

Patrick Anthony*

Globalna zgodovina fizike sveta

Ključne besede

humboldtovska znanost, fizika sveta, vremenoslovje, rudarstvo

Povzetek

Prispevek na novo osvetljuje raziskovalni program iz 19. stoletja, ki ga je Susan Faye Cannon po pruskem učenjaku Alexandru von Humboldtu (1769–1859) poimenovala »humboldtovska znanost«. Danes standardna interpretacija humboldtvske znanosti, ki jo je v devetdesetih letih prejšnjega stoletja razvil Michael Dettelbach, opisuje skupek kvantitativnih, zakonitosti iščočih kartografskih ved, ki so temeljile na obsežnem sodelovanju učenjakov in imperialnih uradnikov na področjih, ki segajo od meteorologije in magnetizma do geologije in botanične geografije. Novi pogledi kolonialnega in globalnega zgodovinopisja »humboldtovski« projekt razkrivajo kot razpršen sistem raziskovanja, ki ga je oblikovala razprostranjena geografija imperijev in ekstrakcije, predvsem globalna rudarska industrija. Kar je Humboldt poimenoval »fizika sveta«, je imelo globoke korenine v pruskem ekspanzionizmu in rudarski dejavnosti v devetdesetih letih 18. stoletja. Nato pa je bila koordinirana med imperiji vzhoda in zahoda, na blagovnih mejah iberske Amerike in ruske Sibirije. V članku se vračamo k Humboldtu, da bi razgnili prepleteno zgodovino znanosti, ki so bile izvorno v službi agresivnih držav in imperijev v Evropi in zunaj nje.

A Global History of Global Physics

67

Keywords

Humboldtian science, global physics, meteorology, mining

Abstract

This contribution revisits a nineteenth-century research program coined by Susan Faye Cannon as “Humboldtian science,” named for the Prussian savant Alexander von

* Univerza v Uppsali, Uppsala, Švedska

contact@patrickanthonyhistory.com | <https://orcid.org/0000-0002-0285-2552>

Humboldt (1769–1859). The now-standard account of Humboldtian science developed by Michael Dettelbach in the 1990s describes a set of quantitative, law-seeking, cartographic sciences that involve widespread collaboration of savants and imperial bureaucrats, ranging from meteorology and magnetism to geology and plant geography. New perspectives from colonial and global history show the “Humboldtian” project as a diffuse system of inquiry shaped by widespread geographies of empire and extraction, particularly global mining industries. What Humboldt called “global physics” had deep roots in Prussian expansionism and ore mining in the 1790s. It was then coordinated across empires east and west, in the commodity frontiers of Ibero-America and Russo-Siberia. This article revisits Humboldt to open a connected history of sciences that served aggressive states and empires, in and outside of Europe.



Odkazati mesto fiziki sveta

V zgodnjem 19. stoletju so evropski imperiji in naseljenke kolonije namenili znatna sredstva za obsežne raziskave na področju astronomije, geografije in meteorologije.¹ Med najbolj znanimi od teh projektov je bil tisti, ki ga je pruski učenjak Alexander von Humboldt (1769–1859) poimenoval *physique du monde* oziroma fizika sveta.² *Physique du monde*, program množičnega zbiranja podatkov in umetelnega sklepanja, je v iskanju splošnih zakonitosti zemlje in okoljskih sistemov, od strukture zemeljskega površja do razporeditve toplote v ozračju nad njim, zaobjel vse štiri hemisfere. Leta 1978 je zgodovinarica in kustosinja muzeja Smithsonian Susan Faye Cannon prepoznala »humboldtovski« slog, ki naj bi bil značilen za dovršen del znanosti v 19. stoletju na tako različnih področjih, kot so zemeljski magnetizem, geodezija in oceanografija, gnalo pa naj bi

¹ Gl. raziskavo Simona Naylorja in Simona Schafferja, »Nineteenth-Century Survey Sciences: Enterprises, Expeditions and Exhibitions«, posebna številka *Notes and Records* 73 (2019): 135–47, kot primer pa Alex Soojung-Kim Pang, *Empire and the Sun: Victorian Solar Eclipse Expeditions* (Stanford: Stanford University Press, 2002).

² Za *physique du monde* gl. Michael Dettelbach, »Romanticism and Administration: Mining, Galvanism and Oversight in Alexander von Humboldt’s Global Physics« (doktorska disertacija, Univerza v Cambridgeu, 1992); Michael Dettelbach, »Global Physics and Aesthetic Empire: Humboldt’s Physical Portrait of the Tropics«, v: *Visions of Empire: Voyages, Botany, and Representations of Nature*, ur. David Philip Miller in Hanns Reill (Cambridge: Cambridge University Press, 1996), 258–92.

ga proučevanje »široko razpršenih, a povezanih realnih pojavov, da bi odkrili njihovo dokončno zakonitost in dinamični vzrok«. ³ Michael Dettelbach je temu vseobsegajočemu »humboldtovskemu« programu v vrsti odličnih člankov v devetdesetih letih 20. stoletja dal bolj specifično intelektualno in politično obliko ter fiziko sveta postavil na presečišče nemške administrativne in francoske razsvetljenske kulture, na katerem se je razvila humboldtova znanost.

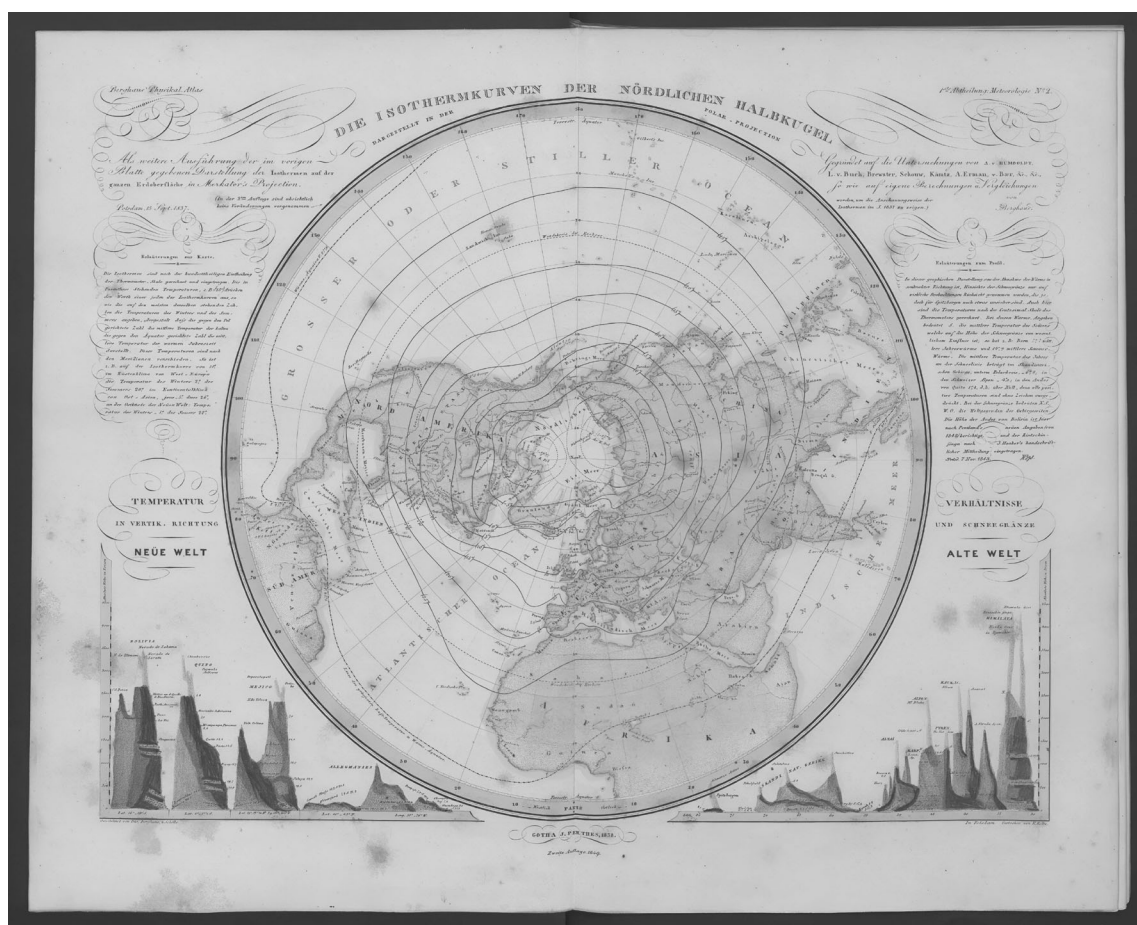
Humboldt si je *physique du monde* prvič zamislil leta 1796 v svojem štabu v Bayreuthu (Frankovska), kjer je bil nameščen kot mlad pruski rudniški uradnik. ⁴ Po lastni izjavi je zamisel razvil v šestih letih po svojem popotovanju z Georgom Forsterjem leta 1790 – se pravi, v šestih letih urjenja in delovanja v rudarstvu in metalurgiji na Saškem in v Prusiji, v obdobju, ki mu je omogočilo »prepotovati velik del evropskih gorovij *kor rudar*«. Dettelbach je torej izpostavil način, kako je fizika sveta udejanjila vizijo administrativnega nadzora, ki je ustrezala nalogam Humboldta kot pruskega uradnika, zadolženega za upravljanje z rudniki na pravkar priključenih ozemljih v Frankovski na ozadju vojne in političnega kaosa v Evropi. ⁵ Kot v odgovor na splošno krizo je fizika sveta predstavila naravni svet, za katerega je bilo značilno ravnovesje dinamičnih, nasproti delujočih si sil. To najboljše ponazarjajo Humboldtovi znameniti zemljevidi izoterm (slika 1). Izoterme oziroma črte, ki označujejo enako temperaturo, povezujejo raznolika ozemlja s skupnimi povprečnimi temperaturami. Ti zemljevidi dajejo vpogled v toplotne vzorce, ki nihajo okoli povprečnih vrednosti, s čimer razkrivajo konstantne zakonitosti sredi nasprotujočih si sil. ⁶

³ Susan Faye Cannon, »Humboldtian Science«, v: *Science in Culture: The Early Victorian Period* (New York: Science History Publications, 1978), 104–5.

⁴ Humboldtovo pismo Marc-Augustu Pictetu, 24. 1. 1796, Alexander von Humboldt, »Lettre de F. Humboldt à M. Pictet, professeur de philosophie à Genève«, *Magasin encyclopédique, ou Journal des Sciences, des Lettres et des Arts* 1, št. 6 (1795/96): 463.

⁵ Dettelbach, »Romanticism and Administration«, 6–9, 155. Za Humboldtovo delo v rudarstvu gl. tudi Ursula Klein, »The Prussian Mining Official Alexander von Humboldt«, *Annals of Science* 69 (2012): 27–68, zlasti 57–59; Ursula Klein, *Nützliches Wissen: Die Erfindung der Technikwissenschaften* (Göttingen: Wallstein, 2016).

⁶ Michael Dettelbach, »Humboldtian Science«, v: *Cultures of Natural History*, ur. Nicholas Jardine et al. (Cambridge: Cambridge University Press, 1996), 295–97; Michael Dettelbach, »The Face of Nature: Precise Measurement, Mapping, and Sensibility in the Work of Alexander von Humboldt«, *Studies in the History and Philosophy of Biology and Biomedical Sciences* 30, št. 4 (1999): 486–87.



Slika 1: Izotermne krivulje severne poloble.

Joseph Meyer, Alexander von Humboldt et al. »Die Isothermkurven Der Nördlichen Halbkugel: Dargestellt in der Polar Projection«, v: Heinrich Berghaus, *Meteorologisch-Klimatographischer Atlas* (Gotha: Perthes, 1849), ETH-Bibliothek Zurich, Rar KA 52: 1.

70

V tem članku si želimo s perspektive globalne zgodovine prikazati nastanek »fizike sveta« ne le kot humboldtovskega projekta, temveč kot sistem raziskovanja, koordiniran med ozemlji različnih imperijev.⁷ Fizika sveta humboldtovskega

⁷ Za bolj poglobljeno razpravo gl. Patrick Anthony, *Unearthed: Science and Environment Across Mineral Frontiers* (Chicago: University of Chicago Press, 2026, pred izidom). O metodah in problemih globalne zgodovine znanosti gl. Lissa Roberts, »Situating Science in Global History: Local Exchanges and Networks of Circulation«, *Itinerario* 33, št. 1 (2009): 9–30; Sujit Sivasundaram, »Sciences and the Global: On Methods, Questions, and Theory«, *Isis* 101, št. 1 (2010): 146–58; Neil Safier, »Global Knowledge on the Move: Itineraries, Amerindian Narratives, and Deep Histories of Science«, *Isis* 101, št. 1 (2010): 133–45;

kova se je prvotno razvila iz potreb pruskega ekspanzionizma in rudarstva v devetdesetih letih 18. stoletja. Nato se je izgrajevala med imperiji vzhoda in zahoda, na blagovnih mejah iberske Amerike in ruske Sibirije, omrežena prek sistemov ekstrakcije rudnin in vojaških osvajanj.⁸ To je posebej pomembno spričo nedavnih poljudnih in znanstvenih opisov, ki »humboldtovski tok« environmentalizma izolirajo od nasilnega razlaščenja staroselskih skupnosti, udejnjenega z oboroženim merjenjem zemlje in virov v 19. stoletju.⁹ Kolonizacija in poseljevanje mejnih območij ni bilo nekaj obstranskega, ločenega od humboldtovski znanosti. Že na novo priključena pruska ozemlja Frankovske so sama po sebi pomenila nekakšno novo obmejno območje, razdrobljeno in domnevno »zaostalo« ozemlje, na katerem je Humboldt opisoval »surovo« podnebje in »nevednost« lokalnega prebivalstva.¹⁰ Frankovska je bila prav tako blagovno območje, kjer je lahko pruska država uveljavljala svojo moč v južnonemški sferi svojega habsburškega tekmeca. Po Frankovski je Humboldt med letoma 1799 in 1803 potoval po španskih kolonijah v Ameriki, pri čemer se je zanimal zlasti za nova rudninsko bogata območja. Nazadnje pa je leta 1829 prispel tudi do daljnih mejnih krajin ruskega cesarstva. Njegov itinerarij razkriva pestro geografijo širjenja držav in imperijev, v kateri je delovala fizika sveta.

Za to reinterpretacijo je bistvena ostra kritika s stališča postkolonialne zgodovine, na čelu katere je bil Jorge Cañizares-Esguerra.¹¹ Cañizares-Esguerra, ki je

Fa-ti Fan, »The Global Turn in the History of Science«, *East Asian Science, Technology and Society: An International Journal* 6, št. 2 (2012): 249–58.

⁸ Koncept blagovnih meja je skoval Jason Moore, *Capitalism and the Web of Life: Ecology and the Accumulation of Capital* (London: Verso, 2015), 63. Gl. tudi Sven Beckert, *Empire of Cotton: A Global History* (New York: Vintage, 2014); Eric Vanhaute, »Commodity Frontiers and the Global History of Capitalism: A Discussion about Sven Beckert's 'Empire of Cotton'«, *Journal of World History* 28, št. 1 (2017): 101–5.

⁹ Aaron Sachs, *The Humboldt Current: Nineteenth-Century Exploration and the Roots of American Environmentalism* (New York: Penguin, 2006), zlasti 20, 187, 190; Andrea Wulf, *The Invention of Nature: Alexander von Humboldt's New World* (New York: Knopf, 2015).

¹⁰ Rudolf Endres, »Die preußische Ära in Franken«, v: *Expansion und Integration: Zur Eingliederung neugewonnener Gebiete in den preußischen Staat*, ur. Peter Baumgart (Dunaj: Böhlau, 1984), 181; Humboldtovo pismo Friedrichu Wilhelmu von Rednu, 17. 1. 1794, v: *Die Jugendbriefe Alexander von Humboldts, 1787–1799*, ur. Ilse Jahn in Fritz G. Lange (Berlin: Akademie, 1973), 308; Karl Bruhns, *Alexander von Humboldt: Eine wissenschaftliche Biographie*, zv. 1 (Leipzig: Brockhaus, 1872), 168.

¹¹ Jorge Cañizares-Esguerra, »How Derivative Was Humboldt? Microcosmic Nature Narratives in Early Modern Spanish America and the (Other) Origins of Humboldt's Ecological

razkril Humboldtov velikanski in pogosto nepriznani dolg španskim ameriškim strokovnjakom, poudarja perspektivo Kreolcev (v Ameriki rojenih prebivalcev evropskih korenin) in v Ameriki nastanjenih Špancev, ki so imeli Prusovo znanost za manjvredno, njegove meritve pa za efemerne in pomanjkljive v primerjavi z njihovimi lastnimi podvzetji v obeh Amerikah. Znanstveni popotniki Humboldtovega kova so se na vsakem koraku, od Beyreutha do Bogote in vse do Sibirije, zanašali na vrsto lokalnih ustanov, opazovalcev in informatorjev. V tem pogledu je pomembna prelomna študija Kapila Raja o znanosti na območju Indijskega oceana, kjer so bili tavajoči Evropejci odvisni od »trajnih in trdnih odnosov« s staroselskimi učenjaki, obrtniki in prekupčevalci, katerih vednosti o naravi so bile »znotraj uveljavljenih specializiranih skupnosti že *formalizirane in prenašane* od Arabskega polotoka do Kitajske«. ¹² V tem članku navajamo nekaj takih specializiranih skupnosti, med katerimi so pruski rudarji, kreolski strokovnjaki in ruski obmejni naseljenci. Ko je bila fizika sveta enkrat osnovana, ni bila preprosto zalučana prek Zemlje z izotermnimi zemljevidi. V resnici so jo nenehno pregibali imperialni in ekstraktivni sistemi v Ameriki, Evropi in Aziji.

Podzemno nebo Prusije

Značilna lastnost Humboldtove fizike sveta je bilo koordiniranje meteoroloških in magnetnih podatkov z velikih razdalj, tako da jih je bilo mogoče sintetizirati v zemljevidih in grafikah, ki so ponazarjali naravne zakone. Skoraj dve desetletji po svojih znamenitih ameriških popotovanjih je Humboldt sanjaril o vrnitvi v »veliki osrednji inštitut« v Ciudadu de México leta 1822. ¹³ Obetal si je, da bo dvaj-

Sensibilities«, v: *Colonial Botany: Science, Commerce, and Politics in the Early Modern World*, ur. Londa Schiebinger in Claudia Swan (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2005), 148–65; Mark Thurner in Jorge Cañizares-Esguerra, ur., *The Invention of Humboldt: On the Geopolitics of Knowledge* (New York: Routledge, 2022). Gl. tudi zgodnejšo kritiko Mary Louise Pratt, ki je Humboldta umestila med evropske avtorje, katerih razsvetljenska, »protiosvajalska« drža je pomagala rešiti ameriške dežele pred neokolonialnim izčrpavanjem. Mary Louise Pratt, *Imperial Eyes: Travel Writing and Transculturation* (New York: Routledge, 1992), 7, 109–10, 126.

¹² Kapil Raj, *Relocating Modern Science: Circulation and the Construction of Knowledge in South Asia and Europe, 1650–1900* (London: Palgrave Macmillan, 2007), 30–31; poudarek dodan.

¹³ Humboldtovo pismo Wilhelmu von Humboldt, 17. 10. 1822, v: *Briefe Alexander's von Humboldts an seinen Bruder Wilhelm herausgegeben von der Familie von Humboldt in Ottmachau* (Stuttgart: Cotta, 1880), 99–100.

setletni rudarski inženir Jean-Baptiste Boussingault (1801–1887) vodil sorodno ustanovo v Kolumbiji. V pismu Boussingaultu si je zamislil »inštitut v velikem mestu v Kordiljerah«, ki bo dobro opremljen s kadri in orodji ter široko omrežen:

[...] imenitna zbirka instrumentov, meteoroloških in magnetnih aparatov, razporejenih na velikih razdaljah, centralizacija opazovanj, dejavna dopisna zveza med La Plato in Bogoto ter skupina izobraženih, pogumnih, dejavnih mladih mož, usposobljenih za zaposlitev pri različnih vladah in delujočih z istimi pogledi, veliko neodvisnosti, sredstev vplivnih mož, nekaj naklonjenosti v Evropi, da se pridobi vse najkoristnejše.¹⁴

»To ne smejo ostati le sanje,« je sklenil Humboldt. Toda bilo je bolj spomin kot sanje: spomin na andske observatorije, mehiška gorska rudarska središča in sistem kordiljerskih »postojank«, ki jih je ponujala kolonialna infrastruktura.

Predhodnik Humboldtove vizije za kordiljerske znanstvene inštitute je bil zgodnejši načrt za atmosfersko raziskovanje, ki je povezoval nemška rudarska vozlišča, kot sta Freiberg in Marienberg na Saškem, ter prusko Frankovsko z evropskimi mesti. Tudi ta načrt je bil, tako kot sama *physique du monde*, zasnovan leta 1796. »Že izvajam opazovanja z *evd[iometrom]*, *bar[ometrom]* in *termom[etrom]*,« je Humboldt pisal kolegu, rudarskemu inženirju Carlu Freieslebnu v zvezi s svojimi študijami sestave, tlaka in temperature rudniškega zraka:

Toda zdaj želim s pomočjo [Marc-Augusta] *Picteta* vzpostaviti postaje na *prelazu sv. Bernarda*, v *Ženevi*, tukaj (tudi kadar me ni tu), v *Hamburgu*, *Freybergu* ali *Marienbergu*, *Berlinu*, *Parizu* in *Benetkah*. Poleg tega, pomisli, kako čudovito bi bilo, če bi lahko izvajal opazovanja na vrhu *Vezuva* in bil seznanjen s sočasnimi podatki *primerljivih* opazovanj v Nemčiji.¹⁵

73

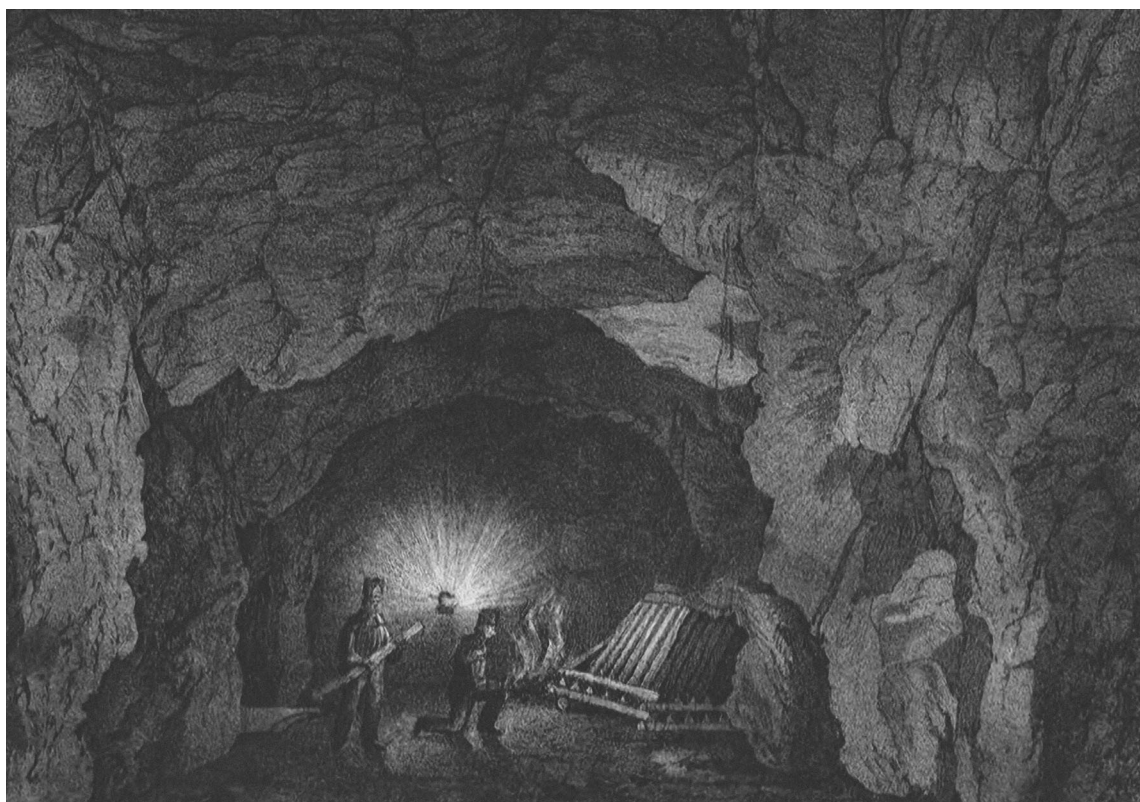
Humboldtove »evdiometrične postaje«, raztresene po Evropi od Jadrana do Severnega morja, so obsegale razpon nadmorskih višin od globin rudnikov na Frankovskem in Saškem do višine skoraj 2.500 metrov v švicarskih Alpah. Tako

¹⁴ Humboldtovo pismo Jean-Baptistu Boussingaultu, 5. 8. 1822, v: *Lettres américaines d'Alexandre de Humboldt*, ur. Ernest-Théodore Hamy (Pariz: Librairie Orientale et Américaine, 1905), 287. Prim. Dettelbach, »Romanticism and Administration«, 163.

¹⁵ Humboldtovo pismo Carlu Freieslebnu, 2. 10. 1796, v: *Jugendbriefe*, 530.

celinsko omrežje naj bi povežalo instrumente v Parizu, Berlinu in Ženevi – najpomembnejših evropskih središč proizvodnje barometrov in drugih fizikalnih naprav – z delovno silo v rudarskih središčih, med katero so bili tudi rudniški delavci, sposobni izvajanja meritev, »tudi kadar me ni tu«.

Ta raziskovalni program se je zgledoval po lokalni eksperimentalni skupnosti, ki ji je pripadal Humboldt, v rudnikih pruske Frankovske. Rudarski tehniki različnega ranga niso le uporabljali kemijske instrumente, kot je evdiometer – steklen valj z merilom, prilagojenim, da prikazuje drobne spremembe v volumnu zraka. Izvajali so tudi takrat že uveljavljene rudarske (*bergmännisch*) preizkuse, pri katerih so vihteli rudarske svetilke z odprtim ognjem, da so razbirali atmosferske značilnosti rova – ali gori belo ali modro, svetlo ali šibko. To je bila bolj tradicija rudniških delavcev, ne toliko tistih, ki so bili izobraženi na Saški



Slika 2: Rovski ogenj v rudniku Zwitterstock v Alternbergu, Ehregott Leberecht Meutzner. *Saxonia: Museum für sächsische Vaterlandskunde*, zv. 5 (Dresden: Peitzsch, 1841), Bayrische Staatsbibliothek München, 4 Germ. sp. 299 da–5.

akademiji za rudarstvo, kot sta bila Humboldt in njegov dopisnik Freiesleben. Ti rudniški praktiki so bili odlično izurjeni v prižiganju tako imenovanih rovskih ognjev (slika 2), s katerimi so po podzemnem labirintu vrat, prezračevalnih jaškov in mehov ustvarjali toplotne tokove, ki so pod zemljo ponovno povlekli svež zrak. Za te metode je bilo potrebno kompleksno znanje o kroženju zraka in obvladovanje spretnosti, s katerimi lahko ljudje manipulirajo s klimatskimi razmerami.

Zgodnja atmosferska znanost se je torej odvijala tako nad tlemi kot pod njimi, na kraju, ki ga je Humboldt imenoval »podzemno nebo«.¹⁶ Med njegovimi ključnimi sodelavci so bili nižji uradniki delavskega izvora, kot sta Eberhard Friedrich Killinger (1770–1826) in Heinrich Ludwig Sievert (1772–1818), pa tudi več rudniških delovodij in delavcev. Sievert je ustanovil eksperimentalne postaje v rudnikih v Arzbergu, da bi preizkusil različne tehnologije rudarskih svetilk v različnih atmosferskih pogojih, kakršne so krojile strukturne značilnosti tamkajšnjih rudniških jaškov. Killinger je s svojimi poskusi zajel rudnike v Goldkronachu in Stebnu ter vse do Kaulsdorfa. Ko se je leta 1796 skoraj zadušil, je s tem dokazal učinkovitost nove rudarske svetilke, ki jo je Humboldt zasnoval po vrsti »odločilnih preizkusov«.¹⁷ Toda Humboldtova navidez nova znanost »podzemeljske meteorologije« je črpala tudi iz že razvitih eksperimentalnih praks in nomenklature same industrije. Že rudniški delavci so govorili o sistemu rudniških zrakov (*die Grubenwetter*), ki so bili razdeljeni v dva razreda, na vidne in na nevidne, odvisno od njihove reakcije na plamen. Tako imenovani »topli zrak« so z dihanjem ustvarjali sami rudarji, kar naj bi bilo menda zaznavno po njegovem sladkobnem vonju. Hlapi žvepla in arzena, ki so jih sproščali rovske ognji, pomešani s postanim zrakom, so ustvarjali »hladni zrak«. »Udarni zrak«, najzloglasnejši od vseh podzemnih zrakov, pa je bil posledica izpridene vode, ki nepremešana zastaja v »starcu«, kar je rudarski žargon za opuščen rov.¹⁸

¹⁶ Alexander von Humboldt, »Ueber Grubenwetter und die Verbreitung des Kohlenstoffs in geognostischer Hinsicht«, *Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre, Arzneygelehrtheit, Haushaltungskunst und Manufakturen* 2 (1795): 105.

¹⁷ Alexander von Humboldt, *Ueber die unterirdischen Gasarten und die Mittel, ihren Nachtheil zu vermindern: Ein Beytrag zur Physik der praktischen Bergbaukunde* (Braunschweig: Vieweg, 1799), 268–70, 278, 307; Humboldtovo pismo Freieslebnu, 17. 1. 1796, v: *Jugendbriefe*, 514–15.

¹⁸ Johann Joachim Lange, »Von Zuführung frischer Wetter in ein Gebäude«, v: *Einleitung zur Mineralogia Metallurgica* (Halle: Curt, 1770), 176–77.

Rudniki so bili laboratoriji za nove znanosti o zrakih, med katerimi je bilo tudi porajajoče se polje *Klimatologie*.¹⁹ Ta izraz je leta 1806 skoval isti freiberški kemik, Wilhelm August Lampadius (1772–1842), ki je z rudarji delal na preizkušanju »humboldtovske svetilke«.²⁰ Ti preizkusi so bili zasnovani znotraj širšega področja atmosfarske vede, pri čemer sta Humboldt in Lampadius prevzela številne že znane tehnike svojih podrejenih. Približno v času Killingerjevih preizkusov je eksperimentalna skupina saških rudniških nadzornikov, izmenovodij in delovodij štiri nove svetilke odnesla v vrsto podzemnih »postaj«, od koder so rezultate pošiljali Humboldtu v Bayreuth. Lampadius je sicer najbolj znan po svojem sistemu osvetljevanja mestnih ulic v Freibergu s plinskimi svetilkami. Podal pa se je tudi v podzemne postaje tega mesta, da bi proučil lokalne mešanice »kislega plina«, »dušljivega plina« in »kisika«, predvsem da bi spremljal njihov »vpliv na tiste, ki se gibljejo po rudnikih«.²¹ V teh preizkusih so bili eksperimentatorji obenem subjekt in objekt raziskovanja.

Minljivo telo rudarja je imelo v teh novonastajajočih podnebnih znanostih dolgo posmrtno življenje. V rudniku so orodja in instrumenti delovali v tesni spreghi s telesnimi čuti. Ostri vonji, pekoče oči in oteženo dihanje so bili prav toliko merilo zlohotnih zrakov kot svetilka, evdiometer ali barometer; v podzemni meteorologiji so bili vsi združeni. Zgodovinarji so prav v tem spajanju afekta in tehnične iznajdljivosti videli ključno značilnost humboldtovske znanosti, prepoznavne po stapljanju kulture prefinjene senzibilnosti z natančnimi instrumenti.²² V *physique du monde* so instrumenti nastopali kot podaljšek opazovalca – »novi organi«, je zapisal Humboldt – medtem ko so učenjakove fino uglašene

¹⁹ Patrick Anthony, »Mining as the Working World of Alexander von Humboldt's Plant Geography and Vertical Cartography«, *Isis* 109, št. 1 (2018): 28–55; Patrick Anthony, »Mines, Mountains, and the Making of a Vertical Consciousness in Germany, ca. 1800«, *Centaureus* 62 (2020): 612–30.

²⁰ Humboldtov članek o »Grubenwetter«, v: *Chemische Annalen*, zv. 2 (1795), je bil napisan kot pismo Lampadiusu. Gl. tudi Walter Schellhas, »Alexander von Humboldt und Freiberg in Sachsen«, v: *Alexander von Humboldt. Seine Bedeutung für den Bergbau und die Naturforschung* (Berlin: Akademie Verlag, 1960), Freiburger Forschungshefte, D 33, 95–96.

²¹ Humboldt, *Ueber die unterirdischen Gasarten*, 380–83.

²² John Tresch, »Even the Tools will be Free: Humboldt's Romantic Technologies«, v: *The Heavens on Earth: Observatories and Astronomy in Nineteenth-Century Science and Culture*, ur. David Aubin, Charlotte Bigg in H. Otto Sibum (Durham: Duke University Press, 2010), 251–84.

sposobnosti zaznave delovale kot »‘barometer’ duše«. ²³ Morda se zdi, da je »visoka« kultura senzibilnosti in estetske presoje neskončno oddaljena od podzemnih dvoran, v katerih so delavci preizkušali *Wetter* s svetilkami in drugimi instrumenti. Toda rudnik je bil ključni model za raziskovanje atmosfere, ki ga je med različnimi »postajami« koordinirala ekipa dobro opremljenih in občutljivih opazovalcev. Nekatero spremembo v ozračju so tako subtilne, je v svoji knjigi o podzemni meteorologiji iz leta 1799 zaključil Humboldt, da se izmuznejo »našim bolj grobim instrumentom« in jih lahko zazna le »tako občutljiv termoskop, kot so naši živalski organi«. ²⁴ Še v svojem epskem delu fizike sveta iz leta 1845, *Kosmos*, je Humboldt »klimo« opredelil kot atmosferske spremembe, ki »opazno vplivajo na naše čutilne organe«. ²⁵ Srednjeevropski rudnik je bil torej obenem model in instrument fizike sveta.

Vertikalni imperiji Novega sveta

Klasično delo te tradicije klimatološke vede so zemljevidi izoterm, ki prikazujejo razporeditev toplote po zemeljski obli. Ti zemljevidi prikazujejo »izolinije«, ki se širijo po planetu in zamejujejo raznolika okolja na osnovi ene same meritve: temperature. Na njihov potek po zemeljski obli vplivajo oceani, vetrovi in – kar je bilo za Humboldtovo formulacijo bistveno – spremenljiva višina terena. Humboldtov esej iz leta 1817, *Des lignes isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe*, na splošno velja za začetek globalnega meteorološkega raziskovanja: izrazito evropski program, ki je združil podatke z vseh daljnih koncev evropskih imperijev. ²⁶ A vendar se je opiral na že obstoječi sistem špansko ameriške znanosti, ki je postavila opazovalne točke na različne vzpetine. ²⁷ Tako kot je podzemeljska me-

²³ Dettelbach, »Face of Nature«, 499, 491.

²⁴ Humboldt, *Ueber die unterirdischen Gasarten*, 115.

²⁵ Alexander von Humboldt, *Kosmos: Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*, zv. 1 (Stuttgart: Cotta, 1845), 340. Prim. James Rodger Fleming in Vladimir Jankovic, »Revisiting Klima«, *Osiris* 26, št. 1 (2011): 5–6.

²⁶ Cannon, »Humboldtian Science«, 95–96; Theodore S. Feldman, »Late Enlightenment Meteorology«, v: *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*, ur. Tore Frängsmyr, J. L. Heilbron in Robin E. Rider (Berkeley: University of California Press, 1990), 177; Dettelbach, »Romanticism and Administration«, 133–54; Dettelbach, »Face of Nature«, 481–82.

²⁷ Cañizares-Esguerra, »How Derivative Was Humboldt?«, 148–65; Alberto Gómez Gutiérrez, »Caldas and Humboldt in the Andes: Who Invented Biogeography?«, v: *The Invention of Humboldt: On the Geopolitics of Knowledge*, ur. Mark Thurner in Jorge Cañizares-Esguerra, (New York: Routledge, 2022), 76–115. Za špansko ameriško naravoslovje na splošno gl.

teorologija temeljila na že obstoječih praksah rudniških delavcev, se je ta model razvil iz kolonialne infrastrukture, zlasti rudarskih obratov, umeščenih visoko v gorske grebene v obeh Amerikah, imenovane Kordiljere. V tem kordiljerskem sistemu znanosti so bili popisi geologije, pokrajine in meteorologije vodeni iz visokih postojank v andski Bogoti oziroma v Ciudadu de México, ki so koordinirale opazovalce in instrumente, raztresene med gorami in planotami, nižavji in obalami. Fizika sveta je tu dobila obliko, ki jo zgodovinarji imenujejo španski »vertikalni imperij«, sistem upravljanja, ki si je prizadeval mobilizirati delo, kovine, koruzo in druge vire v horizontalnem in vertikalnem prostoru.²⁸

Humboldtov znameniti esej o izotermah se pravzaprav začne s pojasnilom, kako sta veliki andski mesti Bogota in Quito skupaj z visokogorskimi rudarskimi kompleksi v Huancavelici v Peruju ali v Santa Bárbari v zvezni državi Chihuahua omogočili dotlej nepredstavljivo mapiranje temperaturnih zakonitosti v odnosu do višine.²⁹ Te visoke postojanke je po nemško poimenoval *Bergstädte*: »Časniki, ki se tiskajo v *Bergstädte* na višini do 9.000 čevljev na neznanski širjavi od 28 ° severno do 40 ° južno« – tj. od mehiške zvezne države Chihuahua do južnega Čila – »vsak dan objavljajo odčitke termometrov, barometrov in higrometrov.«³⁰ Pogled s teh kordiljerskih postaj nam torej razkrije, da je bil Humboldtov izotermni program izrisan na španskem vertikalnem imperiju.

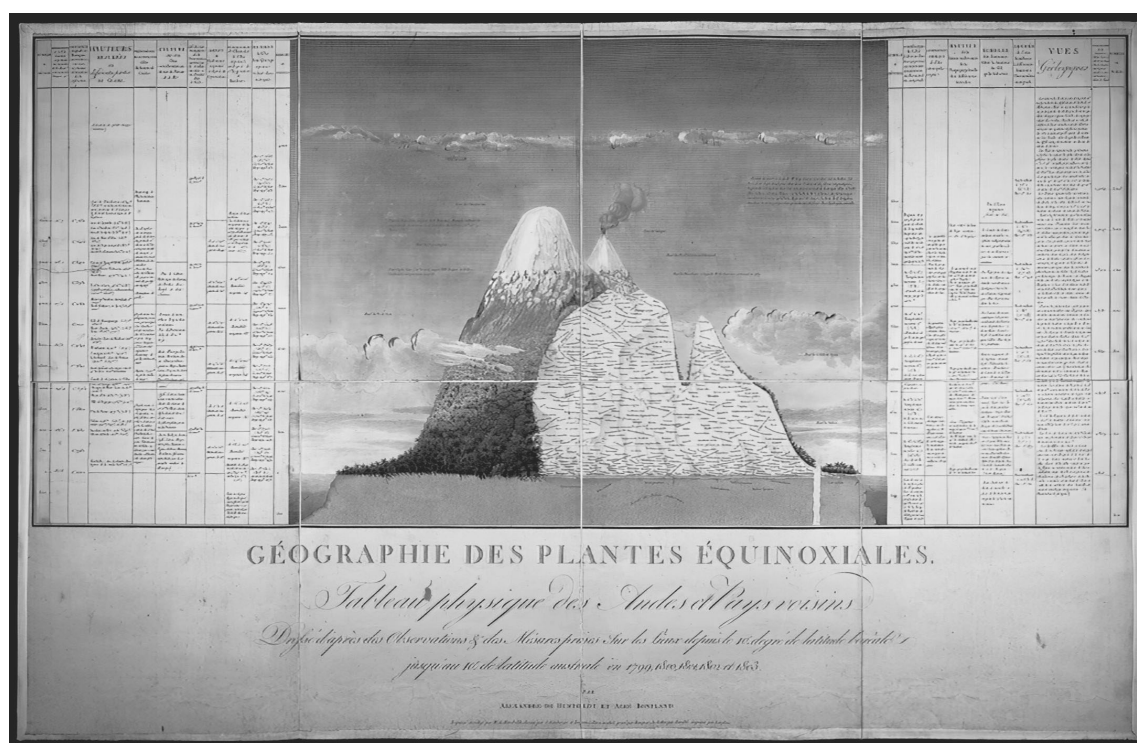
Ključna osebnost v kordiljerski znanosti je bil kolumbijski učenjak Francisco José de Caldas (1768–1816). Caldas je izviral iz kreolske elite, ki je bila rojena v španski Ameriki, a je poudarjala svoje evropsko poreklo. Že šest let pred Humboldtovim prihodom v severne Ande se je Caldas ukvarjal z vertikalno kartografijo andskih rastlinskih območij. S tehniko, imenovano »niveliranje« (*nivelación*), je razporejal rastlinstvo glede na nadmorsko višino, pri čemer je

Daniela Bleichmar, *Visible Empire: Botanical Expeditions and Visual Culture in the Hispanic Enlightenment* (Chicago: University of Chicago Press, 2012).

²⁸ Jeremy R. Mumford, *Vertical Empire: The General Resettlement of Indians in the Colonial Andes* (Durham: Duke University Press, 2012).

²⁹ Alexandre de Humboldt, »Des lignes isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe«, *Mémoires de physique et de chimie, de la société d'Arcueil* 3 (1817): 465. Poljudni angleški prevod je: »Abstract of Baron Humboldt's Dissertation on Isothermal Lines, and the Distribution of Heat over the Globe«, *The London Medical and Physical Journal* 46, št. 3 (1821): 287–306.

³⁰ Alexander von Humboldt, »Ueber die Hauptursachen der Temperatur-Verschiedenheit auf dem Erdkörper«, *Annalen der Physik und Chemie* 11, št. 1 (1827): 7.



Slika 3: *Tableau physique des Andes*, Humboldt in Aimé Bonpland po sestavnih delih: preglednica in profil. *Essai sur la géographie des plantes* (Pariz: Schoell, 1805), Peter H. Raven Library, Missouri Botanical Garden, Biodiversity Heritage Library.

rastlinsko geografijo kartiral po barometričnih profilih. Dejansko ni naključje, da je Humboldt prve osnutke svoje znamenite *Tableau physique* (slika 3) ustvaril kmalu po srečanju s Caldasom v ekvadorskem mestu Ibarra v začetku leta :1802.³¹ Humboldtov *Tableau* je prikazal naravne pojave ekvatorialnega območja – rastlinstvo, geologijo in kmetijstvo, lastnosti ozračja, električni naboj in podobno – na idealiziranem prerezu Andov.

79

Ta projekt se je neposredno opiral na andske učenjake, kot sta bila Caldas in izjemni bogotski botanik José Celestino Mutis. Prek njih je *Tableau* črpal iz iberoameriške kozmografije, ki je – pod močnim vplivom staroselskih svetovnih

³¹ Gl. Alexander von Humboldt in Aimé Bonpland, *Essay on the Geography of Plants*, ur. Stephen T. Jackson, prev. Sylvie Romanowski (Chicago: University of Chicago Press, 2009). *Tableau physique* so dolgo obravnavali kot tipično Humboldtovo iznajdbo, čeprav ga je treba postaviti v kontekst obsežne zbirke ponazoritvenih grafik in rudarskih profilov v evropski in latinskoameriški vizualni kulturi.

nazorov – v Andih videla presek vseh zemeljskih podnebij.³² Davno preden sta Caldas ali Humboldt izrisala kordiljerska rastlinska območja, so si staroselske andske družbe že organizirale življenje na osnovi povezav med višavskimi in nižavskimi gospodarstvi, s pašniki za lame in alpake v višavju, terasastimi njivami krompirja in koruze nekoliko nižje ter zelenjavo in kokinimi listi v vročem nižavju.³³ Humboldtova znanost je te višinske svetove staroselskega gospodarstva in kreolske kartografije, dosti starejše od njegovega kratkega obiska, dobesedno preslikala.

Kreolski strokovnjaki kot Caldas so imeli za skeptičnost do vihravega Prusa dobre razloge. Vskočil je v špansko kulturo naravoslovnega raziskovanja, v kateri so se ekspedicije »merile v desetletjih, ne enomestnih številkah«, piše Daniela Bleichmar, »pri čemer so se pogosto zabrisovale meje med ekspedicijo in institucijo«.³⁴ Poleg tega so bile za fiziko sveta potrebne ne posamične meritve pojavov, temveč stabilne opazovalne baze, ki so bile podatke o temperaturi, zračnem tlaku in vremenskih vzorcih zmožne kopičiti skozi tedne, mesece in leta.³⁵ Humboldt se je torej vrnil in si prisvojil take dolgoročne operacije, kot jih je Caldas izvajal v Andih. Boussingault, ki mu je Humboldt opisoval svoje sanje o kordiljerskih inštitutih, je bil dejansko Caldasov naslednik v observatoriju v Bogoti.³⁶ Pri tem je pomembno, da je bil Boussingault tudi rudarski inženir, ki je

³² Mark Thurner, »Peruvian *Desencuentro*: Humboldt's Fog, Unanue's Light«, v: *The Invention of Humboldt: On the Geopolitics of Knowledge*, ur. Mark Thurner and Jorge Cañizares-Esguerra (New York: Routledge, 2022), 208; Cañizares-Esguerra, »How Derivative Was Humboldt?«, 148–65; Gutiérrez, »Caldas and Humboldt in the Andes«, 76–115.

³³ J. V. Murra, »El 'control vertical' de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades Andinas«, v: *Visita de la provincial de León de Huánuco en 1562*, zv. 1 (Huánuco, Peru: Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 1972), 427–76; J. V. Murra, »Limits and Limitations of the 'Vertical Archipelago' in the Andes«, v: *Andean Ecology and Civilization* (Tokyo: University of Tokyo Press, 1985), 15–20.

³⁴ Bleichmar, *Visible Empire*, 21–22.

³⁵ O skepsi do mobilnih znanstvenikov gl. Dorinda Outram, »On Being Perseus: New Knowledge, Dislocation, and Enlightenment Exploration«, v: *Geography and Enlightenment*, ur. David N. Livingstone in Charles W. J. Withers (Chicago: University of Chicago Press, 1999), 281–94; Neil Safier, *Measuring the New World: Enlightenment Science and South America* (Chicago: University of Chicago Press, 2008), 36–39, 236–40; Naylor in Schaffer, »Nineteenth-Century Survey Sciences«, 139.

³⁶ Richard H. Grove, *Green Imperialism: Colonial Expansion, Tropical Island Edens, and the Origins of Environmentalism, 1600–1860* (Cambridge: Cambridge University Press, 1995), 375–79.

dobil stolicco na novo skovani šoli za rudarstvo v Kolumbiji po njeni osamosvojitvi od Španije.

To dejstvo je pomembno, saj nakazuje širše razmerje med raziskovanjem in industrijo v praksi fizike sveta. Prav tako kot Bogota je tudi Real Seminario de Minería v Ciudadu de México zagotavljal točno take vrste instrumentov in človeških virov, kot jih je potrebovala fizika sveta. Tam je Humboldt naletel na astronavigacijsko opremo Adamsa in Ramsdena ter Lenoirja in Berthouda, vodilnih proizvajalcev iz Londona in Pariza.³⁷ Humboldt je med svojim bivanjem v Seminariu v letu 1803 in začetku leta 1804 ob pomoči široke mreže kreolskih rudarskih tehnikov ustvaril geografski atlas neprimerljivega obsega. Zemljevidi, ki so pokrivali vso kolonijo, so bili objavljeni pod njegovim imenom leta 1811 v Parizu z naslovom *Atlas géographique et physique du royaume de la Nouvelle-Espagne*. Toda tudi ti zemljevidi so v bistvenem temeljili na delu polihistor-skih zemljemercev, risarjev in matematikov v Seminariu. Juan José de Oteyza, študent v Seminariu leta 1803, je bil dejaven računar astronomskih podatkov, potrebnih za Humboldtov *Atlas*.³⁸ Oteyza je Humboldtu tudi priskrbel zemljemerske podatke iz Pueble na ravninah južno od Popocatépetla. Oteyzov učitelj matematike Manuel Ruiz de Tejada je popis razširil proti vzhodu z meritvami iz Xalape, kar je omogočilo ključno povezavo z Veracruzom na obali Mehiškega zaliva.³⁹ Ti podatki so omogočili profile mehiškega ozemlja v velikem merilu, kakršne sta v prvih osnutkih v Seminariu za Humboldta izrisala študenta Rafael Dávalos in Juan José Rodríguez.⁴⁰

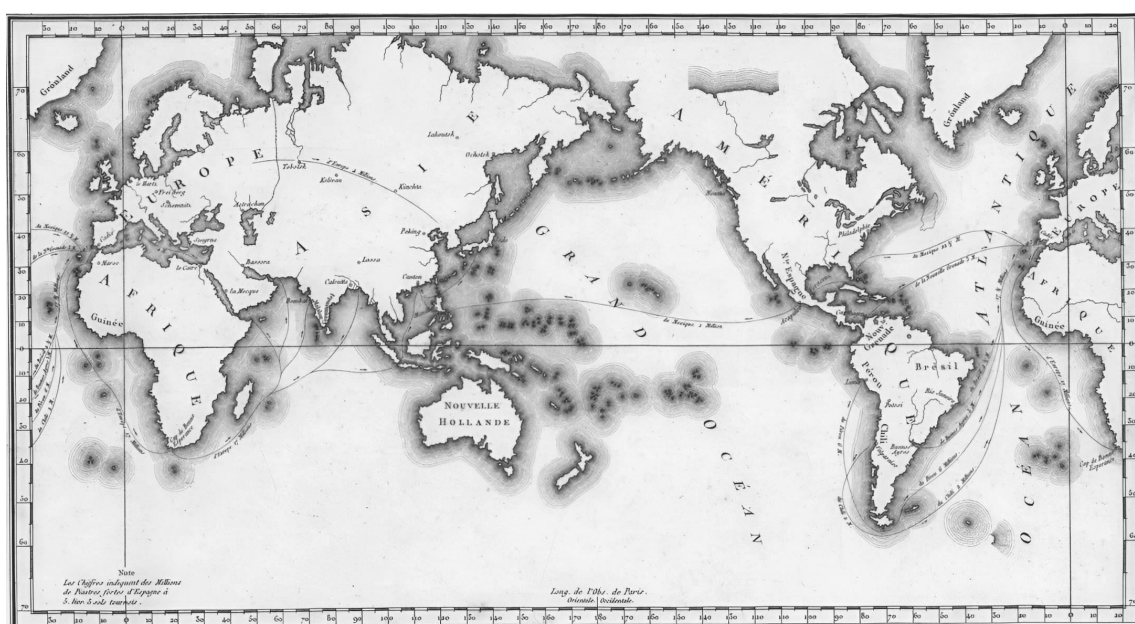
³⁷ Hanno Beck, ur., *Alexander von Humboldts Amerikanische Reise*, 8. izd. (Wiesbaden: Verlagshaus Römerweg, 2018), 275–76.

³⁸ Ulrike Leitner, »Alexander von Humboldts Tagebuchnotizen auf dem Weg von Mexico-Stadt nach Veracruz«, v: *Alexander von Humboldt von Mexiko-Stadt nach Veracruz. Tagebuch*, ur. Ulrike Leitner (Berlin: Akademie Verlag, 2005), 21–28, 34–36. Gl. tudi Ulrike Leitner, »Humboldt's Works on Mexico«, *HiN – Alexander von Humboldt Im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien* 1, št. 1 (2000): 30–44; prim. Ulrike Leitner, »Aus dem Humboldt-Nachlaß: Juan José de Oteyzas Beschreibung der Pyramiden von Teotihuacán«, *HiN – Alexander von Humboldt Im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien* 7, št. 12 (2006): 6–30.

³⁹ Leitner, »Humboldts Tagebuchnotizen«, 25.

⁴⁰ Alexander von Humboldt, »Geographische Einleitung«, v: *Alexander von Humboldt Werke*, zv. 4, ur. Hanno Beck (Darmstadt: WBG, 2008), 81.

Humboldt je mnoge od teh kreolskih in španskih izvorov fizike sveta namenoma marginaliziral.⁴¹ Kot sta nedavno izpostavila Miruna Achim in Gabriela Goldin Marcovich, so številne Humboldtove knjige in atlasi Amerike videti kot »kurirane razstave«, ki le malo povedo o procesih, s katerimi si je prisvajal ameriška znanja. »V tem novem humboldtovskem redu stvari je kaj malo sledu o krhkosti in negotovosti stvari samih ali o človeških odnosih, ki jih te stvari izražajo,« sta zapisala, »niti ne dobimo zares občutka, kakšne vrste dela so bile potrebne za prenos zraka, kamnov, starin in rokopisov iz Mehike v Pariz.«⁴² Vendarle pa nam dejstvo Humboldtove odvisnosti od struktur, kot je mehiški rudarski



Slika 4: »Zemljevid različnih poti, po katerih kovinsko bogastvo priteka z enega kontinenta na drugega«. Alexander von Humboldt, »Carte des diverses routes par lesquelles les richesses métalliques refluent d'un continent à l'autre«, 1803, David Rumsey Map Collection, <https://www.davidrumsey.com/luna/servlet/detail/RUMSEY-8~1~1884~170022:Routes-par-lesquelles-les-richesses>.

⁴¹ Prim. Gregory T. Cushman, »Humboldtian Science, Creole Meteorology, and the Discovery of Human-Caused Climate Change in South America«, *Osiris* 26, št. 1 (2011): 16–44.

⁴² Miruna Achim in Gabriela Goldin Marcovich, »Air in a Flask: The Mexican Making of Humboldt's Objects of Knowledge«, v: *The Invention of Humboldt: On the Geopolitics of Knowledge*, ur. Mark Thurner in Jorge Cañizares-Esguerra (New York: Routledge, 2022), 234.

aparatus, ponuja bolj prizemljen opis fizike sveta, ki jo umešča v prakse kreolskih rudarskih tehnikov in njihovih dvojnikov v Andih.

Po Humboldtovih objavah sicer donijo odmevi, a v mistificiranih oblikah. Humboldtov mehiški atlas je kartiral tako tokove mineralnih surovin kot toplote (slika 4). Kasneje, v tridesetih letih 19. stoletja, je Humboldt razvil pojmovanje svetovnega mineralnega gospodarstva kot naravnega pojava, »ki tako kot tekočine sledi zakonom ravnovesja«. ⁴³ V tej globalni viziji so gospodarski pretresi odkrivanja in izčrpavanja virov le nihanja okoli povprečnih vrednosti:

Porast relativne vrednosti zlata v primerjavi s srebrom v času splošnega povečanja proizvodnje se lahko zgodi prav tako zlahka kot začasna depresija barometra in porast temperature ob močnem severovzhodnem vetru. Pri meteoroloških spremembah v ozračju lahko tako kot pri velikem prometu s plemenitimi kovinami sočasno deluje več motečih vzrokov. ⁴⁴

Kot kaže ta odlomek, se je fizika sveta razvijala sočasno z globalno ekonomijo: zakoni, ki vladajo naravnemu svetu, naj bi enako veljali tudi za svet gospodarstva, je zatrjeval Humboldt. ⁴⁵ To je zgovoren relikv znanosti, ki je bila utemeljena na specifičnih oblikah ozemeljskega širjenja in plenjenja mineralnih virov, za namene katerega so tudi nastale opazovalne »postojanke« v rudnikih in gorovjih. In tako kot krogotoki mineralnih surovin, ki jih je kartiral Humboldt, se je tudi ta znanost porodila iz večimperijskih omrežij, ki so Srednjo Evropo povezovala z imperijema v Latinski Ameriki in ruski Evraziji.

Izočrte in mejne črte v Evraziji

Naslednja frontna črta fizike sveta je bil ruski vzhod, kjer je Humboldta leta 1829 najel ruski cesar, da opravi popis rudniških obratov in rudnega bogastva.

⁴³ Alexander von Humboldt, »Ueber die Schwankungen der Goldproduktion mit Rücksicht auf staatswirthschaftliche Probleme«, *Deutsche Vierteljahrs Schrift* 2, št. 4 (1838): 31; Alexander von Humboldt, *An Essay on the Fluctuations in the Supplies of Gold, with Relation to the Problems of Political Economy* (London: Simpkin, Marshall & Co., 1839).

⁴⁴ Humboldt, »Ueber die Schwankungen«, 31.

⁴⁵ Ulrich Päßler, »A Political Economy of Nature: Alexander von Humboldt's Essay on the Fluctuations in the Supplies of Gold«, *HiN – Alexander von Humboldt Im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien* 28, št. 34 (2017): 81–92.

Konkretno, želeli so, da se Humboldt pridruži že potekajočemu iskanju uralskih diamantov in svetuje glede izvedljivosti uvedbe platinaste valute v cesarstvu. Potovanje se je podaljšalo daleč vzhodno od Uralskega gorovja, do rudnikov v Altaju na meji s Kitajsko pod dinastijo Qing, in se vrnilo nazaj prek severne Kazaške stepe. Tu se je fizika sveta prepletla z evrazijsko geopolitiko in dobesedno napovedala povečanje imperija s področjem tako imenovane »azijske meteorologije«.⁴⁶ V okviru te znanosti so bile izotermne črte izrisane na zemljevide ob militariziranih linijah ruskega cesarstva, ki so potekale 2.000 kilometrov vzhodno od južnega Urala, vzdolž reke Irliš. Vanje je bila vključena vrsta utrjenih industrijskih mestec (*zavodi*) in postojank (*kreposti*), ki so jih varovali kozaki. Južno od te linije so ležali pašniki in puščave, ki danes sestavljajo državo Kazahstan, še južneje pa mestni državi oziroma kanata Hiva in Kokand ter rodovitne doline Transoksanijske. Ko je Humboldt leta 1829 prečkal Ural, je torej vstopil v Sibirijo ravno v času, ko se je Rusija usmerila v agresivno politiko širjenja proti jugu v polpuščavska prostranstva Srednje Azije.⁴⁷

Atmosferske raziskave, ki jih je Humboldt izvajal v Mehiki in Andih, je zdaj znova začel v Kazaški stepi, tokrat s pomočjo »psihrometra«, ki ga je iznašel njegov pruski rojak Ernst Ferdinand August. August je svojo novo napravo preizkušal v gričevju Harz leta 1828; a širšo javnost je dosegla šele, ko jo je Humboldt uporabil na obalah Kaspijskega morja in v »solnatih stepah« Sibirije. Humboldtova vloga je pravzaprav bila, da je psihrometer umeril za stepo. Princip psihrometra je, da meri stopnjo hlajenja, ki je posledica izhlapevanja. Meritelj je moral preprosto odčitati temperaturo na dveh bučkah živega srebra, od katerih je bila ena suha in izpostavljena zraku, druga pa ovita z mokro tkanino, ki se je napajala iz posodice z vodo. Večja kot je bila med njima razlika, bolj suh je bil zrak; enaka temperatura je pomenila stotoletno vlago.

⁴⁶ Alexander von Humboldt, *Central-Asien: Untersuchungen über die Gebirgsketten und die vergleichende Klimatologie*, prev. Wilhelm Mahlmann, 2 zv. (Berlin: Klemann, 1844), 2: 20–21.

⁴⁷ Alexander Morrison, *The Russian Conquest of Central Asia: A Study in Imperial Expansion, 1814–1914* (Cambridge: Cambridge University Press, 2020); James Forsyth, »The Siberian Native Peoples Before and After Russian Conquest«, v: *The History of Siberia: From Russian Conquest to Revolution*, ur. Alan Wood (London: Routledge, 1991), 79; David N. Collins, »Subjugation and Settlement in Seventeenth and Eighteenth-Century Siberia«, v: *The History of Siberia: From Russian Conquest to Revolution*, ur. Alan Wood (London: Routledge, 1991): 37–56.

Psihrometrični poskusi leta 1829 so iz severne Kazaške stepe naredili svetovno referenčno točko, soizmerljivo z drugimi skrajno suhimi okolji. Triintrideset opazovanj, posredovanih Augustu v Berlin, je bilo narejenih vzdolž ruske meje: v zaporniškem prehodnem centru v Tobolsku, v rudarskih izpostavah v Altaju, na utrjeni liniji na Irlišu, v nemški koloniji v stepi in v Astrahanu na kaspjski obali.⁴⁸ Zrak v »Platovski stepi« med rekama Irliš in Ob je bil tako suh, da je temperaturna razlika 9,2 stopinje Réaumurja med obema bučkama pomenila, da se rosa ne more tvoriti, dokler se temperatura zraka ne spusti za kakih 22 stopinj (rosišče pod zmrziščem).⁴⁹ To je bil, kot je izjavil Humboldt, »najbolj suh zrak, ki je bil kadarkoli izmerjen v zemeljskih nižavjih«.⁵⁰ Še bolj osupljivo je bilo, da se je stepla po tem zdela približno enakovredna Boussingaultevi nedavno izmerjeni nasičenosti pri 26 stopinjah v Quitu. Tu, je zatrdil, je šlo za še eno odstopanje od »naravnega reda«, kot ga definira idealni atmosferski steber, v katerem se suhost z nadmorsko višino večja. Dejstvo, da si nižinska stepla z nadmorsko višino okoli 100 metrov deli atmosferske značilnosti z višinskim andskim mestom, je kraja zaznamovalo kot globalni anomaliji, kot klimo ne-reda.

Stepska znanost suhosti ozračja je bila model za imperialno meteorološko raziskovanje, v katerem so bili rudarji in obmejni naseljenci kmalu opremljeni s podobnimi napravami. Ko je klimatolog Wladimir Köppen premišljeval o dramatičnem širjenju ruskega cesarstva v 19. stoletju, je zapisal, da »ruskemu vojaku z osupljivo hitrostjo sledi ruski opazovalec« in z njim »uporaben, neprekinjen niz meteoroloških podatkov«.⁵¹ Prvotno pa je klimatologija dejansko sledila ruskemu rudarju. Kot je leta 1837 premišljeval baltski nemški fizik Adolph Kupffer: »majhni observatoriji, posebej zasnovani za opazovanja, so bili zgrajeni na

⁴⁸ E. F. August, *Ueber die Fortschritte der Hygrometrie, in der neuesten Zeit, eine physicalische Vorlesung ... in dem Cölnischen Rathause statt findenden öffentlichen Prüfung der Zöglinge des Cölnischen Real-Gymnasii* (Berlin: Nietack, 1830), 25–27.

⁴⁹ Uredniška opomba: Réaumurjeva temperaturna lestvica je prav tako kot Celzijeva opredeljena s tališčem in vreliščem vode, le da slednjega definira pri 80 stopinjah. Razmerje med vrednostmi po Réaumurjevi in Celzijevi skali je posledično 4 proti 5.

⁵⁰ Humboldt, *Central-Asien*, 2: 49.

⁵¹ Wladimir Köppen, »Die gegenwärtige Lage und die neuern Fortschritte der Klimatologie«, *Geographische Zeitschrift* 1, zv. 10/11 (1895): 613, citirano v: Deborah R. Coen, *Climate in Motion: Science, Empire, and the Problem of Scale* (Chicago: University of Chicago Press, 2018), 12.

različnih lokacijah, pomembnih za ministrstvo za rudnike». ⁵² Šola za rudarstvo v Sankt Peterburgu je služila tudi kot »*observatoire normal*« za urjenje rudarjev za vsakdanja merjenja temperature, zračnega tlaka in magnetne deklinacije. Začeni z letom 1829, kot je kasneje opisoval Humboldt, se je »veriga magnetnih in meteoroloških postaj« od Sankt Peterburga razširila proti vzhodu do Urala in dalje čez Sibirijo prek Altaja. ⁵³ Severnouralski rudarski tehniki v Bogoslovsku so na primer zagotavljali »vnet in izobražen« korpus podnebnih opazovalcev, ki so se že »zanimali za to vrsto raziskovanja«. Pustil jim je zalogo termometrov, da spremljajo »povprečne dnevne, mesečne in letne temperature« – prav take podatke, kot jih potrebuje izotermna kartografija. ⁵⁴ Točno take vrste podatki so bili potrebni za izdelavo zemljevidov povprečnih vrednosti po ozemlju imperija skrajnosti. Po drugi strani pa je cesarski Korpus rudarskih inženirjev zagotavljal prav takšne računarje, na katere klimatologija »lahko računa«. To je Humboldt oznanil Ruski akademiji znanosti leta 1829, ko je opisoval »neizmerne koristi«, ki jih »geoatmosferika« obeta za »širjenje imperija«. ⁵⁵

»Rudarska« podlaga ruske meteorologije je bila formalizirana z imenovanjem Kupfferja za profesorja v »Glavnem observatoriju korpusa rudarskih inženirjev« (Главная Обсерватория Горного Инженерного Корпуса) leta 1834. ⁵⁶ Kupffer je v mnogih pogledih utelešal geoatmosferiko. Šolal se je na Cesarski univerzi v Dorpatu (danes Tartu v Estoniji) in je prehitel Humboldtovo potovanje z lastnim mineraloškim popisom južnega Urala leta 1828. Naslednje leto je vodil geomagnetno ekspedicijo na goro Elbrus na ruski kavkaški meji, ki se je časovno ujemala s Humboldtovimi in Helmersenovimi poskusi v Kazaški stepi. Njegovemu imenovanju na meteorološko stolico na šoli za rudarstvo v Sankt Peterburgu je sledila objava njegovega dela *Navodila za meteorološka in magnetna opazovanja, sestavljena za rudarske uradnike* (1836), prevedenega iz francoščine v

⁵² A. T. Kupffer, *Observations météorologiques et magnétiques faites dans l'étendue de l'empire de Russie* (Sankt Peterburg, 1837), v–vi, xi.

⁵³ Humboldt, *Central-Asien*, 2: 292.

⁵⁴ Humboldt, 2: 42.

⁵⁵ »Discours de M. Alexandre de Humboldt 16. Nov. 1829«, v: *Alexander von Humboldt Briefe aus Russland 1829*, ur. Eberhard Knobloch, Ingo Schwarz in Christian Suckow (Berlin: Akademie Verlag, 2009), 281–83.

⁵⁶ A. T. Kupffer, *Recueil des actes de la séance publique de l'Académie impériale des sciences de St.-Petersbourg* (Sankt Peterburg, 1834), 10.

ruščino in nemščino.⁵⁷ Kot je zapisano v Kupfferjevem prvem tabelaričnem poročilu leta 1837, so bila navodila izdelana, da bi rudarskim uradniki lahko prevzeli »naloge opazovalcev v ustanovah v notranjosti [severne Evrazije] [...], v katerih se sledi rigoroznemu in enotnemu sistemu, tako pri razporeditvi ur kot pri izbiri instrumentov in metod opazovanja«. ⁵⁸ Osemkrat na dan so merili zračni tlak, temperaturo zraka in tlak vodnih hlapov, obenem pa še količino padavin in električni naboj. Med podatki, ki jih je Kupffer zbiral iz teh rudarskih postojank, so bile tudi psihrometrične preglednice. Ti podatki so bili vključeni ne le v velikanski evrazijski okvir, temveč tudi v čezhemisfersko primerjavo z ameriškimi observatoriji.

Sklepi: Berlin med imperiji

Humboldta včasih častijo kot začetnika novega obdobja v mednarodnem znanstvenem sodelovanju. Znamenito je pismo, ki ga je napisal Kraljevi družbi v Londonu, v katerem se je zavzel za koordinacijo magnetnih in meteoroloških postaj po vseh evropskih imperijah. Pri tem je lahko že navajal zglede observatorijev pod Kupfferjevim okriljem v metalurških središčih po Sibiriji, od šole za rudarstvo v Barnaulu (Altaj) do epicentra imperijskega sistema kazenskega izгона v Nerčinsku.⁵⁹ Tudi Boussingault je s svoje postaje v Andih pošiljal podatke o urnem odklonu magnetne igle, ki jih je bilo mogoče primerjati z odčitki globoko v nemških rudnikih in v daljnih sibirskih vojaških postojankah.⁶⁰ Humboldtov ognjeviti poziv k mednarodnemu sodelovanju je bil sam po sebi odraz obstoječih sistemov imperija in črpanja surovin, ki je nemške rudarje povezoval s kolegi na vzhodu in zahodu.

⁵⁷ Adolph Kupffer, *Instructions pour faire des observations météorologiques et magnétiques* (Sankt Peterburg, 1836); Руководство к деланию магнетических и метеорологических наблюдений (Sankt Peterburg, 1841), npr. ББК 26.23, predsedniška knjižnica Borisa Jelcina.

⁵⁸ Kupffer, *Observations météorologiques*, vi–vii.

⁵⁹ »Letter from Baron von Humboldt to His Royal Highness the Duke of Sussex, K. G., President of the Royal Society of London, on the Advancement of the Knowledge of Terrestrial Magnetism, by the Establishment of Magnetic Stations and Corresponding Observations«, *The London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science*, št. 9 (1836): 42–53.

⁶⁰ »Letter from Baron von Humboldt to His Royal Highness the Duke of Sussex«, 46.

Povedno je, da so bile nekatere od prvih globalnih projekcij izoterm natisnjene prav v Berlinu, prestolnici pruske države, ki sicer ni imela lastnega imperija.⁶¹ Berlinska znanstvena skupnost je kljub temu v svetovnem informacijskem redu uživala privilegirani položaj, saj je ležala med ameriškim in evrazijskim imperijem. Berlin je bil medimperijska metropola znanosti. Za to se ima v veliki meri zahvaliti dolgi tradiciji nemških rudarjev, kot je Humboldt, ki so bili angažirani v oddaljenih imperijskih projektih, zlasti v španskem in ruskem imperiju.⁶² Toda kot prikazuje ta članek, se iz teh globoko utečenih sistemov kroženja niso razvile le svetovne geološke vede. Od Prusije do Ciudad de México in čez Sibirijo so se raziskave ozračja koordinirale prek rudarskih ustanov, pa tudi vojaških mejnih postojank. Dejansko so mejni observatoriji, ki jih je v dvajsetih letih 19. stoletja postavljala agresivna republika ZDA, ponudili še en pomemben model za sibirski sistem, ustanovljen v naslednjem desetletju.⁶³

Ne v Združenih državah ne v Ruskem cesarstvu, temveč v Berlinu leta 1838 je Humboldtov krog fizikov in kartografov vsa ta raztresena opazovanja zbral v sintetični portret razporeditve toplote na Zemlji (slika 1). Severna Amerika in Evrazija sta bili s črtami enakih temperatur, zalučanimi čez severno hemisfero, povezani v na videz nepretrgano področje izometrične znanosti. Sliko so spremljali tabelarni profili, ki so vzporejali višine »nove« in »stare« celine. Še več, projekcija Zemlje na sliki je dobresedno globalna – se pravi, v obliki krogle –, prav tako kot je svojo splošnost in globalnost oznanjala *physique du monde*. Ta

⁶¹ Za Srednjo Evropo in njeno imperijsko in kolonialno zgodovino gl. Moritz von Brescius, *German Science in the Age of Empire: Enterprise, Opportunity and the Schlagintweit Brothers* (Cambridge: Cambridge University Press, 2019) in Bernhard C. Schär, »Switzerland, Borneo and the Dutch Indies: Towards a New Imperial History of Europe, c. 1770–1850«, *Past and Present* 257, št. 1 (2022): 134–67.

⁶² O srednjeevropskih rudarjih v iberski Ameriki gl. Heidi V. Scott, »Taking the Enlightenment Underground: Mining Spaces and Cartographic Representation in the Late Colonial Andes«, *Journal of Latin American Geography* 14, št. 3 (2015): 12–13, 20; Jakob Vogel, »Lost in Imperial Translation? Circulating Mining Knowledge Between Europe and Latin America Around 1800«, v: *Transnational Cultures of Expertise: Circulating State-Related Knowledge in the 18th and 19th Centuries*, ur. Lothar Schilling in Jakob Vogel (Berlin: De Gruyter, 2019): 129–46; Tomás Bartoletti, »Global Territorialization and Mining Frontiers in Nineteenth-Century Brazil: Capitalist Anxieties and the Circulation of Knowledge Between British and Habsburgian Imperial Spaces, ca. 1820–1850«, *Comparative Studies in Society and History* 65 (2023): 81–114.

⁶³ Humboldt, »Ueber die Hauptursachen«, 6–7; Humboldt, »Discours de M. Alexandre de Humboldt«, 281.

novi občutek globalnosti je bil dejansko ustvarjen skozi široko razprostranjeno in pogosto neprepoznano sodelovanje rudniških delavcev, kreolskih učenjakov, ruskih osvajalcev novih meja in dobro situiranih Prusov.

Prevedel Andrej E. Skubic

Izjava o raziskovalnih podatkih

Za podporo tej raziskavi niso bili pridobljeni ali analizirani nobeni novi podatki.

Literatura

- Achim, Miruna, in Gabriela Goldin Marcovich. »Air in a Flask: The Mexican Making of Humboldt's Objects of Knowledge«. V: *The Invention of Humboldt: On the Geopolitics of Knowledge*, uredila Mark Thurner in Jorge Cañizares-Esguerra, 233–58. New York: Routledge, 2022.
- Anthony, Patrick. »Mines, Mountains, and the Making of a Vertical Consciousness in Germany, ca. 1800«. *Centaurus* 62 (2020): 612–30.
- . »Mining as the Working World of Alexander von Humboldt's Plant Geography and Vertical Cartography«. *Isis* 109, št. 1 (2018): 28–55.
- . *Unearthed: Science and Environment Across Mineral Frontiers*. Chicago: University of Chicago Press, 2026, pred izidom.
- August, Ernst Ferdinand. *Ueber die Fortschritte der Hygrometrie, in der neuesten Zeit, eine physicalische Vorlesung ... in dem Cölnischen Rathause statt findenden öffentlichen Prüfung der Zöglinge des Cölnischen Real-Gymnasii*. Berlin: Nietack, 1830.
- Bartoletti, Tomás. »Global Territorialization and Mining Frontiers in Nineteenth-Century Brazil: Capitalist Anxieties and the Circulation of Knowledge Between British and Habsburgian Imperial Spaces, ca. 1820–1850«. *Comparative Studies in Society and History* 65 (2023): 81–114.
- Beck, Hanno, ur. *Alexander von Humboldts Amerikanische Reise*. 8. izdaja. Wiesbaden: Verlagshaus Römerweg, 2018.
- Beckert, Sven. *Empire of Cotton: A Global History*. New York: Vintage, 2014.
- Bleichmar, Daniela. *Visible Empire: Botanical Expeditions and Visual Culture in the Hispanic Enlightenment*. Chicago: University of Chicago Press, 2012.
- Brescius, Moritz von. *German Science in the Age of Empire: Enterprise, Opportunity and the Schlagintweit Brothers*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.
- Bruhns, Karl. *Alexander von Humboldt: Eine wissenschaftliche Biographie*. 2 zvezka. Leipzig: Brockhaus, 1872.
- Cañizares-Esguerra, Jorge. »How Derivative Was Humboldt? Microcosmic Nature Narratives in Early Modern Spanish America and the (Other) Origins of Humboldt's Ecological

Sensibilities». V: *Colonial Botany: Science, Commerce, and Politics in the Early Modern World*, uredila Londa Schiebinger in Claudia Swan, 148–65. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2005.

Cannon, Susan Faye. *Science in Culture: The Early Victorian Period*. New York: Science History Publications, 1978.

Coen, Deborah R. *Climate in Motion: Science, Empire, and the Problem of Scale*. Chicago: University of Chicago Press, 2018.

Collins, David N. »Subjugation and Settlement in Seventeenth and Eighteenth-century Siberia«. V: *The History of Siberia: From Russian Conquest to Revolution*, uredil Alan Wood, 37–56. London: Routledge, 1991.

Cushman, Gregory T. »Humboldtian Science, Creole Meteorology, and the Discovery of Human-Caused Climate Change in South America«. *Osiris* 26, št. 1 (2011): 16–44.

Dettelbach, Michael. »The Face of Nature: Precise Measurement, Mapping, and Sensibility in the Work of Alexander von Humboldt«. *Studies in the History and Philosophy of Biology and Biomedical Sciences* 30, št. 4 (1999): 473–504.

———. »Global Physics and Aesthetic Empire: Humboldt's Physical Portrait of the Tropics«. V: *Visions of Empire: Voyages, Botany, and Representations of Nature*, uredila David Philip Miller in Hanns Reill, 258–92. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

———. »Humboldtian Science«. V: *Cultures of Natural History*, uredili Nicholas Jardine, James A. Secord in Emma C. Spary, 287–304. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

———. »Romanticism and Administration: Mining, Galvanism and Oversight in Alexander von Humboldt's Global Physics«. Doktorska disertacija, University of Cambridge, 1992.

Endres, Rudolf. »Die preußische Ära in Franken«. V: *Expansion und Integration: Zur Eingliederung neugewonnener Gebiete in den preußischen Staat*, uredil Peter Baumgart, 169–94. Vienna: Böhlau, 1984.

Fan, Fa-ti. »The Global Turn in the History of Science«. *East Asian Science, Technology and Society: An International Journal* 6, št. 2 (2012): 249–58.

90 Feldman, Theodore S. »Late Enlightenment Meteorology«. V: *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*, uredili Tore Frängsmyr, J. L. Heilbron in Robin E. Rider, 143–77. Berkeley: University of California Press, 1990.

Fleming, James Rodger, in Vladimir Janković. »Revisiting *Klima*«. *Osiris* 26, št. 1 (2011): 1–15.

Forsyth, James. »The Siberian Native Peoples Before and After Russian Conquest«. V: *The History of Siberia: From Russian Conquest to Revolution*, uredil Alan Wood, 69–91. London: Routledge, 1991.

Grove, Richard H. *Green Imperialism: Colonial Expansion, Tropical Island Edens, and the Origins of Environmentalism, 1600–1860*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

- Hamy, Ernest Théodore. *Lettres américaines d'Alexandre de Humboldt: précédées d'une notice de J.-C. Delamétherie et suivies d'un choix de documents en partie inédits*. Pariz: Librairie Orientale et Américaine, 1905.
- Humboldt, Alexander von. »Abstract of Baron Humboldt's Dissertation on Isothermal Lines, and the Distribution of Heat over the Globe«. *The London Medical and Physical Journal* 46, št. 3 (1821): 287–306.
- . *Briefe Alexander's von Humboldts an seinen Bruder Wilhelm herausgegeben von der Familie von Humboldt in Ottmachau*. Stuttgart: Cotta, 1880.
- . *Central-Asien: Untersuchungen über die Gebirgsketten und die vergleichende Klimatologie*. 2 zvezka. Prevedel Wilhelm Mahlmann. Berlin: Klemann, 1844.
- . »Des lignes isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe; par Alexandre de Humboldt«. *Mémoires de physique et de chimie, de la société d'Arcueil* 3 (1817): 462–602.
- . *An Essay on the Fluctuations in the Supplies of Gold, with Relation to the Problems of Political Economy*. London: Simpkin, Marshall & Co., 1839.
- . *Essay on the Geography of Plants*. Uredil Stephen T. Jackson. Prevedla Sylvie Romanowski. Chicago: University of Chicago Press, 2009.
- . »Geographische Einleitung«. V: *Mexico-Werk*, uredil Hanno Beck. Zv. 4 *Alexander von Humboldt Werke*. Darmstadt: WBG, 2008.
- . *Kosmos: Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*. 5 zvezkov. Stuttgart: Cotta, 1845–1862.
- . »Letter from Baron von Humboldt to His Royal Highness the Duke of Sussex, K. G., President of the Royal Society of London, on the Advancement of the Knowledge of Terrestrial Magnetism, by the Establishment of Magnetic Stations and Corresponding Observations«. *The London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science* 9 (1836): 42–53.
- . »Lettre de F. Humboldt à M. Pictet, professeur de philosophie à Genève«. *Magasin encyclopédique, ou Journal des Sciences, des Lettres et des Arts* 1, št. 6 (1795/96): 462–72.
- . *Ueber die unterirdischen Gasarten und die Mittel, ihren Nachtheil zu vermindern*. Braunschweig: Vieweg, 1799.
- . »Ueber die Hauptursachen der Temperatur-Verschiedenheit auf dem Erdkörper«. *Annalen der Physik und Chemie* 11, št. 1 (1827): 1–27.
- . »Ueber die Schwankungen der Goldproduktion mit Rücksicht auf staatswirthschaftliche Probleme«. *Deutsche Vierteljahrs Schrift* 2, št. 4 (1838): 1–40.
- . »Ueber Grubenwetter und die Verbreitung des Kohlenstoffs in geognostischer Hinsicht«. *Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre, Arzneigelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufakturen* 2 (1795): 99–119.
- Jahn, Ilse, in Fritz G. Lange, ur. *Die Jugendbriefe Alexander von Humboldts, 1787–1799*. Berlin: Akademie, 1973.

- Klein, Ursula. *Nützliches Wissen: Die Erfindung der Technikwissenschaften*. Göttingen: Wallstein, 2016.
- . »The Prussian Mining Official Alexander von Humboldt«. *Annals of Science* 69 (2012): 27–68.
- Knobloch, Eberhard, Ingo Schwarz in Christian Suckow, ur. *Alexander von Humboldt: Briefe aus Russland 1829*. Berlin: Akademie Verlag, 2009.
- Köppen, Wladimir. »Die gegenwärtige Lage und die neuern Fortschritte der Klimatologie«. *Geographische Zeitschrift* 1, zv. 10/11 (1895): 612–28.
- Kupffer, A. T. *Instructions pour faire des observations météorologiques et magnétiques*. St. Petersburg, 1836.
- . *Observations météorologiques et magnétiques faites dans l'étendue de l'empire de Russie*. St. Petersburg, 1837.
- . Руководство к деланию магнетических и метеорологических наблюдений. St. Petersburg, 1841.
- . *Recueil des actes de la séance publique de l'Académie impériale des sciences de St.-Pétersbourg*. St. Petersburg, 1834.
- Lange, Johann J. *Einleitung zur Mineralogia Metallurgica*. Halle: Curt, 1770.
- Leitner, Ulrike. »Alexander von Humboldts Tagebuchnotizen auf dem Weg von Mexico-Stadt nach Veracruz«. V: *Alexander von Humboldt von Mexiko-Stadt nach Veracruz. Tagebuch*, uredila Ulrike Leitner. Berlin: Akademie Verlag, 2005.
- . »Aus dem Humboldt-Nachlaß: Juan José de Oteyza Beschreibung der Pyramiden von Teotihuacán«. *HiN – Alexander von Humboldt Im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien* 7, št. 12 (2006): 6–30.
- . »Humboldt's Works on Mexico«. *HiN – Alexander von Humboldt Im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien* 1, št. 1 (2000): 30–44.
- Moore, Jason. *Capitalism and the Web of Life: Ecology and the Accumulation of Capital*. London: Verso, 2015.
- Morrison, Alexander. *The Russian Conquest of Central Asia: A Study in Imperial Expansion, 1814–1914*. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.
- 92 Mumford, Jeremy R. *Vertical Empire: The General Resettlement of Indians in the Colonial Andes*. Durham: Duke University Press, 2012.
- Murra, J. V. »El 'control vertical' de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades Andinas«. V: *Visita de la provincial de León de Huánuco en 1562*, zv. 1. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 1972.
- . »Limits and Limitations of the 'Vertical Archipelago' in the Andes«. V: *Andean Ecology and Civilization*. Tokyo: University of Tokyo Press, 1985.
- Naylor, Simon, in Simon Schaffer. »Nineteenth-Century Survey Sciences: Enterprises, Expeditions and Exhibitions.« V: »Nineteenth-Century Survey Sciences: Enterprises, Expeditions and Exhibitions«, uredila Simon Naylor in Simon Schaffer, 135–47. Posebna številka, *Notes and Records* 73 (2019).

- Outram, Dorinda. »On Being Perseus: New Knowledge, Dislocation, and Enlightenment Exploration«. V: *Geography and Enlightenment*, uredila David N. Livingstone in Charles W. J. Withers, 281–94. Chicago: University of Chicago Press, 1999.
- Pang, Alex Soojung-Kim. *Empire and the Sun: Victorian Solar Eclipse Expeditions*. Stanford: Stanford University Press, 2002.
- Päßler, Ulrich. »A Political Economy of Nature. Alexander von Humboldt's Essay on the Fluctuations in the Supplies of Gold«. *HiN – Alexander von Humboldt Im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien* 28, št. 34 (2017): 81–92.
- Pratt, Mary Louise. *Imperial Eyes: Travel Writing and Transculturation*. New York: Routledge, 1992.
- Raj, Kapil. *Relocating Modern Science: Circulation and the Construction of Knowledge in South Asia and Europe, 1650–1900*. London: Palgrave Macmillan, 2007.
- Roberts, Lissa. »Situating Science in Global History: Local Exchanges and Networks of Circulation«. *Itinerario* 33, št. 1 (2009): 9–30.
- Sachs, Aaron. *The Humboldt Current: Nineteenth-Century Exploration and the Roots of American Environmentalism*. New York: Penguin, 2006.
- Safier, Neil. »Global Knowledge on the Move: Itineraries, Amerindian Narratives, and Deep Histories of Science«. *Isis* 101, št. 1 (2010): 133–45.
- . *Measuring the New World: Enlightenment Science and South America*. Chicago: University of Chicago Press, 2008.
- Schär, Bernhard C. »Switzerland, Borneo and the Dutch Indies: Towards a New Imperial History of Europe, c. 1770–1850«. *Past and Present* 257, št. 1 (2022): 134–67.
- Schellhas, Walter. »Alexander von Humboldt und Freiberg in Sachsen«. V: *Alexander von Humboldt. Seine Bedeutung für den Bergbau und die Naturforschung*, Freiburger Forschungshefte, D 33, 83–108. Berlin: Akademie Verlag, 1960.
- Scott, Heidi V. »Taking the Enlightenment Underground: Mining Spaces and Cartographic Representation in the Late Colonial Andes«. *Journal of Latin American Geography* 14, št. 3 (2015): 7–34.
- Sivasundaram, Sujit. »Sciences and the Global: On Methods, Questions, and Theory«. *Isis* 101, št. 1 (2010): 146–58.
- Thurner, Mark. »Peruvian *Desencuentro*: Humboldt's Fog, Unanue's Light«. V: *The Invention of Humboldt: On the Geopolitics of Knowledge*, uredila Mark Thurner in Jorge Cañizares-Esguerra, 195–232. New York: Routledge, 2022.
- Thurner, Mark, in Jorge Cañizares-Esguerra, ur. *The Invention of Humboldt: On the Geopolitics of Knowledge*. New York: Routledge, 2022.
- Tresch, John. »Even the Tools Will be Free: Humboldt's Romantic Technologies«. V: *The Heavens on Earth: Observatories and Astronomy in Nineteenth-Century Science and Culture*, uredili David Aubin, Charlotte Bigg in H. Otto Sibum, 251–84. Durham: Duke University Press, 2010.

- Vanhaute, Eric. »Commodity Frontiers and the Global History of Capitalism: A Discussion about Sven Beckert's 'Empire of Cotton'«. *Journal of World History* 28, št. 1 (2017): 101–5.
- Vogel, Jakob. »Lost in Imperial Translation? Circulating Mining Knowledge Between Europe and Latin America Around 1800«. V: *Transnational Cultures of Expertise: Circulating State-Related Knowledge in the 18th and 19th Centuries*, uredila Lothar Schilling in Jakob Vogel, 129–46. Berlin: De Gruyter, 2019.
- Wulf, Andrea. *The Invention of Nature: Alexander von Humboldt's New World*. New York: Knopf, 2015.