

# Apie bandymą atverti juodąsias mokslo dėžes (2)

Arūnas Poviliūnas, Antanas Voznikaitis, Lina Mačiulė,  
Monika Juknienė, Elena Sinkevičiūtė, Rima Žilinskaitė

Vilniaus universiteto Sociologijos ir socialinio darbo institutas  
Institute Sociology and Social Work at Vilnius University  
Autorius susirašinėjimui / Corresponding Author: Arūnas Poviliūnas  
[arunas.poviliunas@fsf.vu.lt](mailto:arunas.poviliunas@fsf.vu.lt)

**Santrauka.** Šiame straipsnyje toliau plėtojamos idėjos iš ankstesnės publikacijos *Apie bandymą atverti juodąsias mokslo dėžes (1)* ir analizuojamas sociologinis eksperimentas, kuriuo siekėme peržengti sociologijos ir gamtos mokslų rutininių tyrimo procedūrų ribas. Straipsnį sudaro dvi dalys. Pirmojoje dalyje aptariama nedekartiška G. Bachelard'o „naujosios mokslinės dvasios“ epistemologija ir H. White'o tropų teorija, kuri suteikė „naujosios mokslinės dvasios“ formavimosi aiškinimui kitionišką interpretacinį kontekstą. Antrojoje dalyje aprašomas sociologijos studentų atliktas didaktinis eksperimentas, kuris apėmė dvi grupines diskusijas su gamtos mokslų doktorantais. Pirmojoje grupinėje diskusijoje buvo taikyti socialumo sociologijos principai, o antrojoje, pasitelkus perteikimo sociologijos principus, buvo mėginta išprovokuoti epistemologinį lūžį. Epistemologinio lūžio refleksija paskatino kritiškai įvertinti sociologinio *habitus* formavimąsi.

**Pagrindiniai žodžiai:** naujoji mokslinė dvasia, nedekartiška epistemologija, tropų teorija, mokslo komunikacija, sociologijos didaktika.

## On the Attempt to Unlock the Black Boxes of Science (2)

**Abstract.** This article further develops the ideas expressed in our previous publication – *On the Attempt to Unlock the Black Boxes of Science (1)* – and presents a sociological experiment that aims to break the conventional routine of the research activities of both sociology and life sciences. The article consists of two parts. The first part discusses the concept of “the new scientific spirit,” elaborated by French scientist and philosopher G. Bachelard, and introduces H. White’s theory of tropes, which provides a novel interpretative framework for “the new scientific spirit.” The second part of this article describes a didactic experiment comprised of two discussion groups with PhD students working in the field of life sciences. The first discussion group attempted to realize the principles of the sociology of the social, whereas the second one attempted to break the limits of the sociology of the social and to induce an epistemological rupture in order to realize the principles of the sociology of translation in the second discussion. This article also includes the authors’ reflections regarding the formation of their own sociological *habitus*.

**Keywords:** new scientific spirit, non-Cartesian epistemology, tropology, science communication, didactics of sociology.

Received: 27/8/2018. Accepted: 19/12/2018

Copyright © 2018 Arūnas Poviliūnas, Antanas Voznikaitis, Lina Mačiulė, Monika Juknienė, Elena Sinkevičiūtė, Rima Žilinskaitė.

Published by Vilnius University Press

This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution Licence](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

## Įvadas

Antroji<sup>1</sup> mūsų mokslinės studijos dalis pratęsia straipsnį *Apie bandymą atverti juodąsias mokslo dėžes (I)*, kuris buvo išspausdintas žurnale *Sociologija. Mintis ir veiksmai* 2017/2 (Poviliūnas 2017). Pirmojoje studijos dalyje kėlėme problemą, kad socialiniu konstruktyvizmu grįsta mokslinio žinojimo sociologijos samprata tiek sociologinės teorijos, tiek sociologinės didaktikos požiūriu reikalauja revizijos, nes ji ignoruoja laboratorinės įrangos, dirbtinio intelekto ir nežmoغيškų gyvybės formų vaidmenį kuriant mokslinį žinojimą. Tokios mokslinio žinojimo sampratos pavyzdžiu pasirinkome Pierre'o Bourdieu lauko ir *habitus* teoriją. Kaip alternatyvą socialiniam konstruktyvizmui pasiūlėme Bruno Latouro perteikimo sociologiją. Kadangi antroji alternatyva keičia socialumo sampratą, teigėme, kad perėjimas nuo socialinio konstruktyvizmo prie perteikimo sociologijos prilygsta tam, ką Gastonas Bachelard'as vadino epistemologiniu lūžiu. Spėliojome, kad ši tezė turėtų ypač pasitvirtinti sociologijos didaktikoje, jeigu socialinio konstruktyvizmo požiūrį taikyti pratusiems studentams būtų duodama užduotis atlikti tyrimą pagal perteikimo sociologijos principus. Straipsnio pabaigoje užsiminėme, kad perteikimo sociologijai sulyginus socialinių ir visų kitų veikėjų svarbą kuriant mokslinį žinojimą, šiek tiek numenkinama žmonių reikšmė, tačiau nepateikėme savo pasiūlymo, kaip galima būtų subalansuoti socialinio konstruktyvizmo ir veikėjo tinklo teorinius požiūrius.

Šiame straipsnyje toliau plėtojame ankstesnės publikacijos teorines, metodologines ir sociologines didaktikos idėjas. Į diskusiją naujai įtraukiame G. Bachelard'o „naujosios mokslinės dvasios“ epistemologiją bei mokslinio žinojimo psichoanalizės teoriją ir Haydeno White'o tropų teoriją. Sykiu trumpai apžvelgsime tropų teorijos ištakas Švietimo amžiaus italų filosofo Giambattisto Vico darbuose. Taip pat norime paaiškinti, kaip Bruno Latouro perteikimo sociologiją galima papildyti G. Bachelard'o „naujosios mokslinės dvasios“ koncepcija, pastarąją naudojant kaip savotišką P. Bourdieu „mokslininko *habitus*“ atitikmenį, kuris šiuo atveju yra ne mokslo lauko, bet mokslą kuriančių veikėjų tinklo *emanacija* (Poviliūnas 2017). Kadangi pirmame straipsnyje B. Latouro perteikimo sociologija buvo išnagrinėta gana detalai, šiame straipsnyje ji iš naujo negvildinama, o tiesiog demonstruojamas šios teorijos taikymas vykdant empirinį tyrimą ir interpretuojant jo rezultatus. Po metodologinės dalies eina empirinio tyrimo, kuris pramaišiu vadinamas *didaktiniu žinojimo sociologijos eksperimentu*, aprašymas ir jo metu gautų duomenų apibendrinimas bei didaktinė refleksija – eksperimento mokomosios patirties aptarimas. Kadangi mėginant užmegzti pokalbį su antrosios grupinės diskusijos dalyviais buvo panaudotas televizijos reportažas (žr. 29 išnaša) apie CRISPR/Cas9 genų redagavimo technologijos atradimą ir jo vieną iš bendraautorių, profesorių Virginijų Šikšnį, straipsnyje taip pat pateikiamas detalesnis šio atradimo istorijos aprašymas ir interpretacija pagal H. White'o tropų teorijos principus.

Reikia pripažinti, kad šis straipsnis gana neįprastas net keletu aspektų. Viena vertus, jame į tą patį didaktinį sociologijos eksperimentą žvelgiama ne tik iš didaktinės perspektyvos, bet ir iš

<sup>1</sup> Nors pirmame straipsnyje buvo žadėta, kad teksto tęsinys pasirodys dviem dalimis skirtinguose žurnalo *Sociologija. Mintis ir veiksmai* numeriuose, metodologinis 4-asis bei empiriką analizuojantys 5-asis ir 6-asis straipsnio skyriai buvo sujungti į vieną tekstą ir atsidūrė šiame žurnalo numeryje.

dalykinės. Dalykiniu požiūriu, šio eksperimento metu buvo atliktas mokslo sociologijos tyrimas, kurio duomenis privalu aprašyti ir interpretuoti, kitaip tiesiog nebūtų medžiagos reflektuoti eksperimentą didaktiniu požiūriu. Taigi abu didaktinio eksperimento analizės lygmenys būtini. Toks požiūris, siekiantis panaikinti empirinio tyrimo ir teorizavimo priešpriešą, atitinka tiek P. Bourdieu sociologijos amato (pranc. *le métier de sociologue*) kultivavimo sampratą, tiek G. Bachelard'o „naujosios mokslinės dvasios sampratą“. Knygoje *Le Nouvel Esprit scientifique (Naujoji mokslinė dvasia)*<sup>2</sup> G. Bachelard'as rašo: „Kad ir koks būtų pirminis mokslinės veiklos impulsas, mokslinės veiklos rezultatai nebus įtikinami, kol nebus įveikta riba, skirianti teorizavimą ir eksperimentavimą: *eksperimentavimas turi būti argumentuotas, argumentas turi remtis eksperimentu*“ (Bachelard 1984 [1934]; 3–4; kursyvas originale). Šio filosofo siekis peržengti spekuliatyvaus pobūdžio antinomijas ir dichotomijas darė didelę įtaką prancūzų sociologijai, kuri išsiskiria dėmesiu sociologijos didaktinės dimensijos sampratai<sup>3</sup>.

Kita vertus, šis straipsnis išsiskiria analizei panaudotų teorinių koncepcijų gausa. Iš pirmo žvilgsnio atrodytų racionalu iš kelių panašių teorijų analizei pasirinkti tik viena, tačiau taip būtų paslėpti mokymosi proceso pėdsakai. Šie pėdsakai atskleidžia, kaip palaipsniui keitėsi eksperimento metu atlikto tyrimo ir paties didaktinio eksperimento conceptualizavimas, kuris vyko ir prieš tyrimą, ir tyrimo metu, ir po jo. Taigi sociologijos didaktikos eksperimentą (ir jo metu surinktą tyrimo medžiagą) interpretavome įvairiais rakursais. Iš pradžių pagal mums įprastą socialinio konstruktyvizmo matymą nagrinėjome gamtos mokslų lauką ir gamtos mokslų doktoranto *habitus*, tada, mėgindami perprasti B. Latouro perteikimo sociologijos požiūrį, bandėme praversti „juodąsias mokslo dėžes“ (plačiau: Poviliūnas 2017). Verta prisiminti, kad juodosios dėžės terminą B. Latouras pasiskolino iš kibernetikų: tai sudėtinga kokios nors mašinerijos dalis ar itin sudėtinga komanda, kurios vietoje nupiešiama maža dėžutė, o visa, kas apie ją žinoma, tėra tik tai, ką galima į ją įdėti ir ką galima iš jos išgauti (angl. *input and output*) (Latour 1987; 2–3). B. Latouras juodosios dėžės metaforą vartoja kalbėdamas apie mokslininkų taikomus metodus, įrankius, prietaisus. Dar vėliau interpretavome eksperimentą G. Bachelard'o teorijos požiūriu, siekdami suprasti, kokia yra šiuolaikinius gamtos mokslininkus persmelkusi „mokslinė dvasia“. Taip pat mėginome perprasti tos „mokslinės dvasios“ poetinę metalogiką analizuodami CRISPR/Cas9 atradimo istorijos pasakojimą pagal H. White'o tropų teoriją.

<sup>2</sup> Prancūziškas originalas *Le Nouvel Esprit scientifique* dienos šviesą išvydo 1934 m., o angliškas vertimas *The New Scientific Spirit* pasirodė tik 1984 m.

<sup>3</sup> Jau rašėme, kokį vaidmenį G. Bachelard'ui priskyrė prancūzų sociologijos autoritetai Pierre'as Bourdieu, Jeanas-Claude'as Chamboredonas ir Jeanas-Claude'as Passeronas (Poviliūnas ir kt. 2015; 33–35), kai rašė knygą *Sociologijos amatas* (Bourdieu, Chamboredon, Passeron 1991). G. Bachelard'o tekstai įtraukti į visus knygos skyrius – ir apie lūžį, kurio metu randasi sociologinis požiūris, ir apie sociologijos objekto konstravimą, ir apie taikomąjį racionalizmą, ir baigiamąjį skyrių, kuriame aptariama žinojimo sociologijos bei epistemologijos santykio problema (ibid.). Kaip teigė P. Bourdieu oponentas B. Latouras, iš fizikos išaugusi G. Bachelard'o epistemologija padarė didžiausią įtaką prancūzų sociologijos didaktikos mokyklai, kuriai atstovauja visi trys išvardyti sociologai (Latour 2005; 41). Jei B. Latouras teisus, tai būtent naujoji mokslinė dvasia ir jos formavimasis dėl išskirtinės G. Bachelard'o įtakos tapo sociologijos amato (pranc. *le métier de sociologue*) prancūziškos versijos formavimosi archetipu.

Skaitytojui norėtume paaiškinti, kad straipsnyje aprašomas empirinis tyrimas užgimė skaitant paskaitų ciklą „Žinojimo sociologija“ magistrantams. Tą tyrimą atlikti įkvėpė panašus tyrimas (Poviliūnas ir kt. 2015), kurį, vadovaujami prof. A. Poviliūno, įgyvendino ankstesnės laidos sociologijos studentai. 2015 m. tyrimo rezultatai publikuoti žurnale *Sociologija. Mintis ir veiksmai* 2015/2 (37). Šie tyrimai buvo sumanyti kaip nesuvaržytas ir, taikant sociologinius tyrinėjimo metodus, improvizuoti skatinantis mokymosi nuotykis. Jis turėjo leisti pažvelgti, kaip kuriamas žinojimas už mūsų mokslo, t. y. sociologijos, ribų ir ko mūsų pažintis su kituose moksluose generuojamu žinojimu gali išmokyti mus ne tik apie tyrinėjamus mokslus, bet ir apie tyrinėjancio mokslo – sociologijos – ypatumus. Taip radosi dar vienas bandymas pažvelgti į sociologinį tyrimą per sociologijos didaktikos prizmę.

Pagrindinę straipsnių ciklo „Apie bandymą atverti juodąsias mokslo dėžes“ intrigą galima suformuluoti taip: prisiskaitę B. Latouro socialinio konstruktyvizmo kritikos, atlikome didaktinį žinojimo sociologijos eksperimentą, kurį sudarė dvi grupinės diskusijos su gamtos mokslų atstovais. Pirmoji grupinė diskusija buvo apie tai, kaip vyksta rutininis gamtos mokslininkų darbas, o antroji – apie tai, kaip sukuriamas naujas mokslinis žinojimas, naujas atradimas. Didaktinio eksperimento metu siekėme peržengti sociologijos studentams savaime suprantamu tapusį socialinio konstruktyvizmo požiūrį. Nors pirmojoje grupinėje diskusijoje šis požiūris vis dar dominavo, vykstant antrajai grupinei diskusijai, bent iš dalies pavyko jį peržengti. Abu bandymus aprašome šiame straipsnyje, kartu kritiškai įvertiname, kodėl antrasis bandymas buvo sėkmingesnis.

Mėgindami užmegzti pokalbį su antrosios grupinės diskusijos dalyviais, naudojome profesoriaus V. Šikšnio ir jo vadovaujamos mokslininkų grupės atradimą. Straipsnyje taip pat aprašyta CRISPR/Cas9 genų redagavimo technologijos atradimo istorija, kuri interpretuojama pagal H. White'o tropų teorijos principus. Aiškumo dėlei turime pabrėžti, kad šia atradimo istorija susidomėjome empirinio tyrimo metu – po pirmosios diskusijos, bet tropologinė CRISPR/Cas9 atradimo istorijos analizė tapo savarankiška interpretacija, todėl ją pateikiame kaip atskirą straipsnio dalį prieš grupinių diskusijų analizę. Kitaip tariant, siekdami nuoseklumo ir aiškumo, nutolstame nuo realios empirinio tyrimo chronologijos.

## Naujosios mokslinės dvasios bruožai

Mokslų didaktinės dimensijos specifikai aptarti dar kartą grįšime prie G. Bachelard'o epistemologijos<sup>4</sup> ir šį kartą daugiau dėmesio skirsime naujosios mokslinės dvasios sampratai bei jos susidarymo aiškinimui. Į klausimą, kas, jo supratimu, yra „mokslinė dvasia“, G. Bachelard'as atsakė jau minėtoje knygoje *Naujoji mokslinė dvasia* (Bachelard 1984 [1934]). Aptardamas mokslinės dvasios naujumą, G. Bachelard'as rėmėsi prancūzų fiziko Edmondo Bouty (1846–1922) suformuluota racionalizmo ir realizmo priešprieša: „Mokslas yra žmogaus dvasios kūrinys, sukurtas pagal mūsų mąstymo dėsnius ir skirtas paaiškinti išoriniam pasauliui. Todėl mokslas

<sup>4</sup> Kaip G. Bachelard'as aiškino epistemologinį budrumą, epistemologinį lūžį, epistemologinį profilį ir išskirtinį klaidos vaidmenį, jau analizavome straipsnyje „Žinojimo sociologijos tyrimo projektas kaip sociologijos didaktikos eksperimentas“ (Poviliūnas ir kt. 2015; 34–37).

turi du aspektus, subjektyvų ir objektyvų, kurie abu yra reikalingi, nes mes, nepaisant nieko, negalime nei pakeisti mūsų dvasios, nei Visatos dėsnių“ (cit. pagal Bachelard 1984 [1934]; 2). G. Bachelard'o nuomone, spręsti šią dvilybę mokslo prigimtį, einant arba racionalizmo, arba realizmo keliu, yra ydinga. Pasukę racionalizmo keliu, dvasios dėsnuose turėtume atrasti Visatos dėsnius, o pasukę realizmo keliu, dvasios dėsnius turėtume traktuoti kaip Visatos dėsnių atvejį. G. Bachelard'as buvo įsitikinęs, kad epistemologija turėtų rasti ne iš spekulatyviai sukonstruotų metafizinių sistemų, kokiomis galėtume laikyti išgrynintus racionalizmą ir realizmą, bet iš paties veikiančio mokslo, kuris yra ir ginčijamas, ir eksperimentiškai patvirtinamas. G. Bachelard'as priešpriešino ne dvi metafizines sistemas, bet, iš vienos pusės, abi metafizines spekulatyvias mokslo alternatyvas, būtent racionalizmą ir realizmą, ir iš kitos pusės, jo nuomone, tikrąjį, eksperimentinį mokslą, kuris yra tos naujosios mokslo dvasios, apie kurią jis pats rašo, įsikūnijimas. Taigi naujoji mokslo dvasia juda ne kurios nors metafizinės mokslo formos gryninimo link, bet yra abiejų mokslo aspektų, subjektyvaus ir objektyvaus, nuolatinės sąveikos, kurią G. Bachelard'as vadino dialektine, rezultatas.

Aiškinti, kaip jis supranta mokslinę dvasią, G. Bachelard'ui buvo paranku polemizuojant su René Descartes'o epistemologijos samprata. Savo veikalą *Naujoji mokslinė dvasia* G. Bachelard'as baigia apibendrinančiu skyriumi „Nedekartiška epistemologija“ (pranc. *l'épistémologie non-cartésienne*) (Bachelard 1984 [1934]; 135–177). G. Bachelard'as, aptardamas dinamiško mokslo, kartu naujosios mokslinės dvasios bruožus, atspiria nuo R. Descartes'o kritikos. Šiuo atveju, matyt, svarbiau ne paties R. Descartes'o epistemologijos samprata, bet tai, kaip G. Bachelard'as rekonstruoja R. Descartes'o požiūrį. „Tai, kaip R. Descartes'as grindžia objektyvų mąstymą, yra per siauras pagrindas fizikos reiškiniams aiškinti. R. Descartes'o metodas yra veikiau *redukcinis* nei *indukcinis*. Redukcija iškraipo analizę ir stabdo objektyvaus mąstymo sklaidą, be kurios nėra objektyvios minties arba objektyvacijos“ (ten pat; 138; kursyvas originalo). G. Bachelard'as buvo įsitikinęs, kad mokslinis pažinimas tikrovę daro vis sudėtingesnę, o mechanikos principais grįstą racionalumą įkūnijantis R. Descartes'o metodas atvirkščiai – tikrovę paprastina.

Iš esmės paprastų reiškinį nėra, kiekvienas reiškinys – tai santykių visuma. Nėra nei paprastos prigimties, paprastos substancijos; substancija – tai atributų tinklas. Nėra ir tokio daikto, kaip paprasta idėja, <...>, nė viena idėja nebus supраста, kol ji nebus įtraukta į sudėtingą minčių ir patirčių sistemą. (ten pat; 147–148)

G. Bachelard'as, polemizuodamas su R. Descartes'o epistemologija, citavo savo amžininką chemiką Georges'ą Urbainą, kuris, būdamas išskirtinis eksperimentinių metodų specialistas, abejojo net pačių tobuliausių metodų ilgaamžiškumu. Ateina laikas, teigė G. Urbainas, kai taikomas metodas praranda savo vaisingumą, ir mokslas gali toliau progresuoti tik kurdamas naujus tyrimo metodus (žr. Bachelard 1984 [1934]; 135–136). Panašiai teigs Thomas S. Kuhnas, kai, praėjęs trims dešimtmečiams, formuluos mokslo paradigmos idėją (Kuhn 2003 [1962]).

Mokslinės dvasios formavimosi aiškinimui buvo svarbūs 1938 m. Tada pasirodė dvi G. Bachelard'o knygos: viena taip ir vadinosi – *La Formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* (Mokslinės dvasios formavimasis. Indėlis į objektyvaus žinojimo psichoanalizę) (Bachelard 1938a), antros pavadinimas *La psychanalyse du feu* (*Ugnies*

*psichoanalizė*) (Bachelard 1938b). Abi knygos pateikia nuorodą į psichoanalizę, kuri susieja du G. Bachelard'o kūrybos laikotarpius: *Mokslinės dvasios formavimasis* pratęsė ankstesnius epistemologinio pobūdžio mokslinės dvasios tyrinėjimus, pradėtus knygoje *Naujoji mokslinė dvasia* (Bachelard 1984 [1934]), o *Ugnies psichoanalizė* buvo pirmoji G. Bachelard'o pentalogijos, kuri skirta pirmąkart stichijų (ugnies, vandens, oro, žemės ir erdvės) poetikai, knyga<sup>5</sup>.

## Naujoji mokslinė dvasia poetinės logikos požiūriu

Iš pirmo žvilgsnio mokslo filosofo posūkis nuo epistemologijos prie pirmąkart stichijų poetikos gali atrodyti keistas. Bet, jei šiam posūkiui suprasti pasitelksime tropais grįstą poetinę metalogiką, viskas atrodys paprasčiau. Tokį interpretacinį kontekstą nurodančiu galėtume laikyti istorijos rašymo tyrinėtoją Haydeną White'ą. Savo pagrindinės knygos *Metaistorija. Istorinė vaizduotė XIX amžiaus Europoje* (White 2003 [1973]) motto H. White'as pasirinko G. Bachelard'o frazė iš knygos *Ugnies psichoanalizė*: „Tyrinėti galima tik tai, apie ką jau buvo svajota“ (ten pat).

Šis teiginys paimtas iš trečio *Ugnies psichoanalizės* skyriaus „Psichoanalizė ir priešistorija. Novalio kompleksas“<sup>6</sup>. G. Bachelard'as teigė, kad šiuolaikiniai moksliniai aiškinimai, kurie remiasi racionalizmo principais, visiškai netinka priešistoriniams atradimams, kuriuos nulėmė su racionalizmu nesusijusios psichologinės prielaidos, aiškinti. Jis manė, kad visada rasis vietos psichoanalizei, kuri per sąmonę skverbsis į pasąmonę ir po objektyviu akivaizdumu ieškos subjektyvios vertės arba, kitais žodžiais tariant, anapus konkrečios patirties (pranc. *l'expérience*) žvalgysis to, apie ką buvo svajota (pranc. *la rêverie*). Kaip tik čia G. Bachelard'as suformuluoja H. White'ui taip patikusį sakinį: „Gali tyrinėti tik tai, apie ką prieš tai esi svajojęs“ (Bachelard 1993 [1949]; 40). G. Bachelard'as toliau tęsia, naudodamas *svajonės* ir *patirties* priešpriešą: „Mokslas formuojasi daugiau svajonių negu patirties pagrindu, ir reikia nemažai patyrimo, kad išsisklaidytų sapno ūkai“ (ten pat – vertimas taisytas). Pastraipa baigiama supriešinant pirmykščio žmogaus ir išsilavinusio

<sup>5</sup> Tris pentalogijos knygas (*Ugnies psichoanalizė*, *Vanduo ir svajonės* ir *Erdvės poetika*) ir keletą to paties laikotarpio smulkesnių traktatų į lietuvių kalbą išvertė Galina Baužytė-Čepinskienė. Visus šiuos vertimus, kaip vieną rinktinę *Svajonių džiaugsmas*, 1993 m. išleido leidykla „Vaga“. Rinktinės įžangą parašiusi vertėja G. Bachelard'ą pavadino „svajonių ir vaizduotės alchemiku“ (Baužytė-Čepinskienė 1993).

<sup>6</sup> *Ugnies psichoanalizėje* G. Bachelard'as aptaria keturis ugnies conceptualizavimo atvejus, kuriuos jis pavadino kompleksais. Tai Prometėjo, Empedoklio, Novalio ir Hofmano kompleksai. „Siūlome *Prometėjo komplekso* vardu vadinti visas tendencijas, skatinančias mus žinoti tiek, kiek mūsų tėvai, daugiau negu jie, tiek, kiek žino mūsų mokytojai ir netgi daugiau, negu jie žino. <...> Prometėjo kompleksas yra intelektualaus gyvenimo Edipo kompleksas“ (Bachelard 1993; 33). Pagal legendą į Etnos ugnikalnio kraterį nušokusio graikų filosofo Empedoklio vardu pavadintą kompleksą Bachelard'as susiejo su atsinaujinimą lemiančiu destruktviu ugnies dinamizmu (plačiau ten pat; 34–39). Novalio kompleksas – tai intymia, su seksualumu susijusią šilumą generuojanti ugnis. „Ši *reikmė prasiskverbtį*, įeiti į daiktų vidų – savotiška intymios šilumos nuojautos vilionė“ (ten pat; 34–39). Aptardamas Hofmano kompleksą, kurį dar kitaip pavadino punšo kompleksu, Bachelard'as gilinasi į alkoholio žadinamas kūrybines galias. „Klystama įsivaizduojant, jog alkoholis paprasčiausiai skatina dvasios galias. Iš tikrųjų jisai tas galias kuria. Jis, taip tariant, įsikūnija pastangose išsakyti. Visai akivaizdu, kad alkoholis yra kalbos veiksnys, turtina žodyną ir išlaisvina sintaksę“ (ten pat; 96).



žmogaus mentalitetus. Pirmykščiam žmogui mintys yra sutelktos svajonės, o išsilavinusiam žmogui svajonės tėra palaidos mintys (ten pat).

G. Bachelard'as šį skirtumą iliustravo palygindamas du skirtingus daugelio mūsų vaikystėje bandyto ugnies išgavimo trinant du sausus pagalius aiškinimus. Jis teigė, kad, kai aiškinama, priskiriant supaprastintą empirinio mokslo požiūrį pirmykščio žmogaus mentalitetui, daroma esminė klaida. G. Bachelard'as buvo įsitikinęs, kad gamtoje iš sausų šakų trinties kilusios ugnies atvejų nebūta. Taigi empirinio precedento ugnies išgavimui trinant du sausus medžio gabalus tarsi ir nėra. Jei racionalus ir objektyvus aiškinimas netenkina, tenkina psichoanalitinis, kurio esmę sudaro tai, kad trynimas yra seksualizuotas veiksmas ir „tinkamai, susisteminę kalorigeninių įspūdžių specialios psichoanalizės parodymus, įsitikinsime, kad objektyvus mėginimas išgauti ugnį trynimu buvo įteigtas tikrai intymios patirties“ (Bachelard 1993; 42). Taigi, kaip matome, visuotinai pripažinto mokslo filosofo posūkis į poetinę metalogiką grįstą mokslinės dvasios psichoanalizę gali atrodyti keistas tik iš pirmo žvilgsnio. Jei G. Bachelard'o kūrybą vertinsime ne dekartiškosios, bet konstruktyvistinės mokslo aiškinimo tradicijos požiūriu, tai pirminių stichijų analizė poetinės metalogikos priemonėmis yra tik bandymas rekonstruoti pirmykščio žmogaus pasaulėvaizdį ir pasaulėvoką.

Šiuo požiūriu G. Bachelard'as artimas tradicijai, kuriai atstovauja Giambattista Vico (1668–1744) ir jau minėtas H. White'as. Anot H. White'o, poetinės metalogikos pagrindas – vienas kitą keičiantys tropai, kurių kaita formalios logikos taisyklėms nepaklūsta. *Metaistorijoje*, remdamasis pagrindiniais tropais (metafora – metonimija – sinekdocha – ironija), H. White'as išskyrė keturis pagrindinius istoriografijos stilius. Beje, išskirdamas keturis pagrindinius tropus, H. White'as nebuvo originalus. Jo įkvėpimo šaltiniu tapusią metaloginės poetikos teoriją, kuri, remdamasi pagrindiniais tropais, aprašo supratimo procesą, daug anksčiau suformulavo italų filosofas G. Vico. Būtent G. Vico tampa svarbia persona, kuri nurodo dar platesnius interpretacinius kontekstus. Taigi visų šių autorių epistemologiją galima laikyti antidekartiška.

Tropologinė supratimo analizė sudaro G. Vico poetinės metalogikos doktrinos, kuri buvo išdėstyta jo pagrindiniame veikle *Naujo mokslo apie nacijų prigimtį pagrindai* (toliau – *Naujas mokslas*), šerdį. Pagal poetinės metalogikos principus, kiekviena tauta savo raidos metu pereina tris amžius, kurių kiekviename viešpatauja vis kitas tropas. Tai dievų, herojų arba titanų ir žmonių amžiai. Dievų amžiuje metonimija pakeičia metaforą, herojų amžiuje sinekdocha – metonimiją, žmonių amžiuje sinekdochą – ironija. „Tai įrodo, kad visi Tropai, kurie iki šiol buvo laikomi rašytojų įmantravimais, buvo neišvengiamos visų pirmųjų Poetinių Tautų išraiškos priemonės“ (Vico 1994 [1730]; 118). Kodėl poetinė metalogika ir poetinė tauta? G. Vico tautą laikė poetine ne todėl, kad jos atstovai išskirtinai mėgo poeziją, bet todėl, kad, kurdami savo pasaulį, žmonės, patys to nežinodami, vadovavosi tropais, kuriuos būtų galima laikyti ikirefleksiniais, būtent metafora, metonimija ir sinekdocha. Tik žmonių amžiuje įsitvirtinusi ironija, kaip buvo įsitikinęs G. Vico, garantavo ir demokratinę santvarką, ir filosofinę refleksiją, kuri kaip tik ir atskleidė poetinės metalogikos raidą. Ironija sykiu žymi paskutinį *storia ideale eterna* (amžinos idealios istorijos) etapą, po kurio einantis civilizacijos nuosmukis tampa prielaida naujo istorijos rato (ital. *corsi e ricorsi*), kuris vėl prasideda nuo metaforos tropo valdomo dievų amžiaus. Taigi G. Vico veikle *Naujas*

*mokslas* naratyvus generuojančius tropus traktavo ne tik kaip tikrovės supratimo įrankius, bet ir kaip „žmogiškų pilietinių daiktų“ konstravimo priemones. G. Vico žodžiais tariant, *verum et factum convertuntur* (lot. – *tikras padirbtam tapatus*). Būtent tai, kad protas diktuoja „žmogiškų pilietinių daiktų“ kūrimo principus (*factum*), atveria socialinio pasaulio pažinimo (*verum*) galimybę. Tiesa, šią galimybę protas pastebi tik ironijos tropo viešpataujamame žmonių amžiuje.

H. White'as modifikavo iš G. Vico perimtą tropų teoriją ir taikė ją ne tik savo pagrindiniam tyrinėjimo objektui, būtent istoriografijos stilių kaitos aiškinimui, bet ir kitokių sąmonės formų transformacijų analizei.

Diskurso *diataxis* ne tik atspindi sąmonės procesus, bet ir grindžia bei įkvepia žmogaus pastangas suteikti pasauliui prasmę. <...> pats diskursas, kaip tam tikras sąmonės pastangų rasti bendrą kalbą su problemiškomis patirties sferomis produktas, patarnauja kaip metaloginis operacijų modelis, kurio dėka sąmonė kultūrinėje veikloje randa dermę su savo *milieux*, socialine ar gamtine, priklausomai nuo atvejo. (White 1996; 131)

Tropavimas apibūdina nuolat kintantį žmogaus ir aplinkos santykį, kurį neišvengiamai lydi metaloginė sąmonės modusų genezė, kurios metu viena asimiliuota tikrovės aiškinimo logika pakeičia kitą. Toks metaloginis žingsnis peržengia arba įveikia asimiliuotą logiką ir siekia pakeisti sąmonės padėtį jos aplinkos atžvilgiu, „iš naujo apibrėžti skirtumą tarp aš ir aplinkos ar permąstyti santykį tarp aš ir kito specifiskai nelogiškais, greičiau vaizduotei būdingais būdais“ (ten pat; 136). Iš G. Vico perimtą poetinės metalogikos ir vienas kitą keičiančių tropų, kurie apibūdina skirtingus sąmonės modusus, idėją H. White'as išplėtojo ir pritaikė Jeano Piaget, Sigmundo Freud, Edwardo Palmerio Thompsono, Karlo Marxo teorijoms (White 1996; 19–20). Jau rašėme, kad į šių autorių gretą puikiai įsilietų ir G. Bachelard'as, kurio aprašytas epistemologinis profilis apibūdina mokslinės dvasios formavimosi etapus: naivųjį realizmą, gryną ir pozityvistinį empirizmą, klasikinį racionalios mechanikos racionalizmą, visišką racionalizmą ir diskursyvų racionalizmą. Šiuos etapus galima grupuoti, pasitelkus tuos pačius tropus (plačiau: Poviliūnas ir kt. 2015; 35).

Nors H. White'as naudojo tropų teoriją praeityje sukurtų ir jau nebesikeičiančių ar mažai besikeičiančių teorinių diskursų analizei, tropų teoriją galima naudoti analizuojant ir šiuolaikinio mokslo diskursus, kurie tebėra aktyviai kuriami ir perkuriami. Didaktinio eksperimento metu kaip tik tokią analizę pamėginome atlikti aprašydami CRISPR/Cas9 genų redagavimo atradimo istorinį naratyvą. Tai atliekant paaiškėjo, kad reikia modifikuoti H. White'o originalią schemą – pakeisti kai kuriuos tropus. Vis dėlto dar G. Vico įvardyta skirtis tarp trijų nerefleksyvių ir vieno refleksyvaus tropo išliko.

## **CRISPR/Cas9 genomo redagavimo atradimo istorijos tropologinė analizė**

CRISPR/Cas9 genomo redagavimo sistemos atradimo istoriją analizuoti buvo pasirinkta dėl keleto priežasčių. Viena vertus, pasirinkimą nulėmė atradimo žinomumas. 2016 m. pavasarį Lietuvos medijos pagarsino profesorių V. Šikšnį kaip CRISPR/Cas9 genomo redagavimo sistemos atradėją ir netgi potencialų Nobelio premijos laureatą, tad kilo noras panagrinti tokio galbūt svarbaus atradimo istoriją. Kita vertus, pasirinkimą nulėmė atsitiktinis sutapimas. Straipsnio autoriams susidomėjus naujai įsteigtais mokslų centrais ir pasirinkus juose dirbančius gamtamokslų

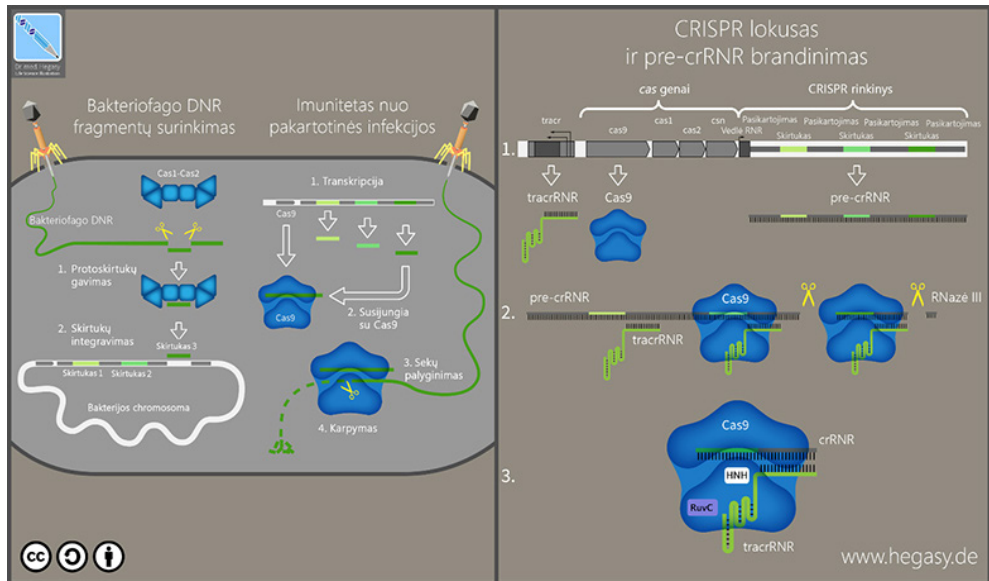


doktorantus kaip grupinių diskusijų dalyvius, paaiškėjo, kad prof. V. Šikšnys ir jo tyrėjų grupė persikėlė dirbti į tą patį mokslų centrą kaip ir būsimi diskusijų dalyviai. Taigi, buvo nuspręsta minėtą atradimą paversti vienos iš diskusijų (antrosios) pagrindine tema. Kadangi antrajai diskusijai nepavyko atrinkti doktorantų, kurie išmanytų CRISPR/Cas9 technologiją, ir nuodugnai išklausinėti juos apie tai, kaip jie chaotiškas žmogaus ar kitų biologinių sistemų reakcijas paverčia į švarų, logišką ir įtikinantį mokslinį tekstą, buvo nuspręsta šios diskusijos analizę papildyti. Pasirinkta ją papildyti CRISPR/Cas9 atradimo istorijos mokslinio naratyvo tropologine analize. Paprasčiau kalbant, tokia analizė tiria, kokius literatūrinius tropus gamtos mokslų atstovai vartoja pasakodami atradimo istoriją.

Pagrindinis tropologinei analizei pasirinktas tekstas buvo Masačusetso technologijos instituto (MIT) bei jungtinio MIT ir Harvardo universiteto *Broad* instituto vieno steigėju, genetiko Erico Steveno Landerio straipsnis „The Heroes of CRISPR“ (Lander 2016). Tokį pasirinkimą lėmė tai, kad tekstas buvo vidutinio sudėtingumo (arba „*middlebrow*“, anot P. Bourdieu): pakankamai aiškus ir sykiu detalus, kad domintų tiek biotechnologijos profesionalus, tiek šios srities neišmanančius skaitytojus. E. S. Landerio tekstas šio straipsnio autoriams pasirodė įdomus dar ir tuo, kad CRISPR/Cas sistemų atradimo istoriją jame mėginama pasakoti ne tik iš gamtamokslio, bet ir iš sociologijos perspektyvos. Mėginant vertinti E. S. Landerį iš vieno teksto kaip mokslo sociologą galima teigti, kad jo naratyve labiausiai akcentuojami socialiniai, technologiniai ir tinklaveikos veiksniai. Rašydamas apie kiekvieną, jo manymu, svarbesnį atradimo raidai mokslininką jis aptaria jo socialinį, geografinį, kultūrinį kontekstą, taip pat jo akademinės karjeros trajektoriją, poziciją „akademiniame lauke“, kaip pasakytų P. Bourdieu. Taigi lyg ir galima būtų šį autorių laikyti socialinio konstruktyvizmo šalininku, tačiau jis didelę reikšmę skiria technologiniams veiksniams – atradimo istorijoje taikytiems naujiems analizės metodams, naujiems įrenginiams, dirbtiniam intelektui ir informacijos sklaidai mokslininkų tinkluose. Tad jis artimas ir B. Latouro perteikimo sociologijos perspektyvai. Negana to, E. S. Landeris gausiai vartoja įvairius tropus pasakodamas apie tai, kaip buvo formuluojami svarbiausi tyrimo klausimai, hipotezės skirtinguose atradimo etapuose, dažniausiai juos paimdamas iš pirminių šaltinių, kurie nėra adaptuoti masinei auditorijai, tad šiam autoriui, regis, nesvetima ir tropų teorijos perspektyva. Vis dėlto E. S. Landeris savo tekste minėtų autorių necituoja, tad tikėtina, kad panašias interpretacines schemas jis naudoja nereflektuodamas – intuityviai. Pasitelkus minėto atradimo istorijos naratyvo aprašymą ir tropologinę analizę, pavyko ir šiek tiek papildyti diskusijų analizę faktiniais duomenimis apie CRISPR/Cas9 atradimo istoriją, ir suteikti papildomų tropologinių įžvalgų apie mokslinius atradimus apskritai.

CRISPR/Cas9 atradimo istorijos naratyvo tropologinę analizę galima pradėti nuo trumpo paaiškinimo apie atradimo esmę ir sykiu supažindinimo su tekste toliau vartojama terminija. Natūraliu savo pavidalu CRISPR/Cas9<sup>7</sup> yra viena iš bakterijoms, ypač archėjoms, būdingų

<sup>7</sup> Angl. – *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats/CRISPR-associated protein 9*. Liet. – taisyklingai pertraukti trumpi susitelkę palindrominiai pasikartojimai / su *CRISPR susietas baltymas 9*.



1 pav. CRISPR/Cas9 imuninės sistemos schema (modifikuota ir išversta į lietuvių kalbą)

Šaltinis: [https://www.hegasy.de/dwnlds/06\\_Hegasy\\_CRISPR\\_Cas9\\_pt1.png](https://www.hegasy.de/dwnlds/06_Hegasy_CRISPR_Cas9_pt1.png)

adaptyvių ir paveldimų imuninių sistemų<sup>8</sup>. Ji aptinkama šių organizmų DNR dalyje, vadinamoje CRISPR lokusu<sup>9</sup>. Ši lokusą sudaro specifinę struktūrą<sup>10</sup> turinti „imuninė atmintis“ (*CRISPR-array*), kurioje saugomos užpuolikų DNR fragmentų kopijos, vadinamos skirtukais (angl. *spacers*). Šalia šios „atminties“ taip pat yra susitelkę Cas (*CRISPR-associated*) genai bei sistemą aktyvuojanti RNR (*tracrRNA*<sup>11</sup>). Nuo *cas9* geno sintetinamas baltymas Cas9 – DNR „žirklys“. Kiti Cas genai (*cas1*, *cas2*, *casn2*) dalyvuoja sintetinant baltymus, kurie „imuninę atmintį“ papildo naujų užpuolikų DNR gabaliukais<sup>12</sup>. Naujos atakos metu fermentas RNazė III iš „imuninėje atmintyje“ saugomos užpuolikų DNR<sup>13</sup> (pre-crRNA) ir *tracrRNA* „subrandina“ specialią DNR kirpimą „programuojančią“ RNR (crRNA)<sup>14</sup>, kuri susijungia su Cas9 į baltymų kompleksą. Šis

<sup>8</sup> Vien CRISPR/Cas sistemų yra bent 21 tipas (žr. Makarova, Zhang and Koonin 2017a; 2017b).

<sup>9</sup> Lot. *locus* – vieta.

<sup>10</sup> Skirtingų virusų DNR fragmentų kopijos joje saugomos kaip skirtukai tarp bakterijos (arba archėjos) DNR pakartojimų.

<sup>11</sup> Nuo angl. *trans-activating RNA*, sutr. *tracrRNA*.

<sup>12</sup> Kadangi CRISPR lokuse esantys skirtukai (angl. *spacers*) yra užpuoliko DNR fragmentų kopijos, tai originalūs fragmentai vadinami „protoskirtukais“ (angl. *protospacers*) – skirtukų pirmtakais. Kai CRISPR/Cas9 naujo užpuoliko arba „taikinio“ DNR (angl. *target DNA*) atpažįsta šiuos fragmentus, jie vis tiek vadinami protoskirtukais, nes tai DNR „originalai“.

<sup>13</sup> Vadinamos CRISPR RNR pirmtake, sutr. pre-crRNA, nuo angl. *Precursor of CRISPR-derived RNA* arba *pre-crRNA*.

<sup>14</sup> Angl. *CRISPR-derived RNA* arba *crRNA*, kuri dar vadinama *guide RNA* arba *gRNA*, kai CRISPR/Cas9 naudojama kaip DNR redagavimo įrankis. Kai apkarpytos pre-crRNA ir *tracrRNA* hibri-

kompleksas aptinka užpuolikų DNR pagal iš „atminties“ paimtus žymeklius<sup>15</sup> ir sukarmo svetimą DNR į nepavojingus fragmentus (žr. 1 pav.) (Gasiūnas et al. 2012; Jinek et al. 2012; Lander, Hsu and Zhang 2014; Lander 2016; Glemžaitė 2014), kurie jau nebegali mikroorganizmo paversti, pavyzdžiui, virusų gamykla. Tokia būtų CRISPR/Cas9 atradimo esmė.

Tačiau CRISPR/Cas9 taip pat yra *išradimas*. Perpratę sistemos veikimą mokslininkai sykiu suprato galį ją programuoti ir paversti universaliu „DNR chirurgijos“ įrankiu (Gasiūnas et al. 2012). Taip pat paaiškėjo, kad, modifikavus sistemos komponentus, CRISPR/Cas9 programuoti yra dar paprasčiau (Jinek et al. 2012), o naudojant dviejų Cas9 baltymų tandemą, galima dideliu tikslumu šalinti norimo dydžio DNR fragmentus (Mali et al. 2013; Ran et al. 2013). Negana to, CRISPR/Cas9 tinka ir genams įterpti, aktyvuoti bei išaktyvuoti<sup>16</sup>. Praėjus maždaug pusmečiui nuo to, kai buvo išspausdinti pirmieji šią genomo redagavimo sistemą aprašę straipsniai (t. y. 2013 m. pradžioje), ji buvo adaptuota daugialąsčiams organizmams (Cong et al. 2013).

Kaip rodo pirmiau cituotų straipsnių publikavimo metai, 2012–2013 m. buvo CRISPR/Cas9 atradimo kulminacija. Tačiau tuo atradimo istorija neapsiriboja. Ją sudaro daugiau kaip 20 metų iki atradimo kulminacijos trukę tyrinėjimai, kuriuose dalyvavo tyrėjų grupės iš įvairių pasaulio šalių, vedamos skirtingų mokslinių ir praktinių interesų. Struktūruojant pasakojimą apie atradimą ir ieškant sąsajų tarp atradimo istorijos įvykių ir straipsnio pradžioje pristatytų perteikimo sociologijos bei tropologijos koncepcijų, atradimo istoriją galima suskirstyti į etapus pagal tyrėjų grupių atstovaujamas disciplinas, reiškiniai tirti naudotas analitines procedūras, reiškiniai tirti vartojamą poetinį tropą ir kitus kriterijus (žr. 1 lentelę).

CRISPR/Cas9 atradimo analitinį skirstymą į etapus pasufleruoja jau pats pavadinimas, kuriame užkoduota pagrindinė skirtis atradimo istorijoje. Pavadinimo dalis „CRISPR“ žymi pirmą atradimo istorijos pusę, kai su galutiniu reiškinio pritaikymu nesušijusias problemas tyrinėję mokslininkai, vykdydami mikrobų sekoskaitą, pastebėjo iki tol nematytas DNR sekas (vėliau pavadintas „CRISPR“), o plečiantis genomo duomenų bazėms, pritaikė bioinformatikos priemones panašių sekų paieškai ir klasifikavimui.

Aptikus CRISPR skirtukų sutapimus su tų virusų, kuriems bakterijos atsparios, DNR fragmentais, iškelta bakterinio imuniteto hipotezė, kuria pirmi susidomėjo pieno pramonėje dirbantys biochemikai. Pavadinimo dalis „Cas“ žymi antrąją atradimo istorijos pusę, kai, atlikdami biocheminius eksperimentus gyvuose mikrobuose ir mėgintuvėliuose, pasitelkę didelio našumo sekoskaitos technologijas, mokslininkai įrodė imuninės sistemos hipotezė ir išgrynino šios sistemos veikimo mechanizmą, kuris vėliau buvo paverstas universaliu genomo redagavimo įrankiu. Šiuos du didelius atradimo etapus dar skėlus perpus išaina keturi smulkesni etapai. Papildomi padalijimai į etapus skirti pabrėžti tendenciją, kad atradimai paprastai prasideda nuo nesuprastų

---

dizuojamos į sintetinę chimera, siekiant supaprastinti programavimą, angliškai ji jau vadinama *sgRNA – single guide RNA*.

<sup>15</sup> Vienas iš tokių žymeklių, leidžiančių Cas9 ir crRNR kompleksui prisikabinti prie invazinės DNR, yra PAM, angl. *Protospacer adjacent motif*.

<sup>16</sup> Sistemos veikimą vaizduojantį filmuką galite pažiūrėti čia <http://www.crisprtx.com/gene-editing/crispr-cas9>

stebėjimų (tai pavadinta *priešistorė*), o baigiasi reiškinio panaudojimu žmogaus reikmėms ir taikymo plėtra (tai pavadinta *biotechnologiniu modifikavimu*).

1 lentelė. CRISPR/Cas9 atradimo etapai

Etapo pavadinimas	Dominuojanti disciplina	Būdinga analitinė procedūra	Reiškinio įsisąmoninimo pobūdis	Poetinis tropas
<i>Priešistorė</i> (1987–1992)	Genetinė onkologija	Aprašymas	Neįsisąmonintas	<b>Epitetas:</b> susitelkę, trumpi, taisyklingai padalyti pasikartojimai
<i>Bioinformatinis atpažinimas</i> (1993–2006)	Bioinformatika	Indukcija <i>in silico</i> , t. y. CRISPR kompiuterinė paieška ir klasifikacija, reiškinio elementų išskyrimas	Įsisąmonintas reiškinio klonavimas, naujakalbės kūrimas, kalbos norminimas, hipotezių apie reiškinio biologinę funkciją formulavimas	<b>Metafora:</b> „ankstesnių agresijų atmintis“, „imunitetas“, „gynyba“
<i>Biocheminis gryninimas</i> (2007–2012)	Biochemija, mikrobiologija	Indukcija-dedukcija, faktorių eliminacija <i>in vivo</i> ir <i>in vitro</i>	Įsisąmoninti priežastiniai ryšiai tarp reiškinio elementų	<b>Mimezė:</b> CRISPR „saugo“, crRNR „programuoja“, Cas9 „kerpa“
<i>Biotechnologinis modifikavimas</i> (Nuo 2013)	Įvairių sričių genų inžinerija	Modifikacijos <i>in vitro</i> ir <i>in vivo</i>	Taikymo galimybių ir ekonominių, etinių, politinių bei aplinkosaugos padarinių įsisąmoninimas	<b>Ironija:</b> mokslas „apgauja“ gamtą, pavyzdžiui, <b>dCas9</b> ( <i>dead Cas9</i> ) – „negyvas“ Cas9 aktyvuoja / išaktyvuoja genus

**Priešistorė.** CRISPR/Cas9 atradimo ištakos siekia 1987 m., kai Osakos universiteto onkologai genetikai, tyrinėję žarnyno lazdelės, *Escherichia coli*, *iap* geną, **netyčia** nuskaitė gretimą DNR seką ir aptiko neįprastus DNR pasikartojimus, tarp kurių buvo nesikartojantys skirtukai (Ishino et al. 1987; Lander, Hsu and Zhang 2014). Radinius aprašė japonai jų daugiau netyrinėjo. Tačiau aprašydami nesuprantamą radinį Osakos universiteto tyrėjai pritaikė specialius epitetus (pavyzdžiui, *susitelkę*, *trumpi*, *taisyklingai padalyti pasikartojimai*), kurie naują radinį susiejo su jau pažįstamais faktais ir sykiu nuo jų atskyrė kaip neįprastą radinį, galbūt naujo fenomeno apraišką. Taigi, CRISPR iš pradžių buvo atsitiktinis radinys, kurį bandyta įsisąmoninti atliekant paprasčiausią analitinę procedūrą – aprašant, tai stebėjimo radinį perteikė mokslinei bendruomenei vartojant epiteto tropą. Radiniu susidomėti ir perteikimą suprasti prireikė laiko ir daugiau panašių stebėjimų, nes mokslininko *habitus* slopina polinkį iš vieno stebėjimo daryti išvadas.

**Bioinformatinis atpažinimas.** 1993 m. šį etapą pradėjo Francisco Mojica iš Alikantės universiteto, aptikęs analogiškas pasikartojimų ir skirtukų struktūras keleto rūšių halofilinių archėjų –

*Haloferox mediterranei* ir *Haloferox volcanii* – DNR, kai aiškinosi druskingumo poveikį DNR karpymui. Žinia apie panašius radinius negimininguose mikrobuose, pavyzdžiui, *Escherichia coli* (Ishino et al. 1987), leido F. Mojica' ai suabejoti savo paties radinių atsitiktinumu (Lander 2016). Tai buvo pirmasis lūžis CRISPR/Cas9 atradimo istorijoje, išlaisvinęs mokslinę vaizduotę kurti hipotezes ir motyvuoti tyrimus. Kaip sakytų G. Bachelard'as, imta „svajoti“ apie tai, kas bus tirinama. Šis lūžis atvėrė galimybę taikyti už aprašymą sudėtingesnę analitinę procedūrą – indukciją. Išteklių biocheminiams tyrimams stoka, pilnėjančios DNR duomenų bazės ir pingančios informacinės technologijos paskatino indukciją automatizuoti daugiausia bioinformatikos priemonėmis. Mokslininkai kūrė algoritmus, kurie leido iš duomenų masių išskirti be kompiuterio pagalbos žmogaus protui nepastebimas kategorijas ir sykiu, įvertinus gautas klasifikacijas, toliau tobulinti algoritmus. Taigi F. Mojica su kolegomis tyrimus tęsė *in silico*, mėgindami atrasti DNR pasikartojimus ir skirtukus DNR duomenų bazėse. 2000 m. panašias DNR struktūras jie jau buvo radę 20-ye mikrobu rūšių (Lander, Hsu and Zhang 2014).

Ši žmogaus ir mašinų protavimo simbiozė reikšmingų rezultatų pasiekė 2002 m., kai Ruudo Janseno tyrėjų komanda vienu straipsniu padarė trigubą proveržį. Pirmą, tokias pat DNR struktūras kaip F. Mojica jie aptiko 40-ies rūšių mikrobu DNR. Antra, suklasifikuotas sekas jie pavadino (pasitarę su F. Mojica'a) „taisyklingais pertrauktais trumpais susitelkusiais palindrominiais pasikartojimais“ (Glemžaitė 2014) arba angliškai – *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*. Suteikdami tokį pavadinimą – **CRISPR** – jie įveikė tuo metu mokslinėje literatūroje dominavusią reiškinio daugiavardystę. Trečia, apdorodami vis daugiau duomenų, mokslininkai atrado iki tol nežinomą CRISPR sistemos elementą – genus, nuo kurių sintetinami nukleorūgštis kopijuojantys ir karpantys fermentai. R. Jansenas su kolegomis juos pavadino **Cas** (*CRISPR-associated*) genais (Lander 2016). Atradus Cas genus, R. Janseną, F. Mojica'ą ir kitus mokslininkus sudomino klausimas, kokia yra šių sistemų, kurias jie pavadino „CRISPR/Cas“, biologinė funkcija?

Pirmasis savo nuojautas apie CRISPR/Cas biologinę funkciją atskleidė F. Mojica, naudodamas *BLAST* programą radęs *Escherichia coli* bakterijos CRISPR skirtukų atitikmenis virusų DNR. Pastebėjęs, kad bakterijos atsparios tiems virusams, kurių DNR fragmentų kopijos saugomos jų CRISPR lokuse, mokslininkas iškėlė hipotezę, kad CRISPR/Cas sistema yra mikrobu imunitetas, atpažįstantis virusus pagal DNR bazių porų atitikimą (Lander, Hsu and Zhang 2014). F. Mojica' ai antrino Gilles'is Vergnaud ir Christine Pourcel (tyrė *Yersinia pestis* bakterijas) bei Aleksandras Bolotinas, kėlęs (vėliau kitų patvirtintą) hipotezę, kad Cas9 baltymas dalyvauja gynyboje (nors jo spėjimas apie Cas9 veikimo būdą nepasitvirtino) (Lander 2016).

Straipsniai su iškeltomis hipotezėmis nesudomino prestižinių mokslinių žurnalų redakcijų, tokių kaip *Nature*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *Molecular Microbiology and Nucleic Acid Research*, *Journal of Molecular Evolution*, *Journal of Bacteriology*, *Nucleic Acids Research* ir *Genome Research*. F. Mojica savo straipsnį sugebėjo publikuoti iš ketvirto karto, G. Vergnaud ir C. Pourcel iš penkto, o A. Bolotinas iš antro. Tuo šių autorių indėlis lyg ir baigėsi, o C. Pourcel su G. Vergnaud toliau tobulino savo programą *CRISPRfinder* (Couvin et al. 2018). Nors kompiuterizuota (*in silico*) indukcija mokslininkams pasufleravo hipotezę, kad tiriamas reiškinys yra naujo

tipo bakterijų imuninė sistema, galbūt sukarpanti užpuolikų genomą, hipotezei tikrinti prireikė biochemikų vaizduotės, tyrimo metodų ir laboratorinės įrangos.

Taigi, šiame atradimo etape apibrėždami naujo reiškinio kontūrus, žmonės ir kompiuteriai nuolatos kūrė ir tikrino naujus metaforų tinklus, kurie padėtų atpažinti, įprasminti naują reiškinį. Šio etapo dominuojančiu tropu tapo metafora. Konkrečios metaforos – „*ankstesnių agresijų atmintis*“, „*gynyba*“ ir „*imunitetas*“ – virto reiškinio funkciją apibūdinančiomis hipotezėmis. Laisvinantis mokslinei vaizduotei, sykiu suvešėjo reiškinio ir jo elementų pavadinimų vartosenos įvairovė. Įtampa tarp vienovės ir įvairovės pašalinta kalbai norminti pasitelkus iš reiškinio epitetų sudarytą santrumpą – CRISPR. Bioinformatika per žmonių ir kompiuterių generuojamus metaforų tinklus leido suklasifikuoti stebėjimus, išskirti reiškinio elementus ir sąveikos tarp jų stiprumą. Ir nors automatizuota indukcija paskatino kelti hipotezes apie priežastinius ryšius tarp reiškinio elementų, tų ryšių ši analitinė procedūra įrodyti negalėjo. Hipotezėms tikrinti prireikė biochemijos eksperimentų.

**Biocheminis gryninimas.** Šį atradimo etapą pradėjo pramoninis interesas ištirti pieno rūgšties bakterijų imuninę sistemą, kad virusai nesugadintų ištisu jogurto ir sūrių partijų. Taigi, hipotetinė bakterijų imuninė sistema, vartojant „gynybos“ metaforą, tapo, G. Vico žodžiais tariant, „politiniu daiktu“, o B. Latouro žargonu – hibridu, nes prie reiškinį tyrinėjančių mokslininkų tinklo pritraukė verslininkų. Žinia apie naujo tipo bakterijų imuninę sistemą, galbūt sukarpantią užpuolikų genomą, sudomino Phillipe'o Horvath'o, Rodolphe'o Barrangou ir Sylvaino Moineau suburtą komandą, dirbusią pieno pramonininkams. Izoliavę dviem virusams atsparias pieno rūgšties bakterijų atmainas, jie įrodė, kad CRISPR/Cas9 yra pieno bakterijų imuninė sistema, veikianti, kai atitinka DNR. Pirma įrodymo dalis buvo ta, kad mokslininkai gavo teigiamą koreliaciją tarp CRISPR skirtukų skaičiaus ir bakterijų atsparumo virusams, kurių DNR atitinka skirtukus. Antra įrodymo dalis buvo ta, kad retos gynybą įveikusios virusų atmainos turėjo bent vieną CRISPR skirtukų neatitinkančią bazę savo DNR. Mokslininkams dar paaiškėjo, kad aktyvus sistemos komponentas yra Cas9, nes jį pašalinus nebeveikė gynyba. O štai Cas9 aptiktos HNH ir RuvC nukleazių skiltys leido kelti hipotezę, kad Cas9 kerpa DNR (Barrangou et al. 2007). Hipotezę 2008 m. patvirtino Luciano Marraffini ir Ericas Sontheimeris, modifikavę vieną *Staphylococcus epidermidis* CRISPR/Cas sistemos taikiniu esančios plazmidės geną, žinodami, kad galimi du rezultatai: a) jei Cas9 kerpa RNR, tai modifikacija bus pašalinta ir kirpimas vyks, arba b) jei Cas9 kerpa DNR, modifikacija sudarys neatitikimą tarp CRISPR skirtuko ir taikinio, tad kirpimas nevyks. Kirpimas nevyko, vadinasi, gautas patvirtinimas, kad Cas9 kerpa DNR (Lander 2016; Lander, Hsu and Zhang 2014). Taigi mokslininkai pagrindė ir patikslino bioinformatikų svarstytas „gynybos“ ir „karpymo“ metaforas-hipotezes biochemiškai.

Nauja intriga CRISPR/Cas tyrinėjantiems mokslininkams tapo tolesnis reiškinio gryninimas, kad galima būtų priartėti prie mimizės – gamtinio reiškinio atkartojimo ir panaudojimo žmonių reikmėms. Tam tikslui pasiekti kitas svarbus klausimas buvo šis: kaip skirtukas tampa „komanda“ kirpti panašius viruso DNR fragmentus? Metaforiškai kalbant, mokslininkai panorė sužinoti, kaip „programuojamas“ Cas9 ir, žinoma, išmokti patys jį programuoti. Norėdami suprasti, kaip vyksta Cas9 programavimas, mokslininkai šiame dedukcinių ir indukcinų eksperimentų įkarš-



tyje pritaikė mitezės tropą – kūrybiškai pamėgdžiojo gamtą. 2008 m. tai padarė John'as van der Oostas su kolegomis, perkėlę visą CRISPR/Cas lokusą iš vienos *Escherichia coli* atmainos į tokio imuniteto neturinčią *Escherichia coli* atmainą. Eliminavimo būdu paaiškėjo, kad Cas baltymų kompleksas iš CRISPR lokuso transkribuoja crRNR. Pagaminus CRISPR su keturiais  $\lambda$  (lambda) bakteriofago genais, bakterija įgavo imunitetą nuo šio viruso, tad buvo įrodyta, kad Cas9 programuojamas naudojant iš CRISPR transkribuojamą crRNR (Lander 2016; Lander, Hsu and Zhang 2014). Kai paaiškėjo metaforos „programavimas“ biocheminiam turiniui, kilo klausimas dėl kitos metaforos: kaip programa nurodo Cas9 kirpimo „taikinį“?

Tais pačiais metais S. Moineau su kolegomis atsakė ne tik į klausimą, kaip crRNR programuojamas Cas9 aptinka „taikinį“, bet ir kur jį kerpa. Faktorių eliminavimo būdu jie pamatė, kad Cas9 aptinka taikinį, jeigu jis turi tokią pat nedidelę seką kaip ta, kuri randama greta (angl. *adjacent*) bakterijos skirtukus viruse atitinkančių fragmentų, ir pavadino ją PAM (*Protospacer Adjacent Motif*). Negana to, 2010 m. tirdami kai kuriose pieno bakterijose lėčiau veikiančias CRISPR/Cas9 sistemas jie aptiko, kad Cas9 baltymas perkerpa abi DNR gijas per tris nukleotidus nuo PAM sekos (Lander 2016; Lander, Hsu and Zhang 2014). Išgryninus „taikinio“ metaforą, liko neaiški sistemos aktyvavimo procedūra, arba, metaforiškai kalbant, – kaip Cas9 „įjungiamas“.

2011 m. Cas9 įjungimo būdą atrado Emannuelle Charpentier ir Jörgas Vogelis su kolegomis, taikydami naujas didelio našumo sekoskaitos technologijas. *Streptococcus pyogenes* CRISPR lokuse jie aptiko CRISPR pasikartojimams beveik komplementarią seką, kurią RNazė III fermentas hibridizuoja su crRNR pirmtake (*pre-crRNR*) ir subrandina crRNR. Šią seką jie pavadino transaktyvuojančia RNR arba tracrRNR (Lander 2016; Lander, Hsu and Zhang 2014). Retrospektyviai žiūrint, tai buvo paskutinė sistemos „trūkstamoji grandis“.

Vis dėlto tuo metu mokslininkai dar abejojo, ar žinomi visi būtini CRISPR/Cas komponentai, nes visos sistemos niekas nebuvo perkėlęs tarp negiminingų mikrobus, taigi tarp skirtingų biologinių kontekstų – trūko nuodugnesnės mitezės. Čia sužibo prof. V. Šikšnio tyrėjų komanda. Jie perkėlė visą pieno bakterijų, *Streptococcus thermophilus*, CRISPR lokusą į žarnyno lazdelės, *Escherichia coli* (natūraliai turinčios kito tipo CRISPR/Cas sistemą), DNR ir ši „persodinta“ sistema sėkmingai karpė DNR. V. Šikšnio mokslininkų grupė taip pat įrodė, kad Cas9 yra vienintelis karpymui būtinas baltymas ir kad jame esančios HNH ir RuvC endonukleazės skiltys yra būtinos kirpimui (Lander 2016; Lander, Hsu and Zhang 2014). Padarius šitą žingsnį norėta ne tik abstrahuotis nuo biologinio konteksto, taip izoliuojant pašalinius kintamuosius, bet ir ištirti CRISPR/Cas9 kaip genomo redagavimo įrankį – DNR „žirkles“. Šiam tikslui prirėkė eliminuoti perteklines šio biologinio „variklio“ detales mėgintuvėlyje, taigi atlikti eksperimentą ne *in vivo*, bet *in vitro*.

Šitokią eliminavimą galima palyginti su mašinos ardymu. Išmetus tai vieną, tai kitą detalę žiūrime, ar mašina vis dar užsiveda. Žinoma, CRISPR/Cas9 atveju ardymas buvo ne mechaninis, bet biocheminis, ir „mašinų“ būta trilijonai kiekviename mėginyje. Pagrindinis rezultatų tikrinimo metodas buvo gelio elektroforezė: vonelėje su specialia žele padaromi šulinėliai ir pipete įlašinama inkubatoriuje fermentuotų CRISPR/Cas9 sistemos apdorotos DNR produktų. Prie vonelės galų prijungiami elektrodai. Leidžiant elektros srovę reakcijos produktai dėl savo skirtingos masės skirtingais greičiais juda želės molekulinėje matricoje. Jei reakcijos metu buvo sukarpyta

DNR, mažų jos fragmentų populiacijas elektros srovė „nustumia“ toliau nei didesnius fragmentus. Gauti rezultatai toliau testuojami naudojant specialią akrilo membraną, į kurią perkeliama testuojamiems nukleorūgščių fragmentams komplementarūs fragmentai su fluorescenciniais arba radioaktyviais žymekliais. Šie pažymėti fragmentai hibridizuojasi su jiems komplementariais testuojamos reakcijos produktais, o visa kita mėginyje esanti genetinė medžiaga, fermentai ir t. t. plovimų metu yra pašalinami, tad lieka tik fluorescuojantys ar radioaktyvūs dryžiai, kuriuos galima užfiksuoti skaitmenine fotografija ultravioletinėje šviesoje arba rentgeno fotojuostoje. Iš gautos vizualizacijos galima identifikuoti reakcijos metu pagamintų nukleorūgščių fragmentų dydį ir kiekį. Atsižvelgiant į tai, kokie reakcijos produktai tiriami, taikomi skirtingi šio metodo variantai. Pavyzdžiui, prof. V. Šikšnio tyrėjų grupė taikė *Northern Blots* metodą, kurio vizualizacija pateikta šio straipsnio autorius sudominusiame televizijos reportaže apie CRISPR/Cas9 genų redagavimo technologijos atradimą (žr. 3 pav.).

Toliau tęsiant pasakojimą apie atradimo istoriją reikia pasakyti, kad tarp pirmiau aptartą biotechnologinę „mechaniką“ įvaldžiusių tyrėjų komandų prasidėjo lemiamos lenktynės. Pagrindiniai varžovai buvo prof. V. Šikšnio tyrėjų grupė ir savo pajėgas su Emmanuelle Charpentier suvienijusios Jennifer Doudna'os laboratorijos komanda. Kadangi prizas buvo ne tik šlovė, bet ir nujaučiama CRISPR/Cas9 technologinio pritaikymo nauda, varžovų pirminiai rezultatai pasirodė net ne moksliniuose straipsniuose, o patentų paraiškose (Sherkow 2017; Lander 2016). 2012 m. pavasarį pirmoji startavo V. Šikšnio komanda – kovo pabaigoje (2012 03 20) pateikė patentą paraišką (Sherkow 2017), o balandį nusiuntė savo straipsnį žurnalui *Cell*, kuris po savaitės jį atmetė. Tada jie laimę mėgino žaisdami atsargiau ir gegužę (2012 05 21) nusiuntė straipsnį į PNAS (*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*), kurio redakcija, po ilgai trukusių recenzijų ir taisyimų, straipsnį priėmė publikuoti rugpjūtį (2012 08 01), elektronine forma išleido po mėnesio (2012 09 04), o išspausdino rugsėjo gale (2012 09 25). J. Doudna'os ir E. Charpentier jungtinė komanda straipsnį pateikė birželio pradžioje (2012 06 08) žurnalui *Science* ir mėnesio pabaigoje (2012 06 20), po pagreitinto recenzavimo, straipsnis buvo publikuotas elektronine forma, o išspausdintas rugpjūtį (2012 08 17) (Sherkow 2017; Lander 2016).

Kadangi E. S. Landeris įtikinamo tokio keisto redakcijų elgesio paaiškinimo nepateikė, nusprendėme tiesiog pasitelkti šio autoriaus cituojamus pirminius šaltinius – perskaityti abiejų komandų straipsnius ir juos palyginti. Straipsniai pasirodė panašūs, nes panašiai aprašo *in vitro* išgrynintą CRISPR/Cas9 sistemą. Abi grupės maksimaliai ją supaprastino: sukūrė dirbtinį CRISPR tik su dviem pasikartojimais ir vienu skirtuku, o iš jo transkribuotą crRNR apkarpė iki 20 nukleotidų ilgio. Bet sistema vis tiek veikė, kol joje buvo Cas9 baltymas su aktyviomis fermentinėmis siltimis HNH ir RuvC (atitinkamai kerpančiomis crRNR komplementarią ir nekomplementarią taikinio DNR grandines) bei tracrRNR seka, o taikinyje turėjo skirtuko atitiktinę ir PAM seką. Rnazė III taip pat pasirodė būtina Cas9 programuojančios crRNR subrandinti. Toliau analizuodamos Cas9 baltymo veikimą abi grupės pastebėjo, kad galima išjungti vieną iš Cas9 fermentinių skilčių ir tada Cas9 baltymas veikia kaip RNR „žirkklės“ (Gasiūnas et al. 2012; Jinek et al. 2012).



strategiją aiškiau perteikti pagrindinę mintį, paaukodamos detalumą (įdėjo netgi „žirklutes“ kirpimui pažymėti), o V. Šikšnio komanda siekė kuo tikslesnio informatyvumo ir aiškumo balanso ir tai, galbūt, nebuvo taip paveiku, juolab kad pirminiuose straipsnio variantuose Cas9 veikimo mechanizmas vaizduotas paprasčiau ir ne taip aiškiai. Pavyzdžiui, 2 pav. dešinės pusės viršutinė schema paimta iš V. Šikšnio grupės straipsnio autorių santraukos, kuri atsirado kaip originalaus straipsnio papildymas. Taip pat pažymėtina, kad V. Šikšnio komandos darbe gerokai daugiau detalių paaiškinimų, o J. Doudna ir E. Charpentier rezultatus aiškino kuo glausčiau, juolab kai straipsnyje norėjo aprašyti du skirtingus Cas9 programavimo variantus. Kita vertus, J. Doudna'os ir E. Charpentier komandos straipsnis publikuotas be esminių pataisymų, o V. Šikšnio tyrėjų grupė dar ilgai turėjo tobulinti savo straipsnį. Negana to, amerikietės ir prancūzės straipsnis lietuvių straipsnį nukonkuravo kalbos sklandumu ir aiškumu, nes gimtąja kalba rašyti lengviau. Mokslo lauke, kuriame dominuoja anglų kalba, neanglakalbiai visada turi tam tikrą kultūrinio kapitalo trūkumą ir sykiu užima prastesnę poziciją, palyginti su anglakalbiais. Kita vertus, čia galėjo koją pakišti tuo metu mažesnis V. Šikšnio mokslinis kapitalas – jis buvo mažiau žinomas mokslininkas nei J. Doudna ar E. Charpentier, tad į jo komandos straipsnį galbūt žiūrėta skeptiškiau. E. S. Landeris (2016) mažesnę V. Šikšnio žinomumą taip pat aiškina tuo, kad V. Šikšnyms ilgą laiką buvo CRISPR/Cas srities tyrėjų socialinio tinklo periferijoje, kaip ir atstovaujamas Vilniaus universitetas apskritai yra mokslinė prasme periferija, panašiai kaip F. Mojica'os atstovaujamas Alikantės universitetas Ispanijoje. Kad ir kaip būtų, čia baigiasi biocheminio gryninimo proveržis, kuris toliau jau vyksta inkrementiškai, kaip ir bioinformatinė klasifikacija, prasidėjusi ankstesniame atradimo etape.

Taigi šiame etape biochemikai ėmėsi dedukcinių-indukcinių eksperimentų CRISPR/Cas, kaip imuninės sistemos hipotezei, patikrinti. Jie visokiais būdais mėgino tiek mėgdžioti, tiek pergudrauti gamtą: perkeldavo visą sistemą ar jos elementus tarp skirtingų mikrobu (*in vivo*), įjungdavo, išjungdavo ir redaguodavo jos elementus, sintetindavo sistemą mėgintuvėlyje (*in vitro*), o savo manipuliacijų rezultatus analizavo įvairiais metodais – nuo gelio elektroforezės iki didelio našumo DNR sekoskaitos. Galiausiai mėgintuvėlyje mokslininkai eliminavo visus perteklinius sistemos faktorius ir natūralų biologinį kontekstą. Taip šio reiškinio atžvilgiu pasitelkus mimezės tropą (kūrybišką mėgdžiojimą), naujas faktas tapo mokslininkų kolektyvinės sąmonės dalimi ir iš karto imtas modifikuoti toliau. Žinoma, kiti tropai fone taip pat veikė, ypač antropomorfizuojanti metafora, pagal kurią CRISPR „saugo“, crRNR „programuoja“, Cas9 – „kerpa“, o „pusiau apmarintas“ Cas9 jau tik „įkerpa“ (angl. *nick*), veikdamas kaip fermentas *nikazė* – „įkirptazė“.

Kaip galima matyti iš aptartų pirmų trijų CRISPR/Cas9 atradimo etapų tropavimo tendencijų, mokslininkai tarpusavio mokslinėje komunikacijoje ir pristatydami savo atradimus plačiau auditorijai išrandingai ir gausiai vartoja literatūrinius tropus. Nesuprantamus stebėjimus jie įprasmina parinkdami šiems stebėjimams epitetus iš esamos mokslinės kalbos. Epiteto tropas leidžia įpinti nesuprantamus reiškinius į jau suprantamų reiškinių klasifikaciją. Metaforos tropas yra hipotezių kūrimo įrankis, kuris palengvina tiriamo reiškinio veikimo mechanizmo įsivaizdavimą. Mimezė veikia kaip hipotezių testavimo tropas, kuris vartojamas eliminuojant tiriamo reiškinio veikimo mechanizmo elementus ir tikslinant tų elementų tarpusavio santykių įsivaizdavimą. Visi šie tropai

turi vieną bendrą savybę – jie yra ikirefleksiniai. Kitaip tariant, mokslininkai šiuos tropus vartoja intuityviai – nesusimąstydami. Taip vartojami epiteto, metaforos ir mimezės tropai mokslininkus vis sparčiau veda atradimo kulminacijos link, tačiau atitraukia jų dėmesį nuo galimų platesnių atradimo padarinių, kurie nesusiję su atradimo džiaugsmu, prestižu, pajamomis ir pan. Pasiėkus atradimo kulminaciją, įvyksta savotiškas epistemologinis lūžis ir mokslininkai staiga ima taikyti reflektyvųjį ironijos tropą, ima suvokti galimus pageidautinus ir nepageidautinus savo atradimo ar išradimo padarinius visuomenei, ekosistemoms ir pan. Kaip atskleidžia toliau pateiktas skyrelis apie CRISPR/Cas9 atradimo istorijos biotechnologinio modifikavimo etapą, šio atradimo atvejis tik patvirtina bendrą tendenciją.

**Biotechnologinio modifikavimo etapas.** Šis etapas prasidėjo nuo ambicingo siekio CRISPR/Cas9 mikrobu imuninę sistemą „nulaužti“ (angl. *biohack*) iki tokio lygio, kad galima būtų ją panaudoti redaguojant augalų ir daugiakūčių gyvūnų (svarbiausia – žmogaus!) genomą. Ir tai įvyko stebėtinai greitai, nes vieniems mokslininkams dar gryninat sistemą mėgintuvėlyje, kiti tuo pat metu jau dirbo su, pavyzdžiui, pelių ir žmonių ląstelėmis. 2013 m. publikuotame *Broad* instituto mokslininko Feng Zhang grupės straipsnyje sėkmingai pademonstruotos, patobulinus J. Doudna'os ir E. Charpentier sistemą su RNR chimera, dviejų CRISPR/Cas sistemų galimybės redaguoti daugiakūčių gyvūnų (įskaitant žmogaus) DNR (Cong et al. 2013). Įkandin jiems sekė George'o Churcho komanda, kuri parodė būdą, kaip, naudojant Cas9 baltymų porą, galima iškirpti ilgus DNR fragmentus (Ran et al. 2013; Mali et al. 2013). Mokslininkų grupė išplėtojo V. Šikšnio komandos detalai aptartą Cas9 panaudojimą viengubai DNR karpyti. Padarius šiuos atradimus, CRISPR/Cas sistemomis pagrįsto genomo redagavimo tyrimų laukas išgyveno beprecedentį susidomėjimo bumą ir eksponentinę plėtrą.

Mokslininkai greit išmoko su CRISPR/Cas9 sistema ne tik karpyti, bet ir redaguoti, aktyvuoti, išaktyvuoti genus, įvairiai manipuliuodami jos elementais. Taigi žmonės visiškai užvaldė savo atrastą fenomeną. Netgi galima sakyti, kad mimezės tropas apsvirtė aukštyn kojomis ir veikia ne žmogus ėmė mėgdžioti gamtą, bet gamta – žmogų. Dėl to šiuo laikotarpiu dominuojanti tropą galima pavadinti ironija. Bene ironiškiausiai skamba genų aktyvavimo ir išaktyvavimo technika, kai Cas9 su „numarintomis“ fermentinėmis skiltimis, arba tiesiog „numarintas Cas9“ (angl. *dead-Cas9*; dCas9), aktyvuoja arba išaktyvuoja genus. Įgijus tokių galių, įvyko visuomeninių bei gamtinių technologijos padarinių įsisąmoninimas, pradėta mėginti patentais ne tik užsitikrinti ekonominę gerovę, bet ir priversti technologijos vartotojus paisyti etikos principų.

Prabilus apie intelektinę nuosavybę, būtina aptarti tarp atradimo herojų akademinų institucijų įsiplieskusį ginčą dėl patentų. Kadangi *Broad* instituto finansinės galimybės tai leido, jam priklausanti F. Zhango grupė galėjo pagreitintu būdu gauti patentą CRISPR/Cas9 daugiakūčių organizmų genomo redagavimo technologijai. Šį patentą jie gavo pirmiau už J. Doudna'ą ir E. Charpentier, kurios siekė patentuoti CRISPR/Cas9 genomo redagavimo technologiją aiškiai nespecifikavusios ląstelių tipo. Kadangi J. Doudna yra Kalifornijos universiteto Berklyje (toliau – Berklio universiteto) mokslininkė, jos akademinė institucija kreipėsi į teismą ginčydamą JAV patentų biuro išduotą patentą F. Zhango grupei. Kadangi F. Zhango grupė priklauso *Broad* institutui, kuris yra jungtinis Masačusetso technologijos universiteto ir Harvardo universiteto biomedicininų tyrimų centras, finansiškai

remiamas filantropų Eli ir Edyth Broad, tai, mėginant apginti F. Zhango patento teisėtumą, buvo sutelkta daug finansinių ir intelektualinių išteklių. 2017 m. pavasarį teismas nusprendė F. Zhango *Broad* instituto naudai. Berklio universitetas sprendimą apskundė JAV apeliaciniam teismui. Šis 2018 m. rugsėjį, apsvarstęs apeliaciją, paliko galioti žemesnės instancijos teismo nuosprendį, nes svarstymų metu įsitikino, kad F. Zhango grupė turėjo reikšmingai modifikuoti J. Doudna'os ir E. Charpentier aprašytą genų redagavimo sistemą, kad ji veiktų daugialąsčiuose organizmuose. Teismas pripažino, kad abu išradimai nėra identiški, tad tiek J. Doudna'os ir E. Charpentier patentas, tiek F. Zhango patentas išduoti teisėtai ir lieka galioti (Ledford 2018). Patentų ginčo kontekste, atrodo, labiausiai išlošė V. Šikšnys. Jis patentą gavo 2017 m., tačiau kitų dviejų išradėjų komandų patentai, nors išduoti anksčiau, įsiteisėjo vėliau dėl užsitęsusių teisminių ginčų. Negana to, V. Šikšniui ir Vilniaus universitetui pasisekė dar ir tuo, kad jie išdavė licenciją taikyti genų redagavimo technologiją pagal apyvartą didžiausio pasaulyje biochemijos konglomerato *DowDuPont Inc.* patronuojamajai įmonei *DuPont Pioneer*. Paminėtina ir tai, kad J. Doudna'os akademinė institucija – Berklio universitetas ir E. Charpentier akademinė institucija – Vienos universitetas tik 2016 m. gruodį nusprendė, kaip pasidalyti vienu patentu apsaugotą J. Doudna'os ir E. Charpentier intelektinę nuosavybę (Sherkow 2017). Taigi įtampų dėl atradimo intelektualinės nuosavybės (ir galimų pajamų licencijuojant technologijos taikymą) kilo ne tik tarp besivaržančių mokslininkų akademinė institucijų, bet ir tarp atradimo partneriams atstovaujančių universitetų.

Vienas keistesnių šios kovos padarinių yra, regis, tai, kad J. Doudna tapo pagrindine CRISPR technologijos atstove tiek masinėse medijose, tiek akademinėse medijose, nes jos viešų paskaitų, pranešimų, viešų debatų, interviu gausa užgožia bet kurio kito atradėjo raišką viešumoje. Sunku pasakyti, kiek tai asmeninė J. Doudna'os ir kiek Berklio universiteto iniciatyva, bet atrodo, kad šiam vaidmeniui ji gerai tinka. Sodrų prancūzišką akcentą turinčią E. Charpentier, sėkmingai atliekančią šį vaidmenį, įsivaizduoti būtų sunkiau.

**CRISPR/Cas9 atradimo istorijos tropologinės analizės išvados.** Visų keturių CRISPR/Cas9 atradimo etapų tropavimo tendencijos rodo, kad mokslininkai tarpusavio mokslinėje komunikacijoje ir pristatydami atradimus plačiau auditorijai išradingai ir gausiai vartoja literatūrinius tropus. Tropų vartojimo kaita atskleidžia poetinę mokslinio tyrimo metalogiką, kuri nepaklūsta formaliosios logikos dėsniams. Pagrindiniai mokslininkų vartojami tropai yra keturi: epitetas, metafora, mimezė ir ironija. Pirmieji trys – ikirefleksiniai (vartojami intuityviai), o ketvirtasis – reflektyvusis (vartojamas sąmoningai). Epiteto tropą mokslininkai vartoja mėgindami įpinti nesuprantamus reiškinius į jau suprantamų reiškinių klasifikaciją. Metaforos tropas jiems yra kaip hipotezių kūrimo įrankis, kuris palengvina tiriamo reiškinio veikimo mechanizmo įsivaizdavimą. Mimezė tyrėjai išnaudoja kaip hipotezių testavimo tropą, kuris vartojamas eliminuojant tiriamo reiškinio veikimo mechanizmo elementus ir tikslinant tų elementų tarpusavio santykių įsivaizdavimą. Šie trys ikirefleksiniai tropai priartina mokslininkus prie atradimo, tačiau atitraukia jų dėmesį nuo galimų platesnių atradimo padarinių. Tačiau pasiekus atradimo kulminaciją įvyksta savotiškas epistemologinis lūžis ir mokslininkai staiga ima taikyti reflektyvųjį ironijos tropą, kuris padeda suvokti galimus pageidautinus ir nepageidautinus savo atradimo ar išradimo padarinius visuomenei, ekosistemoms ir pan.



Iš šios gana savarankiškos tyrimo dalies galima padaryti ir su H. White'o tropų teorija nesusijusių išvadų. Antai atradimo istorija išryškina vaizduotės, motyvacijos ir kolektyvinių pastangų svarbą moksle. Iš tiesų, nesvajojant apie tyrimą, nebus ir tyrimo. Sykiu ir nestovint ant „milžinų pečių“, kaip vaizdžiai teigė seras Izaokas Niutonas, neišeis pažvelgti toliau. Bioinformatinio gryninimo etapo reikšmė parodė, kad sausos „silicio“ laboratorijos, kuriose kaupiami atvirai prieinami duomenų masyvai, kuriami duomenų paieškos ir apdorojimo algoritmai, yra nepamainoma šiuolaikinio mokslo dalis – tam tikras silicio pagrindu veikiantis kolektyvinis protas ir mašininė vaizduotė, kai kuriais požiūriais jau seniai pranokstanti žmogiškąją. Biocheminio gryninimo etapas parodė, kad, nors žmogiškojo ir dirbtinio intelekto sąjunga sausoje laboratorijoje labai svarbi atpažįstant reiškinius, klasifikuojant jų savybes ir keliant hipotezes, jas tikrinant vis dar nepamainomos klasikinės „šlapios“ (angl. *wet-bench*) laboratorijos, kuriose simbiotiškai sąveikauja žmonių, mikrobu ir sekoskaitos algoritmų vaizduotės. Šios vaizduotės, kartais vedamos atsitiktinumo, įgalina, sociologų akimis žiūrint, stebėtinai veiksmingą, detektyvo darbą primenančią tikrovės redukciją *in vivo* ir *in vitro*. Perėjimas nuo atradimo prie išradimo parodė, kad moksle labai svarbi komunikacinė vaizduotė, nes išversti ezoterinių mokslo juodųjų dėžių turinį į pagaulią, įtikinančią žodžių ir vaizdų kalbą yra sunki užduotis. Sykiu paaiškėjo, kad mokslininkų vaizduotė nėra absoliučiai laki. Veikia ji yra įžeminta patirtyje, priklausoma nuo mokslininko ar jų grupės įdirbio ir tų išteklių, kuriuos jie geba sukaupti savo socialiniuose tinkluose. Šitas vaizduotės įžeminimas gali netikėtai tapti ne tik trūkumu, bet ir pranašumu.

Atlikę H. White'o tropų teorija grįstą CRISPR/Cas9 atradimo interpretaciją galime įžvelgti jo idėjų bendrumą su šios mokslinės studijos pirmoje dalyje (Poviliūnas 2017) gvildenta B. Latouro perteikimo sociologija ir trumpai aptarta P. Bourdieu lauko ir *habitus* teorija. Tas bendrumas egzistuoja dėl reikšmingos G. Bachelard'o plėtotos nedekartiškosios epistemologijos įtakos visai XX a. antrosios pusės prancūzų sociologijai. Tos įtakos minėti autoriai negalėjo išvengti. Antai B. Latouro perteikimo sociologijos arba veikėjo ir tinklo teorijos idėjos apie tai, kad mokslo tiriamus reiškinius sudaro santykių tarp žmogiškų ir gamtinių veikėjų tinklai, analogą galima aptikti jau cituotame G. Bachelard'o pasaže iš knygos *Naujoji mokslinė dvasia*: „Iš esmės paprastų reiškinių nėra, kiekvienas reiškinys – tai santykių visuma. Nėra nei paprastos prigimties, paprastos substancijos; substancija – tai atributų tinklas“ (Bachelard 1984 [1934]; 147–148). P. Bourdieu *habitus* teorija ganėtina primena G. Bachelard'o mokslinio žinojimo psichoanalizę. P. Bourdieu samprata *habitus* yra savotiškas „mokslinės dvasios“ atitikmuo, nes juo apibrėžiamas neįsąmonintų ar tik iš dalies įsąmonintų metaloginių mokslininko interpretacinių schemų repertuaras. Šiuo interpretacinių schemų repertuaru mokslininkas nesusimąstydamas pasinaudoja perkurdamas savo santykį su tikrove, kai nauji eksperimentai verčia improvizuoti perdarant jau turimus paaiškinimus, kad jie atitiktų besikeičiančią tikrovę. Taip pat reikia pabrėžti, kad abi sąvokos žymi tam tikrą mokslininko sąmonės nepaslankumą, inerciją pokyčiams, mokslininko vaizduotės „įžeminimą“ socialiniame kontekste (P. Bourdieu *habitus*) arba mitologiniuose archetipiniuose vaizdiniuose (G. Bachelard'o „mokslinė dvasia“). Pagrindinis skirtumas tarp G. Bachelard'o ir P. Bourdieu yra tas, kad pirmasis sąmonės modusų ar interpretacinių schemų kaitą aiškina psichoanalizės principais – ieškodamas biologinių, psichologinių ir mitologinių šios kaitos pagrindų. P. Bourdieu

psichoanalizę pakeičia socioanalize – ieško ryšių tarp veikėjo pozicijos socialinėje struktūroje ir jo sąmonės modusų arba interpretacinių schemų. Šių autorių koncepcijos taip pat skiriasi tuo, kad G. Bachelard'o epistemologija griežtai nedekartiška, o P. Bourdieu epistemologija yra dekartiško dichotomijų įvardijimo bei atpažinimo ir mėginimo jas nedekartiškai vėl sujungti veiksmas. P. Bourdieu *habitus* sampratą lyginant su H. White'o tropų teorija galima pasakyti, kad *habitus* mokslo sociologijoje reikštų tam tikrą mokslininko tropų repertuarą ir perėjimo nuo vieno tropo prie kito metaloginę tvarką. Kadangi P. Bourdieu užsiima ne mokslinio žinojimo psichoanalize, bet socioanalize, tai tropavimo metalogiką reikėtų ekstrapoliuoti iš mokslininko ar jų grupės santykio su užimama pozicija mokslo lauke. Palyginus G. Bachelard'o, B. Latouro, H. White'o ir P. Bourdieu teorines koncepcijas ir radus panašumų tarp jų, galima išplėtoti straipsnio pradžioje iškeltą prielaidą, kad B. Latouro perteikimo sociologiją galima subalansuoti ar suderinti su P. Bourdieu socialiniu konstruktyvizmu. Konkrečiai tai galima padaryti perteikimo sociologiją papildžius į *habitus* ar „mokslinę dvasią“ panašia sąvoka. Tai padarius perteikimo sociologija galėtų įvertinti mokslo reiškinius sudarančiuose tinkluose esančių veikėjų – žmonių (t. y. mokslininkų) sąmonės inerciją sąveikaujant tarpusavyje ir su kitais veikėjais, kurie nėra žmonės.

Prieš pereinant prie empirinės šio didaktinio mokslo sociologijos eksperimento dalies verta priminti, kad apie P. Bourdieu čia prabilome ne tik dėl jo ir G. Bachelard'o teorijos panašumų. Mums dar svarbiau yra atskleisti, kad mūsų santykis su P. Bourdieu teorinėmis koncepcijomis yra ambivalentiškas. Mokslinio žinojimo sociologijos dalykiniu požiūriu mes atmetame jam būdingą socialinio konstruktyvizmo interpretaciją kaip pernelyg tikrovę redukuojančią schemą, kuri neleidžia adekvačiai suprasti, kaip įvyksta moksliniai atradimai. Tačiau sociologijos didaktikos požiūriu mes ir toliau laikomės P. Bourdieu išplėtotos sociologinės refleksijos teorijos ir praktikos, kuri yra viso šio didaktikos eksperimento pagrindas. Vadovaujantis šiuo požiūriu, tyrimo metu patys buvome ir tyrėjai, ir tyrimo dalyviai. Diskutavome su gamtos mokslų doktorantais ir sykiu, pasitelkę refleksiją, fiksavome mūsų sociologinio *habitus* arba „mokslinės dvasios“ pokyčius. Šitokiu būdu į tyrimą integravome ne tik kalbintų gamtos mokslo atstovų, bet ir savo pačių patirtį.

## Sociologinis tyrimas kaip didaktinis eksperimentas

2016 m. stiprėjo įspūdis, kad Lietuvos medijose vis daugiau dėmesio skiriama gamtos ir tiksliesiems mokslams: pagausėjo mokslo populiarinimo laidų, straipsnių ne vien apie užsieniečių mokslo pasiekimus, bet ir apie daugeliui negirdėtus tarptautinio masto lietuvių atradimus, kurie netgi pristatyti kaip naujiena televizijos žinių laidoje (žr. 29 išnašą). Be to, tų pačių metų pavasarį Saulėtekyje iškilo du nauji šiuolaikiški gamtos mokslų centrai – Gyvybės mokslų centras (GMC) ir Fizinių ir technologijos mokslų centras (FTMC). Į GMC susibūrė trys institutai: Biotechnologijos, Biochemijos ir Biomokslų, kurie buvo skirtingi įvairių kapitalų (akademinių, intelektinio, finansinio) požiūriais. Savo ruožtu FTMC buvo įkurtas reorganizavus Chemijos, Fizikos ir Puslaidininkų fizikos institutus, buvusius Vilniuje, bei Tekstilės institutą iš Kauno. Tikėtina, kad tokios permainos turėjo paskatinti anksčiau fiziškai ir geografiškai atskirtas įvairių institutų akademinės bendruomenės glaudžiau bendradarbiauti, kai jos visos atsidūrė vienoje

vietoje. Žinojimo sociologijos požiūriu pasirodė aktualu fiksuoti, kaip minėti pokyčiai paveikė mokslininkų darbą, ar fizinis jų atkėlimas arčiau vieni kitų paveikė jų tinklų formavimąsi ir pan.

Kaip sakė pirmosios grupinės diskusijos informantai, bent jau dėl didesnio fizinio artumo ir geriau suplanuotų bei įrengtų patalpų bendradarbiauti vykdant eksperimentus kartu tapo lengviau nei ankstesnėmis sąlygomis. Tarp iš anksčiau bendradarbiaujančių laboratorijų „[baltymus] vežti reikėdavo per visą miestą užšaldžius, o dabar jie kitam koridoriaus gale“. Taip pat tapo įmanoma „naudotis bendra aparatūra“ ir persikraustymas į naujas patalpas tapo gera proga „optimizuoti“ darbo vietas ir prietaisų išdėstymą. Ir nors tuo metu į mokslo centrus ką tik persikraustė tyrėjai teigė, kad apie „bendradarbiavimų naujų užsimezgimą gal dar kaip tik va šiuo metu yra dar truputėlį per anksti kalbėti“, įrengti seminarų kambariai sudaro sąlygas patogiai „su šalimais esančiais kaimynais susipažinti, paieškoti bendrų sąlyčio taškų“.

Kai pirmiau minėti mokslinių tyrimų reorganizavimo procesai pateko į sociologijos magistrantūros paskaitų kurso „Žinojimo sociologija“ tyrimų akiratį, mokslo socialumo sociologijos problematiką ėmė keisti klausimai, kuriuos analizavo B. Latouro perteikimo sociologija. Pirmųjų Vilniaus universiteto sociologijos magistrantūroje atliktų tyrimų (Poviliūnas et al. 2015) metu buvo labiau koncentruotasi į tai, ką galima apibūdinti kaip *mokslininkų sociologiją*: kaip organizuojami tyrimai mokslininkų grupėse arba, kaip buvo rašyta, *gentyse* (ibid.); kokią įtaką tyrimams daro tose mokslininkų grupėse susiklostę santykiai; kaip formuojasi mokslinių kolektyvų hierarchijos bei jų palaikymo mechanizmai; kaip vyksta jaunų mokslininkų akademinė socializacija arba kaip jie įsilieja į tyrėjų grupes; kaip laboratorijose pasiskirstoma funkcijomis ir veiklomis, kaip dalijamasi bendraautorystė (ibid.). Prisimenant B. Latouro mokslo socialumo perrinkimo idėjas, toks tyrimas labiau atitiko mokslo tyrinėjimus socialinio konstruktyvizmo požiūriu.

Tačiau ši kartą, atsispyrę nuo 2015 m. atlikto tyrimo ir dar labiau B. Latouro paveikti, nusprendėme, tyrinėdami laboratorijose vykstančius procesus, pabandyti taikyti nebe socialumo sociologijos, bet perteikimo sociologijos principus. Būtent laboratorijoje, susijungus popierinių mokslinių tekstų ir prietaisų pasauliams, randasi mokslinis faktas, kai eksperimento duomenis registruojančiu įrenginiu sukurtas vaizdas tampa mokslinio straipsnio šerdimi (plačiau: Poviliūnas 2016; 260–266).

Ruošiantis tyrimui visas „Žinojimo sociologijos“ studentų kursas kartu su profesoriumi leidosi į ekskursiją po ką tik įrengto Gyvybės mokslų centro erdves. Mūsų gidas, jaunas biotechnologijos daktaras, ne tik parodė šiuolaikines laboratorijas, bet ir supažindino su savo kolegomis. Pirmo pokalbio metu mūsų dėmesį atkreipė tai, kaip naujose laboratorijose pasidalijamos erdvės ir darbo vietos, kokią tai daro įtaką susiklosčiusioms kasdienėms rutinoms. Susitikimas sustiprino įspūdį, kad, atliekant tyrimą ir aiškinantis, kaip randasi žinojimas, reikia gauti informacijos apie pačios laboratorijos infrastruktūrą. Kartu mums svarbūs atrodė socialiniai veiksniai kaip kontekstas, kuriame randasi naujas mokslinis žinojimas. Galvodami apie būsimą tyrimą ir jį planuodami, negalėjome atsižadėti mums įprasto socialumo sociologijos požiūrio. Mus veikė P. Bourdieu lauko ir *habitus* teorija, mąstydami apie socialinio žinojimo pagrindus, vis grįždavome prie Peterio Bergerio ir Thomaso Luckmano socialinio konstravimo teorijos. Vis dėlto didžiausią įtaką, rengiant tyrimo dizainą, mums darė ankstesnis kolegų tyrimas, kuris tapo pagrindiniu mūsų išankstinio

žinojimo apie gamtos mokslų atstovų darbą ir aplinką šaltiniu. Kartu ieškojome būdų, kaip būtų galima pritaikyti ir perteikimo sociologijos principus.

Organizavome dvi grupines diskusijas su GMC dirbančiais doktorantais. Į diskusijas susirinko skirtingoms gamtos mokslų kryptims ir įvairioms mokslininkų grupėms atstovaujantys tyrėjai. Rėmėmės įsitikinimu, kad doktorantai, kaip tyrėjai, yra geri informantai, kurie gali papasakoti, kaip laboratorijose organizuojamas tiriamasis darbas, kaip randasi tas žinojimas, kurį jie bando kontroliuoti laboratorijose, tyrimuose ir straipsniuose. Doktorantai atstovauja žvilgsniui, kurį būtų galima pavadinti žvilgsniu, nukreiptu „iš apačios į viršų“. Aišku, kad toks žvilgsnis mokslinio darbo organizavimą mato kitaip nei „iš viršaus į apačią“ nukreiptas tiriančio sociologo žvilgsnis.

GMC tapo vieta, kuri leidžia mokslininkams iš skirtingų katedrų, institutų ar laboratorijų bendradarbiauti, dalytis darbo aplinka, naudotis nauja įsigyta technika. Ir būtent doktorantai atlieka svarbų vaidmenį, konsoliduodami tai, ką būtų galima pavadinti GMC vienijančiu akademinio diskursu. Socialinio konstruktivizmo požiūriu jie yra sąlyginai homogeniška grupė, savo darbo pobūdžiu bei padėtimi hierarchinėje laboratorijų sistemoje vieni nuo kitų skiriasi ne itin reikšmingai. Be to, kaip paaiškėjo vėliau, jie ne visada yra tvirtai įsitikinę, kad jų tyrimai „tikrai“ atitinka jų pačių numanomus ar įsivaizduojamus akademinės veiklos standartus. Vis dėlto, kaip vėliau paaiškėjo, perteikimo sociologijos požiūriu doktorantai yra itin nehomogeniška grupė.

### **Pirmoji diskusija: socialumo sociologijos pavyzdys**

Pirmojoje grupinėje diskusijoje dalyvavo aštuoni biotechnologijos, biochemijos ir biomokslų doktorantai (šešios moterys ir du vyrai), kurie buvo apylygiai pasiskirstę pagal jau įveiktų doktorantūros metų skaičių – nuo pirmų metų iki ketvirtų. Diskusiją vedė dvi sociologijos magistrantūros studentės, diskusija truko 1 valandą 26 minutes ir 42 sekundes. Jos metu daugiausia koncentruotasi į darbo organizavimo, tyrimų rezultatų vertės nustatymo ir šių rezultatų sklaidos schemas ir procesus. Mėginome išsiaiškinti, koks yra kelias nuo atradimo iki jo tapimo bendrai pripažįstamu mokslo faktu ir kokie veiksniai bei aplinkybės čia svarbūs. Šiuos klausimus suformulavome remdamiesi prielaidomis, kurias atsinešėme iš anksčiau „Žinojimo sociologijos“ kurso kontekste magistrantų atlikto tyrimo (Poviliūnas ir kt. 2015) bei žinomų teorijų.

Remdamiesi grupinės diskusijos dalyvių pasisakymais, galime teigti, kad jie daugeliu pavyzdžių pailiustravo, jog ir gamtos moksluose visas tyrimo procesas, pradedant nuo studento, būsimo tyrėjo, atėjimo į laboratoriją ir baigiant atlikto tyrimo rezultatų ir atradimų pripažinimu mokslo faktu, yra socialus, t. y. aiškiai veikiamas socialinių santykių ir ryšių ir nuo jų priklausomas. Atėjęs į laboratoriją, būsimasis tyrėjas patenka į hierarchinę struktūrą (laboratorijos vadovas, tyrėjai ir doktorantai, magistro studijų studentai, bakalauro studijų studentai) ir pradžioje atsiduria ant žemiausios jos pakopos su perspektyva kilti šiomis pakopomis aukštyne, kol, pasiekęs doktoranto statusą, įgis teisę užsiimti daugiau ar mažiau savarankiškais tyrimais. Kaip galima spręsti iš informantų pasisakymų, šis tyrimų temų ir problemų pasirinkimo savarankiškumas yra sąlyginis, nes doktorantas dažniausiai įsilieja į laboratorijos atliekamus projektus, juose gilindamasis į

pasirinktą ar vadovo paskirtą sritį ir taip savotiškai tęsdamas jo darbus. Pasitaiko, kad pastarosios dvi aplinkybės ir sutampa:

*<...> būna atveju, kaip vadovas iš anksto turi doktorantūros vietą su konkrečia tyrimų tema ir, kaip sakė kolegos, tą nulemia finansavimas „iš šalies“, kuris yra paprastai gaunamas tam tikrom temom. Mmmmm... mano, pavyzdžiui, atveju sutapo ir mano asmeniniai norai, ir aplinkybės finansavimo klausimu, taip kad sakyčiau, kad turėjau galimybę rinktis iš dviejų dalykų, kuriuos galėčiau tyrinėti. (Informantas 17)*

Temos ar jos plėtojimo krypties pasirinkimą gali lemti arba koreguoti ir tyrimui reikalingų priemonių turėjimas arba neturėjimas. Čia diskusijos dalyviai atkreipia dėmesį ne tik į pasitaikančią medžiagų, įrenginių trūkumą, bet ir į žmogiškųjų išteklių stoką, kai, mokslo institucijai nupirkus brangių įrenginių, nėra žmonių, kurie mokėtų ar būtų išmokomi (į juos investuojant, sukuriant darbo vietą) tuo įrenginiu dirbti. Kita vertus, priemonių trūkumas kartais priverčia permąstyti jų veikimą ir naudojimą:

*<...> pas mus, iš tikrųjų, irgi susiduriama kartais, ar kažkaip, reagentų trūkumas, kurių šiuo metu negalima įsigyti, bet mes visą laiką stengiamės viską pakeisti kažkokiais atitinkamais <...>, iš tikrųjų, vat, gal tokios situacijos, kai trūksta kažkokios įrangos, kurią kartais netgi tenka pačiam konstruoti, tada biškį paskatina tokį kūrybiškumą. (Informantas 14)*

Tyrimo temų ir problemų pasirinkimui svarbu ne tik laboratorijos, kurioje dirbama, specializacija, bet ir nuolatinis platesnis savo tyrimų srities stebėjimas. Diskusijos dalyviai pažymėjo, kad tiek renkantis temą, tiek atliekant konkretų tyrimą svarbu nuolat sekti naujausias kitų mokslininkų publikacijas, t. y. stebėti, ką daro kiti tos pačios srities mokslininkai kitose laboratorijose visame pasaulyje. Tai padeda, viena vertus, orientuotis, kokia kryptimi eiti, kas perspektyvu ir aktualu, kita vertus, nešvaistyti išteklių atliekant tuos pačius tyrimus, kuriuos galbūt jau baigia kitos laboratorijos.

Publikacijų skaitymas – tai ir mokymasis pačiam rašyti. Čia perimama geriausias laikomų savo mokslo srities atstovų patirtis (nes rašant orientuojamasi į konkrečius mokslo žurnalus, kurie laikomi geriausias, juose spausdinamų publikacijų rašymo būdą ir stilių). Straipsnio rašymas – tai taip pat savotiškas amato perdavimas savo cecho viduje: rašyti išmokstama rašant, duodant redaguoti tekstus savo vadovams ir mokantis iš klaidų. Vadovas taip pat turi svarų žodį sprendžiant, ar tyrimas jau pakankamai pažengęs ir straipsnis pakankamai gerai parengtas publikuoti.

Apskritai, publikacijos informantų pasisakymuose pasirodo kaip nuolatinis orientyras: ir įsivertinimui, ar atliekamas tyrimas yra reikšmingas, ir sprendimui, ar atradimas pakankamas, kad būtų vertas publikacijos. Net ir kalbant apie tai, ką informantai laikytų moksline nesėkme – neatkartojamus rezultatus: kartais, jei pavyksta išsiaiškinti to priežastis, „gali turėti neblogą publikaciją“. Mokslinių publikacijų skelbimas ir skaitymas, sekimas yra įprastas, nuolatinis procesas tyrėjų darbe, tai – mokslininkų komunikacija, kuri savaime yra socialus procesas. Dar socialesnį jį daro čia besireiškianti konkurencija: viena vertus, ji verčia pasitempti, lygiuotis į geriausius, tačiau taip pat skatina per anksti nepaviešinti ko nors reikšmingo, ypač jei panašų tyrimą kur nors atlieka kita mokslininkų grupė, publikuoti straipsnį kuo aukštesnį įvertinimą mokslo bendruo-

menėje turinčiuose žurnaluose. Tokiu atveju atsiranda ir savotiška konkurencija grupės viduje dėl straipsnio autorių eiliškumo. Informantai teigia paprastai nejaučiantys konkurencijos dėl įrašymo pirmuoju autoriumi – tai savaime išaiškėja pagal kiekvieno tyrėjo indėlį, tačiau pripažįsta, kad tarp mokslininkų esama konkurencijos, kas taps paskutiniu ar priešpaskutiniu autoriumi – tuo, kuris laikomas tyrimo arba laboratorijos vadovu.

Ši konkurencija – ne tik dėl atradimų autorystės pripažinimo, bet ir dėl išteklių. Daugiau straipsnių aukštesnį įvertinimą turinčiuose žurnaluose publikavęs autorius turėtų gauti prioritetą ar bent „papildomų balų“ konkuruodamas dėl tolesnių tyrimų finansavimo. Diskusijoje atkreiptas dėmesys, kad mokslinių tyrimų finansavimo specifika net verčia tyrėjus užsisukti savotiškoje publikavimosi karuselėje: gaudami finansavimą tyrimams mokslininkai įsipareigoja pateikti tam tikrą straipsnių skaičių, tačiau ne visada spėja tyrimus atlikti per numatytą laikotarpį, todėl yra sukūrę neformalų būdą, kaip apeiti šią *kliūtį*.

*Tai dėl šios priežasties, kai tu rašai projektą, tu turi daryt tyrimus, ir iš tų tyrimų, vat, gimt ta mokslinė produkcija. Bet praktiškai, tai tu jau tą turi mokslinę produkciją, kai jau gau... darai projektą, tai tu įtrauki, žodžiu, tą dotacijos numerį į tą mokslinę produkciją, kurią turėjai iš anksčiau, kuri nėra susijusi su tuo projektu. O tas projektas, jis realiai skirtas... kita mokslinė produkcija bus skirta kitam projektui (juokiasi). (Informantas 15)*

Konkurencija stumia į priekį mokslo vystymąsi, skatina jį, kita vertus, konkuruojant dėl pripažinimo ir išteklių, naujausių mokslo atradimų ar reikšmingų postūmių procesuose viešinimas, skleidimas, dalijimasis jais kartais yra strategiškai pristabdomas – informantų teigimu, nuolat savo tyrėjų grupėje pasitariama, kiek ir ko galima papasakoti kitiems, siekiama neatsargiu kalbėjimu neprarasti autorystės.

Vis dėlto vien tyrimo rezultatų ar atradimo publikavimas dar nereiškia, kad šis atradimas taps mokslo faktu – tam reikia atstovaujamos mokslo srities narių patvirtinimo, kuris paprastai išreiškiamas cituojant publikaciją (straipsnį išspausdinus geriau reitinguojamame žurnale padidės tikimybė, kad atradimas bus pastebėtas ir įvertintas). Tačiau diskusijos dalyviai čia išvelgia keletą sunkumų ar paradoksų. Visų pirma, tai, kad, jei gerai vertinamas mokslo žurnalas sutinka publikuoti atradimą, dar nereiškia, kad žurnalas pasieks plačiausią įmanomą auditoriją, mat dalis žurnalų reikalauja autorių sumokėti už publikacijos skelbimą, dalis – už tai, kad tekstas galėtų būti skaitomas:

*<...> būna tokių žurnalų, tų situacijų, kai tiktai porą mėnesių parodo tavo straipsnį nemokamai, o paskui, kad nori parsisiųsti, turi mokėti pinigus. Tai ir va tie, kurie paskui, kur turi mokėti pinigus, dažniausiai ir būna mažiau cituojami. Ne dėl to, kad dėl idėjų, dėl rezultatų blogumo, vien dėl to, kad tu neturėjai pinigų susimokėt už savo geresnę prieigą. (Informantas 14)*

Kitas svarbus momentas, kad, nors žurnalai turi mokslinius redaktorius, prieš publikuodami tyrimą duoda jį įvertinti recenzentams, vis tiek, pasak informantų, labai svarbus yra mokslininkų tarpusavio pasitikėjimas, kad tai, kas skelbiama, iš tiesų buvo atrasta, nustatyta ir tiksliai pateikta:

*nes tu pateiki straipsnį ir yra tas peer review, tai reviewer'iai tavo straipsnyje surašo savo komentarus, vieni pagiria, kiti parodo pastabas, kiti sudirba ir tu į jas turi atsakyti, bet realiai niekas netikrina*



*pačios eksperimentinės dalies, ar tavo paveikslukai, tai yra iš tikrųjų, ką tu tai gavai, ar tai nėra fabrikatai.* (Informantas 15)

Iš to, kas pasakyta aprašant pirmosios grupinės diskusijos rezultatus, matyti, kad ji iš esmės koncentravosi į aiškinimąsi, kaip įvairūs socialiniai santykiai ir ryšiai lemia tyrimų ir paties mokslo raidą. Tai tipiškas mokslininkų (bet ne mokslo) sociologijos pavyzdys. Besirengdami moderuoti šią diskusiją, neatsiribojome nuo savo išankstinio įsivaizdavimo, kaip veikia mokslas ir kas gali būti svarbu mokslininkams atliekant savo darbą. Taigi, kaip cituojant B. Latourą pirmojoje šio straipsnio dalyje buvo pasakyta, konstruodami savo tyrimo įrankį, tarsi žvelgėme „iš viršaus į apačią“. Kitaip sakant, panaudojome savo sociologines „juodąsias dėžes“ (t. y. grupinę diskusiją kaip įrankį naudojome remdamiesi išankstiniu žinojimu ar įsivaizduojamu numanymu, ko turėtume klausiti, klausimus formulavome abstrakčiai jaunų mokslininkų grupei, remdamiesi iš ankstesnio magistrantų tyrimo (Poviliūnas ir kt. 2015) susidarytu vaizdiniu apie galimas aktualias sritis), lygiai taip, kaip ir informantai naudojami savosiomis. Juo labiau kad jie greičiausiai irgi turi įsivaizdavimą, ką nori sužinoti sociologai ir kas jiems svarbu, ir atitinkamai dėlioja akcentus bei kreipia kalbėjimą. Turbūt dėl to ir pirmosios diskusijos atmosfera buvo gana draugiška ir jauki, be įtampos – visi kalbėjo apie tai ir taip, apie ką ir kaip yra įpratę kalbėti, ir taip, kaip mano, kad iš jų tikimasi.

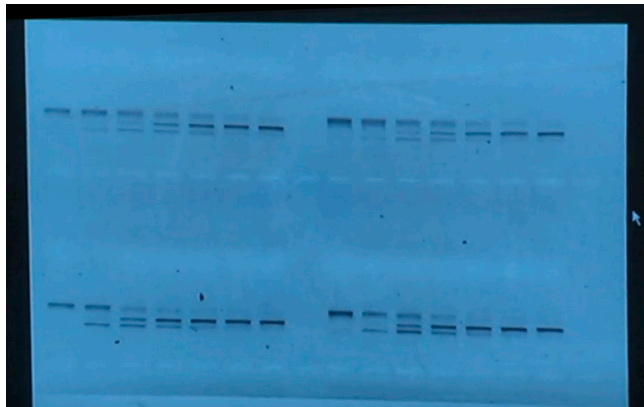
Apibendrinant – diskusijos metu mums pavyko daugiau sužinoti, kaip dirba mokslininkai, bet ne tai, kaip įmanomas, randasi pats žinojimas. Jei žvelgtume iš mokslo socialumo (arba mokslininkų) sociologijos perspektyvos, ko gero, būtų galima sakyti, kad daugiau ar mažiau pasisekė – pavyko išsiaiškinti, kokie darbo organizavimo, taip pat išoriniai veiksniai (finansavimas, galimybės publikuoti atradimus, konkurencija ir kt.) yra svarbūs kasdieniame mokslininkų darbe ir daro įtaką žinių kūrimui ir sklaidai. Tačiau galvojant apie „juodųjų dėžių“ atidarymą, tai greičiau vaikščiojome aplink jas, bet nesugebėjome prasiskverbti vidun. Kitaip sakant, nepavyko užčiuopti, kaip tampa galimas pats žinojimas; kaip tai, ką gamtos mokslų atstovas pamato naudodamasis mikroskopu ar kitais prietaisais, tampa įmanoma užrašyti, paskleisti ir pripažinti moksliniu faktu; kaip, apskritai, sužinoma, nusprendžiama, į ką verta per šiuos prietaisus žiūrėti ir kaip žiūrėti.

## **Antroji diskusija – perteikimo sociologijos link**

Mokslininkų sociologija būtent ir yra mokslo konteksto sociologinis tyrinėjimas, kur, pavyzdžiui, analizuojami „akademinės karjeros modeliai, mokslo institucionalizacija, mokslo populiarinimas, akademinis laukas“ (Poviliūnas 2017; 69). Bet, taikant tokį metodą, nėra prisiliečiama prie paties mokslo kaip žinojimo atsiradimo tyrimo, kaip siūlo daryti B. Latouras. Įprastam sociologiniam tyrimui, kuris remiasi ne lygiaverčiu tyrėjo ir tyrimo dalyvių santykiu, o sociologo, kaip galinčio pažvelgti „iš viršaus į apačią“, vaidmeniu, mokslinis faktas tampa nepasiekiamas ir uždara tvirtovė, paties žinojimo atsiradimui tirti reikia kitokio metodo.

Pirmojoje mūsų diskusijoje vedėjos uždavė numanomus klausimus, diskutuojantieji – pateikė numanomus atsakymus ir gavome numanomus rezultatus. Tai nepadėjo mums suprasti, kaip kiekvieno mokslininko kasdienis darbas tampa objektyvia ir pripažinta tiesa. Kaip sudėtingos technikos išspausdintas rezultatas tampa faktu, kaip veikia mokslininkų „juodosios dėžės“? Tad, ruošdamiesi antrajai diskusijai, nusprendėme išmėginti kitas klausinėjimo technikas, kurias, tikėjo-

mės, padės peržengti ribą, skiriančią patogų abstraktų kalbėjimą apie savo aplinką nuo pasakojimo apie smulkmenišką, rutininę kasdienę veiklą. Norėjome kalbėti apie „juodųjų dėžių“ veikimą.



3 pav. **Atsitiktinis patį mokslinį faktą iliustruojantis paveikslėlis, pristatomas reportaže**

Būtent dėl šių priežasčių antrosios diskusijos gaires nusprendėme rengti remdamiesi profesoriaus V. Šikšnio ir jo komandos atliekamais tyrimais, atsispirdami nuo rezultatų pristatymo plačiajai visuomenei ir konkurencijos, vykstančios tarp mokslininkų grupių. Prieš antrąją grupinę diskusiją televizijoje pasirodė žinių reportažas, kuriame pristatytas pats profesorius kaip galimas Nobelio premijos laureatas ir kartu jo mokslinis atradimas – genų redagavimo technologija. Reportažo pradžioje įvardyta atradimo pritaikymo sritis – tam tikrų genetinių ligų šalinimas, o pats genų redagavimas apibūdintas kaip paprasta ir nuosekli istorija – „it baltymas su žirklutėmis apkerpa neteisingas geno dalis“. Galiausiai, parodomas plačiajai auditorijai nesuprantamas paveikslėlis, iliustruojantis mokslininko darbo rezultatus (žr. 3 pav.). Numanėme, kad tyrimo dalyviai tapatinsis su pateikiamu atveju ir padės suprasti, kaip yra konstruojamas ir pristatomas mokslinis faktas, o tai atitinkamai leis prisiliesti prie „juodųjų dėžių“. Manėme, kad konkretaus tyrimo ir pasakojimo apie jį kūrimo peržiūra padės priartėti prie kalbos apie jaunuųjų mokslininkų darbą ir leis užduoti konkretesnius klausimus. Remdamiesi reportažo medžiaga klausėme, iš kur ir kodėl atsiranda asociatyvūs vaizdiniai (žirklutės, karpymas) komunikuojant mokslinį atradimą, kaip atsiranda vizuali medžiaga ir kaip ji naudojama jų darbuose, ir apskritai – kaip mokslininkai kuria pasakojimą plačiajai auditorijai apie savo eksperimentų ir tyrinėjimų rezultatus. Be to, reportažo turinys inspiravo papildomus klausimus – mokslininkui prakalbus apie gamtos klaidą, mes teiravomės doktorantų, o kas jų darbe laikoma klaida, kaip jie supranta, kas laikoma klaida gamtos moksluose, kas ir kaip tai nustato? Siekėme suprasti, kaip stebėjimas virsta duomenimis.

Antrojoje grupinėje diskusijoje dalyvavo septyni biofizikos doktorantai (trys moterys ir keturi vyrai), kurie buvo apylygiai pasiskirstę pagal jau įveiktų doktorantūros metų skaičių – nuo pirmų metų iki ketvirtų. Diskusiją vedė dvi sociologijos magistrantūros studentės, diskusija truko 1 valandą 31 minutę ir 18 sekundžių. Pirminės diskusijos gairės turėjo tokią užmanymo struktūrą: 1) susipažįstama su dalyviais, jų tyrinėjimo sritimis; 2) parodomas ir aptariamas anksčiau minėtas

reportažas; 3) parodomas paveikslėlis, iliustruojantis mokslinį darbą (žr. 3 pav.), kuris inspiruoja pokalbį apie tai, kaip stebėjimas tampa duomenimis; 4) aptariama, kaip kuriamas mokslinis faktas, kokią įtaką jam daro nauja informacija; 5) aptariama mokslininkų grupių hierarchija, doktoranto vaidmuo, galimybė nepriklausomai kurti žinojimą, kokie apribojimai, kontrolės mechanizmai veikia mokslininkų grupių viduje; 6) galiausiai, aptariama, ko doktorantams trūksta, siekiant realizuoti save mokslininkų grupėje.

Klausimuose neretai referavome į ankstesnę diskusiją, klausėme, prašėme doktorantų patikslinti dalykus, kurie liko neišsakyti pirmojo susitikimo metu, atkreipėme dėmesį į pastebėtus paradoksus, klausimą nuolat pradėdavome žodžiais „padėkite mums suprasti“. Antroji diskusija buvo suvokiama kaip pirmosios taša, ėjimas gilesnio, išsamesnio žinojimo link.

Prieš diskusiją kilo nerimas, kad iš anksto paruošti klausimai – naivūs, kai kada – smulkmeniški, išduodantys tyrėjų nežinojimą ir nesupratimą, kaip vyksta gamtą tyrinėjančių mokslininkų darbas. Neužtikrintumą atskleidžia ir tai, kad kartu su naujosiomis gairėmis buvo paruošti ir pirmosios grupinės diskusijos klausimai, virš jų užsirašius „jeigu taktika nepasiteisins“.

Vis dėlto tyrimo strategija veikė, bet visiškai ne taip, kaip tikėtasi ir planuota. Kad būtų priartėta prie gamtos moksluose naudojamų „juodųjų dėžių“ atvėrimo, pirmiausia teko atsakyti savųjų sociologinių įrankių. Ruošiant antrosios diskusijos gaires, remtasi žiniomis, surinktomis iš pirmosios grupinės diskusijos, o tyrimo dalyvius šio straipsnio autoriai įsivaizdavo kaip tokius pat, kokie buvo pirmieji, – gamtos mokslų atstovai traktuoti kaip sąlyginai vientisa grupė. Iš tikrųjų susirinkę nauji diskusijos dalyviai neturėjo nieko bendro su pirmąja grupe ir biochemija (kuria užsiima prof. V. Šikšnys), visi grupės dalyviai buvo biofizikos atstovai, negalėjo ir nenorėjo komentuoti rodomo siužeto, turėjo mažai bendrų patirčių, palyginti su pirmosios grupės dalyviais, taigi erzinosi ir net pyko dėl keliamų klausimų. Iš esmės, ruošiasi diskusijai su visai kitais dalyviais negu susirinkusieji, o tai sukūrė visapusiškos frustracijos atmosferą. Vedėjos buvo visiškai išstumtos iš tyrėjo komforto zonos – besiruošiant diskusijai kilo abejonių, ar ši pavyks, bet visgi įsivaizdavome, kur kryps atsakymai, kokios mintys galbūt bus dėstomos, o realioje diskusijoje galutinai teko nusileisti iš bet kokios autoriteto pozicijos, kurią suteikia vedėjo socialinis vaidmuo.

Ir nors pačios diskusijos metu taip ir neatrodė, ko gero, būtent įtampos, išėjimo iš tradicinės vedėjo ir diskutantų formulės ir reikėjo, kad galima būtų bent kiek priartėti prie mokslininko darbe naudojamų „juodųjų dėžių“ paklibinimo, o sykiu pavyko dekonstruoti ir savo įprastą ir savaime suprantamas sociologines „juodąsias dėžes“. Tyrėjų asmeninę patirtį galima apibendrinti P. Bourdieu dvasia: tyrinėdamas kitą – tyrinėji save.

Analizuojant antrosios diskusijos rezultatus, nebus skiriama dėmesio tiems klausimams, kurie jau aptarti pirmojoje. Užuoat tai darę siekiame atskleisti, kaip pasikeitusi tyrimo strategija (gairės ir papildoma vizualioji medžiaga) bei situacija, kuri privertė diskusijos vedėjas pakeisti tradicines sociologines tyrimo praktikas ir taip atvedė iki smulkaus, bet reikšmingo „juodųjų dėžių“ atvėrimo. Iš karto galime pasakyti, kad prie tų „dėžių“ pavyko tik prisiliesti: kad galėtume tikrai nuodugniai jas dekonstruoti, vedėjoms pritrūko gamtos mokslo žinių ir įsigilinimo į informantų tyrinėjimo sritis.

Galima būtų teigti, kad pats grupinės diskusijos formatas yra savotiška sociologinė „juodoji dėžė“ – iš anksto pasiruoštos gairės galėtų būti prilygintos įvesčiai (angl. *input*), o diskusijos

dalyvių atsakymai – išvesčiai (angl. *output*). Į sociologinio tyrimo metodą nežiūrint kritiškai, neišsąmoninant jo veikimo mechanizmo, pats metodas lieka, B. Latouro žodžiais, už žinojimo ribų, apie jo veikimą nereikia galvoti, nes tai jau yra (Latour 1987; 2–3). Neretai, kaip pirmosios grupinės diskusijos atveju, gautas rezultatas (*output*) tyrėjus tenkina. Bet antrajai grupei tyrėjai paruošė ne visai tinkamą „dėžę“ ir tai iš esmės pakeitė diskusijos dinamiką.

Antrosios grupės dalyvių, kaip mokslo žinių kūrėjų, kasdienė veikla pasirodė kitoniška nei ankstesnės grupės. Be to, jie neturėjo žinių apie prof. V. Šikšnio atradimą, taigi negalėjo padėti tyrėjams suprasti, kaip šis konkretus mokslinis faktas buvo sukonstruotas ir pristatytas. Pavyzdžiui, tiesiogiai paprašyti papasakoti apie genų karpymo procesą, jie atsakydavo, kad to padaryti negali, nes šis tyrimas nėra iš jų veiklos srities.

Šis savotiškas nesusikalbėjimas palaiptamsiui kėlė įtampą grupinėje diskusijoje. Viena vertus, grupės nariai negalėjo suprasti, ko ir kodėl jų klausiamo. Kita vertus, reaguodamos į šį nesupratimą, vedėjos turėjo atsisakyti paruoštų klausimų ir keisti diskusijos strategiją – ne apsimesti neturinčios žinių apie kasdienį grupės dalyvių darbą, bet suprasti, kad iš tiesų tyrėjai, nors ir atlikę paruošiamuosius darbus bei surengę sklandžią ankstesnę diskusiją, tokio žinojimo neturi. Taigi išankstiniu žinojimu grįsti klausimai buvo pakeisti nuolatiniu prašymu „padėti suprasti“, nes šį kartą, pradėję gilintis į žinojimo kūrimą, tyrėjai tikrai nesuprato informantų darbo specifikos.

Šitai susiklosčius padėčiai, diskusijos metu įvyko du epistemologiniai lūžiai: vienas jų – tikslųjų mokslų „savaime suprantamų“ darbo tiesų kvestionavimas, o antrasis – kritinis žvilgsnis į sociologų naudojamus tyrimo įrankius, kaip į tam tikras sociologines „juodąsias dėzes“.

Gamtamokslų „juodąsias dėzes“ pavyko panagrinėti keliose situacijose – diskutuojant apie matavimo įrankius, metodikas, įrangos moksliniame darbe naudojimą ir apie tai, kas gyvybės moksluose yra suprantama kaip klaida ir kokį vaidmenį šiame kontekste vaidina statistika arba nuo vidurkio nukrypstantys atvejai.

Diskusijos dalyvių buvo klausama, kaip nematomi dalykai tampa matomi, t. y. kaip nematomi dalykai tampa skaičiais, o skaičiai šiuo atveju duomenimis ir galiausiai grafikais. Informantai, klausinėjami apie tai, kokius ir kodėl vienus ar kitus matavimo metodus taiko, erzinosi, jautėsi išstumti iš savo komforto zonos, pats klausimas, kodėl taikomas vienas ar kitas metodas, jiems atrodė netinkamas. Tai sukėlė vieną iš pagrindinių įtampų diskusijoje, kai iš pirmo žvilgsnio atrodė, kad „sudrebinta“ tai, kas yra savaime suprantama:

Informantas 25: *O tai kaip matomas dalykas tampa skaičium?*

Vedėja 21: *Matuojam ir užrašom.*

Informantas 25: *Nu, tai matuojam ir užrašom <...>*

Diskusijos metu vis aiškėjo, kad informantų darbe taikomą matavimo metodą nustato „standartinė sistema“ (Informantas 25), diskusijų dalyviai ne visada linkę kvestionuoti savo pasirinktus metodus. Metodo pasirinkimas jiems yra savaime suprantamas dalykas, tai yra kažkas jau nuspręsto ir patvirtinto:

*Tai koks skirtumas, ar tu matai, va, ilgį, ar girdi ir pamatuoji ten sound pressure (juokiasi). Ar panašiai. Ta prasme, gali įvairius dalykus. Koks skirtumas? Įtampą pamatuoji. Nu... (Informantas 25)*

Bet diskusijos vedėjos, vis negalėdamos suprasti, kaip matavimo procesas vyksta kasdieniame mokslininko darbe, nenusileisdamos įkyriai ir naiviai klausė: „O visgi kaip?“, kol galiausiai dalyviai pradėjo atskleisti, kaip jie suvokia matavimo procesą:

*<...> nes kiekvienas, paimitum ir stalą, norint jį nubraižyti, tai neužtektų tiktais liniuotės. Norint suvokti medžiagą tai reikės ten kitokių matavimų. Tai taip pat ir bet kokio objekto kurio nematom. Tik skirtingos savybės ir skirtingais prietaisais išmatavus skirtingas savybes, tu daug jo galima nustatyt koks jisai. Ir tada kažkaip suprantam.* (Informantas 23)

„Ir tada kažkaip suprantam“, „mokslininkas tiesiog mato“ ir panašūs pasakymai nurodo tam tikrą nežinojimą. Vis dėlto šis nežinojimas nėra reflektuojamas ar verbalizuojamas ir dažnai pasirinkimas, kaip matuoti, nėra diskusijų objektas. Kita vertus, bendraujant su mokslininkais, tolstant nuo tiesioginio klausimo apie taikomus metodus, apčiuopiama ir neišsąmoninta abejonė. Diskusijos įtampai atslūgus ir informantams atsipalaidavus, lyg netyčia išsprūsta: „<...> dar kitas dalykas, ar tikrai tie skaičiukai, kuriuos tu gavai, yra tikri, nes beleką gali išmatuoti“ (Informantas 27). Šiame kontekste iškyla santykio su įranga, matavimo technika klausimas, kuris, vedėjoms nesuvaldžius įtemptos diskusijos, liko neišgvildentas.

Diskutuojant apie tyrimo standartus dar viena „juodąja dėže“ – įrankiu, kuris „tiesiog yra“ ir duoda rezultatą, o šio įrankio veikimo mechanizmas nėra suprantamas naudotojui, galima laikyti statistikos mokslą ir išvadų darymą grindžiant statistiniais metodais. Statistika matoma kaip savaime suprantama, nekvestionuojama, turinti aiškius standartus ir apibrėžianti, anot diskusijos dalyvių, valdanti jų mokslą:

*Pasaulyje, tai bendraja prasme šitam visam reikale valdo statistika. Nu, ta prasme, kad, kad realiai, kad ir kokie bebūtų moksliniai tyrimai ar kažkas panašaus. Tai tai be statistikos niekur neina ir ta prasme, jeigu statistika sako, kad tai nėra norma, tai tu bejėgis esi. Jinai taip pasakė ir viskas, ta prasme.* (Informantas 21)

Pasakodami apie tai, kas gamtos mokslų tyrimuose yra klaida, informantai ne kartą minėjo, kad atsakymą į šį klausimą pateikia statistika. Jei esama aiškaus nuokrypio nuo statistinio vidurkio, tai jau būtų galima laikyti klaida:

*<...> šiaip su statistika dažnai tenka susidurt. Dažniausiai klaida tai yra tai, kas išsiskiria iš to vidurkio. Tai aš galvoju, kad, nu, kaip ir bet kur, jeigu tu matai nuokrypį, kuris tikrai yra ryškus ir išsiskiria iš viso to vidurkio, tai tai yra laikoma klaida.* (Informantas 26)

Kita vertus, iš pokalbio buvo aišku, kad su statistika kartais elgiamasi gana laisvai, pasirenkant atvejus, kuriuos galima įtraukti į tyrimus, arba pašalinti, ką traktuoti kaip teigiamus rezultatus, ir panašiai:

*<...> tai nėra būtinai blogai, ta prasme, nes jei tu turi tam tikrą kiekį kažkokių tyrimų ir vienas iš jų nepavyko dėl to, kad lempa sudužo, tai tu išmeti. Ir čia, man atrodo, visiems yra aišku, kad yra... teisingai. <...> Gali būti, na va, mes tiriam žmones, tai tiesiog gali pamatyt, kad žmogus iš viso elementarių dalykų nesimato jame, ta prasme, atsake jo, tai ir išmeti, nes, nu, dėl to, kad tu nu negali paaiškinti, dėl to, kad nematai, kad išvis reaguoja į garsą.* (Informantas 25)

Tyrimo rezultatas ir jo atitiktis standartams tampa esminiu tikslu, o priemonės pasiekti šį tikslą dalies grupinės diskusijos s dalyvių ne visada yra kvestionuojamos:

*Nes turi tikslą ištirti kažką ir jeigu tau tas vienas susilpnina tą tavo rezultatą. (Informantas 22)*

Taigi, nors tyrimų tradicija pateikia aiškius ir griežtus standartus, pagal kuriuos turėtų vykti matavimo procesas, matyti, kad dalis sprendimo, kaip elgtis su duomenimis (juos priimti ar atmesti), lieka tyrėjo valioje. Šioje diskusijos dalyje atrodė, kad patys informantai pradėjo pastebėti savo „juodašias dėžes“ ir argumentuoti įprastai savo tyrimuose taikomą praktiką.

B. Latouras rašė, kad mokslui gaminimo procese būdingos įtampos, paradoksai, o štai jau pagamintoms „juodosioms dėžėms“ klausimai nėra keliami, jos naudojamos nesusimąstant (Latour 1987). Jauniesiems gyvybės mokslų tyrėjams taip pat būdingas nereflektyvus ir nekritiškas jau sukurtų sistemų, prietaisų naudojimas. Metodai pasirenkami kaip „juodosios dėžės“ – svarbiausia suprasti, ką į ją įdedi, ir kažkaip suprasti, ką gauni. Metodas taikomas kaip savaime suprantamas dalykas ir tik nebegalvojant apie savo taikomus metodus, tolstant nuo konkretesnių klausimų apie daromus pasirinkimus, išaiškėja, kad mokslininko darbą lydi neįsisąmoninta abejonė. Tai abejonė dėl savo rezultatų patikimumo, abejonė statistikos kriterijais, taip pat abejonė dėl kitų tyrėjų publikuojamų rezultatų. Visgi abejonė nėra tokia stipri, kad verstų kvestionuoti standartizuotą metodą, kurį taiko darbe.

Kaip minėta, šios diskusijos metu įvyko du epistemologiniai lūžiai, vienas – pirmiau aprašytasis, antrasis – šio empirinio tyrimo komandos santykis su sociologų taikomais pažinimo įrankiais. Grupinė diskusija, kaip socialinių mokslų tyrimo įrankis, suteikia aukštesnę galios poziciją vedėjui, kuris, ruošdamas klausimus ir juos naudodamas diskusijoje, tarsi rodo savo išankstinį žinojimą apie tyrimo dalyvius ir tyrimo objektą. Visgi šie paruošti įrankiai, nejautriai taikomi, tik atliepia jau turimą žinojimą ir jį iliustruoja, bet nesukuria terpės ir prielaidų gauti naujų išvalgų, pažvelgti į objektą kitu žvilgsniu ir naujai jį suprasti. Kad tyrėjas gautų naujos informacijos, būtina atmesti diskusijos formos nulemtą galios disbalansą, atsiriboti nuo savo menamo „žinojimo“ ir taip priartėti prie antropologinės tyrimo tradicijos, kaip siūlo B. Latouras. Būtent žiūra iš apačios į viršų yra viena iš pamatinių perteikimo sociologijos taisyklių, neleidžianti mokslo žinojimo atsiradimo redukuoti į vien tik socialinį reiškinį.

Čia norisi prisiminti B. Latouro ir S. Woolgaro tyrimą, aprašytą knygoje *Laboratorijos gyvenimas* (Latour and Woolgar 1986 [1979]). Mokslininkai, norėdami suvokti, kaip kuriamas žinojimas, net tik klausė, kaip mokslininkai tai daro, bet ir patys ilgą laiką laboratorijoje stebėjo, kaip yra vykdomi tyrimai. B. Latouras ir S. Woolgaras buvo gerai išgilinę į tą sritį, kurią stebėjo, ir ją išmanė, nuosekliai sekė konkretų tyrimą ir, stebėdami jį atliekančių mokslininkų kasdienį darbą, galėjo užduoti aktualius klausimus, leidžiančius atskleisti naujo žinojimo kūrimo mechanizmą. Kai dirbo Kalifornijoje įsikūrusioje J. Salko laboratorijoje, jie abu, ir B. Latouras, ir S. Woolgaras, visų pirma buvo mokslo antropologai, be jokio išankstinio, „aukštesnio“ žinojimo stebintys laboratorijos kasdienybę. Mūsų pasirinktas tyrimo metodas suponuoja rėmimąsi išankstiniu žinojimu, o informantų atranka (įtraukiant skirtingose srityse dirbančius doktorantus) sudarė abstraktesnės diskusijos prielaidas. Toks metodas gana gerai leidžia tyrinėti socialinį mokslininko darbo kontekstą, bet ne patį mokslinio žinojimo atsiradimą. Visgi dėl atsitiktinumo antrosios



diskusijos metu pakitusi strategija leido šiek tiek pasigilinti į tai, kaip doktorantai, naudodami teorines koncepcijas, laboratorinę įrangą, signalų apdorojimo ir statistinės analizės metodus, sugeba transformuoti chaotiškas žmogaus ar kitų biologinių sistemų reakcijas į švarų, logišką ir įtikinantį mokslinį tekstą.

Antroji diskusija patiems tyrėjams – dar tik tampa sociologams, sociologijos magistrantūros pirmakursiams – tapo didaktinio eksperimento šerdimi, nauja patirtimi, keičiančia santykį su naudojamais įrankiais. Jeigu nebūtų ištikusi nepatogi metodo (ne)pritaikymo nesėkmė, nebūtų pasiekta ir išvalga, kuri staiga tapo akivaizdybe – aiškinant pasaulį per sociologinę prizmę, sudėtingos sistemos nepastebimai sutraukiamos į vien socialinius aspektus.

Nors antrojoje diskusijoje pavyko užfiksuoti, kad gamtos mokslų tyrėjai ne visada reflektuoja savo tyrimo metodų taikymą, pažvelgus į CRISPR/Cas9 atradimo istorijos aprašymą susidaro įspūdis, kad gamtos moksluose tyrimo metodų nereflektavimas, jų traktavimas kaip „juodųjų dėžių“ tam tikru tyrimo momentu yra būtinas dalykas pačių gamtos mokslų sėkmei. Taip yra todėl, kad, suspenduojant savo refleksiją tyrimo metodo atžvilgiu, galima sukonstruoti sudėtingesnius eksperimentus negu tuo atveju, jei visą laiką būtų kvestionuojama kiekviena eksperimento prielaida, kiekviena analizės procedūra ir pan.

Jeigu sujungus daug „juodųjų dėžių“ į vieną eksperimentą gaunamas netikėtas rezultatas, tada peržiūrima, ar eksperimentatoriai nevykusiai sujungė tų „juodųjų dėžių“ įvestis (*inputs*) ir išvestis (*outputs*) savo eksperimente. Jeigu paaiškėja, kad „juodosios dėžės“ sujungtos gerai, bet prognozuotas rezultatas negaunamas, tada tenka peržiūrėti, kas vyko „juodosiose dėžėse“, taigi suabejoti pirminėmis prielaidomis ir, galbūt, analizės procedūromis.

Mokslinio tyrimo logiką galima palyginti su didelėmis ir sudėtingomis raketomis. Jas paprastai konstruoja daug žmonių ir padarytas mechanizmas būna per daug sudėtingas, kad kuris nors vienas žmogus visą jį suprastų. Kiekvienas inžinierius dirba su kuria nors raketos sistema, ją išmano ir testuoja. Bet kol raketa netestuota kaip visuma, niekas nežino, ar ji tiesiog nesusprogs ant pakilimo aikštelės. Kol raketa veikia sėkmingai, niekas ir nesigilina, kas ir kokių klaidų galėjo padaryti konkrečioje raketos sistemoje. Pradedama gilintis tik kai raketa veikia blogiau nei tikėtasi, juolab jeigu susprogsta<sup>17</sup>.

## Vietoj išvadų

Šis dviejų straipsnių ciklas tradiciniu akademinio požiūriu kiek neįprastas, nes vienas palyginti nedidelis empirinis tyrimas, kurį sudarė dvi grupinės diskusijos ir jų atžvilgiu gana savarankiška CRISPR/Cas9 genomo redagavimo technologijos atradimo topologinė analizė, yra interpretuojamas trijų skirtingų teorinių kontekstų požiūriu ir lygia greta reflektuojamas kaip sociologijos didaktikos eksperimentas. Pirmasis teorinis kontekstas sietinas su B. Latouro socialumo ir perteikimo sociologijų priešprieša, antrasis – su naujosios mokslinės dvasios ypatumais arba, kaip sakė pats G. Bachelard'as, mokslinės dvasios psichologija, o trečiasis – su G. Vico ir H. White'o

<sup>17</sup> Panaši logika galioja ir atliekant socialinių mokslų tyrimus, tačiau mūsų „juodosios dėžės“ kol kas nėra tokios, kad galėtume jas sujungti į tokius sudėtingus eksperimentus.

tropų teorija. Pirmosios interpretacijos atveju atliktas tyrimas, dekonstruodamas mums įprastą socialumo sociologijos metodą, praveria „juodąsias mokslo dėžes“ (Poviliūnas 2017), antrosios interpretacijos atveju G. Bachelard’as, kritikuodamas dedukcija grįstą mokslo epistemologiją, kurią pats vadino dekartiška, siūlo mokslinės dvasios interpretavimo alternatyvą, kylančią iš mokslinės dvasios psichologijos. Šios alternatyvios epistemologijos, kurią G. Bachelard’as pavadino *nedekartiška*, požiūriu, teorinės sąvokos ir tyrimo metodai yra paties eksperimento funkcijos, o su nauja patirtimi susidūręs mokslinis mąstymas privalo keistis. Šiame tyrime atlikta CRISPR/Cas9 atradimo istorijos tropologinė analizė atskleidė, kad mokslinio mąstymo kaita turi poetinę metalogiką, kurią atskleidžia mokslininkų komunikacijoje vartojamų literatūrinių tropų kaita. Pagrindiniai jų vartojami tropai yra keturi: epitetas, metafora, mimezė ir ironija. Pirmieji trys tropai yra ikirefleksiniai (vartojami intuityviai) ir priartinantys mokslininkus prie atradimo kulminacijos, bet sykiu atitraukiantys jų dėmesį nuo galimų platesnių atradimo padarinių. Tačiau padarius atradimą įvyksta epistemologinis lūžis ir mokslininkų poetinėje metalogikoje išsivyrąja refleksyvusis ironijos tropas, kuris padeda suvokti galimus pageidautinus ir nepageidautinus atradimo ar išradimo padarinius visuomenei, ekosistemoms ir pan. Šių tropų kaita cikliška ir vis iš naujo atsikartoja kiekviename mokslininkų kelyje atradimo link. Tropologinei analizei panaudota medžiaga taip pat gerai išryškina vaizduotės, motyvacijos ir kolektyvinių žmonių ir mašinų pastangų svarbą moksle. Iš tiesų, nesvajojant apie tyrimą, nebus ir tyrimo.

Mokslinio metodo paaiškinimas yra tiesiogiai susijęs su eksperimento sąlygų apibūdinimu, kuris niekaip negali perteikti galutinės mokslinės dvasios struktūros, nes tokios, kaip manė G. Bachelard’as, paprasčiausiai nėra (Bachelard 1984 [1934]; 135–137). Kaip minėjome, tokią laisvamanybę griežto dekartiško mokslo požiūriu siejame su sociologijos didaktika, kitaip tariant, su sociologijos *habitus* tapsmu.

Galbūt kiek atsitiktinai diskusijų metu iškilusios gamtos mokslų atstovų abejonės padėjo patirti epistemologinį pačios sociologijos lūžį, kurį ir pabandėme rekonstruoti. Vadovaujantis B. Latouro socialumo ir perteikimo sociologijų priešprieša, būtų galima teigti, kad socialumo sociologija, dekonstruodama tikrovę, visur „atranda“ socialumą. Sociologinė tikrovės dekonstrukcija iš esmės yra sociologinė tos pačios tikrovės redukcija. Daiktų pačių savaimė tarytum nebelieka. Socialumo sociologijos sukurtoje socialinėje visatoje politinės prigimties galių palaikomi juda, sąveikauja, sklendo atsimušdami vienas į kitą kelių tipų socialiniai gniutulai, kuriuos manosi atskleidusi socialumo sociologija arba kritinė teorija. Atrodo, kad antrosios diskusijos metu, matyt, netyčia tokią socialios sociologijos sukonstruotą visatą pabandėme įpiršti įvairiems gamtos mokslams atstovaujantiems diskusijos dalyviams. Kitus mokslus užgožiantis ir jiems dominuojantis socialumo sociologijos arba kritinės teorijos požiūris sukėlė natūralų gamtos mokslams atstovaujančių kolegų pasipiktinimą, kuris buvo akivaizdžiai atspindėtas antrosios grupinės diskusijos dinamikoje. Tuo pačiu metu ir mes, sociologai, pamatėme socialumo sociologijos ribas ir B. Latouro perteikimo sociologijos teorijos perspektyvą. Tai, G. Bachelard’o akimis žiūrint, galėtų būti laikoma epistemologiniu lūžiu ir naujosios mokslinės dvasios formavimosi patyrimu.

**Padėka.** Straipsnio autoriai nuoširdžiai dėkoja abiem anoniminiams recenzentams ir žurnalo *Sociologija. Mintis ir veiksmas* vyriausiajam redaktoriui Liutaurui Kraniauskui už taiklias pastabas, kurios paskatino peržiūrėti abiejų straipsnių sąsajas ir rasti naujų argumentų pirminei intuicijai įtvirtinti.

## Literatūra

- Bachelard, Gaston. 1984 [1934]. *The New Scientific Spirit*. Boston: Beacon Press.
- Bachelard, Gaston. 1992 [1949]. *La psychoanalyse du feu*. Paris: Éditions Gallimard.
- Bachelard, Gaston. 1993 [1949]. „Ugnies psichoanalizė“ kn. Gaston Bachelard. *Svajonių džiaugsmas*. Vilnius: Vaga: 23–116.
- Bachelard, Gaston. 2002 [1938]. *The Formation of the Scientific Mind: A Contribution to a Psychoanalysis of Objective Knowledge*. Manchester: Clinamen Press.
- Barrangou, Rodolphe; Fremaux, Christophe; Deveau, Hélène; Richards, Melissa; Boyaval, Patrick; Moineau, Sylvain; Romero, Dennis A.; Horvath, Philippe. 2007. „CRISPR Provides Acquired Resistance Against Viruses in Prokaryotes“, *Science* 315 (5819): 1709–1712. <https://doi.org/10.1126/science.1138140>
- Baužytė-Čepinskienė, Galina. 1993. „Svajonių ir vaizduotės alchemikas“ kn. Gaston Bachelard. *Svajonių džiaugsmas*. Vilnius: Vaga: 5–22.
- Bourdieu, Pierre; Chamboredon, Jean-Claude; Passeron, Jean-Claude. 1991 [1973]. *The Craft of Sociology: Epistemological Preliminaries*. Berlin, New York: Walter de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110856460>
- Cong, Le; Ran, Ann F.; Cox, David; Lin, Shuailiang; Barretto, Robert; Habib, Naomi; Hsu, Patrick D.; Wu, Xuebing; Jiang, Wenyan; Marraffini, Luciano A.; Zhang, Feng. 2013. „Multiplex Genome Engineering Using CRISPR/Cas Systems“, *Science* 339 (6121): 819–823. <https://doi.org/10.1126/science.1231143>
- Couvin, David; Bernheim, Aude; Toffano-Nioche, Claire; Touchon, Marie; Michalik, Jurak; Néron, Bertrand; Rocha, Eduardo P. C.; Vergnaud, Gilles; Gautheret, Daniel; Pourcel, Christine. 2018. „CRISPRCasFinder, an update of CRISPRFinder, includes a Portable Version, enhanced Performance and integrates Search for Cas Proteins“, *Nucleic Acids Research* 46 (Web Server issue): W246–W251. <https://doi.org/10.1093/nar/gky425>
- Gasiūnas, Giedrius; Barrangou, Rodolphe; Horvath, Philippe; Šikšnys, Virginijus. 2012. „Cas9–crRNA Ribonucleoprotein Complex mediates Specific DNA Cleavage for Adaptive Immunity in Bacteria“, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*: E2579–E2586. <https://doi.org/10.1073/pnas.1208507109>
- Glemžaitė, Monika. 2014. „CRISPR/Cas sistemos – nuo bakterijų imuniteto iki genomų redagavimo“, *Pramoninės nuosavybės apsauga* 62 (2).
- Grissa, Ibtissem; Vergnaud, Gilles; Pourcel, Christine. 2007. „CRISPRFinder: A Web Tool to Identify clustered Regularly interspaced Short Palindromic Repeats“, *Nucleic Acids Research* 35 (Web Server issue): W52–W57. <https://doi.org/10.1093/nar/gkm360>
- Ishino, Yoshizumi; Shinagawa, Hideo; Makino, Kozo; Anemura, Mitsuko; Nakata, Atsuo. 1987. „Nucleotide Sequence of the *iap* Gene, Responsible for Alkaline Phosphatase Isozyme Conversion in *Escherichia coli*, and Identification of the Gene Product“, *Journal of Bacteriology* 169 (12): 5429–5433. <https://doi.org/10.1128/jb.169.12.5429-5433.1987>
- Jinek, Martin; Chylinski, Krzysztof; Fonfara, Ines; Hauer, Michael; Doudna, Jennifer A.; Charpentier, Emmanuelle. 2012. „A Programmable Dual-RNA–Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity“, *Science* 337: 816–821. <https://doi.org/10.1126/science.1225829>

- Kuhn, Thomas S. 2003 [1962]. *Mokslo revoliucijų struktūra*. Vilnius: Pradai.
- Lander, Eric S. 2016. „The Heroes of CRISPR“, *Cell* 164: 18–28.
- Lander, Eric S.; Hsu, Patrick D.; Zhang, Feng. 2014. „Development and Applications of CRISPR-Cas9 for Genome Engineering“, *Cell* 157 (6): 1262–1278. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.05.010>
- Latour, Bruno. 1987. *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press. <https://doi.org/10.1017/s0012217300048575>
- Latour, Bruno. 2004 [1991]. *Mes niekada nebuvo modernūs. Simetrinės antropologijos esė*. Vilnius: Homo liber.
- Latour, Bruno. 2005. *Reassembling the Social. An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1108/eoi.2008.27.3.307.2>
- Latour, Bruno; Woolgar, Steve. 1986 [1979]. *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*. Princeton, New York: Princeton University Press.
- Ledford, Heidi. 2018. „Pivotal CRISPR Patent Battle won by Broad Institute“, *Nature* (on-line) (2018-09-28). Prieiga internetu <https://www.nature.com/articles/d41586-018-06656-y> (žiūrėta 2018 12 31). <https://doi.org/10.1038/d41586-018-06656-y>
- Makarova, Kira S.; Zhang, Feng; Koonin, Eugene V. 2017a. „SnapShot: Class 1 CRISPR-Cas Systems“, *Cell* 168 (5): 328–328.e1; 946–946.e1. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.02.018>
- Makarova, Kira S.; Zhang, Feng; Koonin, Eugene V. 2017b. „SnapShot: Class 2 CRISPR-Cas Systems“, *Cell* 168 (5): 328–328.e1. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.12.038>
- Mali, Prashant; Aach, John; Stranges, P. Benjamin; Esvelt, Kevin M.; Moosburner, Mark; Kosuri, Sriram; Yang, Luhan; Church, George M. 2013. „CAS9 Transcriptional Activators for Target Specificity screening and paired Nickases for Cooperative Genome Engineering“, *Nature Biotechnology* 31: 833–838. <https://doi.org/10.1038/nbt.2675>
- Poviliūnas, Arūnas. 2016. „Sociologinis vertybių tyrimas filosofijos ir simetrinės antropologijos požiūriais“ kn. Rūta Žiliukaitė, Arūnas Poviliūnas, Aida Savicka. *Lietuvos visuomenės vertybių kaita per dvidešimt nepriklausomybės metų*, Vilnius: VU leidykla: 237–299. Prieiga internetu: [https://www.fsf.vu.lt/dokumentai/Naujienos\\_Mokslo\\_pasiekimai/2016/lietuvos\\_visuomenes\\_vertybiu\\_kaita.pdf](https://www.fsf.vu.lt/dokumentai/Naujienos_Mokslo_pasiekimai/2016/lietuvos_visuomenes_vertybiu_kaita.pdf) (žiūrėta 2018 12 31). <https://doi.org/10.15388/socmintvei.2015.2.9867>
- Poviliūnas, Arūnas. 2017. „Apie bandymą arverti juodąsias mokslo dėzes (1)“, *Sociologija. Mintis ir veiksmai* 2 (41): 65–78. <https://doi.org/10.15388/socmintvei.2017.2.11722>
- Poviliūnas, Arūnas; Voznikaitis, Antanas; Bielevičiūtė, Indrė; Navickaitė, Sandra; Stulginskaitė, Paulė. 2015. „Žinojimo sociologijos tyrimo projektas kaip sociologijos didaktikos eksperimentas“, *Sociologija. Mintis ir veiksmai* 2 (37): 29–71. <https://doi.org/10.15388/socmintvei.2015.2.9864>
- Ran, Ann F.; Hsu, Patrick, D.; Lin, Chie-Yu; Gootenberg, Jonathan S.; Konermann, Silvana; Trevino, Alexandro E.; Scott, David A.; Inoue, Azusa; Matoba, Shogo; Zhang, Yi; Zhang, Feng. 2013. „Double Nicking by RNA-Guided CRISPR Cas9 for Enhanced Genome Editing Specificity“, *Cell* 155 (2): 1380–1389. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.08.021>
- Sherkow, Jacob. S. 2017. „Patent Protection for CRISPR: An ELSI Review“, *Journal of Law and the Biosciences* 4 (3): 565–576. <https://doi.org/10.1093/jlbb/lx036>
- Vico, Giambattista. 1948 [1730]. *The New Science*. Ithaca, New York: Cornell University Press.
- White, Hayden. 1978. *Tropics of Discourse: Essays in Cultural Criticism*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- White, Hayden. 1996. „Įvadas: Tropologija, diskursas ir žmogaus sąmonės modusai“ kn. *Kultūra ir istorija* (sudarė Vytautas Berenis). Vilnius: Gervėlė: 125–153.
- White, Hayden. 2003. *Metaistorija. Istorinė vaizduotė XIX amžiaus Europoje*. Vilnius: Baltos lankos.