

Laste teadmiste areng

Taevas, Maa ja Päike laste seletustes¹

Eve Kikas

Teesid

Teadmised maailmast on vahendatud meeleorganite, materiaalse ja mentaalsete vahendajate abil, mille kaudu saadav informatsioon võib olla omavahel näilises vastuolus. Seetõttu on nii lapsed kui ka täiskasvanud raskustes selle integreerimise ja mõtestamisega. Artiklis käsitletakse laste teadmiste arengut alates esmastest uskumustest ja teadmistest kuni sünteesitud ja teaduslike teadmiseni. Kirjeldatakse empiirilisi töid, kus on uuritud eesti laste teadmisi Maast kui planeedist, Maal elamise võimalikkusest ning aastaegade vaheldumise põhjustest. Näited intervjuudest illustreerivad teadmiste konstrueerimise ja mõtestamise raskusi.

Märksõnad: algsed uskumused, astronoomiaalased teadmised, sünteesitud teadmised, teadmiste areng, vahendatud teadmised

Lapsed mäletasid elulõpuni, kuidas isa üleva pidulikkusega võttis istet laua otsas, palavikust värisedes, kehvast magamatusest ja tormilisest kujutlusvõimest kurnatud, ning kuulutas neile oma avastust: “Maa on ümmargune nagu apelsin.”

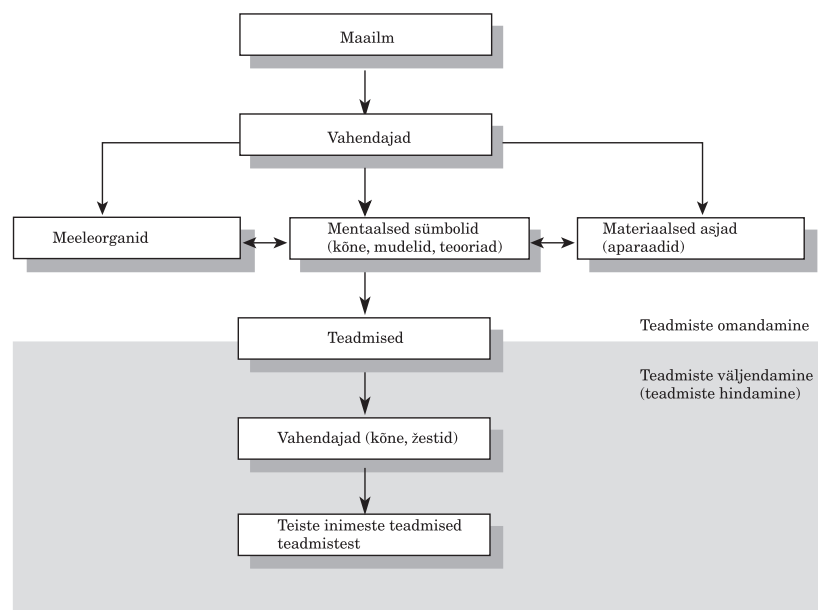
Ursula kaotas kannatuse. “Kui sa hakkad hulluks minema, siis mine üksi,” hüüdis ta. “Aga ära püüa lastele oma mustlasemõtteid pähe ajada” (Gabriel García Márquez, Sada aastat üksildust, Tallinn: Eesti Raamat 1975, lk 7–8; Aita Kurfeldi tõlge).

Inimesed tunnetavad maailma vahendatult. Nii loomade, laste kui ka täiskasvanute teadmised on vahendatud meeleorganite kaudu. Inimesed kasutavad aga lisaks muid vahendajaid (tööriistu), mis võimaldavad maailma tunnetada täpsemalt, detailsemalt ja komplekssemalt. Need võivad olla materiaalsed (nt pikksilm ja teleskoop) või mentaalsed (nt keel, mudelid, matemaatilised ja füüsikalised

<http://haldjas.folklore.ee/tagused/nr30/kikas.pdf>

teoriad) (Kikas 2003; Nelson 2003; Toomela 2003; Vögotski 1983 (1931); Wertsch 1998). Skemaatiliselt on maailma vahendatud tunnetamist kujutatud joonisel 1 (vt ülemist poolt). Osa materiaalseid vahendajaid laiendab otseselt vaadeldavate nähtuste hulka, osa aparate ja teooriaid võimaldab aga vaadata veelgi kaugemale. Just teooriad muudavad meile nähtavaks (tunnetatavaks) maailmaruumi, galaktikad, mustad augud. Uusi vahendajaid – nii materiaalseid kui ka mentaalseid – konstrueeritakse vanade põhjal. Lisaks luuakse valdav enamik teadmisi sotsiaalselt.

Ühelt poolt tähendab see, et nii materiaalsesse kui ka mentaalsesse vahendajatesse on akumulieritud eelnevate põlvkondade poolt loodu. Teiselt poolt järeldub siit, et lapsed peavad neid teadmisi õppima mitte ainult otseselt maailmas katsetades, vaid teistelt inimestelt, kes sümboleid kultuuriliselt aktsepteeritud viisil mõtestada aitavad (Nelson 2003; Tomasello 2000).



Joonis 1. Vahendatus teadmiste omandamisel ja väljendamisel.

Tänapäeva ühiskondades on võimsamad aparaadid ja komplitseeritud teooriad kui varasemates, osal ühiskondadest on paremad aparaadid kui teistel. Enamikul inimestest pole kasutada võimsaid mehhanisme, samuti ei valda nad tänapäevaseid teooriaid. Lastel on kasutada veelgi ahtam abivahendite komplekt. Seetõttu on mõistetav, et laste, täiskasvanute ja erinevatel ajastutel töötanud teadlaste teadmised ja seletused maailmast on erinevad. Need seletused ei erine ainult kvantitatiivselt (teadlased teavad maailmast rohkem ja detailsemalt kui lapsed), vaid ka kvalitatiivselt (nende seletused on teistsugused) (teadusteooriate kohta vt Kuhn 1962; laste kohta vt Vosniadou 1994a). Üldtuntud on ajalooliselt erinevad maailmakäsitused – seletused maailmaruumist ja selle seaduspärasustest (Eesti kohta vt Kuperjanov 2003).

(Sümbolilisel) vahendatusel ei ole tähtsust mitte ainult maailma tunnetamisel, vaid ka enda teadmiste teistele mõistetavaks tegemisel (vt joonise 1 alumist poolt). Valdavalt väljendatakse oma teadmisi sõnadega. Sõnadel peaks olema üldine kokkuleppeline tähendus, vastasel korral tekivad möödarääkimised ja arusaamatused. Teadlaste kasutatavad terminid on ühtsed ja üheselt mõistetavad küll konkreetse valdkonna spetsialistide hulgas, kuid nende tähendus võib erineda nii nende tähendusest tavakontekstis kui ka teiste erialade spetsialistide omast. Seetõttu võivad inimesed interpreteerida teadlaste seletusi omamoodi (ehk omada nn väärmõisteid) (nt Brewer & Chinn & Samarapungavan 2000; Driver & Squires & Rushworth & Wood-Robinson 1995). Eriti suured probleemid ja raskused nii kõne mõistmisel kui ka enda mõistetavaks tegemisel ilmnevad lastel, kes alles õpivad sõnu ja nende tähendust ning kelle kognitiivsed võimed on piiratud.

Artiklis kirjeldan laste teadmiste arengut ja näitan ka põhjusi, mis raskendavad uute teadmiste omandamist ja vanade muutmist. Käsitlust illustreerin näidetega astronoomia vallast, mis näitavad laste raskusi Maa kui planeedi, gravitatsioonilise külgetõmbejõu ja aastaegade vaheldumise mõistmisel.

Esmased uskumused

Imikute ja väikelaste teadmised on vahendatud meeleorganite kaudu; laps pöörab tähelepanu otseselt asjadele (vt joonis 1). Umbes üheksa kuu vanuses hakkavad lapsed osalema täiskasvanuga ühist

Eve Kikas

tähelepanu nõudvates tegevustes (Tomasello 2000). Sellest ajast alates saab lapsele hakata õpetama sõnade tähendusi – selleks peab ta vaatama täiskasvanu osutatud esemele; nüüd õpib ta maailma vahendama ka mentaalsete sümbolitega. Lapsevanemad ja teised täiskasvanud aitavad lapsi maailma tunnetamisel, näidates esemeid või pilte ja sidudes neid vastavate sõnadega – nii õpib laps kõnet mõistma. Aastaselt hakkab laps ise esimesi sõnu ütleva, samuti ka ise esemetele näitama, nõudes uusi sõnu; selles protsessis areneb lapse ja täiskasvanu ühine teadmine (Tomasello 2000). Algselt jäljendavad väikelapsed täiskasvanute kõnet otseselt nagu papagoide, alles hiljem hakkavad nad lauseid moodustama loovamalt ja vabamalt.

Kuna imikud ja väikelapsed ei oska oma teadmisi teistele inimestele vahendada – nad ei kõnele –, on nende teadmisi raske uurida. Niikaua, kuni uuriti laste teadmisi vaid sõnade vahendusel, leiti lapsed olevat enesekesksed ja nende teadmised olematud. Paar-kümmend aastat tagasi, kui hakati “mõõtma” imikute teadmisi nende silmaliigutuste (vaatamise suuna) kaudu (kus imikud pole nii piiratud kui kõnes), leiti lastel olevat oluliselt arenenumaid maailmakohaseid eelteadmisi. Selgus, et imikud on varustatud eriliste taju- ja kontseptuaalsete struktuuridega (uskumustega), mis võimaldavad neil maailma erinevaid tükke integreerida ja interpreteerida (Baillargeon 1995; Spelke 1991). Need struktuurid aitavad lapsel selekteerida tohutust teabehulgast seda, mis on talle edukaks ja ohutuks tegutsemiseks oluline. Näiteks mõistavad imikud, et tahke keha ei saa minna läbi teise tahke asja ja et kaks tahket keha ei saa asuda korraga ruumi ühes punktis (Spelke 1991).

Toetudes Elizabeth Spelke, Rene Baillargeoni jt töödele, kirjeldas Stella Vosniadou (1994a) kahte olulist uskumust, mis piiritlevad ja suunavad laste arusaama Maast, taevast ja maailmaruumist: 1) maailmaruum on organiseeritud nii, et üles-alla suund on kindlalt fikseeritud ja lameda maapinnaga risti; 2) esemed, mida ei toetata, kukuvad alla.

Esmased teadmised

Lapsed arenevad täiskasvanutega ühiste tähenduste maailmas, sõnade tähenduste õppimine toimub keele jt sümbolite vahendusel (Nelson 2003). Kolmeaastaste laste sõnad tähistavad lähiümbruse

kogemusega seotud konkreetseid esemeid, tegevusi, nähtusi. Endiselt õpivad nad sõnade tähendusi, näidates esemetele või küsides otse *Mis see on?* Kuid nad hakkavad ka ise aktiivselt maailma kohta seletusi otsima, esitades *miks-* ja *kuidas-*küsimusi (Wellman & Hickling & Schult 1997). Maureen Callanan ja Lisa Oakes (1992) on näidanud, et selliseid küsimusi esitatakse enamasti täiskasvanu ja lapse ühistegevuste ajal. Laste küsimused pole ühesõnalised, vaid täislausetes (nt *Kuidas tuleb vihm?*); täiskasvanud aga annavad põhjuslikke seletusi (nt *Kõigepealt kogunevad veepiisad pilvedesse, siis, kui pilved on neid täis, sajab veepiisad alla*). Kuigi meelte kaudu kogetav omab selles vanuses olulist tähtsust, hakatakse teadmisi maailmast järjest enam vahendama mentaalsete sümbolite kaudu.

Eneseväljendamise ja teadmiste teistele edastamisega on lapsed raskustes, mis teeb nende tegelike teadmiste uurimise raskeks. Laste seletusi (nende taset, komplitseeritust, integreeritust) mõjutavad olukorrad, küsitlajad, küsimused (Siegler 1996). Tavasituatsioonides tuttavate inimeste juuresolekul näitavad lapsed paremaid teadmisi kui võrastele eksperimentaatoritele vastates. Põhjuslike seletusi on leitud, vaadeldes ja lindistades lapsi mängimas (nii eakaaslaste kui ka vanematega) (Callanan & Oakes 1992; Wellman & Hickling & Schult 1997). Otsestele küsimustele annavad lapsed enesekeskseid seletusi (nt *Vihma sajab sellepärast, et me saaksime porilompides mängida*). Lapsed näitavad paremaid teadmisi, kui küsitlemisel kasutada mudeleid ja muid materiaalseid abivahendeid (Schoultz & Säljö & Wyndhamn 2001). Täiskasvanute mitu korda esitatud küsimused (sama asja kohta, kuid vähemalt täiskasvanu arvates natuke teise nurga alt) ajavad lapsi segadusse – nad võivad hakata kunstlikult uusi vastusevariante otsima. Lapsed ei suuda vastata üldistele ja abstraktsetele küsimustele, kuid konkreetsete küsimused on tihti liiga suunavad ja sunnivad lapsi mõtlema teatud suunas (Nobes & Moore & Martin *et al.* 2003).

Esmased teadmised Maast ja taevast

Eelkooliealiste laste esmastest astronoomiaalastest teadmistest pole ühtset arusaama (vrd Kikas 2003; Nobes & Moore & Martin *et al.* 2003; Vosniadou & Brewer 1992). Osa uurimusi – nagu eespool viidatud – on leidnud laste seletused olevat veel enesekesksed ja suhteliselt fragmentaarsed. Näiteks põhjendatakse nähtuste toimi-

mist kasulikkusega lapsele ja teistele inimestele (*Päike paistab, et meil oleks soe; Öö on selleks, et me saaksime magada*). Teised uurimused on näidanud laste algseid integreeritud teadmisi, mida nimetatakse isegi tavateooriateks (teiste valdkondade kohta vt nt Gopnik & Meltzoff 1997).

Integreeritud astronoomiaalaseid teadmisi ja mudeleid kirjeldab Stella Vosniadou oma kolleegidega. Nad on viinud läbi uurimusi mitmetes maades ja leidnud algseid Maa mudeleid ja sellele vastavaid seletusi ööpäeva ja aastaegade vaheldumise kohta, mis on erinevates kultuurides suhteliselt sarnased (Diakidoy & Vosniadou & Hawks 1997; Samarapungavan & Vosniadou & Brewer 1996; Vosniadou & Brewer 1992, 1994). Siit järeltab S. Vosniadou, et esmased mudelid konstrueerib laps iseseisvalt, toetudes esmastele uskumustele (nagu on osutatud lk 36: maailmaruum on organiseeritud nii, et üles-alla suund on kindlalt fikseeritud ja lameda maapinnaga risti ning esemed, mida ei toetata, kukuvad alla) ja vaatlustele (päeval on taevast päike, öösel aga kuu ja tähed). Lisaks väidavad Stella Vosniadou ja William Brewer (1992), et kuna lastel puudub ettekujutus lõpmatutest objektidest, usuvad nad, et Maa on lõplik ja sellel on äär. Kuna Maa pind paistab lame, asjad kukuvad alla ja Maal peab olema äär, konstrueerivadki nad ketta- või ruudukujulise esmase Maa mudeli (Diakidoy & Vosniadou & Hawks 1997; Vosniadou 1994a, 1994b; Vosniadou & Brewer 1992, 1994). Nii on arvatud vanasti ka Eestimaal ja mujal (Kuperjanov 2003).

S. Vosniadou ja tema kolleegid on lapsi intervjuerinud, palunud joonistada ja oma joonistusi "lahti seletada". Üks nõrk koht nendes töodes on kindlasti see, et lapselt küsitakse Maa ääre kohta otseselt (*Kui sa lähed otse ja otse, kuhu sa siis jõuad? Kas sa jõuad Maa ääreni? Kas Maa ääre pealt on võimalik alla kukkuda?*). Nagu mainitud, on lapsed täiskasvanute poolt kergesti mõjutatavad ja selline otsene küsimus sunnib neid sageli vastama ääre kohta jaa-tavalt, isegi kui nad enne selle peale mõelnud ei ole.

Eestis oleme lapsi intervjuerinud sarnaseid küsimusi kasutades, kuid ei ole otseselt maininud sõna *äär*. Ühes töös intervjueriti 144 lasteaialast (69 poissi ja 75 tüdrukut) neli korda aastase intervalliga. Esmakordse küsitlemise ajal olid lapsed kolmeaastased ning alles moodustasid esimesi lauseid ja hakkasid joonistama esimesi pilte. Lastele esitati Maa kohta järgmised küsimused:

1. *Mis kujuga on Maa, kus kõik inimesed elavad?* Kui laps ütles *ümmargune*, näidati intervjuu lõpus kahte mudelit – paberist

ketast ja pingpongipalli – ning küsiti: *Missugune ümmargune Maa on – kas see või see?*

2. *Kui sa lähed otse ja otse ja ikka otse, kuhu sa siis jõuad? Kui sa veel edasi lähed, kuhu sa siis jõuad?*
3. *Kas Maa pealt saab alla kukkuda? Kui laps vastas jah, siis edasi: Kus?*

Ootuspäraselt viitas selliste küsimuste korral äärele vähem lapsi kui otsese küsimuse korral. Lisaks on kolmandal küsimusel mõte ainult siis, kui laps arvab, et Maal on äär. Seetõttu interpreteerisid paljud lapsed selle küsimuse ümber, mõtestades küsimusena *Kas maha saab kukkuda?* Tabelis 1 on esitatud aastate lõikes nende laste arv, kes ei vastanud, kes andsid õige vastuse ja kes iseseisvalt viitasid Maa äärele (kas valisid ketta kui Maa mudeli; vastasid, et otse jalutades jõutakse Maa äärde; et alla saab kukkuda üle Maa ääre). Nagu näha, vastavad tõesti juba mitmed kolmeaastased, et üle Maa ääre saab alla kukkuda. Kettamudeli valivad viie- ja kuueaastased rohkem kui kolme- ja nelja-aastased. Vanuse kasvades kasvab ka nende laste hulk, kes arvavad, et otse edasi liikudes jõutakse Maa servani.

Tabel 1. Laste vastuste jaotuvus

Küsimus	3-aastased			4-aastased			5-aastased			6-aastased		
	Ei tea	Äär	Õige	Ei tea	Äär	Õige	Ei tea	Äär	Õige	Ei tea	Äär	Õige
Maa kuju	139	1	3	102	19	21	66	33	39	27	23	90
Jalutamine	76	0	0	50	7	4	37	16	0	33	41	14
Kukkumine	10	39	0	3	43	4	1	32	1	2	30	8

Märkus: Kõiki (nn kirjeldavaid) vastuseid pole siia lisatud, mistõttu vastanute arv eri aastatel ja küsimuste korral on erinev.

Nendest vastustest järeldub, et osa eelkooliealisi lapsi mõtleavad tõesti Maast kui lõplikust asjast, millel on äär. Samas selgus meie uurimisest, et erinevatele küsimustele antud vastused ei olnud omavahel kooskõlas. Seega ei saanud me järeldada, et enamikul

Eve Kikas

lastel on kooskõlalised Maa mudelid (nt ketas, ruut). Näiteks valis osa lapsi kera kui Maa mudeli, kuid väitis ikka, et üle Maa ääre saab alla kukkuda või et otse jalutades jõutakse Maa äärde.

Sünteesitud teadmised

Kuigi konkreetsetel kogemustel ja otseselt tajutaval lähiümbrusel on lapse elus suur tähtsus nii koolieelses eas kui ka algklassides, vahendatakse järjest suuremat hulka teadmisi sümboliliselt – eelkõige keele kaudu. Nagu juba eespool mainitud, seletavad täiskasvanud lastele maailma nähtusi teadusteooriaid lihtsustades, kuid siiski abstraktselt (Callanan & Oakes 1992). Koolis õpitakse tunda järjest uusi nähtusi, mida ei saa otseselt vaadelda. Ei kasutata pelgalt selliseid sõnu, mille referent on nähtav, vaid sõnu, mille kaudu seletatakse teisi sõnu ehk sümbolite maailm eristub esemelisest (Vygotsky & Luria 1997). James Wertsch kirjeldab seda protsessi kui kultuuriliste vahendajate dekontekstualiseerimist:

[---] the process whereby the meaning of signs become less and less dependent on the unique spatiotemporal context in which they are used

[---] protsess, mille tõttu tähenduste mõistmine oleneb üha vähem ja vähem konkreetsest aegruumilisest kontekstist, milles teda kasutat (Wertsch 1985: 33).

Sellist keelekasutust peab õppima ning selline märgiliselt vahendatud õppimine võtab aega, vähemalt siis, kui tahetakse õpitud mõista ja oma eelnevate teadmiste süsteemi integreerida.

Eelkooliealised lapsed sünteesivad (konstrueerivad) oma teadmisi maailmast meeleorganite, keele, olemasolevate teadmiste ehk kahe allika – maailma vaatluste ja täiskasvanute seletuste – vahendusel (Kikas 2003; Nelson 2003; Vosniadou 1994a; Vygotsky 1997 (1934)). Osa uurijaid väidab, et endiselt suunavad info valikut ja interpreteerimist algsed uskumused (Vosniadou 1994a; Vosniadou & Brewer 1992).

Täiskasvanute kõne kuulamine ja interpreteerimine on uute seletuste loomisel väga tähtis, just täiskasvanud varustavad last sõnadega, vastates tema küsimustele, aidates struktureerida infot (Nelson 2003). Lapsed ei saa võtta täiskasvanutelt seletusi üle otseselt; teadmisi ei saa “pähe valada”, vaid lapsed peavad kuulnud sele-

tusi oma teadmiste ja mõttestruktuuri taustal interpreteerima ja seeläbi sellesse struktuuri integreerima. See interioriseerimisprotsess on mitmeetapiline ja aeganõudev (Vygotsky 1997 (1934)).

Esimesel etapil kuuleb laps täiskasvanult sõna või seletuse. Teadmised saadakse ühistegevuses, see on jagatud, sotsiaalne teadmine. Laps hakkab sõna ja seletust kasutama väliselt täiskasvanuga sarnaselt, teda jäljendades, kuid tegelikkuses võib lapse kasutatavate mõistete tähendus olla teistsugune. Lev Vygotski (1997 (1934)) nimetab selliseid mõisteid **pseudomõisteteks**, mida täiskasvanud käsitlevad enamasti kui näitajat, et laps on uue mõiste (teadmise) omandanud. Sellel etapil kasutatakse uusi teadmisi kitsapiirilisel, õpituga sarnastes situatsioonides, jäigalt. See teadmine on tõesti nagu "pähe valatud", mehaaniliselt omandatud (vt ka eelnevas väikelaste kohta).

Järgmisel – aeganõudvamal – etapil tuleb uued teadmised mõtestada ja oma eelnevate teadmistega integreerida. Kui selleks etapiks ei jää aega (nt koolis, kus on liiga kiire õpetamistempo, klassis on palju lapsi ja õpetamine on suunatud abstraktsemale keskmisele õpilasele), võivad teadmised jääda **verbaalseteks** (nimetatakse verbalismideks või inertseks teadmiseks) (Chinn & Brewer 2000; Vosniadou 1994a; Vygotsky 1997 (1934)). Kuid võivad areneda ka **moonutatud teadmised** (nimetatakse ka naiivseteks, väär- või tavateadmisteks) (Driver & Squires & Rushworth & Wood-Robinson 1995; Glynn & Duit 1995). Uued vahendajad võimaldavad seletada maailma integreeritumalt, haarates laiemat nähtuste hulka, võimaldades uusi ennustusi (vrd Isaac Newtoni ja Albert Einsteini teooriaid) (Chinn & Brewer 2000; Kuhn 1962). Samas piiravad need mõistmist, sest nendest arusaamiseks on vaja rohkem eelteadmisi ja oskusi. Ka paljudele täiskasvanutele jäävad nüüdisaegsed füüsika- ja astronoomiateooriad mõistatuseks, kuigi nad võivad innustuda teaduslik-fantastilistest seletustest. Kooliõpilased aga interpreteerivad infot ümber (st moonutavad teadmisi), muutes seda enda kogemusega kooskõllisemaks (vt Chinn & Brewer 2000). Need seletused on kompromissid tavateadmise ja uue õpitava vahel; nad annavad mõistmise tunde, mida inimestel on väga vaja (Brewer & Chinn & Samarapungavan 2000). Parimal juhul omandavad õpilased **teaduslikult korrektsed teadmised**.

Õpilaste ja täiskasvanute teadmisi on raske uurida, kuid mõnevõrra teistel põhjustel kui väikeste laste puhul. Vanemad lapsed on õppinud ära sõnad, laused, ülesannete lahendamise skeemid jne

Eve Kikas

ning nad väljendavad oma teadmisi, jäljendades koolis õpitut. Raskus on selles, kuidas aru saada, kas õpilaste teadmised on verbalismid, moonutatud või tõeliselt teaduslikud. Uurimustes kasutatakse erinevas vormis küsimusi ja ülesandeid, püüdes saada infot selliste vahendajate abil, mille kasutamist ei ole õpetatud. See tähendab, et joonisel 1 kujutatud ülemise ja alumise poole vahendajad peavad olema erinevad (vt Kikas 1998a, 1998b; Vosniadou 1994a).

Järgnevalt illustreerin teadmiste sünteesimist ja mõistmise raskusi kitsamate valdkondade näitel (Maa kuju ja Maal elamise võimalikkus ning aastaegade vaheldumine). Konkreetsed näited on võetud Eestis läbi viidud uurimustest (Hannust & Kikas 2002; Kikas 1998a, 1998b, 2000; Kikas & Hannust & Kanter 2002), laste nimed on muudetud.

Sünteesitud teadmised: Maa kuju ja Maal elamise võimalikkus

Fakti, et Maa on ümmargune, omandavad lapsed kergelt, kuid sageli jääb see verbalismiks, mida ei täideta sisuga. Hoopis raskem on aru saada sellest, kuidas on võimalik elada Maa erinevates piirkondades ja mitte alla kukkuda (mõiste *alla* on siin absoluutne, see on esmane uskumus, mis siiani on toiminud abistavana, kuid nüüd muutub arengu takistuseks) (Vosniadou 1994b; Vosniadou & Brewer 1992, 1994). S. Vosniadou ja tema kolleegid on näidanud, et lapsed sünteesivad mitmeid Maa mudeleid, mis võimaldavad ühendada nähtu (lame maapind) ja kuuldu (Maa on ümmargune) (Diakodoy & Vosniadou & Hawks 1997; Vosniadou 1994a, 1994b; Vosniadou & Brewer 1992, 1994). Osa lapsi arvab, et on kaks Maad: üks, millel me elame, ja teine, mis on planeedina taevas. Teised kujutavad ette, et inimesed elavad ümmarguse Maa sees tasasel pinnal, taevavõlv on maapinna kohal, moodustades sfääri ülemise osa. Osa lapsi arvab, et inimesed elavad lapiku kera ülemisel poolel. Sellised mudelid võimaldavad säilitada ettekujutuse fikseeritud üles-alla suunast.

Joonisel 2 on kujutatud erinevaid Maa mudeleid nii, nagu neid on joonistanud eesti lapsed. Tüüpiliselt joonistavad lapsed ümmarguse maakera, kuid inimesi ja pilvi joondavad absoluutses üles-alla suunas. Osa lapsi on kujutanud inimesi elavat kera seesmisel alumisel poolel. Aga inimesi on joonistatud elama ka maakera ülemise poolkera peale. Samas ei ole üheselt selge, kas need joonistel esitatud mudelid peegeldavad lapse raskusi maailma mõistmisel (joo-

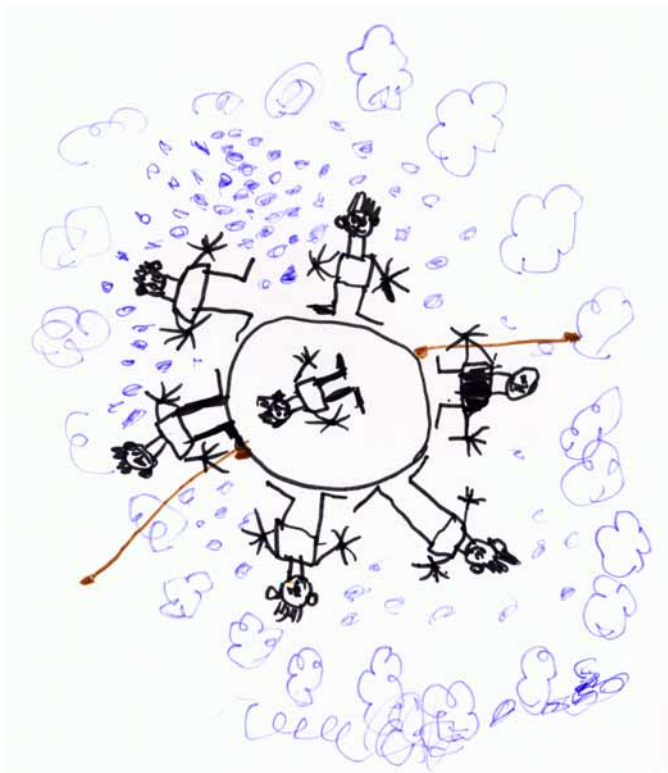
nise 1 ülemine pool) või hoopis lapse probleeme mudelite väljendamisel (joonise 1 alumine pool). Laste joonistused kajastavad ühest küljest seda, mida nad teavad ja arvavad, teisest küljest avalduvad neis aga joonistamisoskuse puudujäädid (Blades & Spencer 1994). Samuti on just väikelastel nn õpitud skeemid, kuidas mingit asja väljendada, ülesande muutmisel on lastel raske neid skeeme muuta (Karmiloff-Smith 1992). Näiteks tavaliselt joonistavad lapsed inimesed paberi alumisse äärde ja taeva üles ning sedasama skeemi võivad nad kasutada ka maakera joonistamisel.

Uurijad on ühel meelel selles, et lapsed on tänapäevase sfäärilise Maa mudeli mõistmisega suurtes raskustes. Osa lapsi ei ole seda mõistnud ka algkooli lõpuks, osa uurijaid on täheldanud raskusi ka täiskasvanutel (Vosniadou 1994a). Oleme Eestis läbi viinud õpetavaid eksperimente, mille käigus 5–7-aastastele lastele on õpetatud Maa kuju ja gravitatsiooniga seonduvaid esmaseid teadmisi (Hannust & Kikas 2002; Kikas & Hannust & Kanter 2002). Kokku on eksperimentaalrühmades õpetust saanud ligi sada 5–7-aastast last. Hele Kanter õpetas lapsi individuaalselt, Triin Hannust väikestes rühmades, kasutades abivahenditena mitmeid mudeleid. Laste teadmisi hinnati kahel viisil: küsimuste ja joonistuste abil. Ühelgi lapsel polnud enne õppimist teaduslikult õiget mudelit Maast, osa arvab Maa olevat lameda või ei osanud selle kuju kohta midagi öelda, teistel oli olemas faktiteadmised, et Maa on ümmargune.

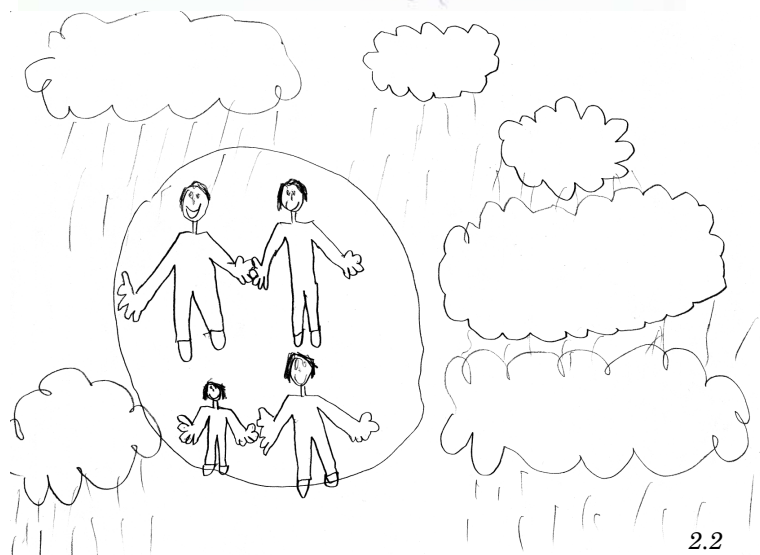
Õpetamise tulemusena laste teadmised paranesid, osa lapsi (kuid mitte kõiki) andsid pärast õpetust ainult teaduslikult korrektseid vastuseid. See, kui heade teadmiseni lapsed jõudsid, ei sõltunud sellest, kas neil oli olemas faktiteadmised ümmargusest Maast või mitte. Olenemata õpetamise meetodist valmistati lastele raskusi samad probleemid. Raskused olid seotud eelkõige ebakõladega meeleliselt-kogemuslikult ja sümboliliselt vahendatud informatsiooni vahel (vt joonis 1). Algsed piirangud, mida S. Vosniadou (nt 1994a) rõhutab, toetavad samuti just meelelist-kogemuslikku teadmist.

Üles-alla suuna suhtelisus. Kuna üles-alla suunda käsitletakse kui kukkumise absoluutset suunda juba väga varases eas (vt eespool), mil teadmisi ei teadvustata, on seda uskumust väga raske muuta (Vosniadou 1994a). Lisaks on lastel suuna suhtelisust raske mõista, sest see eeldab head visuaalruumilise mõtlemise taset (et kujutada mõtteliselt ette ümmargust Maad, millel üles-alla suunad

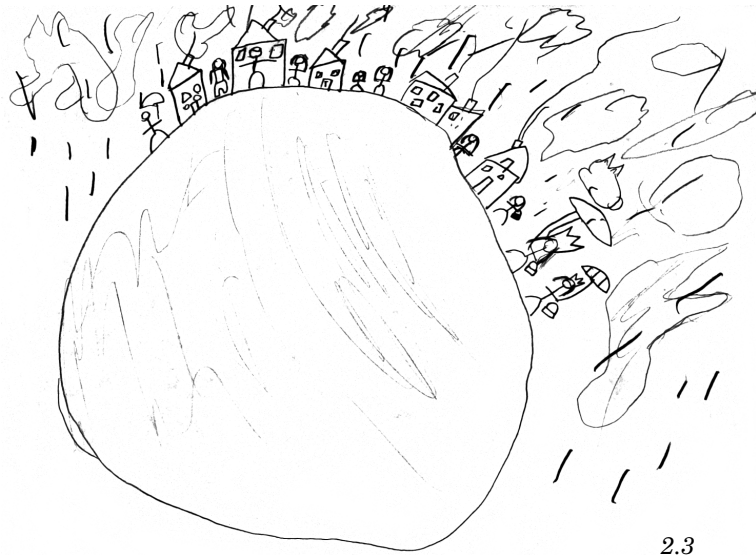
Eve Kikas



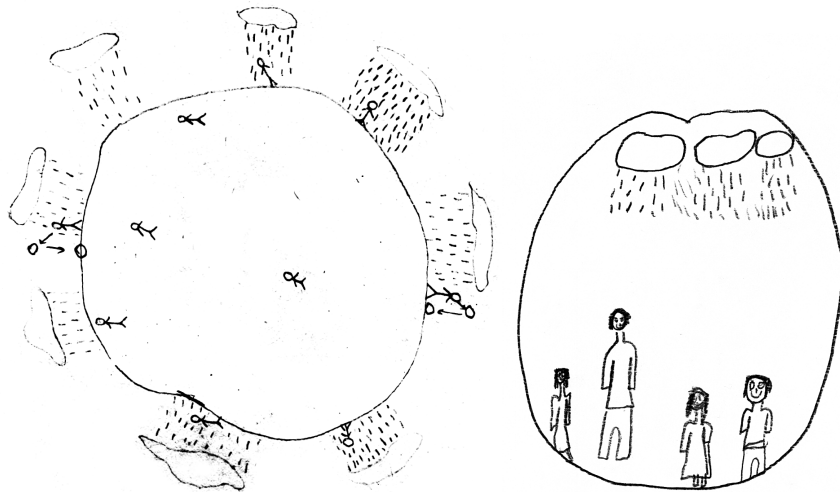
2.1



2.2



2.3



2.4-5

Joonis 2. Maa, inimeste, pilvede ja vihma kujutamine laste joonistustes.

Eve Kikas

erinevates punktides on erinevad). Lapsed seletavad (ja loodeta-
vasti ka mõistavad) suuna suhtelisust paremini, kui kasutada õpe-
tamisel mudeleid. Mudel on vahendaja ja selle kasutamist tuleb õp-
pida (Grosslight & Unger & Jay & Smith 1991), mistõttu on mõiste-
tav, et lapsed on ka selle kasutamisega raskustes. Lapsed mõista-
vad paremini seda, et inimesed kõnnivad Maa peal jalgadel (mitte
kätel), halvemini seda, et ka vihm sajab maapinna poole, mitte Maast
mööda. Näiteks:

Õpetaja: *Maa tõmbab inimesi enda poole, inimesed elavad ka
siin Maa küljel [näitab allapoole]. Kuidas nad elavad?*

Jaan: *Elavad niimoodi [paneb pea vastu palli]. Elavad muidu
tagurpidi, aga kui all on, siis on teistpidi.*

Tom: *Seal ei saaks aru, et elame pea alaspidi, kukume alla.*

Mikk: *Inimesed teisel pool käivad samamoodi nagu meie.*

Õpetaja: *Kuhu poole siin vihma sajab? [näitab palli alumisele
poolele].*

Jaan: *Mõlematele.*

Õpetaja: *Maale sajab. Lõpuks sajab vihm Maa peale. Üleval
sajab vihm Maa poole, aga kuidas all?*

Jaan: [näitab, et vihm sajab Maast eemale].

Õpetaja: *Maa tõmbab kõiki asju, ka vihma.*

Tom: *Pilv ei kuku ka ära, isegi vihma tõmbab maa.*

Laste vastustes leidub vihjeid ka sellele, et nad sünteesivad infot,
üritades ümber interpreteerida õpitud, mitte algseid uskumusi. Järg-
nevas näites kasutab laps seest tühja Maa mudelit, mille abil ta
saab põhjendada, miks inimesed Maalt alla ei kuku:

Õpetaja: *Kuidas need inimesed siin maakera kohas elavad?
[näitab pallil kui Maa mudelil alumisele poolele]. Kuidas siin
all ollakse – kas käiakse jalgade peal?*

Heli: *Ta võiks kukkuda, aga ta ei kuku, sest see [pall-maakera]
käib ringi.*

Anne: *Aga tegelikult on ta siin Maa sees. Sest meie oleme siin
Maa sees, sest me ei saa siin Maa peal käia, me kukume siit
(külje pealt) alla, me oleme Maa sees.*

Eve Kikas

Heli: *Meie oleme palli peal ikka.*

Õpetaja: *Jah. Meie oleme palli peal, mitte sees. Maakera hoiab meid enda küljes kinni, muidu kukuksime küll alla.*

Missuguseid esemeid tõmbab Maa enda külge (st missuguste esemete vahel mõjub gravitatsioonijõud)? Kui eelnevas mainiti laste algset ettekujutust toetamata esemete allakukkumisest, siis tuleks täpsustada, et kogemusest tuleneb selle kehtivus vaid raskete esemete puhul (nt inimene, pall, kivi). Intervjuudest selguski osa laste arvamusi, et Maa kergeid esemeid enda poole ei tõmba. Samuti arvab osa lapsi, et Maa ei tõmba enda poole Maast kaugel (taevas) olevaid esemeid (nt lennukeid ja linde). Raskusi illustreerib järgmine näide:

Õpetaja: *Millele mõjub Maa külgetõmbejõud?*

Heli: *Inimestele.*

Anne: *Näiteks, kui ma hüppan, siis Maa tõmbab mind tagasi.*

Urve: *Kuidas lind saab ära Maa pealt?*

Anne: *Linnud on kerged, aga meie oleme rasked, isegi kui beebi hüppaks, ikka kukuks alla tagasi, isegi kui kaisulooma viskaks.*

Õpetaja: *Jah. Me kukume alati tagasi. Aga linnud peavad tiibu lehvutama. Tegelikult mõjub külgetõmbejõud kõigile asjadele.*

Heli: *Eei.*

Õpetaja: *Millele ei mõju?*

Heli: *Lennukile.*

Viimases näites on huvitav jälgida, kuidas Anne toob kahel korral iseseisvalt näiteid oma ideede illustreerimiseks. Kõigis kirjeldatud vestlustes on näha, kuidas lapsed üritavad kokku panna erinevatest allikatest saadud infot ja seda mõtestada.

Sünteesitud teadmised: aastaegade vaheldumine

Just aastaegade tekkepõhjustest on äärmiselt raske aru saada, sest tõeliseks mõistmiseks on vaja eelteadmisi mitmest valdkonnast. Otseste vaatluste alusel saavad inimesed järeldada, et liigub

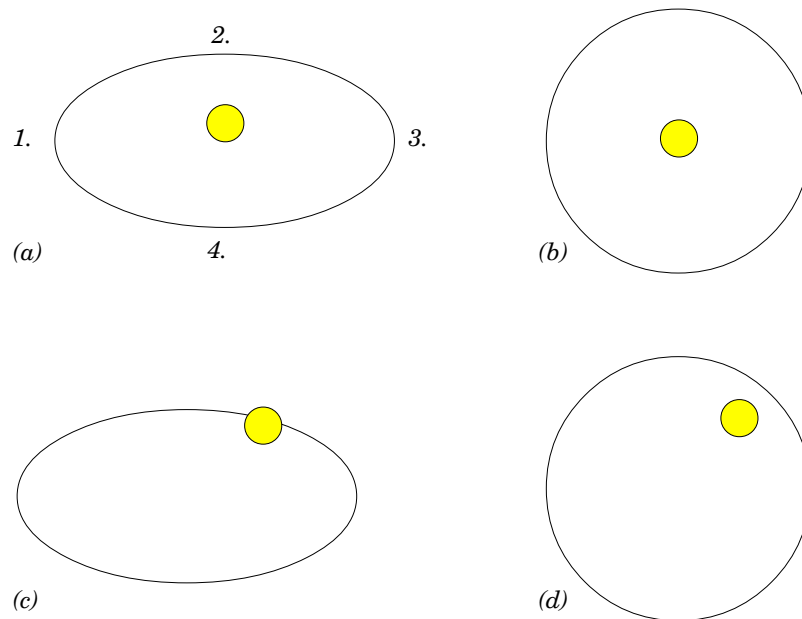
Eve Kikas

Päike, mitte Maa. Fakti, et “tegelikult” (täpsemalt – nii on liikumist lihtsam kirjeldada) tiirleb Maa ümber Päikese ja pöörleb ümber oma telje, õpivad õpilased ära suhteliselt kergesti (nii nagu fakti, et Maa on ümmargune). Kuid edasi tekivad järjest uued küsimused: miks siis, kui Päike on taevas kõrgemal (st ta paistab olevat kaugemal), soojendab ta rohkem, kui siis, kui ta on madalamal? kuidas on võimalik, et kui Maa ühtedes piirkondades on talv, on teistes suvi? miks on ekvaatori lähedal alati soe? jne. Neid nähtusi seletatakse eelkõige keele ja mudelite abil vahendatult. Selleks, et aastaegade vaheldumise mehhanismi mõista, on vaja häid teadmisi füüsikast (valgusest, valguse liikumisest, Maa liikumistest), lisaks peab teadma vahendajate – mudelite ja jooniste – loomise ja interpreteerimise reegleid. Vajalikku informatsiooni õpitakse erinevates klassides ja tundides ning õpilased jäävad sageli hätta infotükkide integreerimisega. Seetõttu on arusaadav, et aastaegade vaheldumist ei oska korrektselt seletada ka paljud täiskasvanud (Kikas 2004; Ojala 1997).

Raskusi mõistmisel illustreerivad hästi näited aruteludest, mis on võetud ühest varasemast uurimusest, kus neljaliikmeline rühm pidi jõudma ühisele seisukohalt, miks on talvel külmem kui suvel (Kikas 1998b). Uurimus on läbi viidud ajal, mil eesti põhikoolis õpiti vastavat teemat ainult 5. klassis ühe õpiku ja ühe töövihiku järgi. Vanemates klassides käsitleti teemat kaudselt maateaduses seoses kliima ja kliimavöönditega ning füüsikas seoses valguse liikumisega. Eelnevalt testiti 278 õpilast kirjalikult. Õpilased pidid lühidalt seletama, miks vahelduvad öö ja päev ning aastaajad, samuti küsiti mõnede mõistete definitsioone. Nende esialgsete vastuste alusel valiti järgnevasse uurimusse 104 kolmanda, viienda, seitsmenda ja üheksanda klassi õpilast; poisse ja tüdrukuid oli võrdselt. Sama klassi samasoolistest õpilastest moodustati eelneva testi alusel neljaliikmelised rühmad. Need moodustati nii, et kahe ühte rühma kuuluva lapse individuaalselt esitatud seletused olid nähtavale kogemusele toetuvad (nt *aastaajad vahelduvad sellepärast, et talvel on lumi maas*) ning kahe lapse seletused õpitule toetuvad (nt *aastaajad vahelduvad sellepärast, et Maa tiirleb ümber Päikese*).

Arutelu alustati vastamisest küsimusele *Miks on talvel külmem kui suvel?* Seejärel esitati õpilastele joonis nelja orbiidiga (vt joonis 3), kust nad pidi valima õigeima ja oma valikut põhjendama. Orbiidid olid valitud nii, et olid esindatud õpikus kujutatud (a), orbiidi

ristlõikeline kujutis (b) ning nn kauguseteooriale vastavad orbiidid (c) ja (d). Kauguseteooria järgi erinevad suvised ja talvised temperatuurid seetõttu, et Maa ja Päikese vaheline kaugus on erinev – talvel on Maa Päikesest kaugemal ja suvel lähemal. Teooria on tuletatud tavakogemusest: ahju lähedal on soe ja ahjust kaugemal külm. Kauguseteooriat pooldavad paljud erinevate maa-de lapsed ja täiskasvanud (nt Ojala 1997). Edasi paluti õpilastel joonistada, kus orbiidi punktis asub Maa talvel, kevadel, sügisel ja suvel. Oluline oli jõuda ühisele arvamusel. Järgmised näited on võetud kahe tüdrukuterühma aruteludest. Anu, Irja, Riin ja Kai olid 9. klassist ja Malle, Pille, Ragne ja Jana olid 7. klassist (kõik nimed on muudetud).



Joonis 3. Õpilastele esitatud joonis, millel on kujutatud Päikest ja nelja võimalikku Maa orbiiti.

Eve Kikas

Joonised kui informatsiooni vahendajad. Õpilased olid tõsis-
tes raskustes jooniste kui info vahendajate kasutamise ja mõistmi-
sega. Esitatud orbiidid tekitasid mitmeid küsimusi.

Küsitaja: *Vaadake, siin on neli võimalikku Maa orbiiti. Mis-
sugune on Maa orbiit tegelikult?*

Anu: *Suvel või üldse?*

Küsitaja: *Kui on suvel erinev kui talvel, näidake mõlemat.*

Kõik: *Ohhhoooo.*

Küsitaja: *Kas mõni neist sobib? Kui ei sobi, siis joonistage ise
uus.*

Anu: *Noh see (a).*

Irja: *Suvel või?*

Anu: *Üldse.*

Ilmselt tekitab raskust see, et ei saada aru, mis vaatepunktist or-
biiti kujutatakse. Maalt vaadatuna paistab Päike liikuvat talvel ja
suvel erinevalt, mistõttu üritati ka Maa orbiiti näidata talvel ja su-
vel erinevana.

Kui orbiit oli valitud, tekkis edasi küsimus, kus punktis asub Maa
suvel ja kus talvel. Kuigi orbiitide (a) ja (b) korral võib Maa põhimõt-
teliselt asuda erinevates punktides, asutakse otsima ühte ja abso-
luutselt õiget võimalust. Anu, Irja, Riini ja Kaie rühm valis pärast
pikka arutelu orbiidi (a) (vt joonis 3), kuid veel pikem oli arutelu
selle üle, missuguses orbiidi punktis asub Maa suvel ja talvel.

Anu: *Siin [3] on talv.*

Riin: *Siin [3] on ikka kevad.*

Kai: *Ei ole, füüsikaõpikus oli teisiti.*

Irja: *Aga siin ei ole ju mingit vahet.*

Anu: *Siin [4] on suvi.*

Kai: *Füüsikaõpikus oli siin [1].*

[--]

Anu: *Teeme nii nagu kompassis.*

Kai: *Kuidas nii?*

Anu: Noh, kompassis on talv üleval ... põhjapoolus on üleval ja lõunapoolus on all.

Nagu näha, otsiti joonise mõtestamisel abi kahest allikast. Esiteks eelnevast kogemusest: kompassis on põhi üleval, talvel on külm, järelikul võiks ka talv olla üleval. Teiseks üritati meenutada, kuidas on vastav joonis esitatud õpikus. Õpikujoonisele viitasid paljud rühmad, just seetõttu valiti palju orbiiti (a), kuigi seda ei osatud sisuliselt põhjendada. Järgmine arutelu illustreerib esinenud raskusi:

Pille: Mina arvan, et on see [a].

Malle: Miks, miks ta peaks nii lopergune olema?

Pille: Sest pildi peal oli, sest pildi peal oli.

Malle: Miks ta peaks vahepeal Päikesest kaugemale minema... Kui tal mingi orbiit juba on, miks ta siis kaugemale peab minema?

Pille: Ma ei tea, mulle on alati jäänud mulje, et ta ei ole päris ümmargune, see tema teekond.

Ragne: Mina arvan ka nii [a].

Jana: Mina arvan ka [a].

Malle: No mina arvan ikkagi, et kui neil on mingid orbiidid, siis nad peaksid Päikese suhtes kogu aeg samamoodi olema.

[--]

Pille: Ma ei tea, miks ma tean. Ma ei tea, miks igal pool on olnud, et ta päris ümmargune ei ole. Ma olen isegi kusagilt lugenud, et ta ei ole päris ümmargune. Igal pool, kus on näidatud, mihuke ta on, ei ole kunagi päris ümmargune. Ta on ikka natuke sihuke ovaalne rohkem olnud.

Malle: No kuidas ta peaks minema vahepeal kaugemale ja vahepeal lähemale?

Ragne: Ma ei tea.

Malle: Sa tood põhjenduseks ainult selle, et kuskil nägid, aga miks, seda mina pihta ei saa.

Pille: Ma ei tea ka täpselt, aga ma olen igal pool, kus on näidatud, ta on alati olnud mitte päris ümmargune.

Eve Kikas

[---]

Malle: *Oota, Päike on ju praktiliselt ümmargune, on ju? Ole-tame, et Päikesel on mingi külgetõmbejõud, et sellepärast kogu aeg täpselt ühtemoodi käivad, sellepärast üldse on orbiidil, äkki võiks suvalt minna, ma ei tea kuhu... Aga miks ta peaks siis vahepeal kaugemale minema, kas Päike on siis ühest küljest teistmoodi kui teisest?*

[--]

Malle: *Kas Päike on lapergune siis või?*

Pille: *No kus sa tead, et Päike ümmargune on?*

Malle: *Ma arvan, et kui need planeedid ja värgid on ümmargused.*

Pille: *Ega nad päris täpselt ümmargused ei ole.*

Malle: *Päris täpselt ei ole, aga ikkagi praktiliselt ümmargused... Päike on ju igast küljest ühesugune, ma arvan, et Päike on ümmargune.*

See rühm ei jõudnudki ühisele arvamusele – Malle valis ümmarguse orbiidi (b) ja teised ellipsi (a). Siin ilmneb aga eriti selgelt õpikutes esitatud mõju – joonis ei pea olema mõistetav, aga kui ta on esitatud õpikus, siis on ta ilmselt ainuõige. Malle loogilised argumentid (Päike on ümmargune, Päike tõmbab igast küljest ühtemoodi) teisi ei veennud, kuigi neil endil põhjendusi elliptilise orbiidi poolt esitada ei olnud.

Kauguseteooria ja selle rakendamise seotud raskused. Kauguseteooria oli kõige hõlpsamini kättesaadav seletus, paljud rühmad alustasid sellest. Raskused tekkisid siis, kui oli vaja põhjendada, kuidas Maa erinevate piirkondade temperatuur on erinev (nt orbiitide (c) või (d) korral) või kuidas on võimalik, et Maa asub talvel ja suvel Päikesest ühekaugusel (orbiit (a) või (b)). Lapsed meenutavad seda, mida on õppinud, toovad näiteid ja analoogiaid teistest valdkondadest, üritades konstrueerida koherentset põhjendust. Anu, Irja, Riini ja Kaie rühm pakkus järgmisi seletusi:

Kai: *Need idatuuled on külmad tuuled ja läänetuuled samas on soojemad, mahedamad tuuled ja samamoodi tegelikult on ikka veel, et lõunatuuled on soojad ja võib-olla on Päikesel*

samamoodi, et soojendab ühte poolt rohkem, suvel tuleb nagu lääne poolt ja siis paistab soojem õhk, aga kui talvel tuleb idast, siis paistab külmem õhk [orbiit a].

Küsitaja: Ahah, et soojendab erinevalt.

Kai: Jah.

Küsitaja: Aga kuidas siis seletada, et kui meil on suvi, siis Austraalias on talv?

[--]

Kai: Aga kui meile paistab Päike läänest, siis neile ... paistab ka läänest.

[--]

Irja: Kas siin seespool on ka planeete?

Kai: Jah, kaks on.

Irja: Aga need võivad jääda kohe siia ette.

Anu: Jah ja Päike lihtsalt ei saa kolmandale planeedile paista, kui teised on ees, ja siis siin teisel pool, kus on suvi, on need planeedid liikunud omasoodu ja ei jää kuidagi siia ette.

Küsitaja: Hea mõte, aga kuidas ikkagi seletada, et kui meil on suvi, siis Austraalias on talv.

Anu: Aga... see et põhja pool on siis ikka Päikese pool ja lõuna pool on jälle Päikesest eemal.

Kõik: Jah, Eesti on siin ja Austraalia on siin.

Anu: Ja Päike paistab Eestile ja sellele ei paista, noh.

Kõik: Jah, just.

Siit on näha, et õpilased püüavad konstrueerida seletusi, kasutades ja sünteesides erinevatest valdkondadest pärit infot (vrd Brewer & Chinn & Samarapungavan 2000). Nad viitavad enda kogemusele, õpikus nähtule ja loetule, meeldejäädud faktidele, analoogiale teiste nähtustega, teevad loogilisi järeldusi. Ja siiski lõpetavad nad tihti seletustega, mida kirjanduses nimetatakse väärmõisteteks ehk moonutatud teadmiseks (Brewer & Chinn & Samarapungavan 2000; Driver & Squires & Rushworth & Wood-Robinson 1995). Probleemid tekivad erinevate tükkide kokkupanemisel ja eri vahendajate abil kogutud informatsiooni vahel kooskõla leidmisega.

Eve Kikas

Lõpetuseks

Materiaalseid ja mentaalseid vahendajaid, mille abil maailmakohaseid seletusi konstrueerida, on palju. Erinevate vahendajate abil luuakse erinevaid seletusi (mudeleid, teooriaid). Raskused teadmiste mõistmisel võivad tuleneda sellest, et saadud informatsioon on fragmentaarne ja tükid võivad sisaldada vastuolusid. Lisaraskusi võib tekkida siis, kui ei mõisteta vahendajate ja vahendamise iseärasusi. Lapsed on nii nähtuste mõistmise kui ka teadmiste edastamisega raskustes, sest nad alles õpivad erinevaid vahendajaid kasutama.

Tegelikkuses on täiskasvanutel mitmeid mõistete-teadmiste süsteeme. Hakates kasutama uusi (materiaalseid ja mentaalseid) vahendajaid, jäävad alles ka vanad (nt Chi 1992; Mortimer 1995). Vaid ühe – olgugi kõige nüüdisaegsema – vahendajate ja teadmiste tüübi kasutamisel võivad inimesed jääda hätta näiteks lastega rääkides või vanu teooriaid mõista püüdes. Elus on lisaks teaduslikule mõtlemisele vaja ka tavamõtlemist. Kuigi Albert Einsteini teooria on kõikehõlmavam ja üldistatum, rakendatakse tänases maailmas Isaac Newtoni oma.

Raskused nii mõtestamisel kui ka edastamisel tulevad selgesti esile Maa, Päikese ja planeetide ning nende liikumisest põhjustatud loodusnähtuste seletuste konstrueerimisel. Erinevates süsteemides põhjendamine ja mõtlemine avaldus ka eelnevates näidetes, kus vaidlustes otsiti argumente nii tavakogemusest kui koolis õpitust. Lapsed konstrueerivad seletused olemasolevate – tavakogemuse kaudu omandatud ja koolis õpitud – teadmiste alusel, tehes oma arengutasemele vastavaid järeldusi. Laste ja täiskasvanute seletused ja põhjendused võivad olla erinevad, kuid mõlemad püüdlevad kooskõla poole, mis annaks mõistmise tunde.

Kommentaar

¹ Selle artikli ettevalmistamist ja materjali kogumist on toetanud Eesti Teadusfond (grant nr 5371). Lapsi on õpetanud ja andmeid aidanud koguda Hele Kanter ja Triin Hannust.

Kirjandus

- Baillargeon, Rene 1995. Physical Reasoning in Infancy. Gazzaniga, Michael (toim). *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge (Massachusetts): MIT Press, lk 181–204.
- Blades, Mark & Spencer, Christopher 1994. The Development of Children's Ability to Use Spatial Representations. Reese, Hayne (toim). *Advances in Child Development* 25. San Diego: Academic Press, lk 157–199.
- Brewer, William & Chinn, Clark & Samarapungavan, Ala 2000. Explanation in Scientists and Children. Keil, Frank & Wilson, Robert (toim). *Explanation and Cognition*. Cambridge (Massachusetts): MIT Press, lk 279–298.
- Callanan, Maureen & Oakes, Lisa 1992. Preschoolers' Questions and Parents' Explanations: Causal Thinking in Everyday Activity. *Cognitive Development* 7, lk 213–233.
- Chi, Michelene 1992. Conceptual Change Within and Across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science. Giere, Roland N. (toim). *Cognitive Models of Science*. Minnesota Studies in Philosophy of Science 15. Minneapolis: University of Minnesota Press, lk 129–187.
- Chinn, Clark & Brewer, William 2000. Knowledge Change in Response to Data in Science, Religion and Magic. Rosengren, Karl & Johnson, Carl & Harris, Paul (toim). *Imagining the Impossible: Magical, Scientific, and Religious Thinking in Children*. New York: Cambridge University Press, lk 334–371.
- Diakidoy, Irene-Anna & Vosniadou, Stella & Hawks, Jackson 1997. Conceptual Change in Astronomy: Models of the Earth and of the Day/Night Cycle in American-Indian Children. *European Journal of Psychology of Education* 12, lk 159–184.
- Driver, Rosalind & Squires, Ann & Rushworth, Peter & Wood-Robinson, Valerie 1995. *Making Sense of Secondary Science: Research into Science Ideas*. London & New York: Routledge.
- Glynn, Shawn & Duit, Rene 1995 (koost). *Learning Science in the Schools*. Mahwah (New Jersey): Erlbaum.
- Gopnik, Alison & Meltzoff, Andrew 1997. *Words, Thoughts, and Theories*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Grosslight, Lorraine & Unger, Christopher & Jay, Eileen & Smith, Carol 1991. Understanding Models and Their Use in Science. *Journal of Research in Science Teaching* 28, lk 799–822.

Eve Kikas

- Hannust, Triin & Kikas, Eve 2002. Five- and Seven-year Old Children's Concepts of the Earth and the Influence of Experimental Teaching on These Concepts. *A Process Approach to Conceptual Change: Proceedings of the Third European Symposium on Conceptual Change, June 26–28, Turku, Finland*. Turku: University of Turku, Faculty of Education, lk 176–183.
- Karmiloff-Smith, Anette 1992. *Beyond Modularity: A Developmental Perspective on Cognitive Science*. Cambridge (Massachusetts): MIT Press.
- Kikas, Eve 1998a. The Impact of Teaching on Students' Definitions and Explanations of Astronomical Phenomena. *Learning and Instruction* 8, lk 439–454.
- Kikas, Eve 1998b. Pupils' Explanations of Seasonal Changes: Age Differences and the Influence of Teaching. *British Journal of Educational Psychology* 68, lk 505–516.
- Kikas, Eve 2000. The Influence of Teaching on Students' Explanations and Illustrations of the Day/Night Cycle and Seasonal Changes. *European Journal of Psychology of Education* 15, lk 281–295.
- Kikas, Eve 2003. Constructing Knowledge beyond Senses: Worlds too Big and Small to See. Toomela, Aaro (toim). *Cultural Guidance in the Development of the Human Mind*. Westport & Connecticut & London: Ablex, lk 211–227.
- Kikas, Eve 2004. Teachers' Conceptions and Misconceptions Concerning Three Natural Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching* 5, lk 432–448.
- Kikas, Eve & Hannust, Triin & Kanter, Hele 2002. The Influence of Experimental Teaching on 5- and 7-year Old Children's Concepts of the Earth and Gravity. *Journal of Baltic Science Education* 2, lk 19–30.
- Kuhn, Thomas 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kuperjanov, Andres 2003. *Eesti taevas: Uskumusi ja tõlgendusi*. Tartu: Eesti Folkloori Instituut.
- Mortimer, Eduardo Fleury 1995. Conceptual Change or Conceptual Profile Change? *Science and Education* 4, lk 267–285.
- Nelson, Katherine 2003. Making Sense in the World of Symbols. Toomela, Aaro (toim). *Cultural Guidance in the Development of the Human Mind*. Westport & Connecticut & London: Ablex, lk 139–158.
- Nobes, Gavin & Moore, Derek & Martin, Alan & Clifford, Brian & Butterworth, George & Panagiotaki, Georgia & Siegal, Michael 2003. Children's Understanding of the Earth in a Multicultural Community: Mental Models or Fragments of Knowledge? *Developmental Science* 6, lk 74–87.

- Ojala, Jorma 1997. Lost in Space? The Concepts of Planetary Phenomena Held by Trainee Primary School Teachers. *International Research in Geographical and Environmental Education* 6, lk 183–203.
- Samarapungavan, Ala & Vosniadou, Stella & Brewer, William 1996. Mental Models of the Earth, Sun, and Moon: Indian Children's Cosmologies. *Cognitive Development* 11, lk 491–521.
- Schoultz, Jan & Säljö, Roger & Wyndhamn, Jan 2001. Heavenly Talk; Discourse, Artifacts, and Children's Understanding of Elementary Astronomy. *Human Development* 44, lk 103–118.
- Siegler, Robert 1996. *Emerging Minds: The Process of Change in Children's Thinking*. New York & Oxford: Oxford University Press.
- Spelke, Elizabeth 1991. Physical Knowledge in Infancy: Reflections on Piaget's Theory. Carey, Susan & Gelman, Rochel (toim). *The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition*. Hillsdale (New Jersey): Erlbaum, lk 133–169.
- Tomasello, Michael 2000. *The Cultural Origins of Human Cognition*. Cambridge (Massachusetts) & London: Harvard University Press.
- Toomela, Aaro 2003. Culture as a Semiosphere: On the Role of Culture in the Culture-individual Relationship. Josephs, Ingrid (toim). *Dialogicality in Development*. Westport (Connecticut): Praeger, lk 129–163.
- Vosniadou, Stella 1994a. Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction* 4, lk 45–69.
- Vosniadou, Stella 1994b. Universal and Culture-specific Properties of Children's Mental Models of the Earth. Hirschfeld, Lawrence & Gelman, Susan (toim). *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*. Cambridge (Massachusetts): Cambridge University Press, lk 412–429.
- Vosniadou, Stella & Brewer, William 1992. Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood. *Cognitive Psychology* 24, lk 535–585.
- Vosniadou, Stella & Brewer, William 1994. Mental Models of the Day/Night Cycle. *Cognitive Science* 18, lk 123–183.
- Võgotski 1983 (1931) = Выготский, Лев. История развития высших психических функций. *Собрание сочинений* 3. Москва: Педагогика, lk 5–228.
- Vygotsky, Lev 1997 (1934). *Thought and Language*. Cambridge (Massachusetts): MIT Press.
- Vygotsky, Lev & Luria, Alexander 1994. Tool and Symbol in Child Development. Van der Veer, Rene & Valsiner, Jaan (toim). *The Vygotsky Reader*. Oxford & Cambridge: Blackwell, lk 99–175.

Eve Kikas

Wellman, Henry & Hickling, Anne & Schult, Carolin 1997. Young Children's Psychological, Physical, and Biological Explanations. Wellman, Henry & Inagaki, Kayoto (toim). *Emergence of Core Domains of Thought: Children's Reasoning about Physical, Psychological, and Biological Phenomena*. San Francisco (California): Jossey-Bass, lk 7–25.

Wertsch, James 1985. *Vygotsky and the Social Formation of Mind*. Cambridge (Massachusetts): Harvard University Press.

Wertsch, James 1998. *Mind as Action*. New York & Oxford: Oxford University Press.