

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 õpimisimulatsiooniga

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 järelküsimumstiku 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 eristusid 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 tõenäo-

liselt 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 mõõtmistulemuste 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 arusaamisega, 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 sidususe

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

Savinaineni (2004, 25–27) järgi tähendab *kontekstiline* e *situatsiooniga seonduv sidususe* 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 sidususe 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 sidususe* on võime mõista ja töödelda sidusalt seotud süsteemina sama nähtust kirjeldavat visuaalset (pildid, diagrammid, joonised) ja verbaalset (sululine 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-*

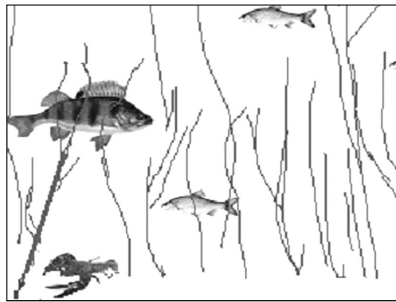
nad ja sãrjed igapãvaelulises kontekstis ja tekstilise esitusviisiga. Joonisel 1 kujutatakse sama informatsiooni konteksti muutmata, kuid visuaalse esitusviisiga. Fakti, et veekogus elab alati rohkem tootjaid kui tarbijaid, saab samuti esitada nii verbaalselt kui ka abstraktse diagrammina (vt joonis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

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 illustatsioonidena, 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 konstruksiooniteadmistest.

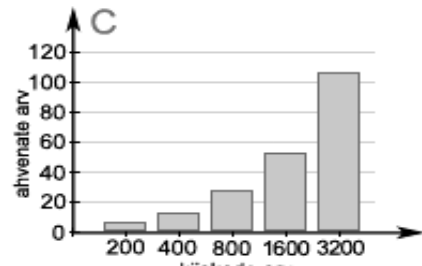
Käesolevas uurimuses käsitletakse üldist kontseptuaalset sidusust kui oskust seostada mõisteid eri kontekstis ja esitusviisides. Nähtuse kontekst aktiveerib igapäevaelulisi või teaduslikke teadmiste võrgustikke nii verbaalses kui ka visuaalses vormis. Kontseptuaalne sidusus esineb õpilasel juhul, kui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

Animatsioon

Kõige on vaid üks väike ahven.

Teooria

Toiduahelad järves

Veekogu taimestik on oluline osa sealse elukeskkonna kujundamisel. Taimed elavad fotosünteesil vette hapnikku ning moodustavad vees lahustunud aineks keerulisemat toiduahelat. Hapnikku ja toiduahelat hulgast sõltub, millised organismid järve asustavad ning kui palju neid on. Kallastel ja kaldal kaugemal kasvavad distantsid ning veetikud pakuvad varju veekihis elavatele mikrokoopulistele selgrootule loomakestele ja kalamaimudele. Väikesed vees hõljuvad veetikud ehk taimhõljujad on toiduks selgrootule loomakestele ehk loomhõljujale. Hõljujad on kalamaimude peamine toiduallikas.

Täiskasvanuks saades osa kalade toiduallikad muutuvad. Veekogudes elavad kalad jaotatakse nende tootmisviisi alusel lepikealadeks (sõrg, kiisk, latikas), kelle toiduks on peamiselt taimne hõljuja ja põhjakoormakest ning röövikaladeks (traug, ahven, kuta), kes toiduvad teistest kaladest ja nende maimudest. Mõnemesuused bakterid ja veekogude põhjastete loomad lagundavad omakorda surnud organisme ning muudavad toiduahelat uuesti kättesaadavaks.

Taimne ja loomne hõljuja, lepikealad ning röövikalad ja põhjastete organismid moodustavad veekogu toiduahela järjekäitluseks liidi. Taimed on toiduahelas erilisel kohal, sest nad suudavad toota toiduahelat. Kõik järgmised! Kuhu kadusid järvest ahvenad?

Toiduahel näit: taimi ja loomi bakterid, tootjad, tarbijaid saab olava liigi mass suurenevat ahelat mood

Ulesanne

Tulemuste analüüs

Uurimisõppealaste vastamiseks peaksid katseandmete tabelist võtma seost kiiskade arvuga ja ahvenate arvuga vahel. Mida õpilaste vastamine vahetab kolme tabeli vahel?

Õi soos leidmine oleks lihtsam, võib tabel andmeid esitada diagrammina

Või see tulid diagramm, mis sobib täielikult tabeli andmetega kokku!

Taimede mass (t)	Selgrootude mass (t)	Kiiskade arv (kg)	Kiiskade arv	Ahvenate arv	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

Probleemsituatsioon

Miks ahvenate hulk järves vähenes?

Otsus

Sõltuvalt, et

lapsed külastasid puugis vahem äega kui eelmisel aastal

haardpõrsid ei kõik ahvenad välja puudud

ahvenad said haardpõrsudest

järve kiiskad said haardpõrsudest

Mudel

5 p.

1. tuul

2. tuul

3. tuul

4. tuul

SIIGENDAN

KAALUN

VAHENDAN

ALGUSE

LIIGESTI

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 muutmine 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 elemendid, 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 sidususe 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 hulga, kuid teises variandis ühe lüli mõju ülejäärgmisele lüli, 2) esimeses variandis opereeriti organismide arvu käsitledes täisarvudega, kuid teises variandis organismide massi käsitledes kümnendmurdudega, 3) esimeses variandis oli vaja diagrammil seostada kahe organismi arvukus, kuid teises variandis ühe arvukus teise massiga. Ühe ülesande lahendamiseks õpi-programmis „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, 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.

Lisaks koguti andmeid programmist „Noor loodusuurija”. See salvestas õpilaste vastused uurimisülesande igas etapis: oletuse püstitamine, 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 võrreldes 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 arvatati p-väärtus. Viimane muutub vahemikus 0–1. Mida väiksem on p, seda suurem on tõenäosus, et analüüsitulemus ei ole saadud juhuslikult ja tehtav järeldus tööpoolest 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 realselt 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 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 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 algtaseme 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 raskeks 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 metoodika), mistõttu tulemused ei olnud võrreldavad – kui esimeses ülesandes kasutatakse peamiselt igapäevaelu 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 analüüsi 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” igapäevaelulisest 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- ja 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 „Noore loodusuurija” talle raske. Madala algse üldise kontseptuaalse sidususega õpilastel esinesid raskused uurimisülesannete lahendamisel.

Lisaks eeldati, et erineva kontseptuaalse sidususe algatasemega 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 kõrgel 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 algatasemega õpilaste rühmad, kelle kontseptuaalse sidususe algatase mõjutab uurimisülesannete lahendamist õpiprogrammis „Noor loodusuurija”.

Uuringus oletati veel, et „Noore loodusuurija” rakendamisel paraneb erineva kontseptuaalse sidususega õpilaste tulemuslikkus sõltuvalt nende sidususe algatasemest. Õpilased, kes olid pärast uurimistunde „Noore loodusuurijaga” keskmisel või kõrgel 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 igapäevaelulise probleemi konteksti.

Oletati, et sõltumata kontseptuaalse sidususe tasemest, paraneb uurimisetappide läbimise tulemuslikkus kõigil õpilastel. Eelkõige toimus statistiliselt oluline areng paremuse suunas algelt 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 algatasemega õpilaste kontseptuaalne 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 „tõlkek momente” 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.

■ Õppematerjalid 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 õppematerjalidest peidus olevaid kinnituspunkte, et „tõlkida“ infot teise esitusviisi või konteksti. Ka meie läbi viidav uuring jätkub, et täpsustada, kuidas õpiprogramm „Noor loodusuurija“ kontseptuaalset sidusust arendab ning millised on erineva alguse 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 õpiotsuse 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, Preet 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.