherence clusters. Statistical analyses were performed with SPSS 15.0.

Table 2: Semiotic basis of the questionnaire structure

Nr.	Questions (images, graphs and the original problem story are not presented).	Semiotic transformations when answering to the task
1	Explain why the number of pike always is lower than the number of crucian carp.	From everyday to everyday/theoretical context
2	Explain how the food chain would change if most of the full-grown pike were caught from the water-body.	From everyday to everyday/theoretical context
3	Explain why there are always more producers than consumers in the water-bodies.	From theoretical to everyday/theoretical context
4	Explain the concept “food-chain”.	From theoretical to everyday/theoretical context
5	On the basis of image, explain who eats who in the water-body (image).	From everyday to everyday/theoretical context, from textual to visual representation
6	The food-chain is composed of the following organisms: perch, phytoplankton, pike, minnow, and daphnia. Circle the correct food-chain image and explain your choice considering energy transfer.	From everyday to theoretical context, from textual to visual representation
7	The mass of minnow is 10 times lower than the mass of phytoplankton. Circle the bar graph, which is in accordance with this claim, and explain your choice.	From theoretical to everyday/theoretical context, from textual to visual representation
8	The bar graph illustrates the mass of different water organisms – perch, crucian carp, pike, algae and daphnia – in the water-body. Relate the food chain components from the graph with the named groups of organisms.	From theoretical to everyday context, from textual to visual representation
9	Read the authentic problem story, and circle the correct hypothesis.	From everyday to everyday/theoretical context
10	On the basis of authentic problem story, circle the correct research	From everyday to

	question.	everyday/theoretical context
11	Read the following theoretical text , and form the list of the components of the food chain.	From theoretical to everyday/theoretical context
12	The research data has demonstrated that in each trophic level of the food-chain the mass of organisms is ten time lower than in the previous level. Relying on this information, form the list of organisms (pike, algae, perch, acerin) with the increasing mass order.	From theoretical to everyday context
13	On the basis of two images from the following years, describe the abundance of depicted water organisms on the third year.	From everyday to theoretical context, from textual to visual representation
14	On the basis of three images describing the abundance of water organisms in the water-body at three following years, explain how the pollution has influenced the abundance of producers and consumers.	From everyday to theoretical context, from textual to visual representation
15	The bar diagram depicts the mass of producers and first order consumers in the water-body at three following years. Which inferences can you make about the organisms of the food-chain, relying on this dataset?	From theoretical to everyday context, from textual to visual representation
16	Relying on the bar diagram demonstrating the mass-relationships in the food-chain (without organism labels under the bars), explain, how does the rapid decrease of the organisms from the second trophic level influence the organisms at fourth trophic level. The legend of the bars: 1. phytoplankton, 2. daphnia, 3. crucian carp, 4. perch, 5. pike.	From theoretical to everyday/theoretical context, from textual to visual representation

Results and analysis

It was found with K-means analysis that students could be clustered into three groups of general conceptual coherence, which differed from each other significantly ($p < 0.001$) according to the correctness, contextual and representational transfer combinations in all questions except Q 6. Characteristic was that the students with *high general conceptual coherence* (N=126) were able of changing the context of their answers from everyday to theoretical context and backwards, but in many cases they still wrote answers in the same (either everyday or theoretical) context (Q 14; 9-12) as presented in the question. They also could answer mainly correctly to the questions, which presumed simultaneous contextual and representational change, making two semiotic translations at the same time (Q 5-8; 13-16). Students with *medium general conceptual coherence* (N=38) were similar to the first group, except their answers were more often partly correct, and they were not able of answering correctly to the Q16, which presumed two semiotic translations, and was cognitively most demanding, requiring the complex higher order reasoning skills. They also gave more answers in everyday context, compared with the first group. Students with the *low general conceptual coherence* (N=18) had problems of answering correctly to most of the questions. They answered to the questions, which presumed contextual change, primarily with everyday explanations, and had difficulties in doing the representational translations, and the two simultaneous translations between the contexts and representations. These types of students' general conceptual coherence were used as the indirect indicators of their intrinsic cognitive load, when solving the tasks.

Cross tabulation and Chi square analysis with students' general conceptual coherence types before and after the inquiry learning activity demonstrated, that students with low conceptual coherence level developed significantly ($\chi^2 = 24.064$, $df = 4$, $p < 0.001$) towards the medium, but not to the high level of coherence. Students at medium general conceptual development level developed further to the high conceptual coherence type, however there were more students than expected, who did not progress further from the medium level. This indicated that complex learning environment „Young Scientist“ had different influence to the students' conceptual coherence development, which depended of their inherent cognitive processing abilities with conceptual data.

For investigating, what the role of initial general conceptual coherence on the students' effectiveness in solving the inquiry subtasks, requiring semiotic translations between contexts and representations, was, the ANOVA analysis was performed, comparing the means of inquiry subtasks in three student groups with different initial conceptual

coherence. It appeared (see Table 3) that in both inquiry lessons the subtask of *collecting data with web-based model for solving the research question* was the most difficult one for students with low conceptual coherence compared with other students ($p < 0.05$). This task required crossing the semiotic boundaries between the dynamic visual elements on the model presented in everyday context, and the abstract visual representations of the table (see Fig. 1), requiring continuous translations. However, these difficulties might have also been caused by students' lack of measuring skills, when reading the scale or table. In the light of cognitive load theory we could assume that students with information-processing difficulties and high intrinsic cognitive load might have faced information processing problems with the inquiry subtask that contained extraneous cognitive load, however, for the students who were at medium or high level of general conceptual coherence, the intrinsic load was not an obstacle of processing the model task as one with moderate extraneous cognitive load.

Table 3: ANOVA results of students' progress in inquiry subtasks according to the conceptual coherence clusters before studying in two inquiry lessons

Inquiry steps (max credits)		ANOVA results according to the conceptual coherence clusters before							
		mean	F	df	p	mean	F	df	p
Guess the problem answer (5 p.)	High	2.45	1.166	2	0.317	2.28	0.125	2	0.882
	Medium	2.50				2.40			
	Low	1.11				1.88			
Formulate the research question (10 p.)	High	6.60	0.138	2	0.871	4.96	0.781	2	0.462
	Medium	6.77				5.95			
	Low	7.11				4.71			
Explore with the model (10 p.)	High	6.09	3.173	2	0.048*	6.76	4.454	2	0.015*
	Medium	5.09				5.40			
	Low	3.22				3.43			
Transform visual data (5 p.)	High	3.34	1.185	2	0.311	4.52	2.700	2	0.075
	Medium	2.36				3.32			
	Low	3.33				3.57			
Infer from visual data (20 p.)	High	7.19	2.658	2	0.077	12.16	2.322	2	0.106
	Medium	6.18				9.37			
	Low	3.22				7.86			
Generalize in situational context (15 p.)	High	9.53	3.033	2	0.054	7.48	1.284	2	0.284
	Medium	8.09				6.95			
	Low	5.78				5.14			

Table 4 presents ANOVA analysis results of the mean differences in students' effectiveness of solving inquiry subtasks in two lessons according to their measured conceptual coherence levels after the inquiry. These results indicated that the extraneous cognitive load, caused by some inquiry subtasks, might have influenced students' final general conceptual coherence levels more than did their initial levels and intrinsic cognitive load. Students who managed to reach the high or medium general conceptual coherence level after the two inquiry lessons in „Young Scientist“, performed significantly better in the subtasks of: *guessing the answer to the situational problem* (Lesson 1), *exploring with the model* (1 & 2), *transforming data from table to the graph format* (2), *inferring from visual data* (1 & 2), and *generalizing the inquiry results back to the situational problem context* (1 & 2). All these inquiry subtasks required that students generated for themselves semiotic boundaries, when interpreting the presented learning materials in the contextual and representational conditions of the task. The perception of these boundaries was especially necessary in the inquiry subtasks of *collecting data with the model for answering the research question*, *inferring from the graph presenting the collected dataset*, and *generalizing the theoretical results back to the situational context for solving the initial problem*. These semiotic boundaries, that increased the translation situations for knowledge creation, could be interpreted as the source of germane cognitive load, which could have enhanced students' conceptual development. The results of students' progress in the two inquiry lessons revealed also some constraints of learning in web-based inquiry systems. The students' mean progress in inquiry subtasks, compared with their possible development, was not considerable. In spite of the fact that lesson 2 required more complex analytical skills with graphs than lesson 1, all groups of conceptual coherence made advancements mostly in the subtask of inferring the research question answer from the graph data.

Table 4: ANOVA results of students' progress in inquiry subtasks according to the conceptual coherence clusters after studying in two inquiry lessons

Inquiry steps (max credits)		ANOVA results according to the conceptual coherence clusters after							
		mean	F	df	p	mean	F	df	p
Guess the problem answer (5 p.)	High	2.71	3.725	2	0.029*	2.19	1.293	2	0.281
	Medium	1.50				3.30			
	Low	0.56				1.43			
Formulate the research question (10 p.)	High	6.83	1.106	2	0.336	5.23	0.416	2	0.661
	Medium	7.10				5.70			
	Low	5.44				4.29			
Explore with the model (10 p.)	High	6.03	5.240	2	0.007*	6.75	7.142	2	0.002*
	Medium	4.90				4.40			
	Low	2.44				3.00			
Transform visual data (5 p.)	High	3.29	0.982	2	0.379	4.51	4.871	2	0.011*
	Medium	2.25				2.80			
	Low	2.22				2.86			
Infer from visual data (20 p.)	High	7.10	4.238	2	0.018*	12.13	4.005	2	0.023*
	Medium	6.40				7.50			
	Low	2.22				7.14			
Generalize in situational context (15 p.)	High	9.46	4.452	2	0.015*	7.42	7.617	2	0.001*
	Medium	7.40				8.30			
	Low	5.11				2.17			

Conclusions

This paper presented a framework of analysing complex inquiry learning environments from the semiosis perspective, relating the semiotic translation aspects of the learning environment “Young Scientist” with the extraneous and germane cognitive load that might hinder or support learner’s conceptual development with these systems. It also presented the framework of analysing students’ general conceptual coherence as the indicator of their intrinsic cognitive load and inherent difficulties in information processing. This study enabled to bring out several aspects, why some students might be showing no conceptual development, when using complex learning environments for inquiry, and which might be the constraints of their actions in the learning environment. The planned experiments with the same research design in “Young Scientist”, using additional measurement instruments during the inquiry would clarify, what information do students notice in certain learning materials in the inquiry subtasks, and how do they interpret it conceptually, thereby creating or not creating semiotic translation boundaries and germane cognitive load for themselves.

Acknowledgements

This study was funded by the Estonian Science Foundation grant 6612 and Ministry of Education and Research basic funding 0182542s05. The participation of the members of the Educational Technology Workgroup of the Science Didactics Department of Tartu University in the development of the “Young Scientist” is acknowledged.

References

- Ainsworth, S. E. (1999). The functions of multiple representations. *Computers and Education*, 33, 131–152.
- Ainsworth, S. E., & van Labeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14, 241–255.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction* 8 (4), 293–332.
- Deeley, J. (2005). *Basics of semiotics. Fourth edition*. Tartu: Tartu University Press.

- Duval, R. (2000). Representation, vision and visualization: cognitive functions in mathematical thinking. Basic issues for learning. In F. Hitt and M. Santos (Eds.), *Proceeding of the 21st Annual Meeting of the North American Chapter of the International group for the Psychology of Mathematics Education*, (pp. 3–26).
- Eco, U. (2000). *Experiences in translation*. Toronto: Toronto University Press.
- van Joolingen, W. R., deJong, T., Lazonder, A. W., Savelsbergh, E. R., & Manlove, S. (2005). Co-Lab: research and development of an online learning environment for collaborative discovery learning. *Computers in Human Behaviour*, 21, 671–688.
- Lim, B-R. (2004). Challenges and issues in desining inguiry on the Web. *British Journal of Educational Technology*, 35, 627–643.
- Lotman, Y. 1990, *Universe of the Mind: A Semiotic Theory of Culture*, Ed. and trans. A. Shukman. Bloomington, IN: Indiana University Press.
- van der Meij, J., & de Jong, T. (2003). Learning with multiple representations. Supporting students’ translation between representations in a simulation-based learning environment. *Paper presented at the EARLI conference 2003, Padoua, Italy, August 26th*.
- Martinello, M., & Cook, G. (2000). *Interdisciplinary inquiry in teaching and learning* (2nd ed.). Pearson Education, NJ: Upper Saddle River.
- Njoo, M., & de Jong, T. (1993). Supporting exploratory learning by offering structured overviews of hypotheses. In: C. Towne, T. de Jong, & H. Spada, *Simulation-based experiential learning* (pp. 207–225). Berlin: Springer-Verlag.
- Pata, K., Pedaste, M., & Sarapuu, T. (in press). The formation of learners’ semiosphere by authentic inquiry with an integrated learning object “Young Scientist”. *Computers and Education*.
- Savinainen, A. (2004). High school students ‘ conceptual coherence in the case of the force concept. *Dissertations 41, Department of Physics, University of Joensuu*.
- Seufert, T. (2002). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *In proceedings of International Workshop on Dynamic Visualizations and Learning*. Knowledge Media Research Center (KMRC), Tübingen, Germany, July, 18.-19., 2002.
- Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13, 227–237
- Seufert, T. (2003). Training and situational help for coherence formation in learning with multiple representations. *Paper presented at the EARLI conference 2003, Padoua, Italy, August 26th*.
- Stecconi, U. (1994). Peirce’s semiotics for translation. In P. Soukup, & R. Hodgson (Eds.), *Fidelity and Translation* (pp. 249–261). Franklin, WI: Sheed & Ward.
- Stecconi, U. (2004). Interpretive semiotics and translation theory: The semiotic conditions to translation. *Semiotica*, 150(1/4), 471–489.
- Sun, L., Williams, S., & Liu, K. (2003). Knowledge construction in e-Learning: designing an e-Learning environment. *In Proceedings of the 5th International Conference on Enterprise Information Systems* (pp. 111–118). Angers, France, April 22-26, 2003.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12, 185–233.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review* 10, 251–296.
- Thagard, P. (1997). Coherent and creative conceptual combinations. In T. B. Ward, S. M. Smith, & J. Viad (Eds.), *Creative thought: An investigation of conceptual structures and processes* (pp. 129–141). Washington D.C.: American Psychological Association.
- Thagard, P., & Kunda, Z. (1998). Making sense of people: Coherence mechanisms. In S. J. Read, & L. C. Miller (Eds.), *Connectionist models of social reasoning and social behavior* (pp. 3–26). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

E v a l d S e p p

Tartu Ülikooli bioloogia didaktika magistrant

K a i P a t a

PhD, Tartu Ülikooli loodusteadusliku hariduse lektoraadi vanemteadur

Uurimisvaldkond: haridustehnoloogia loodusteadustes

M a r g u s P e d a s t e

PhD, Tartu Ülikooli loodusteadusliku hariduse lektoraadi teadur

Uurimisvaldkond: haridustehnoloogia loodusteadustes

Sidususe arendamine õpisimulatsiooniga

RESÜMEE

Kontseptuaalse sidususe kujunemine veebipõhise uurimisõpikeskkonna „Noor loodusuurija” abil

Uuringus lähtutakse teoreetilisest seisukohast, et üldine kontseptuaalne sidusus on õpilaste oskus seostada mõisteid eri kontekstis ja esitusviisides. Uurides sooviti kindlaks teha, kuidas areneb õpilaste kontseptuaalne sidusus veebipõhise uurimisõpikeskkonna „Noor loodusuurija” mõjul. Oletati, et „Noor loodusuurija” mõjutab ühelt poolt kontseptuaalse sidususe kujunemist ja teiselt poolt avaldab õpilase kontseptuaalse sidususe tase mõju õpikeskkonna ülesannete lahendamise tulemuslikkusele.

Katses osales 91 kuuenda klassi õpilast. Õpiprogramm võimaldas salvestada uurimistegevuse edukust uurimise eri etappides. Vabavastuselise eel- ja järelküsimustiku abil uuriti, milline on õpilaste

kontseptuaalne sidusus; kuidas see mõjutab uurimistegevust ja milline on sidususe mõju õpilaste arengule veebipõhise õpiprogrammi ülesannete uurimisetappides. Vastused kategoriseeriti õigsuse ning mõistete kontekstilise ja esitusviisilise seostamise oskuse alusel ning leiti K-keskmiste analüüsi abil kolm iseloomulikku kontseptuaalse sidususe rühma, mis erisid üksteisest eri kontekstis ja esitusviisil mõistete seostamise oskuse poolest.

χ^2 -analüüsiga näidati, et madala ja keskmise kontseptuaalse sidususega õpilased saavutasid pärast uurimistegevust kõrgema üldise kontseptuaalse sidususe.

ANOVA-analüüs viitas, et madala kontseptuaalse sidususega õpilastel oli veebipõhise mudeliga raske töötada tõenäoliselt

seetõttu, et mudel eeldab mõistete mitmekordset kontekstilist ja esitusviisilist ülekannet. Õpilased, kes jäid pärast uurimistegevust üldise kontseptuaalse sidususe madalale tasemele, olid vähem edukad ka ülesannetes, mis nõudsid tööd mudeliga ja mõtlemistulemuste seostamist diagrammiga.

Töö tulemused näitavad, et komplekssetes õpikeskkondades tuleb erineva kontseptuaalse sidususega õpilaste edukuse tagamiseks diferentseeritumalt arvestada, mil määral sisaldavad uurimisülesanded vajadust osata seostada teadmisi eri kontekstis ja esitusviisides.

Märksõnad: kontseptuaalne sidusus, uurimisõpe, veebipõhised simulatsioonikeskkonnad.

1. Sissejuhatus

Artikkel käsitleb õpetamise seisukohast olulist aspekti – üldise kontseptuaalse sidususe kujunemist. Ehkki uuring on läbi viidud õpikeskkonnas „Noor loodusuurija”, on järeldused kasutatavad õpetamisel palju laiemalt – sidususe kujundamisel on oluline roll nii õppematerjalides esitatavate küsimuste kui ka õpilastele jagatavate materjalide kontekstil ja esitusviisil. Artiklis tutvustame käimasolevat uurimust, milles uuriti sidususe kujunemist veekogu toiduahela teemaliste mõistete vahel veebipõhise uurimisõpikeskkonna „Noor loodusuurija” rakendamisel.

Õpikeskkond „Noor loodusuurija” (<http://bio.edu.ee/noor/>) on koostatud Tartu Ülikooli loodusteadusliku hariduse lektoraadis uurimisoskuste arendamiseks 4.–6. klassi loodusõpetuses (Pedaste jt 2005). Uurimus on ajendatud asjaolust, et õpilastel esineb loodusteaduslikes õppeainetes probleeme mõistete seostamisel ja mõisteid kirjeldatakse valesti (Rannikmäe 2005, 8–9). Võib oletada, et kui tekivad probleemid mõistete selgitamisel või neist arusaamisest, ei suuda õpilased sama mõistet kasutada ka erinevates kontekstides ja esitusviisides, mistõttu on raskendatud nende uurimistegevus. Õpiprogramm „Noor loodusuurija” sisaldab komponente, mis aitavad kaasa sidususe kujunemisele, käsitledes sama mõistete kompleksiga arutlemist erinevas kontekstis ja esitusviisides. Uuringus eeldati, et „Noor loodusuurija” mõjutab ühelt poolt kontseptuaalse sidususe kujunemist ja teiselt poolt avaldab õpilaste kontseptuaalse sidususe esialgne tase mõju nende õpikeskkonna kasutamise efektiivsusele. Näiteks Rätsep (2005, 43–44) on leidnud, et „Noor loodusuurija” aitas kaasa õpilaste seostamisoskuse kujunemisele. Samas on vähe uuritud kontseptuaalse sidususe eri komponentide kujunemise seaduspärasusi arvuti-keskkonnas õppides.

1.1. Kontseptuaalne sidusus

Keskkonnaalast kontseptuaalset sidusust on Eestis vähe uuritud. Varasemad uuringud käsitlevad kontseptuaalse sidususe kujunemist füüsika näitel (Savinainen 2004, 25–27). *Kontseptuaalne sidusus* on omadus, mis iseloomustab ini-

mese teadmiste olemust ja nende rakendamist (Thagard 1997, 129–141). Üldise kontseptuaalse sidususe olemuse kirjeldamisel võib eristada kolme olulist aspekti: *kontseptuaalset* ehk *mõistelist*, *kontekstist* ehk *situatsiooniga seonduvat* ja *representatsioonilist* ehk *esitusviisist tulenevat*, sest mõisted esinevad alati mingis kontekstis ja on teatud esitusviisiga (Savinainen 2004, 25–27).

Kontseptuaalne ehk *mõisteline sidusus* on mõistete seostamisoskust iseloomustav omadus (Thagard 1997, 129–141). Kontseptuaalse sidususe esinemist iseloomustab inimese suutlikkus mingi nähtuse seletamisel seostada omandatud mõisteid omavahel sidusaks süsteemiks ning lisada sinna ka uusi mõisteid nii, et süsteemi sidusus ei kaoks (Thagard 1997, 129–141). Õpilane, kellel pole kontseptuaalset sidusust, ei suuda nähtust seletades seostada omavahel kokkukuuluvaid mõisteid ja eristada mõisteid, mis antud nähtusega ei seostu. Näiteks põhjendades, miks on haugide arvukus veekogus enamasti väiksem kokrede arvukusest, vastab laps, et *kogred toituvad tervislikult, aga haugid on röövkalad*. Eespool toodud näites võrdsustab laps *tervislikku toitumist toitumisega taimedest*, samas ei sobi mõiste *tervislik toitumine* antud nähtuse selgitamiseks ja laps ei anna ka küsimusele ammendavat vastust.

Thagard ja Kunda (1998, 2) on väitnud, et mingi nähtuse selgitamisel seotakse mõistevõrgustiku elemendid omavahel, kui nende vahel puuduvad õpilase jaoks vasturääkivused. Nii võivad kujuneda täiesti õiged sidusad mõistesüsteemid, aga ka täiesti valed, kuid sidusad süsteemid või süsteemid, mis koosnevad nii õigetest kui ka valedest mõistetest. Viimased on lapse jaoks sidusad, kuid mingi nähtuse selgitamiseks teaduslikust seisukohast mittesidusad. Sidususe olemasolu teadmistes võimaldab jagada mõisteid sobivaks ja mittesobivaks olenevalt nähtusest, mida tuleb selgitada. Mõisted, millest selgitusi moodustatakse, jagab õpilane kaheks: aktsepteeritavad ja tema jaoks antud mõistesüsteemi sobivad mõisted liidetakse süsteemiga, nähtuse selgitamiseks ebasobivad „tõugatakse” eemale (Thagard & Kunda 1998, 2).

Infost arusaamine ning selles esitatud elementide seostamine oleneb informatsiooni esitamise keerukusest. Info esitusviis on alati kontekstualiseeritud kas igapäevaelulisse või teoreetilisse taustsüsteemi. Igapäevaeluline kontekst koosneb igapäevaelulistest mõistetest (käesolevas uurimuses nt *taimed*, *kalad*, *ahven*, *haug*), teoreetiline kontekst seevastu abstraktsetest mõistest (nt *tootjad*, *tarbijad*, *toiduahel*), mida saab kasutada vaid juhul, kui teatakse nende tähendust.

Savinainen (2004, 25–27) järgi tähendab *kontekstiline* e *situatsiooniga seonduv sidusus* seda, et õpilane suudab mingi nähtuse selgitamisel seostada mõisteid omavahel nii igapäevaelulise konteksti piires (nt *kalad kasutavad veetaimedest toiduks 150 kilogrammi*) kui ka teoreetilise konteksti piires (nt *tarbijad kasutavad tootjate massist toiduks 150 kilogrammi*) ning moodustada kummaski kontekstis esitatud samade mõistete vahel seoseid (*kala on tarbija, veetaim on tootja*). Kontekstiline sidusus on ka oskus anda erinevas kontekstis esitatud ülesannetele vastuseid samade omavahel seotud mõistete abil. Näiteks mõisteid *tootja* ja *tarbija* kasutatakse nii küsimusele *Kuidas sõltub kalade arvukus veekogus veetaimedest?* kui ka küsimusele *Millised seosed on organismide vahel veekogu ökosüsteemis?* vastamisel. Niisugusel juhul omab õpilane järjepidevust (*consistency*) kasutada teatud mõisteid sidusalt. Kontekstilise sidususe olemasolu näitab ka see, kui õpilane vastab igapäevaeluliselt sõnastatud küsimusele teoreetilisi mõisteid kasutades ja vastupidi, suudab teoreetilisele küsimusele vastates kasutada ka lihtsamaid mõisteid, mis on teoreetiliste mõistete sünonüümid.

Representatsiooniline ehk *esitusviisiline sidusus* on võime mõista ja töödelda sidusalt seotud süsteemina sama nähtust kirjeldavat visuaalset (pildid, diagrammid, joonised) ja verbaalset (suuline või kirjalik tekstilise info edasiandmine) informatsiooni (Savinainen 2004, 25–27; Seufert 2003, 228). Paljusid nähtusi saab kirjeldada samas kontekstis, muutes vaid nende esitusviisi. Näiteks on lause *Järves elavad ahve-*

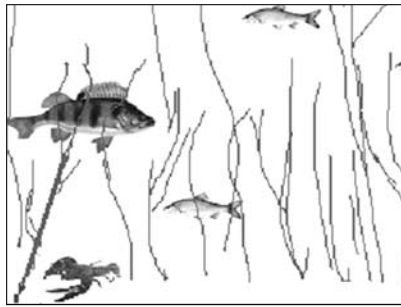
nad ja särjed igapäevaelulises kontekstis ja tekstilise esitusviisiga. Joonisel 1 kujutatakse sama informatsiooni konteksti muutmata, kuid visuaalse esitusviisiga. Fakti, et veekogus elab alati rohkem tootjaid kui tarbijaid, saab samuti esitada nii verbaalselt kui ka abstraktse diagrammina (vt joonis 2), mõlemal juhul on kontekst teoreetiline ja erinevused vaid esitusviisis.

On väidetud, et verbaalne esitusviis sobib paremini nähtuse abstraktse sisu kirjeldamiseks (Seufert 2003, 227). Verbaalsest esitusviisist arusaamine eeldab nähtuse selgitamisel sobivate mõistete seostamist ühtseks süsteemiks (Seufert 2003, 228). Nähtuse olulisi aspekte on võimalik esitada ka staatiliste illustratsioonidena, mis aitavad edastada nähtuse olemust, või näiteks diagrammidena, mis toovad välja olulisi seoseid. Visuaalsed esitusviisid võivad sama sisu korral lihtsustada tekstilise esitusviisi mõistmist (Lowe 2004, 258). Representatsiooniline sidusus on õpilasel arenenud juhul, kui ta suudab nähtust selgitada ja mõista seda eri esitusviiside ja konteksti korral (Savinainen 2004, 25–27). Seufert (2003, 228) on väitnud, et kui esitusviisid täiendavad ja piiritlevad üksteist, võimaldavad need õpilasel nähtust mõista erinevatest vaatenurkadest, sidudes mõisteid konteksti ja esitusviisiga, mille tulemusena tekib sidus konstruktiooniteadmistest.

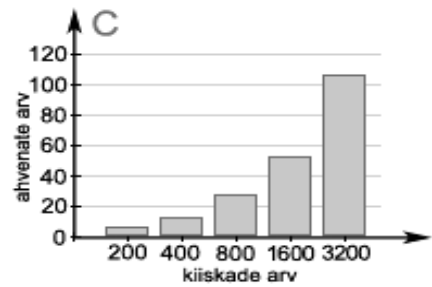
Käesolevas uurimuses käsitletakse üldist kontseptuaalset sidusust kui oskust seostada mõisteid eri kontekstis ja esitusviisides. Nähtuse kontekst aktiveerib igapäevaelulisi või teaduslikke teadmiste võrgustikke nii verbaalses kui ka visuaalses vormis. Kontseptuaalne sidusus esineb õpilasel juhul, kui ta mingi nähtuse kirjeldamisel näeb mõistete vahel seoseid eri esitusviisides ja kontekstis.

1.2. Kontseptuaalse sidususe arendamine õpikeskkonnaga „Noor loodusuurija”

Uurimisõpe ajendab õpilasi probleeme märkama, sõnastama hüpoteese, planeerima nende kontrollimiseks uurimiskeeme, läbi viima uurimust, otsima tõendeid, määratlema nende endi edasijõudmist ja andma ülevaadet uurimis-



Joonis 1. Visuaalne esitusviis igapäevaelulises kontekstis.



Joonis 2. Visuaalne esitusviis teoreetilises kontekstis.

Teooria

Veekogu talmsel ajal on oluline osa sellele elukeskkonnale kujundamisel. Taimed eritavad fotosünteesil vette hapnikku ning moodustavad vees lahustunud ainetest keerulisemad toitained. Hapniku ja toitainete hulgast sõltub millised organismid järve asustavad ning kui palju neid on. Kallastel ja kaldal kasvavad kasvavad taimed ning veikad paksud varju veehikis elavatele mikrooskoopilistele selgrootutele loomakestele ja kalanimedele. Väikesed vees hõljuvad vetikad ehk taimhõljum on toiduks selgrootute loomakestele ehk loomhõljumile. Hõljum on kalanimede peamine toidulisik.

Täiskasvanuks saades osa kalade toidulisikad muutuvad. Veekogudes elavad kalad jaotatakse nende toitumisviisi alusel leppikaladeks (sarg, kiisk, latikas), kelle toitlaks on peamiselt taimne hõljum ja põhjakooslused ning röövkaladeks (haug, ahven, tül), kes toovad toidust kaladest ja nende maimudest. Mõnemesuused bakterid ja veekogude põhjasete loomad lagundavad omakorda surnud organisme ning muudavad toitained taimedele uuesti kättesaadavaks.

Taimne ja loomne hõljum, leppikalad ning röövkalad ja põhjasete organismid moodustavad veekogu toiduahelat järjekorras lüli. Taimed on toiduahelas erilisel kohal, sest nad suudavad toota toitaineid. Kõik järgmised | Kuhu kadusid järvest ahvenad?

Taimede maht (t)	Selgrootude maht (t)	Kiiskade maht (t)	Kiiskade arv	Ahvenate maht (t)	Ahvenate arv
1	0,1	10	200	1	8
2	0,2	20	400	3	13
4	0,4	40	800	4	27
8	0,8	80	1600	8	53
16	1,6	160	3200	16	106

Ulesanne

1. Taimne ja loomne hõljum, leppikalad ning röövkalad ja põhjasete organismid moodustavad veekogu toiduahelat järjekorras lüli. Taimed on toiduahelas erilisel kohal, sest nad suudavad toota toitaineid. Kõik järgmised | Kuhu kadusid järvest ahvenad?

2. Taimne ja loomne hõljum, leppikalad ning röövkalad ja põhjasete organismid moodustavad veekogu toiduahelat järjekorras lüli. Taimed on toiduahelas erilisel kohal, sest nad suudavad toota toitaineid. Kõik järgmised | Kuhu kadusid järvest ahvenad?

3. Taimne ja loomne hõljum, leppikalad ning röövkalad ja põhjasete organismid moodustavad veekogu toiduahelat järjekorras lüli. Taimed on toiduahelas erilisel kohal, sest nad suudavad toota toitaineid. Kõik järgmised | Kuhu kadusid järvest ahvenad?

4. Taimne ja loomne hõljum, leppikalad ning röövkalad ja põhjasete organismid moodustavad veekogu toiduahelat järjekorras lüli. Taimed on toiduahelas erilisel kohal, sest nad suudavad toota toitaineid. Kõik järgmised | Kuhu kadusid järvest ahvenad?

Joonis 3. Elementid uurimisõpikeskkonnas „Noor loodusuurija”.

tegevuse seisust (Lim 2004, 628–629). Uurimisõppele on iseloomulik tegelemine eri kontekstis ja märgisüsteemides esitatud informatsiooniga – igapäevaeluliste olukordade mõistmine abstraktsete teooriate abil, tekstilise ja numbrilise informatsiooni muutmise graafilisse vormi ja selle sõnaline selgitamine jne. Virtuaalsed õpikeskkonnad toetavad õpilajaid infohulkade seostamisel (Seufert 2003, 228; Ainsworth 2004, 253) ja aitavad kaasa sellele, et neil tekiks kontseptuaalne sidusus. Ka õpiprogramm „Noor loodusuurija” suunab õpilast nähtuse selgitamisel uurimise käigus „tõlkima” informatsiooni ühest kontekstist teise ja ühest esitusviisist teise (Pata, Pedaste ja Sarapuu 2007, 1360–1361; Pata, Pedaste ja Sepp 2007, 3726).

Programm „Noor loodusuurija” (vt joo-

nis 3) sisaldab elemente, mis aitavad õpitava kohta kujundada sidusat mõistete raamistikku. „Noor loodusuurija” on mõeldud uurimisõppeks (Pedaste & Sarapuu 2007, 35). Probleemi lahendamise autentse kontekstis algatavad nii teksti kui ka animatsiooni kujul esitatud probleemsituatsioonid. Uurimistegevuste sooritamiseks on õpikeskkonnas toetatavad elementid, mis juhivad last uurimise etapist etappi. Probleemi lahendamiseks tuleb püstitada uurimisküsimus, tutvuda teooriaga, koguda andmeid uurimismudeli abil ja analüüsida katse tulemusi, mida on esitatud nii tabelite vormis kui ka diagrammidena. Lõpuks tuleb igapäevaeluline probleem lahendada, kasutades järeldusi vahepeal tehtud katsest. Uurimistegevuste sooritamiseks saab abi „Professorilt”, kes õpi-

lase soovi korral annab selgitusi uurimisõppe iga etapi juures.

Pärast ülesande iga etapi läbimist saab õpilane vaadata enda vastused läbi, enne kui need kinnitab. Seejärel saab ta tagasisidet, kas ja millised vastused olid õiged. Järgmises etapis saab ta, vaatamata vigadele, jätkata õigete andmetega. Ülesande iga osa lahendamisel saadakse punkte vastavalt vastuse õigsusele. Ülesande käigus saab õpilane tagasisidet, kui palju punkte ta kogus. Punkte ning ülevaadet tehtud valikutest saab õpetaja või uurija kasutada õpilase õpiprotsessi analüüsiks.

Teoreetilisest taustast lähtuvalt püstitati kontseptuaalse sidususe kujunemise uurimiseks järgnevad uurimisküsimused.

1. Millised on õpilaste üldise kontseptuaalse sidususe tüübid ja mis neid iseloomustab?
2. Kuidas sõltub õpilaste uurimistegevuse edukus „Noores loodusuurijas” nende üldise kontseptuaalse sidususe algtasemest?
3. Milline on üldise kontseptuaalse sidususe erinevale lõpptasemele jõudnud õpilaste edukus „Noores loodusuurijas”?
4. Kuidas muutub õpilaste ülesannete lahendamise tulemuslikkus „Noore loodusuurija” rakendamise mõjul?
5. Kuidas muutub erineva algse kontseptuaalse sidususega õpilaste edukus kahe üksteisele järgneva uurimisülesande lahendamisel?

Oletati, et kontseptuaalse sidususe karakteristikute (mõistete kasutusoskus eri kontekstis ja esitusviisides) alusel saab õpilasi jagada rühmadesse. Eeldati, et kontseptuaalse sidususe erineva algtasemega õpilaste tulemuslikkus võib uurimisõppe etappides olla erinev, ning õpilased, kes omandavad lõpuks üldise kontseptuaalse sidususe, on ka „Noore loodusuurija” ülesannete lahendamisel teistest tulemuslikumad. Samuti oletati, et uurimisetappide läbimise tulemuslikkus „Noore loodusuurija” ülesannetes paraneb eelkõige kõrge esialgse kontseptuaalse sidususega õpilastel. Veel oletati, et „Noore loodusuurija” mõjul muutub õpilaste üldine kontseptuaalne sidusus sõltuvalt nende sidususe algtasemest.

2. Metoodika

2.1. Valim

Katses osales 91 kuuenda klassi õpilast vanuses 13–15 aastat Tartu Kivilinna Gümnaasiumist ja Suure-Jaani Gümnaasiumist. Uuringus käsitletud teemat „Veekogu toiduahel” olid õpilased eelnevalt õppinud. Katse viidi läbi kooli arvutiklassis, kus tehnilist tuge jagas loodusteaduste õpetaja.

2.2. Uuringu disain

Uuring koosnes järgmistest osadest. Esmalt täitsid õpilased eelküsimustiku. Seejärel kasutasid nad õpikeskkonda „Noor loodusuurija” kahe erineva raskusega ülesande lahendamiseks teemal „Veekogu toiduahel”. Ülesannete keerukus tulenes mitmest aspektist: 1) esimeses variandis uuriti toiduahela ühe lüli organismide hulga mõju järgmise lüli organismide hulgale, kuid teises variandis ühe lüli mõju ülejäärgmisele lülile, 2) esimeses variandis opereeriti organismide arvu käsitledes täisarvudega, kuid teises variandis organismide massi käsitledes kümnendmurdudega, 3) esimeses variandis oli vaja diagrammil seotada kahe organismi arvukus, kuid teises variandis ühe arvukus teise massiga. Ühe ülesande lahendamiseks õpiprogrammis „Noor loodusuurija” oli õpilastel aega 45 minutit. Ülesanded lahendati erinevatel päevadel. Pärast keskkonna kasutamist täideti nädala jooksul järelküsimustik.

Kuueteistkümne küsimusega uuriti, millised on õpilaste teadmised keskkonnateemast „Organismide seosed veekeskkonnas”. 14 küsimust oli vaba ja kaks valikvastusega. Esimesed kaheksa küsimust esitati teemakohaste teadmiste, nendest aru saamise ja nende rakendamise kohta. Küsimustiku teises pooles uuriti kontseptuaalset sidusust uurimistegevusi nõudvate küsimustega. Küsimuste koostamisel oli eeldatud, et mõõdetakse teemaga seotud mõistete seostamist nii erinevates esitusviisides kui ka kontekstis.

Eel- ja järelküsimustiku erinevus seisnes vaid küsimuste esitamise järjekorras. Küsimustikus kasutati toiduahela teemaga seotud igapäevaelulisi ja teoreetilisi mõisteid: *veetaimed, kalad, järv, tootjad, tarbijad, keskkond*. Küsimustikus kasutati tekstilist ja visuaalset esi-

tusviisi. Kontekstidesiseseid ja -vahelisi seoseid uuriti ülesannetega, kus õpilane pidi igapäevaelulise info põhjal lahendada teoreetilise ülesande või vastupidi: nt ül 2: *Veekogust püütakse välja enamik täiskasvanud haige. Selgita, kuidas see mõjutab veekogu toiduahelat*; ül 10: *Selgita oma sõnadega mõistet „toiduahel veekogus”*. 16 küsimust pidid andma ülevaate õpilase üldisest kontseptuaalsest sidususest veekogu toiduahela teema kohta ja võimaldama rühmitada õpilasi selle alusel. Programmist „Noor loodusuurija” oli võimalik välja võtta iga õpilase kohta sinna salvestatud ülesannete lahendamise uurimisetappides saavutatud tulemused punktidenä ja vastuste sisu tekstidenä.

2.3. Analüüs

Eel- ja järelküsimustikule antud vastuste kategoriseerimisel jälgiti kolme dimensiooni. Esiteks kategoriseeriti vastuse õigsus. Vastused jaotati valedeks (1), osaliselt õigeteks (2) ja õigeteks (3). Teine kategoriseerimise mõõde oli kontekst, mida õpilane vastuse andmiseks kasutas. Küsimustele oli võimalik vastata nii igapäevaeluliselt kui ka teoreetiliselt ning vastused kategoriseeriti järgmiselt:

- 1 – igapäevaelulisele küsimusele antud igapäevaeluline vastus;
- 2 – teoreetilisele küsimusele antud teoreetiline vastus;
- 3 – teoreetilisele küsimusele antud igapäevaeluline vastus;
- 4 – igapäevaelulisele küsimusele antud teoreetiline vastus.

Numbrite järjekord viitab vastamise keerukusele. Uuringus loeti kõige raskemaks igapäevaelulisele küsimusele antud teoreetiline vastus.

Kolmandaks võeti kategoriseerimisel arvesse, millist esitusviisidevahelist üleminekut vastusena oodati. Kui tekstina esitatud küsimusele eeldati kirjalikult vastamist, märgiti ülemineku kategooriaks 1. Kirjalikud vastused, millele õpilane pidi selgitama oma arusaamist igapäevaelulisest või teoreetilisest pildist, kuulusid kategooriasse 2. Teksti ja joonise vahelist üleminekut loeti vastamisel kõige enam kognitiivset koormust nõudvaks ülesandeks. Vastuse puudumisel märgiti kõigi kolme dimensiooni kohale null.

Lisaks koguti andmeid programmist „Noor loodusuurija”. See salvestas õpilaste vastused uurimisülesande igas etapis: oletuse püstamine, uurimisküsimuse sõnastamine, mõõtmiste sooritamise ja andmete kandmine tabelisse, tabelile vastava diagrammi leidmine, järelduste tegemine diagrammi põhjal, probleemi lahenduse leidmine ja lahenduse leidmine uues kontekstis. Tulemusi eri etappides oli võimalik võrrelda õpilaste vastuste õigsusega eel- ja järelküsimustikus.

Õpilaste kontseptuaalse sidususe tüüpide leidmiseks rakendati K-keskmiste klasteranalüüsi (*K-Means cluster*). Selleks liideti eel- ja järeltesti küsimuste vastused ühtsesse andmefaili. K-keskmiste analüüs võimaldab õpilasi uuritud tunnuste alusel võrrelda leida soovitud arvu üksteisest erinevate omadustega rühmi. Analüüsil otsiti üksteisest statistiliselt kõige enam eristuvaid rühmi. Õpilaste kuuluvust kontseptuaalse sidususe rühmadesse enne ja pärast uurimistegevust „Noores loodusuurijas” mõõdeti risttabeli ja χ^2 -analüüsiga. Viimane näitab, mil määral erineb õpilaste tegelik rühmadesse jagunemine juhuslikust jagunemisest. Mida suurem on χ^2 väärtus, seda enam on tegemist teatud korrapäraga õpilaste jagunemisel rühmadesse. Risttabel võimaldab analüüsida, millises rühmas on iseloomulikud ühed või teised rühmadel mõõdetud tunnused. Õpilaste uurimisülesannete lahendamise edukuse hindamiseks üldise kontseptuaalse sidususe eri rühmades tehti kaks dispersioonanalüüsi (ANOVA). Viimane näitab, mil määral erinevad uuritavate rühmade keskmised üksteisest. Seejuures arvutatakse välja F-väärtus, mis on seda suurem, mida suurem on erinevus rühmade vahel. ANOVA-analüüs üldise kontseptuaalse sidususe eri rühmadesse kuuluvate õpilaste vahel sooritati nii enne kui ka pärast õpikeskkonna kasutamist moodustatud rühmade võrdlemiseks, et uurida peamisi erinevusi õpilaste oskuses lahendada uurimisülesandeid. Ülesande etappide läbimise edukust õpilastel kahes järjestikus ülesandes programmis „Noor loodusuurija” uuriti ka paariliste valimite T-testi abil. Viimane võimaldab leida, kas samad õpilased on teise ülesande lahendanud keskmiselt

paremini kui esimese. Erinevuse määra näitab t-väärtus, mille absoluutväärtus on seda suurem, mida suurem on kahe mõõtmise vaheline erinevus. T-testiga selgitati, kas erineva algse kontseptuaalse sidususega õpilased läbisid teises ülesandes uurimisetappe edukamalt kui esimeses. Analüüs viidi igasse kontseptuaalse sidususe rühma kuuluvate õpilastega läbi eraldi. Kõikide analüüside statistilise olulisuse kontrollimiseks arvutati p-väärtus. Viimane muutub vahemikus 0–1. Mida väiksem on p, seda suurem on tõenäosus, et analüüsitulemus ei ole saadud juhuslikult ja tehtav järeldus tõepoolest kehtib. Üldjuhul on järelduste tegemisel seatud piiriks, et p väärtus peab olema väiksem kui 0,05. Sel juhul võib 95% kindlusega väita, et avastatud seos, erinevus või sõltuvus on reaalselt olemas.

Analüüside teostamiseks kasutati programmi SPSS 15.0, joonised koostati programmis MS Excel 2003.

3. Tulemused ja arutelu

3.1. Algse üldise kontseptuaalse sidususe rühmad

K-keskmiste klasteranalüüsil selgus, et õpilased jagunevad eel- ja järeltesti alusel kolme rühma, mille vahel on statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,001$) mõistete seostamise oskuse ning kasutatud konteksti ja esitusviisi vahel. Kontseptuaalse sidususe rühmi saab iseloomustada järgmiselt.

Kontseptuaalne sidusus on kõige paremini arenenud õpilastel, kelle vastused kuuteistkümnemele küsimusele on õiged või osaliselt õiged. Küsimustikule vastamisel esineb neil valesid vastuseid harva. Kõrge üldise kontseptuaalse sidususega õpilased:

- jäävad nii madalamat kui ka kõrgemat järku küsimustele vastamisel, kus konteksti ega esitusviisi pole vaja muuta, pigem igapäevaelulisse konteksti, aga kasutavad ka teoreetilist;
- vastavad õigesti juhul, kui tuleb muuta ainult konteksti, kuid nende vastused on pigem igapäevaelulised kui teoreetilised;
- oskavad õigesti vastata, kui küsimus eeldab esitusviisilist üleminekut, kuid nende vastused on pigem igapäevaelulised ka juhul, kui eeldatakse teoreetilist vastust;

● oskavad õigesti muuta vastuse konteksti ja esitusviisi nii madalamat kui ka kõrgemat järku ülesannete lahendamisel.

Keskmise kontseptuaalse sidususega õpilastel on raskusi uurimisoskusi nõudvatele küsimustele vastamisel. Samas vastasid nad esimesele kaheksale küsimusele osaliselt õigesti. Keskmise üldise kontseptuaalse sidususega õpilased:

- jäävad nii madalamat kui ka kõrgemat järku küsimustele vastamisel, kus konteksti ega esitusviisi pole vaja muuta, igapäevaelulisse (lihtsamasse) konteksti;
- vastavad juhul, kui tuleb muuta ainult konteksti, pigem igapäevaeluliselt kui teoreetilisel;
- oskavad õigesti vastata, kui küsimus eeldab esitusviisilist üleminekut, kuid nende vastused on pigem igapäevaelulised ka juhul, kui eeldatakse teoreetilist vastust;
- oskavad muuta samaaegselt nii vastuse konteksti kui ka esitusviisi eelkõige madalamat järku ülesannete lahendamisel, vähem kõrgemat järku ülesannete lahendamisel.

Kolmandasse rühma kuuluvad õpilased eksivad vastuste andmisel ka ülesannetes, mis nõuavad madalamat järku mõtlemisoperatsioone ja neil on raskusi uurimisoskusi nõudvates ülesannetes. Madala üldise kontseptuaalse sidususega õpilased:

- jäävad nii madalamat kui ka kõrgemat järku küsimustele, kus konteksti ega esitusviisi pole vaja muuta, vastamisel igapäevaelulisse konteksti;
- juhul kui tuleb muuta ainult konteksti, vastavad peamiselt igapäevaeluliselt;
- ei suuda õigesti vastata, kui küsimus eeldab esitusviisilist üleminekut;
- on I ja II rühmast vähem edukad, lahendades ülesandeid, kus tuleb muuta samaaegselt nii vastuse konteksti kui ka esitusviisi.

3.2. Õpilaste tulemuslikkus programmis „Noor loodusuurija” sõltuvalt nende algsest üldisest kontseptuaalsest sidususest

ANOVA-analüüsi abil uuriti kontseptuaalse sidususe algtaase mõju uurimisülesannete lahendamisele programmis „Noor loodusuurija” nende ülesannete juures, mis nõudsid esitatud

Uurimisetapid (maks punkte)	Sidususe rühmad	1. ülesanne				2. ülesanne			
		Keskmine	F	df	p	Keskmine	F	df	p
Oletus (5 p)	I	2,5	0,8	2	0,457	2,3	0,01	2	0,990
	II	2,4				2,3			
	III	1,3				2,1			
Uurimisküsimus (10 p)	I	6,6	0,1	2	0,903	5,0	0,5	2	0,588
	II	6,8				5,8			
	III	7,0				5,0			
Mõõtmised (10 p)	I	6,1	3,4	2	0,040*	6,8	4,6	2	0,013*
	II	5,1				5,4			
	III	3,0				3,2			
Diagrammi leidmine (5 p)	I	3,3	0,9	2	0,411	4,5	2,7	2	0,078
	II	2,5				3,4			
	III	3,1				3,3			
Järeldused diagrammi põhjal (20 p)	I	7,2	2,2	2	0,119	12,2	2,2	2	0,118
	II	6,0				9,2			
	III	3,5				8,3			
Probleemi lahend ja lahendus uues kontekstis (15 p)	I	9,5	3,2	2	0,047*	7,5	0,9	2	0,408
	II	8,1				0,8			
	III	5,5				5,5			

* Statistiliselt oluline erinevus rühmade vahel ($p < 0,05$); I – kõrge kontseptuaalne sidusus, II – keskmine kontseptuaalne sidusus, III – madal kontseptuaalne sidusus.

Tabel 1. ANOVA-analüüsi tulemused, mis kirjeldavad õpikeskkonna kasutamise eel moodustatud kontseptuaalse sidususe rühmade erinevusi uurimisülesande osade lahendamisel „Noore loodusuurija” 1. ja 2. ülesandes.

Uurimisetapid (maks punkte)	Sidususe rühmad	1. ülesanne				2. ülesanne			
		Keskmine	F	df	p	Keskmine	F	df	p
Oletus (5 p)	I	2,7	3,7	2	0,029*	2,2	1,3	2	0,281
	II	1,5				3,3			
	III	0,6				1,4			
Uurimisküsimus (10 p)	I	6,8	1,1	2	0,336	5,2	0,4	2	0,661
	II	7,1				5,7			
	III	5,4				4,3			
Mõõtmised (10 p)	I	6,0	5,2	2	0,007*	6,8	7,1	2	0,002*
	II	4,9				4,4			
	III	2,4				3,0			
Diagrammi leidmine (5 p)	I	3,3	1,0	2	0,379	4,5	4,9	2	0,011*
	II	2,3				2,8			
	III	2,2				2,9			
Järeldused diagrammi põhjal (20 p)	I	7,1	4,2	2	0,018*	12,1	4,0	2	0,023*
	II	6,4				7,5			
	III	2,2				7,1			
Probleemi lahend ja lahendus uues kontekstis (15 p)	I	9,5	4,5	2	0,015*	7,4	7,6	2	0,001*
	II	7,4				8,3			
	III	5,1				2,2			

* Statistiliselt oluline erinevus rühmade vahel ($p < 0,05$); I – kõrge kontseptuaalne sidusus, II – keskmine kontseptuaalne sidusus, III – madal kontseptuaalne sidusus.

Tabel 2. ANOVA-analüüsi tulemused, mis kirjeldavad õpikeskkonna kasutamise järel moodustatud kontseptuaalse sidususe rühmade erinevusi uurimisülesande osade lahendamisel „Noore loodusuurija” 1. ja 2. ülesandes.

info „tõlkimist” teise konteksti ja esitusviisi. Analüüsis võrreldi uurimisetappides saadud keskmisi tulemusi kolme erineva kontseptuaalse sidususega õpilaste rühma vahel. Selgus, et mõlema uurimistunni alaülesannetes osutus raskes andmete kogumine mudeli abil. Eriti keerukas oli mudeli rakendamise osa

madala kontseptuaalse sidususega õpilastele võrreldes keskmise ja kõrge sidususega õpilastega ($F(2) = 3,4$, $p < 0,05$), kümnest võimalikust punktist koguti keskmiselt 3,2. Raskused võisid olla tingitud õpilaste oskamatuses lugeda mudeli skaalat või viia läbi mõõtmisi. Kognitiivse koormuse teooria põhjal (Swel-

ler & Chandler 1991, 293–294) võime oletada, et õpilased, kellel on probleeme infoga töötamisel, esineb raskusi uurimisülesannetes, mis sisaldavad mitmekordset infotöötlust, sest neil tekib suur kognitiivne ülekoormus. Õpilastel, kes on keskmisel või kõrgel kontseptuaalse sidususe tasemel, on kognitiivne koormus info töötlemisel madalam ja nad on „tõlkimist” nõudvate ülesannete lahendamisel edukamad. Ka käesolevas uuringus selgus, et töötades mudeliga, mis eeldas mitmekordset „tõlkimist” esitusviiside vahel, oli raskem just madalama kontseptuaalse sidususega õpilastel.

Õpilased, kes olid pärast uurimistunde „Noore loodusuurijaga” keskmisel või kõrgel üldise kontseptuaalse sidususe tasemel, lahendasid statistiliselt oluliselt paremini järgmisi alaülesandeid: mõõtmised mudeli abil ($F(2) = 7,1$, $p < 0,01$), info kandmine tabelist diagrammi formaati ($F(2) = 4,9$, $p < 0,01$), visuaalse info põhjal järelduste tegemine ($F(2) = 4,0$, $p < 0,01$), uurimistulemuste üldistamine situatsioonilise probleemi konteksti ($F(2) = 7,6$, $p < 0,01$). Kahe uurimistunni tulemused näitasid ka õpilaste raskusi veebipõhises uurimiskeskkonnas õppides. Sellest võib järeldada, et õpilased, kes tulid ülesannetega paremini toime, saavutasid suurema tõenäosusega sidusad teadmised.

3.3. Uurimisetappide läbimise edukus programmis „Noor loodusuurija”

Üldiselt täheldati, et võimaliku arenguga võrreldes oli õpilaste keskmine areng uurimisülesannetes madal. T-testiga uuriti programmis „Noor loodusuurija” läbitud alaülesannetes saadud keskmiste punktide erinevusi ühe rühma sees. Nii iseloomustati ühte rühma kuuluvate õpilaste arengut programmi mõjul. Selgus, et kõik erineva algse kontseptuaalse sidususega õpilaste grupid tegid edusamme alaülesandes, kus tuli uurimisküsimusele vastata diagrammi põhjal. Statistiliselt olulised erinevused avaldusid ka etapis, kus õpilane pidi tabeli andmete põhjal leidma õige diagrammi. T-testi tulemused näitasid, et kõige rohkem arenesid algselt kõrge üldise kontseptuaalse sidususega õpilased.

Kahe ülesande võrdlusel avaldus kõrgema algse kontseptuaalse sidususega õpilastel teises ülesandes negatiivne muutus uurimisküsimuse sõnastamisel ($t = 3,0$, $df = 45$, $p < 0,01$) ja uues kontekstis probleemi lahendamisel ($t = 3,0$, $df = 41,0$, $p < 0,01$). See näitas, et esimese ülesandega võrreldes said kõrge üldise kontseptuaalse sidususega õpilased teises ülesandes probleemi lahendamise etapis statistiliselt oluliselt vähem punkte. Põhjuseks võib olla teise ülesande keerukus võrreldes esimesega (vt meetodika), mistõttu tulemused ei olnud võrreldavad – kui esimeses ülesandes kasutatakse peamiselt igapäeva-elu mõisteid (näit *hulk, ahvenad, kiisad*), siis teises ülesandes uuritakse õpilaste teadmisi teoreetiliste mõistete abil (näit *arvukus, vetikad, tootjad, tarbijad*). Teine uurimistund nõudis esimesest enam ka diagrammide analüüsimise oskust. Erinevalt esimesest ülesandest võis teine ülesanne tekitada osale õpilastest kognitiivse ülekoormuse.

3.4. Õpilaste kontseptuaalse sidususe areng programmi „Noor loodusuurija” rakendamisel

Õpilaste üldist kontseptuaalset sidusust enne ja pärast uurimisõpet analüüsiti χ^2 -testi abil. Leiti, et madala kontseptuaalse sidususega õpilaste tulemused paranesid statistiliselt oluliselt ($\chi^2 = 24,1$, $df = 4$, $p < 0,001$) keskmise kontseptuaalse sidususe suunas. Keskmise kontseptuaalse sidususega õpilaste tulemused liikusid omakorda kõrge kontseptuaalse sidususe suunas. Õpilasi, kes ei arenenud keskmisest tasemest edasi, oli oodatust rohkem. Kõrge kontseptuaalse sidususega õpilaste tulemustes statistiliselt olulist muutust ei täheldatud.

Võib järeldada, et programmi „Noor loodusuurija” mõju on erineva algse kontseptuaalse sidususega õpilaste arengule erinev. Kõige positiivsem oli mõju madala kontseptuaalse sidususega õpilaste rühmale.

Järeldused ja kokkuvõte

Kontseptuaalne sidususe iseloomustab õpilaste arusaamist käsitletavast protsessist eri esitusviisides ja kontekstis. Uuringust selgus, et õpilasi saab üldise kontseptuaalse sidususe alusel jagada

kolme rühma vastavalt nende infotöötlemise oskustele küsimuste vastamisel. Uuringu üks eeldus oli, et kuna õpiprogramm „Noor loodusuurija” eeldab mõistete kasutamist eri kontekstis ja esitusviisides, kaasneb „tõlkimine” igapäeva-elulisest teaduslikku konteksti ja vastupidi. Eeldati, et oskus seostada kontseptuaalset infot eri kontekstis ja esitusviisides võib mõjutada õpilaste uurimistegevust ja nende kontseptuaalse sidususe võimalikku arengut „Noore loodusuurija” abil. Selgus ka, et õpilaste kontseptuaalne sidususe arenes õpiprogrammi „Noor loodusuurija” mõjul.

Uuringus otsiti vastust küsimusele, millised on kontseptuaalse sidususe tüübid ja mis neid iseloomustab. Oletati, et kontseptuaalse sidususe karakteristikute (mõistete kasutusoskus eri kontekstis ja esitusviisides toimides) alusel saab õpilasi jagada rühmadesse. Selgus, et õpilased jagunevad eel- ja järeltesti alusel kolme rühma: madala, keskmise ja kõrge kontseptuaalse sidususega õpilased. Rühmi eristab üksteisest mõistete seostamise oskus eri kontekstides ja esitusviiside puhul. Kontseptuaalne sidususe on kõige paremini arenenud õpilastel, kelle vastused aine-teadmiste, uurimisoskuste ja sidususe mõõtmisele suunatud küsimustele vastamisel on õiged või osaliselt õiged. Keskmise kontseptuaalse sidususega rühmal on raskusi uurimisoskusi hindavatele küsimustele vastamisel. Madala kontseptuaalse sidususega õpilaste jaoks on keerukad nii teadmiste kui ka uurimisoskuste mõõtmiseks mõeldud ülesanded. Eksperimendis kogutud vastuste analüüsil selgus, et kui õpilase üldine kontseptuaalne sidususe oli madal, oli uurimisülesannete lahendamine „Noores loodusuurijas” talle raske. Madala algse üldise kontseptuaalse sidususega õpilastel esinesid raskused uurimisülesannete lahendamisel.

Lisaks eeldati, et erineva kontseptuaalse sidususe algtasemega õpilaste tulemuslikkus võib uurimisõppe etappides erineda. Selgus, et mõlema uurimistunni alaülesannetes osutus raskeks andmete kogumine mudeli abil. Eriti keerukas oli mudeli rakendamine madala kontseptuaalse sidususega õpilastele. Õpilastele, kes olid keskmisel või kõrge kontseptuaalse sidususe tase-

mel, oli kognitiivne koormus info töötlemisel eeldatavalt madalam ja nad lahendasid ülesanded edukamalt. Analüüsi tulemuste põhjal võib väita, et erinevad erineva kontseptuaalse sidususe algtasemega õpilaste rühmad, kelle kontseptuaalse sidususe algtase mõjutab uurimisülesannete lahendamist õpiprogrammis „Noor loodusuurija”.

Uuringus oletati veel, et „Noore loodusuurija” rakendamisel paraneb erineva kontseptuaalse sidususega õpilaste tulemuslikkus sõltuvalt nende sidususe algtasemest. Õpilased, kes olid pärast uurimistunde „Noore loodusuurijaga” keskmisel või kõrge üldise kontseptuaalse sidususe tasemel, lahendasid statistiliselt oluliselt paremini järgmisi ülesandeid: mõõtmised mudeli abil, tabelis oleva info sidumine diagrammiga, visuaalse info põhjal järelduste tegemine ja uurimistulemuste üldistamine igapäeva-elulise probleemi konteksti.

Oletati, et sõltumata kontseptuaalse sidususe tasemest, paraneb uurimisetappide läbimise tulemuslikkus kõigil õpilastel. Eelkõige toimus statistiliselt oluline areng paremuse suunas algselt kõrge üldise kontseptuaalse sidususega õpilaste hulgas etappides, kus õpilane pidi tabeli andmete põhjal leidma õige diagrammi ja tegema selle põhjal uuritava probleemi kohta järeldusi.

Viimaseks oletati, et õpiprogrammi „Noor loodusuurija” mõjul muutub erineva algtasemega õpilaste kontseptuaalne sidususe. Leiti, et madala kontseptuaalse sidususe tasemega õpilaste tulemused paranesid keskmise kontseptuaalse sidususe suunas, keskmise kontseptuaalse sidususega õpilaste tulemused aga omakorda kõrge kontseptuaalse sidususe suunas. Kõrge kontseptuaalse sidususega õpilaste tulemustes statistiliselt olulist muutust ei täheldatud.

Uuringu tulemused viitavad, et erineva üldise kontseptuaalse sidususega õpilaste edukust multirepresentatsioonilistes õpikeskkondades mõjutab see, mil määral esineb ülesannetes kognitiivset koormust määravaid mõistete ülekandmist nõudvaid „tõlkemomente” kontekstide ja esitusviiside vahel. Madalama kontseptuaalse sidususe korral võib info „tõlkimine” esitusviiside ja kontekstide vahel põhjustada õpilastele

raskusi ja vähendada uurimisõppe edukust. Samas võib aga väita, et õpikeskkondadesse ja õppematerjalidesse on vaja planeerida selliseid üleminekuid kontekstide ja esitusviiside vahel, et arendada õpilaste üldist kontseptuaalset sidusust. Võimalusi selleks on mitmeid.

■ Õppematerjalis peab info olema esitatud mitmel moel, kusjuures on oluline rõhutada, et tekstid ja joonised ei sisalda sama informatsiooni täpselt ühesugusel kujul, vaid iga esitusviisi saab vaid osaliselt teise esitusviisi ümber sõnastada (nt tekstis olevat infot diagrammi).

■ Õppematerjalid peavad sisaldama informatsiooni erinevas kontekstis (nt teoreetilised mõisted ja abstraktsed seletused tuleb kõrvutada nähtuse esinemisviiside ja -vormidega harjumuspärastes situatsioonides).

■ Ülesanded peavad suunama õpilast liikuma eri kontekstide ning esitusviiside vahel. Samuti on oluline arvestada, et konteksti ja esitusviisi samaaegne muutmine vastuse andmiseks võib mõne õpilase jaoks olla raske.

Üldise kontseptuaalse sidususe kompleksne käsitlemine on alles algusjärgus ning nõuab edasisi uuringuid, et selgitada välja, mida erineva kontseptuaalse sidususega õpilased ülesandeid lahendades või õppematerjale kasutades märkavad. Võib oletada, et madala sidususega õpilased pole võimelised leidma õppematerjalis peidus olevaid kinnituspunkte, et „tõlkida” infot teise esitusviisi või konteksti. Ka meie läbi viidav uuring jätkub, et täpsustada, kuidas õpi-programm „Noor loodusuurija” kontseptuaalset sidusust arendab ning millised on erineva algse sidususega õpilaste käitumismustrid õppematerjale lugedes ja erinevas kontekstis või eri moel esitatud ülesandeid sooritades.

Tänuõnad

Uuringut toetasid Eesti Teadusfondi grant 6612 (juht K. Pata) ja sihtfinantseeritav teema „Haridustehnoloogilise visualiseeritud õpiprotsessi modelleerimine” (juht T. Sarapuu). Autorid avaldavad tänu „Noore loodusuurija” arendajatele, kelleks olid lisaks käesoleva artikli autoritele K. Patale ja M. Pedastele veel Tago Sarapuu, Kaido Hallik, Priit Link,

Vjatšeslav Dimitrijevi, Kristjan Adojaani ja Margus Sarapuu Tartu Ülikooli bioloogia-geograafiateaduskonna loodusteadusliku hariduse lektoraadist. Suur tänu ka eksperimendis osalenud õpilastele Suure-Jaani Gümnaasiumist ja Tartu Kivilinna Gümnaasiumist. Õpikeskkond „Noor loodusuurija” on valminud Tiigrihüppe Sihtasutuse toel.

Kirjandus

Ainsworth, S. ja van Labeke, N.

(2004) Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14, 241–255.

Lim, B.-R. (2004) Challenges and issues in designing inquiry on the Web. *British Journal of Educational Technology*, 35(5), 627–643.

Lowe, R. (2004) Interrogation of a dynamic visualization during learning. *Learning and Instruction*, 14, 257–274.

Pedaste, M. ja Sarapuu, T. (2007) Web-based Inquiry Learning Environment „Young Scientist”. *Proceedings of the IASTED International Conference on Web-based Education (WBE): Chamonix, France*. Toim Uskov, V. Calgary: ACTA Press, 35–40.

Pata, K., Pedaste, M. ja Sarapuu, T. (2007) The formation of learners' semiosphere by authentic inquiry with an integrated learning object „Young Scientist”. *Computers and Education*, 49, 1357–1377.

Pata, K., Pedaste, M. ja Sepp, E. (2007) Semiotic Perspectives to Students' Conceptual Development with the Virtual Inquiry in „Young Scientist” Environment. *Proceedings of Ed-Media 2007, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*; Toim Montgomerie, C. ja Seale, J. Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). 3723–3732.

Rannikmäe, M. (2005) Loodusteadusliku kirjaoskuse kujundamine üldhariduskoolis. *Loodusainete õpetamisest koolis (I osa)*, 7–14.

Rätsep, K. (2005) *Interneti-põhise uurimusliku õpimulatsiooni „Noor loodusuurija” mõju 6. kl õpilaste keskkonnaalaste teadmiste ja oskuste kujundamisele*. Bioloogia-geograafiateaduskond, Loodusteaduste didaktika lektoraat, Tartu Ülikool.

Savinainen, A. (2004) High school students' conceptual coherence in the case of the force concept. *Dissertations 41*, Department of Physics, University of Joensuu.

Seufert, T. (2003) Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13, 227–237.

Sweller, J. ja Chandler, P. (1991) Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 8 (4), 293–332.

Thagard, P. ja Kunda, Z. (1998) Making sense of people: Coherence mechanisms. *Connectionist models of social reasoning and social behavior*. Toim Read, S. J. ja Miller, L. C. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 3–26.

Thagard, P. (1997) Coherent and creative conceptual combinations. *Creative thought: An investigation of conceptual structures and processes*. Ward, T. B., Smith, S. M. ja Viad, J. Washington D.C.: American Psychological Association, 129–141

<http://cogsci.uwaterloo.ca/Articles/Pages/ICCC.html>, 31. oktoober 2007.