

TIBOR J. HALAŠI  
SNEŽANA S. KALAMKOVIĆ  
STANKO M. CVJETIČANIN  
MIRJANA D. SEGEDINAC

Univerzitet u Novom Sadu, Departman za hemiju, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad

STRUČNI RAD

UDK 66(4-191.2)“17/18“:929

DOI: 10.2298/HEMIND091120004H

## AKADEMSKI KORENI HEMIJSKOG INŽENJERSTVA U XVIII I XIX VEKU U SREDNJOJ EVROPI

*Koreni hemijskog inženjerstva u Srednjoj Evropi vode do prvih rudarsko-metalurških akademija osnovanih u XVIII veku u gornjoj Ugarskoj i u Kraljevini Bohemiji (deo teritorije Republike Češke). Početke hemijskog inženjerstva treba tražiti u zanatskim veštinama antičkog Egipta, alhemiji, tehničkoj, pneumatičnoj i flogistonskoj hemiji. U Srednjoj Evropi prve akademije rudarstva i metalurgije osnovane su u Sankt Joahimstalu i u Šemnicu i za njih su vezani prvi srpski inženjeri rudarstva Đorđe Branković, Vasilije Božić i Stevan Pavlović, prvi profesor hemije Velike škole u Beogradu Mihajlo Rašković, kao i ugledni profesori Nikola Žakuin, Đovani Skopoli, Ignac fon Born i Kristijan Dopler. Stručne akademije postepeno zamenjuju tehnički univerziteti i naučno-istraživački instituti. Za Rudarsko-metaluršku akademiju u Šemnicu vezan je početak moderne, praktične, laboratorijske nastave hemije.*

Današnja hemijska industrija se bavi proizvodnjom oko 70.000 artikala. Za svega tri veka, hemijska tehnologija je od najjednostavnije tehnološke operacije stigla do primene nanotehnologije [1]. Najstariji dokumenti koji svedoče o hemijskoj proizvodnji jesu lajdenski i stokholmski svici, sa receptima za pravljenje legura, prečišćavanje srebra i zlata, upotrebu neorganskih i organskih pigmenata i ekstrahovanje eteričnih ulja [2]. Ta zanatska veština je iz drevnog Egipta prenatu u antičku Grčku i Rim, pa posredstvom Arapa u islamske zemlje. Iskustvom zanatlija i mudročću filozofa nastala je alhemija, baza za hemijsku proizvodnju i tehnološke operacije. Prelaskom iz srednjeg veka u renesansu, javlja se tehnička hemija, krajnje pragmatična. Naučnici i stručnjaci tehničke hemije imali su formalno obrazovanje, a filozofija i zanatsvo zamenjeni su naukom i tehnikom. U doba industrijalizacije hemijski inženjeri su znanje i iskustvo sticali u stručnim školama, akademijama, politehničkim školama i tehničkim univerzitetima.

### SREDNJOVEKOVNI KORENI PRIMENJENE HEMIJE

Najpoznatiji arapski filozof koji se bavio hemijom jeste al-Hazen (Abū 'Alī al-Hasan ibn al-Hasan ibn al-Haytham, 965–1040). U svom (kapitalnom) delu „Knjiga o optici“ isticao je važnost primene metodologije praktičnog rada. Njegov prethodnik je bio Džabir (Abu Musa Jābir ibn Hayān al Azdi, Geber, 721–815) koga smatraju prvim srednjovekovnim hemijskim inženjerom. Pisao je o hemijskim supstancama, mineralima, metalima, hemijskoj laboratoriji, hemijskim reakcijama i o tehnološkim postupcima. Njegovi spisi su sabrani u knjizi „Džabirov korpus“ koja sadrži oko 3.000 dela. Najpoznatija Džabirova dela iz alhemije su: „Knjiga o

Veneri“ (Kitab al-Zuhra) i „Knjiga o kamenju“ (Kitab Al-Ahjar). Poznati francuski hemičar Bertlo (Marcelin Pierre Eugène Berthelot, 1827–1907) preveo je tri Džabirova dela: „Knjiga o kraljevstvu“, „Knjiga o vagama“ (merenjima) i „Knjiga o istočnoj živi“ [3]. Ostali poznati arapski alhemičari su Al Kindi (Abū Yūsuf Yaquḥb ibn Ishāq al-Kindī, 801–873) i Al Razi (Abū Bakr Muhammad ibn Zakariyā Rāzī, 865–925).

### HEMIJA KAO TEHNIČKA NAUKA

U vreme renesanse, Srednja Evropa se modernizuje podizanjem rudarskih naselja, topionica, kovnica metalnog novca i proizvodnjom artiljerijskog oruđa. Prvi profesionalni hemijski inženjer u Evropi je Lazar Erker (Lazarus von Schreckenfels Ercker, 1530–1594). On je hemijskim metodama analizirao sastav ruda i metala, legura, a radio je i kao službeni kontrolor proizvodnje u rudnicima i topionicama Saksonije i Bohemije [6]. Najpoznatiji analitičari u nemačkim kneževinama i pokrajinama u XVIII veku bili su: Fridrih Hofman (Friedrich Hoffmann, 1660–1742), Johan Pot (Johann Heinrich Pott, 1692–1777), Andreas Margraf (Andreas Sigismund Marggraf, 1709–1782) i Martin Klaprot (Martin Heinrich Klaproth, 1743–1817) [7].

Prvu definiciju gasova i para dao je van Helmont (Jean Baptiste van Helmont, 1577–1644)\*. Van Helmontovi laboratorijski eksperimenti su bili korektni i često su primenjivani u praksi, naročito za potrebe rudarstva i metalurgije. Osobine gasova i para prvi je egzaktnim metodama proučavao Robert Bojl (Robert Boyle, 1627–1691). Gradonačelniku Magdeburga Gerikeu (Otto von Guericke, 1602–1681) pripisuje se otkriće vazdušne pumpe (1650) i manometra (1651) [8]. Elastičnost gasova proučavao je Robert Huk (Robert Hook, 1635–1703) 1661. g., asistent Roberta Bojla [9].

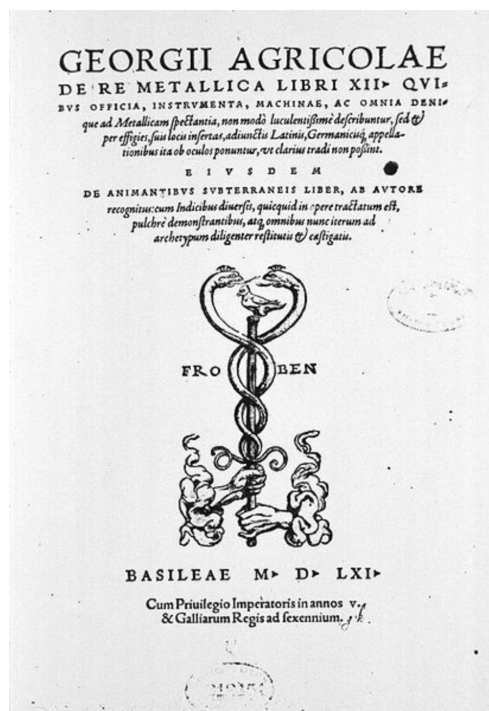
Autor za prepisku: T. Halaš, Univerzitet u Novom Sadu, Departman za hemiju, Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad.

E-pošta: tiber.halasi@dh.uns.ac.rs

Rad primljen: 20. novembar 2009.

Rad prihvaćen: 10. decembar 2009.

\* On nije poznavao hemijski sastav ugljen-dioksida, pa je ugljen-dioksid nastao sagoravanjem zvaoo „Gas sylvestri“, a ugljen-dioksid nastao disanjem „Gas ventosum“.



Slika 1. Naslovna strana, Agrikoline *De re metallica*, 1556.  
Figure 1. Title page of Agricola's *De re metallica*, 1556.

## INŽENJERI KOJI SU SE BAVILI PRIMENJENOM HEMIJOM

U Francuskoj su se u XVII i XVIII veku primenjenom hemijom bavili Žefro (Etienne François Geoffroy, 1672–1731) i saradnici. Oni su hemijskim metodama analizirali kvalitet metala, ruda, minerala i gasova. Helot (*Jean Hellot*, 1685–1766) se bavio tehnologijom boja i lakova, a Di Fe (Charles Françoise de Cistermay Du Fay, 1698–1739), Monso (Henri Louis Duhamel du Monseau, 1700–1782) i Tenard (Louis Jacques Baron Thenard, 1777–1857) prvi su u Francuskoj uveli primenjenu hemiju na akademske studije.

Engleski inženjer Plat (Sir Hugh Platt, 1552–1608) prvi je proizveo koks 1603. godine. Nekoliko godina kasnije, 1619. g., Dadli (Dud Dudley, 159?–1684) Platomovom metodom dobio je koks za proizvodnju livenog gvožđa. Sledili su ga drugi inženjeri crne metalurgije: Simon Startiven (Simon Sturtevant, 1570–?), Rovinson (John Rovenson), Eliot (William Ellyott), Mersi (Mathias Mersey) i osnivači kompanije Derbi (Darby) Abraham Derbi (Abraham Darby, 1678–1717) i Bendžamin Hancmen (Benjamin Huntsman, 1704–1776). Inženjer Džems Vat (James Watt, 1736–1819) bavio se i crnom metalurgijom, uz to i hemijom i fizikom. Proučavao je dela Prusta (Joseph Louis Proust, 1754–1826), Pristlija (Joseph Pristley, 1733–1804) i Bertolea (Claude, Louis Comte Berthollet, 1748–1822) i bavio se pojmom latentne toplote (entalpija) koju je 1750. godine otkrio njegov bliski prijatelj Džozef Blek (Joseph Black,

1728–1799). Blejk je otkrio tačan hemijski sastav ugljen-dioksida (1754. godine), a smatraju ga jednim od utemeljivača savremene pirohemije [10].

U Švedskoj u XVIII veku, metalurgija i rudarstvo postali su vodeće privredne grane, čemu su doprineli i brilijantni hemičari: Svab (Anton Swab, 1703–1768), Rinman (Sven Rinmann, 1720–?), Kronsted (Alexander Frederik Cronstedt, 1722–1765) i Bergman (Torbern Bergman, 1735–1784), koga smatraju ocem primenjene hemije. Zahvaljujući njemu, danas je švedski čelik veoma cenjen u crnoj metalurgiji [11].

Industrijska revolucija otpočela je patentiranjem parne mašine. Džems Vat je 1775. godine prvi patentirao parnu mašinu na adijabatskom principu. Tomas Sejveri (Thomas Savery, 1650–1715), Denis Papen (Denis Papin, 1647–1712) i Tomas Njukomen (Thomas Newcomen, 1664–1729) pre Vata su patentirali postrojenja na parno-vazdušni pogon. Ta postrojenja bila su relativno jednostavna, dobro osmišljena i služila su za ispumpanje vode iz rudnika. Papen je patentirao dva takva postrojenja, prvo 1687., a drugo 1707. godine. Njemu su u tome pomogli Robert Bojl, Kristijan Hajgens (Christian Huygens 1629–1695) i Lajbnic (Wilhelm Gottfried von Leibnitz, 1646–1716).

Drugi važan trenutak industrijske revolucije jeste otkriće hemijskog sastava čelika. To otkriće je vezano za francuskog naučnika Reomira (René-Antoine Ferchault de Réaumur, 1683–1757) [12].

## HEMIJA SAGOREVANJA KAO NEZAIBILAZNI PROBLEM METALURGIJE

Teorija flogistona, koju je postavio Beher a razradio Štal, dominirala je hemijom čitavih sto godina. Flogistonci su teoriju gorenja tumačili suprotno današnjoj teoriji (pri gorenju, odnosno oksidaciji, flogiston izlazi iz supstance, a pri redukciji flogiston ulazi u supstancu), ali je ova teorija pri put povezala oksidaciju i redukciju i objasnila mnoge druge važne pojave u hemiji. Iako pogrešna, teorija je bila plodotvorna u hemiji i mnoga velika otkrića u 18. veku učinili su „flogistonci“. U prilog ovoj teoriji išli su, donekle, Bojlovi eksperimenti o kalcinaciji metala.

Robert Bojl je uporedno izvodio dva merenja; jedno u zatvorenom sistemu, gde nije konstatovao porast ukupne mase proizvoda sagorevanja u odnosu na masu reaktanata; drugo merenje, slično Beheru i Štalu [13] u otvorenom sistemu, gde je konstatovao povećanje mase proizvoda [14]. Bojl je porast težine pri kalcinaciji metala pripisivao česticama vatre koje prodiru kroz posudu [15]. Njega je francuski hemičar Laser (François Lasseré) 1679. godine upozorio na tu grešku i sugerisao mu da eksperimente ponovi pažljivije, u zatvorenom sistemu [16].

Dva Lavoazjeva (Antoine Laurent Lavoisier, 1743–1794) aksioma: Zakon o održanju mase i Zakon o neu-

ništivosti materije, smatraju se uvodom u modernu hemiju [17]. Lavoazje se bavio i primenjenom hemijom: kontrolom kvaliteta baruta, duvana, plemenitih metala i sagorevanjem, a svoja najvažnija dela objavio je u „Glasniku“ Francuske akademije nauka.

Četvrti tom Laplasovog (Marquis Pierre Simon de La'Place, 1749–1827) dela „Rasprave o toploti“, posvećen je disanju i sagorevanju i mnogi autori smatraju ga uvodom u primenjenu hemiju [18].

## AKADEMIJA KAO OBRAZOVNA INSTITUCIJA

Prva akademija u istoriji bila je Platonova (Platon iz Atine, Πλάτων, 428/427–348/347 p.n.e) škola filozofije u Atini. Isti naziv ponovo se javlja kod Krakovske akademije (Akademia Krakowska, Studium Generale, Szkoła Główna Koronna, Szkoła Główna Krakowska, Uniwersytet Krakowski, Uniwersytet Jagielloński) 1364. godine, na kojoj je studirao Nikola Kopernik (Nicolaus Copernicus, 1473–1543), a mnogo kasnije i Ivo Andrić (1892–1975).

U rudarsko-metalurškim laboratorijama u Jahimovu, hemijskom analizom i „premeravanjem po težini“ (masi) redovno je kontrolisan kvalitet zlatnika i srebrnjaka. Da bi ta kontrola bila stručna i pouzdana rudari, zlatari i metalurzi zahtevali su na školovanju inženjera. Odlukom bečke Dvorske kancelarije 13. oktobra 1716. godine, u Jahimovu je osnovana prva srednjoevropska Škola rudarstva, metalurgije i merenja u rudarstvu (Berk, Schmöltz und Markscheidts Schule). Akademsko obrazovanje rudara i metalurga otpočelo je 1730. godine, a završetkom studija studenti su sticali stručno zvanje inženjera. Ukazom Austrijskog cara Karla VI (Karl Franz Joseph, 1685–1740) od 1733. godine, poznatom rudarskom nadzorniku Rajmbsu (Johan Christian Reimbs) odobreno je da studentima drži instrukcije (predavanja). Te instrukcije su preteča današnje nastave prirodnih i tehničkih nauka. Tada su se na Rudarskoj akademiji u Jahimovu, po odobrenju bečke Dvorske kancelarije, školovala svega tri studenta [19].

## REFORME U SREDNJOJ EVROPI KOJE SU PODSTICALA RAZVOJ STRUČNIH ŠKOLA AKADEMIJA I POLITEHNIKUMA U XVIII VEKU

Sredinom XVIII veka školovanje na teritoriji Habsburške monarhije zaostajalo je za zapadno-evropskim u odnosu na nastavne planove i programe i u odnosu na kadrove. Po preporuci dvorske Komore u Beču a na inicijativu van Svitena (Gottfried van Swieten, 1733–1803), 22. avgusta 1777. godine, carica Marija Terezija (Maria Theresia, 1717–1780) objavila je školsku reformu „Ratio edukacionis“ [20], koja je omogućila otvaranje novih i modernijih školskih ustanova, računajući i stručne akademije i univerzitete. Reforme su izvedene

po uzoru na nemačke i francuske škole tipa Ecole Polytechnique. Mineralogiju su (tada) predavali jeziuti koji su imali solidno teorijsko i nedovoljno praktično znanje. Na to je ukazao Pajtner (Johann Thadäus Anton Edler von Lichtenfels Peithner, 1727–1792), prvi profesor rudarstva na teritoriji Habsburške monarhije [21].

U Srednjoj Evropi hemija i metalurgija su se naglo razvile otvaranjem rudarsko-metalurških akademija. Budući studenti su kvalifikacione ispite polagali iz geometrije i aritmetike i na osnovu broja bodova određivana im je visina stipendije. Pored teorijskih predmeta polagali su kvalifikacione ispite iz rudarsko-metalurške prakse. Nakon završenog probnog perioda, provedenog u rudnicima i topionicama ili kovnicama novca, upisani su na prvu godinu studija. Kriterijum za prijem na Rudarsko-metaluršku akademiju bio je najstrožiji na smeru zlatarstva, a zatim na smerovima kovanje metalnog novca, metalurgija i rudarstvo, a najblaži kriterijum bio je za službenike i geodete.

Na studijama rudarskih akademija, od opštih predmeta predavane su mineralogija i hemija. U to vreme Analitičku hemiju, koja se bavila uzorcima iz geologije, rudarstva, metalurgije i zlatarstva, zvali su „Hemizacija“. U okviru metalurgije predavani su pirohemija i tehnička analiza rude i metala.

## OSNIVANJA RUDARSKE ŠKOLE I RUDARSKE AKADEMIJA U ŠEMNICU

Na teritoriji Habsburške monarhije parne mašine (Feuer-Maschine) prvi su konstruisali otac i sin Hel (Kornelius Mathias i Josef Karl Hell), pronalazači i inženjeri rudarstva iz Šemnica (Schemnitz). U rudniku Nove Bane (Újbánya), dolina reke Hron (Hron, Gron), oni su 1722. godine pustili u pogon parne mašine koje su pokretale pumpe za izbacivanje vode iz rudarskog okna. Njihovi patenti su kasnili dve decenije u odnosu na patente kolega sa severa Engleske ili Francuske. To je podstaklo vlasnike rudnika u Šemnicu da i oni osnuju rudarsko-metaluršku školu tipa Berg škola (Berg-Schola, Bergschule), kako bi stručno i odgovorno upravljali rudnikom (slika 2). Šemnic je u XVIII veku bio poznat rudarski grad, sa okolnim rudnicima srebra [22].\*

Još u XVIII veku nadomak Šemnica počela je gradnja Tajhi-a (*Tajchy*), čuvenog sistema kanala, ukupne dužine 72 km. Takav sistem akumulacije vode projektovani su profesori Rudarsko-metalurške akademije u Šemnicu Jozef Karol Hel i Samuel Mikovinj (*Samuel Mikoviny, Mikoviny Sámuel*, 1700–1750) sa saradnicima [24].

\* Mnogi ga pamte pod mađarskim imenom Šelmecbanja (*Selmecbánya*) koji je, iza Požunja (*Bratislava*) i Debrecina (*Debrecen*), bio treći grad Kraljevine Mađarske. Osnivač ove varošice je Bela IV (1206–1270), koji je osnovao i Petrovaradin. Danas se ova varošica na Slovačkom zove Banská Štjavnica (Banská Štiavnica) i pripada centralnom delu Slovačke, regionu Banske Bistrice [23].



Slika 2. Zgrada Rudarsko-metalurške akademije u Šemnicu.  
Figure 2. Mining and Metallurgy Academy building in Schemnitz.

### Prve decenije rudarske akademije u Šemnicu

Sredinom XVIII veka nastava u Šemnicu je modernizovana. Naglim razvojem minerologije, geologije i fizike razvilo se i rudarstvo, metalurgija i analitička hemija. Odlukom Marije Terezije „System Accademiae Montanisticae Per Sac. Caes. Resolutionem Confirmatur 3tia Aprilis Anno 1770“, dati su propisi i uputstva o načinu organizovanja Rudarsko-metalurške škole [25]. Na osnovu tog uputstva Rudarsko-metalurška akademija u Šemnicu imala je tri smera i služila je za potrebe čitave Habsburške monarhije. Škola je, prvobitno, organizovana u dve profesure, metalurgiju i matematiku. Na početku rada Akademije pojavile su se objektivne teškoće zbog neuskalađenosti i neorganizovanosti nastave i zbog posebnog organizovanja nastave u trećoj profesuri, iz rudarsko-metalurške struke. Pored usko stručnih predmeta, izučavani su i drugi predmeti: Rudarsko pravo, Rudarska geodezija i Ekonomiju u rudarstvo.

Nastavne planove i programe propisala je Dvorska kancelarija u Beču (u pet poglavlja), a regulisani su i kriterijumi za pohađanje nastave. Kriterijumi su istaknuti u prvom poglavlju „Rezolucije“ u četiri tačke. Prvom tačkom je propisano koji su predmeti, pored matematike i pravopisa, preduslov za pohađanje nastave. Drugom tačkom je propisano ko može da se kandiduje za pohađanje rudarske akademije. Trećom tačkom se ističe koji su praktikanti (studenti) privilegovani tokom pohađanja nastave. Četvrtom tačkom su dati uslovi za pohađanje smera Kovanje novca. Bili su predviđeni i svojevrsni kvalifikacioni ispiti, ali i „drugi načini“ provere znanja budućih studenata.

U drugom poglavlju „Rezolucije“, u osam tačaka, obrađeno je organizovanje nastave u tri profesure. U prvom razredu predavana je matematika, u drugom mineralogija i metalurgija, a u trećem rudarstvo i metalurgija. U svakom polugodištu organizovani su ispiti bez kojih prolaznost nije bila moguća. Propisani su programi sa po četiri dvočasa nedeljno i vršena je korekcija znanja iz praktičnih i teorijskih predmeta. Profesor je na početku mogao da predaje iz tuđeg udžbenika, ali krajnji cilj je bio da svaki profesor napiše sopstveni udžbenik. Profesor je mogao biti i savetnik u rudarstvu, ali nije smeo

imati drugi poziv. Svakog kvartala profesor je držao ispit, a svakog polugodišta i na kraju godine ispiti su bili komisijски. U trećoj godini polagan je praktični ispit iz Hemije rudarstva, Merenja u rudarstvu i Računanja u mašinstvu. Za studente koji su pokazali odličan uspeh bile su propisane nagrade i privilegije [26].

Praktična nastava iz hemije prvi put je izvođena na Rudarskoj akademiji u Šemnicu. Mnogi udžbenici korišćeni u Šemnicu bili su opšte priznati u celoj Evropi. Čak i poznati francuski naučnik i profesor hemije na Politehnici (*École polytechnique*) u Parizu Furkroa (Antoine François, comte de Fourcroy, 1755–1809), sa uvažavanjem je govorio o Šemnicu; 28. septembra 1794. godine u Gazete Nacionalu (*Gazette Nationale*) skrenuo je pažnju na visok nivo eksperimentalnog rada profesora Rudarsko-metalurške akademije u Šemnicu [27].

### Počeci moderne nastave primenjene hemije u Rudarsko-metalurškoj akademiji u Šemnicu

Carskim dekretom od 22. juna 1735. godine ustanovljeno je da se u novoosnovanoj Rudarskoj školi u Šemnicu (*Berg-Schola*) može školovati osam studenata (*expectant*), mada je bilo uobičajeno četrnaest. Za stručne predmete angažovani su instruktori (*instruent*) koji su izvodili teorijsku i praktičnu nastavu. Do tada je u ovom delu Evrope vladalo cehovsko obrazovanje. U cehovskom obrazovanju poznati instruktori su svoje znanje i veštine prenosili samo odabranim i talentovanim mladima. Takav vid obrazovanja iz tehničkih i primenjenih nauka bio je poznat u donjoj Ugarskoj od 1605. godine. Cehovsko obrazovanje se više bavilo obrazovanjem službenika i nadzornika nego zanatlija i tehničke inteligencije. U nekoliko navrata menjan je nastavni plan i program uvođenjem novih, stručnih predmeta: Merenja u rudarstvu, Metalurgija i Tehnologija rudarstva.

U Šemnicu se ukazala potreba i za školovanjem zlatara i stručnjaka za kovnicu novca. Odobreno je školovanje šestorici studenata, ali broj studenata se stabilizovao na osam. U izveštaju je dato sledeće uputstvo instruktorima: *Pojedine studente, koji su bili slabiji na ispitu, treba bodriti za bolji uspeh. U slučaju da expectant i dalje ne uči, treba ga otpustiti i umesto njega primiti drugog.*

Obavezni predmeti bili su: Rudarska administracija, Merenje u rudarstvu, Hemija, Metalurgija, Drobljenje, Ispiranje, Taloženje i Kovanje novca. Najvažniji nastavni sadržaji na Rudarskoj akademiji bili su: Pravne norme u rudarstvu, Priprema rude mokrim i suvim putem, Ekonomski aspekti rudarstva, Procena profita koje donose rudnici i nalazišta ruda. Hemiju i metalurgiju su učili zajedno. U okviru ovog predmeta izučavana je analiza čiste rude i sirovine, dobijanje sirovog metala i mogućnost prerade metala za druge metalurške svrhe. Na praktičnim vežbama su analizirali metale i minerale, a analize su izvodili pomoću pirolitičke probe i rastvaranjem [28].

Najpoznatiji profesori hemije u Šemnicu bili su: Nikola Žakuin (Nikolaus Joseph Freiherr von Jacquin, 1727–1817), Anton Ruprecht (Anton Ruprecht, 1748–1814), Alojz Verle (Alojz Wehrle, 1791–1835) i Đovani Skopoli (Giovanni Antonio Scopoli, Johannes Antonius Scopoli, 1723–1788). Pešl (Pöschl), šef visoke peći, verovatno glavni metalurg, predavao je Metalurgiju, Pripreme rude mokrim i suvim putem i Merenje u rudarstvu. Hemizaciju (Analitičku hemiju) predavao je Frič (Frietsch Ignaz), koji je koristio Erkerov udžbenik „Probiere Buch“ [29].

Najpoznatiji profesor Metalurgije i Analitike u Šemnicu (1763–1769) bio je Nikola Žakuin (slika 3). Rođen je u uglednoj porodici u Lajdenu, gde se i školovao.\* Iz Metalurgije je koristio Gelertov (Christlieb Ehrengott Gellert, 1713–1795) udžbenik [30]. Rukovođenje Katedre za mineralogiju i rudarstvo u Šemnicu Žakuin je preuzeo 1762. godine, a od 1768. godine bio je profesor botanike i hemije na Univerzitetu u Beču.\*



Slika 3. Nikol Žosef Žakuin.  
Figure 3. Nikolaus Joseph Jacquin.

Žakuinov naslednik je Skopoli (Giovanni Scopoli, 1723–1788), profesor mineralogije i botanike u Šemnicu od 1769. do 1779. godine i autor nekoliko zapaženih udžbenika (slika 4). Skopolijevi „Osnovi hemije“ (Fundamenta chemiae) izdati su na nemačkom jeziku, po naređenju cara Jozefa II (1741–1790) u tri Evropske metropole, Pragu (1777), Paviji (1780) i Beču (1786). U Idriji je 1761. godine publikovao monografiju pod naslovom „O rudniku žive u Idriji“ (De Hydroargyro Idriensi Tentamina). Skopolijevi „Osnovi metalurgije“ (Anfangsgründe der Metallurgie) izdati su 1779. godine u Manhajmu. Publikovao je i dela iz biologije, botanike i

\* Njihov porodični prijatelj je bio van Sviten, savetnik i dvorski lekar Marije Terezije.

\* Tada je otpočelo druženje između porodice Žakuin i Mocart (Johannes Chrysostomus Wolfgangus Theophilus Mozart, 1756–1791). Nikol Žosef Žakuin je imao troje dece: Jozefa Franca (Joseph Franz Freiherr von Jacquin, 1766–1839) profesora botanike i hemije na Univerzitetu u Beču i člana Švedske kraljevske akademije nauka, Emila (Emil Gottfried Jacquin, 1767–1792) flautistu i ćerku Francisku (Franciska Jacquin, 1769–1850), pijanistkinju i Mocartovog saradnika. Mocart je jednu kompoziciju, Kegelstatt trio (Kegelstatt Trio, e-mol, KV-4), posvetio Francisku Žakuin, a drugu Emilu Gotfridu Žakuinu [31].

zoologije.\*\* Skopoli je Akademiju u Šemnicu napustio 1777. godine i karijeru nastavio kao profesor univerziteta u Paviji.\*\*\*

Treći velikan rudarske akademije u Šemnicu bio je Anton Ruprecht, rodom iz Šemnica. U svom rodnom gradu studirao je na Rudarsko-metalurškoj akademiji, gde je biran za asistenta, a o državnom trošku se usavršavao u Švedskoj i radio sa Bergmanom (*Torbern Olof Bergman*, 1735–1784) (Slika 6), ocem analitičke hemije i jednim od najvećih švedskih hemičara.\*\*\*\* U Šemnicu je 1779. nasledio katedru od Skopolija (i postao je uvaženi profesor). Nije bio autor nijednog udžbenika (nije pisao udžbenike). U nekim naučnim člancima proces sagorevanja paralelno je objašnjavao flogistonskom i kiseoničnom teorijom. Smatraju ga jednim od prvih Lavoazjevovih pristalica u Srednjoj Evropi. Poslednji put se njegovo ime pojavljuje 1802. godine u pisanim dokumentima bečke Dvorske kancelarije.



Slika 4. Đovani Skopoli.  
Figure 4. Giovanni Scopoli.

Odlaskom velike trojke iz Šemnica, Žakuina, Skopolija i Ruprehta, ugled rudarske akademije je počeo da blede (opada). Njihovi naslednici, Mihaj Pacijer (Patzier Mihály, 1760–?) i ostali, nisu imali autoritet kao njihovi prethodnici.

Studije rudarstva u Šemnicu 1844. godine uspešno su završili srpski državni pitomci Đorđe Branković, Vasilije Božić i Stevan Pavlović [33].

\*\* Najistaknutiji radovi su mu: Flora Carniolica (1760), Entomologia Carniolica (1763), Anni Historico-Naturales (1769-72) i Deliciae Flora et Fauna Insubricae (1786–88).

\*\*\* U Paviji je imao žestokog rivala, Spalanzanija (Lazzaro Spallanzani, 1729–1799), biologa, koji se bavio mikrobima i koji otkrio da se mikrobi mogu uništiti kuvanjem. Njegove radove je proučavao i Luj Paster (Louis Pasteur, 1822–1895). Dobar kolega mu je bio Alessandro Volta (Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta, 1745–1827), profesor fizike. Veoma uvaženi kolega i savetnik za metalurgiju bio mu je Ignac Born (Ignaz von Born, 1742–1791) (slika 5). Ignac Born je rođen u Capnici, u Transilvaniji, nedaleko od Baja Mare. Školovao se u Beču i Pragu, a usavršavao se putovanjem po Evropi. Bavio se geologijom, više nego hemijom, a bio je u sukobu sa Klaprotom. Bio je blizak i sa porodicom Žakuin i sa porodicom Mocart. Nikada se nije bavio obrazovanjem, ali je dao veliki doprinos stručnom prosperitetu rudarsko-metalurških akademija [32].

\*\*\*\* Po odlasku iz Švedske Ruprecht je bio u stalnoj prepisci sa Bergmanom.



Slika 5. Ignac fon Born.  
Figure 5. Ignaz von Born.



Slika 6. Torbern Ulof Bergman.  
Figure 6. Torbern Olof Bergman.

Obnova nastave u Šemnicu posle 1849. godine za sluga je Janoša Petka (Pettko János), Jožefa Bahmana (Bachmann József) i Vilmoša Bruimana (Bruimann Vilmos). Stara slava Šemnica nije povraćena, pa je ona posle Prvog svetskog rata prestala s radom.

U drugoj polovini XIX veka pokazalo se da, pored Tehničkog univerziteta u Budimpešti i Pragu i drugih modernijih visokoškolskih ustanova, rudarske akademije nemaju perspektivu [34].

Na temeljima Instituta za geodeziju i hidrotehniku (Institutum Geometrico-Hydrotechnicum), osnovanog 1782. godine u Budimpešti, 30. septembra 1856. godine počela je sa radom prva politehnička škola Habsburške monarhije „Jožef Nador“ (József Nádor Politechnikum), koja je školske 1871/72. godine dobila status Kraljevskog tehničkog univerziteta (József Nádor budapesti királyi műegyetem). Drugi tehnički univerzitet na teritoriji Habsburške monarhije, poznat kao ČVUT (České vysoké učené technické, Praha) ili CTU (Czech Technical University), osnovan je u Pragu 23. septembra 1863. godine.

## ZAKLJUČAK

Primenjena hemija, jedna od najprofitabilnijih naučnih disciplina, direktno podržava hemijsku industriju i savremenu tehnologiju. Prapočeci primenjene hemije vode do doba antike, kada su se hemijom bavili na nivou zanatske veštine. U doba alhemije primenjena he-

mija je stekla bogato iskustvo, a za vreme industrijske revolucije otpočeo je njen akademski period. Najznačajnija akademija u srednjoj Evropi osnovana je u Šemnicu sredinom XVIII veka. Osnivanjem modernih obrazovnih institucija i spletom istorijskih okolnosti Rudarsko-metalurška akademija u Šemnicu najpre je izgubila vodeću ulogu u obrazovanju inženjera, da bi na kraju prestala s radom. Za vodeću ulogu Rudarsko-metalurške akademije u Šemnicu u XVIII veku najzaslužniji su profesori Nikol Žakuin, Đovani Skopoli (i) Anton Rupreht i Kristijan Dopler. Na ovoj akademiji stekli su diplome i prvi rudarski inženjeri Srbije.

## Zahvalnica

Autori se zahvaljuju Ministarstvu za nauku u tehnološki razvoj Republike Srbije za finansijsku podršku ovoga rada, projektom „Evropske dimenzije reforme sistema obrazovanja i vaspitanja“, EVB 149009 D.

## LITERATURA

- [1] J. Wang, Can Man-Made Nanomachines Compete with Nature Biomotors ACS Nano 3 (2009) 4–9.
- [2] E.R. Caley, The Stockholm Papyrus, J. Chem. Educ. 4 (8) (1927) 979–1002.
- [3] M. Berthelot, Les Origines de L'Alchimie, Georgies Steinheil, Paris, 1885.
- [4] G. Agricola, De Re Metallica, Libri XII, Froben, Basel, 1561.
- [5] M. Levey, Arabic Chemists, in: E. Farber (Ed.). Great Chemists, Interscience Publishers, N. Y., London, 1961, pp. 15–38.
- [6] G.R. Engewald, Georgius Agricola, Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1982.
- [7] G. Hoppe, F. Damaschun, G. Wappler, An appreciation of Martin Heinrich Klaproth as a mineral chemist, Pharmazie 42 (4) (1987) 266–267.
- [8] K. Simonyi, Vákuum és légnomás, in: Fizika kultúrtörténete, Gondolatkiadó, Budapest, 1968, pp. 221–223.
- [9] D. Grdenić, Pneumatska kemija, u: Povjest kemije, Liber i Školska knjiga, Zagreb, 2001, str. 453–482.
- [10] L. Balázs, Szénésacél, in: A kémia története, Gondolatkiadó, Budapest, 1974, pp. 240–255.
- [11] M.E. Weeks, H.M. Leicester, Some eighteenth-century metals, in: Discovery of the Elements, Journal Chemical Education Published, 7<sup>th</sup> ed., Easton, 1968, pp. 137–176.
- [12] G. Bresson, Réaumur, le savant qui osa croiser une poule avec un lapin, Éditions d'Orbestier, Le Château d'Olonne, 2001, p. 255.
- [13] R. Koch, Stahl, in: Das Buch der Grossen Chemicker, Erste Band, Verlag Chemie GmbH, Weinheim, 1974, pp. 192–203.
- [14] V. A. Kricman, Robert Boil, John Dalton, Amadeo Avogadro, Prosveshcheniie, Moskva, 1976.
- [15] F.R. Paturi, Chronik der Technik, Industrielle Revolution in Großbritannien 1750 bis 1840, Maschinelle Fertigung in Fabriken: Neue Ära beginnt, Chronik der Jahre 1750 bis 1839, 138–222, Chronic-Verlag in der Harenberg

- Kommunikation Verlags- und Mediengesellschaft GmbH & Co. KG, Dortmund, 1988.
- [16] R. Boyle, *The Sceptical Chymist: or Chymico-Physical Doubts & Paradoxes*, Printed by J. Cadwell for J. Croke, London, 1661.
- [17] A.L. Lavoisier, *Des Moyens que la chimie emploie pour écarter les unes des autres les molécules des corps sans les décomposer, et réciproque pour les réunir; Traité élémentaire de Chimie*, II, Chap. V, 1789, p. 422.
- [18] A.L. Lavoisier, P.S. Laplace, *Mémoire sur la chaleur*, Chap. IV., Lu á l'Académie Royale des Sciences, le 28. Juin 1783, 1783.
- [19] F. Veselovsky, P. Ondruš, J. Kominek, *History of the Jáchymov (Joachimsthal) ore district*, J. of Czech Geol. Soc. **42** (4) (1997) 127–132.
- [20] H. Scott, B. Simms, *Cultures of Power in Europe During The Long Eighteenth Century*, Cambridge, 2007, p. 208.
- [21] J.T. Peithner, *Versuch über die natürliche und politische Geschichte der böhmischen und mährischen Bergwerke*, I Teil, Wien, 1780.
- [22] P.M. Schuster, *Moving the Stars: Christian Doppler, His Life, His Works and Principle, and The World After*, STARNA G.m.b.H., Pollaue, 2005, p. 88.
- [23] J. Lexa, J. Štohl, V. Konečný, *The Banská Štiavnica ore district: relationship between metallogenetic processes and the geological evolution of a stratovolcano*. *Mineralium Deposita* **34** (1999) 639–654.
- [24] R. Weston, *J. Evans Austria, Hungary, and the Habsburgs: Essays on Central Europe, c. 1683–1867*, Oxford University Press, 2006.
- [25] D. Franković, *Pedagogijska enciklopedija*, 1895–1906, 1958, str. 61–64.
- [26] L. Zsámboki, *Academia Montanistica, Selmecről indultunk, A miskolci egyetemi könyvtár, levéltár és múzeum, kiadványai*, Miskolc, 1997, pp. 78–105.
- [27] F. Szabadvári, Z. Szőkefalvi-Nagy, *Selmeci Bányászati Akadémia, Kémia története Magyarországon*, Akadémia kiadó, Budapest, 1972, pp. 82–94.
- [28] F. Szabadvári, *Technikatörténet, Szemle* **1** (1963) 1–95.
- [29] L.V. Sch. Erker, *Aula Subterania alias Probier Buch*, Johan David Zunner, Franakfurt ad M., 1736.
- [30] C. E. Gellert, *Anfangsgründe zur metallurgischen Chemie*, Leipzig, 1751.
- [31] T. Báldy, G. Papp, T. Weiszbyrg, *Mozart „geológus” barátai*, *Természet Világa* **117** (69) (1986) 282.
- [32] T. Juhász, A. Kiss, *A tellúr felfedezésétől A varázsvolvóáig*, in: *A Zalaegerszegi Zrínji Miklós Gimnázium évkönyve 2003–2004*, Zalaegerszeg, 2004, pp. 48–57.
- [33] V. Šolaja, A. Magdić, *Osvrt na inženjere u Srbiji u XIX veku*, *Putevi srpskog inženjerstva tokom XIX veka*, SANU, Muzej nauke i tehnike, Beograd, 1994, str. 29–33.
- [34] L. Zsámboki, *A bányászatiés kohászati tudományok a 18. Században*, BKL Kohászat, 1987, pp. 261–263.

## SUMMARY

### ACADEMIC ROOTS OF CHEMICAL ENGINEERING IN XVIII AND XIX CENTURY IN CENTRAL EUROPE

Tibor J. Halaši, Snežana S. Kalamković, Stanko M. Cvjetičanin, Mirjana D. Segedinac

School of Sciences, Chemistry Department, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia

(Professional paper)

The roots of chemical engineering in Central Europe lead to the first mining and metallurgy academies, established in VIII century in Upper Hungary and in the Kingdom of Bohemia. Chemical engineering skills originate from ancient Egyptian handicraft, alchemy, technical chemistry, pneumochemistry and phlogiston chemistry. The development of mining and metallurgy coincided with great scientific discoveries and the industrial revolution. In Central Europe, first such academies were opened in St. Joachimstahl and in Schemnitz, and the first Serbian mining engineers Djordje Branković, Vasilije Božić and Stevan Pavlović studied, as well as the first chemistry professor of the High School in Belgrade, Mihajlo Rašković. Eminent professors were employed by the Schemnitz academy, such as: Nicol Jacquin, Giovanni Scopoli, Ignaz von Born and Christian Doppler. It is important to emphasize that Schemnitz practiced the first modern, practical laboratory education. In VIII century, Schemnitz Mining and metallurgy academy was the most contemporary educational institution for engineers. However, in XIX century, mining and metallurgy academies stagnated, due to the replacement of professional academies with polytechnic schools, technical universities and scientific research institutes.

Ključne reči: Hemijsko inženjerstvo  
• Primenjena hemija • Rudarsko-metalurška akademija • Šemnic • Hemijsko obrazovanje

Key words: Chemical engineering • Applied chemistry • Mining and metallurgy Academy • Schemnitz • Chemical education