

ICONISMUS XI



# VAKUUMIST

ČASOPIS ZA VAKUUMSKO ZNANOST, TEHNIKO IN TEHNOLOGIJE, VAKUUMSKO  
METALURGIJO, TANKE PLASTI, POVRŠINE IN FIZIKO PLAZME

53 let  
DVTS

LJUBLJANA, MAREC 2012

ISSN 0351-9716

LETNIK 32, ŠT. 1

UDK 533.5.62:539.2:669-982



## ▶▶ SCANLAF

Clean Air,  
Laminar Cabinets & Enclosures



Probably the best in Class 1, Class 2, Class 3, Isolators and laminar flow technology available today, offering a wide spectrum of cabinets and installations for biological safety and clean air environments.

Ergonomic designs which incorporate the latest in energy saving technology, environmental and personal protection with the assurance of conformity to all National and International Standards.



## ▶▶ SCANVAC

Freeze Dryers  
& Vacuum Concentrators



Freeze Drying and Vacuum Concentration equipment that offer a choice of capacities from 4 to 80 litres on either bench or floor standing systems for micro or macro applications, with temperatures to  $-110^{\circ}\text{C}$ , together with an unsurpassed range of accessories that combine ingenuity with practicality.

Our combined Freeze Drying/Vacuum Concentration Systems for multipurpose usage, offer complete versatility for any bioscience and organic chemistry.



## ▶▶ SCANCOOL

Ultra Freezers  
& Cooling Baths



A range of  $-86^{\circ}\text{C}$  Ultra Freezers both Upright and Chest models that offer 100 to 660 litre capacities. All models have unsurpassed precision controllers, with energy saving characteristics and environmentally-friendly Green insulation and gases.

High capacity performance and quality, together with Low Energy consumption and Low noise levels, ensure long term reliability for sample storage of biological materials.

ChillSafe, a range of cooling and cryogenic baths and circulators with temperatures from  $-30^{\circ}\text{C}$  to  $-90^{\circ}\text{C}$  completes the ScanCool programme.



## ▶▶ SCANSPEED

High & Low Speed  
Centrifuges



High and Low speed Quality centrifuges are exemplified by innovative designs and engineering excellence with low noise, compact design, refrigerated models with cool down to  $4^{\circ}\text{C}$  in 5 minutes and offer both high and low speed models, with or without refrigeration, in both bench top or floor standing models.

An extensive range of rotors and accessories complement all models, and any specialised requirements for sample separation or sequencing can be accommodated.



# VAKUUMIST 32/1, marec 2012

## VSEBINA

### ČLANKI

<b>Tribokorozija in tribokorozijsko preizkušanje</b> Tadeja Kosec .....	4
<b>Nevronski sistem za avtomatsko odstranjevanje ozadja pri Augerjevih spektrih</b> Igor Belič, Besnik Poniku, Monika Jenko .....	12
<b>Dva vakuumu posvečena rokopisa iz poznega 17. stoletja v zbirki Univerze Oklahoma</b> Stanislav Južnič .....	18

### DRUŠTVENE NOVICE

<b>Konferenca FLAVS 2012</b> Miran Mozetič .....	25
<b>Stotrinajsti sestanek izvršilnega odbora Mednarodne vakuumske zveze</b> Miran Mozetič .....	27
<b>Dr. Jože Gasperič – 80 let</b> Andrej Pregelj .....	29
<b>Tečaj Osnove vakuumske tehnike za mlade raziskovalce, 15.–16. marec 2012</b> Janez Kovač .....	31
<b>Kratke društvene novice</b> .....	32
<b>Nova oprema na trgu: HiCube Pro – Zanesljiva črpalna naprava zdaj s suho predčrpalno ACP</b> .....	32
<b>Vabilo na strokovno ekskurzijo v podjetje s področja mikroelektronike Infineon v Beljaku v Avstriji</b> .....	33

#### VAKUUMIST

Časopis za vakuumsko znanost, tehniko in tehnologije, vakuumsko metalurgijo, tanke plasti, površine in fiziko plazme

Izdajanje Vakuumista sofinancira Javna agencija za knjigo Republike Slovenije

**Glavni in odgovorni urednik:** doc. dr. Miha Čekada

**Uredniški odbor:** dr. Matjaž Finšgar, dr. Jože Gasperič, prof. dr. Monika Jenko, dr. Stanislav Južnič, doc. dr. Marta Klanjšek Gunde, doc. dr. Janez Kovač, prof. dr. Urška Lavrenčič Štangar, dr. Peter Panjan, mag. Andrej Pregelj, dr. Drago Resnik, doc. dr. Alenka Vesel, prof. dr. Franc Zupanič

**Tehnični urednik:** Miro Pečar

**Lektor:** dr. Jože Gasperič

**Korektor:** dr. Matjaž Finšgar

**Oblikovanje naslovnice:** Ignac Kofol

**Tisk:** Littera picta, d. o. o., Rožna dolina, c. IV/32–36, 1000 Ljubljana

**Naklada:** 320 izvodov

Vakuumist on-line: <http://www.dvts.si/arhiv>

Letna naročnina: 25 EUR

ISSN 0351-9716

UDK 533.5.62:539.2:669-982

Izdaja Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije

Teslova 30

1000 Ljubljana

Tel. (01) 477 66 00

E-pošta: [info@dvts.si](mailto:info@dvts.si)

Domača stran društva: <http://www.dvts.si>

Številka transakcijskega računa pri NLB: 02083-0014712647

#### Uredništvo Vakuumista

doc. dr. Miha Čekada

glavni in odgovorni urednik Vakuumista

Institut »Jožef Stefan«

Jamova 39

1000 Ljubljana

e-pošta: [miha.cekada@ijs.si](mailto:miha.cekada@ijs.si)

tel.: (01) 477 37 96

faks.: (01) 251 93 85

# TRIBOKOROZIJA IN TRIBOKOROZIJSKO PREIZKUŠANJE

Tadeja Kosec

Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 11, 1000 Ljubljana

STROKOVNI ČLANEK

## POVZETEK

V prispevku so predstavljene osnove tribokorozijskih procesov. Tribokorozijski proces je korozijski proces, ki nastane ob sočasnem drgnjenju ali obrabi materiala. Zaradi odstranjevanja oksidnih plasti je korozijski proces zato največkrat pospešen. Za spremljanje korozijskih procesov potrebujemo posebno preizkuševališče – tribometer, predelan za možnost spremljanja elektrokemijskih procesov v trielektrodni korozijski celici. Seznanimo se z različnimi možnostmi tribokorozijskega preizkušanja, mogočimi metodami za tribokorozijsko spremljanje procesov ter predstavimo tipične primere tribokorozijskega preizkušanja.

**Ključne besede:** tribokorozijska, elektrokemijske tehnike, tribokorozijsko preizkuševališče, obraba

## Tribocorrosion and tribocorrosion testing

### ABSTRACT

A basic introduction to tribocorrosion processes is given. The tribocorrosion process is a corrosion process which results from simultaneous rubbing, fretting of metals. The corrosion process is in most cases accelerated due to removal of the oxide films. For tribocorrosion study a special tribocorrosion system is needed – it consists of a tribometer with a specially constructed three-electrode electrochemical cell. Different setups for possible tribocorrosion studies are presented as well as different electrochemical techniques that enable to study the tribocorrosion processes. Different case studies are presented as well.

**Keywords:** tribocorrosion, electrochemical techniques, tribocorrosion set-up, wear

## 1 SPLOŠNO O TRIBOKOROZIJI

Pri relativnem gibanju kontaktnih površin je tribološki kontakt zelo zapleten, saj vključuje simultani proces trenja, deformacije in obrabe. Meja med mehanizmi na makro- in mikronivoju je težko določljiva, saj so med seboj prepleteni in povezani. Če je pri procesih prisoten elektrolit (npr. oksidirano mazivo, kondenzat, tkivo, slina) se mehanski procesi obrabe kombinirajo s korozijskimi. Tribološki proces vključuje tako spremembo materiala kot tudi spremembe, ki nastanejo kot rezultat skupnega delovanja obrabe in korozije. V splošnem omenjena kombinacija ni vsota, temveč sinergija obeh vrst procesov, zato so vplivi posameznih parametrov pri skupnih tribokorozijskih procesih izrazito nelinearni in nestacionarni.

Za uspešno poznanje tribokorozijskega vedenja materiala ni dovolj zgolj poznanje tribološkega delovanja brez upoštevanja korozivnih razmer, kot tudi ni dovolj poznanje kemijskega vedenja brez poznanja vplivov obrabe. Zato tribokorozijska kot veda zahteva interdisciplinarno obravnavo. V zadnjem času je povečano zanimanje za razumevanje uporabe različnih materialov in njihovih kombinacij, kar sili tako raziskovalce kot inženirje k sodelovanju zaradi

znanstvenih, ekonomskih in praktičnih interesov. Pridobivanje temeljitega vpogleda v mehanizme in določevanje kritičnih mehanskih in kemijskih vplivov na tribološki proces ima zelo velik pomen. Določene zakonitosti pri uporabi posameznih materialov v izbranih okoljih in določenih obremenitvah so sicer poznane, vendar je povezovanje znanj s področja tribologije in korozije materialov še vedno relativno neraziskano področje. Glavna vzroka za to sta težavnost simuliranja realnih razmer in nestacionarnost procesov.

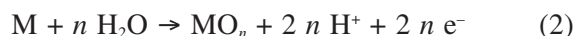
### 1.1 Opredelitev problema

Večina korozijskih procesov je po naravi elektrokemijskih. To vključuje prenos elektronov. Oksidacija kovine poteče na naslednji način:



kjer je M kovina (angl. *metal*) in  $n$  število izmenjanih elektronov na atom kovine. Na anodi se kovina raztaplja, reakcija (1), in prehaja iz oksidacijskega stanja 0 v  $n^{+}$  (tj. aktivna kovina).

Če pa se v elektrolitu tvori oksid (tj. pasivna kovina), poteče reakcija po enačbi (2):



Partnerska katodna reakcija je lahko sproščanje vodika, ki je favorizirana v kislem okolju, ter redukcija kisika, ki je favorizirana v bazičnem okolju in zračenih raztopinah. Pri tem potečejo reakcije (3)–(5):



Pri navadnih korozijskih razmerah je reakcija (1) v ravnotežju z eno ali več redukcijskih reakcij po enačbah (3)–(5). Ko sta katodni in anodni tok enaka, govorimo o korozijskem potencialu  $E_{kor}$ .

Tako je bilo razvitih nekaj vrst elektrokemijskih tehnik za spremljanje in kontroliranje korozijskega potenciala. Prav tako so jih uporabili v tribokorozijskih eksperimentih za spremljanje procesov med drgnjenjem. Največkrat uporabljene elektrokemijske tehnike so meritve korozijskega potenciala, potenciostatske ter potenciodinamske meritve. To pomeni, da je uporabnost konvencionalnih elektrokemijskih tehnik, ki so sicer primerne za napoved splošne korozijske obstojnosti, pri triboloških procesih delno omejena zaradi nestacionarnih razmer med tribološko

obrado. Zato je ovrednotenje elektrokemijskega vpliva pri sinergijski kombinaciji z mehanskimi procesi problematično, posledično pa je nezanesljivo tudi modeliranje teh procesov. Za spremljanje triboelektrokemijskih procesov je treba razviti in vključiti tudi druge elektrokemijske tehnike.

## 2 KOROZIJSKI IN MEHANSKI PROCESI

Drgnjenje materiala lahko vodi k lokalnemu odstranjevanju pasivne plasti. Posledično lahko nastopi korozijska obraba, ki v kontaktnem področju spremeni lastnosti materiala. Pri tem se lahko v kontaktnem področju nalagajo korozijski produkti (prisotnost tretjega telesa, angl. *third body*), ki vplivajo na nadaljnji proces obrabe.

Mehanska obremenitev in hitrost drgnjenja vplivata različno na različne materiale (nepasivni materiali, kot je baker, in pasivni materiali kot nerjavno jeklo). V večina primerov obrabljen material deluje kot anoda (**slika 1a**) in redkeje kot katoda (**slika 1b**). To lahko spremljamo z ocenjevanjem procesa depasivacije.

Glavno zanimanje v tribokorozijskih študijah je ravno izbira pravih korozijskih razmer, saj drgnjenje ustvarja nestacionarne elektrokemijske razmere v kontaktnem področju. Omejitve pri določanju katodnih in anodnih mest (**slika 1**) lahko zaobidemo s tehnikami in kombinacijo metod. Elektrokemijske tehnike v splošnem zahtevajo stacionarne razmere med potekom meritve. Dinamične in tranzientne razmere v kontaktnem področju vplivajo na dobljene rezultate. Iskanje metodologij za karakterizacijo

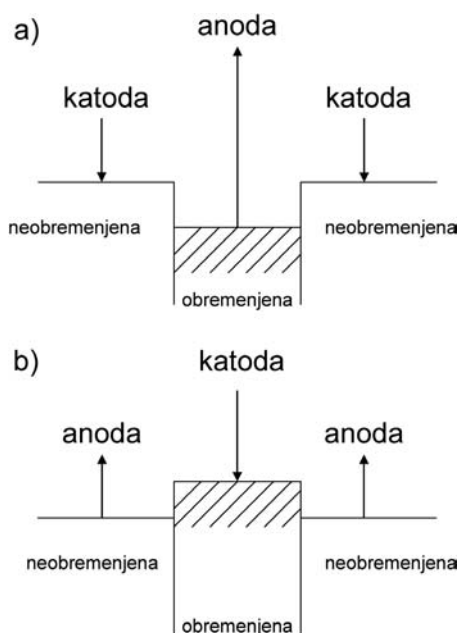
osnovnih tribokorozijskih procesov oziroma študij medsebojnega vplivanja mehanskih in elektrokemijskih procesov so veliki izzivi za raziskovalce z različnih področij. Poseben izziv je nadgradnja tranzientnih elektrokemijskih tehnik (elektrokemijski šum z akustično emisijo, metoda merjenja delnih tokov z mikroelektrodami), ki so bile v preteklosti razvite pri študiju drugih lokalnih oblik korozije (napetostno-korozijsko pokanje, korozija v špranji, korozija jekla v betonu) [1–3].

Tribokorozijske raziskave zaobjemajo tista področja, kjer lahko v agresivnih okoljih pride do korozijskih procesov, hkrati pa so vsi mehanski stiki tudi obrabno obremenjeni. To so materiali, katerih trajnost je problematična: pogonski agregati in materiali v procesni industriji (orodna jekla, siva litina) ter v biomedicini (nerjavna jekla, titanove zlitine in različni steliti). V splošnem je treba poznati osnovne parametre in njihov vpliv na tribokorozijske procese problematičnih kovinskih materialov pri tipičnih razmerah v okolju (mehanska obremenitev, elektrolit). Treba je izdelati in preučiti primerne tehnike, ki se bodo lahko v prihodnje uporabljale kot orodje za napoved tribokorozijskih lastnosti določenih materialov pri realnih problemih: npr. uporaba biogoriv, lubrikantov, evalvacija učinkovitosti inhibitorjev, trajnost različnih vrst vsadkov.

## 3 STANJE TEHNIKE

Tribološka obraba, ki poteče v prevodnem elektrolitu ob kontroliranih elektrokemijskih razmerah, je definirana kot triboelektrokemijski eksperiment. Definicija tribokorozijske je bila prvič prikazana in omenjena v klasični tribološki knjigi med rezultati, ki jih je predstavil Barker [4]. Prvi standard, ki upošteva tako obrabo kot korozijo, je ASTM G119 – Standardna navodila za določanje sinergije med obrabo in korozijo, ki je izšel leta 1995 in bil kasneje dopolnjen [5].

Mehanizem obrabe, sinergistični učinek med obrabo in korozijo na tribokorozijske procese ter na drugi strani fenomen tretjega telesa priteguje v zadnjem času precej zanimanja [6–9]. Tako je Stack s sodelavci [6, 7] izdelala različne režime za prepoznavanje prevladujočega mehanizma med tribokorozijskim procesom. Za boljše razumevanje sinergističnega delovanja je določila koeficient  $K_c/K_w$  ter opredelila različne načine obrabe in korozije. Koeficient  $K_c/K_w$ , pri čemer je  $K_c$  obraba zaradi korozije in  $K_w$  tribološka obraba, se rabi kot merilo za ocenjevanje medsebojne odvisnosti korozije in obrabe [6, 7]. Če je koeficient  $K_c/K_w$  manjši od 0,01, je prevladujoč mehanizem obraba, če pa je večji od  $K_c/K_w \geq 10$ , proces usmerja korozija. Med potekom drgnjenja prihaja do akumu-



**Slika 1:** Grafični prikaz dveh različnih razmer pri drgnjenju, ko obremenjeni material deluje kot: (a) anoda ali kot (b) katoda

liranja delcev, ki se sproščajo zaradi obrabe teles med kontaktom. Obrabljata se lahko en ali oba materiala v stiku. Landolt je s sodelavci poskušal opisati vplive delcev, nastalih zaradi obrabe (angl. *third body*), katerih vpliv je preiskoval z elektrokemijskimi eksperimenti [9, 10]. Opazili so, da imajo delci, nastali zaradi obrabe, velik vpliv na tribokorozijske procese.

Različne tribološke obrabe, od ponavljajočih gibanj, enosmernih premikov, drgnjenja ter vrtajočega trenja (angl. *spinning*) so študirali z različnimi triboelektrokemijskimi tehnikami. Odvisno od načina obrabe in kontaktne geometrije je lahko pričakovati različne odzive oz. načine vedenja. *In-situ* analize tribološke obrabe na področju dentalne protetike so pokazale, da je obremenitev v kombinaciji s premiki majhne frekvence zelo zahteven proces [11]. Študije so zelo raznolike, s tribološkega stališča so preiskovali sistem jezik/nebo [12]. Zelo kompleksen način kombinacije obrabe in korozijskega procesa lahko povzroča tvorbo obrabnih delcev in raztopljenih kovin, kar lahko povzroči krajšo trajnostno dobo kolčne proteze [13].

Med materiali za temeljne študije je najbolj pogosto izbran material nerjavno jeklo (tip 304L in 316L skupaj s sestavnimi kovinami, Cr, Ni) [14–16], biokompatibilni materiali, kot so kobaltove zlitine (Stelliti) [17, 18] in titanove zlitine, med katerimi prevladuje TiAlV [13, 19–21]. V zadnjem času se je povečalo zanimanje po tribokorozijskem vedenju tankih prevlek [22–24]. Bayon s sodel. [22] je preučeval PVD-prevleke v prestavnih sistemih. Prav tako je veliko objav s področja obrabe [23], upoštevajoč korozijo, ki pa ni povezana z njeno elektrokemijsko naravo. Med procesom obrabe in trenja so kemijske in strukturne spremembe, ki se dogajajo na DLC-prevlekah med obrabo v prisotnosti mineralnih olj študirali z ramansko in rentgensko spektroskopijo [23]. Druga študija obravnava vplive trdote, debeline in strukture tankih plasti  $TiC_xO_y$  na tribokorozijsko vedenje [24]. Ocenjena sta tako posamezni kot medsebojni vpliv obrabe in korozije.

Prav tako, kot so študije razdeljene po različnih obravnavanih materialih, lahko razdelimo tribokorozijske študije glede na njihovo uporabo; nekatere so temeljne študije, druge so študije tribokorozijske v biomedicinske namene kot tudi študije trdih tankih in proti obrabi odpornih prevlek.

Nekatere tehnike in metode so pogosto uporabljene, medtem ko so druge poredko. Med zadnjimi objavami Mischlerja [25] se lahko spoznamo s kritično obravnavo glavnih elektrokemijskih tehnik ter metod za razumevanje tribokorozijskih procesov s posebnim poudarkom na procese drsenja in trenja pri študiju pasivnih kovin.

V skladu s prej omenjeno pregledno študijo [25] lahko tehnike razdelimo na tehnike spremljanja korozijskega potenciala, galvanske celice ter potenciodinamske tehnike.

Na podlagi potenciostatskih tehnik so nekateri avtorji razvili modele za napoved elektrokemijskega odziva pasivnih kovin na tribokorozijski proces. Landolt s sodel. [26] je razvil model za pasivne kovine, ki se obrabljajo, in opisal tok, ki se spreminja med drgnjenjem kot funkcija hitrosti depasivacije in repasivacije. Hitrost depasivacije je odvisna od obremenitve, hitrosti, trdote kovine, površinske topografije in kontaktne geometrije [26]. Tudi Olsson in Stemp [27] sta izdelala model za napoved repasivacijske kinetike med drgnjenjem.

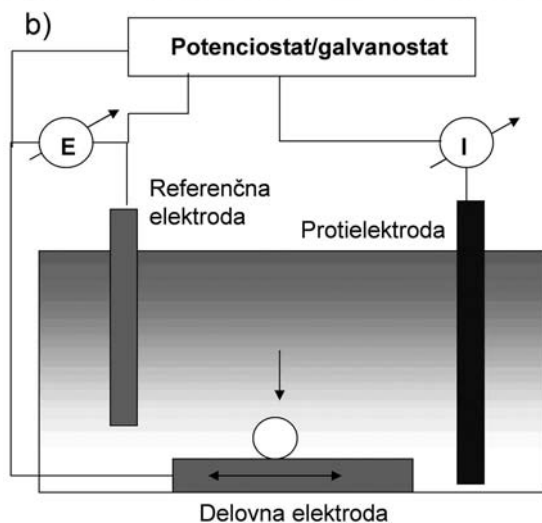
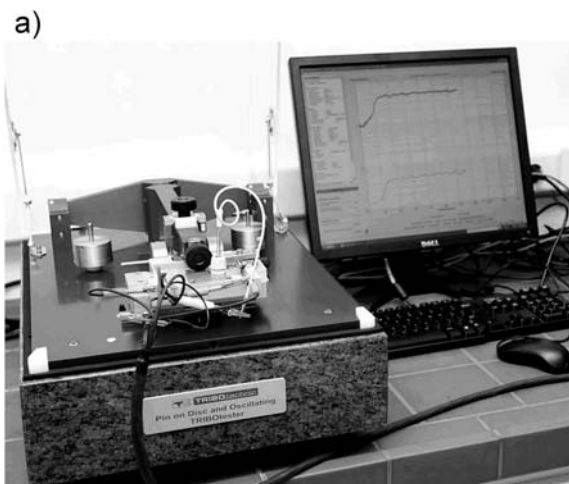
Pontiaux [15] poudarja, da je glavni problem pri tribokorozijskih procesih ta, da pri dvosmernem sistemu obrabe, obrabna konica ustvarja nestalne (angl. *non-steady*) elektrokemijske razmere v območju kontakta. Jemmely s sodel. [10] je ugotovil, da se je vrednost toka med časom, ko material ni bil v procesu obrabe, zmanjševal zaradi repasivacije in se ponovno povečal, ko je obrabna konica potovala nazaj v primeru uporabe ponavljajočega dvosmernega tribometra. Mnoge elektrokemijske tehnike pa zahtevajo stacionarne razmere med samo meritvijo. Dinamične in tranzientne razmere v območju kontakta tako lahko drastično vplivajo na dobljene rezultate [15].

Le nekaj je objav, te so zelo redke, ki kot mogočo tehniko za preučevanje tribokorozijske uporabljajo elektrokemijski šum in elektrokemijsko impedančno spektroskopijo [15, 16]. Elektrokemijsko impedančno spektroskopijo so uporabljali le kot dodatno tehniko pred procesom obrabe in po njej [24]. Monticelli s sodel. [20] pa je ugotovil, da je splošna stabilnost zlitine TiAlV v korozijskih razmerah dovolj stabilna, da so lahko izmerili impedančne spektre. Impedanca depasiviranega področja namreč prevlada nad celotno impedanco elektrode. Tudi merjenje z mrežo galvansko povezanih elektrod še ni bilo uporabljeno v triboelektrokemijskih študijah. Metoda merjenja delnih tokov z mikroelektrodami smo razvili pri študiju drugih lokalnih oblik korozije, kjer razlike med anodnimi in katodnimi mesti vplivajo na potek korozije [3]. Kot je poudaril Celis s sodel. [28], obremenjeno področje materiala, ki je izpostavljen drgnjenju, lahko deluje kot anoda ali kot katoda. Tako je uporaba mreže galvansko povezanih elektrod z uporabo elektrokemijskega šuma in akustične emisije velik izziv v znanju na področju tribokorozijske.

Poudariti je treba, da obstaja velika potreba po temeljnih raziskavah in kritičnem ovrednotenju posameznih elektrokemijskih tehnik, ki se uporabljajo za tribokorozijske preiskave. Če povzamemo, večina temeljnih študij uporablja potenciostatsko tehniko v

80 % izbranih literaturnih virih. Druga najbolj uporabljena tehnika je bila merjenje korozijskega potenciala v 50 % primerih. V 10 % preiskane literature so uporabili potenciodinamsko tehniko kot orodje za spremljanje elektrokemijskih procesov, ta pa je problematična za uspešno interpretacijo rezultatov zaradi nestacionarnih razmer, ki jih ta tehnika zahteva. Prav tako je nekajkrat uporabljena tehnika galvanškega člana.

Večina raziskav uporablja eno ali dve tehniki med opisanimi najpogosteje uporabljenimi tehnikami za spremljanje tribokorozijskih eksperimentov. Kot je bilo že poudarjeno, le nekaj raziskav uporablja elektrokemijski šum in impedančno elektrokemijsko spektroskopijo pri študiju tribokorozijskih lastnosti, pri čemer mreža elektrod in akustična emisija kot dodatna tehnika k elektrokemijskemu šumu, še ni bila uporabljena. Tako lahko ugotovimo, da je na področju nadaljnjih in temeljnih študij mogočih tehnik za študij tribokorozijskih procesov še veliko odprtih problemov in izzivov.



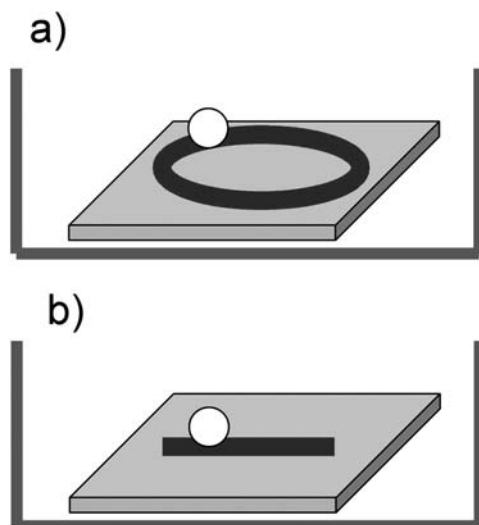
**Slika 2:** Slika linearnega recipročnega tribometra z elektro-kemijsko celico (a) ter shema tipičnega tribokorozijskega preskuševališča (b)

#### 4 TRIBOKOROZIJSKO PREIZKUŠEVALIŠČE

Tribokorozijsko preskuševališče je sestavljeno iz tribometra ter posebej za korozijske meritve predelano korozijsko celico. Prav slednja je velik problem za dejansko realizacijo tribokorozijskih preiskav. Na trgu so dostopni različni tribometri (CSM instruments, Phoenix instruments) za raznovrstne tribološke študije trenja in obrabe materialov z lubrikanti ali brez njih. Obstajajo tudi bolj specializirane različice za testiranje pri nižjih ali višjih temperaturah ali v vakuumu. Aparat za tribokorozijske meritve mora biti ustrezno predelan ali pa posebej izdelan.

Priljubljen tribometer za elektrokemijske preiskave mora imeti nekatere njemu podobne karakteristike, ki imajo prednost pred komercialnimi aparati. Te so: obremenitev na vzorec z natančno določeno silo, kontrola parametrov, kot so hitrost drgnjenja, frekvenca in čas ter razpon sile nekaj newtonov do nekaj milinewtonov, ter materiali v stiku s korozijsko raztopino. Materiali morajo biti električno neprevodni: nosilec za obrabno telo, ohišje korozijske celice, nosilci za pritrditev vzorca. Najpomembnejša značilnost je elektrokemijska celica za spremljanje tribokorozijskih procesov, kjer so kontakti za delovno elektrodo (preiskovan material), referenčno elektrodo (po navadi nameščena na posebnem nosilcu) ter protielektrodo poseben tehničen izziv.

Na **sliki 2** je prikazan linearni recipročni tribometer z elektro-kemijsko celico ter shema tipičnega tribokorozijskega preskuševališča. Na **sliki 3** pa sta predstavljena najpogostejša načina tribokorozijskega eksperimenta, glede na uporabljen vrsto tribometra: pin on disk (a) ali pa dvosmerni linearni tribometer (b).

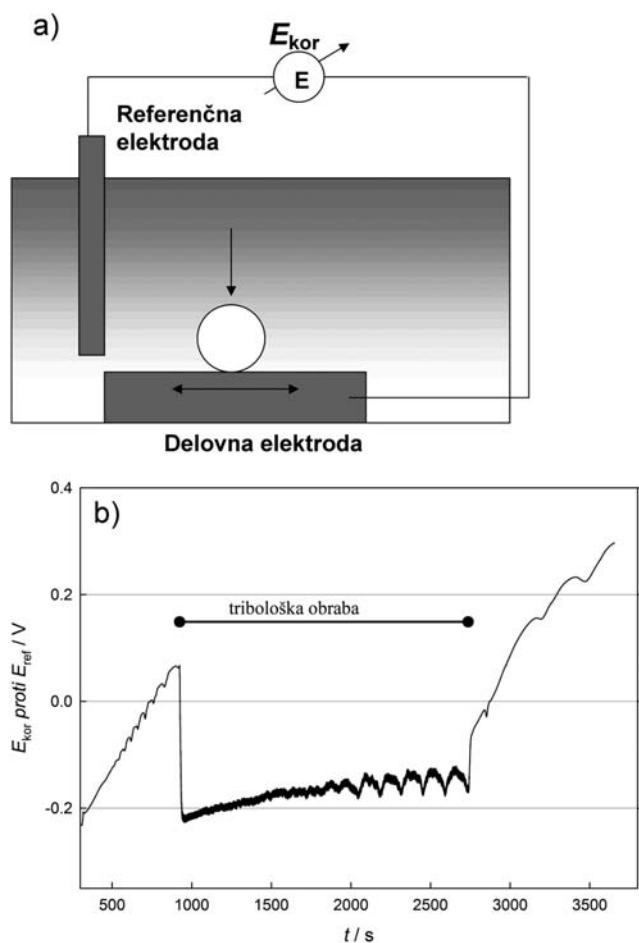


**Slika 3:** Prikaz različnih obrab in načinov gibanja na tribokorozijskih sistemih: (a) pin on disk tribokorozijska obraba in (b) linearna dvosmerna (angl. reciprocating) obraba

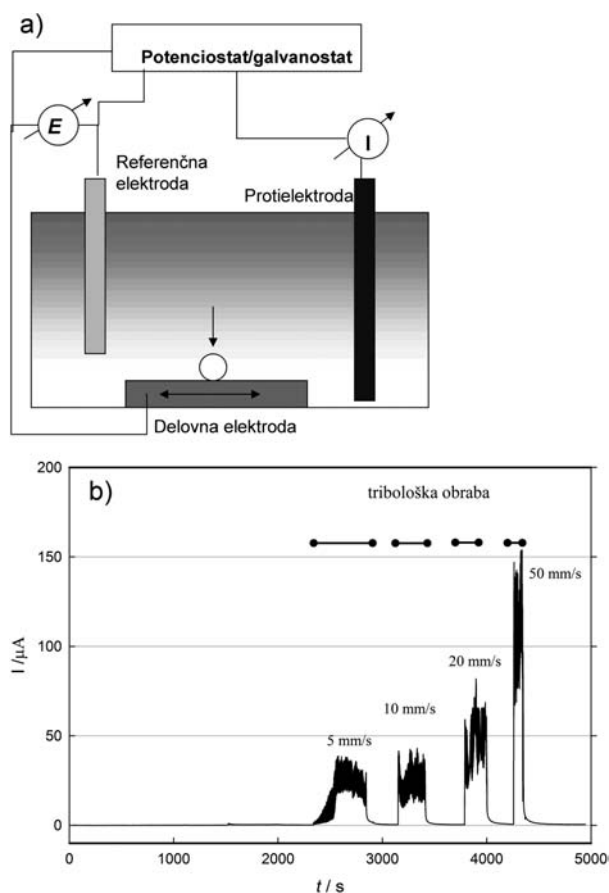
## 5 ELEKTROKEMIJSKE METODE ZA TRIBOKOROZIJSKO PREIZKUŠANJE

Pri tribokorozijskih eksperimentih se med procesom obrabe posamezno uporabljajo naslednje elektrokemijske tehnike: merjenje korozijskega potenciala, galvanske celice, potenciostatske ter potenciodinamske meritve. Največkrat uporabljeni tehniki sta potenciostatska in tehnika s spremljanjem korozijskega potenciala.

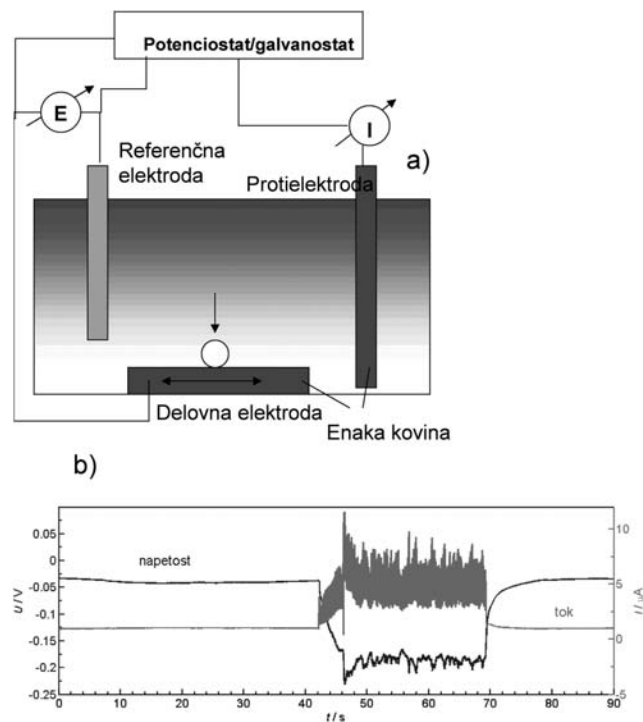
**Merjenje korozijskega potenciala** med tribokorozijsko obrabo je zelo preprosta tehnika. Z njo pridobimo informacijo o stanju površine med drgnjenjem. Korozijski potencial  $E_{kor}$  merimo med delovno in referenčno elektrodo (slika 4). Ko se med obrabo odkriva kovina (obrabljena površina), je neto potencial elektrode spremenjen. Med tribološko obrabo potencial pade na nižje vrednosti, temu pravimo katodna sprememba (angl. *cathodic shift*). Po končani tribološki obrabi se potencial zopet pomakne na višje začetne vrednosti. Na obrabljeni površini se v odvisnosti od narave kovinskega materiala različno hitro lahko tvori pasivna plast.



**Slika 4:** Primer elektrokemijskega spremljanja korozijskega potenciala: (a) shema eksperimenta, (b) primer tribokorozijskega preizkušanja nerjavnega jekla 316L v 0,5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



**Slika 5:** Primer potenciostatskega tribokorozijskega testa: (a) shema eksperimenta, (b) primer tribokorozijskega preizkušanja nerjavnega jekla 316L v 0,5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pri različnih hitrostih obrabe



**Slika 6:** Primer tribokorozijskega preizkušanja z galvanjsko celico oz. elektrokemijskim šumom: (a) shema eksperimenta, (b) primer tribokorozijskega preizkušanja nerjavnega jekla 316L v 0,5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



Slabost te tehnike je, da pri njeni uporabi ne dobimo nikakršnih podatkov o kinetiki reakcij, ki nastopajo med drgnjenjem oz. obrabo.

**Potenciostatski tribokorozijski test** je tisti, pri katerim delovno elektrodo držimo na izbranem potencialu v trielektrodni elektrokemijski celici. Elektrode so povezane s potencistatom, ki vzdržuje potencial med delovno in referenčno elektrodo. Pri stalni napetosti merimo tok v odvisnosti od časa in s tem spremljamo kinetiko reakcij, ki potekajo na elektrodi (**slika 5**).

Tok med elektrodama  $I_{\text{cell}}$  merimo z nizkoohmskim predojačevalnikom (angl. *zero-resistance ammeter*, ZRA), priključenim na preiskovan kovinski material (delovna elektroda), pri čemer je protielektroda iz istega materiala kot delovna elektroda s podobno izpostavljeno površino (**slika 6**). Tem delu eksperimenta rečemo merjenje galvanске celice.

Glavna prednost opisane metode elektrokemijskega šuma pred drugimi klasičnimi elektrokemijskimi metodami je dejstvo, da meritev elektrokemijskega šuma poteka v prostokorodirajočih sistemih brez od zunaj vzbujenih signalov. To nam omogoča, da z metodo elektrokemijskega šuma zaznavamo naravni (nemoten) razvoj korozijskih procesov in tako na podlagi hitrih sprememb (tranzientov) v merjenem toku in napetosti detektiramo iniciacijo in razvoj korozijskih procesov.

Korozijski dogodki na posamezni elektrodi se izražajo v izmerjenem toku in napetosti. Če so vse tri elektrode enake, med delovno in referenčnima elektrodama ni toka in napetosti. Kadar pa se lokalna korozijska poškodba anodnega značaja (poškodba pasivne plasti, nastanek nove korozijske jamice, pojavi na delovni elektrodi), se to pozna tako na tokovni kot tudi na napetostni krivulji kot premik (zasuk) signala v t. i. anodno smer. Pri tem nastali elektroni potujejo iz delovne na referenčni elektrodi. Če se lokalna korozijska poškodba anodnega značaja pojavi na tokovni elektrodi, se to izraža kot premik toka v nasprotno smer – katodna smer (elektroni potujejo iz tokovne elektrode) in premik napetosti gre v anodno smer. Pri nastanku anodne poškodbe na napetostni elektrodi se to opazi kot premik napetosti v katodno smer. Torej je sočasen tokovni in napetostni odziv v anodni smeri pogoj za detekcijo korozijskega dogodka na delovni elektrodi.

Če je merilni sistem sestavljen iz ohmskega predojačevalnika in visokoimpedančnega predojačevalnika, lahko omogočimo hkratno spremljanje tudi potenciala, ki ga merimo med referenčno in delovno elektrodo. Ob uporabi A/D pretvornika 18-bit lahko dosežemo ločljivost za tok nekaj nanoamperov, za meritve napetosti pa mikrovoltov. Tovrstnemu eksperi-

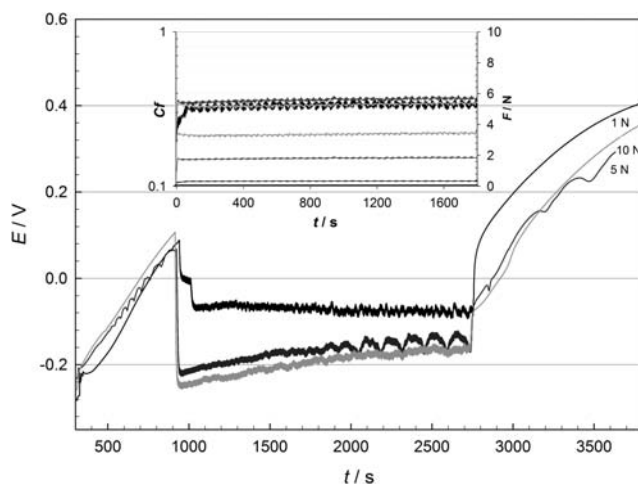
mentu, ki je za tribokorozijsko preizkušanje zelo redko, pravimo meritve elektrokemijskega šuma.

Pri **potenciodynamskih meritvah** različno hitro spreminjamo potencial. S to metodo lahko opazujemo vpliv trenja na različne reakcije, ki potekajo med drgnjenjem. Ta vpliv se lahko opazi le, če je razmerje med obrabljeno in neobrabljeno površino dovolj veliko.

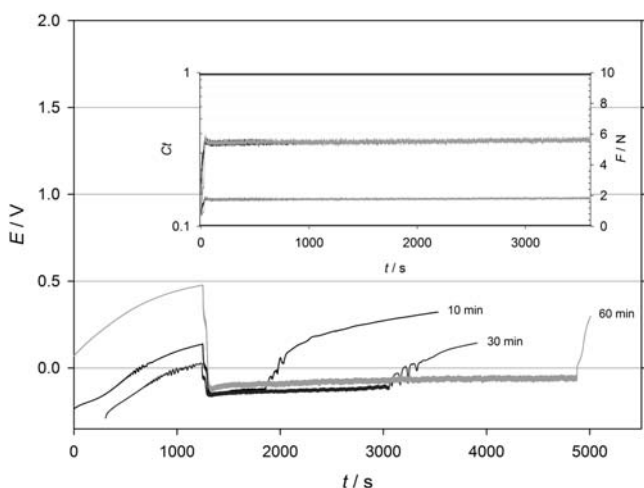
## 6 PRIMERI TRIBOKOROZIJSKEGA PREIZKUŠANJA

Tribokorozijske lastnosti izbranega materiala v korozivni raztopini preizkušamo s klasičnim tribološkim spremljanjem obrabe, povezanim s hkratnim elektrokemijskim eksperimentom. Povezovanje mehanskih in elektrokemijskih metod omogoča hkratno spremljanje koeficientov in sile trenja pri definiranih korozijskih razmerah. Na **slikah 7–9** so prikazani tribokorozijski eksperimenti na ploščici iz nerjavnega jekla 316L v raztopini 0,5 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Predstavljeni eksperimenti so narejeni pri potencialu odprtega kroga (angl. *open circuit potential*) brez zunanje vsiljene napetosti.

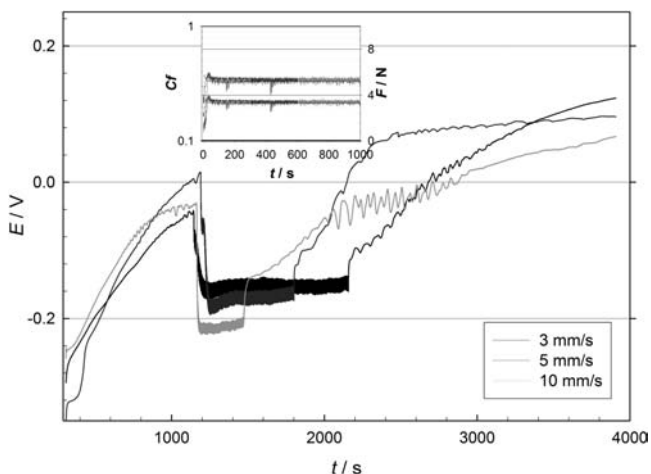
Na **sliki 7** lahko spremljamo odvisnost uporabljene sile pri drgnjenju. Čim večja je sila, tem večja je sprememba v zmanjšanju korozijskega potenciala elektrode iz nerjavnega jekla tipa 316L. Ugotovimo lahko, da so potenciali pri silah 5 N in 10 N podobni, iz česar lahko sklepamo, da sila 1 N ni zadosti velika, da bi povsem odstanila pasivno plast na obrabni poti. Zato je korozijski potencial pri sili 1 N nekoliko bolj pozitiven med časom obrabe. Po končani obrabi se potencial povrne na začetno vrednost v različnih časih, to je čas, ki ga kovina potrebuje, da se ponovno pasivira.



**Slika 7:** Spremljanje korozijskega potenciala nerjavnega jekla 316L pri različnih silah obremenitve med tribološko obrabo



Slika 8: Spremljanje korozijskega potenciala nerjavnega jekla 316L pri različnih poteh med tribološko obrabo



Slika 9: Spremljanje korozijskega potenciala nerjavnega jekla 316L pri različnih hitrostih tribološke obrabe

Na **sliki 8** lahko spremljamo vpliv časa obrabe v raztopini 0,5 M  $H_2SO_4$  pri konstantni sili obremenitve. Korozijski potencial elektrode se ob začetku tribološke obrabe zmanjša in ostaja konstantne vrednosti pri vseh, neodvisno od časa obrabe. Po koncu obrabe se potencial začne povečevati. Čas repasivacije je odvisen od več dejavnikov in je različen za tri različna preskušanja.

Nas **sliki 9** je predstavljena odvisnost korozijskega potenciala od hitrosti obrabe pri konstantni sili in poti obrabe za sistem nerjavno jeklo 316L v 0,5 M raztopini  $H_2SO_4$ . Čim večja je hitrost, tem večja je sprememba v zmanjšanju korozijskega potenciala. Prav tako hitrost obrabe vpliva na repasivacijo elektrode. Opazimo lahko, da se po koncu obrabe potencial začne pomikati k bolj pozitivnim vrednostim. Ta čas je najdaljši pri največji hitrosti obrabe. Predvidimo lahko, da je opažena lastnost posledica dejstva, da so se korozijske razmere tik ob elektrodi bistveno

spremenile, saj je hitro drgnjenje povzročilo večje spremembe v električni dvoplasti in v celotnem okoliškem korozijskem sistemu. Do vzpostavitve ravnovesnega stanja in repasivacije je potrebno več časa, kar lahko opazimo s počasnim večanjem korozijskega potenciala.

## 7 SKLEP

Kovine so v agresivnem okolju izpostavljene korozijskemu propadanju. V mnogih primerih lahko korozijsko stanje kovinskega materiala poslabša hkratna obraba, kar povzroča še izrazitejše propadanje kovinskih površin. Področje uporabe kovin je zelo široko, zato je poznanje tribokorozijskih procesov in njihove kontrole velikega pomena.

Ker je propadanje kovine elektrokemijski proces, lahko njegove lastnosti spremljamo z uporabo različnih elektrokemijskih tehnik. Za spremljanje tribokorozijskih lastnosti pa potrebujemo posebno preizkuševališče, ki je sestavljeno iz tribometra ter posebej predelane korozijske celice, ki vsebuje tako delovno, referenčno ter števno elektrodo.

Korozijo kovinskega materiala med obrabo lahko spremljamo na več različnih načinov.

V prispevku so predstavljeni različni primeri tribokorozijskega preizkušanja nerjavnega jekla 316L v 0,5 M raztopini žveplove(VI) kisline pri potencialu odprtega kroga v odvisnosti od velikosti sile obrabe, časa oziroma poti obrabe ter hitrosti obrabe.

## 8 Literatura

- [1] A. Legat, M. Bajt Leban, Ž. Bajt, *Electrochim. acta.*, 49 (2004), 2741–2751
- [2] M. Bajt Leban, Ž. Bajt, A. Legat, *Electrochim. acta.*, 49 (2004), 2795–2801
- [3] A. Legat, *Electrochim. Acta*, 52 (2007), 7590–7598
- [4] F. P. Bowden, D. Tabor, *The Friction and Lubrication of Solids*, Clarendon Press, Oxford, 1986
- [5] ASTM G119 – 04 Standard Guide for Determining Synergism between Wear and Corrosion
- [6] M. M. Stack, N. Pungwiwat, *Wear*, 256 (2004), 565–576
- [7] M. Stack, N. Pungwiwat, *Tribol. Int.*, 35 (2002), 681–689
- [8] M. M. Stack, S. Zhou, R. C. Newman, *Mater. Sci. Technol.*, 12 (1996), 261–268
- [9] D. Landolt, S. Mischler, M. Stemp, S. Barril, *Wear*, 256 (2004), 517–524
- [10] P. Jemmely, S. Mischler, D. Landolt, *Tribol. Int.*, 32 (1999), 295–303
- [11] C. Rapiejko, S. Fouvry, B. Grosgeat, B. Wendler, *Wear*, 266 (2009), 850–858
- [12] H. Ranc, C. Cervais, P.-F. Chauvy, S. Debaud, S. Mischler, *Trib. Int.*, 39 (2006), 1518–1526
- [13] S. Horimoto, S. Mischler, *Wear*, 261 (2006), 1002–1011
- [14] P. Pontiaux, F. Wenger, J. Galland, G. Lederer, M. Calati, *Materiaux et Techniques*, (1997), 43–46
- [15] P. Pontiaux, F. Wenger, D. Drees, J. P. Celis, *Wear*, 256 (2004), 459–468
- [16] P.-Q. Wu, J.-P. Celis, *Wear*, 256 (2004), 480–490
- [17] Y. Yan, A. Neville, D. Dowson, *J. Phys. D., Appl. Phys.*, 39 (2006), 3200–3205
- [18] F. Contu, B. Elsener, H. Bohni, *Corros. Sci.*, 47 (2005), 1863–1875

- [19] S. Barril, N. Debaud, S. Mischler, D. Landolt, *Wear*, 252 (2002), 744–754
- [20] C. Monticelli, F. Zucchi, A. Tampieri, *Wear*, 266 (2009), 327–336
- [21] A. C. Vieira, A. R. Ribeiro, L. A. Rocha, J. P. Celis, *Wear*, 261 (2006), 994–1001
- [22] E. Bayon, A. Igartua, X. Fernandez, R. Martinez, R. J. Rodrigues, J. A. Garcia, A. De Frutos, M. A. Arenas, J. de Damborenea, *Tribol. Int.*, 42 (2009), 591–599
- [23] M. Kalin, E. Roman, J. Vižintin, *Thin Solid Films*, 515 (2007), 3644–3652
- [24] M. T. Mathew, E. Ariza, L. A. Rocha, A. C. Fernandes, F. Vaz, *Tribol. Inter.*, 41 (2008), 603–615
- [25] S. Mischler, *Tribol. Inter.*, 41 (2008), 573–583
- [26] D. Landolt, S. Mischler, M. Stemp, *Electrochim. Acta*, 46 (2001), 3913–3929
- [27] C.-O. A. Olsson, M. Stemp, *Electrochim. Acta*, 49 (2004), 2145–2154
- [28] J.-P. Celis, P. Ponthiaux, F. Wenger, *Wear*, 261 (2006), 939–946

# NEVRONSKI SISTEM ZA AVTOMATSKO ODSTRANJEVANJE OZADJA PRI AUGERJEVIH SPEKTRIH

Igor Belič, Besnik Poniku, Monika Jenko

ZNANSTVENI ČLANEK

Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Lepi pot 11, 1000 Ljubljana

## POVZETEK

Spektralno ozadje in šum sta neločljiva sestavna dela Augerjevih spektrov, ki zaradi svoje spremenljivosti onemogočata avtomatsko analizo in obdelavo spektrov. Ključni element zanesljive avtomatske analize spektrov je odstranjevanje spektralnega ozadja in šuma. To je postopek, ki mora pri svojem delovanju ohraniti večino informacij spektra, pri tem pa ne sme popačiti in spremeniti vsebine spektra, biti mora predmet temeljite študije, saj je izhodišče nadaljnje analize spektrov. Tudi samo spektralno ozadje vsebuje nekatere pomembne informacije o preiskovanem materialu, zato ga ne smemo preprosto zavreči, moramo ga shraniti za kasnejšo uporabo.

Pri odstranjevanju ozadja Augerjevih spektrov smo uporabili nevronske sisteme. Z njimi smo aproksimirali ozadje spektrov. Pri tem nikoli natančno ne vemo, kje je meja med spektri in dejanskim ozadjem. Nevronske sisteme smo uporabili zato, ker za gradnjo modela ozadja ne potrebujejo drugega kot nekaj točk spektra, skozi katere želimo potegniti nelinearno funkcijo. Nevronski sistemi za svoje delovanje ne potrebujejo nobene dodatne informacije v smislu formalnih matematičnih zapisov povezav med glavnimi elementi modeliranega sistema. So tako imenovani brezmodelni aproksimatorji. Nevronske sisteme smo uporabili za določitev splošne oblike spektralnega ozadja. Ugotovili smo, da Augerjev spekter sestavljajo trije deli, in sicer sam spekter, spektralno ozadje ter spektralni vrhovi.

**Ključne besede:** Augerjeva spektroskopija, AES, nevronski sistemi, modeliranje

## Neural network for AES spectra peak base background removal

### ABSTRACT

Spectral background and noise are two inevitable constituent elements of Auger (AES) spectra. They make the AES spectra automatic analysis next to impossible. In order to provide the techniques that have the capability of extracting the information on the probed material from the AES spectra, the process of background and noise removal must first be addressed. Furthermore, the AES spectra background also contains the information on composition of the sample observed, so the processing must retain the shape of the background separate from the spectra itself for further investigation.

In our work neural networks were used for the data modelling or background shape approximation. Neural networks are modelless approximators, meaning they are capable of accomplishing the approximation tasks regardless of any prior knowledge on the nature of the modelled system. Neural networks were used for the determination of AES spectra general shape. According to the analysis three distinctive parts of the spectra background were proposed. One of them is the so called peak base. The use of the neural network for the peak base background subtraction is described in detail.

**Keywords:** AES spectra, neural networks, modelling, background subtraction, spectra analysis

## 1 UVOD

V uporabi je kar nekaj metod za obdelavo AES-spektrov za določanje sestave površine. Najbolj pre-

prosta je metoda, ko izmerimo velikost vrha v AES-spektru, tj. ploščina pod vrhom v spektru  $N(E)$  ali razlika med točkama maksimuma in minimuma v AES-spektru  $dN(E)/dE$ . Poleg te preproste metode obstajajo zahtevnejše metode, kot npr. metode faktorске analize (FA) ter metoda linearnega razstavljanja spektrov po merilu najmanjše razlike kvadratov (angl. *linear least square* – LLS). S temi metodami poskušamo razstaviti izmerjene spektre Augerjevih elektronov iz neznanih vzorcev na spektre iz referenčnih vzorcev čistih elementov ali iz referenčnih vzorcev znanih spojin in tako ugotoviti sestavo površine in tudi vrsto kemičnih spojin na površini. Pri vseh omenjenih metodah je velika težava spektralno ozadje in šum, ki je v vsakem spektru, vpliva pa direktno na kvaliteto analize.

V prispevku se ukvarjamo s postopki za zanesljivo in razumno natančno avtomatsko analizo Augerjevih spektrov [1–7]. Uvodoma je treba poudariti, da ne iščemo fizikalnih utemeljitev procesov nastanka Augerjevega spektra, naš namen je poiskati ustrezne postopke in transformacije podatkov za odstranjevanje spektralnega ozadja [8] ter šuma [9], oba sta neločljiva dela vsakega spektra. Izhajamo iz predpostavke, da je šum in deloma tudi spektralno ozadje pojav, ki popači idealni spekter, ne ukvarjamo se z vprašanjem, kako je šum nastal, in želimo na podoben način, kot je v navadi na drugih področjih (akustika, obdelava električnih signalov itd.), oba vpliva zmanjšati na čim nižjo mogočo raven. Stremimo k idealiziranemu cilju, in sicer najti postopke, namenjene odstranjevanju ozadja in šuma, pri tem pa ne želimo posegati v informacije, vsebovane v merjenih spektrih. Dobro se zavedamo, da vsaka transformacija nujno poseže v integriteto podatkov in vnaša napake v analizo spektra. Iščemo torej postopke, ki bodo imeli čim manjši vpliv na informacije, zapisane v spektrih.

Že v začetku naletimo na problem, ker imamo na razpolago celo vrsto izmerjenih Augerjevih spektrov, za nobenega od njih pa ne vemo njihove natančne sestave, torej kakšna sta dejansko ozadje in šum. Uporaba postopkov za njuno odstranjevanje napravi neznanost in tudi neocenljivo napako. Zato smo se odločili izbrati pot, kjer smo najprej naredili simulator Augerjevih spektrov, z željo, da bi bil simulator sposoben generirati čim bolj verodostojne spektre. Tovrsten način ima dve zelo pomembni prednosti: prva je ta, da pri simuliranih spektrih natančno vemo,

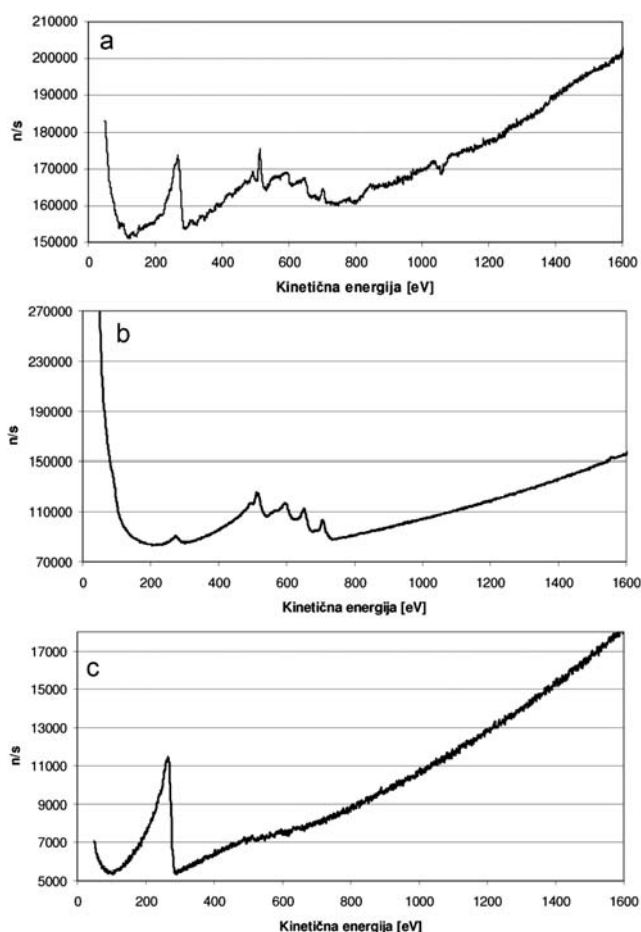
kako je spekter sestavljen, in zato lahko tudi natančno ocenimo vpliv posameznih transformacijskih metod, drugi pa je ta, da imamo tako na razpolago skoraj neomejeno zalogo različnih spektrov. Testiranje postopkov zato dobi tudi statistično veljavno oceno.

Pri snovanju generatorja virtualnih Augerjevih spektrov smo naredili naslednje korake:

- določitev osnovnih oblikovnih elementov spektra;
- analiza posameznih elementov;
- oblikovanje ustreznega zapisa za vsak element spektra posebej;
- gradnja generatorja;
- ocena rezultatov.

## 2 OZADJE AUGERJEVIH SPEKTRORV

Eden od elementov Augerjevih spektrov, ki zaradi svoje naključnosti onemogočajo zanesljivo avtomatsko analizo, je spektralno ozadje [8]. Cilj je poiskati postopke za odstranjevanje spektralnega ozadja, in sicer takšne, ki bodo čim manj popačili originalen spekter. Vpliv vseh pomožnih orodij za filtriranje na sam spekter mora biti minimalen.



Slika 1: Zgledi različnih Augerjevih spektrov ponazarjajo izrazito oblikovno variabilnost spektrov

Prvi pogoj za kakršno koli izvajanje odstranjevanja spektralnega ozadja je temeljito poznanje oblike posameznih elementov, ki skupaj sestavljajo Augerjev spekter. Tu ne gre za fizikalne lastnosti, ampak najprej za oblikovne značilnosti. Pripravili smo programsko orodje za hiter vizualni pregled velikega števila posnetih spektrov. Ker gre za programsko okolje, v katerem želimo kasneje preizkusiti vrsto orodij, smo se odločili za uporabo okolja VBA (Visual basic for applications), delujočega v okviru MS Excel. Izbrano okolje ponuja vrsto prednosti, med katerimi je prav enostavna vizualizacija podatkov med najpomembnejšimi. Na **sliki 1** je prikazan primer nekaj Augerjevih spektrov. Zavedati se moramo, da je oblika spektralnega ozadja zelo spremenljiva, fizikalno ozadje nastanka ozadja niti ni popolnoma poznano.

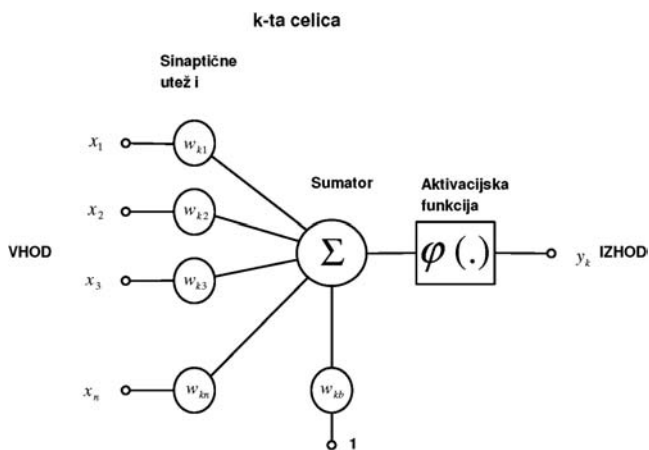
## 3 NEVRONSKI SISTEM ZA DOLOČANJE OBLIKE SPEKTRALNEGA OZADJA

Za določanje oblike spektralnega ozadja smo uporabili nevronske sisteme. Ti izvajajo aproksimacije funkcij brez poznanja zapisa povezav med spremenljivkami in parametri sistema. Zato so t. i. brezmodelni aproksimatorji [10, 11]. Pri klasičnih aproksimacijskih shemah je medsebojno poznanje povezav (lastnosti) sistema nujno. V nadaljevanju aproksimacijska shema prilagaja parametre matematičnih zapisov modela, in sicer tako, da zadosti vnaprej predpisanim optimizacijskim merilom. Zgled takšnega aproksimacijskega sistema so regresijski modeli, kjer iščemo najboljše prilagajanje znane funkcije merjenim podatkom.

Za aproksimacijo – model spektralnega ozadja smo uporabili navadno shemo nevronskega sistema ter učenje s povratnim razširjanjem napak [10, 11]. Najpomembnejša lastnost nevronskega sistema je njihova sposobnost, da zgradijo vhodno-izhodno povezavo samo na osnovi predstavljenih podatkov. O modeliranem sistemu skoraj ne potrebujemo nobenih drugih informacij. Grajenje modela na osnovi predstavljenih podatkov pomeni, da so vsebovane tudi povezave med podatki, če je le podatkov dovolj glede na dimenzionalnost in kompleksnost sistema. Pri našem delu smo uporabili programsko orodje Neuralyst (Cheshire Ltd.), ki je dodatek k Excelu in VBA.

### 3.1 Splošna arhitektura nevronskega sistema

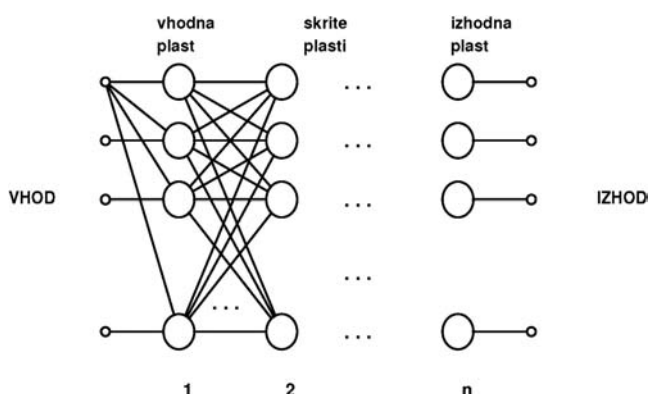
Osnovni gradnik nevronskega sistema je nevronska celica (**slika 2**) [10, 11]. Vsako nevronske celice sestavlja vrsta vhodov (sinapse), ki signal pripeljejo do sumatorja. Vhodne vrednosti se pomnožijo s pripadajočomo utežmi  $w$  (sinaptične uteži) in se v sumatorju seštevajo z drugimi vhodnimi vrednostmi.



Slika 2: Shematski prikaz umetne nevronske celice

Proces učenja spreminja vrednosti uteži, s tem pa spreminja vplivnost posameznega vhoda na skupno vsoto. Včasih imajo nevronske celice še en vhod, ki mu rečemo podlaga (bias). Vrednost signala na tem vhodu je vedno 1, med procesom učenja pa se spreminja vrednost uteži. Vrednost, ki se formira po sumatorju pomeni vhodno vrednost aktivacijske funkcije nevronske celice. Aktivacijska funkcija ustvari izhodno vrednost nevronske celice. Večinoma je aktivacijska funkcija sigmoidalnega tipa, nekateri nevronske sistemi pa uporabljajo tudi drugačne vrste nelinearnosti.

Posamične nevronske celice so združene v nevronskem sistemu, ki ima vedno vsaj dve plasti, in sicer vhodno in izhodno plast [10, 11]. Omenjeni plasti sta namenjeni komunikaciji sistema z okolico, zato ju navadno imenujemo vhodna in izhodna plast (slika 3). Med obema plastema ima nevronske sistem lahko več nivojev skritih plasti. Poimenovanje »skrito« se nanaša na zunanost nevronskega sistema – skrite plasti z zunanostjo sistema nimajo direktnih povezav. Vloga skritih plasti je ključna za adaptivno kreiranje nelinearne preslikave vhoda na izhod nevronskega



Slika 3: Splošna konfiguracija nevronskega sistema. Na shemi ni označenih uteži posameznih vhodov celic, prav tako so izpuščene aktivacijske funkcije.

sistema ter s tem na delovanje celotnega nevronskega sistema.

### 3.2 Proces učenja

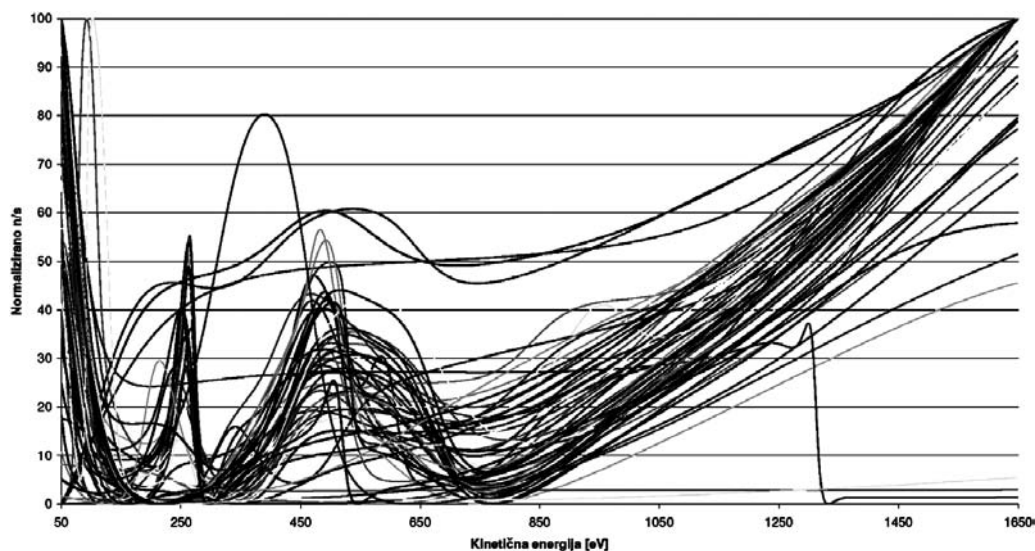
Proces, pri katerem se postopno spreminjajo lastnosti nevronskega sistema, imenujemo učenje. Pri nadzorovanem učenju so sistemu drug za drugim predstavljene vhodne vrednosti ter njim pripadajoče izhodne vrednosti, za katere želimo, da jih sistem reproducira. Celotna množica vhodno-izhodnih parov, ki jih nevronskega sistemu predstavimo v procesu učenja, se imenuje učna množica.

Izmerjene vrednosti sistema se druga za drugim predstavijo nevronskega sistemu. V vsaki na vhod nevronskega sistema predstavljeni točki nevronskega sistema generira izhodno vrednost sistema. Izhodne vrednosti nevronskega sistema se razlikujejo od predstavljenih ciljnih vrednosti – sistem naredi napako. Napaka nevronskega sistema se določi za vsako točko učne množice posebej. Sistem učenja nato oceni, koliko k napaki prispevajo posamične celice, posamične povezovalne uteži in jih spremeni tako, da poskuša zmanjšati zaznano napako. V angleški literaturi postopku zmanjševanja vpliva posamičnih sestavnih elementov nevronskega sistema rečejo »error backpropagation« ali povratno razširjanje napak. Algoritem učenja spremeni povezovalne uteži  $w$  (slika 2), in sicer tako, da se zmanjšuje napaka, ki jo naredi sistem.

V postopku učenja je vsak element učne množice (pari vhod – izhod) predstavljen sistemu. Vrsten red predstavljanja točk učne množice ni pomemben. Predstavitev celotne učne množice nevronskega sistemu se imenuje epoha. Za to, da bi postopek učenja spremenil uteži nevronskega sistema do take mere, da je napaka sprejemljivo majhna, navadno potrebujemo veliko število epoh – tipično od 10 000 do nekaj milijonov.

Eden od možnih pogojev, ki morajo biti izpolnjeni zato, da se postopek učenja preneha, je velikost napake, ki jo pri predstavitvi učne množice naredi nevronskega sistema. Pri uporabi nevronskega sistema, ki ga opisuje ta članek, smo uporabili nevronskega sistema s štirimi plastmi. V prvi plasti je en nevron, v dveh skritih plasteh je v vsaki po 10 nevronov, v izhodni plasti pa je tudi en nevron.

Rezultati, ki smo jih dobili pri odstranjevanju ozadja Augerjevih spektrov, so spodbudni. Prva naloga je bila določitev kolikor mogoče splošne oblike ozadja Augerjevih spektrov. Pri tem smo vse digitalizirane vrednosti izmerjenega spektra uporabili kot učno množico nevronskega sistema. Ta v procesu učenja poskuša ponoviti vse predstavljene točke spektra, in sicer tako natančno, kot smo predpisali za



Slika 4: Oblike aproksimiranih ozadij Augerjevih spektrov (63 izmerjenih in normaliziranih spektrov)

pogoj ustavitve učenja. Ker smo nevronskega sistema predstavili vse točke spektra, ne moremo pričakovati, da bo spekter dobro predstavljen, še več, sistemu dovolimo dovolj veliko napako (tipično 10–20 %), rezultat pa je neke vrste posplošena oblika spektra, dejansko nevronskega modela v večjem deležu predstavi le posplošeno spektralno ozadje. Sistem deluje kot nizkopasovno sito.

Na **sliki 4** so Augerjevi spektri, pri katerih smo z nevronskega sistema naredili model ozadja. Na enak način smo modelirali ozadje pri 63 izmerjenih Augerjevih spektrih. Ker se Augerjevi spektri po absolutnih vrednostih zelo razlikujejo in ker nas v prvi vrsti zanima le oblika ozadja, smo vse spektre pred modeliranjem ozadja normalizirali. Na **sliki 4** so predstavljeni rezultati modeliranja ozadja za vseh 63 izmerjenih spektrov.

Glede na **sliko 4** lahko sklenemo:

1. oblika ozadja AES-spektrov je zelo spremenljiva;
2. kljub temu lahko zaznamo nekaj jasno ločenih oblikovnih delov spektra;
3. splošno lahko AES-spekter razdelimo na tri dele, in sicer na:
  - nizkoenergijski del – to je del spektra, kjer se izmerjeno ozadje s povečevanjem energije hitro spušča;
  - srednjeenergijski del – na tem delu se ozadje najprej nekoliko vzpne in nato zopet pade;
  - visokoenergijski del – na tem delu se spektralno ozadje s povečevanjem energije monotono povečuje.

#### 4 SPEKTRI ČISTIH ELEMENTOV

Če želimo narediti generator, ki bo ustvarjal virtualne Augerjeve spektre, moramo pripraviti podat-

kovno bazo spektrov, ki pripadajo čistim elementom. Uporabili smo spektre za aluminij, ogljik, kobalt, železo, zlato, nikelj, kisik, silicij, srebro, titan in vanadij. V splošnem smo pri generatorju virtualnih spektrov predpostavili, da velja pravilo linearne superpozicije, ki jo opisuje enačba (1):

$$S = f_i(a_i s_i) + P_B + N \quad (1)$$

V enačbi (1) pomeni  $S$  izmerjeni Augerjev spekter,  $f_i(\dots)$  je nelinearna povezava, ki povezuje spektre posameznih spektrov čistih elementov v skupen spekter,  $a_i$  je količina  $i$ -tega sestavnega elementa v opazovanem materialu,  $s_i$  je spekter  $i$ -tega čistega elementa,  $P_B$  je osnovno spektralno ozadje,  $N$  pa je šum, primešan Augerjevemu spektru.

Zavedamo se, da je funkcija  $f_i(\dots)$  samo v grobem približku lahko vzeta kot linearna, vendar tudi linearna povezava med spektri čistih elementov zadošča namenom, za katere je generator virtualnih Augerjevih spektrov narejen. V primeru predpostavke linearnosti enačba (1) preide v obliko enačbe (2):

$$S = \sum_{i=1}^M (a_i s_i) + P_B + N \quad (2)$$

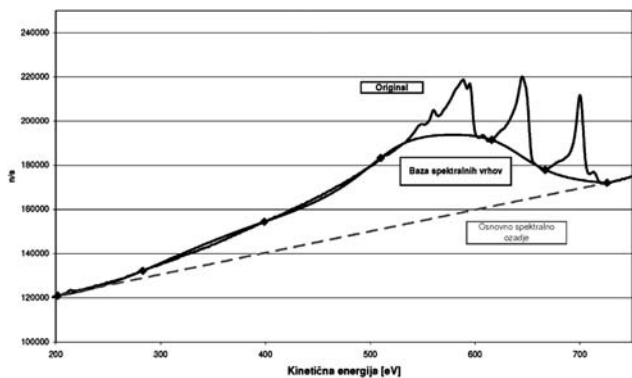
Tu je  $M$  število vseh sestavnih elementov zajetih v podatkovni bazi.

Praden lahko ustvarimo podatkovno bazo osnovnih spektrov, je bilo treba pripraviti analizo sestavnih delov spektrov čistih elementov.

S **slike 5** je razvidno, da vsak Augerjev spekter oblikovno sestavljajo trije ločeni elementi, in sicer:

1. osnovno spektralno ozadje;
2. baza spektralnih vrhov;
3. spektralni vrhovi.

Ločevanje posameznih delov Augerjevega spektra zahteva nekaj korakov, in sicer:



Slika 5: Trije sestavni elementi Augerjevega spektra

1. Določiti je treba dve točki  $P_1$  in  $P_2$  (slika 5). Lastnost izbranih točk je, da pripadajo vsem trem elementom spektra hkrati.
2. Premica skozi točki  $P_1$  in  $P_2$  pomeni prvi približek osnovnega spektralnega ozadja. Zavedamo se, da krivulja primarnega spektralnega ozadja ni nikjer linearna, pa vendar zadošča našemu namenu uporabe.
3. Na delu spektra med  $P_1$  in  $P_2$  poiščemo nekaj točk, ki pripadajo bazi spektralnih vrhov. Iz praktičnih razlogov naj bo število izbranih točk do 10.
4. Oblika baze spektralnih vrhov je aproksimirana s štirinivojskim nevronskega sistemom (konfiguracija 1-4-8-1). Aproksimirana krivulja je shranjena v tabeli, ki vsebuje pare kinetične energije in vred-

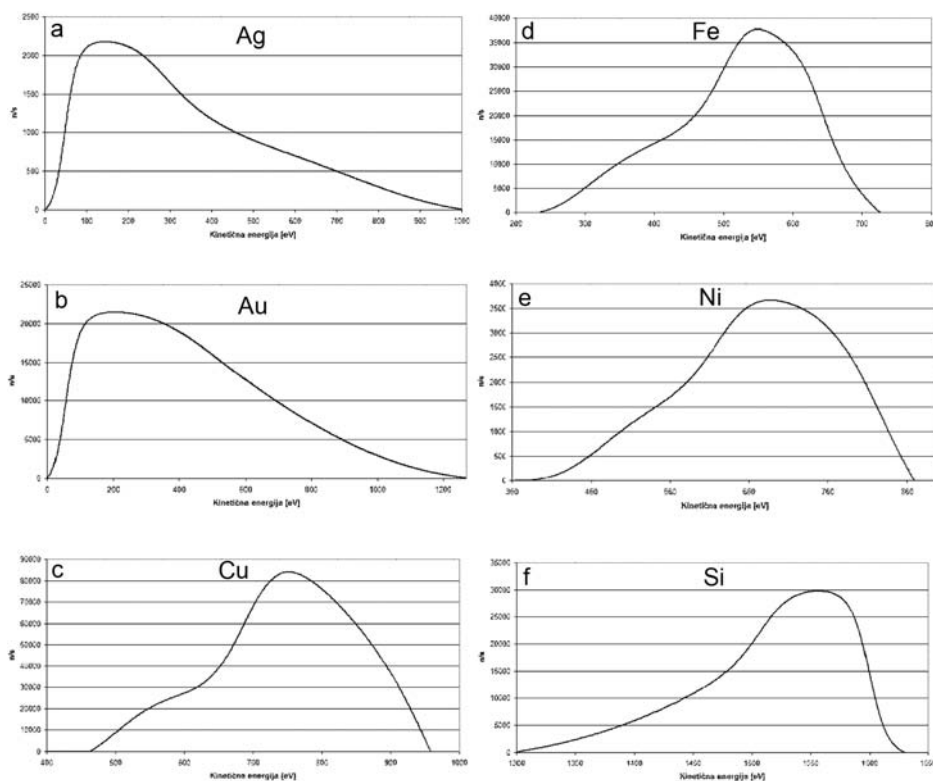
nosti baze spektralnih vrhov za področje med  $P_1$  in  $P_2$ .

5. Ko je oblika baze spektralnih vrhov znana, jo odštejemo od originalnega spektra. Tako ostanejo v spektru le še spektralni vrhovi.

Opisan proces je bil ponovljen na vseh uporabljenih spektrih čistih elementov. Tako smo ustvarili podatkovno bazo spektrov čistih elementov, ki ločeno za vsak element vsebuje spektralne vrhove ter baze spektralnih vrhov. Vsi spektri so shranjeni v normalizirani obliki, relativno razmerje med spektralnimi vrhovi in bazo spektralnih vrhov ostane ohranjeno.

## 5 ODSTRANJEVANJE BAZE SPEKTRALNIH VRHOV PRI AUGERJEVIH SPEKTRIH ČISTIH ELEMENTOV

Posebej zanimiv sestavni del Augerjevega spektra je baza spektralnih vrhov. Pri vseh obravnavanih spektrih čistih elementov smo zaznali vse tri sestavne elemente. Raziskovalno delo ima cilj najti algoritme, ki bodo omogočili avtomatsko analizo Augerjevih spektrov. Pri tem smo izhajali iz predpostavke, da sta dva pomembna dela spektra tista, ki dejansko onemogočata avtomatsko analizo. Informacija o opazovanem materialu pa se izraža ne samo v spektralnih vrhovih, njihovi obliki in poziciji, pač pa tudi v bazi spektralnih vrhov. S tem ko smo Augerjeve spektre razdelili na tri ločene dele, smo dobili



Slika 6: Izločena baza spektralnih vrhov za nekaj Augerjevih spektrov čistih elementov



možnost, da prvič ločeno opazujemo in analiziramo vsak del spektra posebej. Oblika baze spektralnih vrhov je pri vseh opazovanih elementih presenetljivo podobna (slika 6).

## 6 SKLEP

Zastavili smo si cilj pripraviti testno okolje, namenjeno analizi in primerjavi različnih tehnik in algoritmov za analizo Augerjevih spektrov. Pri Augerjevih spektrih in njihovi avtomatski analizi se srečamo s problemom spektralnega ozadja in šuma. Variabilnost obeh praktično onemogoča avtomatsko analizo. Predvidevamo, da prav zato do danes ne poznamo uporabnih orodij za avtomatsko analizo spektrov.

Spektralno ozadje in šum lahko odstranimo s številnimi orodji, ki so bila razvita za druge namene. Ta orodja se ne ukvarjajo s fizikalnimi ozadji, ki so privedla do nastanka ozadja in šuma, njihova naloga je, da te moteče elemente odstranijo, in sicer ne glede na njihov nastanek. Gre za pogosto zelo zahtevne numerične operacije. Augerjev spekter je v digitalizirani obliki namreč samo množica števil.

Zelo kratko smo predstavili korake, ki smo jih naredili v smeri avtomatske analize spektrov (več o tem v [12]). Pri dveh procesih, in sicer pri določanju osnovnih sestavnih elementov Augerjevih spektrov ter

pri aproksimaciji oblike baze spektralnih vrhov, smo uporabili nevronske sisteme.

Pomembna izkušnja, ki smo jo pri delu pridobili, je, da se informacije o sestavi analiziranih materialov izraža tudi v delu spektralnega ozadja. Baza spektralnih vrhov je eden takšnih elementov, saj vsebuje informacijo o globlje ležeči sestavi analiziranega materiala. Zlahka bi ta del spektra brez upoštevanja enostavno odstranili.

## 7 LITERATURA

- [1] C. J. Powella, A. Jablonski, W. S. M. Werner, W. Smekal, *Appl. Surf. Sci.*, 239 (2005) 470–480
- [2] C. R. Brundle, C. A. Evans, Jr., S. Wilson, *Encyclopedia of Materials Characterization*, Manning Publications & Reed Publishing, 1992
- [3] J. T. Grant, D. Briggs, *Surface Analysis by Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopy*, IM Publications, Chichester, 2003
- [4] M. Thompson, M. D. Baker, A. Christie, J. F. Tyson, *Auger Electron Spectroscopy*, John Wiley & Sons, Chichester, 1985
- [5] V. Mazet, C. Carteret, D. Brie, J. Idier, B. Humbert, *Chemometr. Intell. Lab.*, 76 (2005) 2, 121–133
- [6] J. A. Venebles, *Introduction to Surface and Thin Film Processes*, Cambridge University Press, 2000
- [7] J. T. Grant, *Appl. Surf. Sci.*, 13 (1982), 35–62
- [8] J. T. Grant, *J. Vac. Sci. Technol. A*, 2 (1984) 2, 1135–1140
- [9] M. F. Koenig, J. T. Grant, *Surf. Interface Anal.*, 7 (1985) 5, 217
- [10] R. M. Golden, *Mathematical Methods for Neural Network Analysis*, MIT Press, 1996
- [11] I. Belič, *Vacuum*, 80 (2006), 1107–1122
- [12] P. Besnik, I. Belič, M. Jenko, *The Auger spectra recognition and modelling*, Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, 2011

# DVA VAKUUMU POSVEČENA ROKOPISA IZ POZNEGA 17. STOLETJA V ZBIRKI UNIVERZE OKLAHOMA

Stanislav Južnič

ZNASTVENI ČLANEK

Univerza v Oklahomi, Oddelek za zgodovino znanosti, Norman, Oklahoma, ZDA / Občina Kostel, 1336 Kostel

## POVZETEK

Mnenja piscev rokopisov o vakuumskih poskusih in o nedavnih objavah Athanasiusa Kircherja v povezavi z Kircherjevim podpornikom, ljubljanskim knezom Janezom Vajkardom Turjaškim, nakazujejo obdobje, v katerem sta rokopisa nastala. Oba rokopisa sta gotovo delo italijanskih učenjakov nedaleč od meja sodobne Slovenije med Benetkami, Padovo in Firencami, ni pa še dovolj jasno, na kakšen način sta zajadrala na Univerzo Oklahoma v Združenih državah Amerike.

**Ključne besede:** 17. stoletje, Athanasius Kircher, Torricelli, zgodnje vakuumske tehnike

## Two late 17<sup>th</sup> century manuscripts discussing void in Oklahoma University collections

## ABSTRACT

The manuscript authors' opinions on vacuum and recent Athanasius Kircher's works in connection with Kircher's patron, the Prince Janez Vajkard Auersperg, provide some insight into the time of their writing. Both manuscripts seem to be the product of Italian scholarship not far from the borders of modern Slovenia between Venice, Padua, and Florence, but the way they entered the Oklahoma University Collection in US is still unclear.

**Keywords:** 17<sup>th</sup> century, Athanasius Kircher, Torricelli, early vacuum technology

## 1 UVOD

Sodobna raziskovanja v zgodovini fizike se vedno bolj usmerjajo v študij rokopisov ali pa vsaj daljših rokopisnih opomb v knjigah. To je mogoče tudi pričakovati, saj so poglavitne tiskane knjige že dolgo prebrane in osvetljene s številnih strani, tako da je iz njihovega branja težko izluščiti kaj res novega. Rokopisi pa ponujajo prav to: originalno delo.

Zaradi zgodovinskih danosti je večina rokopisov o zgodnjih vakuumskih tehnikah danes shranjena v evropskih in azijskih knjižnicah. Nekateri pa so vendarle tako ali drugače prepotovali veliko modro lužo, imenovano Atlantski ocean, prav o njih pa govori naša zgodba.

## 2 PAOLLITOV VAKUUMSKI BAROMETER

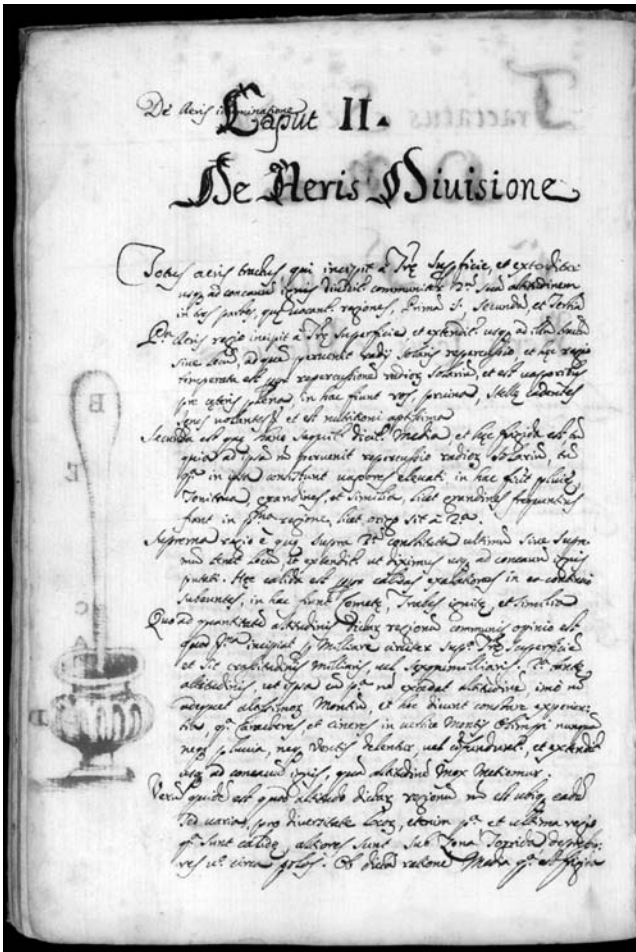
Italijan Valentino Paolitto se je pred štirimi stoletji in pol nekajkrat podpisal med platnice rokopisa, namenjenega pouku uporabne matematike, ki je njega dni obsegala predvsem astronomijo, ob njej pa tudi nekaj vakuumskih in drugih tehniških razglabljanj.

V Paolittovem času je bil vakuum temeljno vprašanje teologije, obenem pa so o njem razmišljali pri pouku uporabne matematike, tesno povezane s fiziko vakuuma. Pisec Paolittovega rokopisa je po tedanjih navadah opisal štiri temeljne sestavine sveta, ki jih je obravnaval drugo za drugo tako, da je razpravo končal z obravnavo vode in zraka; ta dva sta v sodobnem izrazoslovju zavzela mesti kapljev in plinov. V naslednjem 16. poglavju je dokazoval okrogline geoida in jo orisal s pretirano velikimi slikami ladij in stavb na okroglini globusa Zemlje. Nato se je lotil plimovanja in pri tem previdno zamolčal Galilejev jalov poskus dokazovanja Kopernikovega vrtenja Zemlje s plimo in oseko.<sup>1</sup>



Slika 1: Paolittov vakuumski barometer iz druge polovice 17. stoletja (Paolitto, po 1657, str. 15v, z dovoljenjem kustosa zbirke za zgodovino znanosti na Univerzi Oklahoma dr. Kerryja Magruderja)

<sup>1</sup> Paolitto, po 1657, 21r, 21v, 23r



Slika 2: Paolittov vakuumski barometer iz druge polovice 17. stoletja v zrcalni sliki ob začetku drugega vakuumskega poglavja o razporeditvah zraka (Paolitto, po 1657, str. 15v, z dovoljenjem kustosa zbirke za zgodovino znanosti na Univerzi Oklahoma dr. Kerryja Magruderja)

Paolittov pisec je dokazal hidrodinamični paradoks z navajanjem sodobnih raziskav v hidrografiji in zemljepisu.<sup>2</sup> Nato se je lotil drugega traktata o plinih, ki jih je po tedanji navadi imenoval kar zraki; tisti čas pač še niso poznali plinov, ki bi ne bili del zraka. Takoj na začetku razprave je bralca razveselil s prijetno sliko Torricellijevega vakuumskega barometra, ki ga je morda polnil z idrijskim živim srebrom, čeprav je v razpravi vseskozi omenjal le vodo. Glede na razmerja na sliki bi polnitev z vodo pravzaprav ne zvenela smiselno, saj bi bila potem izpraznjena cev na sliki nadvse velika, vsaj nekaj metrov. Paolittov pisec je zagotavljal, da pojav vakuumu v barometru nikakor ne povzroča gibanje pod vplivom sile, saj je resnični vzrok vakuumskega črpanja sila redčenja, kot so si jo pisec in njegovi sodobniki zamislili prav za ta namen.

<sup>2</sup> Paolitto, po 1657, 23v

<sup>3</sup> Paolitto, po 1657, 25r

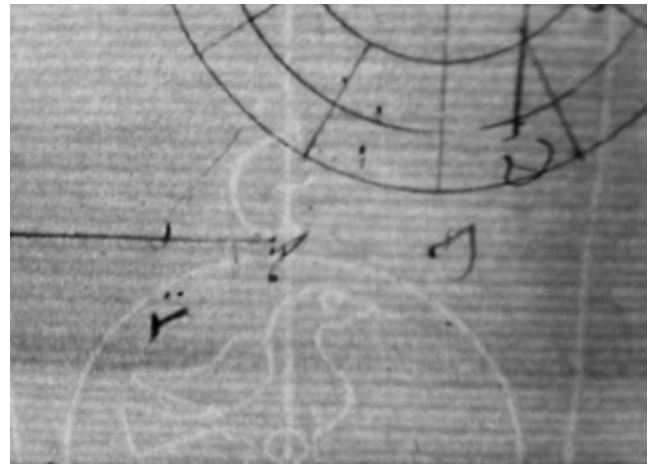
<sup>4</sup> Paolitto, po 1657, 25v

<sup>5</sup> Paolitto, po 1657. Z dovoljenjem kustosa zbirke za zgodovino znanosti na Univerzi Oklahoma dr. Kerryja Magruderja.

<sup>6</sup> Zacco (Zacchi), 1680/81. Z dovoljenjem kustosa zbirke za zgodovino znanosti na Univerzi Oklahoma dr. Kerryja Magruderja.

Recipient, označen s črko B, je poveznil z odprtino, obrnjeno navzdol, v posodo s kapljevino, ki ji je privoščil črko. Zaradi lažjega opazovanja poskusa je kapljevino pobarval z barvo primernih lastnosti. Zaprti zrak v recipientu B se razredči in zato vzdigne kapljevino iz posode skozi primerno zapiralo, označeno s črko C; kapljevina ob tem stisne zrak v recipientu B.<sup>3</sup>

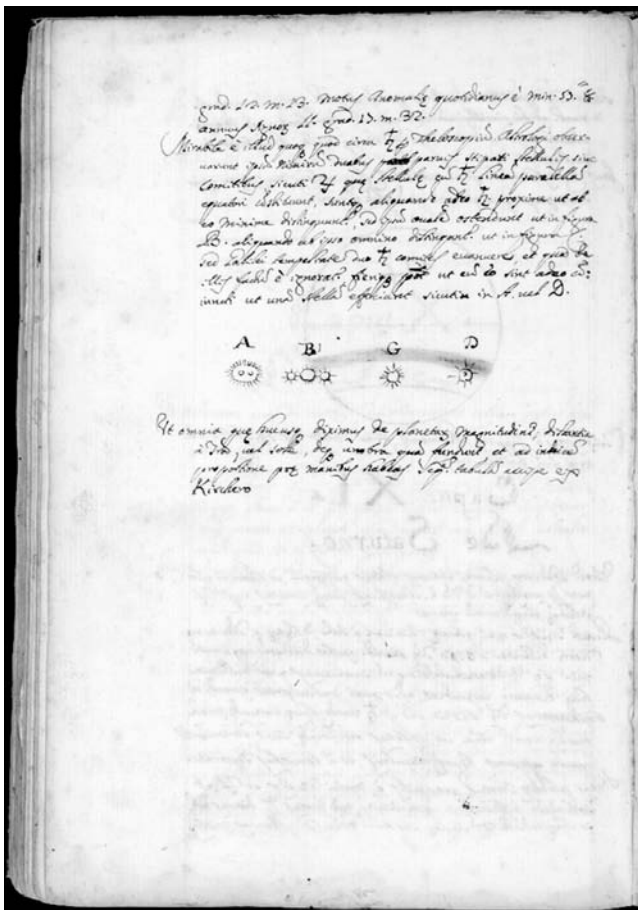
V naslednjem drugem oddelku poglavja o plinih je Paolittov pisec prešel na gibanje pod vplivom sil vetra. Porazdelitev plinov v ozračju, sestavljenem iz treh domnevno različnih delov, je opisal kot prehod k opisu ognja. V tem meteorološkem delu rokopisa je po vrsti opisal dele ozračja, pri čemer je zunanji tretji, zelo vroči del služil za prehode kometov,<sup>4</sup> ki so bili tako še vedno del meteoroloških pojavov pod Luno, čeprav so Tycho Brahe, Kepler in drugi uveljavljeni astronomi že dolgo dokazovali, da se je ravno pri kometih Aristotel nadvse krepko uštel.



Slika 3: Vodni znak obkroženega ptiča na treh hribčkih ali jajcih v Paolittovem rokopisu<sup>5</sup>



Slika 4: Vodni znak s prstanom priročno povezan na dveh vogalih Zaccovega rokopisa za boljšo preglednost<sup>6</sup>



**Slika 5:** Navedba Athanasiusa Kircherja in njegovih objav iz leta 1657 ali pozneje leta 1671 o Saturnu v *Ars Magna*, kot se je zapisalo v Paolittovem rokopisu (Paolitto, po 1657, str. 58v, z dovoljenjem kustosa zbirke za zgodovino znanosti na Univerzi Oklahoma dr. Kerryja Magruderja)

Paolittov rokopis lahko zelo dobro datiramo ob branju devetega poglavja o Saturnu, kjer je pisec izrecno navedel Kircherjevo sicer ne preveč pravilno mnenje o Saturnovem prstanu,<sup>7</sup> ki ga je kmalu nato popravil Nizozemec Christiaan Huygens leta 1655 z boljšim teleskopom lastne izdelave; svoja dognanja je objavil v haškem *Systema Saturnium* leta 1659. Kircher si je namreč leta 1643 ob svojih bolonjskih opazovanjih Saturnov prstan raje predstavljal kot dve simpatični elipsi na vsaki strani planeta, kar je leta 1646 in v popravljenem ponatisu leta 1671 narisal v svoji sloviti knjigi *Ars Magna*. Ob nekoliko starejšem A. Argolije je bil tako prav Kircher poglavitni vir za Paolittov rokopis, pač v dobrem in v slabem.

### 3 ZACCOV VAKUUM

Paolittov mlajši sodobnik je bil beneški patricij Augusto Zacco (Augusto Antonio M. Zacchi, \* 10. november 1662, Padova; † 18. februar 1739, Treviso).

<sup>7</sup> Paolitto, po 1657, 56r, 56v

<sup>8</sup> Bonora, Manzato, Sartor, 2000, 84

Zacco je bil posvečen 1. junija 1687, 15. 11. 1706 pa se je dal imenovati za nadškofa Krfa v Grčiji, ki so ga njegove domače Benetke domala izgubile v vojni s Turki. Dne 22. 11. 1723 je postal nadškof Trevisa ob Piavi na slovensko-furlanski etnični meji blizu tedanje Habsburške monarhije, ki si je pravkar pridobila tudi Lombardijo z Milanom; Trevisa severno od Benetk ne gre zamenjovati s Tarvisiom (Tržičem) na tromeji nekoliko vzhodneje.

Augusto Zacco se je že kot najstnik-mladenič potrudil in zapisal majhno, morda kar študentsko knjižico s komentarji Aristotelove fizike in razmišljanj o vakuumu v duhu Tomaža Akvinskega. Rokopis je datiral na naslovnici, stran pred koncem in za nameček še na koncu zaporedoma leta 1680, avgusta 1680 in končno še novembra 1681. Tako ga je sestavljal leto dni in še čez! Malo pred Zaccom je na univerzi v Padovi doktorirala prva ženska, beneška lepotica in bogata dedinja (Corner, \* 1646 Benetke; † 1684 Padova), ki je nato postala univerzitetna učiteljica za uporabno matematiko, vključno s fiziko, njega dni močno priljubljenega vakuuma.



**Slika 6:** Zaccov portret v olju, ki ga hranijo v milanski hiši dedičev njegove družine Adler-Zacco, potem ko ga je tja zanesel Lorenzo Zacco iz Padove leta 1933. Zacco je v škofovski obleki; v desnici drži knjigo, menda prav o vakuumu njega dni.<sup>8</sup>



**Slika 7:** Nazario Nazarijev (\* 1723 Benetke; † 1783?) beneški posmrtni portret Zacco v olju, velikosti 78 cm × 60 cm, ki visi v *Sagrestia dei Canonici* katedrale v Padovi. Kaže ga kot padovskega kanonika, imenovanega leta 1689, in nadškofa na Krfu, kjer se je proslavil med obrambo pred turškimi vsiljivci.<sup>9</sup>

V drugi polovici rokopisa je Zacco vključil svoja opažanja o četrti Aristotelovi knjigi fizike, kjer je po razpravi o kraju obravnaval osemnajsto vprašanje o vakuumu na skupno osmih straneh.<sup>11</sup> Ne glede na Torricellijeve in Guerickejeve poskuse ob pomoči našega ljubljanskega kneza Janeza Vajkarda Turjaškega je Zacco zavrnil obstoj vakuuma;<sup>12</sup> niso pomagali niti poskusi, kot so jih obelodanili Boyle, Pascal ali Huygens. Tako je vstopil v krog Descartesa ali Leibniza, ki so prav tako odklanjali vakuum, čeprav je na Benetkam bližnji univerzi v Padovi vakuum že dolgo nastopal kot gotovo dejstvo pod vplivom Galilejevih dedičev pri Akademiji v Firencah. Kot mnogi njegovi previdni sodobniki je Zacco vakuum odklanjal bolj z bogoslovne kot s fizikalne plati, čeprav je resno obravnaval možnosti za premikanje v praznem prostoru v končnem času;<sup>13</sup> Aristotel, Descartes ali Leibniz so namreč domnevali, da bi v vakuumu brez upora sredstva telesa preletela dolge



**Slika 8:** Portret prve doktorice filozofsko-fizikalnih ved na svetu<sup>10</sup>

razdalje kar v trenutku, kar se je po svoje kosalo s tedaj znanimi fizikalnimi zakoni.

Med najpomembnejšimi beneškimi zagovorniki vakuuma je bil astronom Geminiano Montanari (\* 1633 Modena; † 1687 Padova), ki so ga povabili iz Bologne na Padovsko univerzitetno stolico za *Astronomijo in Meteorologijo* leta 1678/79; tik pred tem je objavil Razpravo o vakuumu (*Discorso sul vacuo*) v Bologni leta 1675, ki jo je nato ponatisnil leta 1696 za pouk poznejšega beneškega doža Pietra Grimanija (\* 1677 Venice; † 1752), ustoličenega leta 1741. Grimani je bil beneški ambasador v Franciji in Angliji do leta 1719; tam je svoje poznanje vakuumskih tehnologij, pridobljeno ob pouku pri Montanariju, izkoristil za posebno pristne prijateljske odnose s samim Newtonom.

Montanari je začel pripravljati poskuse z vakuumom v Bologni konec leta 1665, potem ko je Torricellijev barometer izboljšal tako, da je lahko meril razlike v specifičnih težah uporabljanih kapljev, med katerimi je bila tudi morska voda.

<sup>9</sup> Bonora, Manzato, Sartor, 2000, 209

<sup>10</sup> Piovan, Sitran Rea, 2001

<sup>11</sup> Zacco, 1680/81, 4: 10r-13v

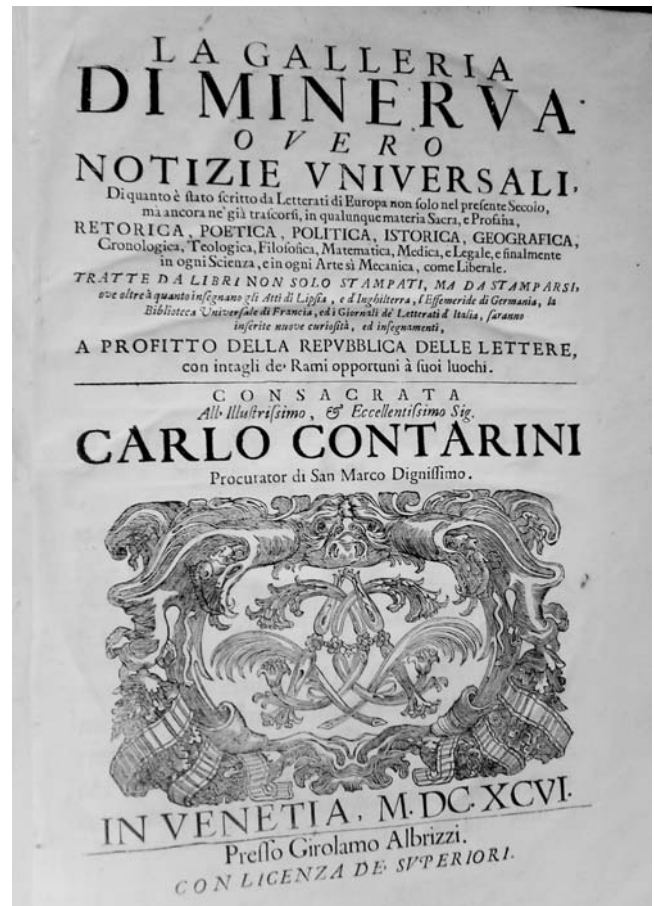
<sup>12</sup> Zacco, 1680/81, 4: 10v

<sup>13</sup> Zacco, 1680/81, 4: 11v, 12v

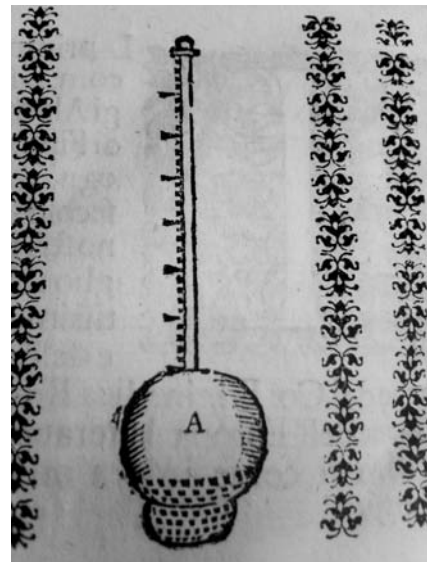


Slika 9: Prva stran Montanarijeve razprave o vakuumu v barometrih s skico<sup>17</sup>

Preučeval je tudi svinec, pogreznjen v vodo po Arhimedovem zakonu. Da bi dobil čim bolj natančne rezultate je uporabljal termometer in skušal upoštevati temperaturne razlike med posameznimi meritvami.<sup>14</sup> Bil je dovolj pogumen, da je sprejel principe Arhimeda, Galileija in Robervalu,<sup>15</sup> čeprav so bila mnoga Galileijeva dela njega dni prepovedana in na papeževem indeksu. Med letoma 1678 in 1687 je Montanari potoval med Padovo in Benetkami v stalnem znanstvenem sodelovanju s Carlom Rinaldinijem, potem ko sta družno razpravljala o mrku Lune 29. septembra 1670.<sup>16</sup> Fizik Rinaldini je postal mentor prve ženske z doktoratom iz filozofsko-fizikalnih ved, Elene Lucrezie Cornaro Piscopia.



Slika 10: Naslovna stran revije, ki je objavila razpravo o vakuumu (1696) padovskega astronoma Geminiana Montanarija<sup>18</sup>



Slika 11: Skica barometra na prvi strani razprave o vakuumu padovskega astronoma Geminiana Montanarija<sup>19</sup>

<sup>14</sup> Facciolati, 1737, 2: 326; Montanari, 1696, 391, 393, 394; Favaro, 1917, 150

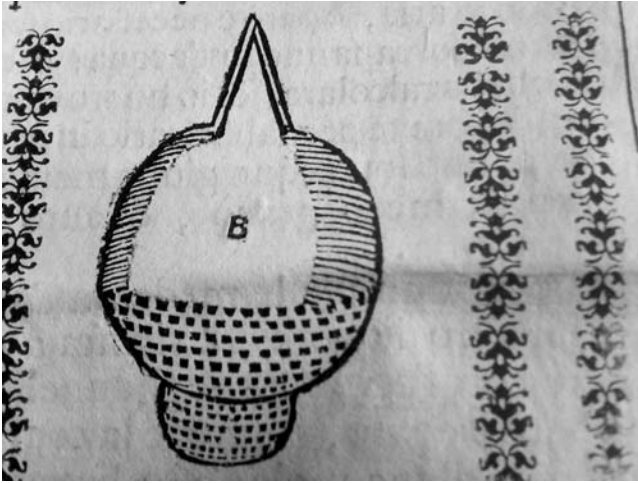
<sup>15</sup> Montanari, 1696, 392

<sup>16</sup> Pighetti, 2005, 84

<sup>17</sup> Montanari, 1696, 291

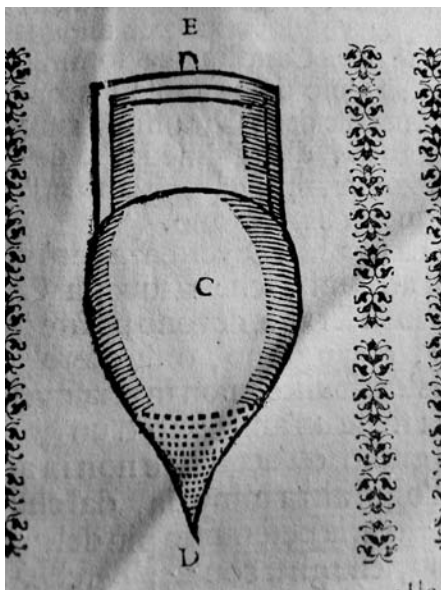
<sup>18</sup> Montanari, 1696

<sup>19</sup> Montanari, 1696, 291



Slika 12: Prva skica barometra na drugi strani razprave o vakuumu padovskega astronoma Geminiana Montanarija<sup>20</sup>

Zacco ni obravnaval poskusov v vakuumu v nasprotju z enostavnim Torricellijevim barometrom v Paolittovi *Sphaerae*. Zaradi tega bi Zacco težko lahko obveljal za študenta padovskega profesorja Rinaldinija, ki je bil med vidnimi člani Akademije v Firencah, kjer je bil Torricellijev barometer tako rekoč poglavitna atrakcija. Seveda pa je Zacco pisal o filozofskem vakuumu in ne o tako imenovani Boylevi praznini (*vacua Boiliana*), ki so ga obravnavali predvsem kot močno razredčen zrak in ne kot popoln vakuum. Zagata vakuumu je bila vsekakor podedovana iz antičnih in srednjeveških problemov fizike in metafizike, Torricelli, Guericke, njegov ljubljanski pomočnik Janez Vajkard Turjaški, Boyle ali Pascal pa



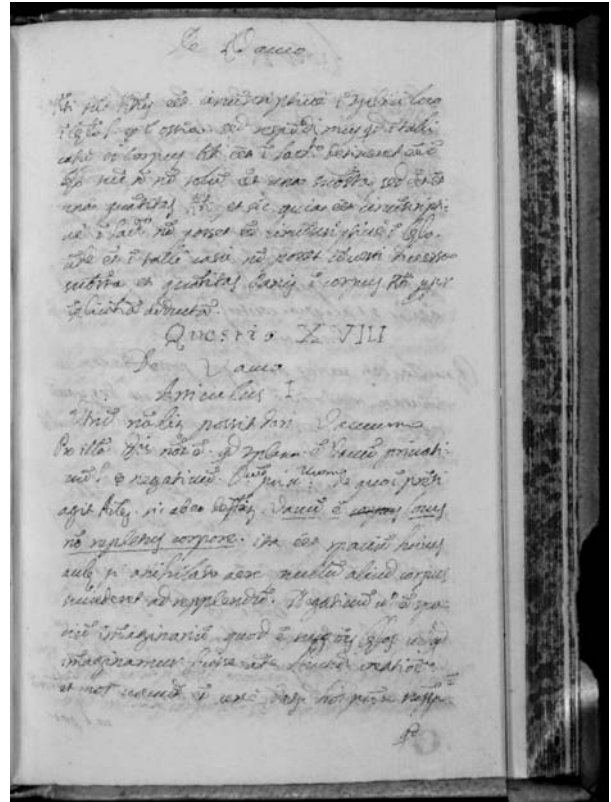
Slika 13: Druga skica barometra na drugi strani razprave o vakuumu padovskega astronoma Geminiana Montanarija<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Montanari, 1696, 292

<sup>21</sup> Montanari, 1696, 292



Slika 14: Montanarijev portret



Slika 15: Začetek Zaccove razprave o vakuumu (Zacco, 1680/1681, 4, knjiga str. 10r, z dovoljenjem kustosa zbirke za zgodovino znanosti na Univerzi Oklahoma dr. Kerryja Magruderja)

problema praznega niso rešili za vekomaj, saj popolnega vakuuma še ne znamo doseči na Zemlji, pa tudi v vesolju je vedno še kaj polnega za nameček. Zacco je bil gotovo še mladenič med pisanjem svoje knjižnice s tako izredno majhnimi črkami v času, ko so turške in druge vojne pestile njegovo beneško domovino. Vsekakor pa se je s svojim sholastičnim pojmovanjem praznega že kar nekako oddaljil od sodobnih namigov svojega časa.

#### 4 SKLEP

Paolittov in Zaccov rokopis sta nastala med italijanskimi učenjaki poznega 17. stoletja. Oba sta odmev poučevanja na tedanjih univerzah v Italiji, predvsem v Padovi, kjer so študirali tudi številni sinovi petičnih družin z danes slovenskega ozemlja. Tako oba rokopisa, čeprav danes shranjena v Ameriki, na svoj način odsevata tudi dogajanja med izobraženci v deželah, ki so pozneje postale slovenske.

#### 5 LITERATURA

- Kircher, Athanasius, *Oedipus Aegyptiacus*. Tomus I, Vitalis Masscardi, Romae 1652; *Athanasii Kircheri e Soc. Jesu Oedipus Aegyptiacus. Hoc est Universalis Hieroglyphicae Veterum Doctrinae temporum iniuria abolitae instauratio. Opus ex omni Orientalium doctrina et sapientia conditum, nec non viginti diuersarum linguarum autoritate stabilitum, Felicibus Auspicijis Ferdinandi III. Austriaci Sapientissimi et Inuictissimi Romanorum Imperatoris semper Augusti è tenebris erutum, Atque Bono Reipublicae Literariae consecratum*. Tomus secundus, Vitalis Masscardi, Romae 1653. *Athanasii Kircheri Soc. Jesu Oedipi Aegyptiaci Tomi secundi Pars altera Complectens Sex posteriores Classes. Felicibus Auspicijis Ferdinandi III. Caesaris*, Vitalis Masscardi, Romae 1653; 1654. Tomus III. Romae: Masscardi.
- Kircher, Athanasius, *Itinerarium Extaticum Coeleste quo mundi opificium id est Coelestis expansi, siderumque tam errantium, quam fixorum natura, vires, proprietates, singulorumque compositio & structura, ab infimo telluris globo usque ad ultima Mundi confinia,*

- per ficti raptus integumentum explorata, nova hypothesis exponitur ad veritatem. Interlocutoribus Cosmiele et Theodidacto (Structura globis Coelestis)*, Vitalis Masscardi, Romae 1656. Ponatisnjeno vezano z: *Iter Extaticum II: Endter Würzburg 1660; Würzburg 1671.*
- Kircher, Athanasius, *Athanasii Kircheri e Soc. Jesu Iter extaticum II. Qui et Mundi Subterranei Prodromus dicitur. Quo Geocosmi opificium sive Terrestriis Globi Structura, unà cum abditis in ea constitutis arcanioris Naturae Reconditoriis, per ficti raptus integumentum exponitur ad veritatem. In III. Dialogos distinctum (Structura globis terrestriis). Ad Serenissimum Leopoldum Ignatium Hungariae, et Bohemiae Regem*. Typis Mascardi, Romae 1657. Ponatis: Frideric Gall, Turnaviae 1659.
- Kircher, Athanasius, *Athanasii Kircheri Fuldensis Bvchonii e Soc. IESU Presbyteri Olim in Herbipolensi, & Avenionensi Societatis IESU Gymnasiis Orientalium linguarum, et Mathesos, nunc huius in Romano Collegio Professoris Ordinarii Ars Magna Lucis et Umbrae, In decem Libros digesta Quibus Admirandae Lucis et Umbrae in mundo, atque adeò universa natura, vires effectusq. uti nova, ita varia nouorum reconditorumq. speciminum exhibitione, ad varios mortalium usus, panduntur*. Sumptibus Hermanni Scheus. Ex Typographia Ludovici Grignani, Romae 1646. Editio altera priori multo auctior, Jansson, Amsterdam 1671.
- Montanari, Geminiano. 1675. *Discorso del vacuo : recitato nell'Accademia della Traccia la sera delli 28 novembre dell'anno 1675 che si faceva in Bologna in casa dell'autore - Lettera in cui risponde il sig. d. Montanari ad un cavaliere che li propose di sciogliere questo problema: perche li forastieri che capitano in Venezia si stancano nell'andare in gondola e li signori veneziani non sentono alcuna stanchezza dal lungo andarvi*. Reprint: 1696. Istruzione scritta già tempo all'illustriss. & Eccell. Sig. Pietro Grimani dal Signor D. Geminiano Montanari, primo Professore delle Matematiche nello Studio di Bologna, possia Astronomo, e Meteorista nella celebre università di Padova, sopra il modo di conoscere la diferenza del peso de-fluidi frà loro, & de'solidi, con la maniera di cuio egli si servia per indagare tali differenze trà liquore, e liquore, e trà solido, e solido pesato nel acqua (Discorso sul vacuo). *Galleria di Minerva* (ed. Girolamo Albrizzi). 1/12: 390-394.
- Paolitto, Valentino. po 1657. *17th-century Sphaera: In triplicem spheram, terrestrem, aeream, et coelestem breves adnotates*. Brez datuma in pisca. Rokopis shranjen na univerzi v Oklahomi, Bizzell Library History of Science Collections.
- Piovan, Francesco; Sitran Rea, Luciana. 2001. *Studenti, università, città nella storia Padovana*. Trieste: Lint.
- Zacco (Zacchi), Augusto. 1680/1681. *Com(m)entaria In Primam Partem Philosophiae Naturalis Aristotelis De phisico auditu Iuxta Mentem Angelici Divi Thomae Aquinatis Domini Augusti Zacchi Patritii Veneti* (August 1680–November 1681). Rokopis shranjen na univerzi v Oklahomi, Bizzell Library History of Science Collections.



## DRUŠTVENE NOVICE

### KONFERENCA FLAVS 2012

Floridska sekcija Ameriškega vakuumskega društva (AVS) je ob robu sestanka izvršnega odbora mednarodne vakuumske zveze IUVSTA organizirala mednarodno konferenco o sintezi in raziskavah naprednih materialov. Uradni naziv srečanja je bil »40<sup>th</sup> Annual applied vacuum science and technology symposium and 30<sup>th</sup> annual meeting of the Florida society for microscopy, March 5–6 2012, University of Central Florida, Orlando, Florida«. Konferenca je obravnavala nekatera aktualna področja vakuumske znanosti, kot so znanost o površinah in tankih plasteh, nanoelektronika, obnovljivi energijski viri, najnovejše smeri razvoja instrumentov za analizo površin in tankih plasti ter karakterizacija nanoskopskih in biomedicinskih materialov.

Konferenca se je udeležilo več kot 100 raziskovalcev, ki so predstavili svoje prispevke, pretežno v obliki posterjev, izbrani raziskovalci pa so imeli tudi govorne prispevke. Programski odbor, ki mu je predsedoval prof. dr. Kerry Siebein z ameriškega nacionalnega inštituta za standarde v Gaithersburgu v zvezni državi Maryland, je na konferenco povabil 23 svetovno priznanih raziskovalcev, ki se ukvarjajo z zgoraj navedeno tematiko. Med vabljenimi predavatelji je bilo tudi šest raziskovalcev, ki so zaposleni v visokotehnoloških podjetjih. Večina vabljenih predavateljev je predstavila najnovejša dognanja s področja nanostrukturiranja površin za uporabo v alternativni energetiki in medicini ter smeri razvoja profilnih

vateljev je predstavila najnovejša dognanja s področja nanostrukturiranja površin za uporabo v alternativni energetiki in medicini ter smeri razvoja profilnih



**Slika 2:** Dr. Brian S. Strohmeier iz podjetja Thermo Fisher Scientific je predstavil nov izvir ionov za profilno analizo vzorcev, ki vsebujejo tako organske kot anorganske tanke plasti. Podjetje je razvilo ionsko puško, pri kateri s preprostim preklopom izbiramo med enkratno ioniziranimi ioni argona (ki so primerni za jedkanje anorganskih plasti) in ioniziranimi argonskimi skupki, ki se dobro obnesejo pri jedkanju organskih plasti.



**Slika 1:** Predstavnika podjetja Physical Electronics, dr. John S. Hammond, je predaval o profilometriji organskih materialov z ionskim izviro  $C_{60}$ , pri čemer je poudaril pomen Zalarjeve rotacije.



**Slika 3:** Predstavnika podjetja Kratos Analytical, dr. David Surman, je zagovarjal prednosti, ki jih imajo ionizirane molekule  $C_{24}H_{12}$  za nedestruktivno globinsko profilometrijo organskih materialov.



**Slika 4:** Mehiški predstavnik v mednarodni vakuumski zvezi, prof. Alberto Herrera - Gomez z znane mehiške univerze Queretaro, je predaval o tolmačenju Shirleyjevega ozadja pri XPS-preiskavah površin trdnih materialov.

analiz tankih plasti z ionskim jedkanjem, ki se uporabljajo pri rentgenski fotoelektronski spektroskopiji (XPS) in spektrometriji sekundarnih ionov (SIMS). Prav na zadnje omenjenem področju smo priča izrednemu napredku, saj sodobni ionski izviri omogočajo dokaj nedestruktivno profilno analizo vzorcev z domala poljubno sestavo in strukturo.

Kljub uporabi inovativnih metod ostaja rotacija vzorcev med ionskim jedkanjem še vedno ključna tehnika, ki omogoča minimizacijo nezaželenih pojavov. Izumitelj te tehnike je dolgoletni član in funkcionar Društva za vakuumsko tehniko Slovenije, pokojni prof. dr. Anton Zalar. Podjetje Physical



**Slika 5:** Prof. Ying Zheng s floridske univerze je podelil priznanja za najboljše prispevke mladih raziskovalcev.

Electronics standardno zagotavlja to tehniko in jo trži pod zaščitenim imenom »Zalar rotation«.

Biomedicinske aplikacije vakuumskih tehnologij so se utrdile kot gonilna sila razvoja neravnovesnih postopkov za funkcionalizacijo nanostrukturiranih površin. Pomembna odkritja načrtovanega sproščanja učinkovin z nanoskopskih nosilcev vodijo k razvoju alternativnih diagnostičnih testov za zgodnje odkrivanje rakastih obolenj, kakor tudi k programirani celični smrti kancerogenih celic. Čeprav je pot do razvoja novih učinkovin za zdravljenje rakastih obolenj še dolga, saj smo sedaj priča fazi osnovnih raziskav, je mogoče na osnovi optimističnih napovedi predavateljev sklepati, da bodo alternativne metode v prihodnje igrale ključno vlogo v nanomedicini.

prof. dr. Miran Mozetič



**Slika 6:** Študentje so z zanimanjem spremljali razglasitev najboljših prispevkov mladih raziskovalcev.

## STOTRINAJSTI SESTANEK IZVRŠILNEGA ODBORA MEDNARODNE VAKUUMSKE ZVEZE

V dneh od 2. do 4. marca 2012 je bil v Orlandu na Floridi redni polletni sestanek izvršilnega odbora mednarodne vakuumske zveze IUVSTA. Na sestanku so bili poleg funkcionarjev društva povabljeni zastopniki posameznih nacionalnih društev in njihovi namestniki, predsedniki posameznih znanstvenih področij, ki jih obsega mednarodna zveza, ter vodje posameznih komitejev. Sestankov se lahko kot opazovalci udeležijo člani katerih koli nacionalnih društev članic mednarodne zveze. Med funkcionarje spadajo aktualni, bivši in prihodnji predsednik zveze IUVSTA, vodja direktorata za znanost in tehnologijo, generalni in strokovni sekretar ter zapisnikar in blagajnik.

Zveza IUVSTA obsega področja vakuumske znanosti, znanosti o površinah, uporabne znanosti o površinah, inženiringa površin, elektronskih materialov, nanoskopskih materialov ter plazemske znanosti in tehnologij. Za dobro koordinacijo organizacije dela skrbijo komiteji za publiciranje, načrtovanje konferenc, statusne zadeve, finance, dolgoročno načrtovanje, nove članice, za nagrade in štipendije ter za izobraževanje.

Predsedniki posameznih komitejev so pred glavno obravnavo organizirali ločene sestanke, na katerih so izoblikovali mnenja, ki so jih posredovali izvršilnemu odboru. Komite za izobraževanje, ki ga v tem triletnem obdobju vodi član Društva za vakuumsko tehniko Slovenije, je obravnaval rezultate ankete o razpoložljivosti video pripomočkov, ki jih je zveza pripravila v preteklem desetletju. Ugotovljeno je bilo, da večina nacionalnih zvez podpira javni dostop do

pripomočkov in gradiv. Po dolgotrajni razpravi, na kateri so člani komiteja razglabljali o rezultatih ankete in smiselnosti javnega dostopa ter ustrezne registracije uporabnikov, je bil sprejet sklep, s katerim komite predlaga izvršilnemu odboru zveze IUVSTA, da omogoči prost dostop do video pripomočkov in gradiv, ki so last mednarodne zveze. Izvršilni odbor je na svojem 113. sestanku potrdil predlog komiteja za izobraževanje, s čimer se je končalo skoraj desetletno obdobje nejasnosti v zvezi s pripomočki. Učna gradiva bodo kmalu dostopna na domači strani mednarodne zveze. DVTS poziva zainteresirane člane društva, da si jih ogledajo in po potrebi namestijo na svoje računalnike. Za ogled in namestitev je potrebna registracija, saj bo mednarodna zveza vodila evidenco uporabnikov.

Komite za izobraževanje, ki ga v tem triletnem obdobju vodi član Društva za vakuumsko tehniko Slovenije (avtor članka), je obravnaval prispele vloge za dodelitev subvencije za organizacijo in izvedbo tečajev vakuumske tehnike in kratkih izobraževalnih tečajev. Do subvencij za tečaje vakuumske tehnike so upravičena nacionalna društva držav, katerih zadnji bruto družbeni dohodek na prebivalca ne presega povprečja držav članic zveze IUVSTA (DVTS ni upravičeno), za subvencije kratkih izobraževalnih tečajev pa lahko zaprosi katero koli nacionalno društvo. Pogoji za dodelitev slednje subvencije je, da se kratek izobraževalni tečaj izvede skupaj z znanstvenim



**Slika 1:** Zasedanje izvršilnega odbora zveze IUVSTA je vodil prihodnji predsednik prof. dr. Mariano Anderle iz Trenta, levo je blagajnik zveze prof. dr. François Reniers iz Bruslja, desno pa generalni sekretar dr. Ron Reid iz Daresburyja (Velika Britanija).



**Slika 2:** Predstavnik Slovaškega vakuumskega društva, prof. dr. Robert Redhammer, razlaga pripravo na 114. srečanje izvršilnega odbora zveze IUVSTA, ki bo od 28. do 30. septembra 2012 v Bratislavi. V ozadju so: predstavnik francoskega društva, prof. dr. Daniel Vernière (levo), predstavnik madžarskega društva dr. László Kövér (desno) in predsednik znanstvenega odbora za plazemsko znanost in tehnologije, prof. dr. Mark Kushner (skrajno desno).



**Slika 3:** Vodja direktorata za znanost in tehnologijo, prof. dr. David Ruzic z Univerze v Illinoisu (desno), in njegov znanstveni sekretar, prof. dr. Christoph Eisenmenger-Sittner s Tehniške univerze na Dunaju (levo)

srečanjem, ki ga ne subvencionira IUVSTA. Izvršilni odbor je sprejel predlog komiteja za izobraževanje, da se v letu 2012 dodeli subvencijo Češkemu vakuum-skemu društvu za izvedbo tečaja vakuumske tehnike, ki bo v mestu Polubný od 21. do 24. maja, in Pakistan-skemu vakuum-skemu društvu za izvedbo kratkih izobraževalnih tečajev skupaj z mednarodno konfe-renco VAASCA, ki bo v Islamabadu od 9. do 12. oktobra.

Direktorat za znanost in tehnologijo je obravnaval več predlogov za dodelitev subvencije za organizacijo specializiranih tematskih delavnic v tem in naslednjem letu. Na osnovi predloženih gradiv in predstavitev je direktorat predlagal izvršilnemu odboru zveze IUVSTA, da podpre organizacijo treh tematskih delavnic v letu 2012, med njimi tudi delavnico o vplivu metastabilnih plazemskih delcev na organske mate-riale. Delavnica, katere organizacijo je predlagalo Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, ima uradni

naziv »69<sup>th</sup> IUVSTA Workshop on oxidation of organic materials by excited radicals created in non-equilibrium gaseous plasma«. Delavnico bomo organizirali v drugem tednu decembra letos v Cerkljah na Gorenjskem.

Direktorat za znanost in tehnologijo je obravnaval tudi vloge nacionalnih društev za prevzem znanstvenega pokroviteljstva znanstvenih srečanj, ki jih organizirajo posamezna društva. Za dodelitev te vloge je kandidiral tudi odbor za konferenco o materialih in tehnologijah, ki bo oktobra letos v Bernardinu. Predstavnica odbora, prof. dr. Monika Jenko, je predstavila razloge za vloženo vlogo, ki jih je direktorat sprejel, izvršilni odbor pa na svojem 113. sestanku tudi potrdil. Letošnja konferenca o materialih in tehnolo-gijah bo torej potekala pod pokroviteljstvom medna-rodne zveze IUVSTA. Člani DVST so pozvani, da se konference udeležijo v čim večjem številu.

Po končanem sestanku izvršilnega odbora je bila na sporedu še letna skupščina mednarodne zveze IUVSTA. Na dnevnem redu so bile zgolj tri točke, in sicer sprejem finančnega poročila za leto 2011, sprejem finančnega načrta za leto 2012 in razno. Po novi belgijski zakonodaji (zveza IUVSTA je registrirana v Belgiji, saj je bila tam tudi ustanovljena) mora namreč o finančnih zadevah odločati skupščina društva in ne izvršilni odbor. Na skupščini mora biti prisoten najmanj en član posameznega nacionalnega društva. Skupščina je sklepčna, če se je udeležijo predstavniki najmanj polovice nacionalnih zvez. Zaradi neaktivnosti posameznih nacionalnih društev je obstajala bojazen, da skupščina ne bo sklepčna, kar pa se ni uresničilo, tako da je bilo potrjeno letno poročilo za 2011 in finančni načrt za leto 2012, kakor ju je predstavil blagajnik zveze IUVSTA, prof. dr. François Reniers iz Bruslja.

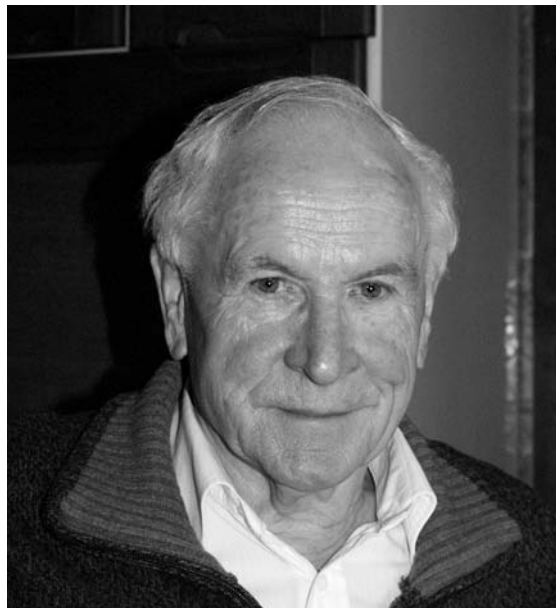
prof. dr. Miran Mozetič, predsednik DVTS

## Dr. JOŽE GASPERIČ – 80 LET

Jožeta Gasperiča sem spoznal že kmalu po nastopu redne zaposlitve na Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko (IEVT). Jože je bil sodelavec oddelka za vakuumsko tehniko (pri dr. Francetu Lahu), vendar se je udeleževal tudi na drugih tehničnih področjih, ki so bila visoko razvita in ki jih na tedanjem Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko ni bilo malo: elektronika s prof. dr. Lasičem, materiali s prof. dr. Kanskyjem, kemija, visokofrekvenčna in ultrazvočna tehnika ... Zanimale pa so ga še vse druge dejavnosti.

Opazil je prenekatero pomanjkljivost celotnega zavoda in skušal delovati tako, da bi se stvari izboljševale. Zato se je poleg poglobljenega študija vakuumske znanosti in tehnike rad povezoval s tistimi sodelavci, ki so nosili v sebi naboj nezadovoljstva in so bili pripravljeni v dobro Inštituta narediti tudi kaj prostovoljno. Predvsem smo to bili mlajši od njega. Mene je v začetku navdušil za delo v sindikalni podružnici, ki je delovala po takratnih političnih smernicah (nabava krompirja in jabolk, družabnosti in sociala), hkrati pa je zaradi naše zagnanosti tudi združevala in informirala kolektiv.

Po Jožetovi iniciativi smo začeli izdajati inštitutsko glasilo in ga imenovali »Impulzi« z namenom, da bi to ime povezovalo elektroniko in hkrati spominjalo zaposlene na spodbujanje k odpravljanju pomanjkljivosti. Tako je Jože skozi uredniški odbor hudomušno



opozarjal na neurejenost zavoda, na pomanjkljivosti v zunanjem videzu, na upoštevanje časovnih dogovorov itd. Organizirali smo sajenje parkovnih dreves okrog stavbe IEVT, kolektivne izlete v hribe, strokovne ekskurzije – ideje so bile Jožetove. Nam se je vse to zdelo zanimivo in pozitivno, toda vodstvo je vedelo, kdo je v ozadju. In še sedaj menim, da je vsa ta dobronamerna energija našemu jubilarantu bila večkrat



Slavlencu smo člani DVTS podelili darilo – umetniško sliko avtorja Gorazda Šuštarčiča

v škodo kot v korist. Ko je bil npr. več let kasneje edini primeren za direktorja IEVT-ja, so vodilni vse tako »uredili«, da se to ni zgodilo.

Vzporedno je Jože doktoriral, z družino sezidal hišo in močno napredoval na znanstveno-raziskovalnem področju. Tudi po tej plati je skušal čim več dati družbi in mladim. Na IEVT-ju je postavil na noge medicinski program, skrbel za promocijo znanja in poudarjal pomen izobraževanja v industriji (organiziranje številnih znanstvenih srečanj in kongresov). Mnoge vakuumske naprave, ki jih je razvil, delujejo v originalni ali malo predelani obliki še danes. Bil je cenjen predstavnik Slovenije v Jugoslovanski vakuumski zvezi JUVAK, v mednarodni zvezi IUVSTA in dolgo obdobje ena od modrih gonilnih oseb v Društvu za vakuumsko tehniko Slovenije (DVTS), kjer je aktiven še sedaj.

Navdušeno je pozdravil revijo *Vakuumist* z vzklikom: »Slovenski tehniki in znanstveniki morajo pisati v slovenščini – in vakuumisti imajo sedaj to možnost!«. Sodeloval je s starejšimi raziskovalci, da so pripravili prve tečaje iz vakuumske tehnike in napeljeval mlajše, da so se priključevali. Poskrbel je za izdajo prve slovenske knjige o vakuumu »Osnove vakuumske tehnike«. Pri naslednjih knjigah, ki smo jih že skupaj pisali, nas je s svojim občutkom za jezik in dobronamernim lektoriranjem vzgajal v pismenosti. Opazil je težavo prenekaterih tehnikov pri javnem nastopanju in organiziral tečaje iz retorike (posebna predavanja z vajami). Ne moremo mimo njegovega stalnega sporočanja, da tudi visoko znanje izgubi svojo veličino, če ga ne spremljajo govorne sposobnosti in dobro pisanje. Kjer je mogel, je pohvalil in spodbujal.

Spominjam se, ko mi je nekoč svetoval, naj moj prispevek iz *Impulzov* pošljem na *Planinski vestnik* – in res so ga objavili. Spominjam se, s kakšnim veseljem nas je na Mednarodni vakuumski konferenci

(IVC-9, ICSS-5) leta 1983 v Madridu predstavil predstavniku IUVSTE prof. dr. Segovii kot novo generacijo slovenskih vakuumistov. Spominjam se, ko je upravičeno užaljen odšel z IEVT-ja in skoraj zapustil društvo. Kako smo potem po njegovi vrnitvi iz Indije s strahom pričakovali, kaj bo! – in si želeli, da bi se le spet vrnil med nas. In se je.

Malo kasneje – že iz svoje nove službe na Institutu »Jožef Stefan« – se je ponovno vklopil v izobraževalne tečaje, v pisanje in pripravo novih vakuumskih učbenikov ter v sodelovanje pri izvajanju študija »Vakuumistike« (ki ga je že predhodno osnoval dr. Kansky na Univerzi v Mariboru s sodelovanjem dr. Paulina in dr. Permanove). Ob 40-letnici DVTS-ja je z veliko preciznostjo pregledal ves obstoječi arhiv dokumentov in spisal zgodovino društva. Objavljena je bila v našem strokovnem časopisu leta 1999. Pričakujem in želim, da bi ta tekst bil motiv dr. Južničju za serijo prispevkov o slovenski vakuumistiki, katere pomemben del je prispeval IEVT. In nemajhen del dejavnosti IEVT-ja je vezan na ime našega sedanjega jubilaranta. Ni čudno, da je bil in je še svetovalec ali častni član prenekaterih razvojno-raziskovalnih grupacij ter prejemnik številnih priznanj.

Naprošen sem bil za nekaj misli oz. spominov na našega dolgoletnega sodelavca in prijatelja. In to sem napisal z vednostjo, da je v kratkem času, ki je bil na razpolago, verjetno marsikaj pomembnega nehote ostalo nezabeleženo. Pričujoči tekst je torej le en pogled in ne pokriva celote. Dr. Jože Gasperič pa je po znanju in izkušnjah, pa tudi kot osebnost poznan številnim znanstvenikom, raziskovalcem in tehnikom po Sloveniji, v bivših jugoslovanskih republikah in tudi zunaj bližjih meja. Z njihovimi pogledi in mnenji bi slika postala popolnejša.

Ob letošnjem praznovanju mu kličemo: Jože – zdravo in veselo – še na mnoga leta!

mag. Andrej Pregelj

## TEČAJ OSNOVE VAKUUMSKE TEHNIKE ZA MLADE RAZISKOVALCE, 15.–16. MAREC 2012

Dne 15. in 16. marca 2012 je v Ljubljani na Institutu »Jožef Stefan« (IJS), deloma pa tudi na Inštitutu za kovinske materiale in tehnologijo (IMT), potekal dvodnevni tečaj z naslovom Osnove vakuumske tehnike za mlade raziskovalce. Tečaj je organiziralo Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije. Tečaj je bil namenjen vsem mladim raziskovalcem s področja naravoslovnih znanosti in tehnike ter tudi drugim zainteresiranim, ki se srečujejo pri svojem delu z vakuumom. Tečaja se je udeležilo 11 udeležencev. Udeleženci tečaja so bili: Gregor Primc, Gregor Filipič, Nina Recek, Gregor Jakša, Luka Jeromel, Peter Gselman, Metod Kolar, Jani Marušič, Martina Modic, Gregor Avbelj in Nuša Pukšič.

Tečaj je obsegal teoretični in praktični del, in sicer naslednje teme: področja uporabe vakuumske tehnike,



**Slika 1:** Na začetku vakuumskega tečaja je udeležence pozdravil prof. dr. Miran Mozetič, predsednik našega društva. Sledilo je uvodno predavanje, ki ga je pripravil dr. Jože Gasperič.



**Slika 2:** Udeleženci tečaja Osnove vakuumske tehnike, ki je potekal 15. in 16. marca 2012 na Institutu »Jožef Stefan«

fizikalne osnove vakuumske tehnike, črpalke za grobi in srednji vakuum, črpalke za visoki in ultravisoki vakuum, vakuumski sistemi, meritve totalnega in parcialnega tlaka, metode iskanja netesnih mest, vakuumski materiali, vakuumski spoji in elementi, vakuumske tehnologije, čiščenje in priprava materialov za ultravisoki vakuum, fizikalni vakuumski poskusi, pomen in preiskave površin, neravnovesna stanja plina in plazma ter ogled laboratorijev na IJS in na IMT.

Predavatelji na tečaju so bili: dr. Jože Gasperič, dr. Bojan Zajec, dr. Vincenc Nemanič, mag. Andrej Pregelj, prof. dr. Miran Mozetič, dr. Janez Šetina, Miro Pečar, France Breclj, dr. Peter Panjan, prof. dr. Monika Jenko in doc. dr. Janez Kovač. Tečaj sta organizirala doc. dr. Janez Kovač in dr. Bojan Jenko. Predavanja in vaje so bile na visoki kakovostni ravni. Na koncu tečaja so udeleženci prejeli potrdila o opravljenem tečaju. Tečaj je deloma sponzoriralo podjetje Scan, d. o. o.

Udeležencem tečaja želimo veliko uspeha pri uporabi pridobljenega znanja pri njihovem delu.

Doc. dr. Janez Kovač



**Slika 3:** Udeleženca tečaja Martina Modic in Gregor Primc sta ponovila slavni vakuumski poskus in sta poizkusila ločiti dve kovinski polkrogli, med katerima je bil »samo« vakuum. Poskus je prvič izvedel Guericke v Magdeburgu leta 1657 in podobno tudi Martini in Gregorju ni uspelo premagati »vakuumske« sile.

## KRATKE DRUŠTVENE NOVICE

### Obvestilo o uspešni prijavi za sofinanciranje Vakuumista, 7. marec 2012

Lansko leto smo v roku oddali prijavo na Javno agencijo Republike Slovenije za knjigo na razpis za sofinanciranje periodičnih znanstvenih publikacij.

Naša prijava je bila ocenjena s 84,5 točkami, pri čemer je bilo minimalno zahtevanih 60 točk, največ mogočih pa 100. Uvrščeni smo bili v II. kategorijo od štirih (pri čemer je IV. kategorija izločena iz sofinanciranja). S tem nam je bila dodeljena subvencija v višini 3 969 evrov, ki jo bomo porabili za stroške tiska, lektoriranja in priprave za tisk.

### 33. seja izvršnega odbora DVTS, 23. marec 2012

Izvršni odbor se je seznanil z rezultati razpisa o sofinanciranju Vakuumista. Seznanil se je tudi o kandidaturi za izvedbo tematske delavnice z nazivom »69<sup>th</sup> IUVSTA workshop on oxidation of organic materials by excited radicals created in non-equilibrium gaseous plasma.« Tematsko delavnico bomo organizirali v drugem tednu decembra 2012 v Cerkljah na Gorenjskem. Na podlagi zanimanja podjetja Iskra MIS v Semiču je izvršni odbor sprejel sklep o organizaciji vakuumskega tečaja, ki bo potekal v tem podjetju.

V zahtevanem zakonskem roku je izvršni odbor sprejel zaključni račun in poročilo o delu za leto 2011.

## NOVA OPREMA NA TRGU

### HiCube Pro – Zanesljiva črpalna naprava zdaj s suho predčrpalko ACP

Asslar, Nemčija, november 2011

Danes se adixenske predčrpalke široko uporablja v zaključenih enotah podjetja Pfeiffer Vacuum. Uveljavljena turbo črpalna naprava HiCube Pro je zdaj na voljo s suho večstopenjsko Rootsovo črpalko ACP iz serije Adixen. Takšna vakuumska rešitev je uspeh združevanja izdelkov Pfeiffer Vacuum in Adixena ter dokazuje odlično sodelovanje med razvojnima laboratorijema v Nemčiji in Franciji. S tem se posamezne komponente v vakuumskega sistemu odlično ujemajo. Naši kupci lahko tako zmanjšajo porabo elektrike, vode ali plina ter znižajo obratovalne stroške.

Večstopenjska Rootsova črpalka ACP je suha alternativa klasični rotacijski črpalki. Ker črpalka ACP deluje brez tesnil med rotorjem in statorjem in ker rotorja nista v stiku, v vakuumskega sistemu ni obrabe tesnil kakor pri drugih suhih črpalkah. Zato so takšne črpalke primerne za vakuumske aplikacije, kjer se zahteva maksimalna čistoča. Ob normalni uporabi je interval rednega vzdrževanja do štiri leta.

Posebna značilnost črpalne naprave HiCube Pro je modularni koncept. Omogoča različne kombinacije predčrpalke in turbomolekularnih črpalke, ki se jih prilagodi posamezni aplikaciji. Tako je HiCube Pro primeren za vse visokovakuumske aplikacije pri raziskavah in razvoju, pri pospeševalnikih delcev, v analitiki in fiziki površin. Poleg verzije s suho večstopenjsko Rootsovo črpalko ACP je na voljo tudi varianta z navadno z oljem tesnjeno rotacijsko črpalko PentaLine.



Adixenske predčrpalke ACP so se v desetletjih, kar so na trgu, uveljavile po robustni konstrukciji in zanesljivosti. Prav prvovrstne suhe črpalke so bile eden od glavnih razlogov za prevzem v začetku tega leta.

Več informacij na: [www.pfeiffer-vacuum.net](http://www.pfeiffer-vacuum.net).



## VABILO NA STROKOVNO EKSURZIJU V PODJETJE S PODROČJA MIKROELEKTRONIKE INFINEON V BELJAKU V AVSTRIJI

Člane Društva za vakuumsko tehniko Slovenije in simpatizerje vabimo na strokovno ekskurzijo v podjetje s področja mikroelektronike INFINEON v Beljaku v Avstriji. Ekskurzija bo v **torek, 8. 5. 2012.** Organiziran bo prevoz z avtobusom ob 12:00 uri izpred stavbe Tehnološkega parka Ljubljana (nekdanji IEVT) na Teslovi 30. Ogled razvojnega oddelka podjetja INFINEON v Beljaku bo predvidoma od 14. do 17. ure. Po ogledu se bomo ustavili na popoldanskem kosilu. Cena izleta za člane društva je 10 EUR, za simpatizerje pa 20 EUR, kar bo mogoče plačati na avtobusu. Vrnitev v Ljubljano bo predvidoma okoli 21. ure.

Podjetje INFINEON je mednarodna korporacija na področju polprevodniških tehnologij z okoli 26 000 zaposlenimi in 4 milijardama EUR letnega prometa. V Beljaku v Avstriji ima to podjetje proizvodni in razvojni oddelk s skupaj 2000 zaposlenimi, kjer izdelujejo elemente močnostne elektronike in senzorske elemente za energetske naprave in avtomobilsko indu-

strijo. Nedavno so odprli novo proizvodnjo linijo za močnostne elektronske elemente na fleksibilnih podlagah. Njihova tehnologija temelji tudi na vakuumskih tehnologijah, kot je npr. CVD-postopek nanašanja tankih plasti. Med ekskurzijo si bomo ogledali nekatere proizvodnje linije, predstavljena nam bo izdelava vezij, vakuumske tehnologije v tem podjetju ter možnosti za sodelovanje in zaposlitev. Več o podjetju INFINEON si lahko preberete na spletnih straneh:

<http://www.infineon.com/cms/regional-pages/infineon-austria/index.html>

<http://www.infineon.com/cms/regional-pages/infineon-austria/downloads.html>

Interesenti naj se prijavijo do 20. aprila na elektronski naslov [janez.kovac@ijs.si](mailto:janez.kovac@ijs.si) ali [info@dvts.si](mailto:info@dvts.si) oziroma po telefonu (01) 477 3403.

Vabljeni.

Doc. dr. Janez Kovač, tajnik DVTS



V oddelku podjetja INFINEON v Beljaku razvijajo elemente za močnostno elektroniko na fleksibilnih podlagah (levo) in nedavno so prvi na svetu uvedli proizvodno linijo za polprevodniške rezine premera 300 mm (desno).

## NAVODILA AVTORJEM PRI PRIPRAVI PRISPEVKOV

Tematsko Vakuumist obsega širše področje vakuumskih znanosti in tehnologij, fiziko in kemijo tankih plasti in površin, analitiko površin, fiziko plazme, vakuumsko metalurgijo ter zgodovino vakuumske znanosti. Vsebinsko objavljamo štiri skupine prispevkov:

- **znanstveni članki** o aktualnih raziskavah s področja vakuumske znanosti in sorodnih področij;
- **strokovni članki**, kot so predstavitev novosti v svetu, zgoščen pregled nekega področja, primeri uvajanja tehnologij v prakso ipd.;
- **praktični nasveti** reševanja konkretnih vakuumskih problemov v laboratoriju;
- **kratke novice** o društvenem dogajanju, organizaciji konferenc, predstavitve knjig ipd.

Znanstveni in strokovni prispevki so recenzirani. Če je članek sprejet (po recenzentovem in lektorjevem pregledu), avtor vrne popravljen članek uredniku Vakuumista. Prispevki morajo biti napisani v slovenskem jeziku.

Avtorji prispevka so v celoti odgovorni za vsebino objavljenega sestavka. Z objavo preidejo avtorske pravice na izdajatelja. Pri morebitnih kasnejših objavah mora biti periodična publikacija Vakuumist navedena kot vir.

### VSEBINA ROKOPISA

Rokopis naj bo sestavljen iz naslednjih delov:

1. naslov članka (v slovenskem in angleškem jeziku)
  2. podatki o avtorjih (ime in priimek, institucija, naslov institucije)
  3. povzetek (v slovenskem in angleškem jeziku, 100–200 besed)
  4. ključne besede (v slovenskem in angleškem jeziku, 3–6 besed)
  5. besedilo članka v skladu s shemo IMRAD (uvod, eksperimentalne metode, rezultati in diskusija, sklepi)
  6. seznam literature
  7. morebitne tabele z nadnapisi
  8. podnapisi k slikam
  9. slike (risbe, fotografije), ki naj bodo priložene posebej
- Praktični nasveti in kratke novice so brez povzetka, ključnih besed in literature, vsebinska zasnova besedila pa ni strogo določena.

### TEHNIČNE ZAHTEVE ZA ROKOPIS

- Tekst naj bo shranjen v formatu doc, docx ali rtf. Formata tex ali pdf za tekst nista primerna.
- V dokumentu naj bo čim manj avtomatskih indeksov, križnih povezav (linkov) in stilističnih posebnosti (različni font, formati, poravnave, deljenje besed). Pri oblikovanju se omejite na ukaze **mastno**, *poševno*, <sup>indeks</sup> <sup>potenca</sup> in posebni znaki. Formule oblikujte bodisi tekstovno ali z urejevalnikom (npr. equation editor), lahko pa jih vključite v tekst kot slikovni objekt.
- Tekst naj bo smiselno razdeljen na poglavja in podpoglavja (detajlnejša delitev ni zelena), naslovi pa naj bodo oštevilčeni z vrstilci, npr. »2.1 Meritve tlaka«.

- Na vse literaturne vire, tabele in slike morajo biti sklici v tekstu. Vrstni red literaturnih virov, tabel in slik naj sledi vrstnemu redu prvega sklica nanje.
- Primeri sklicevanja: na literaturne vire [1], na enačbe (1), na tabele tabela 1, na slike slika 1. Vse samostojno stoječe enačbe naj bodo ob robu označene, npr. (1). Če je slika iz več delov, naj bodo posamezni deli označeni s črkami: a), b), c), č) itd., in sicer tako na sliki kot na podnapisu.
- Literaturni viri morajo biti popolni (brez okrajšav et al., ibid ...). Izogibajte se težko dostopnih virov (prospekti, seminarske naloge, neobjavljene raziskave, osebna korespondenca). Primeri pravilnih zapisov:
  - monografija: S. Južnič, Zgodovina raziskovanja vakuuma in vakuumskih tehnik, Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Ljubljana, 2004, str. 203
  - članek v periodični publikaciji: M. Finšgar, I. Milošev, *Vakuumist*, 29 (2009) 4, 4–8
  - prispevek v zbornikih posvetovanj: Novejši razvoj trdih zaščitnih PVD-prevlek za zaščito orodij in strojnih delov, Zbornik posvetovanja Orodjarstvo, Portorož, 2003, 121–124
  - dostopno na svetovnem spletu: UK ESCA Users Group Database of Auger parameters, <http://www.uksaf.org/data/table.html>, zadnjič dostopano: 11. 2. 2010
- Tabele naj bodo oblikovno enostavne. V rokopisu naj stojijo na koncu dokumenta. Za ločevanje stolpcev uporabljajte tabulatorje (ne presledkov) ali tabelarično formo urejevalnika.
- Slike naj bodo shranjene posebej v navadnih formatih (tif, png, jpg), lahko tudi združeni v en dokument (pdf, ppt). Slik ne vstavljajte v tekstualni del rokopisa! Poskrbite za ustrezno resolucijo, še posebej pri linijskih slikah. Slike naj bodo črno-bele ali v sivih tonih, ne barvne.
- Črkovne oznake na slikah naj bodo take velikosti, da je po pomanjšavi na širino enega stolpca (7,9 cm) velikost znakov najmanj 1,2 mm. Priporočljiv je oblikovno enostaven font, npr. Arial
- Pri pisanju veličin in enot se držite načel standarda ISO-31 (veličine pišemo poševno, enote pokončno, isto pravilo velja tudi za grške črke). Osi grafov in vodilne vrstice tabel pišemo v obliki *veličina*/enota, npr. *m/kg*.

### UREDNIŠTVO

Rokopise pošljite na naslov [miha.cekada@ijs.si](mailto:miha.cekada@ijs.si). Kontaktni podatki uredništva so:  
doc. dr. Miha Čekada  
glavni in odgovorni urednik Vakuumista  
Institut »Jožef Stefan«  
Jamova 39  
1000 Ljubljana  
e-pošta: [miha.cekada@ijs.si](mailto:miha.cekada@ijs.si)  
tel.: (01) 477 37 96  
faks: (01) 251 93 85

# X-ray Photoelectron Spectrometer for Microarea Analysis

# JPS-9200

## Chemical State Imaging

As advanced the nanotechnology, materials and semiconductor devices are evolving rapidly toward miniaturized dimensions and thinner films. Amidst this trend, in order to evaluate these materials and substances, instruments that can analyze microscopic areas are demanded.

Also, to analyze semiconductor materials such as silicon wafers, a technique that offers high-sensitivity analysis of ultra trace contaminant's on surfaces is necessary.

The X-ray photoelectron spectrometer (XPS) for microarea analysis is highly expected as a tool to meet such demands.

The JPS-9200 is a powerful new spectrometer that meets these needs.



**SCAN**

SCAN d.o.o. Preddvor

Breg ob Kokri 7 · SI-4205 Preddvor · Phone +386-4-2750200  
Fax +386-4-2750420 · info@sioi.net



# The complete Solution for High Vacuum Applications

## HiCube™ Pro

- Modular pumping station for clean vacuum
- Dry, multi-stage ACP roots pump
- High performance turbopump with integrated drive
- Robust engineering makes for long service life and high reliability

Are you looking for a perfect vacuum solution? Please contact us:

**SCAN d.o.o. Preddvor**

T +386 4 2750200 · F +386 4 2750240 · [info@scan.si](mailto:info@scan.si)

**Pfeiffer Vacuum Austria GmbH**

T +43 1 8941704 · F +43 1 8941707 · [office@pfeiffer-vacuum.at](mailto:office@pfeiffer-vacuum.at)

[www.pfeiffer-vacuum.com](http://www.pfeiffer-vacuum.com)

