

STEM ugdymas: nuo *Sputniko* iki mergaičių skaučių

Jogaila Vaitekaitis

Vilniaus universiteto Ugdymo mokslų institutas
El. paštas: jogaila.vaitekaitis@fsf.vu.lt

Santrauka. Šiuo straipsniu siekiama plėsti mokslinį diskursą STEM ugdymo tema. Straipsnyje analizuojama STEM ugdymo samprata ir jos formavimosi kontekstas. Akronimo dalykinė struktūra, integracijos ir pedagoginių paradigimų nevienareikšmiškumas teorizuojamas paliečiant ir istorines JAV gamtamokslių ugdymo pertvarkas. Nuo Šaltojo karo post-sputniko reformos iki privačių neformalaus ugdymo iniciatyvų STEM ugdymo turinys atskleidžiamas kaip turintis implikacijų migracijos, darbo jėgos, saugumo ir mokslinių tyrimų politikai, o STEM švietimo samprata kaip daugialypė ir dinamiškai kintanti.

Pagrindiniai žodžiai: STEM, STEAM, ugdymo turinys, UT, integracija, gamtamoksliai, projektinis mokymasis, reforma

STEM Education: From *Sputnik* to Girl Scouts

Summary. The inconsistency of defining STEM (Science, Technology, Engineering, and Math) education is being addressed in this article. Seeing STEM education as having implications ranging from migration to workforce policies, it is vital to clarify its (inter)disciplinary structure and curriculum orientation. Using a literature review and analysis of documents, STEM education is being tracked from a post-sputnik era to more recent informal and private endeavors, revealing a multiplication of the STEM acronym and the diversification of its curriculum orientation. The findings confirm that there is no consensus on the exact scientific fields assigned to STEM, and the list of disciplines involved ranges from broad (including Social sciences, Humanities or Arts) to narrow (dominated by Natural and Formal sciences). The article implies that historical context and reforms in natural science education partly explain this inconsistency, as the subjects and their interdisciplinary relations are closely linked to overall curriculum orientation, which could be seen as cyclical in nature, swinging from child centered to labor market or subject centered curriculum, inviting to discuss modern science education not as singular STEM, but as plural STEMs viable to multiple pedagogical approaches, integration patterns and aims..

Key words: STEM, STEAM, curriculum, integration, science, project based learning, reform

Received: 02/10/2019. Accepted: 06/1/2019

Copyright © Jogaila Vaitekaitis, 2019. Published by Vilnius University Press.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Licence (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Įvadas

Nuo milijonų eurų, skiriamų STEM atviros prieigos centrams¹, iki užklasinių STEM būrelių pradinukams² santrumpos STEM naudojimas įgyja vis didesnę populiarumą tiek viešajame diskurse, tiek mokslininkų žodyne. 2015 m. Europos Komisijos inicijuotame tyrime atskleista, kad net 26 iš 30 Europos šalių turi nacionalines strategijas, įtraukiančias STEM arba išskirtinai dedikuotas STEM kaip prioritetinei švietimo sričiai stiprinti (Kearney, 2016, p. 19). Kas turima omenyje vartojant šį trumpinį? Tiesiogiai verčiant iš anglų kalbos šis akronimas reiškia *gamtos mokslus, technologijas, inžineriją, matematiką* (angl. *Science, Technology, Engineering, Mathematics*), bet 2018 m. atliktas Europos šalių STEM švietimo tendencijų tyrimas identifikavo, kad bendro susitarimo, kas yra STEM ugdymas, Europos šalyse iki šiol nėra, o akronimas vartojamas sinonimiškai jį kaitaliojant su *gamtamoksliu ugdymu* (angl. *Science teaching*) (European Schoolnet, 2018). Maža to, Lietuvoje sąvokos ištirtumas taip pat menkas. Tarp Lietuvos edukologų, tiriančių šį akronimą, išskirtinas tik V. Lamanaukas (2016), glaustai apžvelgęs STEM trumpinio reikšmę. Tai galima paaiškinti sąlyginiu sąvokos naujumu, bet, matant švietime vykstančią *STEM maniją* (Sanders, 2009), teigtina, jog išsami šios sąvokos analizė – mažų mažiausiai laiku.

STEM apibrėžties problematiką gerai iliustruoja Manly, Wells ir Kommers (2018), kurie, atlikę 51 su STEM ugdymu aukštajame moksle susijusių straipsnių turinio analizę, nustatė, kad net 15 straipsnių aiškios STEM definicijos nepateikta, 23 straipsniuose STEM buvo apibrėžtas laisvai nenurodant šaltinio, o 13 straipsnių pateiktos esamos, bet skirtingos STEM definicijos (Manly ir kt., 2018). Iš šių STEM definicijų išskirtinos nacionalinio JAV mokslo fondo (angl. *U.S. National Science Foundation* (toliau tekste – NSF)), UNESCO Tarptautinio standartinio švietimo klasifikatoriaus³ (angl. *International Standard Classification of Education* (toliau tekste – ISCED)) ir JAV švietimo departamento (angl. *U.S. Department of Education*) definicijos, kurios į STEM sampratą įtraukia skirtingas mokslo sritis ir kryptis. Pavyzdžiui, NSF apibrėžtis gana plati, įtraukiami ne tik tokie dalykai kaip matematika, gamtos mokslai, inžinerija, kompiuterių ir informatikos mokslai, bet ir socialiniai / elgesio mokslai (Green, 2007), o JAV švietimo departamentas atsisako socialinių / elgesio mokslų ir STEM traktuoja kaip matematiką, gamtos mokslus, inžineriją, kompiuterių / informatikos mokslus (Chen ir Weko, 2009). Kadangi sutarimo dėl tikslios STEM ugdymo apibrėžties mokslinėje literatūroje pasigendama ir aptinkama nevienareikšmių STEM trumpinio apibrėžčių, kyla pagrįstų klausimų, ką tiksliai turi omenyje švietimo politikai teigdami, jog trūksta STEM studijas besirenkančių abiturientų ar kad švietimo sistema neaprupina darbo rinkos STEM specialistais.

¹ Švietimo ir mokslo ministerijos, Švietimo aprūpinimo centro naujienų pranešimas [2019 03 01] „Kuriami STEAM atviros prieigos centrai“ [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.sac.smm.lt/kuriami-steam-atviros-prieigos-centrai/>

² Neformalaus pradinių kl. ugdymo būrelis „Giliuko laboratorija“ [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://giliukolab.lt/>

³ UNESCO International Standard Classification of Education ISCED 2011. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/international-standard-classification-of-education-isced-2011-en.pdf>

Šio **straipsnio objektas** – STEM samprata, o keliamas **tikslas** – atskleisti STEM akronimą, jo raidą ir formavimosi kontekstą siekiant išplėsti mokslinį diskursą, kartu suteikti aiškumo tiek švietimo politikų diskusijoms, tiek STEM ugdymo praktikams. Tuo tikslu atlikta užsienio autorių literatūros apžvalga ir dokumentų analizė.

STEM samprata

Santrumpos STEM ištakos – praėjusio šimtmečio dešimtas dešimtmetis, kai koordinuojant JAV vyriausybinių institucijų finansavimą gamtos mokslų, matematikos, inžinerijos ir technologijų sritims, idant „Amerika išlaikytų pasaulinę lyderystę“⁴, NSF vidaus dokumentuose patogumo dėlei pradėtas vartoti šių disciplinų trumpinys – SMET (angl. *Science, Math, Technology and Engineering*) (Sanders, 2009). Dokumentuose ši santrumpa vartota sprendžiant švietimo programų finansavimo ir vertinimo (Stevens, 1995) bei trūkstamos darbo jėgos klausimus⁵. 2001 m. minėta organizacija dėl didesnio reprezentatyvumo⁶ priėmė sprendimą akronimą SMET keisti į STEM (Sanders, 2009). Netrukus, nepaisant naujojo akronimo nevienareikšmiškumo⁷, išpopuliarėjęs trumpinys pasklido po visą pasaulį, kartais net tapdamas technologijų ir mokslo bendrąja prasme sinonimu (Breiner ir Johnson, 2012). Kadangi STEM definicija formavosi ir plačiausiai aprašyta JAV, pirmiausia remtasi šios šalies šaltiniais. Apžvelgtuose dokumentuose ir literatūroje STEM nagrinėjamas kaip aukštojo mokslo ir darbo rinkos konstruktas.

Pirmajame dokumente – NSF patvirtintų STEM mokslo sričių sąrašė⁸ – greta gamtos ir formalųjų (tikslųjų) mokslų įrašyti tokie socialiniai / elgesio mokslai kaip psichologija, archeologija, geografija, teisė, lingvistika, politika, antropologija ir kt. Socialiniai ir humanitariniai mokslai NSF sąrašė užima nemenką dalį ir sudaro apie 25 proc. įtrauktų mokslo krypčių (žr. 1 pav.). Nors šiuo sąrašu remiantis yra koordinuojamas atitinkamų švietimo programų finansavimas, dotacijų ir stipendijų skyrimas (STEM Education act of 2015⁹), kita įstaiga – Jungtinių Amerikos Valstijų švietimo departamentas (angl. The United States Department of Education), atliekant STEM studentų aukštajame moksle monitoringą, į STEM sampratą neįtraukia socialinių ar humanitarinių mokslų grupės, argumentuodamas savo sprendimą tuo, kad „daugelis neseniai vykusių federalinių ir valstybinių teisėkūros iniciatyvų yra skirtos STEM mokymui(si) daugiausia matematikos, gamtos mokslų, inžinerijos ir technologijų srityse pagerinti“ (Chen ir Weko, 2009, p. 2).

⁴ Lygių galimybių mokslo ir inžinerijos srityje komitetas, 1998 m., kas dvejus metus teikiama ataskaita Jungtinių Valstijų kongresui, Nacionalinio mokslo fondo patariamasis komitetas, [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.nsf.gov/pubs/2000/ceose991/ceose991.html>

⁵ Ten pat.

⁶ Įvairių šaltinių duomenimis, tuometinei NSF administracijai trumpinys SMET pasirodė pernelyg primenantis žodį *smut* (angl. *purvinti suodžiais, paišinti, tepti*), dėl to raidės buvo perdėliotos ir tapo – STEM.

⁷ Anglų kalbos žodis *stem* turi keletą giminiškų reikšmių: ląstelė, stiebas, kotas. Medicinoje yra atskira kamieninių ląstelių tyrimų sritis (angl. *Stem-cell research*; kartais trumpinama *Stem research*).

⁸ Nacionalinio JAV mokslo fondo patvirtintos STEM sritys (angl. NSF Approved STEM Fields), visas sąrašas. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: https://www.btaa.org/docs/default-source/diversity/nsf-approved-fields-of-study.pdf?sfvrsn=1bc446f3_2 žiūrėta 2019-06-09.

⁹ 2015 m. STEM švietimo įstatymas (angl. Stem Education Act Of 2015) [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED571994.pdf>

Atskiro dėmesio vertas JAV vidaus saugumo departamento Migracijos ir muitų tarnybos (angl. U.S. Immigration and Customs Enforcement (ICE)) dokumentas *STEM priskiriamų studijų programų sąrašas*¹⁰. Dokumento paskirtis – suteikti užsienio STEM srities studentams ir praktikantams galimybę pratęsti studijų praktiką šalyje 24 mėnesiams. Apraše nurodyta, kad STEM srities studijos yra tos, kuriose įrašyta *inžinerija, biologija, matematika, fiziniai mokslai* ir *susijusios kryptys*, pastarosios įtraukia mokslo kryptis liečiančius tyrimus, inovacijas arba naujų technologijų vystymą. Tris ketvirtadalius ICE sąrašo sudaro *gamtos mokslų ir matematikos bei statistikos ir inžinerijos, gamybos ir statybos* programos, o *socialinių mokslų* grupė ar jų specifinės kryptys, tokios kaip antai *psichologija, ugdymo mokslai, humanitariniai mokslai*, palyginti su NSF sąrašu, sudaro perpus mažesnę dalį. Atkreiptinas dėmesys, kad ICE sąrašė išskirtos ir *paslaugų (saugumo paslaugos, aplinkosaugos paslaugos ir transporto paslaugos), žemės ūkio ir veterinarijos bei sveikatos priežiūros* mokslo sritys, tai sietina su šio dokumento orientavimu į darbo rinką.

Atlikus šaltinių ir dokumentų, įvardijančių STEM priskiriamas akademines sritis, apžvalgą galima teigti, kad tik atsiradus santrumpai STEM sutarimo, kokios tiksliai mokslo sritys ir kryptys įėjo į šią ugdymo prieigą, nebuvo, o įtrauktų disciplinų sąrašas varijuoja nuo plataus (įtraukiant daugiau socialinių ir humanitarinių mokslų) iki siauro (kai dominuoja gamtos ir tikslieji mokslai). Teigiama, kad nepakankama atskleisti STEM sampratą vien per akademinį disciplinų lauką. Tam pritarę teoretikai, pabrėžiantys, kad mokslo sritimis grįstos STEM definicijos yra perdėm statinės, dėl to STEM samprata turėtų susitelkti į „disciplinų ribas peržengiančius praktikų ir procedūrų asambliažus, iš kurių atsiranda tam tikro pobūdžio žinios bei mokymasis“ (Granovskiy, 2018, p. 8), arba reikėtų nurodyti labiau episteminę STEM definiciją, pvz., STEM kaip „šaltiniai, strategijos ir praktikos, kurių metu randasi mokslo ir STEM žinių ir yra jomis dalijamasi“ (Moon ir Singer, 2012). Be to, dėmesio reikia atskirų mokslo sričių integracijos situacijai. Literatūroje dažnai STEM švietimas traktuojamas kaip tarpdisciplininė ugdymo prieiga, bet ar tam, kad gamtamokslinį ir techninį ugdymą būtų galima vadinti STEM, privaloma tarpdalykinė integracija? Gal užtenka mokytis minėtų disciplinų atskirai? Kitame skyriuje STEM samprata apžvelgiama tarpdalykinės integracijos aspektu.

STEM ir integracija

2018 m. atlikta Europos šalių pedagogų, švietimo įstaigų vadovų ir STEM profesionalų, dirbančių specializuotose STEM mokyklose ir bendrojo lavinimo įstaigose, apklausa ir nustatyta, kad pirmiausia STEM ugdymas yra asocijuojamas su tarpdisciplininiais ryšiais; novatoriškais ir ambicingomis mokymo praktikomis; mokinių skatinimu spręsti tikras gyvenimo problemas (Holmlund, Lesseig ir Slavit, 2018). Tarpdalykinė integracija – pamatinis STEM principas – atsikartoja ir literatūroje dažnai aptinkamoje Sanders

¹⁰ Vidaus saugumo departamentas (angl. DHS) ir JAV imigracijos ir muitinės teisėsauga (angl. ICE) „STEM paskirtas studijų programų sąrašas, įsigaliojęs 2016 m. gegužės 10 d.“ [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.ice.gov/sites/default/files/documents/Document/2016/stem-list.pdf>

(2009) STEM definicijoje „STEM – mokymas ir mokymasis bet kurių dviejų ar daugiau STEM dalykų ir / arba STEM dalyko ir vieno ar daugiau kitų mokyklinių dalykų“ (p. 21).

Viena vertus, STEM, kaip tarpdisciplininė ugdymo prieiga, teoretikų nuomone, turėtų didinti mokinių motyvaciją, gerinti problemų sprendimo įgūdžius bei matematikos ir gamtamokslių pasiekimus, tuo padėti mokiniams suprasti ne tik ką jie mokosi, bet ir kodėl, kaip tai gali būti pritaikyta (Rosicka, 2016), kita vertus, tai patvirtinančių empirinių duomenų trūksta, maža to, yra tyrimų, indikuojančių, kad tarpdisciplininis STEM mažiausiai naudingas ar net žalingas matematikos gebėjimams ugdyti (English, 2016). Be to, mokytojai dažniausiai rengiami ribotam akademinėms disciplinoms skaičiui, tad abejojama ir dėl pakankamos kompetencijos integruoti skirtingas disciplinas (Geraedts ir kt., 2006). Nors didesnės integracijos šalininkai apeliuoja į „sveiką nuovoką“ primindami, kad tikrame gyvenime patirtis ir žinojimas nėra skaidomi į atskiras disciplinas (Czerniak, 2007), o ir moksle „nanolygmeniu atomai išskirtinai nepriklauso nė vienai mokslo sričiai“¹¹, tad holistinė gamtamokslių ir technologinio ugdymo prieiga matoma kaip skatinanti gilesnį supratimą, kritinį mąstymą ir susidaryti „pilnesnį pasaulio vaizdą“ (Czerniak, 2007).

Šiandieninė integruota ugdymo(si) prieiga prioretizuojama ir strateginiuose UNESCO dokumentuose. Pavyzdžiui, Ateities kompetencijų ir ugdymo turinio gairėse¹², kurios, remiantis *STEM ugdymo pagrindų*¹³ rekomendacijomis, apibūdina STEM ir išskiria naudotinas pedagogines priemones: *tyrimu grįsta pedagogika; STEM turinio integracija; pritaikymas tikram gyvenimui; projektinis arba probleminis mokymas; paremiantis / stiprinantis mokymas* (angl. scaffolding); *formuojamasis ir apibendrinamasis vertinimas; kultūrinis jautrumas ir aktualumas*¹⁴; *technologinis integravimas* (The New York Academy of Sciences, 2016). Pabrėžtina, kad minėtame dokumente *integracija* matoma ne tik kaip skirtingų žinojimų įvairiame kontekste įveiklinimas, bet ir atitiktis „vietiniams bei nacionaliniams ekonominiams ir darbo jėgos poreikiams“ (p. 17). Naujausiame JAV švietimo įstatyme – *Kiekvieno studento sėkmės įstatyme*¹⁵ – taip pat numatoma skirti lėšų STEM bendrojo ugdymo programoms tobulinti ir integruoti su užklasine veikla bei neformaliu mokymu(si), taip pat kitų akademinėms disciplinoms, įskaitant ir menus, integracijai į STEM programas¹⁶.

Iš šaltinių apžvalgų matyti, kad tarpdalykinė *integracija* yra vienas iš pagrindinių STEM ugdymo principų. Reikia pažymėti, kad *integracijos* sąvoka dažnai vartojama laisvai, pasirenkami jos sinonimai terminai *interdiscipliniškumas, multidiscipliniškumas, krosdiscipliniškumas, transdiscipliniškumas, jungimas, vienijimas* (Honey ir kt.,

¹¹ Papazoglou, E. S., Parthasarathy, A. (2007), p. 4.

¹² (angl. *Future Competences and the Future of Curriculum*),

¹³ (angl. *STEM education framework*)

¹⁴ Gamtamokslių *curriculum* kontekstualizavimas arba aktualizavimas. Į gamtamokslių ugdymo UT siekiant išvengti mokslo kaip „sausų faktų“ nesujusių su mokinio gyvenimu ar asmeninėmis patirtimis, traktavimo įtraukiami aplinkosaugos, kasdienių technologijų, žmogaus kūno bei mokslinės etikos, filosofijos ar politikos tikro gyvenimo scenarijai. (Eurydice. 2011, p. 66).

¹⁵ Angl. *Every student succeeds act*. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.congress.gov/114/plaws/publ95/PLAW-114publ95.pdf>

¹⁶ Kaip naujosios biudžeto lėšos skirstomos STEM (angl. How the New Budget Funds STEM in ESSA). [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.nextgenscience.org/resources/how-new-budget-funds-stem-essa>

2014) ir nors šie terminai mokslininkų identifikuojami kaip reiškiantys skirtingą dalykų integracijos lygį ar pobūdį¹⁷, nagrinėtose STEM *curriculum* gairėse nėra nurodyta, kokia konkrečiai *integracijos* forma taikytina.

Verta pabrėžti, kad Europos kontekste gamtos mokslų integracija, ypač pradiniam ugdyme, yra vyraujanti prieiga jau kurį laiką. Daugumoje Europos šalių gamtamokslų mokymas(is) pradedamas pradiniam ugdyme (ISCED 1) ir trunka apie septynerius metus, yra dėstomas kaip vienas integruotas dalykas dažniausiai vadinant jį *mokslu* (angl. *Science*) arba siejant pavadinimą su žodžiais *pasaulis*, *aplinka* arba *technologijos* (pvz.: *žmogus ir gamta*, *gyvasis pasaulis*, *eksperimentiniai mokslai ir technologijos* ar pan.) (Eurydice, 2011). Tik keletyje Europos šalių integruotas gamtamokslinis ugdymas tęsiamas pagrindiniu ir viduriniu ugdymo lygmeniu, dažniausiai gamtos mokslai skaidomi į *chemiją*, *fiziką*, *biologiją* bei *geografiją* (tai ataskaitoje sietina su rengimusi brandos egzaminams). Nors dokumente nėra atskleista, kaip konkrečiai vyksta integracija, išvalgų šiuo klausimu gali suteikti 2018 m. atlikta apklausa. Domėtasi dažniausiai Europos STEM mokytojų naudojamomis pedagoginėmis priemonėmis. Atskleistas sąlygiškai aukštas (68 %) integruotų STEM priemonių naudojimas, juo laikant *kitų dalykų žinių naudojimą aiškinant gamtamokslius konceptus; kelių disciplinų mokytojų kolaboravimą dėstant konkrečias bendras temas bei ekskursijas į muziejus ar lauko tyrimus moksliniams konceptams kontekstualizuoti*; taip pat *menų* (angl. Arts) *įtraukimą į STEM dėstymą*. Apklausos duomenimis, iš visų STEM dalykų mažiausiai kontekstualizuojamas ir mažiausiai inovatyviomis pedagoginėmis priemonėmis pasižymi matematikos dalykas. Jame mokytojai dažniausiai dominuoja; priešingoje spektro pusėje – IKT pamokos, kuriose aptinkama daugiausia į mokinį orientuotų pedagoginių priemonių ir aktyvaus projektinio / probleminio mokymo(si). Tyrėjai apibendrina, kad, nepaisant rekomendacijų, dažniausiai pedagoginė STEM mokymo prieiga yra tradicinis tiesioginis dėstymas (Nistor ir kt., 2018).

Apžvelgus STEM ugdymo turinio gaires galima pasakyti, kad *integracija* ir kontekstualizacija yra svarbūs šios priemonės principai. Reikia priminti, kad abu šie principai, kaip ir *į mokinį orientuota pedagogika*, jau kurį laiką įtraukti į EU gamtamokslų ugdymo turinį (toliau tekste – UT) reglamentuojančius dokumentus ir vienokia ar kitokia forma mokyklose reiškiasi.

Šiame skyriuje remiantis dažnai STEM švietimo teorijoje cituojamais autoriais, UNESCO dokumentais ir Niujorko mokslų akademijos rekomendacijomis patvirtinta, kad STEM dabar suprantama kaip tarpdisciplininė gamtamokslų ugdymo prieiga, prioritetizuojanti į mokinį orientuotą pedagogiką su vyraujančiu projektiniu / probleminiu mokymu. Europos Komisijos tyrime nustatyta, kad integruotas gamtos mokslų ugdymas jau yra vyraujanti gamtos mokslų prieiga visoje Europoje iki pagrindinės bendrojo

¹⁷ Literatūroje aptinkami įvairūs STEM dalykų integraciją įvardijantys terminai: Multidiscipliniškas – kai mokiniai dalyko žinių ir gebėjimų mokosi atskirose pamokose, bet jungia juos bendra tematika; Interdiscipliniškas – kai dalyko žinios ir gebėjimai iš dviejų ar daugiau disciplinų siejami tarpusavyje; Transdiscipliniškas STEM per projektinę ar tyrimais grįstą veiklą sprendžia tikro pasaulio problemas naudodamas dviejų ar daugiau STEM disciplinų žinias ir įgūdžius; Krosdisciplininis STEM – kai per vieną discipliną stebime kitą, pvz., muzika per fizikos prizmę. Daugiau apie STEM integraciją: Vasquez (2015), Perignat ir Katz-Buonincontro (2019), English (2016).

ugdymo pakopos, STEM prieiga skatinta šias prieigas taikyti visose ugdymo pakopose. Daugiau įžvalgų, padėsiančių atskleisti, kodėl nėra bendro susitarimo dėl STEM UT, suteiks kitame poskyryje atlikta istorinė gamtamokslių mokymo reformų apžvalga, besikoncentruojanti į *curriculum* reformų raidą ir formavimosi kontekstą.

STEM genezė

Literatūroje dažnai aptinkama nuomonė, kad STEM sietinas su vadinamąja *post-sputnik* reforma, kai JAV gamtamoksliniame ugdyme buvo inicijuojami iki tol neregėto masto pokyčiai, kurie teoretikų dar vadinami „Auksiniu gamtamokslių ugdymo amžiumi“, „Švietimo dešimtmečiu“ bei „*Curriculum* reformos era“ (Harms, N. C., Yager, 1981, p. 7). Kaip pažymi Christopher Dede ir Joy Hardin (1973), nors JAV gamtos mokslų ugdymo reformų tradicija sena, o reaguojant į socialinius pokyčius gamtamokslių ugdymo pertvarkos kildavo dėl įvairiausių priežasčių (1900 m. prasta visuotinė sveikata inspiravo visuomeninius biologijos mokymus (angl. *civic biology courses*), Didžioji depresija paskatino „vartotojų mokslą“ (angl. *consumer science*), karo metas lėmė naują chemijos ir biologijos ugdymo tarpsnį), po Antrojo pasaulinio karo prasidėję pokyčiai, sužadinti *Sputnik* palydovo, sukėlė pirmąją reformą, metusią iššūkį visam tradiciniam gamtos mokslų ugdymui (Dede ir Hardin, 1973). Iš anksčiau vykdytų gamtamokslių reformų pastaroji, autorių teigimu, išsiskyrė trimis bruožais: 1) bandymu esamą UT ne patobulinti, o visiškai pakeisti; 2) tai pavedant atlikti ne pedagogams (angl. *educators*), o profesionaliems universitetų mokslininkams; 3) finansavimą skiriant ne iš įprastų valstybės šaltinių, o iš fondų ir valstybinių dotacijų (p. 486). Kadangi reforma pasižymėjo skrupulingu monitoringu, mokslininkams liko gausus kiekis duomenų. Viena iš studijų, nagrinėjusių šiuos duomenis, atlikta Helgeson, Blosser ir Howe (1977), suteikia vertingų įžvalgų, atskleidžiančių STEM švietimo paradigmos kūrimosi priešistorę.

Minėtoje studijoje teigiama, kad metai po pirmojo dirbtinio palydovo paleidimo JAV valdžia skyrė šimtus milijonų dolerių mokslininkų, pedagogų ir mokymosi teoretikų bendradarbiavimui idant pagerintų gamtamokslinį ugdymą (Helgeson ir kt., p. 8). Nerimaujant, kad „Rusija mus „aplenkė“ moksle ir technologijose“ (p. 21), buvo siekiama didinti techniškai kvalifikuotos darbo jėgos kiekį, todėl NSF aktyviai prisidedant prie mokymo priemonių kūrimo, buvo išleisti Viduriniojo ugdymo įstatymas (1965) ir Krašto apsaugos švietimo įstatymas (1958), jais garantuota finansinė parama UT vystymui, įrangai įsigyti bei mokytojams rengti, kartu padidinti mokytojų sertifikavimo ir atestavimo reikalavimai didinant juose gamtos mokslų dalį (Helgeson ir kt., p. 61). Kalbėdami apie gamtamokslinį *curriculum* autoriai apibendrina, kad naujai suformuotame UT skirta mažiau dėmesio „praktiniam mokslui“ (kaip veikia dalykai, industriniai procesai, namų chemija ir pan.) ir daugiau „moksliniams conceptams ir procedūroms (p. 19). Ataskaitoje minima, kad naujasis gamtos mokslų UT pasirodė esąs per daug sudėtingas ir abstraktus ne tik daugeliui mokinių, bet ir aktyvizmo laikotarpiu dirbantiems pedagogams. Teigiama, kad dėl griežtos orientacijos į dalyko žinias ir perdėm didelio dėmesio moksliniam tikslumui bei disciplinų metodologijai į šoną buvo nustumti mokinio interesai

ir socialiniai mokslų aspektai (Deboer, 2014). Apibendrinami gamtos mokslų reformą Dede ir Hardin (1973, p. 486–487) išskiria šias *post-sputniko* gamtamokslų *curriculum* reformos kryptis (žr. 1 lentelę):

1 lentelė. *Post-sputnik (vėlyvieji 1950-ieji –1960-ųjų vidurys) curriculum reformos kryptys. Paimta ir adaptuota iš Helgeson, Blosser ir Howe (1977).*

Nuo:	Prie:
1. Į mokinį orientuoto <i>curriculum</i> (asmeniškai-socialiniai siekiniai).	1. Į dalykinės žinias orientuoto <i>curriculum</i> (intelektinės kompetencijos siekiniai).
2. Dedukcija; mokytojo nurodymų klausymas, repeticijos, kartojimas.	2. Indukcija; įrodymai, vedantys prie atradimų; motyvacija – išspręsk galvosūkį.
3. Informaciniai mokslo aspektai; aprašymas ir pritaikymas.	3. Mokiniai „elgiasi kaip mokslininkai“, pabrėžiamos procedūros ir „mokslas kaip pažinimo būdas“; interpretacinių ir teorinių mokslo aspektų svarba.
4. Darbas laboratorijose atsietas nuo mokymosi klasėje; skirtas pademonstruoti, iliustruoti ar patvirtinti žinomą informaciją.	4. Darbas laboratorijose kaip neatsiejama kurso dalis, naudojama problemoms iškelti, testuoti tyrimų įgūdžius, suteikti „atradimo“ galimybes.
5. Mokytojas pasirenka mokymo medžiagos eiliškumą, organizuodamas kursą loginė seka.	5. Mokymo paketuose (angl. <i>instructional packages</i>) įtrauktos visos mokytojo pamokos (įskaitant filmus, laboratorinę įrangą, tekstus, testus ir pan.), pagal loginę dalyko struktūrą iš anksto numatytas eiliškumas.
6. Būsimų mokytojų rengimas pakankamas (daugiau ugdymo mokslų, mažiau dalykinių disciplinų žinių).	6. Svarią rengimo dalį sudaro mokymasis kaip panaudoti medžiagą.
7. Mokslas yra „įtvirtintos“ žinios; pagrindinių faktų svarba.	7. Mokslinės žinios nuolat kinta; bevertės, jeigu neatnaujintos; mėginimas suteikti mokiniams įrankius atnaujinti savo žinias.
8. Visos kurso dalys panašaus konceptualizavimo sudėtingumo lygio; dėl eiliškumo palikta nuspręsti mokytojui.	8. Kursas tarpusavyje susijęs; atskiros dalys „statomos“ ant anksčiau išmuktų konceptų.
9. Visos disciplinos aprėpimas/apžvelgimas (angl. <i>overview</i>).	9. Gilus kelių konceptų supratimas.
10. Sieja mokslą su naujomis technologijomis.	10. Mokslo ir technologijų santykis neakcentuojamas.

Nors materialiniai ir žmogiškieji ištekliai, skirti reformai, buvo neregėto dydžio, ši pertvarka tyrėjų laikyta nesėkminga. Teoretikas Welch (1979) šią UT reformą apibendrino taip: „Nors lentynos lūžo nuo naujų knygų, o spintose gulėjo modernūs prietaisai, kasdienė veikla klasėje liko nepakitusi“ (p. 303). Vertinant pirmosios reformos niuansus, nieko ne-laikiant buvo imtasi antrosios kartos *curriculum* reformos (1960-ųjų pabaiga – 1970-ųjų vidurys), kurią gerai iliustruoja ataskaitoje nagrinėjamos antros kartos gamtamokslų ir

matematikos mokytojų rengimo gairės. Dokumente pabrėžiama, kad 1961 m. mokytojus rengiant buvo sustiprintas dėmesys dalykinei mokytojo kompetencijai, leidžiant studentams tęsti veiklą kaip mokslininkams antroje studijų pakopoje (p. 50), o vėlesnės atnaujintos mokytojų rengimo gairės (1971 m.), be stiprių dalykinių žinių, į mokytojų rengimo programas papildomai įtraukė tokias socialinių mokslų disciplinas: žmogiškumas (angl. *humaneness*); visuomenės problemos (angl. *societal issues*); matematikos ir mokslo prigimtis (angl. *nature of science and mathematics*); matematikos ir gamtos mokslų komunikacija; mokymo(si) sąlygos (angl. *learning conditions*); mokymo medžiaga ir strategijos; nenutrūkstamas mokyma(sis) (angl. *continuous learning*), grindžiant tai būsimiems mokytojams reikalingu „platesniu filosofiniu požiūriu į mokslo bei matematikos prigimtį moderniam kontekste“ (Helgeson ir kt., p. 53). Apibendrinami būsimų mokytojų rengimo pokyčius autoriai pabrėžia, kad akcentai buvo perkelti į tokias temas – humanizmas, mokslo ir šiuolaikinių visuomenės problemų ryšys, lauko mokymų patirtis ir socialinių mažumų įtrauktis ir kt. Panašus likimo sulaukė ir pirmoji bendrojo ugdymo *curriculum* reforma, kuri aštuntuoju dešimtmečiu įgijo „humaniškesnį veidą“.

Atsižvelgiant į prieštaringas nuomones dėl pirmosios UT pertvarkos, įvedusios tariaimai griežtą instrukcijomis grįstą „*teacher-proof*“¹⁸, UT mokyklose bei stiprėjant švietimo ir psichologijos teoretikų (Piaget, Gagne ir Bruner) idėjų populiarumui, gamtamokslių UT buvo permąstyta suteikiant daugiau dėmesio: 1) mokslo disciplinų ryšiams; 2) naujiems socialiniams ir kultūriniais mokslo padariniais apsvaistinti; 3) naujam mokytojo, kaip interpretuotojo / mediatoriaus, vadovaujančio mokymui(si), vaidmeniui; 4) mokytojų ir profesionalių edukologų bendradarbiavimui su universitetų mokslininkais visuose reformos etapuose; 5) lankstesniam medžiagos taikymui ir 6) į pasiekimų vertinimą įtraukiant tokius kriterijus kaip elgsenos pokyčiai (Helgeson ir kt., p. 106).

Kartu su socialiai aktualesniu ir humanistine prieiga paremtu gamtamoksliu ugdymu smarkiai išaugo susidomėjimas iki tol mažiau populiariomis gamtos mokslų kryptimis. Remiantis ataskaita, per dvidešimt *post-sputnik* reformos metų 7–9 klasių mokinių pasirinkimas tarp gyvybės, fizinių ir geomokslių (angl. *earth sciences*) dešimteriojai sustiprėjo geomokslių naudai, taip ne tik įžiebiant šios krypties mokytojų stygių, bet ir išpopuliarinant tokius mokomuosius kursus kaip ekologija, aplinkosauga, jūrų mokslai (angl. *marine science*), okeonografija, taip pat kosmoso ir aviacijos mokslas, fotografija ir integruoti mokslai (angl. *integrated science*), kurie išpopuliarėjo kaip chemijos, biologijos ar fizikos dalykų alternatyvos pagrindinėje mokykloje (Helgeson ir kt., 1977, p. 32). Kaip atsakas į perdėm griežtą dalyko žinias sureikšminantį gamtos mokslų *curriculum* laikytinos ir kitos septintojo dešimtmečio švietimo naujovės: mokyklų ir sienų judėjimas (angl. *open schools*), vertybėmis grįstas ugdymas, aplinkosauginis ugdymas bei mokslo, technologijų ir visuomenės (angl. *Science, Technology and Society*)¹⁹ prieigos gamtamoksliame ugdyme (Deboer, 2014).

¹⁸ Tikslas buvo sumažinti mokytojo poveikį ugdymo turiniui kuriant tvirtus saitus tarp ugdymo tikslų, turinio medžiagos ir vertinimo (Eryaman, M., Riedler, M., 2010).

¹⁹ Mokslas, technologijos ir visuomenė (angl. *Science, Technology and Society*, (STS)) – tarpdisciplininė studijų sritis, kai siekiama tirti ir suprasti modernaus mokslo ir technologijų poveikį moderniai kultūrai, vertybėms bei institucijoms ir *vice versa* (Mansour, 2009).

Apžvelgus praėjusio šimtmečio JAV gamtos mokslų *curriculum* reformas išskirtinas dinamiškas svyravimas tarp labiau integruoto gamtamokslinio UT ir disciplinų ribas išlaikančio *curriculum*. Prieš Antrąjį pasaulinį karą dominavęs progresyvizmo ir John Dewey pragmatizmo judėjimas išpopuliarino holistinį *į mokinį orientuotą curriculum* (angl. *student-centered*), raginusį gamtamoksluose taikyti tyrimu grįstą ugdymą, peržengiantį disciplinų ribas, o vėliau kriziniais ir pokario metais pasigirdo kritika ir raginimas „grįžti prie pagrindų“ (angl. *back to the basics*), o po *Sputniko* galutinai atsitraukta nuo *child-centered curriculum* link pagrindinių dalykinių žinių svarbos ir orientacijos į gabiuosius mokinius ugdant juos „mąstyti kaip mokslininkus“. Švytuoklė apsisuka ir aštuntajame dešimtmetyje vėl grįžtama prie *student-centered* UT, pabrėžiančio tarpdalykinės integracijos ir progresyvios pedagogikos svarbą. Po dešimtmečio, 1983-aisiais, priėmus naują dokumentą „Tauta pavojuje: būtinybė švietimo reformai“ (angl. *A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform*), į viešąjį diskursą vėl įžengia kvietimas *grįžti prie pagrindų* ir tradicinio ugdymo: griežtinamos bendrojo lavinimo edukacinės priegios įvedant UT standartus, orientuojamasi į stiprias dalykines žinias, laiko organizavimo, dėstymo ir administravimo reglamentą. Sprendimą grindžiant nepakankamu darbo rinkos aprūpinimu konkurencinga darbo jėga ir prastais mokinių akademiniais pasiekimais, įvertintais standartizuotais testais, kurie pagal naująjį dokumentą tampa visuotinai privalomi.

Toks istorinis kontekstas ir gamtamokslių ugdymo raida iš dalies paaiškina, kodėl nėra sutarimo dėl STEM sampratos, o į šį trumpinį įtraukti dalykai ir jų tarpdisciplininiai ryšiai glaudžiai siejami su UT orientacija ir pedagoginėmis priegomis, o pastarieji turi tiek savo proponentų, tiek oponentų. Keltinas klausimas, ar reformų ratas tebėra ciklinis ir ar galime šiandieninį STEM švietimą interpretuoti kaip pažangios, į mokinį atsižvelgiančios ir palankios tarpdalykinei integracijai pedagogikos pusėje esančią švytuoklę, o tuo remiantis prognozuoti „grįžimą prie pagrindų“? Ar STEM samprata aprėpiamų mokslo sričių ir krypčių santykis bei skirtingas tinkamiausių tarpdalykinės integracijos ar pedagoginių priegų traktavimas gali būti siejamas su nepastoviomis švietimo tendencijomis? Siekiant atsakyti į šiuos klausimus būtina teorizuoti šiandieninį gamtamokslių ugdymą, vadinamą STEM, ne tik istoriniame, bet ir platesniame šiandienos socioekonominiame kontekste.

Daugiaveidis STEM

Šiandien STEM švietimą randame kompleksiniame globalizuoto pasaulio tinkle. Šiai santrumpai tampant gamtamokslių ugdymo sinonimu STEM švietimas šiandien daro tiesioginį poveikį migracijos, darbo jėgos, saugumo ir mokslinių tyrimų politikai (Gonzalez ir Kuenzi, 2012), o edukacinių paradigmu ir tarpdiscipliniškumo aspektas tampa dar pairesnis. Laiko ir erdvės takumas, didžiųjų naratyvų trūkinėjimas bei informacijos srautų mastas dominuojančioje rinkos ekonomikoje keičia galios nulemti *curriculum* dinamiką suteikiant galių naujiems veikėjams dalyvauti anksčiau nacionalinių vyriausybių monopoliumi laikytame švietime. Naujajame tūkstantmetyje diskusijose apie švietimą skamba

ne tik edukologų ar švietimo politikų ginčai, bet ir verslo bei pramonės, nevyriausybinių organizacijų ir tarptautinių organizacijų ekspertų įžvalgos, kas yra ir koks turėtų būti UT. Situacijos daugiasluoksniškumą iliustruoja toliau aprašoma skirtingų veikėjų sąveika STEM švietimo lauke.

JAV veikianti lobizmo organizacija STEM švietimo koalicija (angl. *STEM Education Coalition*), tarp kurios pagrindinių tarybos narių gerai žinomi verslo gigantai – *Microsoft*, *BP (British Petroleum)*, *ExxonMobil*, *Apple* ir daugiau nei 600 visuomeninių organizacijų, apibūdindama savo veiklą internetinėje svetainėje teigia: „STEM švietimo koalicija agresyviai veikia keliant Kongreso, Administracijos ir kitų organizacijų sąmoningumą, idant jos suvoktų tą kritinį vaidmenį, kurį XXI a. globalioje rinkoje STEM švietimas vaidina įgalinant JAV išlikti ekonomine ir technologine lydere.“ Organizacijos metinėje ataskaitoje (*STEM Education Coalition 2018 Annual Report*)²⁰ koalicija didžiuojasi „jau ilgą laiką esant gerbiamu balsu Vašingtone (p. 3)“ bei svariai prisidedant prie federalinių švietimo įstatymų formavimo. Atskirai dėmesio organizacijos ataskaitose skiriama švietimo teisės aktui, kurį kuriant ji teigia „aktyviai prisidėjusi“ – *Kiekvieno studento sėkmės įstatymas*, be to, kad sustiprino valstijų atskaitomybę už ugdymo kokybę ir padidino gamtos mokslų standartizuotų testavimų svarbą, papildomą finansavimą numatė ir UT pokyčiams. Naujajame švietimo įstatyme numatytos kasmetinės 1,65 mlrd. dolerių dotacijos švietimo iniciatyvoms, kurių svari dalis skiriama su gamtos mokslais susijusioms iniciatyvoms.

Kokį poveikį kompiuterinę įrangą pardavinėjančios korporacijos turi įstatymų, skatinančių mokyklas pirkti tą įrangą, leidybai, vargu bau ar pavyks nustatyti, bet teigti, kad jo nėra, būtų naivu. Toks interesų kaleidoskopas švietimo teoretikams apsinkina UT vertinimą. Viena vertus, valstijos skatinamos didinti standartizuotą gamtamokslų testavimą, kas suponuoja UT orientaciją į akademines *par excellence* dalyko žinias, kita vertus, profesinio orientavimo ir praktinio mokslo bei nepalankaus socioekonominio konteksto mokinių įtraukties skatinimas rodo esant į darbo rinką bei mokinį orientuotą *curriculum*. Kaip praktikoje atrodys STEM pamokos, kuriose tikimasi aprėpti visas problemas, parodys laikas. Šiandien vykstanti verslo sektoriaus, nevyriausybinių organizacijų ir valstybės interakcija plečia STEM UT horizontą diversifikuojant *curriculum* orientyrus, dėl to švietimo politikai ir praktikai turi daug erdvės interpretacijoms.

Išskirtina, kad privačios įmonės STEM ugdymą skatina ne tik advokacija, bet ir vykdydamos savarankiškas STEM švietimo iniciatyvas. Pavyzdžiui, naftos gavybos milžinė *Chevron* svetainėje viešinamas tekstas, kad nuo 2013 m. STEM švietimo iniciatyvoms vien ši korporacija skyrė daugiau nei 480 mln. dolerių. Iškalbingas ir organizacijos švietimo iniciatyvos šūkis: „Mes ir mūsų partneriai į investicijas švietime žvelgiame visapusiškai, siekiame sudominti mokinius STEM dalykais ir padrąsinti juos siekti STEM studijų ir galiausiai STEM karjerų. Mes naudojame patikrintą švietimo standartais besiremiantį UT, skatinantį problemų sprendimo ir projekcinio mokymosi priegas. <...>

²⁰ STEM Education Coalition 2018 Annual Report <http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2019/04/2018-report-new.pdf>

Rytdienos *Chevron* inžinieriai yra šiandienos mokyklinukai!²¹ Kokį gamtamokslių UT įgyvendina minėtoji korporacija anapus retorikos, informacijos nėra, bet aišku, kad valstybės monopolis nulemti švietimo kryptį fragmentizuotas dalį iniciatyvos perimant savų tikslų turinčioms interesų grupėms.

Dar vienas nevyriausybinų organizacijų, veikiančių STEM ugdymo srityje, pavyzdys – Amerikos mergaičių skaučių organizacija²². Gerai žinoma organizacija savo veiklą papildė nauja visų amžiaus tarpsnių skautėms skirta STEM programa. Už sėkmingą programos baigimą įsteigtos naujos STEM dedikuotos ženklelių / antsiuvų kolekcijos. Skaučių internetinėje svetainėje paaiškinama: inovacijos antsiuvai – už problemų sprendimą naudojant mokslinius metodus; mokslo ir technologijų antsiuvai – už tokias veiklas kaip kompiuterių žaidimų kūrimas, technologijų pritaikymas medžiagoms kurti; skaitmeninio meno antsiuvai – už informatikos ir technologijų įgūdžius; natūralisto antsiuvai – už gamtos tyrinėjimą; taip pat finansinio raštingumo antsiuvai, robotikos ir programavimo antsiuvai ir kt.

Pagal 2016 m. Mergaičių skaučių tyrimo instituto (angl. *Girl Scout Research Institute*) ataskaitą²³, kiekvienais metais daugiau nei 160 000 mergaičių skaučių renkami iš daugiau nei dešimties STEM programų, įtraukiančių jaunas moteris ir merginas į STEM, taip tariamai keliamas jų pasitikėjimas savo STEM gabumais, supažindinama su STEM karjeros perspektyvomis bei leidžiama susitikti su STEM profesionalais. Ataskaitoje teigiama, kad programos pozityviai veikia mergaičių nuostatas STEM atžvilgiu, skatina dažniau rinktis STEM kursus mokykloje, vyresniųjų domėjimąsi STEM universitetinėmis studijomis, plėtoja su STEM susijusias kompetencijas, laužo stereotipus dėl vyrų ir moterų gebėjimų STEM srityje ir pan. (Girl Scouts, 2016). Skirtingų interesų grupių propaguojama nevienoda STEM *curriculum* orientacija šiandien piešia margą gamtamokslių ugdymo portretą, jis detaliau apibūdinamas kitose pastraipose.

Nesant bendro sutarimo, kas tiksliai įeina į STEM ugdymo lauką ir ko konkrečiai siekiama STEM ugdymu, matomos skirtingos akronimo manifestacijos, pasireiškiančios giminiškais trumpiniais, bet įtraukiančios skirtingas disciplinas ir ugdymo prieigas. Apžvelgti STEM akronimo variantai išvardyti atsitiktine tvarka, o jų skaičius nėra baigtinis, akronimai skiriasi savo taikymo mastu ir teoriniu išbaigtumu (nuo privalomai taikomo šalies mastu iki savaitės trukmės vasaros stovyklos), taip tik patvirtinama, kad šiandien verta kalbėti ne apie vieną STEM, o apie dauginius STEM'us.

²¹ *Chevron* švietimo iniciatyvų puslapis [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.chevron.com/education>

²² Daugiau apie mergaites skautes ir STEM: [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.girlscouts.org/en/about-girl-scouts/girl-scouts-and-stem.html>

²³ 2016 m. Mergaičių skaučių tyrimo instituto ataskaita. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: https://www.girlscouts.org/content/dam/girlscouts-gsusa/forms-and-documents/about-girl-scouts/research/How_Girl_Scout_STEM_Programs_Benefit_Girls_GSRI_2016.pdf

STEAM (angl. *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) STEM + Menai. 2007 m. JAV gimęs konceptas, siekiant padidinti mokinių susidomėjimą ir įgūdžius STEM. Integruojant komponentę „A“ (angl. *Arts*) viliamasi didinti mokinių išitraukimą (ypač tautinių bei socialinių mažumų grupių ir mergaičių (Kant ir kt., 2018), taip pat kūrybiškumą, novatoriškumą, problemų sprendimo įgūdžius ir kitus kognityvius gebėjimus (Hetland ir Winner, 2004; Liao, 2016) bei formuoti darbo rinkoje būtinas kompetencijas: grupinį darbą, komunikacijos, greitos adaptacijos kompetencijas ir pan. (Colucci-Gray ir kt., 2017). Sutarimo, ką tiksliai reiškia „A“, nėra. Perignat ir Katz-Buonincontro (2019) nustatė, kad yra keturi skirtingi požiūriai į tai, ką STEAM reiškia komponentė „A“: 1) tai *Menas* (vienaskaita), priskiriant jam vaizduojamuosius menus (tapyba, piešimas, fotografija, skulptūra, medijos menas ir dizainas); 2) „A“ įvardijamas kaip *Menai* (daugiskaita) priskiriant įvairias menų rūšis: vaizduojamieji, scenos menai (šokis, teatras, muzika), skaitmeninės medijos, estetika, amatai; 3) „A“ – *laisvieji menai* (angl. *Liberal arts*) įtraukiant humanitarinius ir socialinius mokslus taip skatinant domėtis aplinkosaugos studijomis, bendruomenių įtrauktimi ir kt.; 4) „A“ – projektinio mokymo(si), technologinio mokymo(si), arba dizainu grįsto mokymo(si) sinonimas. Ši prieiga taip pat aptinkama trumpiniais STE@M bei STE(A)M. STEAM prieiga yra palaikoma OECD, kuri pabrėžia skirtumą tarp mokslo žinių ir žinių apie mokslą (angl. *Knowledge of science vs Knowledge about science*) (OECD, 2012, p. 23), bei aptinkama Europos Komisijos leidiniuose, kur teigiama, jog menų ir humanitarinių mokslų jungimas su STEM verčiant jį STEAM atliepia XXI a. sėkmingą mokymąsi, grįstą horizontaliais ryšiais tarp žinių ir disciplinų bei bendruomenių ir pasaulio (Hazelkorn, E. ir kt., 2015). Taikomas visose P. Korėjos bendrojo lavinimo mokyklose^I, rekomenduojamas D. Britanijos švietimo tyrimų asociacijos ir tam tikrose JAV valstijose.

S&E (angl. *Science and Engineering*) – gamtos mokslai ir inžinerija. Santrumpa vartojama daugiausia JAV fiksuoti aukštųjų mokyklų ir žmogiškųjų išteklių darbo rinkoje pokyčius mokslo ir inžinerijos srityje. Diskusijų apie S&E kontekste neretai aptinkamas ir STEM akronimas^{II}.

STM (angl. *Science, Technology, Mathematics*) – gamtos mokslai, technologijos, matematika. STM ugdymo samprata labai artima ar net identiška STEM, neakcentuoja inžinerijos mokslų. Naudojama Subsacharinės Afrikos regiono švietimo politikų (Ezeudu ir kt. 2013).

eSTEM (angl. *environmental STEM*) – aplinkosauginis STEM, UT įprastiniuose STEM dalykuose akcentuojantis aplinkosaugos klausimus ir socialines problemas^{III}.

^I Australijos mokslų akademijos ataskaita apie Korėjos STEM ugdymą. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://acola.org/wp-content/uploads/2018/12/Consultant-Report-Korea.pdf>

^{II} Nacionalinės JAV mokslo tarybos ataskaita apie gamtos mokslų ir inžinerijos studijas. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/report/sections/higher-education-in-science-and-engineering/highlights>

^{III} Reynoldsburgo (JAV) miesto mokyklų eSTEM akademijos puslapis: <http://www.reyn.org/AbouteSTEM.aspx>

STEMIE (angl. *STEM + Invention + Entrepreneurship*); (STEM + Išradimai + Verslumas) daugiau nei 600 bendrojo lavinimo jaunųjų išradėjų bei verslumo programų koalicija JAV, siekianti papildomai ugdyti išradingumą ir verslumą^{IV}.

STES (kartais STS[E]) (angl. *Science-Technology-Environment-Society*) – mokslas, technologijos, aplinka, visuomenė. Mokslo, technologijų, visuomenės (STS) judėjimas^V, jungiamas su aplinkosauginiu švietimu (EE) gamtamokslių ugdyme. Pagrindinis STES prieigos tikslas – ugdyti mokinio gamtamokslinį ir konceptualų supratimą, kritinį mąstymą ir problemų sprendimo gebėjimus susidūriant su realiomis pasaulio problemomis. Šis tikslas įtraukia socialines ir ekonomines problemas bei mokslo faktų ir procesų mokymą(si) per atvejų analizes, susijusias su aplinkosaugos, biotechnologinėmis ar moralinėmis problemomis (Revital ir kt., 2001), (Phillips, 2017).

STSEEP (angl. *Science, Technology, Environment, Society, Economy and Policy*). Darniam vystymuisi skirtas STEM, jungiantis STES ir STEM. Ši prieiga skatina aukštesnio lygio kognityvių įgūdžių ugdymą duodant klausimų, gerinant sisteminių, kritinį mąstymą, problemų sprendimą, sprendimų priėmimą bei moralinį mąstymą, kūrybingą mąstymą ir jų visų jungimą darnaus vystymosi ugdymui (Zoller, 2015).

iSTEM (angl. *Imagination, Science, Technology, Engineering, Mathematics*). Vaizduotė + STEM. Suteikia naujų mąstymo krypčių tyrimais grįstam STEM ugdymui. iSTEM modelis grindžiamas į mokinį orientuotu, nepriklausomu mokymosi modeliu, integruojančiu vaizduote grįstą edukaciją ir STEM ugdymą. Pirmiausia yra surandama STEM temų, aktualių mokinių išgyventoms patirtims, ir jas naudojant kaip pagrindą projektuojama veikla. Šešios struktūrinės veiklos dalys prasideda pagrindiniu klausimu, skatinančiu tyrimą ir problemų sprendimą integruojant teoriją ir praktinę veiklą, įgalinančią prasmingą mokymą(si) (Tsai, Chung ir Lou, 2018).

I-STEM (kartais iSTEM ar I-STEM ED) (angl. *Integrative STEM education*). Integruotas STEM ugdymas. I-STEM reiškia technologijomis ir inžinerija grįstą mokymą(si), tyčia integruojantį turinį ir procesus iš gamtos mokslų ir (arba) matematikos ugdymo su technologijų bei inžinerijos UT ir procesu. Integruotas STEM ugdymas gali būti sustiprintas įtraukiant ir kitus mokomuosius dalykus, pvz., kalbas, socialinius mokslus, menus ir pan. (Sanders ir Wells 2010).

iSTEM (angl. *invigorating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*); entuziastingas STEM. Australų STEM gabijų mokinių ugdymo programa, papildanti tradicinį mokyklinį turinį ekskursijomis į muziejus, universitetus, kosmoso akademijas, atominės elektrinės ir pan., organizuoja olimpiadas, konkursus bei dirbtuves, susijusias su STEM mokslų sritimis^{VI}.

^{IV} STEMIE koalicijos puslapis. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.stemie.org>

^V Mokslo ir technologijų studijų judėjimo aprašymas wiki. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: https://en.wikipedia.org/wiki/Science_and_technology_studies

^{VI} iSTEM internetinis puslapis. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <http://www.istem.com.au>

STEMS² (angl. *Science, Technology, Engineering, Mathematics, Social Sciences and Sense of Place*). STEM + socialiniai mokslai ir vietos pajautimas. Šia prieiga siekiama esamą STEM ugdymo modelį praturtinti supažindinant mokinius su autentiškais gyvenimo iššūkiais bei problemų kontekstu, atskleidžiant jį per socialinius mokslus. Ugdomos STEM kompetencijos pabrėžiant jaunuolių vystymąsi santykiyje su asmeniniu vietos pajautimu tiek lokaliai, tiek globaliai^{VII}.

METALS (angl. *STEAM + Logic*). STEAM + Logika. Siekia STEAM ugdymą praturtinti logikos mokymu, daugiausia kuriant loginius žaidimus^{VIII}.

STREM (angl. *Science, Technology, Robotics, Engineering, and Mathematics*); papildomai pridėjama viena mokslo kryptis – robotika^{IX}.

STREAM (angl. *Science, Technology, Religion, Arts, Math*). STEAM + Religija. Amerikos nacionalinė katalikų švietimo asociacijos programa, siekianti praturtinti STEAM konstrukta „amžinomis tikėjimo tiesomis“^X.

STREAMS (angl. *Science, Technology, Robotics, Engineering, Arts and Mathematics with SCUBA*). Gamtamoksliai, technologijos, robotika, inžinerija, menai, matematika, nardymas). JAV popamokinio ugdymo programa merginoms, į ugdymą įtraukianti ir mokslinį nardymą bei nuotoliniu būdu valdomų robotų ekosistemoms tirti konstravimą^{XI}.

STEAM (angl. *Science, Technology, Engineering and Applied Mathematics*). Gamtamoksliai, technologijos, inžinerija ir taikomoji matematika. Virdžinijos (JAV) universiteto programa su didesne pakraipa į taikomąją matematiką^{XII}.

GEMS (angl. *Girls in Engineering, Math, and Science*). Merginos inžinerijoje, matematikoje ir gamtamoksluose. Į pagrindinio ugdymo lygmenį orientuota savaitės trukmės vasaros mokykla, merginoms suteikianti taikomojo mokslo, technologijų bei inžinerijos žinių^{XIII}.

STEMM (angl. *Science, Technology, Engineering, Mathematics, and Medicine*). STEM + medicinos mokslai. Australijos ir JAV universitetų programa, papildanti įprastą konstrukta STEM sveikatos mokslais^{XIV}, kituose kontekstuose aptinkamas kaip (STE-M) (angl. *Science, Technology, Engineering, Medical*).

^{VII} Havajų universiteto puslapis, pristatantis STEMS programą <https://coe.hawaii.edu/academics/curriculum-studies/med-cs-stems2>

^{VIII} STEM+ logikai skirtas internetinis puslapis. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://leosstemhacks.wordpress.com/?s=logic&search=Go>

^{IX} STREM skirtas internetinis puslapis [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.stremhq.com/>

^X Amerikos nacionalinė katalikų švietimo asociacijos programa: [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: https://www.ncea.org/NCEA/Learn/Resource/Academic_Excelsior/STREAM_Resources.aspx

^{XI} Juodaodžių mergaičių fondo puslapis: [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.blackgirlsdiverfoundation.org/streams>; [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.pathwaystoscience.org/programhub.aspx?sort=HSC-Blkgirlsdive-STREAMS>

^{XII} Virdžinijos (JAV) universiteto puslapis, pristatantis STEAM konceptą [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://vtnews.vt.edu/articles/2012/07/073112-uged-steampartnership.html>

^{XIII} GEMS internetinis puslapis [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://www.grasp.upenn.edu/programs/girls-engineering-math-and-science-gems>

^{XIV} Moterys STEMM Australijoje [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://womeninscienceaust.org/about-2/>; [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://teachers.parklandsd.org/stemm/>

Reikia pažymėti, kad šiandien randame ne tik pirminio STEM skirtingų interpretacijų, bet ir gausių jo versijų, besivystančių skirtingomis kryptimis, kas inspiruoja kalbėti apie STEM+, čia „+“ reikštų bet kokią (-ias) discipliną ar praktiką, pridedamą prie gamtamokslių, matematikos, technologijų ir inžinerijos ugdymo arba atimamą iš jų.

Diskusija ir išvados

Apžvelgus istorinę gamtos mokslų reformą JAV, šiuolaikinius STEM reglamentuojančius dokumentus ir įvairių organizacijų naudojamas gaires darytina prielaida, kad šiandien dedamos pastangos pakreipti švietimą moksliniam ir technologiniam raštingumui didinti nėra naujas reiškinys ir turi cikliškumo požymių. Šį procesą veikia kompleksiniai veiksniai – tarpvalstybiniai konfliktai, socialiniai judėjimai, mokslinių žinių augimas, ekonominiai svyravimai bei edukologijos mokslo tendencijos. Darant prielaidą, kad šiandien matoma progresyvios pedagogikos ir holistinio ugdymo integruojant dalykus tendencija yra to paties ciklinio proceso dalis, straipsnyje keltas klausimas, ar ateityje sulauksime grįžimo prie pagrindų, t. y. tradicinės pedagogikos ir aiškias dalykų ribas išlaikančių akademinų disciplinų. Tokias prognozes apsunkina keli svarbūs faktai: a) globaliame pasaulyje valstybės monopolis nulemti UT susilpnėjęs, o tarptautinių organizacijų ar pramonės ir verslo ekspertų nuomonės nusveria edukologų (progresyvi pedagogika) ir mokslininkų (akademinų žinių svarba) ginčą tvirtinant šiuolaikinei darbo rinkai reikiamą UT, kuris esamu metu nėra akademiškai gilus (deklaruojamas žinių svarbos mažėjimas; UT perkrova), nei visiškai mokinio poreikius atspindintis (XXI a. kompetencijos ir mokymosi visą gyvenimą konceptai); b) netgi, jeigu vienai iš šių turinio orientacijų pavyktų tapti vyraujančia, verta prisiminti, kad net dėl *post-sputniko* reformos, turėjusios neregėtų išteklių, klases palikus konsultantams bei inspektoriams, mokytojai naujų edukacinių priegių nebenaudodavo grįždami prie tradicinių metodų; tai matome ir šiandien: c) teoriškai deklaruojamas pažangus ir į darbo rinkos poreikius orientuotas UT mokytojų nėra taikomas, vietoj to išlaikant tradicines paskaitos tipo pamokas su centrine mokytojo figūra, perteikiančia mokiniams dalyko žinias.

Iš nagrinėtos medžiagos ryškėja ir tai, kad STEM, kaip prioretizuojama švietimo prieiga, tampa prieglobsčiu daugeliui interesų grupių, per jį stengiantis padėti ir žemo socioekonominio, kultūrinio konteksto mokiniams, ir pakelti akademinus pasiekimus, ir atliepti darbo rinkos praktinių įgūdžių poreikius, ir integruoti aplinkosauginį / ekologinį ugdymą, pilietinį bei darnaus vystymosi, verslumo ar net religinį ugdymą. Su tuo sietinas ir paties akronimo multiplikavimas įgyjant įvairių pavidalų, besireiškiančių skirtingomis pedagoginėmis praktikomis ir leidžiančiu STEM ugdymu vadinti labai skirtingas veiklas, pradedant visiškai integruotu tarpdisciplininiu į vaiko pomėgius ir realias gyvenimo problemas orientu mokymu(si) ir baigiant tradiciniu į atskiras pamokas skirstomu arba neformaliu skaučių supažindinimu su programavimu. Nors STEM diversifikacija vertintina nevienodai, tokia įvairovė labiau pozityvus nei negatyvus reiškinys ir teikia švietimui galimybę prisitaikyti bei spręsti kompleksines globalias ir lokalias *antropocenos* laikmečio problemas.

STEM akronimas dažnai skamba UT ir švietimo politikos, mokslo, technologijų vystymosi ir ekonominio konkurencingumo kontekste, be to, turi implikacijų migracijos, darbo jėgos, saugumo ir mokslinių tyrimų politikai (Gonzalez ir Kuenzi, 2012). Šiuo straipsniu siekta apžvelgti STEM ugdymo sampratą ir jos formavimosi kontekstą taip išplečiant mokslinį Lietuvos edukologinį diskursą ir suteikiant aiškumo tiek švietimo politikų diskusijoms, tiek STEM ugdymo praktikams. Atlikta literatūros apžvalga ir dokumentų analizė leidžia teigti, kad:

Santrumpa *STEM* vadinamas akademinų ir profesinių sričių laukas, apimantis gamtos mokslus, technologijas, inžineriją, matematiką (angl. *Science, Technology, Engineering, Mathematics* (STEM)). Sutarimo dėl tikslų STEM priskiriamų mokslo krypčių nėra, o įtrauktų disciplinų sąrašas varijuoja nuo plataus (įtraukiant daugiau socialinių, humanitarinių ar menų mokslų) iki siauro (kai dominuoja gamtos ir tikslieji mokslai).

STEM ugdymas reiškia šių disciplinų mokymą(-si), aptinkamą visais švietimo sistemos lygmenimis, pradedant ankstyvuoju ugdymu, baigiant podokturančią, tiek formaliajame, tiek neformaliajame ugdyme.

Šiuolaikinėje edukologijoje šis akronimas, be kita ko, suprantamas ir kaip integruotas UT, kai mokoma(-si) bent kelias iš minėtų disciplinų jungiant, be to, STEM prieiga prioretizuoja į mokinį orientuotą pedagogiką su vyraujančiu projektiniu / probleminiu mokymu(si).

Istorinis kontekstas ir gamtamokslų ugdymo raida iš dalies paaiškina, kodėl nėra sutarimo dėl STEM sampratos, mat į šį trumpinį įtraukti dalykai ir jų tarpdisciplininiai ryšiai glaudžiai susiję su *curriculum* orientacija, kurios, apžvelgus aktualias praėjusio šimtmečio JAV gamtos mokslų švietimo reformas, išskirtinos kaip turinčios ciklinio svyravimo bruožų, prioretizuojančių tai į mokinį, tai į akademinės žinias ar darbo rinką orientuotą UT, kas savo ruožtu veikia ir tarpdalykinės integracijos (ne)taikymą.

Šiandien vykstanti verslo sektoriaus, nevyriausybinų organizacijų ir valstybės sąveika plečia STEM UT horizontą diversifikuojant *curriculum* orientyrus, dėl to matomos skirtingos akronimo manifestacijos, pasireiškiančios giminingais trumpiniais, bet įtraukiančios skirtingas disciplinas ar ugdymo prieigas, pvz., STM, STEAM, STES. Išskirtina, kad privatūs subjektai STEM ugdymui poveikį daro ne tik advokacija, bet ir vykdydami savarankiškas STEM švietimo iniciatyvas, o tai prisideda prie definicijos takumo.

Literatūra

- Breiner, J., Harkness, S., Johnson, C., Koehler, C. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science And Mathematics, 112*(1), 3–11. doi:10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x
- Chen, X., & Weko, T. (2009). Students Who Study Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in Postsecondary Education. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://nces.ed.gov/pubs2009/2009161.pdf>
- Colucci-Gray, L., Trowsdale, J., Cooke, C. F., Davies, R., Burnard, P., Gray, D. S. (2017). Reviewing the potential and challenges of developing STEAM education through creative pedagogies for 21st learning: how can school curricula be broadened towards a more responsive, dynamic, and inclusive form of education? *British Educational research Association*.

- Czerniak, C. M. (2007). Interdisciplinary science teaching. In S. Abell, ir N., Lederman (Eds.) *Handbook of research on science education*. (pp.537–559). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- DeBoer, G. E. (2014). The history of science curriculum reform in the United States. In N. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. II, pp. 559–578). Abingdon: Routledge.
- Dede, C., Hardin, J. (1973). Reforms, Revisions, Reexaminations: Secondary Science Education. *Science Education*, 57(4). <https://doi.org/10.1002/sce.3730570410>
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Eryaman, M., Riedler, M. (2010). Teacher-proof curriculum. In C. Kridel (Ed.), *Encyclopedia of curriculum studies* (pp. 865–865). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc. doi: 10.4135/9781412958806.n457
- Eurydice. (2011). Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research. Brussels: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: http://www.indire.it/lucas/lkmw_file/eurydice/sciences_EN.pdf
- European Schoolnet (2018). Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Policies in Europe. *Scientix Observatory report*. SCIENTIX. Brussels. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: http://www.scientix.eu/documents/10137/782005/STEM-Edu-Practices_DEF_WEB.pdf/b4847c2d-2fa8-438c-b080-3793fe26d0c8
- Ezeudu, F. O., Ofoegbu, T. O., & Anyaebunnam, N. J. (2013). Restructuring STM (Science, Technology, and Mathematics) education for entrepreneurship. *US-China Education Review A*, 3(1), 27–32.
- Geraedts, C., Boersma, K. T. & Eijkelhof, H. M. C. (2006). Towards coherent science and technology education. *Journal of Curriculum Studies*, 38(3), 307–325.
- Girl Scouts. (2016). How Girl Scout STEM Programs Benefit Girls A Compilation of Findings from the Girl Scout Research Institute. New York: Girl Scouts of the USA. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: https://www.girlscouts.org/content/dam/girlscouts-gsusa/forms-and-documents/about-girlscouts/research/How_Girl_Scout_STEM_Programs_Benefit_Girls_GSRI_2016.pdf
- Gonzalez, H. B., Kuenzi, J. (2012). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM): A Primer. Congressional Research Service. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: https://www.ccc.edu/departments/Documents/STEM_labor.pdf
- Granovskiy, B. (2018). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: An Overview. Washington DC: Congressional Research Service. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED593605.pdf>
- Green, M. (2007). *Science and Engineering Degrees: 1966–2004 (NSF 07-307)*. Arlington, VA: National Science Foundation.
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C., Deca, L., Grangeat, M., Karikorpi, M., Lazoudis, A., & Pinto Casulleras, R., W.-B. (2015). *Science education for responsible citizenship: Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education*. Luxembourg. <https://doi.org/10.2777/12626>
- Helgeson, S. L., Blosser, P. E., & Howe, R. W. (1977). *The Status of Pre-College Science, Mathematics, and Social Science Education: 1955–1975. Volume I, Science Education*. Columbus, OH: Center for Science and Mathematics Education, The Ohio State University
- Hetland, L., & Winner, E. (2004). Cognitive transfer from arts education to non-arts outcomes: Research evidence and policy implications. In E. W. Eisner, & M. D. Day (Eds.). *Handbook of research and policy in art education* (pp. 135–162). New York: Routledge.
- Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavitt, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>
- Moon, J., Rundell Singer, S. (2012). Bringing STEM into Focus, *Education Week*, 31(19), 32.
- Kant, J. M., Burckhard, S. R., & Meyers, R. T. (2018). Engaging high school girls in native American culturally responsive STEAM activities. *Journal of STEM Education*, 18(5), 15–25.

- Kearney, C. (2016). Efforts to Increase Students' Interest in Pursuing Mathematics, Science and Technology Studies and Careers. National Measures taken by 30 Countries – 2015 Report, European Schoolnet, Brussels. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: <http://www.voced.edu.au/content/ngv51728>
- Klein, M. F. (1989). *Curriculum reform in elementary school: Creating your own agenda*. New York: Teachers College Press.
- Lamanauskas, V. (2016). Gamtamoklinis ir technologinis ugdymas: Saarmste konferencijos aktualijos. *Gamtamoklinis ugdymas / Natural Science Education*, 13(1), 4–6.
- Laubach, T. A. (2005). *A case study of systemic curricular reform: a forty-year history*. Washington, DC.
- Liao, C. (2016). From Interdisciplinary to Transdisciplinary: An Arts-Integrated Approach to STEAM Education, *Art Education*, 69(6), 44–49, DOI: 10.1080/00043125.2016.1224873
- Manly, C. A., Wells, R. S., & Kommers, S. (2018). The influence of STEM definitions for research on women's college attainment, *International Journal of STEM Education*, 5(45). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0144-1>
- Mansour, N. (2009). Science-Technology-Society (STS): A New Paradigm in Science Education. *Bulletin of Science, Technology & Society*. <https://doi.org/10.1177/0270467609336307>
- New York Academy of Sciences (2016). STEM education framework. New York: Global STEM Alliance, NYAS. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: https://www.nyas.org/media/13051/gsa_stem_education_framework_dec2016.pdf
- Nistor, A., Gras-Velazquez, A., Billon, N., & Mihai, G. (2018). Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Practices in Europe. *Scientix Observatory report*. December 2018, European Schoolnet, Brussels.
- OECD(2010), *PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do: Student Performance in Reading, Mathematics and Science (Volume I)*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264091450-en>.
- Papazoglou, E. S., Parthasarathy, A. (2007). BioNanotechnology, *Synthesis Lectures on Biomedical Engineering*, 2(1), 1–139. <https://doi.org/10.2200/S00051ED1V01Y200610BME007>
- Perignat, E., Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review, *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Phillips, C. A. (2017). Explorations of tenth-grade STS[E] curricula across three provincial political landscapes. University of Toronto.
- Rosicka, C. (2016). Translating STEM education research into practice. Centre for Education Policy and Practice. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: www.acer.edu.au/epp/translational-research
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Stevens, F. (1995). *Innovating and evaluating science education: NSF evaluation forums, 1992-94*. National Science Foundation. [žiūrėta 2019-07-23]. Prieiga per internetą: https://www.nsf.gov/pubs/1995/nsf95162/nsf_ef.pdf#page=58
- Tal, R.J., Dori, Y. J. & Keiny, Sh. (2001). Assessing conceptual change of teachers involved in STES education and curriculum development - the STEMS project approach, *International Journal of Science Education*, 23 (3), 247–262. <https://doi.org/10.1080/095006901750066501>
- The New York Academy of Sciences. (2016). Stem education framework. https://www.nyas.org/media/13051/gsa_stem_education_framework_dec2016.pdf
- Tsai, H. Y., Chung, C. C., & Lou, S. J. (2018). Construction and development of iSTEM learning model. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1), 15–32. <https://doi.org/10.12973/ejmste/78019>
- Welch, W. (1979). Twenty years of science curriculum development: A look back. In D. Berliner (Ed.), *Review of research in education* (7, 282–308). Washington, DC: American Education Research Association.
- Zoller, U. (2015). Research-Based Transformative Science/STEM/STES/STESSEP Education for “Sustainability Thinking”: From Teaching to “Know” to Learning to “Think”. *Sustainability*, 7(4), 4474–4491; <https://doi.org/10.3390/su7044474>