

TESLA VAKUUMIST (ob 150-letnici rojstva)

Stanislav Južnič

Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko, Jadranska 19, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Pred poldrugim stoletjem je bil rojen Nikola Tesla, morda eden najbolj domiselnih raziskovalcev vakuumskih razelektritev do sedaj. Teslov spor z slovitim J. J. Thomsonom je opisan z različnih stališč. Povzete so poglobilne značilnosti Teslovih vakuumskih poskusov in povezave s slovenskimi deželami. Njegovim predhodnikom in sodobnikom v slovenskem prostoru smo posvetili še posebno pozornost.

Tesla's vacuum technique (150th anniversary of his birth)

ABSTRACT

Nikola Tesla was born 150 years ago as one of the best researchers of vacuum discharges. Tesla's quarrel with the famous J.J. Thomson was described in some detail. His scientific and other connections with Slovene lands were put in the limelight. The claim was forwarded about the high quality of Tesla's predecessors and contemporaries from Slovene lands.

1 UVOD

Nikola Tesla, potomec dalmatinskih Srbov, presejlenih v hrvaško Liko, kaže plodnost te versko in narodnostno mešane in težko preskušane pokrajine. Maturiral je na višji realki v Rakovcu pri Šubičevem prijatelju, fiziku Martinu Sekuliću, ki mu je zibka prav tako rekla v kamniti Liki. Prav v času Teslove mature je Poljanec Šubic objavil Telegrafijo, pred njo pa vrsto člankov v Radu Jugoslovanske akademije znanosti in umetnosti v Zagrebu, katere člana sta bila skupaj s Sekulićem.

Tesla je med študijem dveh letnikov (1877/1878) politehnike v Gradcu pri fiziku Pöschlu in matematiku Alléju srečeval univerzitetnega profesorja fizike Šubica in Dolenjca Klemenčiča. Klemenčič je meril za Teslo zelo zanimivo hitrost elektromagnetnih valov kot študent med letoma 1871/72 in 1875/76 ter kot demonstrator pri Boltzmannu leta 1877/78. Boltzmann se je ob začetku Teslovih študijev vrnil na graško univerzo; bil je najznamenitejši srednjeevropski strokovnjak za novo Maxwelllovo teorijo. Med najslavnejšimi prebivalci Gradca je bil med Teslovim študijem od leta 1871 upokojeni matematik in šolski nadzornik Franc Vitez Močnik; Tesla ni mogel mimo njegovih vplivov, ko se je po koncu svojih študijev nekaj časa udinjal kot gimnazijski predavatelj v domačem Gospiću. Tesla je med študijem bral dela Williama Crookesa o sevanju v elektronki in o domnevnem četrtem agregatnem stanju snovi. Ostarelega Crookesa

je tri desetletja pozneje obiskal v Londonu in se z njim pogovarjal predvsem o Williamovemu vnetemu raziskovanju spiritizma.

Leta 1878/79 je Tesla odšel za leto dni v Maribor; za delo v tehniški pisarni industrijskega inženirja je ob 60 gld mesečne plače služil še dodatke za uspešno delo. Tako je postal najprej strojni in šele pozneje onstran morja – elektroinženir. Zna biti, da se je mladi Nikola v svojem mariborskem času celo čezmerno vdajal igram na srečo ali drugim nečednostim. Zato tega obdobja svojega življenja ni nikoli posebno obešal na veliki zvon; morda je med Štajerkami našel kar svojo mladostno ljubezen, ki mu je pozneje do konca dni domala priskutila romantična doživetja. Malo po Teslovem odhodu je Maribor leta 1883 kot prvi v tem delu Evrope z žarnicami opremil svojo javno cestno razsvetljavo.¹ Dne 24. 5. 1892 je Tesla osebno dajal nasvete zagrebškemu županu in njegovim pomočnikom glede javne električne razsvetljave žarnic v Zagrebu² in je tako gotovo dobro preučil položaj v sosednjem Mariboru. Kljub zanimanju in naprednosti tedanjih mariborskih elektrotehnikov pa Tesla službe pri nas ni znal obdržati. Seveda nam je lahko samo žal.

V Mariboru si je Tesla prihranil dovolj denarja za študij v Pragi, ki pa se ga ni resneje lotil. Pozneje je



Slika 1: Portret Teslovega srednješolskega profesorja in rojaka Martina Sekulića z lastnoročnim podpisom

¹ Informacija Andreja Simona Lunežnika, prodekana za študentske zadeve Pedagoške fakultete Univerze v Mariboru

² Dadić, 2004, 12

postal častni doktor v Zagrebu; podobno je tudi Edison brez vsakih šol prišel do častnih doktoratov. Edison je pisanje novinarjev bolj obvladal, vendar je bila njegova metoda vsaj spočetka le poskus in popravek napake, medtem ko je Tesla bolj stavil na miselne eksperimente.

Leta 1882 je Tesla v Parizu pri podružnici Edisonvega podjetja CCE (*Compagnie Continentale Edison*) sodeloval z Edisonvim prijateljem Charlesom Batchelorjem (Batchellor). Pet let prej je Edison naročil Batchelorju, naj vtakne kos oglja v elektronko, izčrpano z navadno zračno črpalko. Zaradi slabega vakuuma je razžarjeni ogljik zgorel skoraj prav tako hitro kot na zraku;³ vsekakor pa se je pod Batchelorjevim pokroviteljstvom Tesla prvič seznanil z resnimi vakuumskimi poskusi.

CCE je v začetku leta 1883 poslala Teslo v Strasbourg; nadobudni mladenič pa je naslednje leto po priporočilu pariških prijateljev in Batchelorja odplul – k Edisonu v sanjski New York. Tako se mu je mudilo v Novi svet, da bi se malodane vkrcal kar brez hlač. V deželi nekoč divjih Indijancev je delal v Edisonov prid do pomladi 1885; nato je raje ustanovil Teslovo družbo za cestno razsvetljavo, le dobro leto po njeni vpeljavi v Mariboru. Naslednje leto je dokončal lasten domiseln sistem razsvetljave z obločnicami; o njem so naši predniki le desetletje po izumu lahko brali kar v domačem jeziku:

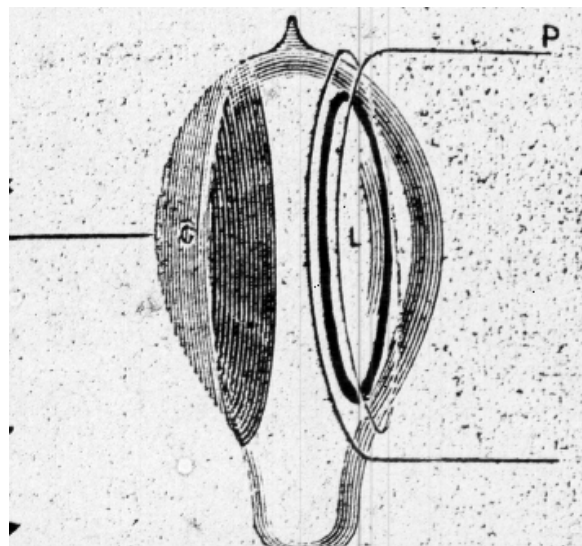
"Ako zvezemo dve kovinski plošči, ki stojita druga drugi nasproti, s Teslinimi toki, potem bivajo v vsem prostoru med njima zelo jake električne sile. Geisslerjeve cevi, katere prinesemo v tak prostor, se takoj bliščeče zasvetijo. To obnašanje Geisslerjevih cevij je rodilo v Tesli upanje, da mu bode mogoče upeljati novo, vse druge nadkriljujočo električno razsvetljavo. V prostoru, katerega bi hoteli na ta način razsvetliti, bi vzdali v dve nasprotni steni velike kovinske plošče ter jih zvezali s Teslinimi toki. Potem bi se na vsakem kraju tega prostora svetila Geisslerjeva cev, katero bi prosto, brez žice prenašali in postavljali na poljubna mesta. Žal, da smo še precej oddaljeni od te idealne razsvetljave".⁴ 110 let pozneje je oddaljenost še vedno tu ... Kako dolgo še?

2 TESLOVI ELEKTRONI IN RENTGENSKI ŽARKI V CROOKESOVI VAKUUMSKI CEVI

Tesla je seveda »predhodnik« številnih odkritij, pripisanih drugim: rentgenskih žarkov, laserja, Marconijevega radia, elektronskega mikroskopa, inducirane radioaktivnosti, pospeševalnika nabitih delcev ...

Oglejmo si predvsem poučno zgodbo o njegovem "odkritju" elektrona v polemiki z veljavnim odkriteljem, J. J. Thomsonom.

Teslov prijatelj in poznejši hud nasprotnik T. K. Martin,⁵ urednik newyorškega *The Electrical Engineer*, je junija 1891 objavil povzetek pisanja londonske revije *Electrician* o J. J. Thomsonovem opisu električnega praznjenja v vakuumu pred Fizikalnim društvom. Dva tedna pozneje je Martin objavil še podobna razmišljanja ameriškega profesorja Elihuja Thomsona.⁶ Naslednji teden je svoj lonček v isti reviji pristavil še Tesla, ki je tisti čas v svojem newyorškem laboratoriju raziskoval vzpostavitev elektromotorne sile in svetlikanja v vakuumski elektronki, najraje brez elektrod s krepko indukcijo v močnem elektromagnetnem polju. Tesla je svoje domislice izmenjeval z Alfredom G. Braunom iz *Western Union Telegraph Company*. Z ene strani zataljeno cev je podaljšal v obliko navadne vakuumske žarnice, vanjo vtaknil bakreno ali celo pozlačeno pločevino ter opazoval svetlobni krog med bakrom in steklenim ogrodjem. Vidni učinki so bili veliko večji, ko je bil baker bližje steklu, gretje stekla pa je kazalo, da ga **delci** bombardirajo v pravokotni smeri. Pri poskusih z izmeničnimi tokovi nizkih frekvenc je pojave pripisoval elektrostatičnim vplivom, medtem ko se J. J. Thomsonu delitev elektrike na statično in dinamično v tem spletu okoliščin sploh ni zdela smiselna. Thomson se je celo premalo prepričljivo izgovarjal Tesli, da pisanja



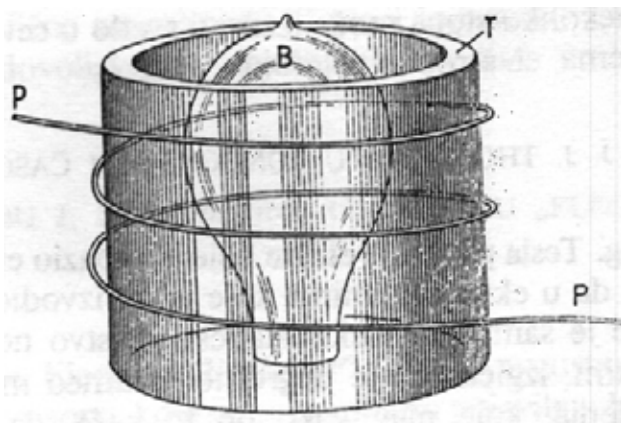
Slika 2: Teslova steklena kroglava navadne žarnice, obkrožena z enim ali dvema bakrenima zavojema vodnika P, in svetlobni krog L, nastal zaradi praznjenja (Tesla, Nikola. 1. 7. 1891. Electric Discharge in Vacuum Tubes. *The Electrical Engineer* (New York). A-16)

³ Edison, 1994, XXXVI, 540–547

⁴ Dadić, 1982, 305; Šubic, 1897, LXIV

⁵ Jovanović, 1998, 11

⁶ Horvat, 1988, 265, 271; Paar, 2004, 38–39



Slika 3: Teslova steklena cev T okoli vakuumske posode B za povečanje specifične indukcije (Tesla. 1. 7. 1891)

Electriciana o svojem lastnem govoru pred Fizikalnim društvom ni niti prebral.

Seveda mu Tesla kot dober sin našega nedavno še bratskega naroda nikakor ni ostal dolžan; odgovoril je takoj, čim je Thomsonovo londonsko obrambo Martin ponatisnil v svojem newyorškem glasilu. Tesla je svoj zapis končal z domala preroško trditvijo, da je "opaženi pojav posledica gibanja majhnih **nabitih delcev**, ki z veliko hitrostjo trkajo ob molekule plina." Thomson se seveda tisti čas še ni strinjal s Teslo, čez slabih 6 let pa toliko bolj, saj je tedaj nenadoma razglasil svoje odkritje elektrona. Kdor zna, pač zna. Ubogi Tesla pa je spet enkrat ostal z dolgim nosom.

Leta 1894 sta Tesla in asistent Alley opazila počrnitev fotografskih plošč ob praznjenju Crookesovih elektronk. V začetku naslednjega leta jima je newyorški laboratorij zgorel do tal, morda z majhno pomočjo ali celo zaslugom tekmecev; vseeno je Tesla takoj po Röntgenovem odkritju nadaljeval poskuse z

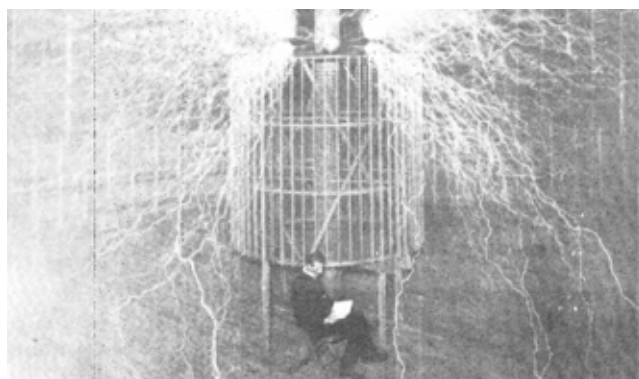


Slika 4: Tesla z žarnico za zaznavanje polja v newyorškem laboratoriju v času polemike z J. J. Thomsonom in Röntgenom (Muzej Nikole Tesle, Beograd)

⁷ Paar, 2004, 42-44

⁸ Tesla, 1999, 18, 67-68

⁹ Bokšan, 1932, 243, 264; Tesla, 1981, 75, 97



Slika 5: Nič hudega sluteči Tesla pod strelami svojega laboratorija v Coloradu

odbojem in drugimi lastnostmi novih žarkov.⁷ Dne 1. 8. 1896 in znova še 29. 8. 1896 si je žarke X narobe zamišljal kot drobne majhne delce za izbijanje naboja iz atomov.

V sporu s Thomsonom in Röntgenom je Tesla ostal bolj kratkih rokavov; raje se je lotil raziskovanja visokofrekvenčnega praznjenja v razredčenih plinih, kjer konkurentov tako rekoč ni bilo. Od maja 1899 do februarja 1900 je v Colorado Springsu preizkušal brezžični prenos visokih energij, svojo drugo veličastno iznajdbo po motorju v vrtljivem magnetnem polju izmeničnega večfaznega toka. Zemljo in zgornje plasti ozračja si je zamislil kot plošči ogromnega kondenzatorja s spodnjimi plastmi zraka kot izolatorjem. Domislica je bila nadvse podobna poznejšemu vesoljnemu modelu z Zemljo kot elektrodo vakuumske elektronke za zbiranje delcev severnega sija. Zdi se, da je Tesla v svojih miselnih poskusih pripisoval Zemlji previsoko električno prevodnost; rad se je prepogosto zanašal na občutek, ki pa ga je tu vendarle pustil na cedilu.

Tesla si je izbral Colorado, ker so tam strele kar najbolj pogoste, morebiti z izjemo znamenitih poletnih tornadov na ravninah Oklahome. Tesla je raziskoval pri 120 mm Hg do 150 mm Hg (1/6 do 1/5 bar) ob napetostih med dve in štiri milijonov voltov. Vmes je dne 4. 7. 1899 nadaljeval raziskovanja lastnosti Lenardovih in Röntgenovih žarkov.⁸

V Coloradu, kjer je poleti pogosto tako vroče, da dež kar izpari, preden pade na tla, je Tesla predvsem načrtoval prenos visokih električnih energij na velike razdalje. Večina raziskovalcev je po Ircu Georgu Francisu FitzGeraldenu menila, da uklon valov ob obliini Zemlje omogoča elektriki pot čez Atlantik. Tesla je podobno domnevo branil v patentnem spisu 24. 6. 1899 in še čez slabo leto v poljudni reviji *The Century Magazine* junija 1900.⁹

3 VISOKONAPETOSTNE RAZELEKTRITVE TESLOVIH SLOVENSKIH PREDHODNIKOV

Med predhodniki Teslovega raziskovanja strel so bili številni listi z naših gora, med njimi Jurij Vega in njegov učitelj. Avgusta 1775 je Vega končal študij filozofije v Ljubljani skupaj s Kranjčanom Fideliusom Poglajnom. Matematični in fizikalni del izpita sta vodila profesorja Jožef Jakob Maffei iz Gorice oziroma Šempetra in Gregor Schöttl.

Vegove izpitne teze so bile natisnjene v latinščini, privezali pa so jih pred nemški prevod Makove knjige. Maffei je Madžara Mako spoznal že med skupnim službovanjem na Terezijanišču, latinsko inačico Makove knjige pa so objavili tudi v Maffeievi domači Gorici. Tako si lahko mislimo, da je prav Maffei odločilno pripomogel k izbiri knjige, v katero so Vega in sošolci privezali svoje izpitne teze.

Objavo so, domiselno, posvetili Raabu;¹⁰ prav njemu je cesarica marca 1771 zaupala gradbena dela na vodah, po prepovedi jezuitskega reda leta 1773 pa ga je postavila za dvornega svetnika. Raab se je veliko ukvarjal z urejevanjem reke Mure; tako izbira posvetila ni mogla biti bolj posrečena. Raab je Vego in sošolca Poglajna kmalu po izpitu dal zaposliti prav pri Gruberjevih delih na Muri.

K izbiri knjige za privez Maffeievih izpitnih vprašanj so vplivale predvsem tesne povezave s prevajalcem, Maffeievim in Makovim dunajskim študentom Retzerjem. Retzer je dne 24. 5. 1782 stopil v novo ložo Resnična sloga. Istega leta je postal mojster; njegov vpliv pa je zaostajal kvečjemu za voditeljema lože, Bornom in Sonnenfelsom. Pripadal je celo najvišjim krogom reda iluminatov, ki ga je 1. 5. 1776 na Bavarskem ustanovil nekdanji jezuit Adam Weishaupt, profesor prava v Ingolstadt. Retzer je bil skupaj s Tobijo Gruberjem eden poglavitnih piscev Bornovega dunajskega prostozidarskega glasila. Objavil je manj odmevne raziskave o elektriki. Z Vego se je pogosto srečaval v loži, vendar ni pristvoval njegovemu sprejemu med prostozidarje. Leta 1800 je Retzer postal baron,¹¹ sočasno z dva meseca starejšim Vego.

Prevod Makove knjige je bil skupaj z originalom prvič objavljen na Dunaju leta 1772. Po rimski šegi oštevilčenemu uvodu je sledilo 125 strani glavnega teksta. Mako ni priložil slik razen skice neurja pred naslovnico, pod katero se je postavil s stihom iz Ovidovih Metamorfoz.

V uvodu je Mako opisal raziskovanja električne iskre. V prvem delu je poročal o naravi strele,¹² v drugem pa o blisku.¹³ Odobral je Franklinovo teorijo o višku s pozitivno in o primanjkljaju z negativno

¹⁰ Maffei, Tschokl, Schöttl, 1775, 1

¹¹ Sporočilo dr. Matevža Koširja, 3. 11. 2003

¹² Mako, 1775, 1–57

¹³ Mako, 1775, 59–125



Slika 6: Naslovnica Retzerjevega prevoda Makove knjige v prvi izdaji iz leta 1772



Slika 7: Strela ob morski obali, odtisnjena pred naslovnico prevoda Makove knjige, vezane ob izpitne teze profesorjev Maffeia, Schöttla in Tschokla, ki so jih zagovarjali Vega in sošolci avgusta 1775

elektriko.¹⁴ Benjamin Franklin je bil vpliven prostozidar in obenem dober prijatelj jezuita Boškovića ob prepletanju obeh družb, ki si očitno nista bili ravno vedno v laseh.

Vega in Maffei sta bila gotovo ponosna, ko sta videla, kako je Mako citiral celo Valvasorjevo Slavo¹⁵ z opisom dveh vodometov v Cerkljanskem jezeru. Ko je z neba bliskalo in streljalo, je stari dovtipnež Valvasor slišal donenje, kot da bi obenem tolkli ob različne pavke. Cerkljanska vodometna sta se mu zdela podobna votlinama. V enem je opazil svetlobo, iz drugega pa se je vzdigovala megla, nabrana ob neurju. Valvasor ni dvomil, da pojav povzroča elektrika, čeravno bi mu danes le težko verjeli na besedo. Boškovićeve prijatelj, izdelovalec prvih strelovodov v Torinu, piarist Giacomo Battista Beccaria, je poročal o podobnih vodnih vrtincih v Modeni.¹⁶ Gotovo je prav opis raziskovanj rojaka Valvasorja dokončno prepričal Maffeia, Vego in njegove sošolce, da so dali teze za svoj končni izpit vezati ravno v Makovo knjigo.

Na zadnjih dvajsetih straneh prvega dela je Mako povzel opazovanja strel po vsej Evropi. Leta 1761 je strela udarila v njegov domači dunajski akademski kolegij. Z bakrene strehe je stekla navzdol, ne da bi poškodovala leseno ohišje; nato je glasno udarila ob zvon. Od tam je po vodniku med trdnim ohišjem in streho prodrla v kapelo Sv. Ksaverja ter končno udarila v posrebreni in pozlačeni kip Matere Božje. Strela je leta 1770 ponovno zadela majhen stolp istega kolegija; potovala je po bakreni strehi, se spustila po železnih vratih in prodrla v sobe.¹⁷ Leta 1770 je spet nevarno počilo, tokrat v vrata dunajskega kolegija.¹⁸ Mako je opisal še bliskanje v Benetkah 26. 5. 1752 in 18. 6. 1764,¹⁹ neurje v Temišvarju 1. 2. 1772²⁰ ter nedavno strela, ki je stopila pozlačeno kroglo v Berlinu 20. 7. 1772.²¹ O dogodkih v Temišvarju mu je bržkone poročal tamkajšnji navigacijski ravnatelj, jezuit Tobija Gruber.

Nekdanji ljubljanski jezuit Biwald je postavil prvi strelovod na Štajerskem. Kranjci seveda niso zaostajali za sosedi; v nadaljevanju Maffeievega matematičnega dela izpita je ljubljanski profesor G. Schöttl v svoji zadnji, 38. fizikalni tezi obravnaval železni strelovod na drogu.²²

Maffeiev ljubljanski rektor Anton Ambschell je opisal strela v samostanski cerkvi Sv. Martina: "... leta

1782 je udarila strela tri milje južno od Ljubljane na Kranjskem v križ stolpa cerkve redovnic (...), od koder je skozi samostan stekla v zemljo." Dogodek je sprožil splošno zanimanje. Zato je Ambschell strelovod iz žice postavil na stolp visoke stavbe v bližini svojega ljubljanskega stanovanja in s tem postal pionir sodobne obrambe pred strelo med Kranjci. V strelovodih so tedanji neuki opazovalci pogosto videli novost dvomljivega slovesa. Tako je leta 1783 bodoči revolucionar, odvetnik Maximilian Robespierre, na sodišču v Arrasu branil francoskega plemiča, ki naj bi z nastavitvijo strelovoda vznemirjal sosede in celo samega gospoda župana. Dobrohotni Robespierre je bil tedaj obetajoč možak; njegovo usode polno prijateljevanje z giljotino se je razvilo komaj dobro desetletje pozneje.

V drugem delu knjige je Mako sprejel Franklinov pogled na naravo strele in številnih vremenskih pojavov.²³ Opisal je Bianchinijevo pismo (16. 12. 1758) o poskusih s strelo pri devinskem gradu "ob mejah Kranjske".²⁴ Celo stoletje pozneje se je za Bianchinijeva raziskovanja zanimal ljubljanski gimnazijski profesor fizike in poznejši ravnatelj Mitteis; v gimnazijskem šolskem poročilu je opisal še spor med Nolletom in Franklinom, kar pa se njegovim dunajskim kritikom ni zdelo ravno posrečeno. Dunajsko kritiko je objavil Grailich, predhodnik Jožefa Stefana, ki je malo pred tem kritiziral tudi Robido. Na slovenskem narodnostnem ozemlju so se začeli že zelo zgodaj zanimati za razelektritve. Naprave fizikalnih kabinetov niso bile namenjene zgolj dijakom. Zanimivejše nabave je gimnazijski profesor fizike med letoma 1853 in 1866, ravnatelj gimnazije in nekaj časa tudi realke, češki Nemeč Mitteis, preizkušal tudi pred izbrano družbo izobraženih someščanov na predavanjih pred Društvom kranjskega muzeja v Ljubljani. Zanimivosti so v Deželnem muzeju predstavljali tudi drugi. Tako je fizik Thomas Schrey, Mitteisov namestnik, 10. 12. 1856 dopolnil Mitteisovo predavanje o razvoju stereoskopa s prikazom najnovjših metod za merjenje jakosti električne iskre. Schrey je bil rojen leta 1830 v Logatcu, med letoma 1862 in 1870 je bil direktor ljubljanske realke, nato pa je odšel na realko v Celovec.

Mako je povzel Bianchinijev²⁵ poskus iz leta 1750, ko je zapičil v tla kot sveča ravno helebardo in jo

¹⁴ Mako 1775, 4

¹⁵ Valvasor, 1689, 50/4: 49; Mako, 1775, 41

¹⁶ Mako, 1775, 17, 42

¹⁷ Mako, 1775, 49

¹⁸ Mako, 1775, 72

¹⁹ Mako, 1775, 46, 47

²⁰ Mako, 1775, 77

²¹ Mako, 1775, 50

²² Maffei, Tschokl, Schöttl, 1775, 52

²³ Mako, 1775, 85

²⁴ Mako, 1775, 93–95

²⁵ Mako, 1775, 93

povezal z verigo. Opazil je svetlikanje, znano pod imenom "ogenj Sv. Helene" oziroma Sv. Erazma. Bianchini je ugotavljal, da je električna materija iz ozračja vstopila v helebardo. Poskus je trajal le četrt ure, nato pa so se nadobudni raziskovalci pred nevihto kar urno skrili pod streho devinskega gradu. Suha glava je še vedno več vredna od obetajočega znanstvenega odkritja. Grajski kastelan je bil Maffeiev boter Jožef Thurn-Hoffer, dokler ni Devina leta 1774 skupaj z gradovoma Sagredo in Vipulziano po njem prevzel mlajši brat, grof Janez Krstnik. Tako je Maffei dobro poznal delo Bianchinija, ki je leta 1754 opisal še izvir in tok ponikalnice Timav v pismu Goričanu Gvidu Kobencu.

Mako je vedel, da zvok ne premika zračnih gmot na večje razdalje. Zato je pravilno domneval, da se z zvonjenjem ne da učinkovito preganjati oblakov, ki grozijo s strelo.²⁶ Podobna stališča je leta 1778 zagovarjal tudi Korošec Joseph Herbert, dunajski profesor fizike in sodelavec ljubljanskega rektorja Ambschlla.

Mako je obravnaval razmeroma nove električne poskuse, denimo razprave, objavljene v Hannoveru leta 1761;²⁷ opisal pa je le malo lastnih odkritij. Boškovića ni omenjal, saj le-ta o elektriki ni veliko objavljal. Mako je bil eden najpomembnejših Boškovičevih zagovornikov, še posebno glede problemov vakuuma in neskončno majhnih količin, ki so se jih jezuiti naučili reševati šele z Boškovičevo fiziko. Ker so bili tudi ljubljanski jezuiti naklonjeni Boškovičevim idejam, je G. Schöttl njegovim »slavni krivulji sil« posvetili kar dve izpitni vprašanji;²⁸ izbira Makove knjige za privez izpitnih tez je bila tudi po tej plati povsem pričakovana.

4 TESLOVI SODOBNIKI RAZISKUJEJO RAZELEKTRITVE NA SLOVENSKEM

4.1 Vlacovich

Nicolò Vlacovich je bil slovanske gore list z otoka Brača. Med študijem na dunajski univerzi je ob Jožefu Stefanu raziskoval na Ettingshausnovem fizikalnem inštitutu. Ettingshausnov sin Albert se je pozneje leta 1893 v nastopnem rektorskem govoru na graški politehniko ponosno spominjal Teslovega nekdanjega šolanja v njihovi ustanovi.

V prvih letih v Kopru in Trstu je profesor Vlacovich razvil bogato znanstveno dejavnost; še posebej so ga veselili poskusi z elektriko, saj se je tržaško pristanišče razvijalo v pomembno središče fizikalnih in matematičnih ved. Med najpomembnejše

Sulla scarica istantanea della bottiglia di Leyda.

Memoria di Nicolò Vlacovich,

già allievo ordinario dell'Istituto di Fisica di Vienna, ora Professore di Matematica e Fisica al Ginnasio superiore di Capodistria.

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. Juli 1862.)

Le scariche della bottiglia di Leyda, come ad ognuno è noto, sono di due specie: la lenta cioè e l'istantanea. Ne' trattati di Fisica come pure nel trattato speciale sull'elettricità del De la Rive, mentre si dà una chiara spiegazione della scarica lenta, non si fa lo stesso dell'istantanea, della quale viene semplicemente asserito, che, quando le due armature vengono congiunte con un buon conduttore, le due elettricità contrarie si riuniscono attraverso l'aria producendo una scintilla accompagnata da forte scoppio. Il solo Matteucci v'aggiunge qualche considerazione e dice doversi dalle esperienze del Riess e del Beccaria concludere, che la scarica istantanea succede gradualmente. Questa appunto era la mia idea e per provarla io avea già scritta gran parte della presente memoria, allorchando mi fu dato di consultare il trattato del Riess sull'elettricità per strofinamento, il quale parimenti sostiene non potersi considerare la scarica come totale - istantanea, ma come successiva. Ne viene naturale la domanda, perchè i Fisici nei loro trattati posteriori ad ora che non sapessero dare alcuna precisa spiegazione su questo punto, pure non abbiano adottata l'opinione di questo Fisico, il quale specialmente in simili fenomeni è molto autorevole? — La poca importanza data all'opinione del Riess mi sembra che derivi da ciò, che da lui non venne dimostrata direttamente la necessità di considerare come successiva la scarica della bottiglia, ma si limitò a sostenere doversi assolutamente ammettere una successione nella scarica, perchè altrimenti alcuni effetti prodotti da essa sarebbero inesplicabili. Ecco infatti come egli si esprime: „Questo successivo annichilamento della carica viene dedotto dall'esperienza, in cui, se una parte del circuito viene

Slika 8: Prva stran dunajske izdaje Vlacovicheve razprave o iskrenju, kjer so ga predstavili kot nekdanjega rednega študenta Dunajskega fizikalnega inštituta in sedanjega profesorja v Kopru (Vlacovich, Nicolò. 1862. Sulla scarica istantanea della bottiglia di Leyda. *Wien.Ber.* 46: 531)

dosežke pri raziskovanju visokofrekvenčnih razelektritev na naših tleh spada Vlacovicheva razprava o trajanju električne iskre, objavljena v Kopru leta 1863. Nadaljeval je poskuse, ki jih je leto pred tem objavil v Italiji in na Dunaju. Vlacovicheva²⁹ iskra se le navidez naenkrat sproži; v resnici gre za vrsto zaporednih razelektritev, kot je vedel povedati tudi Tesla.

K novim razmišljanjem so Vlacovicha spodbudili poskusi o trajanju električne iskre, neodvisnem od tokokroga, v katerem nastane iskrenje, določenem le s preskočeno razdaljo.³⁰ Prav v času Vlacovichevih raziskav je Maxwell objavil prve razprave o sorodnosti svetlobnih in elektromagnetnih valov, ki jih ni več omejeval na območje vodnika in z njimi utemeljil poznejši Teslov uspeh.

Vlacovich je seveda posegal daleč čez tedanje eksperimentalne možnosti s trditvijo, da iskro ob razelektritvi sestavlja hitro sosledje sunkov; domisljico je pozneje sprejel tudi Tesla. Med sunki naj bi bil prvi najmočnejši. Kljub majhnemu celotnemu času iskrenja naj bi bili presledki med posameznimi udari

²⁶ Mako, 1775; Dadić, 1982, 1: 355

²⁷ Mako, 1775, 91

²⁸ Maffei, Tschokl, Schöttl, 1775, 40 (tezi XV in XVI)

²⁹ Vlacovich, 1862, 531

³⁰ Vlacovich, 1863, 10

še vedno mnogo daljši od časa, ki ga električna motnja potrebuje za pot skozi tokokrog, s katerim povzročamo iskrenje. Vlacovich ni meril te hitrosti, ki jo je prvič prepričljivo določil Anglež Wheatstone leta 1834 in 1835 in po njem Klemenčič leta 1884 v Gradcu. Vlacovicheva³¹ upornost tokokroga ne vpliva na dolžino iskrenja; problem poteka razelektritve je še danes zanimiv, saj kljub Teslovim prizadevanjem še nimamo prevladujoče teorije atmosferske razelektritve med bliskanjem in grmenjem.

4.2 Robida in Šubic

Stefanov profesor Robida je v svojih raziskavah resda posegal med prve meritve razprševanja kovin in širjenja elektromagnetnih valov; vendar je bil način mlajšega Vlacovicha sodobnejši. Robida se sprva ni lotil tehtnejših poskusov brez primernih črpalk in tesnil; kljub temu pa je tri desetletja pred Hertzom objavil meritve elektromagnetnega valovanja.³² Prvi med Slovenci je razpršil koničasto platinasto elektrodo v "bel, okrogel madež iz velikanskega števila zrn platine, ki so se pri visoki temperaturi prijela plošče ..." ³³ François Napoleon Marie Moigno je za poskus priporočal Ruhmkorffa v sodelovanju s Cauchyjem, ki je v času Robidove mladosti delal v "naši" Gorici. Moigno naj bi, po Robidovem mnenju, spregledal segrevanja pozitivne elektrode in odletavanje delcev proti negativni elektrodi.³⁴

Robidov prijatelj Poljanec Simon Šubic je nabavil več Geisslerjevih cevi med elektromagnetnimi instrumenti za zbirko fizikalnega kabineta v Pešti dve desetletji preden so Teslo zaposlili pri sosednjem telefonskem podjetju. Tako Šubic kot Tesla sta upoštevala Crookesova dognanja iz leta 1869. Vendar Šubic ni naravnost opisal sorazmernosti dolžine temnega "Crookesovega" področja ob katodi s povprečno prosto potjo molekul v plinu.

Leta 1875 je Šubic objavil prvo slovensko knjižico o telegrafiji in Tesla se je seveda podvziral med njene prve bralce. Tiste dni je telegraf že skoraj 30 let deloval v avstrijskih deželah in tudi v njenih slovenskih delih. Leta 1846 je prevladoval Bainov telegraf, pozneje ga je izrinil Morsejev izum; podobno je Teslov izmenični tok pri nekaterih ključnih uporabah nadomestil Edisonovega enosmernega.

Šubic je v Telegrafiji do 17. strani obravnaval razvoj in teorijo elektrike, kot je prišla prav telegrafistom. Nato se je lotil posameznih izvedb telegrafa in sorodnih, tedaj modnih naprav.

Preglednica 1: Poglavja Šubičeve Telegrafije, ki so usmerjala prve elektrotehniške zamisli mladega Tesle

Uvod	
Pota, po katerih so se spoznavale na terne moči, ki se rabijo pri električni telegrafiji	1
Nekaj glavnih pravil o galvanizmu	8
Nekaj posebnih del galvanskega toka, ki se rabijo pri telegrafiji	10
Steinheilov telegraf s pisajočima iglama	17
Wheatstonov telegraf na magnetične igle	18
Bainov telegraf z zvonci in brez njih	21
Morseov elektromagnetični telegraf	22
Aparat za pripravljanje močnega domačega električnega toka	24
Telegrafne vezi med oddaljenimi telegrafnimi postajami	25
Morseov telegraf z barvo piščoč	26
O rabi Morseovega telegrafa v primeri z drugimi	26
Casellijevi vsakere oblike posnemajoči telegraf t.j. pantele	28
Hughes-ovi telegraf tiska telegrame s tiskarskimi črkami	31
Telefon ali telegraf, po katerem se sliši petje v tuje kraje	36
Kako in kodni se je razširjal električni telegraf	37
Podmorski telegraf	38
Telegrafija po hišah	41
Električni popki s katerimi se pozvonuje	43
Naprave s katerimi se opazujejo telegrafska znamenja	44
Berguet-ova naprava z elektromagnetičnim mačkom in plohom	45
Cela osnova hišnega telegrafa	47
Hišni telegrafi v podobi električne ure	48
Rémondov telegraf s tiskarskim vodom	49
Hagendorffev hišni telegraf z uro, ki kaže črke	53
Ozir po občnih telegrafnih osnovah	55-57

4.3 Codelli

Čeprav je idrijski in ljubljanski profesor Nardin veliko patentiral v Teslovi smeri, je ljubljanski baron Anton Codelli, edini med slovenskimi izumitelji, vsaj do neke mere primerljiv s Teslo. Ob bok Teslovim 170 patentom jih je znal tudi Codelli spraviti skupaj kar lepo število, čeravno se v ZDA ni dovolj uveljavil. Codelli je bil domala dve desetletji mlajši od Tesle med hitrim razvojem elektrotehnike, ko so novi izumi kar vreli drug iz drugega. Codelli je katodne elektronke raziskoval predvsem kot pripomoček za uveljavitev svojega modela spiralnega predvajanja televizijske slike na ameriškem trgu; manj pozornosti je posvetil Teslovim strelam.

Ker sta se gibala v istem elektrotehniškem okolju, sta imela Tesla in Codelli številne skupne znance in prijatelje. Tesla si je leta 1901 in 1903 dopisoval z

³¹ Vlacovich, 1862, 531; 1863, 11

³² Robida, 1857, 4; Robida, 1858, 59

³³ Robida, 1857, 4, 31, 33; Grailich, 1858, 426

³⁴ Robida, 1857, 31-33

Numero Inventario	Numero del elenco MS	Oggetto
<i>I. Oggetti acquistati per Decreto del Reale Luogotenente 12 Dec. 1855 N. 2006 e approvati dal 21 mag. 1856 N. 4955</i>		
<i>A) Proprietà variabile.</i>		
1	1	<i>Monometro</i>
2	2	<i>Apparato di Savart per le figure sonore.</i>
3	3	<i>App. di inclinazione</i>
4	4	<i>App. di inclinazione</i>
5	5	<i>Tre elementi, uno alla Daniell, uno alla Grove, uno alla Daniell</i>
6	7	<i>Apparato per la decomposizione dell'acqua della Volta con anello</i>
7	9	<i>Terchio pel mercurio</i>
8	14	<i>Macchina elettrica di Volta</i>
9	26	<i>Macchina elettrica di Volta</i>
10	37	<i>Campana elettrica</i>
11	28	<i>Luota elettrica</i>

Slika 9: Prva stran napaginiranega popisa koprskega fizikalnega kabineta z napravami, ki so jih začeli nabavljati leta 1850. Naprave 5–11 je Vlacovich uporabljal pri raziskovanju iskrenja (Vlacovich, Nicolò in drugi. 1850–1871 (1885). Inventario del Gabinetto di Fisica. I. R. Ginnasio Superiore di Capodistria. Mestni Arhiv Koper, škatla 10/3).

Adolfom Slabyjem;³⁵ le-ta je že kot profesor elektrotehnike na visoki tehniški šoli v Charlottenburgu uporabljal nemški prevod Teslovega dela kot temelj tehnik visokih frekvenc. Po njem je poučeval tudi Georga grofa Arcoja. Arco si je kmalu še sam dopisoval s Teslo;³⁶ obenem je postal prijatelj in glavna Codellijeva zveza pri berlinskem Telefunknu. Tako je bil vrli Codelli vsaj posredno povezan s Teslo, ki mu je bil po svojem izumiteljskem načinu močno podoben. Seveda je bil Codelli bogataški sin, vendar je grunt na Kodeljevem zapravljal na oltarju znanosti; dobro desetletje po Tesli je tudi sam dovolj siromašno preminil v daljni tujini.

5 SKLEP

Tesla je celo leto delal med vrlimi Mariborčani. To pa ni vse, kar ga veže na naše prednike. Mnoge med njegovimi raziskavami so bile povezane z znanstveniki našega rodu. Resda si zaenkrat niti nočemo prisvojiti Tesle, kot to zaporedoma in vsevprek počno Američani, Srbi ali Hrvatje. V bodoče pa – kdo ve?

LITERATURA

Amschell, Anton. 1792. Anfangsgründe der allgemeinen auf Erscheinungen und Versuche gebauten Naturlehre. IV. Knjiga. Wien

- Bokšan, Slavko. 1932. *Nikola Tesla*. Wien
- Dadić, Žarko. 1982. Povijest egzaktnih znanosti u Hrvata. Zagreb: SNL
- Dadić, Žarko. 2004. Nikola Tesla – Akademijin počasni član. *Zbornik radova posvećenih 60. obljetnici smrti Nikole Tesle 1856.-1943*. Zagreb: HAZU. 11–18
- Edison, Thomas Alva. 1994. The papers of Thomas A. Edison. Volume 3. Menlo Park: the early years, April 1876–December 1877 (ur. R. A. Rosenberg in drugi), The Johns Hopkins University Press
- Horvat, Radoslav (ur.). Tesla, Nikola. 1988. *Radovi iz oblasti elektrotehnike*. Beograd: Naučna knjiga
- Jovanović, Branimir. 1998. Nikola Tesla – Sto godina daljinskog upravljanja. 8–19
- Mitteis, Heinrich. 1856. Abbé Nollet in seiner Stellung gegen Benjamin Franklin. Programm und Jahresbericht des kaiserl.königl. Obergymnasiums zu Laibach, Schuljahr 1856 (Laibach : Druck von Ign. V. Kleinmayr & Fedor Bamberg). 3–12
- Mitteis, Heinrich. 1858. Predavanje o strelji pri Muzejskem društvu v Ljubljani 2. 1. 1856. *Jahresheft des Vereins des Krainischen Landes-Museums*. 2: 88–89
- Grailich, Joseph Wilhelm. 1959. Vibrationstheorie der Elektrizität von Prof. K. Robida, Z. f. österreich. Gymn. 9: 425–427
- Mako, Paul von Kerek-Gede: *Dissertatio physica de natura et radiis Fulguris; de proprietatis Tonitru et mediis contra ictum fulminis*. Vienna : Job. Thomas Edlen von Trattner, 1772. - Ponatis: Goritiae : Valerii de Vakeriis, 1773. - Prevod: *Physikalische Abhandlung von den Eigenschaften des Donners und den Mitteln wider das Einschlagen*. Verfasst von Paul Mako, der S. J. Lehrer der Mathematik und Experimentalphysik in dem k.k. Theresianum und Joseph Edlen von Retler, seiner Zuhörer in das Deutsche übersetzt, *Physikalische Abhandlung von den Eigenschaften des Donners und den Mitteln wider das Einschlagen*. Wien : Job. Thomas Edlen von Trattner, 1772. - Ponatis prevoda: *Physikalische Abhandlung von den Eigenschaften des Donners und den Mitteln wider das Einschlagen*. Hrn. Mako von Kerek-Gede Prof. Apost. und Lehrer der Mathematischen Wissenschaften in... Ljubljana : Typis Joannis Friderici Eger, 1775 (privezano: Maffei, Tschokl, Schöttl: *Tentamen Philosophicum...*)
- Paar, Vladimir. 2004. Nikola Tesla u fizici. Zbornik radova posvećenih 60. obljetnici smrti Nikole Tesle 1856.-1943. Zagreb: HAZU. 35–48
- Pertot, Milan. 1962. *Nikola Tesla pionir elektriške dobe*. Ljubljana: Elektrospodarska skupnost Slovenije
- Robida, Karel Lucas. 1857. Vibrations-Theorie der Elektrizität. *Izvestja gimnazije Celovec*. str. 1–37
- Robida, Karel Lucas. 1858. Magnetismus, Fortsetzung und Schluss der Vibrations-theorie der Elektrizität. *Izvestja gimnazije Celovec*. str. 1–60
- Šubic, Ivan. 1897. Električna, nje proizvodnja in uporaba. Ljubljana
- Šubic, Simon. 1875. Telegrafija, zgodovina njena in današnji stan. *Letopis slovenske matice*. 1–57
- Tesla, Nikola. 1. 7. 1891. Electric Discharge in Vacuum Tubes. *The Electrical Engineer (New York)*. A-16
- Tesla, Nikola. 26. 8. 1891. Reply to J. J. Thomson's Note in the *Electrician* of July 24, 1891 *The Electrical Engineer (New York)*
- Tesla, Nikola. 1999. *Colorado Springs Notes 1899–1900* (ur. Aleksandar Marinčić in Vojin Popović). Beograd: Zavod za učbenike i nastavna sredstva
- Thomson, J. J. 1891. *Electrician* (London). Ponatis: 10. 6. 1891. *The Electrical Engineer (New York)*.
- Thomson, J. J. 24. 7. 1891. Note by Prof. J. J. Thomson. *Electrician (London)*. Ponatis: 12. 8. 1891. *The Electrical Engineer (New York)*
- Valvasor, Janez Vajkard. 1689. *Die Ehre dess Hertzogthums Crain*. Laybach/Nürnberg : Wolfgang Moritz Endter
- Vlacovich, Nicolò. 1862. Sulla scarica istantanea della bottiglia di Leyda. *Il Nuovo Cimento* 16. Ponatis: 1862. *Wien. Ber.* 46: 531–571
- Vlacovich, Nicolò. 1863. Sulla durata Della scintilla elettrica. *Izvestja Gimnazije Koper*. 3–11

³⁵ Jovanović, 1998, 13, slika 20

³⁶ Pertot, 1962, 103