

Eesti õpetajate kliimateadlikkus ja kliimaga seotud teadusmõistete muutus koolituse mõjul

Grete Arro^{a1}, Aet Annist^b, Jaanus Terasmaa^c, Anneli Alekand^c,
Elina Malleus-Kotšegarov^a, Triinu Jesmin^d

^a Tallinna Ülikooli haridusteaduste instituut

^b Tallinna Ülikooli humanitaarteaduste instituut

^c Tallinna Ülikooli loodus- ja terviseteaduste instituut

^d Tallinna Ülikooli digitehnoloogiaste instituut

Annotatsioon

Eri õppeastmete õpetajate teadmised jätkusuutlikkusest ja kliimamuutusest ei ole kuigi süsteemsed, mis võib takistada kliimateadlikkuse kasvu ühiskonnas. Uuringu esimene eesmärk oli kirjeldada interdistsiplinaarsel kliimamuutuste teemalisel koolitusel osalenud õpetajate teadmisi kliimamuutuste olemuse ning nendega kohanemise kohta. Samuti uuriti õpetajate kliimamuutusega seotud pseudo-, sünteetilisi ja väärmõisteid. Õpetajatele (N = 221) esitati kaks kliimateemalist vabavastuselise küsimust, mille vastuste analüüsimiseks kasutati kontent-analüüsi. Tulemustest ilmnnes, et kuigi kliimamuutustest tervikuna on teatud arusaam olemas, mainivad õpetajad mõningaid olulisi aspekte vähe või üldse mitte. Samuti esineb selgitustes mõningaid väärmõisteid. Uuringu teine eesmärk oli seotud kliimateadlikkuse teemalised koolituse mõjuga. Arvestades lühikeste koolituste tavapärasust, nendele kulutatavat ressursi ning teadmiste illusiooni tekkimise ohtu, on põhjendatud, et uuritakse ka koolitustegevuse efektiivsust. Seepärast hinnati, milline muutus koolitatute kliimamuutusega seotud teadmistes koolituse mõjul tekib. Kui kliimamuutuste olemuse mõistmist peegeldavates vastustes muutust ei ilmnenu, siis nendega kohanemise teemal oli märgata eelkõige sagedasemat kohanemise mõiste kasutust ja kohanemise probleemi äratundmist.

Võtmesõnad: kliimateadlikkus, kliimaharidus, õpetajaharidus, mõistete areng, väärmõisted

¹ Haridusteaduste instituut, Tallinna Ülikool, Tallinn, Narva mnt 25; arro@tlu.ee.

Sissejuhatus

Kliima- ja keskkonnamuutused laiemalt on saamas inimkonna jaoks üha olulisemaks eksistentsiaalseks probleemiks. Värskeimas teadlaste ühispöördumist kajastavas ülevaateartiklis (Ripple *et al.*, 2023) hoiatatakse inimkonda looduslike ja sotsiaalmajanduslike süsteemide kokkuvarisemise eest maailmas, kus me juba niigi seisame silmitsi talumatu kuumuse, sagedaste äärmuslike ilmastikunähtuste, toidu ja värske vee puuduse, tõusva meretaseme, uute haiguste tekkimise ja leviku ning üha suurenenud sotsiaalse rahulolematuse ja laienevate geopoliitiliste konfliktidega. Juba varem on sedastatud, et praeguste poliitiliste meetmete jätkumine tõstaks aastaks 2100 Maa keskmist temperatuuri umbes 3 °C võrra – see on temperatuuritase, mida Maa pole viimase 3 miljoni aasta jooksul kogenud (Liu & Raftery, 2021). Inimene liigina tekkis alles umbes 315 000 aastat tagasi märksa jahedamates tingimustes, mis olid üsna sarnased praegustega. Tööstusrevolutsioonijärgse kliimamuutuse kiirus on selline, et evolutsiooniline kohanemine nendega on nii meile kui väga paljudele teistele liikidele võimatu – selleks oleks märksa rohkem aega tarvis. Samuti näitavad uuringud, et globaalselt oli aastatel 2000–2019 kuumusega seotud ligikaudu 500 000 surma ja kuumusest tingitud liigsete surmade suhtarv on ajas kasvanud (Zhao *et al.*, 2021). 2023. aasta juuli ja august lähevad ajalukku seni kõige kõrgemate globaalsete temperatuuridega mõõtmisajaloos. Paralleelselt jõudis Antarktika merejää oma madalaima päevase suhtelise ulatuseni alates satelliitandmete kogumise algusest: 2,67 miljonit ruutkilomeetrit allpool aastate 1991–2023 keskmist (Ripple *et al.*, 2023). Samal ajal lisas inimkond 2023. aastal atmosfääri rekordkoguse CO₂-te – üle 37 miljardi tonni, järgmistel aastatel ennustatakse kasvu jätku (Friedlingstein *et al.*, 2023).

Kuna kliimamuutused mõjutavad absoluutselt kõiki eluvaldkondi, on ootuspärane, et kliimamuutuste temaatika tõuseb aruteluteemaks kõigi õppeastmete erinevates ainetundides. Cordero jt (2020) uurimus näitas, et lastele efektiivselt kliimamuutuste teema õpetamine vähendas nende CO₂ jalajälge üle 10% aastas. Selle skaleerimisel võiks autorite hinnangul olla maailmas mõju, mis on võrreldav paljude välja pakutud tehnoloogiliste lahenduste omaga. UNESCO (2021) uurimus osutab aga, et riigid, kus kliimateemaline õpe on madalamal tasemel, on suuremad kliimamuutusesse panustajad.

On oluline, et kliimamuutuste käsitlemine ei jääks pelgalt loodusainete tundidesse, kuivõrd nende inimtekkelised põhjused tulenevad ühiskondlikest süsteemidest: kliimamuutuste üheks peamiseks põhjuseks olevad fossiilkütused on kasutusel ühiskondade majanduskorralduse tõttu ning nende vähendamine sõltub sellise energiamahuka eluviisi muutmisest. Nende protsesside mõistmine on ühiskonnateaduste pärusmaa ja lahendused tuleb leida koostöös paljude

praktiliste ainetega, sh kunsti, tööõpetuse, arvutiõpetuse ja muu sellisega. Võttes arvesse, et senise kasvupõhise majandusmudeliga jätkates pole võimalik ühiskonna jätkusuutlikkust tagavaid kliimaeesmärke saavutada (Wiedmann *et al.*, 2020), hoidudes sealhulgas ka rohekasvule ümber orienteerumisest (Parrique *et al.*, 2019), on teema ka maailmavaateliselt laetud, sest kuigi alternatiivsete majandusmodelite alusväärtus on vabatahtlikkus (Parrique, 2019), kaldutakse vabaturumajanduse alternatiive käsitlema pigem pinnapealselt ja seostatakse neid rangete riiklike ettekirjutuste, lauskontrolli, sotsialismi- ja kommunismi-ideede ning plaanimajandusega (vt ka MacLeod, 2019).

Haridussüsteem on tõenäoliselt üks tõhusamaid kanaleid, mille kaudu ühiskonnas kliimamuutuste-teadlikkust mõjutada (vt ka Baiardi & Morana, 2020). Samas sõltub kliimamuutusega seotud temade õpetamine koolis sellest, kuivõrd põhjalikud ja süsteemsed on õpetajate loodusteaduslikud teadmised, sh arusaam loodusseaduste mittemuudetavusest, aga ka teadmistest kliimamuutuste inimühiskonnast tulenevate põhjuste, inimühiskonnale mõjuvate tagajärgede, kohanemisvõimaluste ja tegelike praktikate kohta. Õpetajate põhjalikud ja eri valdkondi siduvad teadmised kliimamuutustest loovad eelduse arutlevale ja lahendusi otsivale õpetamisele.

Samas annavad uuringud vastukäivaid andmeid selle kohta, kuidas on teadmised keskkonnast seotud keskkonnasõbralike hoiakute ja käitumisega (Ranney & Clark, 2016; Liu *et al.*, 2020), ning teadmisi peetakse vahel pigem kaudseks ennustajaks. Selle põhjus võib osaliselt seisneda selles, kuidas teadmisi hinnatakse (Geiger *et al.*, 2019). Kui teadmiste hindamise vahendiga palutakse hinnata enda teadmiste taset, ei mõõda see teadmisi, vaid arvamust oma teadmistest ning seos käitumisega polegi ootuspärane. Samuti võivad probleematilised olla valikvastustega küsimused, mis hindavad pigem äratundmis- kui meenutamismälu sooritust. Kui teadmiste mõõdik hindab teadmisi objektiivselt (Geiger *et al.*, 2019) ning võtab arvesse mälu ja mõistete arenguga seotud aspekte, näiteks uurib võimalikke väärmõisteid (Kikas, 2004), võivad teadmised osutada oluliseks keskkonnateadliku tegutsemise ennustajaks. See uuring võtab eelduseks, et komplekssete (nt kliimamuutustega seotud) teadmiste uurimisel tuleks teadmiste all silmas pidada kitsalt teadusmõistelisi ning pikaajalisele mälule tuginevaid arusaamade süsteeme. Seejuures on üks võimalik viis uurida vabavastuseliselt esitatud teadmistes esinevaid korrektseid ja väärmõisteid.

Laiendamaks õpetajate teadmisi mistahes vallas on üldjuhul esimene lahendus koolitamine. Aina paremad teadmised selle kohta, kuidas inimese aju keerukaid süsteeme õpib, suunavad küsima, kust me teame, et koolitused, eriti lühiajalised, täidavad oma eesmärgi ning milline on täpselt nende mõju. Seega peaks igasuguse koolitustegevuse olemuslik osa – eriti eksistentsiaalse tähtsusega temades – olema koolituse oodatava mõju hindamine. Selles

uuringus pakutakse selleks välja üks võimalik hindamisviis: katsetatakse kliimateadlikkust suurendava koolituse mõju osalejate teadusmõistelisele arusaamale kliimamuutuste olemusest ning nendega kohanemise viisidest.

Kliima ja kliimamuutustega seotud väärmõisted

Avalikkuse arusaam teadusest on aina enam teadlaste endi tähelepanu köitnud (Sinatra *et al.*, 2014), kuna nii igapäevaelu otsused kui poliitilised valikud eeldavad otsesemalt või varjatumalt komplekssete teaduslike nähtuste ja protsesside mõistmist. See, kas ja kuidas inimesed teaduse pakutavaid lahendusi aktsepteerivad ja käitumuslikult jõustavad, sõltub sellest, kuidas nad nende aluseks olevaid teadmisi sügavuti (mitte pinnapealselt) enda teadmistesse integreerivad. Seejuures on üheks oluliseks väljakutseks peetud just nimelt ühiskonnas levivaid väärmõisteid paljude nähtuste kohta (Sinatra *et al.*, 2014). Teadusmõistelistest (s.t formaal-loogilistest, keeleliselt kodeeritud ja hierarhiliselt üles ehitatud mõistetest tajuliselt kättesaamatute nähtuste ja protsesside kohta) korrektsetest ja süsteemsetest teadmistest võivad tavateadmised erineda mitmel moel. Näiteks on kliimamuutuste olemuse mõistmise kohta viimastel aastakümnetel tehtud hulgaliselt eksperimente (vt nt Sterman & Booth Sweeney, 2002, 2007). Peamiselt osutavad need inimeste teadvuses olevatele vildakatele ontoloogilistele mudelitele kliimamuutustest (Chen, 2011). Näiteks kalduvad inimesed kliimamuutustele vaikimisi omistama objekti, mitte protsessi omadusi – kliimamuutus on justkui „asi“, mitte ajas kulgev, inertne, dünaamiline ja kumuleeruv protsess. Nii on katsed näidanud, et inimesed hoiavad visalt kinni väärkujutelmast, et kui inimkonna süsinikdioksiidi emissioonid enam ei suureneks, stabiliseeruks atmosfääris olev CO₂ kogus. Seejuures jäädakse selle väärarusaama juurde sageli ka siis, kui teatakse, et loodus suudab praegu siduda tunduvalt vähem süsinikku, kui oleme atmosfääri paisanud ja paiskame (Sterman & Booth Sweeney, 2007). Samuti kalduvad inimesed katsetes demonstreerima väärarusaama, et kui CO₂ kontsentratsioon stabiliseeruks, peatuks globaalse temperatuuri tõus kohe (Pala & Vennix, 2005; Sterman & Booth Sweeney, 2007). Samuti on inimestel kalduvus mitte mõista akumulatsiooniprotsessi, tehes dünaamiliste süsteemide (nagu kliimasüsteemi) kohta järeldusi mitte selle kogu tsükli, vaid üht suvalist momenti silmas pidades. Selline nn fundamentaalne arutlusviga on omane ka kõrgharitud, sealhulgas tehniliste erialade inimestele (Cronin, 2009). Eelnev aitab paremini mõista, miks paljudel inimestel on kliimamuutuste vähendamise seoses ootame-ja-vaatame-hoiak (Chen, 2011).

Seega on kliima ja kliimamuutuste kui komplekssete teemade õpetamisel mitmesuguseid võimalusi väärarusaamade tekkeks. Mõistete arengu teooriad (*Conceptual Change*) selgitavad, kuidas toimub erinevate moonutatud

(sh väärate) teadmiste kujunemine enne teadusliku teadmiseni jõudmist (Chi, 2013; Kikas, 2003; Vosniadou, 1994). Seejuures on väärmõistete tekkimine enne korrektset teadmist mõiste arengu loomulik protsess. Kui aga mõistete konstrueerimiseks piisavalt aega ei anta ja asjakohane arutelu ning tagasiside puuduvad, ei jõutagi keerukate mõistete puhul teadusliku teadmiseni (Kikas, 2003). Teadmised võivad jääda tavamõistelisele tasemele või tekivad erinevad kombineeritud ja sünteesitud arusaamad. Need võivad olla nii pealtnäha teaduslikud, kuid tegelikkust mitte korrektset kirjeldavad ehk pseudomõisted (Võgotski, 1934/2004) kui ka sisuliselt ebatäpsed arusaamad ehk väärmõisted (Kikas, 2003; Vosniadou, 1994).

Mõistearengu-uurimused mõtestavad ja jaotavad väärmõisteid erinevalt. Eelmainitud kliimamuutustega seotud näited olid ontoloogilised dünaamiliste protsessidega seotud väärmõisted. Kliimanähtuste komplekssus ja interdistsiplinaarsus on seotud aga ka muud tüüpi väärmõistetega. Peamiselt tugine me selles artiklis Chi (2013) ja Kikase (2004; 2005; 2010) väärmõistete käsitlustele. Näiteks on Chi (2013) eristanud selliseid väärmõisteid nagu (I) vildakad mentaalsed mudelid, (II) ontoloogilised väärmõisted ehk kategoriseerimisvead ja (III) puuduvad kognitiivsed skeemid – kõiki neid võib esineda ka kliimaga seotud teadmiste puhul. Lisaks saab eristada (mõistearengu protsessis loomulikke) moonutatud või lihtsustatud ja seega ekslikke arusaamu (Kikas, 2003, 2004; Võgotski, 1934/2004). Eristus lähtub sellest, mil määral omandatav mõiste on tajupõhise, igapäevaelust lähtuva kogemusliku sisuga täidetud (tavamõiste) või kasutatakse väliselt juba teaduslikku mõistet, mille sisu on siiski tavakogemuslik (pseudomõiste), või on sünteesitud fragmendid teaduslikust ja kogemuslikust sisust (sünteesiline mõiste).

Õpetajate kliimamuutuste kui kompleksüsteemi alased teadmised

Kuigi Eesti põhikooli- ja gümnaasiumi riiklikus õppekavas (RÕK, 2011) pole kliimamuutuste temaatika veel keskne, kerkib seoses kliimamuutuste ühiskonnas fookusesse nihkumisega aina enam esile küsimus, kuivõrd õpetajad kliimamuutustega seotud teemasid valdavad ning neid oma ainetesse siduda oskavad. Õpetajate teadmiste uurimisel on keskendutud eraldi nii nende didaktilistele kui ka ainega seotud teadmistele. Mõlema valdkonna puhul on leitud, et paremad teadmised seostuvad tõhusamate õpetamisstrateegiatega valikuga, mis omakorda mõjutab ka õpilaste õppimist (Kleickmann *et al.*, 2013; Shulman, 1986). Seejuures on kompleksse ja interdistsiplinaarse looduse ja sotsiaalteadusliku sisu õpetamisel väga oluline, et õpetaja ise oleks teadlik valdkonnas levivatest väärmõistetest ja müütidest (Kikas, 2004). On leitud, et

kuigi kliimateemade õpetamist tajuvad õpetajad olulisena, on nende teemakohased teadmised kehvapoolsed ning üldjuhul on teadmistekillud kokku korjatud erinevatest allikatest (Maijd, 2023). Lisaprobleem seisneb selles, et kliimamuutused on kompleksprobleem ja selle mõjude mõistmiseks on vaja süsteemmõistelist mõtlemist, mis lubaks hoomata kliimamuutuste vastastikseid ja tagasisidemehhanisme teiste erinevate looduslike ja inimtekkeliste protsessidega. Õpetajate oskust toetada õpilaste süsteemmõistelist mõtlemist ei ole autoritele teadaolevalt Eesti koolides uuritud. Uuringud teistest riikidest näitavad, et aruka toetamisega saab eelnimetatud mõtlemisoskust arendada juba põhi- ja keskkoolis (Assaraf & Orion, 2004, 2009; Rates *et al.*, 2016). Samas on uuritud aga õpetajate arusaamist kompleksüsteemidest (nt kliimamuutuste ja mullastiku seoste näitel), ja isegi kui süsteemmõistelist mõtlemist on kavakindlalt toetatud, on siiski leitud keerukate süsteemide mõistmises pigem vajakajäämisi (de Sousa *et al.*, 2019). Võib oletada, et seni, kuni süsteemmõisteline mõtlemine pole õppekavades esiplaanil, võib ka kliimamuutuste sügavam mõistmine nii õpetajatele kui õpilastele kättesaamatuks jääda.

Mõistete muutumise toetamine

On teada, et kompleksseid ja tajukogemuse pidurdamist eeldavaid teadmisi on vaja olemuslikult teistmoodi õppida kui lihtsama struktuuriga infot (Jacobson *et al.*, 2017). Tõhus arutlemine õpilastega keerukatel teemadel, õpilaste mõtete kuulamine ja korrektsete arusaamade kujunemise järjepidev toetamine sõltuvad muuhulgas ka sellest, kas õpetajatel endil on teemakohased mõisted selged ning kuivõrd õpetajate ebatäpsed või lausa väärmõisted võivad tekitada või süvendada õpilaste väärmõisteid või piirata nende korrektsete mõistete arengut (vt nt Fulmer, 2013). Võib eeldada, et eelöeldu kehtib ka kliima ja kliimamuutustega seotud teemade kohta.

Iseäranis keerukate teemade ja komplekssete nähtuste ja protsesside õppimisel, mida nende ajalise ja ruumilise ulatuse tõttu tajuliselt hoomata ei saa ning mis võivad seetõttu maad anda väärmõistete tekkele, on tõhus kasutada meetodeid, mis lubavad väärmõisteid edukalt teadvustada (Lassonde *et al.*, 2016). Sellele aitab eriti kaasa probleem-enne-selgitus-pärast-disain, nt tõhusa vea disain (vt nt Sinha ja Kapur, 2021). Väärmõistete teadvustamise olemuslik osa on oma arusaamade eksplitsiitne sõnastamine ja nende üle arutlemine (Chi & Wylie, 2014). Kliima- ja keskkonnateemade kohta osutavad ka Lozano jt (2017), et nende õpetamine on kõige efektiivsem, kui see irdub traditsioonilistest loengu stiilis tundidest ja kasutab meetodeid, kus on olulisel kohal kaasusepõhine, seoseid loov ning ökoõigluse pedagoogikat rakendav lähenemine. Lassonde jt (2016) pakutud KReC raamistik (*Knowledge Revision Components*

Framework ehk oma teadmiste ümberhindamise komponentide raamistik) osutab, et inimese enda mõtlemises toimuv väärmõistete ümberhindamine võib jääda puudulikuks erinevate töömälu ja pikaajalise mälu protsesside tõttu, mis on osalt tahtest sõltumatud. Raamistiku olulisim sõnum on, et kui väärmõisted jäävad õpiprotsessis eksplitsiitselt sõnastamata, s.t õppija ei saa teada, et tal on väärmõisted, võivad need siiski õppija teadvuses õppimise käigus aktiveeruda, aga õpetaja seda teada ei saa, kui arutelu ei toimu või kui see on pinnapealne. Sel juhul võidakse uued teadmised siduda pikaajalisest mälust aktiveerunud väärmõisteliste teadmistega, mille tulemuseks võivad olla uut tüüpi väärmõisted, millel on osaliselt teaduslik vorm, aga mille sisu ei ole teadusliku teadmise mõttes sidus ega korrektne.

Kuna kliimateemad on seotud kõigi inimtegevuse valdkondadega, on sellekohased arutelud tõenäoliselt peagi paljudes koolitundides tavapärased. Sellest lähtuvalt oli siinse uurimuse esimene eesmärk paremini mõista, millised on õpetajate mõningad kliimamuutustega seotud teadmised ning milliste temaatiliste mõistete puhul vajavad õpetajad enim tuge, et kliimamuutusi ja nende tagajärgi koolitundides mõtestada. Uurimuse teine eesmärk tõukub arusaamast, et tajuliselt mittehoomatavate nähtuste ja protsesside õppimise eelduseks on väärmõistete teadvustada aitav, tõhusaid vigu ja eksplitsiitselt arutelu võimaldav õppimisviis. Selles valguses uurime, kuidas võrd toetas mõistete muutumist, aga ka uute mõistete omandamist interdistsiplinaarne eeltööd sisaldav ning loengut ja arutelu kombineeriv õpe. Täpsemalt raamistavad uurimust kolm uurimisküsimust.

1. Kuivõrd teadusmõisteline on õpetajate arusaam kliimamuutuse olemusest ja sellega kohanemisest?
2. Mil määral ja millist tüüpi väärmõisteteid esineb õpetajatel kliimamuutuste olemuse kohta?
3. Kuivõrd õpetajate väärmõisted (väärmõistete hulk ja tüüp) kliimamuutuste olemuse kohta ning arusaamad kliimamuutuste leevendamise / nendega kohanemisest muutuvad pärast osalemist valdkonna tippeksperptide poolt läbi viidaval interdistsiplinaarsel koolitusel?

Metoodika

Valim

Uuringu valimi (N = 221) moodustasid õpetajad, kes osalesid projekti „Kliimateadlikkus koolist ühiskonda: laste, noorte ja õpetajate võimestamine kliimamuutuste mõjude vähendamiseks“ raames korraldatud koolitusel. Valimile oli

omane kalle enesevalikule, kuna koolitusele tulid need, kes soovisid. Osalenud õpetajate keskmine vanus oli 45,7 aastat (SD = 10,6), nendest naisi oli 93%. Õppeastmete kaupa jagunes valim järgmiselt: 33,8% õpetajatest õpetasid koolieelses lasteasutuses, 12,6% I kooliastmes, 31,5% II ja III kooliastmes, 8,1% gümnaasiumis. 6,3% õpetajatest õpetas huvihariduses ja 6,8% muul tasemel. Ainete vahel jagunesid õpetajad järgmiselt: enim oli lasteaiaõpetajaid, kes ühelegi ainele ei spetsialiseeru (29%), seejärel 19% bioloogia- ja 12% geograafiaõpetajaid; 10% mainis humanitaaraineid, huviringina märkis enda aine 9,5% õpetajaid ning sama arv esindas muid loodus- ja reaalaineid.

Koolituse „Kliimateadlikkus koolist ühiskonda“ ülesehitus

Projekti „Kliimateadlikkus koolist ühiskonda“ koolituse (täiendõppeprogrammi) eesmärk oli süsteemselt toetada kliimaga seotud erialaseid teadmisi. Eesmärgiks võeti, et koolituse läbinud õppija:

1. teab, kuidas ja miks kliima muutub;
2. oskab kirjeldada nii globaalseid kui kohalikke kliimamuutuste mõjusid;
3. teab, mida tuleb teha kliimamuutuste leevendamiseks ning nendega kohanemiseks;
4. oskab koostöös eksperdiga kavandada kliimateadlikkuse lõimimist oma õppeainetesse;
5. teadvustab enda kui õpetaja ja meeskonna liikme rolli kliimateadlikkuse edendamisel ühiskonnas.

Koolitused toimusid neljas Eesti linnas, auditoorsele tegevusele eelnesid individuaalsed tegevused Moodle'i keskkonnas. Koolitavad pidid läbi töötama projekti käigus loodud „Kliimamuutuste ABC“ materjalid (Toll *et al.*, 2023), milles kliimamuutuste olemust selgitavad teaduspõhised tekstid on toetatud mõtlema ärgitavate küsimustega. „Kliimamuutuste ABC“ on kolmeosaline: kliimamuutuste põhjused, mõjud ja lahendused. Esimeses osas selgitatakse põhjalikult kliimasüsteemi ja selle põhikomponente, kasvuhooneefekti olemust ja praeguseid teadmisi kliimamuutusest. Teises osas käsitletakse kliimamuutuste tagajärgi – mõju ökosüsteemile ja elurikkusele ning sellest tulenevat mõju inimühiskonnale. Kolmas osa on suunatud lahendustele – kuidas vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid, missugused peaksid olema kliimapolitika meetmed ja millised võimalused on muutustega kohaneda. Kõik koolitusel osalevad õpetajad pidid enne koolituspäeva need materjalid põhjalikult läbi töötama.

Koolituspäevad olid üles ehitatud sellisel, et esmalt toimusid ekspertide juhitud arutelud ja rühmatööd „Kliimamuutuste ABC“ põhisõnumite põhjal

(90 min), sellele järgnesid lühiloengud 4–5 teadlaselt (kokku ~100 min). Õhtupoolikul toimusid töötoad väiksemates gruppides (90 min). Nendes tegeleti kliimamuutusi puudutavate küsimustega erinevatest vaatenurkadest ning korraldati praktilisi tegevusi. Päeva lõpetas ühine arutelu ja diskussiooni-paneel (90 min). Koolituspäevade sisu varieerus erinevates paikades, kuid üldine raamistik oli sama.

Protseduur

Õpetajad täitsid enne ja pärast kliimateadlikkuse koolitust elektroonilise küsimustiku, milles paluti muuhulgas vastata kahele vabavastuselisele küsimusele.

1. Miks kasvuhoonegaaside lisamine atmosfääri soojendab globaalset kliimat? Palun selgita seda protsessi oma sõnadega.
2. Palun nimeta sinu arvates kõige olulisemad tegevused, mis aitavad kaasa kliimamuutustega kohanemisele.

Otsustasime kasutada vabavastuseid, sest mälu-uuringutest on teada, et uuri-des teadmisi valikvastuste abil, võivad vastajad õiged mõisted või vastused küll ära tunda (äratundmismälu), aga need teadmised ei pruugi ilma valikvastuste näitamiseta tegelikult inimese mälust kättesaadavad olla (meenutamismälu). Vabavastuseliste küsimuste eesmärk oli seega teada saada, millised küsitud nähtuste komponendid ja aspektid vastajatel aktiveeruvad, ilma et neid oleks eelhäälestatud või neile mingeid aspekte meenutatud. Sel viisil on tõenäoliselt võimalik mõnevõrra usaldusväärsemalt teada saada, millistest teadmistest on nähtus vastaja mõtlemises konstrueeritud.

Kodeerimine

Mõistmaks, kui täpsed on vastajate teadmised mõlema küsimuse puhul, koostasid eksperdid küsimustele näidisvastused, mis sisaldasid kõiki ja ainult olulisi õigete vastuste aspekte (nt kliimamuutuse protsessi osi). Eeltesti andmed kodeeris instrueeritud kodeerija (loodusteaduste bakalaureuseõppe tudeng) ning seejärel vaatasid kodeeringud üle valdkondade eksperdid (loodusteaduslikku küsimust vaatas loodusteadlane ja sotsiaalteaduslikku küsimust sotsiaalteadlane) ning täpsustasid mõningaid kodeeringuid. Kodeerimis-süsteemi parandamise järel kodeeriti järeltesti vastused. Vastused kodeeriti dihhotoomselt (0 – ei esine, 1 – esineb), märkides, kas iga oluline aspekt, näiteks kliimamuutuse protsessi komponent, vastuses esineb või mitte.

Sellise kodeerimise piirang on seotud tõsiasjaga, et mõlemad küsimused puudutavad kompleksüsteeme, mille mõistmiseks ei piisa vaid komponentide

või alaprotsesside loetelust, vaid on vajalik mõista ka komponentidevahelisi suhteid ning süsteemi kujunemist ja dünaamikat. Kuna tegu oli lühivastustega, ei kajastunud need aspektid tingimata vastustes.

Esimese küsimuse „Miks kasvuhoonegaaside lisamine soojendab globaalset kliimat?“ puhul eristasid eksperdid viit protsessi komponenti või etappi, mida lühidalt võib kirjeldada järgnevalt:

1. kasvuhoonegaasid neelavad soojuskiirgust;
2. kliimasüsteemi lisandub energiat;
3. lisaenergia soojendab kliimat;
4. soojenemine kestab kuni uue energiatasakaalu saavutamiseni;
5. kasvuhoonegaasid viivad esialgse süsteemi energeetilisest tasakaalust välja.

Eelkõige huvitas meid, mil määral õpetajad mainivad erinevaid protsessi osi nii enne kui pärast vastavasisulist koolitust. Seejuures osutaks enamate aspektide mainimine terviklikumale arusaamale kliima soojenemisest.

Vastavalt varasematele uuringutele (Chi, 2013; Kikas, 2005, 2010) eristasime väärmõisteid, mida saab kirjeldada järgmiselt:

1. puuduv skeem (Chi, 2013) – puudub terve kognitiivne skeem või kategooria mõtlemises – näiteks jäetakse oma selgitusest välja terved nähtust defineerivad olemuslikud tunnused;
2. ontoloogilised väärmõisted (Chi, 2013) – nähtus kategoriseeritakse valesse ontoloogilisse kategooriasse – näiteks arvatakse, et freoonid tekitavad kliima soojenemist või et kliima soojenemine on sama, mis osooniaukude teke;
3. sünteetilised mõisted (Kikas, 2005, 2010), kus teadusmõisteline vorm seotakse tavamõistelise sisuga või vormilt korrektsed mõisted esinevad vales seoses või tähenduses – näiteks mainitakse, et soojenemise põhjus on pikalainelise kiirguse jäämine atmosfääri;
4. pseudomõisted (Võgotski 1934/2002), kus mõiste on väliselt teaduslik, aga sisu mõttes tavamõisteline – näiteks arvatakse, et atmosfäär on stabiilne kiht või kile, mitte kilomeetreid paks õhukiht; ning see kile „hoiab soojust kinni“. Seejuures on teaduslik teadmine segunenud ülelihtsustatud arusaamaga, mis võib olla põhjustatud teadlaste kasutatavatest metafooridest, millest enim levinud on „kasvuhoone“. Selle kasutamise tagajärg on, et inimeste mõtlemises ei tähenda kasvuhoone enam metafoori, kus kesksena peetakse silmas soojenemise protsessi, vaid kasvuhoonet kui objekti, mille tajutavad omadused kantakse üle atmosfääri, s.t nähtuse keskne olemus jääb mõistmata.

Kohanemist puudutava küsimuse „Palun nimeta sinu arvates kõige olulisemad tegevused, mis aitavad kaasa kliimamuutustega kohanemisele“ puhul puudus „õige“ vastuse selge eristatavus. Ainsa sellise tunnusega eristasime mõiste „kohanemine“ korrektset kasutust. Lisaks keskendusime sellele, millised vastused koolituse mõjul lisandusid või tõenäolisemaks muutusid.

Mõiste „kohanemine“ teadusmõistelise kasutuse hindamiseks eristasime vastused, mis identifitseerisid kohanemise kui kliimamuutuste tagajärgele vastava käitumise või tegevused, vastustest, mis pidasid kohanemist kliimamuutuse mõju vähendamiseks või selle tagajärgede leevendamiseks. Vabade vastuste kontentanalüüsi käigus eristusid laiemad kategooriad, mida võiks nimetada „indiviidipõhisteks“ ja „süsteempõhisteks“ lahendusteks. Hindamiseks laiemalt vastuste muutumist, lõime induktiivsele lähenemisele tugineva kodeerimisjuhendi, kus kõige laiemana kategooriana tõusid esmase tekstimassiivi läbitöötamise käigus esile „individuaalne“ ja „süsteemne“ kohanemine ja muutumine. Need jaotasime alamkategooriatesse, kus indiviidipõhiste lahendustena esinesid nt enda elu säästlikumaks muutmine, iseenda harimine ja indiviidina kohanemisvõimaluste suurendamine. Süsteempõhistest lahendustest tõusid esile riiklikud ümberkorraldused ja toetus muutustele, aga ka süsteemne valmisolek muutusteks.

Tulemused

Kliimamuutuste olemuse mõistmine enne koolitust

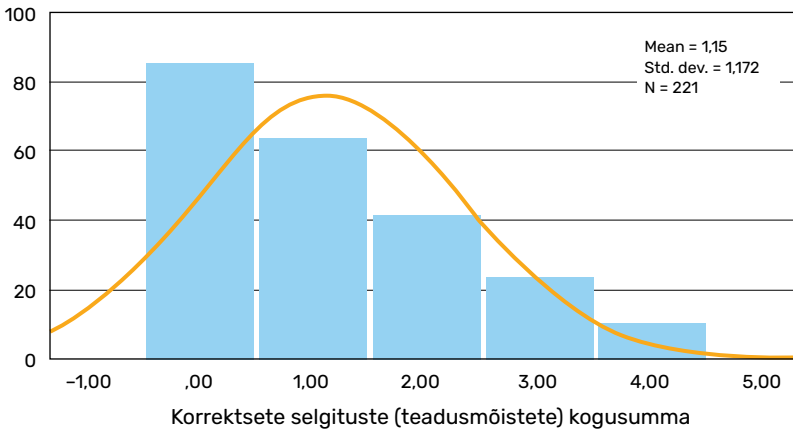
Esimeses uurimisküsimuses küsisime, kuivõrd teadusmõistelised, st kliimamuutuse olemust korrektselt selgitavad on õpetajate teadmised. Selgituseks protsessi olemuse kohta tuleb esile tõsta, et kasvuhooneefekt algab Maa atmosfääri alumisest kihist, troposfääris (ulatub sõltuvalt laiuskraadist 8–18 km kõrguseni maapinnast). Troposfääris on kasvuhoonegaaside (näiteks CO₂, CH₄, N₂O ja veeaur) kontsentratsioon suurim just maapinnalähedases kihis, sest õhutihedus on suur. Kasvuhoonegaaside asümmeetriline molekulaarne struktuur võimaldab neil neelata aluspinnast lähtuvaid infrapunakiirguse (soojuskiirguse) footoneid, mis resoneerivad nende molekulide võnkesagedustega. Infrapuna-kiirguse footonite neeldumine ergastab molekuli, mille järel energia vabaneb uuesti, kiirgudes tagasi keskkonda mistahes suunas, sealhulgas ka Maa suunas. See energia jääb sageli atmosfääri „lõksu“, kuna naabermolekulid neelavad need footonid uuesti, aidates kaasa atmosfääri üldisele soojenemisele. Atmosfääris olevate infrapunakiirgust neelavate molekulide hulk määrab soojenemise intensiivsuse.

Tabel 1. Õpetajate osakaal, kelle vabavastuselises selgituses esines või ei esinenud korrektne kliimamuutuse komponendi kirjeldus (Ei – kirjeldust ei esinenud; Jah – kirjeldus esines)

1. Kasvuhoonegaasid neelavad soojuskiirgust.	Ei	N	186
		%	84,2%
	Jah	N	35
		%	15,8%
2. Kliimasüsteemi lisandub energiat.	Ei	N	176
		%	79,6%
	Jah	N	45
		%	20,4%
3. Lisaenergia soojendab kliimat.	Ei	N	120
		%	54,3%
	Jah	N	101
		%	45,7%
4. Soojenemine kestab kuni uue energiatasakaalu saavutamiseni.	Ei	N	221
		%	100,0%
5. Kasvuhoonegaasid viivad esialgse süsteemi energeetilisest tasakaalust välja.	Ei	N	215
		%	97,3%
	Jah	N	6
		%	2,7%
6. Mainib pikalainekiirgust/soojuskiirgust õiges seoses.	Ei	N	154
		%	69,7%
	Jah	N	67
		%	30,3%

Tabelist 1 on näha, et õigete protsessi komponentide nimetamine varieerub alateemade arvestuses nullist kuni 45,7 protsendini õpetajatest. Mitte ükski valimisse sattunud õpetajatest ei maininud eeltestis, et kliima soojenemine on muuhulgas seotud uue energiatasakaalu tekkimisega. Nähtus, mida kliima soojenemise protsessi juures osati mälu põhised nimed mainida, oli lisaenergia kliimat soojendav mõju.

Meid huvitas, kui paljudel õpetajatel esineb terviklik arusaam kliimamuutuste olemusest, s.t kui paljudes vabavastuses on esindatud võimalikult paljud kliimamuutuse olemust selgitavad teadmised. Jooniselt 1 ilmneb, et õpetajaid, kelle vastuses oleksid esindatud kõik kuus kliimamuutuste olemust selgitavat teadmist, ei esinenud, ning õpetajaid, kellel olid olemas neli teadmist kuuest, oli kümme.



Joonis 1. Korreksete selgituste summa kliimamuutuse olemuse kohta (N = 221).

Andmeid analüüsid selgus, et õpetajad annavad ka muud tüüpi vastuseid, mida võib tinglikult jagada kolmeks:

1. asjakohased tähelepanekud õiges seoses või tähenduses – näiteks toodi välja pikalainelise kiirguse roll kliima soojenemise protsessis;
2. asjakohatud aspektid õiges seoses või tähenduses – kirjutati midagi, mis pole vale, ent otseselt ei seostunud küsimusega, näiteks kommenteeriti, et CO₂ atmosfääri paiskamise peamised põhjused on fossiilkütused ja oluline mõjutaja on metsaraie;
3. erinevate ebatäpsete, sünteesitud ja väärmõistete tüübid-konstruktsioonid (vt peatükki „Kodeerimine“).

Viimatimainitud kategooria ehk erinevate ebakorreksete mõistete tüübid kodeeriti esinemissageduse põhjal eraldi gruppidesse, vastamaks teisele uurimisküsimusele, mis keskendus sellele, milliseid väärarusaamu vastajate mõtlemises kliimamuutuse osas enim esineb (vt tabelit 2). Eksimusi pikalainelise kiirguse mõistmisel esines kõige vähem – arvatavasti seetõttu, et kliimamuutuste puhul ei pööratagi sageli tähelepanu lainepikkuse muutuse olulisusele. Samuti esines vähe ontoloogilist väärmõistet, mille põhjal seostatakse omavahel kliima soojenemist ja osooniaukude teket. Enim esines kaht omavahel seotud pseudo-mõistet: 1) CO₂ on justkui kile, 2) mis hoiab soojust kinni (nt *soojus pörkub vastu seda kihti ja vajub maale tagasi*), mis jätab mõiste kesksetest tunnustest välja arusaama, et kasvuhoonegaasid ise neelavad soojuskiirgust ja seda kogu atmosfääris.

Eraldi väärmõistete grupi moodustasid vastused, mis ei jagunenud selgelt ühegi eeltoodud kategooria alla. Näiteks *Kasvuhoonegaasid ei tungi läbi*

atmosfääri kihi ja see tekitab kliima soojenemist; Kasvuhoone gaasid hävitavad meie planeedi atmosfääri; Sest maakera/Maa ei suuda korruga kogu soojust endasse võtta ja see jääb ringlema ning ei saa lahkuda; Üleliigne soojus ei haju maailmaruumi, vaid peegeldub CO₂ ekraanilt tagasi; Kliima saastamine; Metsade maharaiumisel väheneb puhta õhu hulk. Samuti kasutatakse kliimanähtustest rääkides tavamõistelisi sõnu nagu päikesekiired või päikesevalgus ei saa tagasi kosmosesse peegeldada ja see soojendab kliimat.

Tabel 2. Õpetajate osakaal, kelle vabavastuselises selgituses esines mõni tava- või sünteetiline mõiste

Ontoloogiline väärmõiste: osoonikihi lagunemine, UV-kiirgus	Jah	N	12
		%	5,4%
Sünteetiline mõiste 1: pikalainekiirgus vales seoses	Jah	N	9
		%	4,1%
Sünteetiline mõiste 2: soojuse tagasipeegeldamine maapinnale	Jah	N	38
		%	17,2%
Pseudomõiste 1: CO₂ hoiab soojust kinni	Jah	N	102
		%	46,2%
Pseudomõiste 2: kasvuhoonegaasid kui kiht	Jah	N	33
		%	14,9%
Erinevad muud väärmõisted	Jah	N	23
		%	10,4%

Kliimamuutuste olemuse mõistmine pärast koolitust

Eespool kirjeldasime valimisse sattunud õpetajate teadmiste struktuuri kliima soojenemise protsessi kohta: nii puuduolevaid kognitiivseid skeeme, ontoloogilisi väärmõisteid kui ka pseudomõisteid. Järgnevalt vastame kolmandale uurimisküsimusele: kuivõrd need (nii puuduvad kui väärmõistelised) teadmised kliimamuutuste olemuse kohta muutuvad pärast valdkonna tippeksperptide poolt läbi viidavat interdistsiplinaarset koolitust?

Muutuse hindamiseks loodi nii korrektsetest teadmistest kui väärmõistelistest teadmistest koondskoorid. Selleks summeeriti, kui mitu korrektset, s.t teadsmõistelist teadmist (ekspertide antud raamistik pluss pikalainekiirguse mõiste korrektne kasutamine) igal vastajal esines ning kui mitu väärmõistelist teadmist igal vastajal esines. Kuna nii tavamõisted kui pseudomõisted on kõik olemuslikult väärmõisted, siis neid üksteisest ei eristatud.

Teadusmõistete ja väärmõistete hulga võrdlemiseks enne ja pärast koolitust kasutati kahe sõltuva grupi keskväärtuste võrdlemist (*paired samples t-test*). Ei teadusmõistete muutus ($t = 0,32$; $p = 0,75$) ega väärmõistete muutus ($t = 0,75$; $p = 0,46$) olnud statistiliselt oluline – vastavad teadmised ei halvenenud ega paranenud (vt tabelit 3).

Tabel 3. Teadusmõistete ja väärmõistete skooride kirjeldav statistika enne ja pärast koolitust (N = 166)

	Min	Max	Keskmine	Standardhälve
Eeltesti teadusmõistete summa	0	4	1,24	1,22
Järeltesti teadusmõistete summa	0	5	1,20	1,17
Eeltesti väärmõistete summa	0	3	0,99	0,78
Järeltesti väärmõistete summa	0	3	1,01	0,73

Kliimamuutustega kohanemine

Küsimusele kliimamuutustega kohanemise kohta vastas suurem osa õpetajaid enne koolitust valdavalt kliimamuutuste vähendamisele keskendudes. Enamus vastuseid keskendub seega mitte kohanemisele, vaid sellele, millisel moel võiks kliimamuutust vähendada, ja selles mõttes võiks väita, et õpetajate arusaam kohanemisest ei ole koolituse eel teadusmõisteline. Väärmõistelisena on siin siiski raske vastuseid kategoriseerida, kuna ei ole välistatud, et vastajad on oma-soodu küsimuse ümber mõtestanud ja peavad kohanemisest olulisemaks vajadust ennetada sellisesse punkti jõudmist, kus tuleb kohanema hakata. Seetõttu keskendusime otseselt kohanemise esinemisele kui korrektssele vastusele ega paigutanud selle puudumist valede vastuste kilda. Vaatlesime ka seda, millised sisulised muutused toimusid pakutud lahendustes.

Esinemissageduse järgi vaadelduna selgub, et enne koolitust mainitakse kõige sagedamini üldiste teadmiste ja hariduse rolli (42%), millele järgneb enda käitumise säästlikumaks kohendamine (37%) ja majanduslikud muutused (28%) (vt ka tabelit 4).

Tabel 4. Vastused kliimamuutustega kohanemise küsimusele, eristatuna rõhu järgi süsteemile või indiviidile

INDIV Teadlikkus (enda harimine)	N	14
	%	6,3%
INDIV Eluviisi muutmine säästlikumaks	N	81
	%	36,7%
INDIV Indiviidide koostöö/kogukond	N	8
	%	3,6%
INDIV Indiviidide kohanemine	N	9
	%	4,1%
SÜSTEEM Majanduslikud muutused	N	61
	%	27,6%
SÜSTEEM Riiklikud ja institutsionaalsed ümberkorraldused kliimaprobleemile vastamiseks	N	34
	%	15,4%
SÜSTEEM Rahvusvaheline koostöö	N	6
	%	2,7%
SÜSTEEM Energiasüsteemide muutus	N	45
	%	20,4%
SÜSTEEM Sotsiaalsete hoiakute ja väärtuste muutumise toetamine riiklikul, ühiskondlikul, asutuste tasandil	N	10
	%	4,5%
SÜSTEEM Muutused suhtumises keskkonda	N	52
	%	23,5%
SÜSTEEM Süsteemne valmisolek	N	40
	%	18,1%
SÜSTEEM Teadmised ja haridus	N	93
	%	42,1%

Kohanemise mõistmine koolituse järel

Koolituse järel on enamuse koolitatute jaoks samamoodi kohanemise asemel esiplaanil kliimamuutuse ohjeldamine ja selleks tehtav. Ka pingerida on sarnane: teadmiste ja hariduse rolli usutakse küll veidi vähem (40%), ka enda käitumise säästlikumaks muutumist peab lahenduseks veidi väiksem arv vastajaid (36%), ent kolmandale kohale on tõusnud riiklikud ja institutsionaalsed ümberkorraldused kliimamuutusele vastamiseks (35%). Selle vastuse roll on kahekordistunud – 16,8% => 35%. Ka usk majanduslike muutuste olulisusesse on tõusnud (30%). Tõusnud on ka mitmed koolituse eel vähem märgitud võimalused, nagu iseenda harimine sel teemal (ligi 2 korda, 7% => 13%), ühiselt, kogukonnana tegutsemine (5% => 13%), rahvusvaheline koostöö (3% => 5,4%) ja CO₂ vähendamine (6,6% => 10,2%). Selline vastuste hajuvuse suurenemine

võib viidata koolituse positiivsele mõjule, kui arvestada, et püstitatud probleemi lahendus seisnebki erinevate lähenemiste kombineerimises – riiklike, isiklike, ühiskondlike, majanduslike jne meetmete rakendamises ja kohanemises.

Kõige olulisema koolituse mõjuna näeme muutust kohanemise vajaduse mõistmises. Kui enne koolitust mainitakse kliimamuutusega kohanemist vaid 7 korral, siis pärast koolitust on selle mõiste kasutus tõusnud küsimusele vastamisel 40ni. Üks vastajatest selgitab täpsemalt:

... tutvusin selle mõistega alles selle kursuse käigus. Seetõttu pole ma suutnud veel endale selgeks teha, millega me kohanema peame. Saan aru, et ekstreemsete ilmaoludega – kuumalained, lumetormid. Sellele aitab kaasa koduste varude tekitamine, et ei peaks kodust väljuma ja saaks teatud aja koduste varude najal hakkama. Üleujutused, vee taseme tõus – siin peaks juba riigi tasandil midagi ette võtma.

Siit selgub, et ehkki kohanemise mõistmise rõhk on just individuaalsel valmisolekul, seostub see ka arusaamadega riiklikust valmisolekust.

Hindamaks kohanemise teemaga koolituse mõjul toimunu statistilist olulisust koondasime vastused, kus viidati individuaalsele või süsteempoolsele kohanemismeetmete omandamise või rakendamise vajadusele, ja kasutasime kahe sõltuva grupi keskväärtuste võrdlust (*paired samples t-test*). Muutus oli statistiliselt oluline ($t = -3,827$, $p < 0,001$).

Tabel 5. Kohanemisega seotu esinemine vastustes

EELTEST: Kliimamuutustega kohanemisega seotud teema tõstatus	Ei	N	103
		%	62,4%
	Jah	N	62
		%	37,6%
JÄRELTEST: Kliimamuutustega kohanemisega seotud teema tõstatus	Ei	N	76
		%	46,3%
	Jah	N	88
		%	53,7%

Sisu jälgides ilmneb, et oluliselt on tõusnud nende vastajate arv, kes oskavad pöörata tähelepanu erinevatele kliimamuutusega kohanemise meetmetele – ühtlasi on vastused detailsemad ja sisaldavad uusi märksõnu (nt *väärikalt vaesumine, kuumarabandus*). *Kuumust* ja muid kuumaga seotud sõnu mainitakse 2,5 korda sagedamini rohkem kui enne koolitust; ka märksõna *kuumalaine* esineb ligi kaks korda sagedamini pärast koolitust. Kuumalaine ja kuumusega seotut käsitlesid mitu ettekannet, mis ilmselt avaldasid mõju kuumuse ja kliimamuutuse seose mõistmisele, aga ka kohanemise kui olulise isikliku vastutuse mõistmisele.

Vaatlesime ka seda, kuid võrd muutusid viited individuaalsetele ja süsteemsetele lahendustele (nii kohanemisel kui kliimamuutuse ohjeldamisel) (vt tabeleid 6 ja 7). Individuaalsetest lahendustest tõusis pärast koolitust teadlikkuse ja eneseharimise osakaal, ehkki see oli ka enne koolitust kõrge. Süsteemsetest lahendustest rääkivates vastustes kasvas rõhuasetus riigi rollile.

Tabel 6. Individuaalsetele lahendustele keskenduvate vastuste esinemine koolituse eel ja järel (N = 166)

		Keskmine	Standardhälve
Teadlikkus ja eneseharimine	EELTEST	0,07	0,260
	JÄRELTEST	0,13	0,340
Eluviisi muutmine säästlikumaks	EELTEST	0,40	0,491
	JÄRELTEST	0,36	0,482
Indiviidide koostöö ja kogukond	EELTEST	0,03	0,171
	JÄRELTEST	0,01	0,109
Kohanemine individina	EELTEST	0,02	0,154
	JÄRELTEST	0,13	0,333

Tabel 7. Süsteemsetele lahendustele keskenduvate vastuste esinemine koolituse eel ja järel (N = 166)

		Keskmine	Standardhälve
Majanduslikud muutused	EELTEST	0,28	0,452
	JÄRELTEST	0,30	0,460
Riiklike institutsioonide ümberkorraldused	EELTEST	0,17	0,376
	JÄRELTEST	0,36	0,480
Rahvusvaheline koostöö	EELTEST	0,03	0,171
	JÄRELTEST	0,05	0,227
Energiasüsteemide muutus	EELTEST	0,20	0,405
	JÄRELTEST	0,21	0,409
Sotsiaalsete hoiakute ja väärtuste muutuse toetamine riiklikult	EELTEST	0,04	0,187
	JÄRELTEST	0,04	0,202
Muutused suhtumises keskkonda	EELTEST	0,23	0,425
	JÄRELTEST	0,23	0,421
Süsteemne valmisolek	EELTEST	0,17	0,376
	JÄRELTEST	0,19	0,396
Teadmised ja haridus	EELTEST	0,44	0,498
	JÄRELTEST	0,40	0,492

Hindamaks, kas erinevused eel- ja järeltesti vahel eri alateemade esinemises olid statistiliselt olulised, võrreldi kahe sõltuva grupi keskväärtust. Statistiliselt oluliselt esines järeltestis rohkem vastuseid alamkategorias „teadlikkus ja eneseharimine“ ($t = -1,8; p = 0,034$) ja „kohanemine indiviidina“ ($t = -3,5; p < 0,01$).

Uurimaks, kas erinevused alateemade esinemises koolituse eel ja järel olid olulised, võrreldi kahe sõltuva grupi keskväärtuseid. Statistiliselt oluliselt esines järeltestis rohkem vastuseid alamkategorias „riiklike institutsioonide ümberkorraldused“ ($t = -4,8; p < 0,001$). Ülejäänud kategooriates olulisi muutusi ei olnud.

Arutelu ja järeldused

Teadmised kliima olemuse ja kliimamuutuste kohta on ühiskonnas laiemalt (de Bruin *et al.*, 2021; Timmons & Lunn, 2022; Weber & Stern, 2011) ja ka õpetajate seas (Dal *et al.*, 2015; Seroussi *et al.*, 2019) lünklikud. Kui ühiskonnas võib kliima soojenemisega seotud teadmatus viia ootame-ja-vaatame-suhtumiseni (Chen, 2010), teaduspõhiste lahenduste eiramiseni (Sinatra *et al.*, 2015), ootuseni, et kunagi leiutatav tehnoloogia lahendab probleemid, või mõne muu probleeme süvendava järeلمini, siis õpetajate teadmistelüngad võivad mõjutada ka õpilasi. Kuivõrd keskkonna- ja kliimateemad läbivad kõiki inimtegevuse valdkondi, on aina tõenäolisem, et arutlused kliimaprobleemide olemuse ja lahenduste üle leiavad iga päev tee erinevatesse koolitundidesse. Väärmõistelised või ülearu lihtsustatud arusaamad probleemi olemusest võivad viia väärade järelduste ja praktikateni. Et kujundada tõhusamaid koolitusi ning õppematerjale nii õpetajatele kui õpilastele, ongi oluline mõista, milles täpselt võivad ekslikud arusaamad seisneda, mis aspekte kaldutakse teaduslikes selgitustes mitte tähele panema ja oma teadmiste süsteemi mitteintegreerima ning milliseid teadmisi tavamõisteliste arusaamadega kooskõlaliseks moonutama.

Seni puudusid uurimused selle kohta, kuidas Eesti õpetajad mõtestavad kliimamuutuste olemust ehk vastavad küsimusele, miks kasvuhoonegaaside lisamine kliimat soojendab. Selle uurimuse esmane uurimisküsimus oligi, kuivõrd teadusmõisteline on kliimamuutuste mõtestamine õpetajate hulgas. Uurimusest selgus, et kui atmosfäärifüüsikast tõukavas teaduspõhises vastuses võib eristada tinglikult viit teadmiste komponenti, siis õpetajate vastustes on esindatud neist vaid osa. Kõige enam mainiti, et süsteemi lisanduv energia soojendab kliimat – nii vastasid peaaegu pooled uuritud õpetajatest. Mitte ükski õpetaja ei kirjutanud aga, et soojenemine kestab kuni uue energiatasakaalu saavutamiseni. Teisisõnu puudus ontoloogiline kategooria või kognitiivne skeem uue energiatasakaalu tekkimisest kasvuhoonegaaside lisamise tõttu. Kokku puudutas ainult

kuus õpetajat oma vastuses häirunud energiatasakaalu mingilgi viisil. Võiks eeldada, et kui energiatasakaalu häirumine ja uus energiatasakaal ei ole vastajate teadmistes esindatud, siis jääb ka arusaam, et see protsess võib kaasa tuua inimühiskonnale kirjeldamatuid ohtusid, vastaja mõtetest tõenäoliselt välja. See omakorda võib olla üks põhjustest, miks kliimateemad koolides ja õppekavades tagaplaanil on – nähtuse tuum ei ole mõistetav, suudetakse kirjeldada pinnapealseid või tavakogemusega seotavaid aspekte, ent mitte mõiste kogu sisu. Süviti mõistmine võimaldab täie selgusega hinnata praegust olukorda ja tulevikku ning mõista ka pakutavate lahenduste toimivust. Võimalik, et selle ebaselguse tõttu ei viidanud õpetajate enamus küsimuses kohanemise kohta reaktsioonidele juba toimuvale protsessile ja selle tagajärgedele, vaid keskendus kliimamuutuste leevendamise meetmetele.

Teise uurimisküsimuse tulemused osutavad, et õpetajate vastustes kliimamuutuse olemuse kohta esines mõttekäike, mis päriselt seda ei kirjelda. Sealhulgas esineb vale ontoloogilise kategooria mõisteid (nt arvamused, et kliima soojenemine on osooniaugud), ning sünteetilisi või pseudomõisteid, kus teaduslikku sisu avatakse viisil, mis osutab mõiste sisu lihtsustatud mõistmisele (nt kasvuhoonegaasid kui „kile“ kusalil kõrgemates atmosfääri kihtides). Õpetajate vastustes esinevad moonutatud arusaamad võivad olla tingitud teaduskommunikatsioonis ülearu lihtsustatud selgitustest või metafoorsetest terminitest, mis teadlase jaoks võivad kanda teaduslikku sisu, aga kuulaja mõtlemises muutuvad tavamõisteliseks, kui keskendutakse metafoori mõnele muule aspektile kui kõneleja silmas peetu. Ilmnenud lünka arusaamas kohanemise ja kliimamuutuse ohjeldamise erinevusest on samas keeruline kasutatud meetodiga hinnata „väärmõistelisena“, ehkki mõned avatud vastused osutavad, et vastajatele oli sõna „kohanemine“ sisu kliimamuutuste kontekstis enne koolitust teadmata.

Kokkuvõtteks leidsime, et õpetajate kliimamuutuse mõistest või kontseptsioonist on puudu mõned tuumsed teadmiste aspektid ning ülearu mõned sünteetilised ja pseudomõistelised käsitlused. Edasistes koolitustes võiks mõelda just nende aspektide peale, võimaldamaks õpetajatel näiteks nende puuduvate või väärmõistete üle rohkem arutleda.

Kolmandaks uurisime kliimamuutusega seotud teadmiste muutust pärast koolitust kliimamuutuste teemal. Kliimamuutuse olemuse mõistmises muutust ei ilmnenud. Selline tulemus võib olla selgitatav mitme põhjusega. Esiteks, enne seda uuringut polnud väga selge, millised aspektid kliimamuutustega seotud teadmisteks võiksid vajada enim tuge, ning koolituses olid fookuses võrdsel määral kõik olulised teadmised.

Teiseks on iseäranis komplekssete teemade õppimisel-õpetamisel vajalik pakkuda senisest veel enam mõiste arengut arvestavaid õpetamisviise, mis

pakuvad õppijale võimaluse konstrueerida uut teadmist nii, et tal oleks võimalik oma väärarusaamu märgata ja teadvustada. Üks näide võiks olla probleem- enne-selgitus-pärast-disaini järgivad probleemülesanded, mis võimaldavad igal õppijal asjakohaseid eelteadmisi aktiveerida, vigu teha ja oma teadmiste- lünki teadvustada ning seeläbi nähtuse või probleemi olemuslikke tunnuseid paremini mõista (vt nt Sinha & Kapur, 2021). Siit järeldub, et planeerides koolitusi, mille eesmärk on õpetada kompleksseid teemasid, tuleks luua ka ülesandeid, mis võimaldavad õppijal iseseisvalt mõeldes ja eksimiste kaudu uut teadmist konstrueerida. See tähendab teadlikult struktureeritud ja läbi- mõeldud kompleksülesandeid, mille fookuses on just need mõisted, mille internaliseerimisega on õppijatel probleeme. Selliste ülesannete koostamine eeldab mitmekordset katsetamist, et mõista, millises vormis need kõige tõhu- samalt mõiste muutumise esile kutsuvad.

Kolmandaks, mida komplekssem on õpitav teema ning mida enam võib selle kohta olla eelteadmistes väärmõisteid, seda suurem arv kordi peaks õppijal olema võimalik uut teadmist oma mõtlemises läbi konstrueerida (Hmelo *et al.*, 2014; Kapur, 2014; Schwarz & Martin, 2004).

Neljandaks võiks küsida, kas kasutatud hindamisvahend ehk ei võimaldagi mõisteid ja nende muutumist hinnata. Uuringus kasutati instrumenti, mis eeldas, et uuritavad genereeriksid või konstrueeriksid asjakohase teadmise – või vähemalt kõige olulisema selles teadmises – oma seniste arusaamade ja pikaajalises mälus olevate teadmiste põhjal. Võimalik, et sellest meetodist täp- sem oleks olnud individuaalne testimine, kus vastajad oleksid vastuseid saanud täiendada visuaalidega ning neilt oleks saanud küsida lisaküsimusi ja täpsustusi.

Küsimus kliimamuutustega kohanemise kohta osutas, et üldiselt ei olnud õpetajad koolituse eel kohanemise mõistest eriti palju kuulnud ning pakkusid seetõttu kohanemise all välja erinevaid võimalusi, kuidas kliimamuutuseid ohjeldada. Nende fookus oli nii koolituse eel kui järel kliimamuutuse leevenda- misel ja ohjeldamisel. Samas on koolitusel olnud statistiliselt oluline mõju kohanemise mõiste käibeletulekule ning sellega seotud teemade kordumisele vastustes koolituse järel (nt kuumuse, valmistumise jms teemad). Samuti esines oluline muutus individuaalse teadlikkuse ja eneseharimise ning individuaalse kohanemise vajaduse mainimise sagenemises. Süsteemsetest muutustest sages riiklike ja institutsionaalsete ümberkorralduste nimetamine.

Pole selge, miks sotsiaalteaduslikes teadmistes tekkis enam olulisi muutusi võrreldes loodusteaduslikega. Mõiste arengu teooriatest lähtuvalt võiks siiski oletada, et selliseid fakte ja teadmisi, mis on seotud sotsiaalse elu ning kogemusega seotavate teadmiste ja inimeste argipraktikatega, on lihtsam õppida. Seda nii seepärast, et üldjuhul lähevad need teadmised vähem vastuollu ini- meste eelteadmiste või intuiitvsete järeldustega, kui ka mälu toimimise

tõttu – neid on lihtsam olemasolevasse kogemuspõhisesse teadmiste süsteemi integreerida (vt Bjork *et al.*, 2013). Erinevalt sotsiaalsetest protsessidest ei saa paljude loodusteaduslike protsesside ja seaduspärade kohta intuiitiivselt öiget – kui üldse mingit – arusaama olla. Seega on sotsiaalteaduslike teadmiste efektiivsem edastatavus loodusteaduslikega võrreldes arvatavasti seotud kogemuslikkusega: koolituse käigus oli korduvalt juttu nii kuumalainetest kui muudest kliima soojenemise tõttu juba praegu paratamatult aset leidnud muutustest, mis on inimestele tuttavad isikliku kogemuse kaudu. Selle seose tekkimine ning edasiarendamine võib olla põhjus, miks on kohanemisega seotud vastustes toimunud statistiliselt oluline nihe.

Kompleksse ja mitmeid valdkondi siduva materjali õpetamisel on väga oluline, et õpetaja ise oleks teadlik valdkonnas levivatest väärmõistetest ja müütidest (Kikas, 2004). Üks suund, kuidas õpetajatele kliimateemade õpetamist tõhusamaks kujundada, võiks seega olla just nimelt koos õpetajatega arutlemine selle üle, millised on kõnealuse teema väärmõisted ja müüdid ning kuidas need inimeste mõtlemisse satuvad ning seal kinnistuvad.

On näidatud, et mida paremini valdavad õpetajad teadmisi kliimamuutustest, seda suurem on nende mure kliimamuutuste pärast ning valmisolek kliima kaitseks tegutseda (Seroussi *et al.*, 2019). Täpsemad ja teaduslikult korrektsemad teadmised lubavad komplekses kliimamuutuste temaatikas eeldatavalt julgemalt ka klassiruumis arutelusid juhtida. Võiks loota, et kui paremate teadmiste kinnistumisel kaob vajadus vaielda loodusteaduslike faktidega, jääb õppes enam ressursi arutleda selle üle, mida saab muuta: inimeste eluviisid, ühiskondlik korraldus, majandus jm.

Kokkuvõtvalt viitavad uurimuse tulemused vajadusele õpetajate kliimamuutustega seotud teadmisi edasi uurida, käsitledes erinevaid sekkumisi ja nende mõju, mis aitavad toetada muutusi nii õpetajate valdkonnateadmistes kui ka selles, kuidas kompleksseid protsesse õpetada.

Uurimuse piirang on, et uuringudisain ei võimalda hinnata õpetajate teadmiste muutuse püsivust.

Tänuõnad

Uurijad tänavad kõiki uurimuses osalenud õpetajaid, kõiki koolituste läbi viimisega seotud inimesi, artikli anonüümseid retsensente ja projekti „Kliimateadlikkus koolist ühiskonda: laste, noorte ja õpetajate võimestamine kliimamuutuste mõjude vähendamiseks“, mida rahastati Euroopa Majanduspiirkonna Finantsmehhanismi 2014–2021 programmi „Kliimamuutuste leevendamine ja nendega kohanemine“ avatud taotlusvoorst „Kliimateadlikkuse suurendamine“.

Kasutatud kirjandus

- Assaraf, O. B. Z., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518–560. <https://doi.org/10.1002/tea.20061>
- Baiardi, D., & Morana, C. (2020). Climate Change Awareness: Empirical Evidence For The European Union. The Rimini Centre for Economic Analysis, Working Paper 20–15. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/rim/rimwps/20-15.html>.
- Bjork, R. A., Dunlosky, J., & Kornell, N. (2013). Self-regulated learning: Beliefs, techniques, and illusions. *Annual Review of Psychology*, 64, 417–444. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143823>
- Chi, M. T. (2013). Two kinds and four sub-types of misconceived knowledge, ways to change it, and the learning outcomes. In *International handbook of research on conceptual change* (pp. 49–70). Routledge.
- Cordero, E. C., Centeno, D., & Todd, A. M. (2020). The role of climate change education on individual lifetime carbon emissions. *PLOS ONE*, 15(2), e0206266. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206266>
- Cronin, M. A., Gonzalez, C., & Sterman, J. D. (2009). Why don't well-educated adults understand accumulation? A challenge to researchers, educators, and citizens. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 108(1), 116–130. <https://doi.org/10.1016/j.obhdp.2008.03.003>
- Dal, B., Ozturk, N., Alper, U., Sonmez, D., & Cokelmez, A. (2015). An analysis of the teachers' climate change awareness. *Athens Journal of Education*, 2(2), 111–122. <https://doi.org/10.30958/aje.2-2-3>
- de Bruin, W. B., Rabinovich, L., Weber, K. M., Babboni, M., Dean, M., & Ignon, L. (2021). Public understanding of climate change terminology. *Climatic Change*, 167(3–4), 37. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03183-0>
- de Sousa, L. O., Hay, E. A., & Liebenberg, D. (2019). Teachers' understanding of the interconnectedness of soil and climate change when developing a systems thinking concept map for teaching and learning. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 28(4), 324–342. <https://doi.org/10.1080/10382046.2019.1657684>
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Bakker, D. C., Hauck, J., Landschützer, P., Le Quééré, C., Lujikx, I. T., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Anthoni, P., ... Zheng, B. (2023). Global Carbon Budget 2023. *Earth System Science Data*, 15(12), 5301–5369. <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>
- Fulmer, G. W. (2013). Constraints on conceptual change: How elementary teachers' attitudes and understanding of conceptual change relate to changes in students' conceptions. *Journal of Science Teacher Education*, 24(7), 1219–1236. <https://doi.org/10.1007/s10972-013-9334-3>

- Geiger, S. M., Geiger, M., & Wilhelm, O. (2019). Environment-specific vs. general knowledge and their role in pro-environmental behavior. *Frontiers in Psychology, 10*, 405705. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00718>
- Hmelo, C. E., Holton, D. L., & Kolodner, J. L. (2014). Designing to learn about complex systems. In *Design Education* (pp. 247–298). Routledge.
- Jacobson, M. J., Markauskaite, L., Portolese, A., Kapur, M., Lai, P. K., & Roberts, G. (2017). Designs for learning about climate change as a complex system. *Learning and Instruction, 52*, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.03.007>
- Kapur, M. (2014). Productive failure in learning math. *Cognitive Science, 38*(5), 1008–1022. <https://doi.org/10.1111/cogs.12107>
- Kikas, E. (2003). Constructing knowledge beyond senses: Worlds too big and small to see. In A. Toomela (Ed.), *Cultural guidance in the development of the human mind* (pp. 211–227). Westport, Connecticut & London: Ablex.
- Kikas, E. (2004). Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(5), 432–448. <https://doi.org/10.1002/tea.20012>
- Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S., & Baumert, J. (2013). Teachers' content knowledge and pedagogical content knowledge: The role of structural differences in teacher education. *Journal of Teacher Education, 64*(1), 90–106. <https://doi.org/10.1177/0022487112460398>
- Lassonde, K. A., Kendeou, P., & O'Brien, E. J. (2016). Refutation texts: Overcoming psychology misconceptions that are resistant to change. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology, 2*(1), 62. <https://doi.org/10.1037/stl0000054>
- Liu, P. R., & Raftery, A. E. (2021). Country-based rate of emissions reductions should increase by 80% beyond nationally determined contributions to meet the 2 °C target. *Communications Earth and Environment, 2*, s43247-021-00097-8. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00097-8>
- Liu, P., Teng, M., & Han, C. (2020). How does environmental knowledge translate into pro-environmental behaviors?: The mediating role of environmental attitudes and behavioral intentions. *Science of the Total Environment, 728*, 138126. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138126>
- Lozano, R., Merrill, M. Y., Sammalisto, K., Ceulemans, K., & Lozano, F. J. (2017). Connecting competences and pedagogical approaches for sustainable development in higher education: A literature review and framework proposal. *Sustainability, 9*(10), 1889. <https://doi.org/10.3390/su9101889>
- MacLeod, A. (2019). Assessing the Strength of the Five Filters Today. In A. MacLeod (Ed.), *Propaganda in the information age: Still manufacturing consent* (pp. 47–63). Routledge.
- Majid, N., Marston, S., Reed Johnson, J. A., & Happle, A. (2023). Reconceptualising preservice teachers' subject knowledge in climate change and sustainability education: A framework for initial teacher education from England, UK. *Sustainability, 15*(16), 12237. <https://doi.org/10.3390/su151612237>

- Parrique, T. (2019). The political economy of degrowth. Doctoral dissertation, Université Clermont Auvergne. Retrieved from <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02499463>
- Parrique, T., Barth, J., Briens, F., Kerschner, C., Kraus-Polk, A., Kuokkanen, A., & Spangenberg, J. H. (2019). Decoupling debunked: Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. European Environmental Bureau. Retrieved from <https://eeb.org/library/decoupling-debunked/>
- Rates, C. A., Mulvey, B. K., & Feldon, D. F. (2016). Promoting conceptual change for complex systems understanding: Outcomes of an agent-based participatory simulation. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 610–627. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9616-6>
- Riigi Teataja. (2011). Põhikooli ja gümnaasiumi riiklik õppekava. <https://www.riigi-teataja.ee/akt/129082014021>.
- Ripple, W. J., Wolf, C., Gregg, J. W., Levin, K., Rockström, J., Newsome, T. M., Betts, M. G., Huq, S., Law, B. E., Kemp, L., Kalmus, P., & Lenton, T. M. (2022). World scientists' warning of a climate emergency 2022. *BioScience*, 72(12), 1149–1155. <https://doi.org/10.1093/biosci/biac083>.
- Schwartz, D. L., & Martin, T. (2004). Inventing to prepare for future learning: The hidden efficiency of encouraging original student production in statistics instruction. *Cognition and Instruction*, 22(2), 129–184. https://doi.org/10.1207/s1532690xc2202_1
- Seroussi, D. E., Rothschild, N., Kurzbaum, E., Yaffe, Y., & Hemo, T. (2019). Teachers' knowledge, beliefs, and attitudes about climate change. *International Education Studies*, 12(8), 33–45. <https://doi.org/10.5539/ies.v12n8p33>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Sinha, T., & Kapur, M. (2021). When problem solving followed by instruction works: Evidence for productive failure. *Review of Educational Research*, 91(5), 761–798. <https://doi.org/10.3102/00346543211019105>
- Sterman, J. D., & Sweeney, L. B. (2007). Understanding public complacency about climate change: Adults' mental models of climate change violate conservation of matter. *Climatic Change*, 80(3), 213–238. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9107-5>
- Zhao, Q., Guo, Y., Ye, T., Gasparrini, A., Tong, S., Overcenco, A., Urban, A., Schneider, A., Entezari, A., Vicedo-Cabrera, A. M., Zanobetti, A., Analitis, A., Zeka, A., Tobias, A., Nunes, B., Alahmad, B., Armstrong, B., Forsberg, B., Pan, S.-C., ... Li, S. (2021). Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: A three-stage modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 5(7). [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(21\)00081-4](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(21)00081-4)
- Timmons, S., & Lunn, P. (2022). Public understanding of climate change and support for mitigation (No. 135). *Research Series*. <https://doi.org/10.26504/rs135>

- Toll, V., Annist, A., Jakobson, L., Jakobson, E., Helm, A., Kolk, M., Terasmaa, J., Buht, M., Arro, G., Shanskiy, M., Post, P., Uiboupin, K., Rüütel, T., Semilarski, H., Vollmer, E., Jürgenson, E., Aosaar, J., & Kabin, V. (2023). Kliimamuutuste ABC: põhjused, mõjud, lahendused. Teaduspõhine õppematerjal kliimamuutustest. Tartu Ülikool. <http://hdl.handle.net/10492/8634>
- UNESCO. (2021). Getting every school climate-ready: How countries are integrating climate change issues in education. Education 2030. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379591>
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)
- Vygotsky, L. S. (1934/2002). *Denken und Sprechen: Psychologische Untersuchungen*. Beltz.
- Weber, E. U., & Stern, P. C. (2011). Public understanding of climate change in the United States. *American Psychologist*, 66(4), 315–328. <https://doi.org/10.1037/a0023253>
- Wiedmann, T., Lenzen, M., Keyßer, L. T., & Steinberger, J. K. (2020). Scientists' warning on affluence. *Nature Communications*, 11(1), 3107. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16941-y>

Estonian teachers' climate awareness and the change in climate-related scientific concepts as a result of training

Grete Arro^{a1}, Aet Annist^b, Jaanus Terasmaa^c, Anneli Alekand^c,
Elina Malleus-Kotšegarov^a, Triinu Jesmin^d

^a *School of Educational Sciences, Tallinn University*

^b *School of Humanities, Tallinn University*

^c *School of Natural Sciences and Health, Tallinn University*

^d *School of Digital Technologies, Tallinn University*

Summary

Introduction

As environmental and climate issues permeate all areas of human activity, it is increasingly likely that discussions about these problems and solutions will arise daily in teaching across disciplines. The knowledge of sustainability and climate change among teachers of different education levels is not very systematic, which can hinder the growth of climate awareness in society.

The problem

Misunderstood or oversimplified concepts about the nature of the problem can lead to erroneous conclusions and practices. In order to design more effective teacher training and better learning materials for both teachers and students, it is important to understand the nature of the misconceptions, what content of scientific explanations is missed or failed to be integrated into one's knowledge system, and which knowledge might be distorted to fit the lay understanding.

The study's first aim was to describe the knowledge of the teachers who participated in specially organised interdisciplinary training on the nature of, and adaptation to, climate change. Specifically, teachers' pseudo-, synthetic, and misconceptions about climate change were the focus of the analysis. The study's second aim was to assess the impact of climate awareness training to take the first steps in examining the effectiveness of this increasingly common way of spending resources, which can problematically generate an illusion of

¹ Tallinn University School of Educational Sciences, Tallinn, Narva str 25, arro@tlu.ee.

knowledge acquisition. Thus, the study assessed how climate-related training impacted the change in knowledge among the trainees.

The method

The three research questions guiding the study were:

- 1) How science-based is teachers' understanding of the nature of, and the adaptation to, climate change?
- 2) How much and what kind of misconceptions characterise teachers' understanding regarding the nature of climate change?
- 3) Do climate-related misconceptions (their type and frequency) change as a result of the short interdisciplinary course delivered by top experts in the field?

The questions posed to the teachers were as follows:

- Why does the addition of greenhouse gases warm the global climate?
- Please describe the most important actions that you think would help adaptation to climate change.

For assessing the understanding of the nature of climate change, five expert knowledge components were distinguished in the science-based answers to this question:

- Greenhouse gases absorb heat radiation
- Energy is added to the climate system
- The extra energy warms the climate
- Warming continues until a new energy balance is reached
- Greenhouse gases throw the original system out of energetic balance

The results

Only some of these components are represented in the teachers' answers. While almost half of the teachers mentioned that the energy added to the system warms the climate, none noted that the warming lasts until a new energy balance is reached. The ontological category or cognitive schema for the emergence of a new energy balance due to the addition of greenhouse gases was missing in the teachers' answers, with only six of them mentioning disturbed energy balance. A lack of understanding of the energy balance process is likely to mean that

the dangers of climate change to human society will probably remain unclear to the respondent. This may be why climate topics are undervalued in schools and curricula. An in-depth understanding may make it possible to better assess the current situation and the future.

Our second research question revealed reasoning that does not really describe the nature of climate change. The misconceptions included, firstly, the concepts from the wrong ontological category – for example, there were suggestions that climate warming is related to the hole in the ozone layer. Secondly, there were synthetic or pseudo-concepts that demonstrated a simplified understanding of the scientific content – for example, that greenhouse gases create a “film” in the upper layers of the atmosphere. These distorted concepts could result from the oversimplified explanations or metaphorical terms used in science communication, which for the scientist may have scientific content but become common-sensical in the listener’s thinking as they focus on some aspect of the metaphor that the scientist did not, in fact, want to emphasise. In the case of the term “adaptation”, the clearest gap was understanding the difference between climate change adaptation and climate change mitigation. However, as we do not know whether the respondents might have understood “adaptation” correctly but chose to answer concentrating on how to prevent the need to adapt, we have not labelled this a misconceptualisation. Nevertheless, some of the answers to the open questions indicate that for the respondents, “adaptation” was a new term yet to be filled with content.

In conclusion, we found that some core aspects of the relevant knowledge are missing from the teachers’ understanding of climate change, and, at the same time, some synthetic and pseudo-conceptual approaches confuse the information on the climate system and climate change. In further teacher training, we need to consider these conclusions in order to enable teachers to discuss, in particular, the missing or misunderstood concepts.

Thirdly, we examined the change in knowledge related to the climate change process after a one-day training session on climate change. There was no change in the understanding of the nature of climate change. Several reasons might be contributing to this result. Firstly, before this study, it was not very clear which aspects of climate change knowledge might need the most support, and the training focused equally on all the relevant knowledge. Secondly, especially when learning complex topics, offering learning methods that help the construction of new knowledge is needed. This would enable noticing and becoming aware of one’s own misconceptions. However, the premise of such learning is enabling meaningful discussion and construction of knowledge (for example, problem-before-theory-after design). Thirdly, the more complex the topic to be studied and the more numerous the prior misconceptions, the more

times should the learner (re)construct new knowledge in their mind before properly grasping the correct approach.

The question on adaptation to climate change indicated that the concept of adaptation was generally unfamiliar to many. Thus, the responses addressed climate mitigation instead of adaptation. The focus remained mostly the same both before and after the training. Nevertheless, the training had a statistically significant effect on referring to the concept of adaptation and the adoption of related topics in the answers after the training (e.g., topics of heat, preparedness for climate-related disasters, etc.). Another significant change is that after the training day, the following elements were referred to more frequently: on the individual level – changes to be made in individual life; need for individual awareness and self-education; individual adaptation measures; on the level of systemic changes, there was an increase in mentioning the state and institutional reorganisation in the context of climate change. These changes were statistically significant.

It is unclear why the changes in social science knowledge were more significant compared to natural science knowledge. However, based on the theories of concept development, it could be assumed that facts and knowledge related to social life are more directly related to people's everyday practices and as such, are easier to learn. As a rule, this knowledge is also less in conflict with prior knowledge and intuitive conclusions. At the same time, there can be no intuitively correct – if any – understanding of many processes and laws arrived at by natural sciences. Thus, the more effective transferability of social science knowledge compared to natural science knowledge is probably related to experientiality: during the training, heat waves and other changes influencing people's lives directly and demonstrating the effects of climate warming were repeatedly discussed. The emergence and further development of this connection may be the reason why, in this case, there has been a statistically significant shift in the answers related to adaptation.

Teachers' increased knowledge of climate change leads to greater concern about climate change and, thus, to a greater willingness to act to protect the climate (Seroussi et al., 2019). More accurate and scientifically correct knowledge enables discussions in classrooms on the inevitably complex topic of climate change. As better knowledge is established, more resources and more time can be dedicated to discussions on what can actually be changed.

Keywords: climate awareness, climate education, teacher education, development of concepts, misconceptions